

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 041—2000

公路桥涵施工技术规范

Technical Specifications for Construction
of Highway Bridges and Culverts

2000—08—24 发布

2000—11—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

公路桥涵施工技术规范

**Technical Specifications for Construction
of Highway Bridges and Culverts**

JTJ 041—2000

主编部门：路桥集团第一公路工程局

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：2000年11月1日

人民交通出版社
2000·北京

1 总 则

- 1.0.1 为适应我国公路桥涵建设的需要，确保公路桥涵的施工质量，特制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于公路桥涵新建、改建工程的施工，公路桥涵大、中修工程可参照执行。
- 1.0.3 桥涵施工必须按照国家有关的基本建设程序进行。施工单位的工程质量负责人对工程应进行自检，在工程完成后应配合监理工程师检查验收。
- 1.0.4 桥涵施工必须做好施工前的准备工作和施工中的技术交底、施工组织、施工管理工作，应严格执行本规范及有关技术操作规程的规定。
- 1.0.5 桥涵施工应积极推广使用成熟的并经主管部门批准的新技术、新工艺、新材料、新设备，以加速实现公路桥涵施工现代化。
- 1.0.6 桥涵施工应节约用地，少占农田，并按照国家有关规定采取相关措施降低或减少环境污染，保护环境。
- 1.0.7 桥涵工程竣工后，应对临时工程、临时辅助设施、临时用地和弃土等及时进行处理，做到工完场清。
- 1.0.8 桥涵工程必须文明施工，安全生产，严格遵守安全操作规程，加强安全生产教育，建立和健全安全生产管理制度。
- 1.0.9 公路桥涵施工，除执行本规范外，尚应符合国家及行业现行的有关强制性标准的规定。

2 术 语

2.0.1 控制测量 control survey

为建立测量控制网而进行的测量工作。包括平面控制测量、高程控制测量和三维控制测量。

2.0.2 公路 GPS 控制测量 GPS control survey of highway

利用全球定位系统

2.0.3 跨河水准测量 river-crossing leveling

视线长度超过规定,跨越江河(或湖塘、宽沟、洼地、山谷等)的水准测量。

2.0.4 施工测量 construction survey

工程开工前及施工中,根据设计图在现场恢复道路中线、定出构造物位置等测量放样的作业。

2.0.5 竣工测量 final survey

工程竣工后,为编制竣工文件,对实际完成的各项工程进行的一次全面测量的作业。

2.0.6 围堰 coffer dam

用于水下施工的临时性挡水设施。

2.0.7 锚锭 anchor

将系于水中船只或双壁钢围堰的缆索固定的临时构造物。

2.0.8 围幕法排水 ring curtain wall de-watering

用以隔断水源,减少渗流量,防止流沙、突涌、管涌、潜蚀等,在基坑边线外设置的一圈隔水幕。

2.0.9 地基 subsoil

直接承受构造物荷载影响的地层。

2.0.10 加固地基 consolidated subsoil

用换土、夯实、有机或无机结合料稳定等方法加固处理的地基。

2.0.11 天然地基 natural subsoil

未经加固处理或扰动的地基。

2.0.12 沉入桩 penetrated pile

钢、木、钢筋混凝土等材料制作的柱状构件,经锤击、振动、射水、静压等方式沉入或埋入地基而成的桩。

2.0.13 贯入度 penetration

锤击沉入桩时,根据锤的种类取每锤或每分钟桩的贯入量,以 mm/击、mm/min 计。

2.0.14 灌注桩 cast-in-place concrete pile

在地基中以人工或机械成孔,在孔中灌注混凝土而成的桩。

2.0.15 大直径桩 large diameter pile

本规范把直径大于等于 2.5m 的钻孔灌注桩界定为大直径桩。

2.0.16 PHP 泥浆 PHP mud

丙烯酰胺泥浆即 PHP 泥浆,以膨润土、碳酸钠、聚丙烯酰胺的水解物和锯木屑、稻草、水泥或有机纤维复合物按一定比例配制的分散、低固相、高粘度泥浆。

2.0.17 摩擦桩 friction pile

主要靠桩表面与地基之间的磨擦力支承荷载的桩。

2.0.18 支承桩 bearing pile

主要靠桩的下端反力支承荷载的桩。

2.0.19 沉井基础 open caisson foundation

上下敞口带刃脚的空心井筒状结构物,下沉水中到设计标高处,以井筒作为结构外壳而建筑成的基础。

2.0.20 地下连续墙 underground continuous wall

用专用的挖槽(孔)设备,沿着深基础或地下构筑物周边,采用泥浆护壁,开挖具有一定宽度(或直径)与深度的沟槽(或孔),在槽(或孔)内设置钢筋笼,采用导管法浇混凝土,筑成一个单元墙(或桩柱)段,依次施工,以某种接着方式连接成一道连续的地下钢筋混凝土墙,作为基坑开挖时防渗、挡土、邻近建筑物基础的支护以及直接成为承受垂直荷载的基础结构物的一部分。这种地下墙体即是现浇钢筋混凝土地下连续墙。

2.0.21 导墙 guide wall

用于地下连续墙施工导向、蓄积泥浆并维持表面高度，支承挖墙机械设备，维护槽顶表土层的稳定和阻止地面水流水沟槽的板形、U形、倒 L 形构造物。

2.0.22 钢筋闪光对焊 flash butt welding of reinforcing steel bar

将两根钢筋安放成对接形式，利用电阻热使接触点金属熔化，产生强烈飞溅，形成闪光，迅速加顶锻力完成的一种压焊方法。

2.0.23 钢筋电渣压力焊 electroslag pressure welding of reinforcing steel bar

将钢筋安放成竖向对接形式，利用焊接电流通过两钢筋端面间隙，在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程，产生电弧热和电阻热，熔化钢筋，加压完成的一种压焊方式。

2.0.24 预埋件钢筋埋弧压力焊 submerged-arc pressure welding of reinforcing steel bar at embedded components

将钢筋与钢板安放成 T 形接着形式，利用焊接电流通过，在焊剂层下产生电弧，形成熔池，加压完成的一种压焊方法。

2.0.25 钢筋机械连接 rebar mechanical splicing

通过连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用，将一根钢筋中的力传递至另一根钢筋的连接方法。

2.0.26 挤压套筒接头 compressed sleeve coupler

通过挤压力使连接用钢套塑性变形与带肋钢筋紧密咬合形成的接头。

2.0.27 锥螺纹套筒接头 coupler of taper threaded sleeve

通过钢筋端头特制的锥形螺纹和锥纹套管咬合形成的接头。

2.0.28 直螺纹套筒接头 coupler of linear screw thread sleeve

通过钢筋端头特制的直螺纹和直螺纹套管咬合形成的接头。

2.0.29 焊接网 welded fabric

具有相同或不同直径的纵向和横向钢筋分别以一定距离垂直排列，全部交叉点均用电阻电焊在一起的钢筋网片。

2.0.30 水泥强度 cement strength

水泥强度用强度等级表示，水泥强度等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分，单位为 Mpa，水泥的强度等级依次为 32.5，32.5R，42.5，42.5R，52.5，52.5R，62.5，62.5R。

2.0.31 混凝土耐久性 durability of concrete

在正常设计、施工、使用和维护条件下，混凝土在设计使用期内具有抗冻、防止钢筋腐蚀和抗渗的能力。

2.0.32 大体积混凝土 major volume concrete

现场浇筑的最小边尺寸为 1~3m 且必须采取措施以避免水化热引起的温差超过 25℃ 的混凝土称为大体积混凝土。

2.0.33 先张法 pretensioning method

先在台座上张拉预应力钢材，然后浇筑水泥混凝土以形成预应力混凝土构件的施工方法。

2.0.34 后张法 post-tensioning method

先浇筑水泥混凝土，待达到规定的强度后再张拉预应力筋以形成预应力混凝土构件的施工方法。

2.0.35 片石 rubble

符合工程要求的岩石，经开采选择所得的形状不规则的、边长一般不小于 15cm 的石块。

2.0.36 块石 block stone

符合工程要求的岩石，经开采并加工而成的形状大致方正的石块。

2.0.37 料石 dressed stone

按规定要求经凿琢加工而成的形状规则的石块。

2.0.38 结构物的表面系数 surface of structure

是指结构物冷却面积 (m^2) 与结构体积 (m^3) 的比值。

2.0.39 移动支架逐跨施工法 span by span method (stepping formwork)

采用可在桥墩上纵向移动的支架及模板，在其上逐跨拼装水泥混凝土梁体预制件或现浇梁体水泥混凝土，并逐跨施加预应力的施工方法。

2.0.40 悬臂浇筑法 cast-in-place cantilever method

在桥墩两侧设置工作平台，平衡地逐段向跨中悬臂浇筑水泥混凝土梁体，并逐段施加预应力

的施工方法。

2.0.41 挂篮 movable suspended scaffolding

用悬臂浇筑法浇筑斜拉、T 构、连续梁等水泥混凝土梁时，用于承受施工荷载及梁体自重，能逐段向前移动经特殊设计的主要工艺设备。主要组成部分有承重系统、提升系统、锚固系统、行走系统、模板与支架系统。

2.0.42 伸缩缝 expansion joint

为减轻材料膨胀对建筑物的影响而在建筑物中预先设置的间隙。

2.0.43 沉降缝 settlement joint

为减轻地基不均匀变形对建筑物的影响而在建筑物中预先设置的间隙。

2.0.44 施工缝 construction joint

当混凝土施工时，由于技术上或施工组织上的原因，不能一次连续灌注时，而在结构的规定位置留置的搭接面或后浇间隔槽。

2.0.45 悬臂拼装法 erection by protrusion

在桥墩两侧设置吊架，平衡地逐段向跨中悬臂拼装水泥混凝土梁体预制块件，并逐段施加预应力的施工方法。

2.0.46 托架 corbel

墩顶梁段及附近梁段施工，浇筑悬浇部分时利用墩身预埋件与型钢或万能杆件拼制联结而成的支架。

2.0.47 膺架 falsework

悬臂浇筑施工墩顶梁段及附近梁段，根据墩身高度、承台型式和地形情况用分别支承在墩身、承台上的型钢或万能杆件拼制的支架。

2.0.48 箱梁基准块 datum segment of box girder

是悬臂拼装施工过程中作为控制桥轴线和高程标准的首块梁块，预制时在该梁块顶面埋置轴线和高程控制标志，预制尺寸精度要求高，悬拼时安放在墩侧。

2.0.49 胶接缝 glued joint with epoxy resin

预应力混凝土梁体分块预制，悬臂拼装成大跨度连续梁，梁体间采用现浇混凝土把梁块连成整体的接缝。

2.0.51 顶推法 incremental launching method

梁体在桥头逐段浇筑或拼装，在梁前端安装导梁，用千斤顶纵向顶推，使梁体通过各墩顶的临时滑动支座就位的施工方法。

2.0.52 滑板 sliding plate (PTEE)

在顶推施工的顶进过程中，在主梁与墩、台上的滑道或导向装置之间随顶进而填加进滑道内的临时块件，由钢板夹橡胶等粘贴聚四氟乙烯板组成。

2.0.53 预拱度 camber

为抵消梁、拱、桁架等结构在荷载作用下产生的位移（挠度），而在施工或制造时所预留的与位移方向相反的校正量。

2.0.54 施工荷载 construction load

施工阶段为验算桥梁结构或构件安全度所考虑的临时荷载，如结构重力、施工设备、人群、风力、拱桥单向推力等。

2.0.55 分环（层）分段浇筑法 concretion layer by layer and segment by segment

在拱架上浇筑大跨径拱圈（拱肋）时，为减轻拱架负荷，沿拱圈纵向分成若干条幅或上下分层浇筑。分为条幅时中间条幅先行浇筑合龙，再横向对称、分次浇筑其他条幅，其浇筑顺序应通过计算确定。

2.0.56 分环多工作面均衡浇筑法 balanced concreting layer by layer with multi-workpoint

浇筑大跨径性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，为使劲性骨架变形均匀并有效地控制拱圈内力和变形，将拱圈沿纵向分为多个工作面，每个工作面沿横向又分成多个工作段，各工作面对称、均衡浇筑。

2.0.57 斜拉扣挂分环连接浇筑 concreting under control of stress adjustment with a cable-stayed system

浇筑劲性骨架混凝土拱圈（拱肋）时，在拱圈（拱肋）适当位置选取扣点，用钢绞线作为扣索（斜拉索）联结于两岸设置的临时塔架，在混凝土浇筑过程中，根据各断面的应力情况对扣索进行张拉或放松，以实现从拱脚到拱顶连续浇筑混凝土。

2.0.58 风缆系统 cable-stayed stability system

为实现拱肋无支架吊装，确保拱肋横向稳定而进行专门设计的包括风缆及其附属设施的固定拱肋的临时装置。

2.0.59 缆索吊装法 erection with cableway

利用支承在索塔上缆索运输和安装桥梁构件的施工方法。

2.0.60 转体架桥法 construction by swing

利用河岸地形预制两个半孔桥跨结构，在岸墩或桥台上旋转就位跨中合龙的施工方法。

2.0.61 零件 part

组成部件或构件的最小单元，如节点板、翼缘板等。

2.0.62 部件 component

由若干零件组成的单元，如焊接 H 形钢、牛脚等。

2.0.63 构件 element

由零件或零件和部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑等。

2.0.64 高强度螺栓连接副 a set of high strength bolt

高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

2.0.65 抗滑移系数 slip factor

高强度螺栓连接中，使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺母预拉力之和的比值。

2.0.66 超声波探伤 supersonic sounding

利用超声波对结构或钢材焊接进行质量检验的方法。

2.0.67 射线探伤 γ or X-ray inspecting

利用 X、 γ 射线对结构或钢材焊接进行质量检验的方法。

2.0.68 预拼装 test assembling

为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。

2.0.69 环境温度 ambient temperature

制作或安装时现场的温度

2.0.70 锚碇 anchor

一般指主缆索的锚固系统。包括锚块、鞍部及其他附属构造的锚体和基础的总称。

2.0.71 索塔 cable bent tower

悬索桥或斜拉桥支承主索的塔形构造物。

2.0.72 施工猫道 catwalk for construction

因悬索桥索股架设、紧缆、索夹安装、吊索架设、加劲梁架设、缠丝等的施工需要而架设的施工便道。

2.0.73 索鞍 cable saddle

在悬索桥索塔顶部设置的鞍状支承装置。

2.0.74 索夹 cable clamp

将悬索桥吊索与主缆连结的夹箍式构件。

2.0.75 吊索 suspender

将悬索桥主缆与主梁相联系的受拉构件。将主梁承受的恒荷载及活载传递给主缆。

2.0.76 加劲钢箱梁 stiffened steel box girder

支承桥面，与桥面结合成一体并将恒荷载及活荷载通过吊、拉索传递给索塔或通过梁底支座传递给墩台的钢制箱形构件。

2.0.77 拉索 main cable

承受拉力并作为主梁主要支承的结构构件。

2.0.78 初拉力 initial tension

安装拉索时，给拉索施加的张拉力。

2.0.79 拉索调整力 adjustment of cable tension

为改善主梁及索塔的截面内力及变形而调整拉索的拉力。

2.0.80 模数式伸缩装置 module expansion equipment (joint)

伸缩体由异形钢梁与单元橡胶密封带组合而成的伸缩装置。它适用于伸缩量为 80~1200mm 的公路桥梁工程。

2.0.81 弹塑体材料填充式伸缩装置 expansion equipment (joint) filled with elastic materials

伸缩体由高粘弹塑性材料和碎石结合而成，填充于伸缩缝内，称为填充式弹塑体材料伸缩装置，它适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径公路桥梁工程。

2.0.82 复合改性沥青填充式伸缩装置 expansion equipment (joint) filed with compound modified asphalt

伸缩体由复合改性沥青及碎石混合而成，填充于伸缩缝内，称为复合改性沥青填充式伸缩装置，它适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径公路桥梁工程。

2.0.83 顶进法 jack-in method

利用顶进设备将预制的箱形或圆管形构造物逐渐顶入路基，以构成立体交叉通道或涵洞的施工方法。

2.0.84 桥涵顶进后背 temporary reaction support

在桥涵顶进施工中，承受千斤顶反力的临时结构物。



3 施工准备和施工测量

3.1 施工准备

3.1.1 应根据招、投标文件，施工合同，设计文件及有关规范编报施工组织设计。

3.1.2 应做好施工现场准备，修建施工临时设施，安装调试施工机具及标定试验机具，进行施工测量及复核测量资料，做好材料的储存和堆放，做好开工前的试验检测工作。

3.1.3 施工组织设计宜包括以下内容：编制说明，施工组织机构，施工平面布置图，施工方法，施工详图，资源计划，总进度计划和进度图，质量管理，安全生产，环境保护。

3.1.4 施工单位必须建立健全质量保证体系。主要内容为：质量方针、质量目标、质量保证机构、质量保证程序、质量保证措施。

3.2 施工测量

3.2.1 施工测量的内容和要求

1 根据桥梁的形式、跨径及设计要求的施工精度，确定利用原设计网点加密或重新布设控制网点。

2 补充施工需要的水准点，桥涵轴线、墩台控制桩。

3 桥涵放样测量及要求

1) 当有良好的丈量条件时可采用直接丈量法进行墩台施工定位。直接丈量，应对尺长、温度、拉力、垂度和倾斜度进行改下计算（改正计算公式见附录 A）。

2) 大、中桥的水中墩、台和基础的位置，宜用校验过的电磁波测距仪测量。桥墩中心线在桥轴线方向上的位置中误差不应大于 $\pm 15\text{mm}$ 。

3) 曲线上的桥梁施工测量，应按照设计文件参照公路曲线测定方法处理。

4) 涵洞测量放样时，应注意核对涵洞纵横轴线的地形剖面图是否与设计图相符，应注意涵洞长度、涵底标高的正确性。对斜交涵洞、曲线上和陡坡上涵洞，应考虑交角、加宽、超高和纵坡对涵洞具体位置、尺寸的影响，并注意锥坡、翼墙、一字墙和涵洞墙身顶部和上下游调治构造物的位置、方向、长度、高度、坡度，使之符合技术要求。

4 桥梁施工过程中的测量和竣工测量

1) 施工过程中，应测定并经常检查桥涵结构浇砌和安装部分的位置和标高，并作出测量记录和结论，如超过允许偏差时，应分析原因，并予以补救和改正。各结构部分的允许偏差见有关各章节。

桥轴线超过 1000m 的特大桥梁和结构复杂的桥梁施工过程，应进行主要墩、台（或塔、锚）的沉降变形监测，桥梁控制网应每年复测一次，以确保施工安全和质量。

2) 桥梁竣工后应进行竣工测量，测量项目如下：

(1) 测定桥梁中线，丈量跨径；

(2) 丈量墩、台（或塔、锚）各部尺寸；

(3) 检查桥面高程。

5 为防止差错，施工测量必须由两个人相互检查校对并作出测量和检查核对记录。

3.2.2 平面、水准控制测量及质量要求

1 平面控制网可采用三角测量和 GPS 测量。三角测量和 GPS 测量等级的确定应符合表 3.2.2-1、表 3.2.2-7 的规定。

2 平面控制网三角测量。三角网的基线不应少于 2 条，依据当地条件，可设于河流的一岸或两岸。基线一端应与桥轴线连接，并昼近于垂直。当桥轴线较长时，应尽可能两岸均设基线，长度一般不小于桥轴线长度的 0.7 倍，困难地段不得小于 0.5 倍。设计单位布设的基线桩精度够用时应予以利用。三角网所有角度宜布设在 $30^\circ \sim 120^\circ$ 之间，困难情况下不应小于 25° 。

表 3.2.2-1 平面控制测量等级

等级	桥位控制测量
二等三角	>5000m 的特大桥
三等三角	2000~5000m 的特大桥
四等三角	1000~2000m 的特大桥
一级小三角	500~1000m 的特大桥
二级小三角	<500m 的大、中桥

1) 三角测量的技术要求应符合表 3.2.2-2 至表 3.2.2-5 的规定。

表 3.2.2-2 三角测量的技术要求

等级	平均边长(km)	测角中误差 (″)	起始边边长相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数			三角形最大闭合差 (″)
					DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	
二等	3.0	±1.0	≤1/250000	≤1/120000	12	—	—	±3.5
三等	2.0	±1.8	≤1/150000	≤1/70000	6	9	—	±7.0
四等	1.0	±2.5	≤1/100000	≤1/40000	4	6	—	±9.0
一级小三角	0.5	±5.0	≤1/40000	≤1/20000	—	3	4	±15.0
二级小三角	0.3	±10.0	≤1/20000	≤1/10000	—	1	3	±30.0

表 3.2.2-3 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器型号	光学测微器两次重合读数之差 (″)	半测回归零差 (″)	一测回中 2 倍照准差较差 (″)	同一方向值各测回较差 (″)
四等及以上	DJ ₁	1	6	9	6
	DJ ₂	3	8	13	9
一级及以下	DJ ₂	—	12	18	12
	DJ ₆	—	18	—	24

注：当观测方向的垂直角超过±3°的范围时，该方向一测回中 2 倍照准差较差，可按同一观察时段内相邻测回同方向进行比较。

表 3.2.2-4 测距的主要技术要求

平面控制网等级	测距仪精度等级	观测次数		总测回数	一测回读数较差 (mm)	单程各测回较差 (mm)	往返较差
		往	返				
二、三等	I	1	1	6	≤5	≤7	≤ $\sqrt{2}(a+b\bullet D)$
	II			8	≤10	≤15	
四等	I	1	1	4~6	≤5	≤7	
	II			4~8	≤10	≤15	
一级	II	1	—	2	≤10	≤15	
	III			4	≤20	≤30	
二级	II	1	—	1~2	≤10	≤15	
	III			2	≤20	≤30	

注：
①测回是指照准目标 1 次，读数 2~4 次的过程；

- ②根据具体情况，测边可采取不同时间段观测代替往返观测；
- ③a——标称精度中的固定误差（mm）；
b——标称精度中的比例误差系数（mm/km）；
D——测距长度（km）。

表 3.2.2-4 测距的主要技术要求

测距仪精度等级	每公里测距中误差 m_D （mm）	
I 级	$m_D \leq 5$	$m_D = \pm (a + b \cdot D)$
II 级	$5 < m_D \leq 10$	
III 级	$10 < m_D \leq 20$	

注：表中符号意义同前。

2) 三角网平差一般按角度以条件观测平差为主。平差计算结束后，验算精度应符合表 3.2.2-2 的规定。

(1) 三角网测角中误差按式（3.2.2.-1）计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{(WW)}{3n}} \tag{3.2.2-1}$$

式中： m_{β} ——测角中误差（″）；
W——三角形闭合差（″）；
n——三角形的个数。

(2) 测边单位权中误差按式（3.2.2-2）计算：

$$\mu = \sqrt{\frac{(Pdd)}{2n}} \tag{3.2.2-2}$$

式中： μ ——测边单位权中误差；
d——各边往、返距离的较差（mm），应不超过按仪器标称精度的极限值（2 倍）；
n——测距的边数；
P——各边距离测量的先验权，其值为 $1/\delta_D^2$, δ_D 为测距的先验中误差，可按测距仪的标称精度计算。

(3) 任一边的实际测距中误差按式（3.2.2-3）计算：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \tag{3.2.2-3}$$

式中： m_{Di} ——第 i 边的实际测距中误差（mm）；
 P_i ——第 i 边距离测量的先验权；
 μ ——意义同前。

当网中的边长相差不大时，可按式（3.2.2-4）计算平均测距中误差：

$$m_D = \sqrt{\frac{(dd)}{2n}} \tag{3.2.2-4}$$

式中： m_D ——平均测距中误差（mm）。

3 桥位测量的精度要求见表 3.2.2-6。

表 3.2.2-4 测距的主要技术要求

测量等级	桥轴线相对中误差
二等	1/130000
三等	1/70000
四等	1/40000
一级	1/20000
二级	1/1000

注：对特殊的桥梁结构，应根据结构特点确定桥轴线控制测量的等级与精度。

4GPS 测量控制网的设置精度和作业方法应符合《公路全球定位系统（GPS）测量规范》（JTJ066）的规定。

控制网相邻点间弦长标准差按式（3.2.2-5）确定：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (3.2.2-5)$$

式中： σ ——弦长标准差（mm）；

a、b、d 见表 3.2.2-7。

表 3.2.2-7GPS 控制网的主要技术指标

级别	每对相邻点平均距离 d (km)	固定误差 a (mm)	比例误差 b (mm/km)	最弱相邻点点位中误差 m (mm)
一级	4.0	5	1	10
二级	2.0	5	2	10
三级	1.0	5	2	10

注：各级 GPS 控制网每对相邻点间最小距离不应小于平均距离的 1/2，最大距离不宜大于平均距离的 2 倍。

5 高程控制测量

1）水准测量等级的确定应符合下列要求：2000m 以上的特大桥一般为三等，1000~2000m 的特大桥为四等，1000m 以下的桥梁为五等。水准测的等级划分及主要技术要求见表 3.2.2-8。

表 3.2.2-8 水准测量的主要技术要求

等级	每公里高差中数中误差 (mm)		水准仪的型号	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差 (mm)
	偶然中误差 (M_{Δ})	全中误差 M_W			与已知点联测	附和或环线	
二等	± 1	± 2	DS ₁	因瓦	往返各一次	往返各一次	$\pm 4\sqrt{L}$
三等	± 3	± 6	DS ₁	因瓦	往返各一次	往一次	$\pm 12\sqrt{L}$
			DS ₃	双面		往返各一次	
四等	± 5	± 10	DS ₃	双面	往返各一次	往一次	$\pm 20\sqrt{L}$
五等	± 8	± 16	DS ₃	单面	往返各一次	往一次	$\pm 30\sqrt{L}$

注：L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度（km）。

2）水准测量精度计算应符合表 3.2.2-8 的规定。

(1) 高差偶然中误差 M_{Δ} 按式（3.2.2-6）计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\left(\frac{1}{4n}\right) \left/\left(\frac{\Delta\Delta}{L}\right)} \quad (3.2.2-6)$$

式中： M_{Δ} ——高差偶然中误差（mm）；

Δ ——水准路线测段往返高差不符值（mm）；

L——水准测段长度（km）；

n——往返测的水准路线测段数。

(2) 高差全中误差 M_W 按式（3.2.2-7）计算：

$$M_W = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \left(\frac{WW}{L}\right)} \quad (3.2.2-7)$$

式中： M_W ——高差全中误差（mm）；

W——闭合差（mm）；

L——计算各闭合差时相应的路线长度 (km);

N——附和路线或闭合路线环的个数。

当二、三等水准测量与国家水准点附和时, 应进行正常水准面不平行修正。

3) 特大、大、中桥施工时设立的临时水准点, 高程偏差 (Δh) 不得超过按式 (3.2.2-8) 计算的值:

$$\Delta h = \pm 20 \sqrt{L} \quad (\text{mm}) \quad (3.2.2-8)$$

式中: L——水准点间距离 (km)。

对单跨跨径 $\geq 40\text{m}$ 的 T 形刚构、连续梁、斜拉桥等的偏差 (Δh) 不得超过按式 (3.2.2-9) 计算的值:

$$\Delta h_1 = \pm 10 \sqrt{L} \quad (\text{mm}) \quad (3.2.2-9)$$

式中: L——水准点间距离 (km)。

在山丘区, 当平均每公里单程测站多于 25 站时, 高程偏差 (Δh) 不得超过按式 (3.2.2-10) 计算的值:

$$\Delta h_2 = \pm 4 \sqrt{n} \quad (\text{mm}) \quad (3.2.2-9)$$

式中: n——水准点间单程测站数。

高程偏差在允许值以内时, 取平均值为测段间高差, 超过允许偏差时应重测。

4) 当水准路线跨越江河(或湖塘、宽沟、洼地、山谷等)时, 应采用跨河水准测量方法校测。跨河水准测量方法可按照《公路勘测规范》 (JTJ061) 执行。

4 明挖地基

4.1 基 坑

4.1.1 一般规定

1 基坑顶面应设置防止地面水流入基坑的设施，基坑顶有动荷载时，坑顶边与动荷载间应留有不小于 1m 宽的护道，如动荷载过大宜增宽护道。如工程地质和水文地质不良，应采取加固措施。

2 基坑坑壁坡度不易稳定并有地下水影响，或放坡开挖场地受到限制，或放坡开挖工程量大，应根据设计要求进行支护。设计无要求时，施工单位应结合实际情况选择适宜的支护方案。

4.1.2 不支护加固基坑坑壁的施工要求

1 基坑尺寸应满足施工要求。当基坑为渗水的土质基底，坑底尺寸应根据排水要求(包括排水沟、集水井、排水管网等)和基础模板设计所需基坑大小而定。一般基底应比基础的平面尺寸增宽 0.5~1.0m。当不设模板时，可按基础底的尺寸开挖基坑。

2 基坑坑壁坡度应按地质条件、基坑深度、施工方法等情况确定。当为无水基坑、且土层构造均匀时，基坑坑壁坡度可按表 4.1.2 确定。

表 4.1.2 基坑坑壁坡度

坑壁土类	坑壁坡度		
	坡顶无荷载	坡顶有静荷载	坡顶有动荷载
砂类土	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5
卵石、砾类土	1 : 0.75	1 : 1	1 : 1.25
粉质土、粘质土	1 : 0.33	1 : 0.5	1 : 0.75
极软岩	1 : 0.25	1 : 0.33	1 : 0.67
软质岩	1 : 0	1 : 0.1	1 : 0.25
硬质岩	1 : 0	1 : 0	1 : 0

注：①坑壁有不同土层时，基坑坑壁坡度可分层选用，并酌设平台；

②坑壁土类按照现行《公路土工试验规程》(JTJ051)划分；

③岩石单轴极限强度 <5.5 、 $5.5\sim30$ 、 >30 时，分别定为极软、软质、硬质岩；

④当基坑深度大于 5m 时，基坑坑壁坡度可适当放缓或加设平台。

3 如土的湿度有可能使坑壁不稳定而引起坍塌时，基坑坑壁坡度应缓于该湿度下的天然坡度。

4 当基坑有地下水时，地下水位以上部分可以放坡开挖；地下水位以下部分，若土质易坍塌或水位在基坑底以上较深时，应加固开挖。

4.1.3 喷射及锚杆加固基坑坑壁的施工要求

1 喷射或锚杆喷射加固基坑坑壁，应按设计要求，逐层开挖、逐层加固。

2 基坑开挖深度小于 10m 的较完整风化基岩，可直接喷射素混凝土。喷射前应定距离埋设钢筋，以露出岩面的长度作为喷射厚度的标志。

3 当用锚杆挂网喷射混凝土支护、开挖基坑时，各层锚杆要求进入稳定层的长度和间距、钢筋的直径或钢绞线的束数，应符合设计要求。

4 坑壁上有明显出水点处，应设置导管排水。

5 喷射完成后，检查混凝土的平均厚度、强度，其值均不得小于设计要求，锚杆的平均抗拔力不小于设计值，最小拔力不小于设计值的 90%。混凝土喷射表面应平顺，钢筋和锚杆不外露。

4.2 围 堰

4.2.1 一般规定

1 围堰高度应高出施工期间可能出现的最高水位(包括浪高)0.5~0.7m。

2 围堰外形应考虑河流断面被压缩后，流速增大引起水流对围堰、河床的集中冲刷及影响通航、导流等因素，并应满足堰身强度和稳定的要求。

3 堰内平面尺寸应满足基础施工的需要。

4 围堰要求防水严密，减少渗漏。

4.2.2 土围堰

1 水深 1.5m 以内、水流流速 0.5m/s 以内，河床土质渗水较小时，可筑土围堰。

2 堰顶宽度可为 1~2m。当采用机械挖基时，应视机械的种类确定，但不宜小于 3m。堰外边坡迎水流冲刷的一侧，边坡坡度宜为 1:2~1:3，背水冲刷的一侧的边坡坡度可在 1:2 之内，堰内边坡宜为 1:1~1:1.5，内坡脚与基坑的距离根据河床土质及基坑开挖深度而定，但不得小于 1m。

3 筑堰材料宜用粘性土或砂夹粘土。填出水面之后应进行夯实。填土应自上游开始至下游合龙。

4 在筑堰之前，必须将堰底下河床底上的树根、石块及杂物清除干净。

5 因筑堰引起流速增大使堰外坡面有受冲刷的危险时，可在外坡面用草皮、柴排、片石、草袋或土工织物等加以防护。

4.2.3 土袋围堰

1 水深在 3m 以内，流速在 1.5m/s 以内，河床土质渗水性较小时，可筑土袋围堰。

2 围堰中心部分可填筑粘土及粘性土芯墙。堰外边坡为 1:0.5~1:1，堰内边坡为 1:0.2~1:0.5，坡脚与基坑顶边缘的距离和堰顶的宽度同 4.2.2 条。

3 堰底河床处理及堆码方向同 4.2.2 条。

4 堆码的土袋的上下层和内外层应相互错缝，尽量堆码密实平整。

4.2.4 钢板桩围堰

1 钢板桩围堰适用于各类土(包括强风化岩)的深水基坑。

2 钢板桩的机械性能和尺寸应符合规定要求。经过整修或焊接后的钢板桩，应用同类型的钢板桩进行锁口试验、检查。

3 钢板桩堆存、搬运、起吊时，应防止因自重而引起的变形及锁口损坏。

4 当起吊能力许可时，宜在打桩之前，将 2~3 块钢板桩拼为一组并夹牢。

5 施打钢板桩时，应注意如下事项：

1) 在施打钢板桩前，应在围堰上下游一定距离及两岸陆地设置经纬仪观测点，用以控制围堰长、短边方向的钢板桩的施打定位。

2) 施打前，钢板桩的锁口应用止水材料捻缝，以防漏水。

3) 施打钢板桩必须备有导向设备，以保证钢板桩的正确位置。

4) 施打顺序按施工组织设计进行，一般由上游分两头向下游合龙。施打时宜先将钢板桩逐根或逐组施打到稳定深度，然后依次施打至设计深度。在垂直度有保证的条件下，也可一次打到设计深度。

5) 钢板桩可用锤击、振动、射水等方法下沉，但在粘土中不宜使用射水下沉办法。

6) 接长的钢板桩，其相邻两钢板桩的接头位置应上下错开。

7) 同一围堰内使用不同类型的钢板桩时，宜将两种不同类型的钢板桩的各半块拼焊成一块异形钢板桩以便连结。

8) 施打时，应随时检查其位置是否正确，桩身是否垂直，不符合要求时应立即纠正或拔起重新施打。

6 拔桩前，宜向堰内灌水使内外水位持平并从下游侧开始拔桩。拔桩时宜用射水、锤击等松动措施，并应尽可能采用震动拔桩法。

7 拔出来的钢板桩应进行检修涂油，堆码保存。

4.2.5 钢筋混凝土板桩围堰

1 钢筋混凝土板桩适用于粘性土、砂类土及碎石土类河床。

2 板桩断面应符合设计要求。板桩桩尖角度视土质坚硬程度而定。沉入砂砾层的板桩桩头，应增设加劲钢筋或钢板。

3 钢筋混凝土板桩的制作，应用刚度较大的模板，榫口接缝应顺直、密合。如用中心射水下沉，板桩预制时，应留射水通道，其余制作要点可参照第 5 章钢筋混凝土桩的制作。

4 钢筋混凝土板桩的插打、就位、位置的控制以及拔除，可按照 4.2.4 条有关内容执行。

4.2.6 竹、铅丝笼围堰

1 竹、铅丝笼围堰适用于流速较大而水深在 1.5~4m 的情况。

2 竹、铅丝围堰制作应坚固，可使用钢筋串联、螺栓连接以及铁丝捆扎等方法加固。

3 按照水深、流速、基坑大小及防渗要求，可以用单层或双层竹、铅丝笼围堰，单层时在围堰内填土袋，在外侧堆土袋，双层时在两层之间填土，防止渗漏。竹、铅丝笼的宽度为水深的 1.0~1.5 倍。

4 竹、铅丝笼可用浮运、吊装或滑移就位，就位后填石(装土)下沉，在堰底外围堆土袋，以防堰底渗漏。

4.2.7 套箱围堰

1 套箱围堰适用于埋置不深的水中基础。

2 无底套箱用木板、钢板或钢丝网水泥制作，内部设木、钢料支撑。根据现场起吊、移运能力，套箱可制成整体式或装配式。制作中应采取措施，防止套箱接缝渗漏。

3 在下沉套箱前，应按 4.2.2 条第 4 款清理河床。若套箱设置于岩层上时，应整平岩面。如果基岩岩面倾斜，将套箱底做成与岩面相同的倾斜度，以增加套箱的稳定性并减少渗漏。

4.2.8 双壁钢围堰

1 双壁钢围堰应进行专门设计，其强度、刚度及结构稳定性、锚锭系统、使用期等应满足施工要求。

2 双壁钢围堰适用于深水基础施工，围堰的尺寸及高度应根据基础尺寸及放样误差、墩位处河床标高、围堰下沉深度和施工期间可能出现的最高水位高程以及浪高等因素确定。

3 双壁间距应根据下沉需克服的水的浮力、土壤摩阻力、基底抗力而定。双壁钢围堰本身应分设多个对角的横向互不通水的隔水仓，以便在下沉过程中分仓对称灌水、砂砾石或混凝土。

4 双壁钢围堰的制作，应按设计要求在工厂施工，其分节分块的大小应按工地吊装、移运能力确定。

5 双壁钢围堰拼焊后应进行焊接质量检验及水密试验。

6 各节、块拼焊时，应按预先安排的顺序对称进行。

7 围堰浮运定位应符合本规范 7.3.3 条的规定。

8 围堰清基应符合设计要求，清基完成后，由潜水员逐片检查，合格后，方可浇注水下混凝土封底。封底要求按本规范第 7 章的规定进行。

9 围堰着床后的允许偏差应符合设计要求。设计无要求而又作为承台模板用时，其误差应符合模板的施工要求。

10 围堰拆除时，应采取措施防止撞击墩身。

4.3 挖基和排水

4.3.1 一般规定

1 挖基施工宜安排在枯水或少雨季节进行，开工前应做好计划和施工准备工作，开挖后应连续快速施工。

2 基础的轴线、边线位置及基底标高应精确测定，检查无误后方可施工。

3 在附近有其他结构物时，应有可靠的防护措施。

4 挖基废方应按指定的位置处治。

5 排水应不影响基坑安全，应不影响农田和周边环境。

6 基坑的回填应分层压实，施工要求应符合本规范 13.5.2 条的规定。

4.3.2 挖基

1 应避免超挖。如超挖，应将松动部分清除，其处理方案应报监理、设计单位批准。

2 挖至标高的土质基坑不得长期暴露、扰动或浸泡，并应及时检查基坑尺寸、高程、基底承载力，符合要求后，应立即进行基础施工。

3 排水困难或具有水下开挖基坑设备，可用水下挖基方法，但应保持基坑中的原有水位高程。

4.3.3 集水坑排水

基坑开挖中，在坑底基础范围之外设置集水坑并沿坑底周围开挖排水沟，使水流入集水坑内，排出坑外。集水坑宜设在上游，尺寸视渗水的情况而定。

排水设备的能力宜大于总渗水量的 1.5~2.0 倍。

4.3.4 井点降水

1 井点降水法适用于粉、细砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质

基坑。井点类别的选择,宜按照土壤的渗透系数、要求降低水位深度以及工程特点而定,见表 4.3.4。在无砂的粘质土中不宜使用。

表 4.3.4 各种井点法的适用范围

井点类别	土壤渗透系数(m / d)	降低水位深度(m)	井点类别	土壤渗透系数(m / d)	降低水位深度(m)
一级轻型井点法	0.1~80	3~6	电渗井点法	<0.1	5~6
二级轻型井点法	0.1~80	6~9	管井井点法	20~200	3~5
喷射井点法	0.1~50	8~20	深井泵法	10~80	>15
射流泵井点法	0.1<50	<10			

注: ①降低土层中地下水位时, 应将滤水管埋设于透水性较大的土层中;

②井点管的下端滤水长度应考虑渗水土层的厚度, 但不得小于 1m。

2 井管的成孔可根据土质分别用射水成孔、冲击钻机、旋转钻机及水压钻探机成孔。井点降水曲线至少应深于基底设计标高 0.5m。

3 井点的布置应随基坑形状与大小、土质、地下水位高低与流向、降水深度等要求而定。

4 应做好沉降及边坡位移观测, 确保水位降低区域内建筑物的安全。必要时应采取防护措施。

4.3.5 帷幕法排水的要求

帷幕法是在基坑边线外设置一圈隔水幕, 用以隔断水源, 减少渗流水量, 防止流砂、突涌、管涌、潜蚀等地下水的作用。方法有深层搅拌桩隔水墙、压力注浆、高压喷射注浆、冻结围幕法等, 采用时均应进行具体设计并符合有关规定。

4.4 地基处理

4.4.1 一般规定

1 地基处理应根据地基土的种类、强度和密度, 按照设计要求, 结合现场情况, 采取相应的处理方法。

2 地基处理的范围至少应宽出基础之外 0.5m。

3 符合设计要求的细粒土、特殊土基底, 修整妥善后, 应尽快修建基础, 不得使基底浸水和长期暴露。

4.4.2 细粒土及特殊土地基的处理

属细粒土或特殊土类的饱和软弱粘土层、粉砂土层及湿陷性黄土、膨胀土和粘土及季节性冻土, 强度低, 稳定性差, 处理时应视该类土的处治深度、含水量等情况, 按基底的要求采取固结处理, 以满足设计要求。

4.4.3 粗粒土和巨粒土地基的处理

对于强度和稳定性满足设计要求的粗粒土及巨粒土基底, 应将其承重面平整夯实, 其范围应满足基础的要求。

基底有水不能彻底排干时, 应将水引至排水沟, 然后在其上修筑基础。

4.4.4 岩层基底的处理

1 风化的岩层, 应挖至满足地基承载力要求或其他方面的要求为止。

2 在未风化的岩层上修建基础前, 应先将淤泥、苔藓、松动的石块清除干净, 并洗净岩石。

3 坚硬的倾斜岩层, 应将岩层面凿平。倾斜度较大, 无法凿平时, 则应凿成多级台阶。台阶的宽度宜不小于 0.3m。

4.4.5 多年冻土地基的处理

1 基础不应置于季节冻融土层上, 并不得直接与冻土接触。

2 基础的基底修筑于多年冻土层(即永冻土)上时, 基底之上应设置隔温层或保温层材料, 且铺筑宽度应在基础外缘加宽 1m。

3 按保持冻结的原则设计的明挖基础, 其多年平均地温等于或高于-3℃时, 应于冬季施工; 多年平均地温低于-3℃时, 可在其他季节施工, 但应避开高温季节, 并按下列规定处理:

1)严禁地表水流入基坑;

- 2)及时排除季节冻层内的地下水和冻土本身的融化水;
- 3)必须搭设遮阳棚和防雨棚;
- 4)施工前做好充分准备,组织快速施工。做好的基础应立即回填封闭,不宜间歇。必须间歇时,应以草袋、棉絮等加以覆盖,防止热量侵入。

4 施工时,明水应在距坑顶 10m 之外修排水沟。水沟之水,应引于远离坑顶宣泄并及时排除融化水。

4.4.6 溶洞地基的处理

- 1 影响基底稳定的溶洞,不得堵塞溶洞水路。
- 2 干溶洞可用砂砾石、碎石、干砌或浆砌片石及灰土等回填密实。
- 3 基底干溶洞较大,回填处理有困难时,可采用桩基处理,桩基应进行设计,并经有关单位批准。

4.4.7 泉眼地基的处理

1 可将有螺口的钢管紧紧打入泉眼,盖上螺帽并拧紧,阻止泉水流出;或向泉眼内压注速凝的水泥砂浆,再打入木塞堵眼。

2 堵眼有困难时,可采用管子塞入泉眼,将水引流至集水坑排出或在基底下设盲沟引流至集水坑排出,待基础圬工完成后,向盲沟压注水泥浆堵塞。采用引流排水时,应注意防止砂土流失,引起基底沉陷。

3 基底泉眼,不论采用何种方法处理,都不应使基底饱水。

4.4.8 当地基需要加固时,应根据设计要求及有关规范处理。

4.5 地基检验

4.5.1 检验内容

- 检查基底平面位置、尺寸大小、基底标高;
- 检查基底地质情况和承载力是否与设计资料相符;
- 检查基底处理和排水情况是否符合本规范要求;
- 检查施工记录及有关试验资料等。

4.5.2 检验方法

按桥涵大小、地基土质复杂(如溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩等)情况及结构对地基有无特殊要求,可采用以下检查方法:

1 小桥涵的地基检验:可采用直观或触探方法,必要时可进行土质试验。

2 大、中桥和地基土质复杂、结构对地基有特殊要求的地基检验,一般采用触探和钻探(钻深至少 4m)取样做土工试验,或按设计的特殊要求进行荷载试验。

3 特大桥按设计要求处理。

4.5.3 基底平面位置和标高允许偏差规定如下:

- 1 平面周线位置不小于设计要求。
- 2 基底标高:土质 $\pm 50\text{mm}$;
石质 $+50\text{mm}$, -200mm 。

5 沉入桩基础

5.1 一般规定

- 5.1.1 沉桩前应具备工程地质钻探资料、水文资料、打桩资料。
- 5.1.2 桩基础轴线的定位点应设置在不受沉桩影响处，允许偏差应在设计容许范围内。
- 5.1.3 沉桩顺序一般由一端向另一端连续进行，当桩基平面尺寸较大或桩距较小时，宜由中间向两端或四周进行。如桩埋置有深浅，宜先沉深的，后沉浅的。在斜坡地带，应先沉坡顶的，后沉坡脚的。
- 5.1.4 贯入度应通过试桩或做沉桩试验后与监理、设计单位研究确定。
- 5.1.5 施工过程中如发现地质情况与勘测报告有出入时，应根据具体情况进行补充钻探。
- 5.1.6 有关承台的施工要求可按本规范第 6 章 6.7 节的规定执行。

5.2 试桩与基桩承载力

5.2.1 试桩试验的一般规定见附录 B.1。沉桩工程开工前，如需做试桩确定沉桩工艺和检验桩的承载力时，试验项目包括：

(1) 工艺试验和冲击试验，见附录 B.2。

(2) 单桩承载力试验。若采用静载试验，可分静压、静拔、静推试验。

5.2.2 除一般的中、小桥沉桩工程有可靠的依据和实践经验可不进行试桩外，其他沉桩工程在施工前，应先沉试桩，以确定沉桩工艺和检验桩的承载力。

5.2.3 特大桥和地质复杂的大、中桥，应采用静压试验方法确定单桩容许承载力。一般的大、中桥的试桩，可采用静载试验法，在条件适宜时，亦可采用可靠的动力检测法或静力触探法。锤击沉入的中、小桥试桩，在缺乏上述试验条件时，可结合具体情况，选用适当的动力公式计算单桩容许承载力。确定的单桩容许承载力如不能满足设计要求时，应报有关部门研究处理。

5.2.4 试桩的单桩容许承载力可按下列方法确定：

1 单桩抗压容许承载力：

1) 采用静压试验得到的极限荷载除以设计规定的安全系数后，作为单桩容许承载力。若结构上要求限制桩顶沉降值的基桩，可在静压试验曲线中，按设计要求的允许沉降值(应适当考虑长期荷载效应)取其对应的荷载作为单桩抗压容许承载力。静压试验方法见附录 B.3。

2) 采用可靠的动测法，检测单桩的抗压容许承载力。

3) 根据锤击沉桩的贯入度，选用适当的动力公式计算单桩抗压容许承载力。

2 单桩抗拔容许承载力：静拔试验方法见附录 B.4。

3 单桩抗推容许承载力：静推试验方法见附录 B.5。

5.2.5 施工中如对基桩桩身质量或承载力发生疑问时，可选用可靠的无损检验方法或按附录 B.3 方法进行检验。

5.3 桩的制作要求

5.3.1 钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的制作

1 钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的模板制作和装卸应符合本规范第 9 章的有关要求。

2 制作钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的钢筋或预应力筋的技术要求，除应符合本规范第 10 章、第 12 章有关规定外，尚应符合下列要求：

1) 钢筋混凝土桩的主筋，宜采用整根钢筋，如须接长时，宜采用对接焊接或机械连接。

2) 箍筋或螺旋筋必须箍紧纵筋，与纵筋交接处用点焊焊接或用铁丝扎结牢固。

3) 预应力混凝土桩的预应力筋采用冷拉钢筋，如须焊接时，应在冷拉前采用对接焊接。

4) 使用法兰盘连接的混凝土桩，法兰盘应对准位置连接在钢筋或预应力筋上。先张法预应力混凝土桩采用法兰盘连接时，应先将法兰盘连接在预应力筋上，然后进行张拉。

5) 桩的钢筋骨架(包括预应力钢筋骨架)的允许偏差应符合表 5.3.1-1 的规定。

表 5.3.1-1 桩的钢筋骨架的允许偏差

项目	允许偏差(mm)
纵钢筋间距	±5
箍筋间距或螺旋筋螺距	0, -20
纵钢筋保护层	±5
桩顶钢筋网片位置	±5
纵钢筋底尖端的位置	±5

3 预制桩的混凝土材料、拌制、运输和浇筑，除应按本规范第 11 章、第 15 章有关规定执行外，还应符合下列要求：

- 1) 预制混凝土桩的粗骨料宜采用碎石。
- 2) 每根或每节桩的混凝土必须连续浇筑，不得中断，不得留施工缝。
- 3) 桩的混凝土浇筑完毕后，应在桩上标明编号、灌制日期和吊点位置，并填写制桩记录。
- 4 预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的制作偏差应符合表 5.3.1-2 的规定。

表 5.3.1-2 预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的允许偏差

项目		允许偏差(一)
混凝土强度(MPa)		符合设计要求
长度		±50
横截面	横截面边长	±5
	空心桩空心(管心)直径	±5
	空心(管心或管桩)中心对桩中心	±5
桩尖对桩纵轴线		10
桩轴线的弯曲矢高		桩长的 0.1% 且 ≤20
桩顶面与桩纵轴线的倾斜偏差		1% 桩径或边长，且不大于 3
接桩的接头平面与桩轴平面垂直度		0.5%

5 预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的制作质量除按表 5.3.2-1 和表 5.3.2-2 要求外，尚应符合下列规定：

- 1) 钢筋混凝土桩的收缩裂缝宽度不得超过 0.2mm，深度不得超过 20mm；裂缝长度不得超过 1 / 2 桩宽。
- 2) 预应力混凝土桩桩身不得有裂缝。
- 3) 桩表面应无蜂窝、麻面。若因特殊情况出现表面蜂窝时，蜂窝深度不得超过 5 / mm，每面蜂窝面积不得超过该面总面积的 0.5%。
- 4) 有棱角的桩，棱角碰损深度应在 5mm 以内且每 10m 长的边棱角上只有一处破损，在一根桩上边棱破损总长度不得大于 500mm。
- 5) 预制桩出场前应进行检验，出场时应具备出场合格检验记录。
- 6) 预制桩的吊运和堆存应符合第 15 章的有关规定。

5.3.2 钢管桩制作

- 1 制作钢管桩的材料应符合设计要求，并有出厂合格证明和试验报告。
- 2 钢管桩的分段长度应满足桩架的有效高度、制作场地条件、运输与装卸能力。
- 3 钢管桩可采用成品钢管或自制钢管。焊接钢管的制作工艺应符合有关规定。
- 4 焊接管的管节制作偏差应符合下列要求：
 - 1) 管节外形尺寸的允许偏差，应符合表 5.3.2-1 的规定。

表 5.3.2-1 管节外形尺寸的允许偏差

偏差部位	允许偏差(mm)
周长	$\pm 0.5\%$ 周长, 且 ≤ 10
管端椭圆度	$0.5\% D$, 且 ≤ 5
管端平整度	2
管端平面倾斜	小于 $0.5\% D$, 且 ≤ 4

注: D 为管外径。

2)管节对口拼装时, 相邻管节的焊缝必须错开 $1/8$ 周长以上。相邻管节的管径偏差应符合表 5.3.2—2 的规定。

表 5.3.2-2 相邻管径允许偏差

管径(mm)	相邻管节的管径偏差(mm)
≤ 700	≤ 2
> 700	≤ 3

3)管节对口拼接时, 相邻管节对口的板边高差应符合表 5.3.2-3 的规定。

表 5.3.2-3 相邻管节对口板边的允许偏差

板厚 δ (mm)	相邻管节对口板边高差凸(一)
$\delta \leq 10$	< 1.0
$10 < \delta \leq 20$	< 2.0
$\delta > 20$	$< \delta / 10$, 且 ≤ 3

5 钢管桩焊接应符合设计要求, 设计无要求时, 除应符合本规范第 17 章有关规定外, 还应注意下列事项:

- 1)焊接前, 应将焊缝上下 30mm 范围内的铁锈、油污、水气和杂物清除干净。
- 2)将焊丝、焊条、焊剂焊前应烘干。
- 3)焊接定位点和施焊应对称进行。露天焊接时, 应考虑由于阳光照射所造成的桩身弯曲。
- 4)钢管桩应采用多层焊, 焊完每层焊缝后, 应及时清除焊渣, 并做外观检查, 每层焊缝的接头应错开。
- 5)管节拼接所用辅助工具(如夹具等)不应妨碍管节焊接时的自由伸缩。
- 6)当气温低于 -10°C 时不宜焊接。
- 7)焊缝处外观允许偏差应符合表 5.3.2-4 的规定。

表 5.3.2-4 焊缝外观允许偏差

缺陷名称	允许偏差
咬边	深度不超过 0.5mm, 累计总长度不超过焊缝长度的 10%
超高	3mm
表面裂缝、未熔合、未焊透	不允许
弧坑、表面气孔、夹渣	不允许

6 钢管桩成品外形尺寸的允许偏差应符合表 5.3.2-5 的规定。

表 5.3.2-5 钢管桩外形尺寸的允许偏差

项目	允许偏差(一)
桩长偏差	+3000
桩纵轴线的弯曲矢高	桩长的 0.1% 且 ≤ 30

7 钢管桩防腐应按设计要求和有关规定进行。

8 钢管桩应按不同的规格分别堆存，堆放形式和层数应安全可靠，避免产生纵向变形和局部压曲变形。长期堆存时，应采取防腐蚀等保护措施。

9 钢管桩在起吊、运输和堆存过程中，应尽量避免由于碰撞、摩擦等原因造成涂层破损、管身变形和损伤。

10 钢管桩出厂应具备合格证明书。

5.4 沉 桩

5.4.1 桩的连接

1 在一个墩、台桩基中，同一水平面内的桩接头数不得超过基桩总数的 $1/4$ ，但采用法兰盘按等强度设计的接头，可不受此限制。

2 采用法兰接桩，应符合下列规定：

1) 法兰结合处，可加垫沥青纸等材料，如法兰有不密贴处，应用薄钢片塞紧。

2) 法兰螺栓应逐个拧紧，并加设弹簧垫圈或加焊，防止锤击时螺栓松动。

3 桩的连接应按设计要求或有关规定进行。

5.4.2 锤击沉桩

1 预制钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩在锤击沉桩前桩身混凝土强度应达到设计要求。

2 桩锤的选择应根据地质条件、桩形、土的密实程度、单桩轴向承载力及现有的施工条件等确定。

3 开始沉桩时，宜采用较低落距，桩锤、替打、送桩和桩宜保持在同一轴线上。在锤击过程中，应采用重锤低击。

4 锤击沉桩时，应采用与锤、桩相适应的、适当弹性和厚度的锤垫和桩垫，并在锤击过程中及时修理和更换，避免打坏桩。

5 锤击沉桩应考虑锤击振动对新浇筑混凝土的影响，当混凝土强度未达到 5MPa ，距新浇筑的混凝土 30m 范围内，不得进行沉桩。

6 环境温度在 -10°C 以下时，应尽量避免进行钢管桩的锤击沉桩工作。

7 沉桩过程中，若遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、位移或有严重回弹，桩顶或桩身出现严重裂缝、破碎等情况时，应暂停沉桩，分析原因，采取有效措施。

8 斜坡上沉桩，应掌握桩的外移规律，并根据土质、坡度、水深、水流等情况，斜桩尚应考虑自重的影响，结合施工实践经验，桩身宜向岸移一定距离下桩，以使沉桩后桩位符合设计要求。

9 锤击沉桩应考虑锤击振动和挤土等对岸坡稳定或临近建筑物的影响，可根据具体情况采取措施并对岸坡和邻近建筑物位移和沉降等进行观察，及时记录，如有异常变化，应停止沉桩并研究处理。

10 沉桩时，以控制桩尖设计标高为主。当桩尖已达设计标高，而贯入度仍较大时，应继续锤击，使贯入度接近控制贯入度。

贯入度已达到控制贯入度，而桩端标高未达到设计标高时，应继续锤击 100mm 左右(或锤击 $30\sim 50$ 击)，如无异常变化时，即可停锤。若桩尖标高比设计标高高得多时，应与设计单位和监理研究确定。

5.4.3 在砂土地基中锤击沉桩困难时，可采用水冲锤击沉桩并应符合下列要求：

1 水冲锤击沉桩，应根据土质情况随时调节冲水压力，控制沉桩速度。

2 为保证桩的承载力，当桩端沉至距设计标高为下列距离时，应停止冲水，将水压减至 $0\sim 0.1\text{MPa}$ ，并改用锤击。

(1) 桩径或边长 $\leq 600\text{mm}$ 时，为 1.5 倍桩径或边长；

(2) 桩径或边长 $> 600\text{mm}$ 时，为 1.0 倍桩径或边长。

3 用水冲锤击沉桩后，应及时与邻桩或固定结构夹紧，防止倾斜位移。

5.4.4 水上沉桩

1 在浅水中沉桩，一般可设置施工便桥、便道等方法进行施工；在深水或有潮汐影响的河流中沉桩，可用固定平台、浮式平台等方法进行施工，并应设置导向设施，防止桩发生偏移和倾斜。如桩的自由长度较大，应适当增设支点。

2 用固定平台沉桩的注意事项同本规范 5.4.2 条和 5.4.3 条的规定。

3 用打桩船沉桩可参照现行《港口工程桩基规范》(JTJ254)的规定执行。

5.5 沉桩质量标准

预制混凝土桩(钢桩)的沉桩允许偏差应符合表 5.5 的规定。

表 5.5 沉桩施工要求

项目		允许偏差(mm)
桩中轴线偏斜率	直桩	1%
	斜桩	$\pm 0.15 \tan \theta$
单排桩桩位	垂直帽梁轴线	40
	沿帽梁轴线	50
群桩桩位	边桩	$d / 4$
	中桩	$d / 2$ 且 ≤ 250

注：①d 为桩的直径或短边；

②深水中采用打桩船沉桩的允许偏差，按设计要求办理

③倾斜角"为桩纵轴线与垂直线的夹角。

6 灌注桩基础

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于钻、挖孔灌注桩施工。

6.1.2 灌注桩施工应具备工程地质资料和水文地质资料，水、水泥、砂、石、钢筋等原材料及制品的质量检验报告。

6.1.3 灌注桩施工时，应按有关规定制定安全生产、保护环境等措施。

6.1.4 灌注桩施工应有完善的施工记录。

6.2 钻孔灌注桩

6.2.1 施工平台与护筒

1 施工平台

1) 场地为浅水时，宜采用筑岛法施工。筑岛的技术要求应符合本规范第7章的有关规定。筑岛面积应按钻孔方法、机具大小等要求决定；高度应高于最高施工水位0.5~1.0m。

2) 场地为深水时，可采用钢管桩施工平台、双壁钢围堰平台等固定式平台，也可采用浮式施工平台。平台须牢靠稳定，能承受工作时所有静、动荷载。平台的设计与施工可按本规范的有关规定执行。

(1) 钢管桩施工平台施工质量要求：

① 钢管桩倾斜率在1%以内；

② 位置偏差在300mm以内；

③ 平台必须平整，各联接处要牢固，钢管桩周围需要抛砂包，并定期测量钢管桩周围河床面标高，冲刷是否超过允许程度；

④ 严禁船只碰撞，夜间开启平台首尾示警灯，设置救生圈以保证人身安全。

(2) 双壁钢围堰平台，应符合本规范4.2.8条的规定。

2 护筒设置

1) 护筒内径宜比桩径大200~400mm。

2) 护筒中心竖直线应与桩中心线重合，除设计另有规定外，平面允许误差为50mm，竖直线倾斜不大于1%，干处可实测定位，水域可依靠导向架定位。

3) 旱地、筑岛处护筒可采用挖坑埋设法，护筒底部和四周所填粘质土必须分层夯实。

4) 水域护筒设置，应严格注意平面位置、竖向倾斜和两节护筒的连接质量均需符合上述要求。沉入时可采用压重、振动、锤击并辅以筒内除土的方法。

5) 护筒高度宜高出地面0.3m或水面1.0~2.0m。当钻孔内有承压水时，应高于稳定后的承压水位2.0m以上。若承压水位不稳定或稳定后承压水位高出地下水位很多，应先做试桩，鉴定在此类地区采用钻孔灌注桩基的可行性。当处于潮水影响地区时，应高于最高施工水位1.5~2.0m，并应采用稳定护筒内水头的措施。

6) 护筒埋置深度应根据设计要求或桩位的水文地质情况确定，一般情况下埋置深度宜为2~4m，特殊情况应加深以保证钻孔和灌注混凝土的顺利进行。

有冲刷影响的河床，应沉入局部冲刷线以下不小于1.0~1.5m。

7) 护筒连接处要求筒内无突出物，应耐拉、压，不漏水。

6.2.2 泥浆的调制和使用技术要求

1 钻孔泥浆一般由水、粘土(或膨润土)和添加剂按适当配合比配制而成，其性能指标可参照表6.2.2选用。

表 6.2.2 泥浆性能指标选择

钻孔方法	地层情况	泥浆性能指标							
		相对密度	粘度 (Pa·s)	含砂率(%)	胶体率(%)	失水率 (ml / 30min)	泥皮厚 (mm/30 min)	静切力 (Pa)	酸碱度 (pH)
正循环	一般地层	1.05~1.20	16~22	8~4	≥96	≤25	≤2	1.0~2.25	8~10
	易坍地层	1.20~1.45	19~28	8~4	≥96	≤15	≤2	3~5	8~10
反循环	一般地层	1.02~1.06	16~20	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
	易坍地层	1.06~1.10	18~28	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
	卵石土	1.10~1.15	20~35	≤4	≥95	≤20	≤3	1~2.5	8~10
推钻冲抓	一般地层	1.10~1.20	18~24	≤4	≥95	≤	≤3	1~2.5	8~11
冲击	易坍地层	1.20~1.40	22~30	≤4	≥95	≤	≤3	3~5	8~11

注：①地下水位高或其流速大时，指标取高限，反之取低限；
 ②地质状态较好，孔径或孔深较小的取低限，反之取高限；
 ③在不易坍塌的粘质土层中，使用推钻、冲抓、反循环回转钻进时，可用清水提高水头(≥2m)维护孔壁；
 ④若当地缺乏优良粘质土，远运膨润土亦很困难，调制不出合格泥浆时，可掺用添加剂改善泥浆性能，各种添加剂掺量可按附录 C—1 选取；
 ⑤泥浆的各种性能指标测定方法见附录 C—2。

2 直径大于 2.5m 的大直径钻孔灌注桩对泥浆的要求较高，泥浆的选择应根据钻孔的工程地质情况、孔位、钻机性能、泥浆材料条件等确定。在地质复杂，覆盖层较厚，护筒下沉不到岩层的情况下，宜使用丙烯酰胺即 PHP 泥浆，此泥浆的特点是不分散、低固相、高粘度。

6.3 钻孔施工

6.3.1 一般要求

- 1 钻机就位前，应对钻孔各项准备工作进行检查。
- 2 钻孔时，应按设计资料绘制的地质剖面图，选用适当的钻机和泥浆。
- 3 钻机安装后的底座和顶端应平稳，在钻进中不应产生位移或沉陷，否则应及时处理。
- 4 钻孔作业应分班连续进行，填写的钻孔施工记录，交接班时应交待钻进情况及下一班应注意事项。应经常对钻孔泥浆进行检测和试验，不合要求时，应随时改正。应经常注意地层变化，在地层变化处均应捞取渣样，判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。

6.3.2 钻孔灌注桩钻进的注意事项

- 1 无论采用何种方法钻孔，开孔的孔位必须准确。开钻时均应慢速钻进，待导向部位或钻头全部进入地层后，方可加速钻进。
- 2 采用正、反循环钻孔(含潜水钻)均应采用减压钻进，即钻机的主吊钩始终要承受部分钻具的重力，而孔底承受的钻压不超过钻具重力之和(扣除浮力)的 80%。
- 3 用全护筒法钻进时，为使钻机安装平正，压进的首节护筒必须竖直。钻孔开始后应随时检测护筒水平位置和竖直线，如发现偏移，应将护筒拔出，调整后重新压入钻进。
- 4 在钻孔排渣、提钻头除土或因故停钻时，应保持孔内具有规定的水位和要求的泥浆相对密度和粘度。处理孔内事故或因故停钻，必须将钻头提出孔外。
- 5 变截面桩的施工
 全断面一次成孔或再分级扩孔钻进，分级扩孔时变截面桩开始用大直径钻头，钻到变截面处换小直径钻头钻进，达到设计高程后，再换钻头扩孔到设计直径，依次作业 2~3 次直到完成符合设计要求的变截面桩。钻孔时为保持孔壁稳定，覆盖层进尺不能过快，宜采用减压吊钻钻进。

6.4 清 孔

6.4.1 清孔要求

- 1 钻孔深度达到设计标高后，应对孔深、孔径进行检查，符合表 6.8.3 的要求后方可清孔。
- 2 清孔方法应根据设计要求、钻孔方法、机具设备条件和地层情况决定。

3 在吊入钢筋骨架后,灌注水下混凝土之前,应再次检查孔内泥浆性能指标和孔底沉淀厚度,如超过规定,应进行第二次清孔,符合要求后方可灌注水下混凝土。

6.4.2 清孔时应注意事项

- 1 清孔方法有换浆、抽浆、掏渣、空压机喷射、砂浆置换等,可根据具体情况选择使用。
- 2 不论采用何种清孔方法,在清孔排渣时,必须注意保持孔内水头,防止坍孔。
- 3 无论采用何种方法清孔,清孔后应从孔底提出泥浆试样,进行性能指标试验,试验结果应符合表 6.8.3 的规定。灌注水下混凝土前,孔底沉淀土厚度应符合表 6.8.3 的规定。
- 4 不得用加深钻孔深度的方式代替清孔。

6.5 灌注水下混凝土

6.5.1 钢筋骨架的制作、运输及吊装就位的技术要求

- 1 钢筋骨架的制作应符合设计要求和本规范第 10 章的有关规定。
- 2 长桩骨架宜分段制作,分段长度应根据吊装条件确定,应确保不变形,接头应错开。
- 3 应在骨架外侧设置控制保护层厚度的垫块,其间距竖向为 2m,横向圆周不得少于 4 处。骨架顶端应设置吊环。
- 4 骨架入孔一般用吊机,无吊机时,可采用钻机钻架、灌注塔架。起吊应按骨架长度的编号入孔。
- 5 钢筋骨架的制作和吊放的允许偏差为:主筋间距 $\pm 10\text{mm}$;箍筋间距 $\pm 20\text{mm}$;骨架外径 $\pm 10\text{mm}$;骨架倾斜度 $\pm 0.5\%$;骨架保护层厚度 $\pm 20\text{mm}$;骨架中心平面位置 20mm;骨架顶端高程 $+20\text{mm}$,骨架底面高程 $\pm 50\text{mm}$ 。
- 6 变截面桩钢筋骨架吊放按设计要求施工。

6.5.2 灌注水下混凝土时应配备的主要设备及备用设备

- 1 灌注水下混凝土的搅拌机能力,应能满足桩孔在规定时间内灌注完毕。灌注时间不得长于首批混凝土初凝时间。若估计灌注时间长于首批混凝土初凝时间,则应掺入缓凝剂。
- 2 水下灌注混凝土的泵送机具宜采用混凝土泵,距离稍远的宜采用混凝土搅拌运输车。采用普通汽车运输时,运输容器应严密坚实,不漏浆、不吸水,便于装卸,混凝土不应离析。其途中运输与灌注混凝土温度有关时,可参照本规范第 11 章、第 14 章有关规定执行。
- 3 水下混凝土一般用钢导管灌注,导管内径为 200~350mm,视桩径大小而定。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验,严禁用压气试压。进行水密试验的水压不应小于孔内水深 1.3 倍的压力,也不应小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大内压力 P 的 1.3 倍, P 可按式 (6.5.2) 计算:

$$P = \gamma_c h_c - \gamma_w H_w \quad (6.5.2)$$

式中: P ——导管可能受到的最大内压力(kPa);

γ_c ——混凝土拌和物的重度(取 24kN/m^3);

h_c ——导管内混凝土柱最大高度(m),以导管全长或预计的最大高度计;

γ_w ——井孔内水或泥浆的重度(kN/m^3);

H_w ——井孔内水或泥浆的深度(m)。

6.5.3 水下混凝土配制

- 1 可采用火山灰水泥、粉煤灰水泥、普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,使用矿渣水泥时应采取防离析措施。水泥的初凝时间不宜早于 2.5h,水泥的强度等级不宜低于 42.5。
- 2 粗集料宜优先选用卵石,如采用碎石宜适当增加混凝土配合比的含砂率。集料的最大粒径不应大于导管内径的 $1/6 \sim 1/8$ 和钢筋最小净距的 $1/4$,同时不应大于 40mm。
- 3 细集料宜采用级配良好的中砂。
- 4 混凝土配合比的含砂率宜采用 0.4~0.5,水灰比宜采用 0.5—0.6。有试验依据时含砂率和水灰比可酌情增大或减小。
- 5 混凝土拌和物应有良好的和易性,在运输和灌注过程中应无显著离析、泌水现象。灌注时应保持足够的流动性,其坍落度宜为 180-220mm。混凝土拌和物中宜掺用外加剂、粉煤灰等材料,其技术条件及掺用量可参照本规范第 11 章有关规定办理。
- 6 每立方米水下混凝土的水泥用量不宜小于 350kg,当掺有适宜数量的减水缓凝剂或粉煤灰

时,可不少于 300kg。

混凝土拌和物的配合比,可在保证水下混凝土顺利灌注的条件下,按照本规范第 11 章有关混凝土配合比设计方法计算确定。

7 对沿海地区(包括有盐碱腐蚀性地下水地区)应配制防腐混凝土。

6.5.4 灌注水下混凝土的技术要求

1 首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度($\geq 1.0\text{m}$)和导管底部的需要,见图 6.5.4,所需混凝土数量可参考公式(6.5.4)计

$$V \geq \frac{\pi D^2}{4} (H_1 + H_2) + \frac{\pi d^2}{4} h_1 \quad (6.5.4)$$

式中: V ——灌注首批混凝土所需数量(m^3);

D ——桩孔直径(m);

H_1 ——桩孔底至导管底端间距,一般为 0.4m ;

H_2 ——导管初次埋置深度(m);

d ——导管内径(m);

h_1 ——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 时,导管内混凝土

平衡导管外(或泥浆)压力所需的高度(m),即 $H_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c$;

H_w 、 γ_w 、 γ_c ——意义同式(6.5.2)。

2 混凝土拌和物运至灌注地点时,应检查其均匀性和坍落度等,符合要求,应进行第二次拌和,二次拌和后仍不符合要求时,不得使用。

3 首批混凝土拌和物下落后,混凝土应连续灌注。

4 在灌注过程中,特别是潮汐地区和有承压力地下水地区,应注意保持孔内水头。

5 在灌注过程中,导管的埋置深度宜控制在 $2 \sim 6\text{m}$ 。

6 在灌注过程中,应经常测探井孔内混凝土面的位置,及时地调整导管埋深。

7 为防止钢筋骨架上浮,当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1m 左右时,应降低混凝土的灌注速度。当混凝土拌和物上升到骨架底口 4m 以上时,提升导管,使其底口高于骨架底部 2m 以上,即可恢复正常灌注速度。

8 灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度,一般为 $0.5 \sim 1.0\text{m}$,以保证混凝土强度,多余部分接桩前必须凿除,残余桩头应无松散层。

在灌注将近结束时,应核对混凝土的灌入数量,以确定所测混凝土的灌注高度是否正确。

9 变截面桩灌注混凝土的技术要求

对变截面桩,应从最小截面的桩孔底部开始灌注,其技术要求与等截面桩相同。灌注至扩大截面处时,导管应提升至扩大截面下约 2m ,应稍加大混凝土灌注速度和混凝土的坍落度;当混凝土面高于扩大截面处 3m 后,应将导管提升至扩大截面处上 1m ,继续灌注至桩顶。

10 使用全护筒灌注水下混凝土时,当混凝土面进入护筒后,护筒底部始终应在混凝土面以下,随导管的提升,逐步上拔护筒,护筒内的混凝土灌注高度,不仅要考虑导管及护筒将提升的高度,还要考虑因上拔护筒引起的混凝土面的降低,以保证导管的埋置深度和护筒底面低于混凝土面。要边灌注、边排水,保持护筒内水位稳定,不至过高,造成反穿孔。

11 在灌注过程中,应将孔内溢出的水或泥浆引流至适当地点处理,不得随意排放,污染环境及河流。

6.5.5 灌注中发生故障时,应查明原因,合理确定处理方案,进行处理。

6.6 挖孔灌注桩

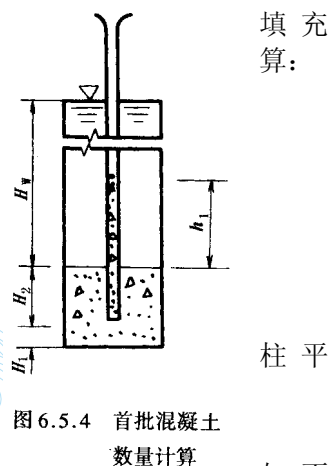
6.6.1 一般要求

1 适用范围挖孔灌注桩适用于无地下水或少量地下水,且较密实的土层或风化岩层。若孔内产生的空气污染物超过现行《环境空气质量标准》(GB3095)规定的三级标准浓度限值时,必须采取通风措施,方可采用人工挖孔施工。

2 挖孔直径应按照设计规定。挖孔过程中,应经常检查桩孔尺寸、平面位置和竖轴线倾斜情况,如有偏差应随时纠正。

6.6.2 挖孔时的技术要求

1 挖孔施工应根据地质和水文地质情况,因地制宜选择孔壁支护方案报批,并应经过计算,



确保施工安全并满足设计要求。

2 孔内遇到岩层须爆破时，应专门设计，宜采用浅眼松动爆破法，严格控制炸药用量并在炮眼附近加强支护。孔深大于 5m 时，必须采用电雷管引爆。

孔内爆破后应先通风排烟 15min 并经检查无有害气体后，施工人员方可下井继续作业。

3 挖孔达到设计深度后，应进行孔底处理。必须做到孔底表面无松渣、泥、沉淀土。如地质复杂，应钎探了解孔底以下地质情况是否能满足设计要求，否则应与监理、设计单位研究处理。

6.6.3 孔内无积水方可不采用水下灌注混凝土施工，不采用水下灌注混凝土时，可按本规范第 11 章、第 15 章的规定施工。

6.7 承 台

6.7.1 无水或浅水施工承台的挖基工作可按本规范第 4.2 节的规定办理，承台模板、钢筋、混凝土的施工可按本规范第 9 章、第 10 章、第 11 章的规定办理。

6.7.2 用套箱法围堰施工水中桩基承台时，宜先填塞桩和预留孔之间的缝隙，然后在套箱内灌注水下混凝土封底，待混凝土达到设计规定强度后抽干水，施工承台。抽水时应限制抽水速度，以确保安全。

6.7.3 边桩外侧与承台边缘的净距不得小于设计规定的最小值。

6.7.4 承台的质量检验标准见表 6.7.4。

表 6.7.4 承台的质量检验标准

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
混凝土强度(MPa)	符合设计要求	平面尺寸	±30
轴线偏位	15	顶面高程	±20

6.8 质量检验及质量标准

6.8.1 钻、挖孔在终孔和清孔后，应进行孔位、孔深检验。

6.8.2 孔径、孔形和倾斜度宜采用专用仪器测定，当缺乏专用仪器时，可采用外径为钻孔桩钢筋笼直径加 100mm(不得大于钻头直径)，长度为 4~6 倍外径的钢筋检孔器吊入钻孔内检测。

6.8.3 钻、挖孔成孔的质量标准见表 6.8.3。

表 6.8.3 钻、挖孔成孔质量标准

项 目	允 许 偏 差
孔的中心位置(mm)	群桩：100；单排桩：50
孔径(mm)	不小于设计桩径
倾斜度	钻孔：小于 1%；挖孔：小于 0.5%
孔深	摩擦桩：不小于设计规定 支承桩：比设计深度超深不小于 50mm
沉淀厚度(mm)	摩擦桩：符合设计要求，当设计无要求时，对于直径≤1.5m 的桩，≤300mm；对桩径>1.5m 或桩长>40m 或土质较差的桩，≤500mm 支承桩：不大于设计规定
清孔后泥浆指标	相对密度：1.03~1.10；粘度：17~20 Pa·s；含砂率：<2%；胶体率：>98%

注：清孔后的泥浆指标，是从桩孔的顶、中、底部分别取样检验的平均值。本项指标的测定，限指大直径桩或有特定要求的钻孔桩。

6.8.4 钻、挖孔灌注桩的混凝土质量检测

1 桩身混凝土抗压强度应符合设计规定；每桩试件组数为 2~4 组，检验要求按本规范第 11

章的规定。

2 检测方法和数量应符合设计要求。

一般选有代表性的桩用无破损法进行检测，重要工程或重要部位的桩宜逐根进行检测，设计有规定时或对桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测，对柱桩并应钻到桩底 0.5m 以下。

3 当检测后，桩身质量不符合要求时，应研究处理方案，报监理单位处理。

6.8.5 钻、挖孔灌注桩的承载力试验

钻、挖孔灌注桩的承载力试验，参照本规范附录 B 进行。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

7 沉井基础

7.1 一般规定

7.1.1 沉井施工前，应根据设计单位提供的地质资料决定是否增加补充施工钻探，为编制施工方案提供准确依据。

7.1.2 沉井下沉前，应对附近的堤防、建筑物和施工设备采取有效的防护措施，并在下沉过程中，经常进行沉降观测及观察基线、基点的设置情况。

7.1.3 沉井施工前，应对洪汛、凌汛、河床冲刷、通航及漂流物等做好调查研究，需要在施工中渡汛、渡凌的沉井，应制订必要的措施，确保安全。

7.2 沉井的制作

7.2.1 沉井位于浅水或可能被水淹没的岸滩上时，宜就地筑岛制作；沉井在制作至下沉过程中位于无被水淹没可能的岸滩上时，如地基承载力满足设计要求，可就地整平夯实制作，如地基承载力不够，应采取加固措施。在地下水位较低的岸滩，若土质较好时，可开挖基坑制作沉井。

7.2.2 筑岛沉井的制作与下水

1 制作沉井的岛面、平台面和开挖基坑施工的坑底标高，应比施工最高水位高出 0.5~0.7m，有流冰时，应再适当加高。

2 水中筑岛除应按第 4 章有关规定办理外，还应符合以下要求：

1) 筑岛尺寸应满足沉井制作及抽垫等施工要求，无围堰筑岛，宜在沉井周围设置不小于 2m 宽的护道；有围堰筑岛其护道宽度可按式(7.2.2)计算：

$$b \geq H \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (7.2.2)$$

式中：b——护道宽度；

H——筑岛高度；

ϕ ——筑岛土饱和水时的内摩擦角。

护道宽度在任何情况下不应小于 1.5m，如实际采用的护道宽度 b 小于按式(7.2.2)计算的值时，则应考虑沉井重力等对围堰所产生的侧压力的影响。

2) 筑岛材料应用透水性好、易于压实的砂土或碎石土等，且不应含有影响岛体受力及抽垫下沉的块体。岛面及地基承载力应满足设计要求。无围堰筑岛的临水面坡度一般可采用 1:1.75~1:3。

3) 在施工期内，水流受压缩后，应保证岛体稳定，坡面、坡脚不被冲刷，必要时应采取防护措施。

4) 在斜坡上筑岛时应进行设计计算，应有防滑措施；在淤泥等软土上筑岛时，应将软土挖除，换填或采用其他加固措施。

3 筑岛沉井一般采用钢筋混凝土厚壁沉井，制作前应检查沉井纵、横向中轴线位置是否符合设计要求。

4 在支垫上立模制作沉井时，应符合下列要求：

1) 支垫布置应满足设计要求及抽垫方便。

2) 支垫顶面应与钢刃脚底面紧贴，使沉井重力均匀分布于各支垫上。

3) 模板及支撑应具有足够的强度和较好的刚性。内隔墙与井壁连接处支垫应联成整体，底模应支承于支垫上，以防不均匀沉陷；外模与混凝土面贴接一侧应平直并光滑。

5 刃脚部分采用土模制作时，应符合下列要求：

1) 刃脚部分的外模，应能承受井壁混凝土的重力在刃脚斜面上产生的水平分力。土模顶面的承载力应满足设计要求，土模顶面一般宜填筑至沉井隔墙底面。

2) 土模表面及刃脚底面的地面上，均应铺筑一层 20~30mm 的水泥砂浆，砂浆层表面应涂隔离剂。

3) 应有良好的防水、排水设施。

6 沉井分节制作高度，应能保证其稳定，又有适当重力便于顺利下沉。底节沉井的最小高度，应能抵抗拆除支垫或挖除土模时的竖向挠曲强度，除土条件许可时，宜高些。

7 筑岛沉井底节支垫的抽除应符合以下要求：

1) 沉井混凝土强度满足沉井抽垫受力的要求时方可抽垫。

2) 支垫应分区、依次、对称、同步地向沉井外抽出，随抽随用砂土回填捣实。抽垫时应防止沉井偏斜。

3) 定位支点处的支垫，应按设计要求的顺序尽快地抽出。

8 拆除土模应符合下列要求：

1) 底节混凝土达到设计要求强度后方可拆除土模。

2) 自中心向四周分区、分层、同步、对称挖土，防止沉井发生倾斜。

3) 拆除土模时，不得先挖沉井外围的土，刃脚斜面及隔墙底面粘附于土模的残留物应清除干净，防止影响封底混凝土质量。

7.2.3 制作沉井对模板、钢筋、混凝土的技术要求按本规范第 9 章、第 10 章、第 11 章的规定执行。

7.2.4 制造浮式沉井的方法及浮运前的准备工作

1 位于深水中的沉井，可采用浮式沉井。根据河岸地形、设备条件，进行技术经济比较，确定沉井结构、制作场地及下水方案。在浮船上或支架平台上制作沉井时，浮船、支架平台的承载力应满足设计要求。

2 浮式沉井可采用空腔式钢丝网水泥薄壁沉井、钢筋混凝土薄壁沉井、钢壳沉井、装配式钢筋混凝土薄壁沉井以及带临时井底的沉井和带气筒的沉井等，其制造工艺可参照本规范有关规定和有关资料。

7.3 沉井浮运到位

7.3.1 浮运前应进行下列工作：

1 各类浮式沉井均须灌水下沉，各节沉井均应进行水密性检查，底节还应根据其工作压力，进行水压试验，合格后方可下水。

2 应对所经水域和沉井位置处河床进行探查，所经水域应无妨碍浮运的水下障碍物，沉井位置处河床应基本平整。

3 检查拖运、定位、导向、锚锭、潜水、起吊及排、灌水设施。

4 掌握水文、气象和航运情况，并与有关部门取得联系、配合，必要时宜在浮运沉井过程中中断航运。

5 浮运沉井的实际重力与设计重力不符时，应重新验算沉入水中的深度是否安全可靠。

7.3.2 浮式沉井的底节可采用滑道、起重机具、涨水自浮、浮船等方法下水。

浮式沉井底节入水后，悬浮接高时的初步定位位置，应根据下水方法，底节沉井的高度、大小、形状与水深、流速、河床土质及沉井接高和下沉过程中墩位处河床受冲淤的影响，综合分析确定。

浮式沉井在悬浮状态下接高时，应符合下列要求：

1 沉井底节下水后接高前，应向沉井内灌水或从气筒内排气，使沉井入水深度增加到沉井接高所要求的深度，在灌筑接高混凝土过程中，同时向井外排水或向气筒内补气，以维持沉井入水深度不变。

2 在灌水或排气过程中，应检查并调整固定沉井位置的锚锭系统。

3 在灌水、排气或排水、补气及灌筑接高混凝土过程中，应均匀、对称地进行。

4 带临时性井底的浮式沉井和空腔井壁沉井，应严格控制各灌水隔舱间的水头差不得超过设计规定。

5 带气筒的浮式沉井，气筒应加防护。

7.3.3 沉井浮运就位

1 浮式沉井必须对浮运、就位和灌水着床时的稳定性进行验算。

2 浮运和灌水着床应在沉井混凝土达到设计要求的强度后，并尽可能安排在能保证浮运工作顺利进行的低水位或水流平稳时进行。

3 沉井浮运宜在白昼无风或小风时，以拖轮拖运或绞车牵引进行。对水深和流速大的河流，为增加沉井稳定，可在沉井两侧设置导向船，沉井下沉前初步锚锭于墩位的上游处，在沉井浮运、下沉的任何时间内，露出水面的高度均不应小于 1m。

4 就位前应对所有缆绳、锚链、锚锭和导向设备进行检查调整，使沉井落床工作进行顺利，

并注意水位涨落时对锚锭的影响。

布置锚锭体系时，应使锚绳受力均匀，锚绳规格和长度应相差不大，边锚预拉力要适当，避免导向船和沉井产生过大摆动或折断锚绳。

5 准确定位后，应向井孔内或在井壁腔格内迅速、对称、均衡地灌水，使沉井落至河床。在水中拆除底板时，应注意防止沉井偏斜。薄壁空腔沉井着床后，可对称、均衡地灌水、灌筑混凝土和加压下沉。

6 沉井着床后，应随时观测由于沉井下沉的阻力和压缩流水断面引起流速增大而造成的河床局部冲刷，必要时可在沉井位置处用卵、碎石垫填整平，改变河床上的粒径，减小冲刷深度，增加沉井着床后的稳定。

7 沉井着床后，应采取措施使其尽快下沉，并加强对沉井上游侧冲刷情况的观测和沉井平面位置及偏斜的检查，发现问题时立即采取措施并予调整。

7.4 沉井除土下沉

7.4.1 沉井下沉

1 沉井宜采用不排水除土下沉，在稳定的土层中，也可采用排水除土下沉。采用排水除土下沉时，应有安全措施，防止发生人身安全事故。

2 下沉沉井时，不宜使用爆破方法，在特殊情况下，经批准必须采用爆破时，应严格控制药量。

3 下沉过程中，应随时掌握土层情况，做好下沉观测记录，分析和检验土的阻力与沉井重力的关系，选用最有利的下沉方法。

4 下沉通过粘土胶结层或沉井自身重力偏轻下沉困难时，可采用井外高压射水、降低井内水位等方法下沉。在结构受力容许的条件下，亦可采用压重或接高沉井下沉。

5 正常下沉时，应自中间向刃脚处均匀对称除土。对于排水除土下沉的底节沉井，设计支承位置处的土，应在分层除土中最后同时挖除。由数个井室组成的沉井，为使下沉不发生倾斜，应控制各井室之间除土面的高差，并避免内隔墙底部在下沉时受到下面土层的顶托。

6 下沉时应随时注意正位，保持竖直下沉，至少每下沉 1m 检查一次。沉井入土深度尚未超过其平面最小尺寸的 1.5~2 倍时，最易出现倾斜，应及时注意校正。但偏斜时的竖直校正，一般均会引起平面位置的移动。

7 合理安排沉井外弃土地点，避免对沉井引起偏压。在水中下沉时，应注意河床因冲淤引起的土面高差，必要时可用沉井外弃土来调整。

8 采用吸泥吹砂等方法在不稳定的土或砂土中下沉时，必须备有向井内补水的设施，保持井内外的水位相平或井内略高于井外水位，防止翻砂。吸泥器应均匀吸泥，防止局部吸泥过深，造成沉井下沉偏斜。

9 下沉至设计标高以上 2m 左右时，应适当放慢下沉速度并控制井内除土量和除土位置，以使沉井平稳下沉，正确就位。

10 可采用下列辅助措施下沉：

1) 高压射水：当局部地点难以由潜水员定点定向射水掌握操作时，在一个沉井内只可同时开动一套射水设备，并不得进行除土或其他起吊作业。射水水压应根据地层情况、沉井入土深度等因素确定，可取 1~2.5MPa。

2) 抽水助沉：不排水下沉的沉井，对于易引起翻砂、涌水地层，不宜采用抽水助沉方法。

3) 压重助沉：沉井圬工尚未接筑完毕时，可利用接筑圬工压重助沉，也可在井壁顶部用钢铁块件或其他重物压重助沉。除为纠正沉井偏斜外，压重应均匀对称旋转。采用压重助沉时，应结合具体情况及实际效果选用。

4) 炮振助沉：一般不宜采用炮振助沉方法。在特殊情况下必须采用时，应严格控制用药量。在井孔中央底面放置炸药起爆助沉时，可采用 0.1~0.2kg，具体使用应视沉井大小、井壁厚度及炸药性能而定。同一沉井每次只能起爆一次，并应根据具体情况，适当控制炮振次数。

5) 利用空气幕下沉：

(1) 空气幕的制作，应符合下列要求：

气斗的选型应以布设简单、不易堵塞、便于喷气扩散为原则，可采用 150mm50mm 棱锥形，喷气孔直径为 1mm，气斗喷气孔数量应以每个气斗所作用的有效面积决定。气斗可按下部为 1.3m²

/个、上部为 2.6m^2 /个考虑, 喷气孔平均可按 $1.0\text{—}1.6\text{m}^2$ /个考虑。气斗喷气孔布置按等距离分布, 上下交错排列, 距刃脚底面以上 3m 左右可不设, 防止压气时引起翻砂。

井壁内预埋管可为环形管与竖管, 喷气孔设在环形管上, 也可以只设竖管。喷气孔设在竖管上, 可根据施工设备条件和实际情况决定, 但管尾端均应防止砂粒堵塞喷气孔的储砂筒设施。

(2) 风压设备的规定

压风机具有设计要求的风压和风量, 风压应大于最深喷气孔处的水压力加送气管路损耗, 一般可按最深喷气孔处理论水压的 $1.4\text{—}1.6$ 倍考虑; 风量可按喷气孔总数及每个喷气孔单位时间内所耗风量计算; 地面风管应尽量减少弯头、接头, 以降低气压损耗。为稳定风压, 在压风机与井外送气管间, 应设置必要数量的储气风包。

每节沉井下沉前, 管道、气斗应经压风检验, 如有堵塞, 应采取补救措施。

(3) 沉井下沉时应注意下列事项:

在整个下沉过程中, 应先在井内除土, 消除刃脚下土的抗力后再压气, 但也不得过分除土而不压气, 一般除土面低于刃脚 $0.5\text{—}1.0\text{m}$ 时, 即应压气下沉。压气时间不宜过长, 一般不超过 5min /次。放气顺序应先上部气斗, 后下部气斗, 以形成沿沉井外壁上喷的气流。气压不应小于喷气孔最深处理论水压的 $1.4\text{—}1.6$ 倍, 应尽可能使用风压机的最大值。

停气时应先停下部气斗, 依次向上, 最后停上部气斗, 并应缓慢减压, 不得将高压空气突然停止, 防止造成瞬间负压, 使喷气孔内吸入泥沙而被堵塞。

空气幕下沉沉井适应于砂类土、粉质土及粘质土地层, 对于卵石土、砾类土、硬粘土及风化岩等地层不宜使用。

7.4.2 沉井接高和防水、防土措施

1 沉井接高应符合以下规定:

1) 沉井接高前应尽量纠正倾斜, 接高各节的竖向中轴线应与前一节的中轴线相重合。

2) 水上沉井接高时, 井顶露出水面不应小于 1.5m ; 地面上沉井接高时, 井顶露出地面不应小于 0.5m 。

3) 接高前不得将刃脚掏空, 避免沉井倾斜, 接高加重应均匀、对称地进行。

4) 混凝土接缝应按本规范第 11 章的规定处理。

2 沉井下沉时, 如需在沉井顶部设置防水或防土围堰, 围堰底部与井顶应连接牢固, 防止沉井下沉时围堰与井顶脱离。

7.4.3 沉井下沉遇到倾斜岩层时, 应将表面松软岩层或风化岩层凿去, 并尽量整平, 使沉井刃脚的 $2/3$ 以上嵌搁在岩层上, 嵌入深度最小处不宜小于 0.25m , 其余未到岩层的刃脚部分, 可用袋装混凝土等填塞缺口。刃脚以内井底岩层的倾斜面, 应凿成台阶或榫槽后, 清渣封底。

7.4.4 纠正沉井倾斜和位移时, 可按下列规定处理:

1 纠偏前, 应分析原因, 然后采取相应措施, 如有障碍物应首先排除。

2 纠正倾斜时, 一般可采取除土、压重、顶部施加水平力或刃脚下支垫等方法进行。对空气幕沉井可采取侧压气纠偏。

3 纠正位移时, 可先除土, 使沉井底面中心向墩位设计中心倾斜, 然后在对侧除土, 使沉井恢复竖直, 如此反复进行, 使沉井逐步移近设计中心。

4 纠正扭转, 可在一对角线两角除土, 在另外两角填土, 借助于刃脚下不相等的土压力所形成的扭矩, 使沉井在下沉过程中逐步纠正其扭转角度。

7.5 基底检验

7.5.1 沉井沉至设计标高后, 应检验基底的地质情况是否与设计相符, 排水下沉时, 可直接检验、处理; 不排水下沉时, 应进行水下检查、处理, 必要时取样鉴定。

7.5.2 基底应符合下列要求:

1 不排水下沉的沉井基底面应整平, 且无浮泥。基底为岩层时, 岩面残留物应清除干净, 清理后有效面积不得小于设计要求; 岩基底倾斜时, 应符合 7.4.3 条的规定。井壁隔墙及刃脚与封底混凝土接触面处的泥污应予清除。

2 排水下沉的沉井, 应满足基底面平整的要求, 还应符合本规范第 3 章有关规定。

7.5.3 沉井下沉至设计标高时, 应进行沉降观测, 满足设计要求后, 方可封底。

7.6 沉井封底

7.6.1 基底检验合格后，应及时封底。对于排水下沉的沉井，在清基时，如渗水量上升速度小于或等于 $6\text{mm}/\text{min}$ ，可按第 11 章普通混凝土浇筑方法进行封底；若渗水量大于上述规定时，宜采用水下混凝土进行封底。

7.6.2 用刚性导管法进行水下混凝土封底时，应满足如下要求：

- 1 混凝土材料可参照钻孔灌注桩水下混凝土有关规定，混凝土的坍落度宜为 $150\sim 200\text{mm}$ 。
- 2 灌注封底水下混凝土时，需要的导管间隔及根数，应根据导管作用半径及封底面积确定。
- 3 用多根导管灌注时的顺序，应进行设计，防止发生混凝土夹层。若同时浇注，当基底不平时，应逐步使混凝土保持大致相同的标高。
- 4 每根导管开始灌注时所用的混凝土坍落度宜采用下限，首批混凝土需要数量应通过计算确定。
- 5 在灌注过程中，导管应随混凝土面升高而徐徐提升，导管埋深应与导管内混凝土下落深度相适应，一般不宜小于表 7.6.2-1 的规定。用多根导管灌注时，导管埋深不宜小于表 7.6.2-2 的规定。
- 6 在灌注过程中，应注意混凝土的堆高和扩展情况，正确地调整坍落度和导管埋深，使每盘混凝土灌注后形成适宜的堆高和不陡于 $1:5$ 的流动坡度，抽拔导管应严格使导管不进水。混凝土面的最终灌注高度，应比设计值高出不小于 150mm ，待灌注混凝土强度达到设计要求后，再抽水凿除表面松弱层。

表 7.6.2-1 不同灌注深度导管的最小埋深

灌注深度(m)	≤ 10	$10\sim 15$	$15\sim 20$	>20
导管最小埋深(m)	$0.6\sim 0.8$	1.1	1.3	1.5

表 7.6.2-2 导管不同间距的最小埋深

导管间距(m)	≤ 5	6	7	8
导管最小埋深(m)	$0.6\sim 0.9$	$0.9\sim 1.2$	$1.2\sim 1.4$	$1.3\sim 1.6$

7.6.3 沉井封底，若为水下压浆混凝土时，应按设计要求施工。

7.7 井孔填充和顶板浇筑

7.7.1 井孔填充应按设计规定处理。

7.7.2 不排水封底的沉井，应在封底混凝土强度满足设计要求时方可抽水。

7.7.3 当沉井顶部需要浇筑钢筋混凝土顶板时，应保持无水施工。

7.8 质量检验与质量标准

7.8.1 沉井基础施工应分阶段进行质量检验并填写检查记录。

7.8.2 沉井基底应按本规范第 4.5 节进行检查验收。沉井的制作以及封底、填充、封顶等检验内容及质量标准，除符合本章规定外，还应符合本规范有关章节的规定。

7.8.3 沉井制作的允许偏差应符合表 7.8.3 的规定。

表 7.8.3 沉井制作允许偏差

项 目		允 许 偏 差
沉井平面尺寸	长度、宽度	$\pm 0.5\%$ ，当长、宽大于 24m 时， $\pm 120\text{mm}$
	曲线部分的半径	$\pm 0.5\%$ ，当半径大于 12m 时， $\pm 60\text{mm}$
	两对角线的差异	对角线长度的 $\pm 1\%$ ，最大 $\pm 180\text{mm}$
沉井井壁厚度	混凝土、片石混凝土	$+40\text{mm}$ ， -30mm
	钢筋混凝土	$\pm 15\text{mm}$

注：①对于钢沉井及结构构造、拼装等方面有特殊要求的沉井，其平面尺寸允许偏差值应按照设计要求确定；

②井壁的表面要平滑而不外凸，且不得向外倾斜。

7.8.4 沉井基础的质量应符合下列规定：

1 混凝土的强度应符合设计要求。

2 沉井刃脚底面标高应符合设计要求。

3 底面、顶面中心与设计中心的偏差应符合设计要求，当设计无要求时，其允许偏差纵横方向为沉井高度的 $1/50$ （包括因倾斜而产生的位移）。对于浮式沉井，允许偏差值增加 250mm 。

4 沉井的最大倾斜度为 $1/50$ 。

5 矩形、圆端形沉井的平面扭转角偏差，就地制作的沉井不得大于 1° ，浮式沉井不得大于 2° 。

8 地下连续墙

8.1 一般规定

8.1.1 适用范围

地下连续墙适于作为地下挡土墙、挡水围堰,承受竖向和侧向荷载的桥梁基础和平面尺寸大、形状复杂的地下构造物及适用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。

地下连续墙可采用直线单元节段式施工,亦可采用桩排式施工方式。

8.1.2 地下连续墙工程施工前,必须具备工程地质资料、区域内障碍物资料、必要的试验资料等。

8.1.3 在原有构造物附近施工前,必须了解原有构造物结构及基础情况,如影响构造物的安全时,应研究采取有效处理措施。

8.2 导 墙

8.2.1 用泥浆护壁挖槽构成的地下连续墙应先构筑导墙。导墙应能满足地下连续墙的施工导向、蓄积泥浆并维持其表面高度,支承挖槽机械设备和其他荷载,维护槽顶表土层的稳定和阻止地面水流入沟槽。

8.2.2 导墙的材料、平面位置、型式、埋置深度、墙体厚度、顶面高度应符合设计文件要求。当设计文件未规定时,应符合以下要求:

1 导墙宜采用钢筋混凝土材料构筑。混凝土等级不宜低于 C20。

2 导墙的平面轴线应与地下连续墙轴线平行,两导墙的内侧间距宜比地下连续墙墙体厚度大 40~60mm。

3 导墙型式根据土质情况可采用板墙形、U形或倒 L 形。墙体厚度应满足施工要求。

4 导墙底端埋入土内深度宜大于 1m。基底土层应夯实,遇有特殊情况须作妥善处理。导墙顶端应高出地面,遇地下水位较高时,导墙顶端应高于地下水位,墙后应填土与墙顶齐平,全部导墙顶面应保持水平,内墙面应保持竖直。

5 导墙支撑应每隔 1~1.5m 距离设置。

8.2.3 导墙施工除按照本规范有关规定执行外,还应符合下列要求:

1 导墙要求分段施工时,段落划分应与地下连续墙划分的节段错开。

2 安装预制导墙块时,必须按照设计施工,保证连接处质量,防止渗漏。

3 混凝土导墙在浇筑及养护时,重型机械、车辆不得在附近作业行驶。

8.2.4 导墙的质量标准

导墙平面轴线应与地下连续墙的平面轴线平行,允许偏差为 10mm。导墙内墙面应竖直,顶面应水平。两导墙内墙面间的距离允许偏差为 5mm,导墙顶面高程允许偏差为 ± 10 mm。

8.3 地下连续墙施工

8.3.1 地下连续墙的沟槽施工,应根据地质情况和施工条件选用能满足成槽要求的机具与设备。

8.3.2 桩排式地下连续墙的主要施工工艺和技术要求可按本规范第 6 章有关规定执行。桩排间的土层可压注化学溶液或水泥浆予以加固和防渗透,可按本规范第 4 章有关规定执行。

8.3.3 槽壁式地下连续墙的沟槽开挖应符合下列要求:

1 开挖前应按已划分的单元节段,决定各段开挖先后次序。挖槽施工开始后应连续进行,直到节段完成。

2 成槽机械开挖一定深度后,应立即输入调制好的泥浆,并宜保持槽内泥浆面不低于导墙顶面 300mm。配制优质泥浆,起到良好的护壁作用是成槽的关键,重复使用的泥浆若性质变化,应进行再生处理或舍弃。

3 挖掘的槽壁及接头处应保持竖直,竖直度允许偏差应符合第 7.4 节的规定。接头处相邻两槽段的挖槽中心线在任一深度的偏差值不得大于墙厚的 1/3。槽底高度不得高于墙底设计高度。

4 挖槽时应加强观测,如槽壁发生坍塌时,应查明原因,采取相应措施,妥善处理。对于严

重大面积坍塌，应提出挖槽机械后，填入较好的粘质土，必要时可掺拌 10%~20% 的水泥，回填至坍塌处以上 1~2m，待沉积密实后再进行挖掘。对局部坍塌，可加大泥浆相对密度和粘度，已坍塌的土块宜清理后再继续挖掘。

5 挖掘时如遇到槽沟偏斜等故障，应查明原因，采取措施，予以排除。

6 槽段开挖达到槽底设计标高后，应对成槽质量进行检查，符合本章第 7.4 节的规定后，方可进行下一工序清底、换浆。

7 挖槽施工应做好施工记录，妥善处理废弃泥浆及钻渣，防止环境污染。

8.3.4 槽段清底工作应在吊放接头装置之前进行。清底工序包括清除槽底沉淀的泥渣和置换槽中的泥浆，清底应按下列技术要求办理：

1 清底之前应检测节段平面位置、横截面和竖面。如槽壁竖向倾斜、弯曲和宽度不足等超过允许偏差时，应进行修槽工作，使其符合要求。节段接头处应用刷子或高压射水清扫。

2 清底工作宜根据设备条件采用抓斗排渣法、反循环泥浆泵排泥法、潜水电泵排泥法、空气升液排泥法等。施工时可参照本规范第 6 章有关规定办理。

3 清理槽底和置换泥浆工作结束 1h 后，应进行检验，槽底以上 200mm 处的泥浆相对密度不应大于 1.15，槽底沉淀物厚度应符合设计要求。

8.3.5 施工接头应符合设计要求，当设计无规定时，可按下列规定办理：

1 对受力和防渗要求较小的施工接头，宜采用接头管式接头。当初期的单元节段开挖完成并清底后，应用吊机将钢制接头管竖直吊放入槽内，紧靠单元节段两端，接头管底端应插入槽底以下 100~150mm，管长应略大于地下连续墙设计值。接头管可分节于管内用销子连接固定。管外平顺无突出物，管外径宜比墙厚小 50mm。此后可进行吊放钢筋骨架、灌注水下混凝土工序。灌注水下混凝土时，应经常转动及小量提升接头管。待混凝土初凝后将接头管拔出，拔管时不得损坏接头处的混凝土。

2 对受力、防渗和整体性要求较大的接头装置宜采用接头箱式或隔板式接头。接头箱式其吊放的钢筋骨架一端带有堵头板，堵头钢板向外伸出的水平钢筋可插入接头箱管中，灌注混凝土时，由堵头板挡住，使混凝土不流入接头箱管内。混凝土初凝后，逐步吊出接头箱管，先灌节段骨架的外伸钢筋可灌入邻段混凝土内。

3 当地下连续墙设计与梁、承台或墩柱连接时，应于连接处设置结构接头。结构接头的型式应按照设计规定。施工时应在连接处按照设计文件埋设连接钢筋，待墙体混凝土灌注并凝固后，开挖墙体内侧土体，并凿去混凝土保护层，露出预埋钢筋。将其弯成所需形状，与后浇的梁、承台或墩柱的主钢筋连接。

8.3.6 地下连续墙钢筋骨架的制作和吊放除应按本规范 6.5.1 条的规定办理外，还应符合下列规定：

1 钢筋骨架应根据设计图和单元节段的划分长度制作，并宜在工地的工作台上试装配成型，骨架中间应留出上下贯通的导管位置。

2 吊放钢筋骨架时，必须使骨架中心对准单元节段中心，竖直不变形并准确地放入槽内，不得使骨架发生摆动。

3 全部钢筋骨架入槽后，应固定在导墙上，并使骨架顶端高度符合设计要求。

4 当钢筋骨架不能顺利插入槽内时，应重新吊起，查明原因，解决后，重新放入，不得强行压入槽内。

8.3.7 灌注水下混凝土时，应符合下列要求：

1 混凝土拌和物应采用导管法灌注。单元节段长度小于 4m 时，可采用 1 根导管灌注；单元节段长度超过 4m 时，宜采用 2 或 3 根导管同时灌注。采用多根导管灌注时，导管间净距不宜大于 3m，导管距节段端部不宜大于 1.5m。各导管灌注的混凝土拌和物表面高差不宜大于 0.3m。导管内径不宜小于 200mm。

2 灌注水下混凝土的其他技术要求，应符合本规范第 6 章的有关规定。

8.4 质量标准

地下连续墙裸露墙面应平整，外轮廓线应平顺，无突变转折现象，允许偏差应符合表 8.4 的规定。

表 8.4 地下连续墙的允许偏差

项 目	规定值或允许偏差
混凝土强度	在合格标准内
轴线位置(mm)	30
外形尺寸(mm)	0, +30
倾斜度	0.5%
顶面高程(mm)	±10
沉淀厚度	符合设计要求

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

9 模板、支架和拱架。

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于公路桥涵就地浇筑和工地、工厂预制构件的混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土和砌石圬工所用的模板、支架及拱架的设计和施工。

9.1.2 模板、支架和拱架的设计原则

- 1 宜优先使用胶合板和钢模板。
- 2 在计算荷载作用下，对模板、支架及拱架结构按受力程序分别验算其强度、刚度及稳定性。
- 3 模板板面之间应平整，接缝严密，不漏浆，保证结构物外露表面美观，线条流畅，可设倒角。
- 4 结构简单，制作、装拆方便。

9.1.3 模板、支架和拱架可采用钢材、胶合板、塑料和其他符合设计要求的材料制作。钢材可采用现行国家标准《碳素结构钢》(GB700)中的标准。

9.1.4 浇筑混凝土之前，模板应涂刷脱模剂，外露混凝土模板的脱模剂应采用同一品种，不得使用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝处。

9.1.5 重复使用的模板、支架和拱架应经常检查、维修。

9.2 模板、支架和拱架的设计

9.2.1 设计的一般要求

1 模板、支架和拱架的设计，应根据结构型式、设计跨径、施工组织设计、荷载大小、地基土类别及有关的设计、施工规范进行。

- 2 绘制模板、支架和拱架总装图、细部构造图。
- 3 制定模板、支架和拱架结构的安装、使用、拆卸保养等有关技术安全措施和注意事项。
- 4 编制模板、支架及拱架材料数量表。
- 5 编制模板、支架及拱架设计说明书。

9.2.2 设计荷载

1 计算模板、支架和拱架时，应考虑下列荷载并按表 9.2.2 进行荷载组合。

- (1)模板、支架和拱架自重；
- (2)新浇筑混凝土、钢筋混凝土或其他圬工结构物的重力；
- (3)施工人员和施工材料、机具等行走运输或堆放的荷载；
- (4)振捣混凝土时产生的荷载；
- (5)新浇筑混凝土对侧面模板的压力；
- (6)倾倒混凝土时产生的水平荷载；
- (7)其他可能产生的荷载，如雪荷载、冬季保温设施荷载等。

普通模板荷载计算见附录 D。

表 9.2.2 模板、支架和拱架设计计算的荷载组合

模板结构名称	荷载组合	
	计算强度用	验算刚度用
梁、板和拱的底模板以及支承板、支架及拱等	(1)+(2)+(3)+(4)+(7)	(1)+(2)+(7)
缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱等的侧模板	(4)+(5)	(5)
基础、墩台等厚大建筑物的侧模板	(5)+(6)	(5)

2 钢、木模板，支架及拱架的设计，可按《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025)的有关规定执行。

3 计算模板、支架和拱架的强度和稳定性时，应考虑作用在模板、支架和拱架上的风力。设于水中的支架，尚应考虑水流压力、流冰压力和船只漂流物等冲击力荷载。

4 组合箱形拱，如系就地浇筑，其支架和拱架的设计荷载可只考虑承受拱肋重力及施工操作时的附加荷载。

9.2.3 稳定性要求

1 支架的立柱应保持稳定,并用撑拉杆固定。当验算模板及其支架在自重和风荷载等作用下的抗倾覆稳定时,验算倾覆的稳定系数不得小于 1.3。

2 支架受压构件纵向弯曲系数可按《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025)进行计算。

9.2.4 强度及刚度要求

1 验算模板、支架及拱架的刚度时,其变形值不得超过下列数值:

(1)结构表面外露的模板,挠度为模板构件跨度的 $1/400$;

(2)结构表面隐蔽的模板,挠度为模板构件跨度的 $1/250$;

(3)支架、拱架受载后挠曲的杆件(盖梁、纵梁),其弹性挠度为相应结构跨度的 $1/400$;

(4)钢模板的面板变形为 1.5mm ;

(5)钢模板的钢棱和柱箍变形为 $L/500$ 和 $B/500$ (其中 L 为计算跨径, B 为柱宽)。

2 拱架各截面的应力验算,根据拱架结构型式及所承受的荷载,验算拱顶、拱脚及 $1/4$ 跨各截面的应力,铁件及节点的应力,同时应验算分阶段浇筑或砌筑时的强度及稳定性。验算时不论板拱架或桁拱架均作为整体截面考虑,验算倾覆稳定系数不得小于 1.3。

9.3 模板的制作及安装

9.3.1 钢模板制作

1 钢模板宜采用标准化的组合模板。组合钢模板的拼装应符合现行国家标准《组合钢模板技术规范》(GB214)。各种螺栓连接件应符合国家现行有关标准。

2 钢模板及其配件应按批准的加工图加工,成品经检验合格后方可使用。

9.3.2 木模板制作

1 木模可在工厂或施工现场制作,木模与混凝土接触的表面应平整、光滑,多次重复使用的木模应在内侧加钉薄铁皮。木模的接缝可做成平缝、搭接缝或企口缝。当采用平缝时,应采取措防止漏浆。木模的转角处应加嵌条或做成斜角。

2 重复使用的模板应始终保持其表面平整、形状准确,不漏浆,有足够的强度和刚度。

9.3.3 其他材料模板制作

1 钢框覆面胶合板模板的板面组配宜采取错缝布置,支撑系统的强度和刚度应满足要求。吊环应采用 I 级钢筋制作,严禁使用冷加工钢筋,吊环计算拉应力不应大于 50MPa 。

2 高分子合成材料面板、硬塑料或玻璃钢模板,制作接缝必须严密,边肋及加强肋安装牢固,与模板成一体。施工时安放在支架的横梁上,以保证承载能力及稳定。

3 圬工外模

1)土胎模制作的场地必须坚实、平整,底模必须拍实找平,土胎模表面应光滑,尺寸准确,表面应涂隔离剂。

2)砖胎模与木模配合时,砖做底模,木做侧模,砖与混凝土接触面应抹面,表面抹隔离剂。

3)混凝土胎模制作时保证尺寸准确,表面抹隔离剂。

4 土牛拱胎

在条件适宜处,可使用土牛拱胎。制作时应有排水设施,土石应分层夯实,密实度不得小于 90% ,拱顶部分选用含水量适宜的粘土。土牛拱胎的尺寸、高程应符合设计要求。

9.3.4 模板安装的技术要求

1 模板与钢筋安装工作应配合进行,妨碍绑扎钢筋的模板应待钢筋安装完毕后安设。模板不应与脚手架联接(模板与脚手架整体设计时除外),避免引起模板变形。

2 安装侧模板时,应防止模板移位和凸出。基础侧模可在模板外设立支撑固定,墩、台、梁的侧模可设拉杆固定。浇筑在混凝土中的拉杆,应按拉杆拔出或不拔出的要求,采取相应的措施。对小型结构物,可使用金属线代替拉杆。

3 模板安装完毕后,应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵横向稳定性进行检查,签认后方可浇筑混凝土。浇筑时,发现模板有超过允许偏差变形值的可能时,应及时纠正。

4 模板在安装过程中,必须设置防倾覆设施。

5 当结构自重和汽车荷载(不计冲击力)产生的向下挠度超过跨径的 $1/1600$ 时,钢筋混凝土梁、板的底模板应设预拱度,预拱度值应等于结构自重和 $1/2$ 汽车荷载(不计冲击力)所产生的挠度。纵向预拱度可做成抛物线或圆曲线。

6 后张法预应力梁、板,应注意预应力、自重和汽车荷载等综合作用下所产生的上拱或下挠,

应设置适当的预挠或预拱。

9.3.5 中小跨径的空心板制作时所使用的芯模应符合下列要求：

1 充气胶囊在使用前应经过检查，不得漏气，安装时应有专人检查钢丝头，钢丝头应弯向内侧，胶囊涂刷隔离剂。每次使用后，应妥善存放，防止污染、破损及老化。

2 从开始浇筑混凝土到胶囊放气时止，其充气压力应保持稳定。

3 浇筑混凝土时，为防止胶囊上浮和偏位，应采取有效措施加以固定，并应对称平衡地进行浇筑。

4 胶囊的放气时间应经试验确定，以混凝土强度达到能保持构件不变形为宜。

5 木芯模使用时应防止漏浆和采取措施便于脱模。要控制好拆芯模时间，过早易造成混凝土坍落，过晚拆模困难。应根据施工条件通过试验确定拆除时间。

6 钢管芯模应由表面匀直、光滑的无缝钢管制作，混凝土终凝后，即可将芯模轻轻转动，然后边转动边拔出。

7 充气胶囊芯模在工厂制作时，应规定充气变形值，保证制作误差不大于设计规定的误差要求。在设计无规定时，应满足本规范第 15 章对板梁构造尺寸的要求。

9.3.6 滑升、提升、爬升及翻转模板的技术要求

1 滑升模板适用于较高的墩台和吊桥、斜拉桥的索塔施工。采用滑升模板时，除应遵守现行《液压滑动模板施工技术规范》(GBJ113)外，还应遵守下列规定：

1) 滑升模板的结构应有足够的强度、刚度和稳定性，模板高度宜根据结构物的实际情况确定，滑升模板的支承杆及提升设备应能保证模板竖直均衡上升。滑升时应检测并控制模板位置，滑升速度宜为 100~300mm/h。

2) 滑升模板组装时，应使各部尺寸的精度符合设计要求。组装完毕须经全面检查试验后，才能进行浇筑。

3) 滑升模板施工应连续进行，如因故中断，在中断前应将混凝土浇筑齐平。中断期间模板仍应继续缓慢地提升，直到混凝土与模板不至粘住时为止。

2 提升模板提升模架其结构应满足使用要求。大块模板应用整体钢模板，加劲肋在满足刚度需要的基础上应进行加强，以满足使用要求。

3 爬升及翻转模板模板、模架爬升或翻转时结构的混凝土强度必须满足拆模时的强度要求。

9.4 支架、拱架的制作及安装

9.4.1 重支架、拱架制作的强度和稳定

1 支架

支架整体、杆配件、节点、地基、基础和其他支撑物应进行强度和稳定验算。

就地浇筑梁式桥的支架，参照本规范第 15.2 节的规定执行。

2 木拱架

拱架所用的材料规格及质量应符合要求。桁架拱架在制作时，各杆件应当采用材质较强、无损伤及湿度不大的木材。夹木拱架制作时，木板长短应搭配好，纵向接头要求错开，其间距及每个断面试头应满足使用要求。面板夹木按间隔用螺栓固定，其余用铁钉与拱肋固定。

木拱架的强度和刚度应满足变形要求。杆件在竖直与水平面内，要用交叉杆件联结牢固，以保证稳定。木拱架制作安装时，应基础牢固，立柱正直，节点连接应采取可靠措施以保证支架的稳定，高拱架横向稳定应有保证措施。

3 钢拱架

1) 常备式钢拱架纵、横向距离应根据实际情况进行合理组合，以保证结构的整体性。

2) 钢管拱架排架的纵、横距离应按承受拱圈自重计算，各排架顶部的标高要符合拱圈底的轴线。为保证排架的稳定应设置足够的斜撑、剪力撑、扣件和缆风绳。

9.4.2 施工预拱度和沉落

1 支架和拱架应预留施工拱度，在确定施工拱度值时，应考虑下列因素：

(1) 支架和拱架承受施工荷载引起的弹性变形；

(2) 超静定结构由于混凝土收缩、徐变及温度变化而引起的挠度；

(3) 承受推力的墩台，由于墩台水平位移所引起的拱圈挠度；

(4) 由结构重力引起梁或拱圈的弹性挠度，以及 1/2 汽车荷载(不计冲击力)引起的梁或拱圈的

弹性挠度；

(5) 受载后由于杆件接头的挤压和卸落设备压缩而产生的非弹性变形；

(6) 支架基础在受载后的沉陷。

2 为便于支架和拱架的拆卸，应根据结构型式、承受的荷载大小及需要的卸落量，在支架和拱架适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等落模设备。

9.4.3 支架、拱架制作安装

1 支架和拱架宜采用标准化、系列化、通用化的构件拼装。

无论使用何种材料的支架和拱架，均应进行施工图设计，并验算其强度和稳定性。

2 制作木支架、木拱架时，长杆件接头应尽量减少，两相邻立柱的连接接头应尽量分设在不同的水平面上。主要压力杆的纵向连接，应使用对接法，并用木夹板或铁夹板夹紧。次要构件的连结可用搭接法。

3 安装拱架前，对拱架立柱和拱架支承面应详细检查，准确调整拱架支承面和顶部标高，并复测跨度，确认无误后方可进行安装。各片拱架在同一节点处的标高应尽量一致，以便于拼装平联杆件。在风力较大的地区，应设置风缆。

4 支架和拱架应稳定、坚固，应能抵抗在施工过程中有可能发生的偶然冲撞和振动。安装时应注意以下几点：

1) 支架立柱必须安装在有足够承载力的地基上，立柱底端应设垫木来分布和传递压力，并保证浇筑混凝土后不发生超过允许的沉降量。

2) 船只或汽车通行孔的两边支架应加设护桩，夜间应用灯光标明行驶方向。施工中易受漂流物冲撞的河中支架应设坚固的防护设备。

5 支架或拱架安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联接及纵、横向稳定性进行全面检查，符合要求后，方可进行下一工序。

9.5 模板、支架和拱架的拆除

9.5.1 拆除期限的原则规定

1 模板、支架和拱架的拆除期限应根据结构物特点、模板部位和混凝土所达到的强度来决定。

1) 非承重侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不致因拆模而受损坏时方可拆除，一般应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时方可拆除侧模板。

2) 芯模和预留孔道内模，应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷和裂缝现象时，方可拔除，拔除时间可按第 12.4.4 条的有关规定确定。采用胶囊作芯模时，其拔除时间可按第 9.5 条的规定办理。

3) 钢筋混凝土结构的承重模板、支架和拱架，应在混凝土强度能承受其自重及其他可能的叠加荷载时，方可拆除，当构件跨度不大于 4m 时，在混凝土强度符合设计强度标准值的 50% 的要求后，方可拆除；当构件跨度大于 4m 时，在混凝土强度符合设计强度标准值的 75% 的要求后，方可拆除。

如设计上对拆除承重模板、支架、拱架另有规定，应按照设计规定执行。

2 石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

1) 浆砌石拱桥，须待砂浆强度达到设计要求，或如设计无要求，则须达到砂浆强度的 70%。

2) 跨径小于 10m 的小拱桥，宜在拱上建筑全部完成后卸架；中等跨径的实腹式拱，宜在护拱砌完后卸架；大跨径空腹式拱，宜在拱上小拱横墙砌好(未砌小拱圈)时卸架。

3) 当需要进行裸拱卸架时，应对裸拱进行截面强度及稳定性验算，并采取必要的稳定措施。

9.5.2 拆除时的技术要求

1 模板拆除应按设计的顺序进行，设计无规定时，应遵循先支后拆，后支先拆的顺序，拆时严禁抛扔。

2 卸落支架和拱架应按拟定的卸落程序进行，分几个循环卸完，卸落量开始宜小，以后逐渐增大。在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。在拟定卸落程序时应注意以下几点：

1) 在卸落前应在卸架设备上画好每次卸落量的标记。

2) 满布式拱架卸落时，可从拱顶向拱脚依次循环卸落；拱式拱架可在两支座处同时均匀卸落。

3) 简支梁、连续梁宜从跨中向支座依次循环卸落；悬臂梁应先卸挂梁及悬臂的支架，再卸无铰跨内的支架。

4) 多孔拱桥卸架时，若桥墩允许承受单孔施工荷载，可单孔卸落，否则应多孔同时卸落，或

各连续孔分阶段卸落。

5)卸落拱架时，应设专人用仪器观测拱圈挠度和墩台变化情况，并详细记录。另设专人观察是否有裂缝现象。

3 墩、台模板宜在其上部结构施工前拆除。拆除模板，卸落支架和拱架时，不允许用猛烈地敲打和强扭等方法进行。

4 模板、支架和拱架拆除后，应维修整理，分类妥善存放。

9.6 质量检验

9.6.1 模板、支架和拱架制作应根据设计要求确定模板的型式及精度要求，在设计无规定时，可按表 9.6.1 执行。

表 9.6.1 模板、支架及拱架制作时的允许偏差

项 目			允许偏差 (mm)
木模板制作	模板的长度和宽度		±5
	不刨光模板相邻两板表面高低差		3
	刨光模板相邻两板表面高低差		1
	平板模板表面最大的局部不平	刨光模板	3
		不刨光模板	5
	拼合板中木板间的缝隙宽度		2
	支架、拱架尺寸		±5
钢模板制作	榫槽嵌接紧密度		2
	外形尺寸	长和高	0, -1
		肋高	±5
	面板端偏斜		≤0.5
	连接配件(螺栓、卡子等)的孔眼位置	孔中心与板面的间距	±0.3
		板端中心与板端的间距	0, -0.5
		沿板长、宽方向的孔	±0.6
	板面局部不平		1.0
	板面和板侧挠度		±1.0

注：①木模板中第 5 项已考虑木板干燥后在拼合板中发生缝隙的可能。2mm 以下的缝隙，可在浇筑前浇湿模板，使其密合。

②板面局部不平用 2m 靠尺、塞尺检测。

9.6.2 模板、支架和拱架安装的允许偏差，在设计无要求时，应符合表 9.6.2 的规定。

表 9.6.2 模板、支架及拱架安装的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
模板标高	基础	±15
	柱、墙和梁	±10
	墩台	±10
模板内部尺寸	上部构造的所有构件	+5, 0
	基础	±30

	墩台	± 20
轴线偏位	基础	15
	柱或墙	8
	梁	10
	墩台	10
装配式构件支承面的标高		+2, -5
模板相邻两板表面高低差		2
模板表面平整		5
预埋件中心线位置		3
预留孔洞中心线位置		10
预留孔洞截面内部尺寸		+10, 0
支架和拱架	纵轴的平面位置	跨度的 1/1000 或 30
	曲线形拱架的标高(包括建筑拱度在内)	+20, -10

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

10 钢 筋

10.1 一般规定

10.1.1 钢筋混凝土中的钢筋和预应力混凝土中非预应力钢筋必须符合现行《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013)、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499)、《冷轧带肋钢筋》(GB13788)、《低碳钢热轧圆盘条》(GB701)的规定。其力学、工艺性能可参见附录 E-1。环氧树脂涂层钢筋的标准可按照现行《环氧树脂涂层钢筋》(JC3042)执行。

10.1.2 钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收, 分别堆存, 不得混杂, 且应设立识别标志。钢筋在运输过程中, 应避免锈蚀和污染。钢筋宜堆置在仓库(棚)内, 露天堆置时, 应垫高并加遮盖。

10.1.3 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单。对桥涵所用的钢筋应抽取试样做力学性能试验。

10.1.4 以另一种强度、牌号或直径的钢筋代替设计中所规定的钢筋时, 应了解设计意图和代用材料性能, 并须符合现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ023)的有关规定。重要结构中的主钢筋在代用时, 应由原设计单位做变更设计。

10.1.5 预制构件的吊环, 应采用未经冷拉的 I 级热轧钢筋制作。

10.2 钢筋的加工

10.2.1 钢筋调直和清除污锈应符合下列要求:

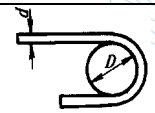
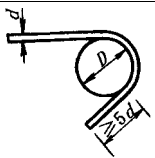
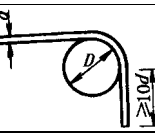
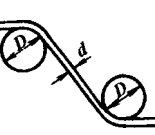
1 钢筋的表面应洁净, 使用前应将表面油渍、漆皮、鳞锈等清除干净。

2 钢筋应平直, 无局部弯折, 成盘的钢筋和弯曲的钢筋均应调直。

3 采用冷拉方法调直钢筋时, I 级钢筋的冷拉率不宜大于 2%; HRB335、HRB400 牌号钢筋的冷拉率不宜大于 1%。

10.2.2 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求, 如设计无规定时, 应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 受力主钢筋制作和末端弯钩形状

弯曲部位	弯曲角度	形状图	钢筋种类	弯曲直径 D	平直部分长度	备注
末端弯钩	180°		I	≥2.5d	≥3d	d 为 钢筋 直径
	135°		HRB335	φ 8~ φ 25 ≥4d	≥5d	
			HRB400	φ 28~ φ 40 ≥5d		
	90°		HRB335	φ 8~ φ 25 ≥4d	≥10d	
			HRB400	φ 28~ φ 40 ≥5d		
中间弯钩	90° 以下		各类	≥20d		

注: 环氧树脂涂层钢筋当进行弯曲加工时, 对直径 d 不大于 20mm 的钢筋, 其弯曲直径不应小于 $4d$, 对直径 d 大于 20mm 的钢筋, 其弯曲直径不小于 $6d$ 。

10.2.3 用 I 级钢筋制作的箍筋, 其末端应做弯钩, 弯钩的弯曲直径应大于受力主钢筋的直径, 且不小于箍筋直径的 2.5 倍。弯钩平直部分的长度, 一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍, 有抗震要求的结构, 不应小于箍筋直径的 10 倍。弯钩的形式, 如设计无要求时, 可按图 10.2.3a)、b)加工; 有抗震要求的结构, 应按图 10.2.3c)加工。

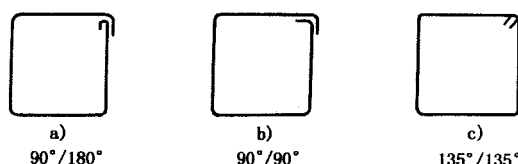


图 10.2.3 箍筋弯钩形式图

10.3 钢筋的连接

10.3.1 钢筋的焊接与绑扎接头

1 轴心受拉和小偏心受拉杆件中的钢筋接头，不宜绑接。普通混凝土中直径大于 25mm 的钢筋，宜采用焊接。

2 钢筋的纵向焊接应采用闪光对焊(HRB500 钢筋必须采用闪光对焊)。当缺乏闪光对焊条件时，可采用电弧焊、电渣压力焊、气压焊。钢筋的交叉连接，无电阻点焊机时，可采用手工电弧焊。各种预埋件 T 形接头钢筋与钢板的焊接，也可采用预埋件钢筋埋弧压力焊。电渣压力焊只适用于竖向钢筋的连接，不能用作水平钢筋和斜筋的连接。钢筋焊接的接头型式、焊接方法、适用范围应符合现行《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18)的规定。质量验收标准见附录 E-2。

3 钢筋焊接前，必须根据施工条件进行试焊，合格后方可正式施焊。焊工必须持考试合格证上岗。

4 钢筋接头采用搭接或帮条电弧焊时，宜采用双面焊缝，双面焊缝困难时，可采用单面焊缝。

5 钢筋接头采用搭接电弧焊时，两钢筋搭接端部应预先折向一侧，使两接合钢筋轴线一致。接头双面焊缝的长度不应小于 5d，单面焊缝的长度不应小于 10d(d 为钢筋直径)。

钢筋接头采用帮条电弧焊时，帮条应采用与主筋同级别的钢筋，其总截面面积不应小于被焊钢筋的截面面积。帮条长度，如用双面焊缝不应小于 5d，如用单面焊缝不应小于 10d(d 为钢筋直径)。

6 凡施焊的各种钢筋、钢板均应有材质证明书或试验报告单。焊条、焊剂应有合格证，各种焊接材料的性能应符合现行《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18)的规定。各种焊接材料应分类存放和妥善管理，并应采取防止腐蚀、受潮变质的措施。

7 电渣压力焊、气压焊、预埋件钢筋埋弧压力焊的技术规定及电弧焊中的坡口焊、窄间隙焊、熔槽帮条焊和钢筋与钢板焊接的技术规定可参照现行《钢筋焊接及验收规程》(JGJ18)的规定执行。

8 受力钢筋焊接或绑扎接头应设置在内力较小处，并错开布置，对于绑扎接头，两接头间距离不小于 1.3 倍搭接长度。对于焊接接头，在接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头，配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率应符合表 10.3.1-1 的规定。对于绑扎接头，其接头的截面面积占总截面面积的百分率，亦应符合表 10.3.1-1 的规定。

表 10.3.1-1 接头长度区段内受力钢筋接着面积的最大百分率

接头型式	接头面积最大百分率(%)	
	受拉区	受压区
主钢筋绑扎接头	25	50
主钢筋焊接接头	50	不限制

注：①焊接接头长度区段内是指 35d(d 为钢筋直径)长度范围内，但不得小于 500mm，绑扎接头长度区段是指 1.3 倍搭接长度；

②在同一根钢筋上应尽量少设接头；

③装配式构件连接处的受力钢筋焊接接头可不受此限制；

④绑扎接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径且不应小于 25mm；

⑤环氧树脂涂层钢筋绑扎搭接长度，对受拉钢筋应至少为涂层钢筋锚固长度的 1.5 倍且不小于 375mm；对受压钢筋为无涂层钢筋锚固长度的 1.0 倍且不小于 250mm。

9 电弧焊接和绑扎接头与钢筋弯曲处的距离不应小于 10 倍钢筋直径，也不宜位于构件的最大弯矩处。

10 焊接时，对施焊场地应有适当的防风、雨、雪、严寒设施。冬期施焊时应按本规范第 14

章冬期施工的要求进行，低于-20℃时，不得施焊。

11 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合表 10.3.1-2 的规定；受压钢筋绑扎接头的搭接长度，应取受拉钢筋绑扎接头搭接长度的 0.7 倍。

表 10.3.1-2 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度

钢筋类型		混凝土强度等级		
		C20	C25	高于 C25
I 级钢筋		35d	30d	25d
月牙纹	HRB335 牌号钢筋	45d	40d	35d
	HRB400 牌号钢筋	55d	50d	45d

注：①当带肋钢筋直径 d 不大于 25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值减少 5d 采用；当带肋钢筋直径 d 大于 25mm 时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中值增加 5d 采用。

②当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度宜适当增加。

③在任何情况下，纵向受拉钢筋的搭接长度不应小于 300mm；受压钢筋的搭接长度不应小于 20000。

④当混凝土强度等级低于 C20 时，I 级、HRB335 牌号钢筋的搭接长度应按表中 C20 的数值相应增加 10d；HRB500 钢筋不宜采用。

⑤对有抗震要求的受力钢筋的搭接长度，当抗震烈度为七度(及以上)时应增加 5d。

⑥两根不同直径的钢筋的搭接长度，以较细的钢筋直径计算。

12 受拉区内 I 级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩，HRB335、HRB400 牌号钢筋的绑扎接头末端可不作弯钩。

直径等于和小于 12mm 的受压 I 级钢筋的末端，可不作弯钩，但搭接长度不应小于钢筋直径的 30 倍。钢筋搭接处，应在中心和两端用铁丝扎牢。

10.3.2 钢筋的机械连接

1 钢筋的机械连接，其接头性能指标应符合附录 E-3 的规定。

2 钢筋连接件处的混凝土保护层宜满足设计要求，且不得小于 15mm，连接件之间的横向净距不宜小于 25mm。

3 对受力钢筋机械连接接头的位置要求，可依照焊接接头要求办理。

4 带肋钢筋套筒挤压接头(以下简称挤压接头)适用直径为 16~40mm 的 HRB335、HRB400 牌号带肋钢筋的径向挤压连接。用于挤压连接的钢筋应符合现行国家标准的要求。

1)不同直径的带肋钢筋可采用挤压接头连接，当套筒两端外径和壁厚相同时，被连接钢筋的直径相差不应大于 5mm。

2)当混凝土结构中挤压接头部位的温度低于-20℃时，宜进行专门的试验。

3)对 HRB335、HRB400 牌号带肋钢筋挤压接头所用套筒材料，应选用适于压延加工的钢材，其实测力学性能、承载力及尺寸偏差应符合有关规定。

4)套筒应有出厂合格证，套筒在运输和储存中，应按不同规格分别堆放，不得露天堆放，应防止锈蚀和沾污。

5)挤压接头施工时有关挤压设备、人员、挤压操作、质量检验、施工安全应符合现行《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》(JGJ108)的规定。

5 钢筋锥螺纹接头，适用于直径为 16~40mm 的 HRB335、HRB400 牌号钢筋的连接，用于连接的钢筋应符合现行国家标准的要求。锥螺纹连接套的材料宜用 45 号优质碳素结构钢材或其他经试验确认符合要求的钢材。钢筋锥螺纹接头的技术要求，应符合现行《钢筋锥螺纹接头技术规程》(JGJ109)的规定。

1)钢筋锥螺纹接头的应用，应符合下列规定：

(1)接头端头距钢筋弯曲点不得小于钢筋直径的 10 倍；

(2)不同直径的钢筋连接时，一次连接钢筋直径规格不宜超过 2 级；

2) 锥螺纹接头施工时，有关材料、加工、操作、质量检验应符合现行《钢筋锥螺纹接头技术规程》(JGJ109)的规定。

10.4 钢筋骨架和钢筋网的组成及安装

10.4.1 对于预制钢筋骨架或钢筋网必须具有足够的刚度和稳定性。

10.4.2 骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行，操作时应符合下列要求：

- 1 拼装时应按设计图纸放大样，放样时应考虑焊接变形和预留拱度。
- 2 钢筋拼装前，对有焊接接头的钢筋应检查每根接头是否符合焊接要求。
- 3 拼装时，在需要焊接的位置用楔形卡卡住，防止电焊时局部变形。待所有焊接点卡好后，先在焊缝两端点焊定位，然后进行焊缝施焊。
- 4 骨架焊接时，不同直径的钢筋的中心线应在同一平面上。为此，较小直径的钢筋在焊接时，下面宜垫以厚度适当的钢板。
- 5 施焊顺序宜由中到边对称地向两端进行，先焊骨架下部，后焊骨架上部。相邻的焊缝采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成。

10.4.3 钢筋网焊点应符合设计规定，当设计无规定时，应按下列要求焊接：

- 1 当焊接网的受力钢筋为 I 级或冷拉 I 级钢筋时，如焊接网只有一个方向为受力钢筋，网两端边缘的两根锚固横向钢筋与受力钢筋的全部相交点必须焊接；如焊接网的两个方向均为受力钢筋，则沿网四周边缘的两根钢筋的全部相交点均应焊接，其余的交叉点，可根据运输和安装条件决定，一般可焊接或绑扎一半交叉点。
- 2 当焊接网的受力钢筋为冷拔低碳钢丝，而另一方向的钢筋间距小于 100mm 时，除网两端边缘的两根钢筋的全部相交点必须焊接外，中间部分的焊点距离可增大至 250mm。

10.4.4 在现场绑扎钢筋网时，应遵守下列规定：

- 1 钢筋接头的布置，应符合本章第 10.3 节的有关规定。
- 2 钢筋的交叉点应用铁丝绑扎结实，必要时，亦可用点焊焊牢。
- 3 除设计有特殊规定者外，柱和梁中的箍筋应与主筋垂直。
- 4 墩、台身，柱中的竖向钢筋搭接时，转角处的钢筋弯钩应与模板成 45°，中间钢筋的弯钩应与模板成 90°。如采用插入式振捣器浇筑小型截面柱时，弯钩与模板的角度最小不得小于 15°，在浇筑过程中不得松动。
- 5 箍筋弯钩的叠合处，在梁中应沿梁长方向置于上面并交错布置，在柱中应沿柱高方向交错布置，若是方柱则必须位于箍筋与柱角竖向钢筋交接点上。但有交叉式箍筋的大截面柱，其接头可位于箍筋与任何一根中间纵向钢筋的交接点上。圆柱或圆管涵螺旋形箍筋的起点和终点应分别绑扎在纵向钢筋上。

10.4.5 应在钢筋与模板间设置垫块，垫块应与钢筋扎紧，并互相错开。非焊接钢筋骨架的多层钢筋之间，应用短钢筋支垫，保证位置准确。钢筋混凝土保护层厚度应符合设计要求。

10.4.6 在浇筑混凝土前，应对已安装好的钢筋及预埋件(钢板、锚固钢筋等)进行检查。

10.5 质量检查和质量标准

10.5.1 加工钢筋的偏差不得超过表 10.5.1 的规定。

表 10.5.1 加工钢筋的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向加工后的全长	±10
弯起钢筋各部尺寸	±20
箍筋、螺旋筋各部分尺寸	±5

10.5.2 焊接钢筋的验收和允许偏差

- 1 焊接钢筋的质量验收内容和标准应按附录 E-2 的规定执行。
- 2 焊接钢筋网和焊接骨架的偏差不得超过表 10.5.2 的规定。

表 10.5.2 焊接网及焊接骨架的允许偏差

项目	允许偏差(mm)	项目	允许偏差(mm)
网的长、宽	±10	骨架的宽及高	±5
网眼的尺寸	±10	骨架的长	±10
网眼的对角线差	10	箍筋间距	0,-20

10.5.3 机械接头的施工现场检验与验收

1 应用钢筋机械连接时，应提交有效的型式检验报告，型式检验应符合现行《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107)的规定。

2 钢筋连接开始前及施工过程中，应对每批进场钢筋进行接头工艺检验，工艺检验应符合下列要求：

(1)每种规格钢筋的接头试件不应少于 3 根；

(2)对接头试件的钢筋母材应进行抗拉强度试验；

(3)3 根接头试件的抗拉强度均应满足本规范附录 E-3 中附表 E-3-1 的强度要求。试件抗拉强度尚应大于等于 0.95 倍钢筋母材的实际抗拉强度。计算实际抗拉强度时，应采用钢筋的实际横截面面积。

3 现场检验应符合现行《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ107)、《钢筋锥螺纹接头技术规程》(JCJ109)、《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》(JCJ108)的规定。

10.5.4 安装钢筋的允许偏差

钢筋的级别、直径、根数和间距应符合设计要求。绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架不得有变形、松脱和开焊，钢筋位置的偏差不得超过表 10.5.4 的规定。

表 10.5.4 钢筋位置允许偏差

检 查 项 目			允许偏差(mm)
受力钢筋间距	两排以上排距		±5
	同排	梁、板、拱肋	±10
		基础、锚碇、墩台、柱	±20
	灌注桩		±20
箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距			0, -20
钢筋骨架尺寸	长		±10
	宽、高或直径		±5
弯起钢筋位置			±20
保护层厚度	柱、梁、拱肋		±5
	基础、锚碇、墩台		±10
	板		±3

11 混凝土及钢筋混凝土工程

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于公路桥涵混凝土施工及预应力混凝土中混凝土的施工，水下混凝土及预应力混凝土等的施工还应符合本规范第 5 章、第 12 章的规定。

11.1.2 在进行混凝土强度试配和质量评定时，混凝土的抗压强度应以边长为 150mm 的立方体尺寸标准试件测定。试件以同龄期者三块为一组，并以同等条件制作和养护，每组试件的抗压强度应以三个试件测值的算术平均值为测定值，如有一个测值与中间值的差值超过中间值的 15% 时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过 15% 时，则该组试件无效。

11.1.3 当采用非标准尺寸试件做抗压强度试验时，其抗压强度应按表 11.1.3 所列系数进行换算。

表 11.1.3 混凝土试件抗压强度换算系数

骨料最大粒径(一)	试件尺寸(一)	换算系数
60	200×200×200	1.05
30	100×100×100	0.95

注：采用 150mm×150mm×150mm 的标准试件，其骨料最大粒为 40mm。

11.1.4 混凝土抗压强度应为标准尺寸试件在温度为 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ 及相对湿度不低于 90% 的环境中养护 28d 做抗压试验时所测得的抗压强度值(单位 MPa)，在进行混凝土强度试配和质量评定时，取其保证率为 95%。

11.1.5 拌制混凝土所使用的各项材料及拌和物的质量应经过检验，试验方法应符合现行《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)的有关规定。未列入该规程的试验项目，可参照其他有关试验规程。

11.2 配制混凝土用的材料

11.2.1 水泥

1 选用水泥时，应注意其特性对混凝土结构强度、耐久性和使用条件是否有不利影响。

2 选用水泥时，应以能使所配制的混凝土强度达到要求、收缩小、和易性好和节约水泥为原则。常用水泥的强度等级及软练胶砂抗压强度见附录 F-1。

3 水泥应符合现行国家标准，并附有制造厂的水泥品质试验报告等合格证明文件。水泥进场后，应按其品种、强度、证明文件以及出厂时间等情况分批进行检查验收。对所用水泥应进行复查试验。为快速鉴定水泥的现有强度，也可用促凝压蒸法进行复验。

4 袋装水泥在运输和储存时应防止受潮，堆垛高度不宜超过 10 袋。不同强度等级、品种和出厂日期的水泥应分别堆放。

5 散装水泥的储存，应尽可能采用水泥罐或散装水泥仓库。

6 水泥如受潮或存放时间超过 3 个月，应重新取样检验，并按其复验结果使用。

11.2.2 细骨料

1 桥涵混凝土的细骨料，应采用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净、粒径小于 5mm 的河砂，河砂不易得到时，也可用山砂或用硬质岩石加工的机制砂。细骨料不宜采用海砂，不得不采用海砂时，其氯离子的含量对于钢筋混凝土应符合本章 11.3.6 条的规定。细骨料的试验可按现行《公路工程集料试验规程》(JTJ058)执行。

2 砂的筛分应符合下列规定：

1)砂的分类见表 11.2.2-1。表 11.2.2-1 砂的分类

砂 组	粗 砂	中 砂	细 砂
细度模数	3.7~3.1	3.0~2.3	2.2~1.6

注：细度模数主要反映全部颗粒的粗细程度，不完全反映颗粒的级配情况，混凝土配制时应同时考虑砂的细度模数和级配情况。

2)砂的级配应符合表 11.2.2-2 中任何一个级配区所规定的级配范围。

表 11.2.2-2 砂的分区及级配范围

标准筛筛孔尺寸 (mm)	级 配 区			标准筛筛孔尺寸 (mm)	级 配 区		
	I 区	II 区	III区		I 区	II 区	III区
	累计筛余(%)				累计筛余(%)		
10.00	0	0	0	0.63	85~74	70~41	40~16
5.00	10~0	10~0	10~0	0.315	95~80	92~70	85~55
2.50	35~5	25~0	15~0	0.16	100~90	100~90	100~90
1.25	65~35	50~10	25~0				

注：①表中除 5mm、0.63mm、0.16mm 筛孔外，其余各筛孔累计筛余允许超出分界线，但其总量不得大于 5%。

②I 区砂宜提高砂率以配低流动性混凝土；II 区砂宜优先选用以配不同等级的混凝土；III 区砂宜适当降低砂率以保证混凝土的强度。

③对于高强泵送混凝土用砂宜选用中砂，细度模数为 2.9~2.6。2.5mm 筛孔的累计筛余量不得大于 15%，0.315mm 筛孔的累计筛余量宜在 85%~92% 范围内。

3 当对河砂、海砂或机制砂的坚固性有怀疑时，应用硫酸钠进行坚固性试验，试验时循环 5 次，砂的总质量损失应符合表 11.2.2-3 的规定。

4 砂中杂质的含量应通过试验测定，其最大含量不宜超过表 11.2.2-4 的规定。

11.2.3 粗骨料

1 桥涵混凝土的粗骨料，应采用坚硬的卵石或碎石，应按产地、类别、加工方法和规格等不同情况，分批进行检验，机械集中生产时，每批不宜超过 400m³；人工分散生产时，每批不宜超过 200m³。粗骨料的试验可按现行《公路工程集料试验规程》(JTJ058)执行。

表 11.2.2-3 砂的坚固性指标

混凝土所处的环境条件	循环后的质量损失
在寒冷地区室外使用，并经常处于潮湿或干燥交替状态下的混凝土	≤8
在其他条件下使用的混凝土	≤12

注：①寒冷地区系指最寒冷月份的月平均温度为 0~-10℃且日平均温度≤5℃的天数不超过 145d 的地区；
②对同一产源的砂，在类似的气候条件下使用已有可靠经验时，可不作坚固性检验；
③对于有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求的混凝土用砂，或有腐蚀介质作用或经常处于水位变化区的地下结构混凝土用砂，其循环后的质量损失率应小于 8%。

表 11.2.2-4 砂中杂质的最大含量

项 目	≥C30 的混凝土	<C30 的混凝土
含泥量(%)	≤3	≤5
其中泥块含量(%)	≤1.0	≤2.0
云母含量(%)	<2	
轻物质含量(%)	<1	
硫化物及硫酸盐折算为 Sq(%)	<1	
有机质含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色，如深于标准色，应以水泥砂浆进行抗压强度对比试验，加以复核	

注：①对有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土用砂，总含泥量应不大于 3%，其中泥块含量应不大于 1.0%，云母含量不应超过 1%；
②对有机质含量进行复核时，用原状砂配制的水泥砂浆抗压强度不低于用洗除有机质的砂所配制的砂浆的 95%时为合格；
③砂中如含有颗粒状的硫酸盐或硫化物，则要进行混凝土耐久性试验，满足要求时方能使用；
④杂质含量均按质量计。

2 粗骨料的颗粒级配，可采用连续级配或连续级配与单粒级配合使用。在特殊情况下，通过试验证明混凝土无离析现象时，也可采用单粒级。粗骨料的级配范围应符合表 11.2.3-1 的要求。

表 11.2.3-1 碎石或卵石的颗粒级配规格

级配情况	公称粒级 (mm)	累计筛余 (按质量百分率计)											
		圆孔筛筛孔尺寸 (mm)											
		2.5	5	10	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100
连续级配	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5~16	95~100	90~100	30~60	0~10	0	—	—	—	—	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~70	—	0~10	0	—	—	—	—	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—	—	—	—	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~40	—	0~5	0	—	—	—	—
	5~40	—	95~100	75~90	—	30~60	—	—	0~5	0	—	—	—
单粒级	10~20	—	95~100	85~100	—	0~15	0	—	—	—	—	—	—
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—	0~10	0	—	—	—	—
	20~40	—	—	95~100	—	80~100	—	—	0~10	0	—	—	—
	31.5~63	—	—	—	95~100	—	—	75~100	45~75	—	0~10	0	—
	40~80	—	—	—	—	95~100	—	—	70~100	—	30~60	0~10	0

3 粗骨料最大粒径应按混凝土结构情况及施工方法选取，但最大粒径不得超过结构最小边尺寸的 $1/4$ 和钢筋最小净距的 $3/4$ ；在两层或多层密布钢筋结构中，不得超过钢筋最小净距的 $1/2$ ，同时最大粒径不得超过 100mm。用混凝土泵运送混凝土时的粗骨料最大粒径，除应符合上述规定外，对碎石不宜超过输送管径的 $1/3$ ；对于卵石不宜超过输送管径的 $1/2.5$ ，同时应符合混凝土泵制造厂的规定。

4 粗骨料的技术要求及有害物质含量的规定见表 11.2.3-2 及表 11.2.3-3。

表 11.2.3-2 粗集料的技术要求

项目	混凝土强度等级			
	C55~C40	≤C35	≥C30	<C30
石料压碎指标值(%)	≤12	≤16	—	—
针片状颗粒含量(%)	—	—	≤15	≤25
含泥量(按质量计)(%)	—	—	≤1.0	≤2.0
泥块含量(按质量计)(%)	—	—	≤0.5	≤0.7
小于 2.5mm 的颗粒含量(按质量计)(%)	≤5	≤5	≤5	≤5

注：①混凝土强度等级为 C60 及以上时应进行岩石抗压强度检验，其他情况下，如有必要时也可进行岩石的抗压强度检验。岩石的抗压强度与混凝土强度等级之比对于大于或等于 C30 的混凝土，不应小于 2，其他不应小于 1.5，且火成岩强度不宜低于 80MPa，变质岩不宜低于 60MPa，水成岩不宜低于 30MPa。岩石的抗压强度试验可按现行《公路工程石料试验规程》(JTJ054) 执行。

②混凝土强度在 C10 及以下时，针片状颗粒最大含量可为 40%。

表 11.2.3-3 碎石或卵石中的有害物质含量

项 目	品 质 指 标
硫化物及硫酸盐折算为 S ₀ (按质量{十} 不大于(%))	1
卵石中有机质含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色，如深于标准色，则应配制混凝土进行强度试验，抗压强度应不低于 95%

注：如含有颗粒硫酸盐或硫化物，则要进行混凝土耐久性试验，确认能满足要求时方能用。

5 混凝土结构物处于表 11.2.3-4 所列条件下时，应对碎石或卵石进行坚固性试验，试验结果应符合表内的规定。

表 11.2.3-4 碎石或卵石的坚固性试验

混凝土所处环境条件	在溶液中循环次数	试验后质量损失不宜大于(%)
寒冷地区，经常处于干湿交替状态	5	5
严寒地区，经常处于干湿交替状态	5	3
混凝土处于干燥条件，但粗集料风化或软弱颗粒过多时	5	12
混凝土处于干燥条件，但有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求高或强度大于 C40	5	5

注：有抗冻、抗渗要求的混凝土用硫酸钠法进行坚固性试验不合格时，可再进行直接冻融试验。

6 施工前应对所用的碎石或卵石进行碱活性检验，在条件许可时尽量避免采用有碱活性反应的骨料，或采取必要的措施。具体试验方法可参照现行《公路工程集料试验规程》(JTJ058)进行。

7 骨料在生产、采集、运输与储存过程中，严禁混入影响混凝土性能的有害物质。骨料应按品种规格分别堆放，不得混杂。在装卸及存储时，应采取措施，使骨料颗粒级配均匀，并保持洁净。

11.2.24 拌和用水

拌制混凝土用的水，应符合下列要求：

- 1 水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质或油脂、糖类及游离酸类等。
- 2 污水、pH 值小于 5 的酸性水及含硫酸盐量按 SO_4^{2-} 计超过水的质量 $0.27\text{mg} / \text{cm}^3$ 水不得使用。
- 3 不得用海水拌制混凝土。
- 4 供饮用的水，一般能满足上述条件，使用时可不经试验。

11.2.5 外加剂

1 应根据外加剂的特点，结合使用目的，通过技术、经济比较来确定外加剂的使用品种。如果使用一种以上的外加剂，必须经过配比设计，并按要求加入到混凝土拌和物中。在外加剂的品种确定后，掺量应根据使用要求、施工条件、混凝土原材料的变化进行调整。

2 所采用的外加剂，必须是经过有关部门检验并附有检验合格证明的产品，其质量应符合现行《混凝土外加剂》(GB8076)的规定，使用前应复验其效果，使用时应符合产品说明及本规范关于混凝土配合比、拌制、浇筑等各项规定以及外加剂标准中的有关规定。有关混凝土外加剂现场复试检测项目及标准见附录 F-2。不同品种的外加剂应分别存储，做好标记，在运输与存储时不得混入杂物和遭受污染。

11.2.6 混合材料

1 混合材料包括粉煤灰、火山灰质材料、粒化高炉矿渣等，应由生产单位专门加工，进行产品检验并出具产品合格证书，其技术条件应分别符合现行《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB1596)、《用于水泥中的火山灰质混合料》(GB / T2847)、《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB / T203)等标准的规定。使用单位对产品质量有怀疑时，应对其质量进行复查，混合材料技术条件见附录 F-3。

2 混合材料在运输与存储中，应有明显标志，严禁与水泥等其他粉状材料混淆。

11.3 混凝土的配合比

11.3.1 混凝土的配合比，应以质量比计，并应通过设计和试配选定。试配时应使用施工实际采用的材料，配制的混凝土拌和物应满足和易性、凝结速度等施工技术条件，制成的混凝土应符合强度、耐久性(抗冻、抗渗、抗侵蚀)等质量要求。

11.3.2 普通混凝土的配合比，可参照现行《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ / T55)，通过试配确定。混凝土的试配强度，应根据设计强度等级，考虑施工条件的差异和变化以及材料质量可能的波动，可参照附录 F-4 计算确定。对于有特殊要求的混凝土的配合比设计(包括抗渗混凝土、抗冻混凝土、高强混凝土、泵送混凝土、大体积混凝土)，亦可参照上述规程，经过试配确定。在施工过程中，应及时积累资料，为合理调整混凝土配合比提供依据。

11.3.3 配制混凝土时，应根据结构情况和施工条件确定混凝土拌和物的坍落度，浇筑时的坍落度可按表 11.3.3 选用。

表 11.3.3 混凝土浇筑入模时的坍落度

结 构 类 别	坍落度(一)(振动器振动)
小型预制块及便于浇筑振动的结构	0~20
桥涵基础、墩台等无筋或少筋的结构	10~30
普通配筋率的钢筋混凝土结构	30~50
配筋较密、断面较小的钢筋混凝土结构	50~70
配筋极密、断面高而窄的钢筋混凝土结构	70~90

注：①水下混凝土、泵送混凝土的坍落度，另见本规范有关章节的规定；
②用人工捣实时，坍落度宜增加 20~30mm。

当工程需要获得较大的坍落度时，可在不改变混凝土的水灰比，不影响混凝土的质量的情况下，适当参加外加剂。

11.3.4 混凝土的最大水灰比和最小水泥用量应符合表 11.3.4 的规定。

表 11.3.4 混凝土的最大水灰比和最小水泥用量

混凝土结构所处环境	无筋混凝土		钢筋混凝土	
	最大水灰比	最小水泥用量 (kg / m ³)	最大水灰比	最小水泥用量(kg / m ³)
温暖地区或寒冷地区，无侵蚀物质影响，与土直接接触	0.60	250	0.55	275
严寒地区或使用除冰盐的桥涵	0.55	275	0.50	300
受侵蚀性物质影响	0.45	300	0.40	325

注：①本表中的水灰比，系指水与水泥(包括外掺混合材料)用量的比值。

②本表中的最小水泥用量，包括外掺混合材料。当采用人工捣实混凝土时，水泥用量应增加 25kg/m³。当掺用外加剂且能有效地改善混凝土的和易性时，水泥用量可减少 25kg/m³。

③严寒地区系指最冷月份平均气温≤-10℃且日平均温度在≤5℃的天数≥145d 的地区。

11.3.5 混凝土的最大水泥用量(包括代替部分水泥的混合材料)不宜超过 500kg / m³，大体积混凝土不宜超过 350kg / m³。

11.3.6 在混凝土中掺入外加剂时，除应符合 11.2.5 条的规定外，还应符合下列规定：

1 在钢筋混凝土中不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐。

2 位于温暖或严寒地区、无侵蚀性物质影响及与土直接接触的钢筋混凝土构件，混凝土中的氯离子含量不宜超过水泥用量的 0.30%；位于严寒和海水区域、受侵蚀环境和使用除冰盐的桥涵，氯离子含量不宜超过水泥用量的 0.5%。从各种组成材料引入的氯离子含量(折合氯盐含量)如大于上述数值时，应采取有效的防锈措施(如掺入阻锈剂、增加保护层厚度、提高混凝土密实性等)。当采用洁净水和无氯骨料时，氯离子含量可主要以外加剂或混合材料的氯离子含量控制。

3 无筋混凝土的氯化钙或氯化钠掺量，以干质量计，不得超过水泥用量的 3%。

4 掺入加气剂的混凝土的含气量宜为 3.5%~5.5%。

5 对由外加剂带入混凝土的碱含量应进行控制。每立方米混凝土的总含碱量，对一般桥涵不宜大于 3.0kg / m³，对特殊大桥、大桥和重要桥梁不宜大于 1.8kg / m³；当处于受严重侵蚀的环境，不得使用有碱活性反应的骨料。

11.3.7 粉煤灰、火山灰及粒化高炉矿渣等混合材料作为水泥代替材料或混凝土拌和物的填充材料掺于硅酸盐水泥、普通水泥或其他水泥配制的混凝土拌和物中时，其掺量应通过试验确定，用于代替部分水泥时的掺量不应大于现行国家标准《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344)的规定。

11.3.8 泵送混凝土的配合比宜符合下列规定：

1 骨料最大粒径与输送管内径之比应符合本章 11.2.3 条第 3 款的规定。通过 0.315mm 筛孔的砂不应少于 15%，砂率宜控制在 40%~50%。

2 最小水泥用量 280~300kg / m³(输送管径 100~150mm)。

3 混凝土拌和物的坍落度宜为 80~180mm。

4 宜掺用适量的外加剂或混合材料。

11.3.9 通过设计和试配确定配合比后，应填写试配报告单，提交施工监理或有关方面批准。混凝土配合比使用过程中，应根据混凝土质量的动态信息，及时进行调整、报批。

11.4 混凝土的拌制

11.4.1 拌制混凝土配料时，各种衡器应保持准确。对骨料的含水率应经常进行检测，雨天施工应增加测定次数，据以调整骨料和水的用量。配料数量的允许偏差(以质量计)见表 11.4.1。

表 11.4.1 配料数量允许偏差

材料类别	允许偏差(%)	
	现场拌制	预制场或集中搅拌站拌制
水泥、混合材料	±2	±1
粗、细骨料	±3	±2
水、外加剂	±2	±1

放入拌和机内的第一盘混凝土材料应含有适量的水泥、砂和水，以覆盖拌和筒的内壁而不降低拌和物所需的含浆量。每一工作班正式称量前，应对计量设备进行重点校核。计量器具应定期检定，经大修、中修或迁移至新的地点后，也应进行检定。

11.4.2 混凝土应使用机械搅拌，零星工程的塑性混凝土也可用人工拌和。用机械搅拌时，自全部材料装入搅拌筒至开始出料的最短搅拌时间应按设备出厂说明书的规定，并经试验确定，且不得低于表 11.4.2 的规定。

表 11.4.2 混凝土最短搅拌时间

搅拌机类别	搅拌机容量(1)	混凝土坍落度(一)		
		<30	30~70	>70
		混凝土最短搅拌时间(min)		
自落式	≤400	2.0	1.5	1.0
	≤800	2.5	2.0	1.5
	≤1200	—	2.5	1.5
强制式	≤400	1.5	1.0	1.0
	≤1500	2.5	1.5	1.5

注：①搅拌细砂混凝土或掺有外加剂的混凝土时，搅拌时间应适当延长 1~2min；
②外加剂应先调成适当浓度的溶液再掺入；
③搅拌机装料数量(装入粗骨料、细骨料、水泥等松体积的总数)不应大于搅拌机标定容量的 110%；
④搅拌时间不宜过长，每一工作班至少应抽查两次；
⑤表列时间为从搅拌加水算起；
⑥当采用其他形式的搅拌设备时，搅拌的最短时间应按设备说明书的规定或经试验确定。

11.4.3 对于在施工现场集中搅拌的混凝土，应检查混凝土拌和物的均匀性。

1 混凝土拌和物应拌和均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象。

2 混凝土拌和物均匀性的检测方法应按现行国家标准《混凝土搅拌机技术条件》(GB9142)的规定进行。

3 检查混凝土拌和物均匀性时，应在搅拌机的卸料过程中，从卸料流的 1/4 至 3/4 之间部位，采取试样，进行试验，其检测结果应符合下列规定：

(1)混凝土中砂浆密度两次测值的相对误差不应大于 0.8%；

(2)单位体积混凝土中粗骨料含量两次测值的相对误差不应大于 5%。

11.4.4 混凝土搅拌完毕后，应按下列要求检测混凝土拌和物的各项性能：

1 混凝土拌和物的坍落度，应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物不应少于两次。评定时应以浇筑地点的测值为准。如混凝土拌和物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时，其坍落度可仅在搅拌地点取样检测。在检测坍落度时，还应观察混凝土拌和物的粘聚性和保水性。

2 根据需要还应检测混凝土拌和物的其他质量指标并应符合本章的其他规定。

11.4.5 掺用高效减水剂或速凝剂且混凝土运距较远时，可运至浇筑地点再掺入重拌。

11.5 混凝土的运输

11.5.1 混凝土的运输能力应适应混凝土凝结速度和浇筑速度的需要，使浇筑工作不间断并使混凝土运到浇筑地点时仍保持均匀性和规定的坍落度。当混凝土拌和物运距较近时，可采用无搅拌器的运输工具运输；当运距较远时，宜采用搅拌运输车运输。运输时间不宜超过表 11.5.1 的规定。

表 11.5.1 混凝土拌和物运输时间限制

气 温(℃)	无搅拌设施运输(min)	有搅拌设施运输(min)
20~30	30	60
10~19	45	75
5~9	60	90

注：①当运距较远时，可用搅拌运输车运干拌料到浇筑地点后再加水搅拌；

②掺用外加剂或采用快硬水泥拌制混凝土时，应通过试验查明所配制混凝土的凝结时间后，确定运输时间限制；

③表列时间系指从加水搅拌至入模时间。

11.5.2 用无搅拌运输工具运送混凝土时，应采用不漏浆、不吸水、有顶盖且能直接将混凝土倾入浇筑位置的盛器。

11.5.3 采用泵送混凝土应符合下列规定：

- 1 混凝土的供应必须保证输送混凝土的泵能连续工作。
- 2 输送管线宜直，转弯宜缓，接头应严密，如管道向下倾斜，应防止混入空气，产生阻塞。
- 3 泵送前应先用适量的、与混凝土内成分相同的水泥浆润滑输送管内壁。混凝土出现离析现象时，应立即用压力水或其他方法冲洗管内残留的混凝土，泵送间歇时间不宜超过 15min。
- 4 在泵送过程中，受料斗内应具有足够的混凝土，以防止吸入空气产生阻塞。

11.5.4 用带式运输机运送混凝土时，应符合下列规定：

- 1 传送带的倾斜度不应超过表 11.5.4 的规定。
- 2 混凝土卸于传送带上和由传送带卸下时，应通过漏斗等设施，保持垂直下料。
- 3 传送带上应设置刮刀等清理设备。
- 4 传送带运转速度不应超过 1.2m/s。
- 5 做配合比设计时，应考虑有 2%~3% 的砂浆损失。

表 11.5.4 传送带最大倾斜角度

混凝土坍落度(mm)	最大倾斜角度(°)	
	向 上 运 送	向 下 运 送
<40	18	12
40~80	15	10

11.5.5 用搅拌运输车运输已拌成的混凝土时，途中应以 2~4r/min 的慢速进行搅动，混凝土的装载量约为搅拌筒几何容量的 2 / 3。

11.5.6 混凝土运至浇筑地点后发生离析、严重泌水或坍落度不符合要求时，应进行第二次搅拌。二次搅拌时不得任意加水，确有必要时，可同时加水 and 水泥以保持其原水灰比不变。如二次搅拌仍不符合要求，则不得使用。

11.6 混凝土的浇筑

11.6.1 一般要求

1 浇筑混凝土前，应对支架、模板、钢筋和预埋件进行检查，并做好记录，符合设计要求后方可浇筑。模板内的杂物、积水和钢筋上的污垢应清理干净。模板如有缝隙，应填塞严密，模板内面应涂刷脱模剂。浇筑混凝土前，应检查混凝土的均匀性和坍落度。

2 自高处向模板内倾卸混凝土时，为防止混凝土离析，应符合下列规定：

1)从高处直接倾卸时，其自由倾落高度不宜超过 2m，以不发生离析为度。
2)当倾落高度超过 2m 时，应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落；倾落高度超过 10m 时，应设置减速装置。

3)在串筒出料口下面，混凝土堆积高度不宜超过 1m。

3 混凝土应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。上下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。混凝土分层浇筑厚度不宜超过表 11.6.1-1 的规定。

表 11.6.1-1 混凝土分层浇筑厚度

捣实方法		浇筑层厚度(mm)
用插入式振动器		300
用附着式振动器		300
用表面振动器	无筋或配筋稀疏时	250
	配筋较密时	150
人工捣实	无筋或配筋稀疏时	200
	配筋较密时	150

注：表列规定可根据结构物和振动器型号等情况适当调整。

4 浇筑混凝土时，除少量塑性混凝土可用人工捣实外，宜采用振动器振实。用振动器振捣时，应符合下列规定：

1)使用插入式振动器时，移动间距不应超过振动器作用半径的 1.5 倍；与侧模应保持 50～100mm 的距离；插入下层混凝土 50～100mm；每一处振动完毕后应边振动边徐徐提出振动棒；应避免振动棒碰撞模板、钢筋及其他预埋件。

2)表面振动器的移位间距，应以使振动器平板能覆盖已振实部分 100mm 左右为宜。

3)附着式振动器的布置距离，应根据构造物形状及振动器性能等情况并通过试验确定。

4)对每一振动部位，必须振动到该部位混凝土密实为止。密实的标志是混凝土停止下沉，不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆。

5 混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断时，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不得超过表 11.6.1-2 的规定。当需要超过时应预留施工缝。

表 11.6.1-2 混凝土的运输、浇筑及间歇的全部允许时间(min)

混凝土强度等级	气温不高于 25℃	气温高于 25℃
≤C30	210	180
>C30	180	150

注：当混凝土中掺有促凝或缓凝剂时，其允许时间应根据试验结果确定。

6 施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定，宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位，并按下列要求进行处理：

1)应凿除处理层混凝土表面的水泥砂浆和松弱层，但凿除时，处理层混凝土须达到下列强度：

(1)用水冲洗凿毛时，须达到 0.5MPa；

(2)用人工凿除时，须达到 2.5MPa；

(3)用风动机凿毛时，须达到 10MPa。

2)经凿毛处理的混凝土面，应用水冲洗干净，在浇筑次层混凝土前，对垂直施工缝宜刷一层水泥净浆，对水平缝宜铺一层厚为 10~20mm 的 1:2 的水泥砂浆。

3)重要部位及有防震要求的混凝土结构或钢筋稀疏的钢筋混凝土结构，应在施工缝处补插锚固钢筋或石榫；有抗渗要求的施工缝宜做成凹形、凸形或设置止水带。

4)施工缝为斜面时应浇筑成或凿成台阶状。

5)施工缝处理后，须待处理层混凝土达到一定强度后才能继续浇筑混凝土。需要达到的强度，一般最低为 1.2MPa，当结构物为钢筋混凝土时，不得低于 2.5MPa。混凝土达到上述抗压强度的时间宜通过试验确定，如无试验资料，可参见附录 F-5。

7 在浇筑过程中或浇筑完成时，如混凝土表面泌水较多，须在不扰动已浇筑混凝土的条件下，采取措施将水排除。继续浇筑混凝土时，应查明原因，采取措施，减少泌水。

8 结构混凝土浇筑完成后，对混凝土裸露面应及时进行修整、抹平，待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛。当裸露面面积较大或气候不良时，应加盖防护，但在开始养生前，覆盖物不得接触混凝土面。

9 浇筑混凝土期间，应设专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等稳固情况，当发现有松动、变形、移位时，应及时处理。

10 浇筑混凝土时，应填写混凝土施工记录。

11.6.2 墩台混凝土的浇筑

1 对墩台基底的处理，除应符合第 4 章天然地基的有关规定外，尚应符合下列规定：

1)基底为非粘性土或干土时，应将其润湿。

2)基面为岩石时，应加以润湿，铺一层厚 20~30mm 的水泥砂浆，然后于水泥砂浆凝结前浇筑第一层混凝土。

2 一般墩台及基础混凝土，应在整个平截面范围内水平分层进行浇筑。

3 较大体积的混凝土墩台及其基础，在混凝土中埋放石块时应符合下列规定：

1)可埋放厚度不小于 150mm 的石块，埋放石块的数量不宜超过混凝土结构体积的 25%。

2)应选用无裂纹、无夹层且未被烧过的、具有抗冻性能的石块。

3)石块的抗压强度不应低于 30MPa 及混凝土的强度。

4)石块应清洗干净，应在捣实的混凝土中埋入一半左右。

5)石块应分布均匀，净距不小于 100mm，距结构侧面和顶面的净距不小于 150mm，石块不得接触钢筋和预埋件。

6)受拉区混凝土或当气温低于 0℃时，不得埋放石块。

4 采用滑升模板浇筑墩台混凝土时，应符合下列规定：

1)宜采用低流动度或半干硬性混凝土。

2)浇筑应分层分段进行，各段应浇筑到距模板上口不小于 10~150mm 的位置为止。若为排柱式墩台，各立柱应保持进度一致。

3)应采用插入式振捣器振捣。

4)为加速模板提升，可掺入一定数量的早强剂。

5)在滑升中须防止千斤顶或油管接头在混凝土或钢筋处漏油。

6)每一整体结构的浇筑应连续进行，若因故中途停工，应按施工缝处理。

7)混凝土脱模时的强度宜为 0.2~0.5MPa，脱模后如表面有缺陷时，应及时予以修理。

5 大体积墩台基础混凝土，当平截面过大，不能在前层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成次层混凝土时，可分块进行浇筑。分块浇筑时应符合下列规定：

1)分块宜合理布置，各分块平均面积不宜小于 50m²。

2)每块高度不宜超过 2m。

3)块与块间的竖向接缝面应与基础平截面短边平行，与平截面长边垂直。

4)上下邻层混凝土间的竖向接缝，应错开位置做成企口，并按施工缝处理。

6 大体积混凝土的浇筑应在一天中气温较低时进行。应参照下述方法控制混凝土的水化热温度：

1)用改善骨料级配、降低水灰比、掺加混和料、掺加外加剂等方法减少水泥用量。

2)采用水化热低的大坝水泥、矿渣水泥、粉煤灰水泥或低强度水泥。

3)减小浇筑层厚度，加快混凝土散热速度。

4)混凝土用料要遮盖，避免日光曝晒，并用冷却水搅拌混凝土，以降低入仓温度。

- 5)在混凝土内埋设冷却管通水冷却。
- 6)在遇气温骤降的天气或寒冷季节浇筑混凝土后，应注意覆盖保温，加强养生。
- 注：混凝土的浇筑温度系指混凝土振捣后，在混凝土 50~100mm 深处的温度。

11.7 混凝土的抗冻、抗渗及防腐蚀

- 11.7.1 本节内容适用于有抗冻性、抗渗性及防止钢筋腐蚀性能要求的混凝土的施工。
- 11.7.2 海水环境中(包括处于有盐碱腐蚀性水的环境中)的混凝土的施工应符合如下规定：
- 1 海水环境混凝土在建筑物上部位的划分应符合表 11.7.2-1 的规定。

表 11.7.2-1 海水环境混凝土部位划分

大 气 区	浪 溅 区	水位变动区	水 下 区
设计高水位加 1.5m 以上	设计高水位加 1.5m 至设计高水位减 1.0m 之间	设计高水位加 1.0m 至设计低水位减 1.0m 之间	设计低水位减 1.0m 以下

注：①对开敞式建筑物，其浪溅区上限可根据受浪的具体情况适当调高；
②对掩护条件良好的建筑物，其浪溅区上限可适当调低，

- 2 海水环境钢筋混凝土结构的施工缝不宜设在浪溅区或拉应力较大部位。
- 3 按耐久性要求，海水环境混凝土水灰比最大允许值应满足表 11.7.2-2 的规定。

表 11.7.2.2 海水环境混凝土的水灰比最大允许值

环境条件			钢筋混凝土和预应力混凝土		无筋混凝土	
			北方	南方	北方	南方
大 气 区			0.55	0.50	0.65	0.65
浪 溅 区			0.50	0.40	0.65	0.65
水 位 变动区	严重受冻		0.45	—	0.45	—
	受 冻		0.50	—	0.50	—
	微 冰		0.55	—	0.55	—
	偶冰、不冻		—	0.50	—	0.65
水下区	不受水头作用		0.60	0.60	0.65	0.65
	受水头作用	最大作用水头与混凝土壁厚之比<5	0.60			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比为 5~10	0.55			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比>10	0.50			

注：①除全日潮型区域外，其他海水环境有抗冻性要求的细薄构件(最小边尺寸小于 300mm 者，包括沉箱工程)，混凝土的水灰比最大允许值宜减小；

②对有抗冻要求的混凝土，如抗冻性要求高时，浪溅区范围内下部 1m 应随水位变动区按抗冻性要求确定其水灰比；

③位于南方海水环境浪溅区的钢筋混凝土宜掺用高效减水剂。

- 4 按耐久性要求，海水环境混凝土的最低水泥用量应符合表 11.7.2-3 的规定，但不宜超过 500kg / m³。

- 5 海水环境钢筋混凝土结构的混凝土保护层垫块质量应符合下列规定：

1)垫块的强度、密实性应高于构件本体混凝土，垫块宜采用水灰比不大于 0.40 的砂浆或细石混凝土制作。

2)垫块厚度尺寸不允许负偏差，正偏差不得大于 5mm。

6 对于海水环境的混凝土的含碱总量及氯离子含量的限制要求同 11.3.6。

表 11.7.2-3 海水环境混凝土的最低水泥用量(kg / m3)

环境条件		钢筋混凝土和预应力混凝土		无筋混凝土	
		北方	南方	北方	南方
大气区		300	360	280	280
浪溅区		360	400	280	280
水位变动区	F350	395	360	395	280
	F300	360		360	
	F250	330		330	
	F200	300		300	
水下区		300	300	280	280

注：①有耐久性要求的大体积混凝土，水泥用量应按混凝土的耐久性和降低水泥水化热综合考虑；
②掺加混合材料时，水泥用量可适当减少，但应符合本规范 11.3.7 条的规定；
③掺外加剂时，南方地区水泥用量可适当减少，但不得降低混凝土的密实性；
④对于有抗冻性要求的混凝土，浪溅区范围内下部 1m 应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水泥用量。

11.7.3 有抗冻性要求的混凝土，应符合如下规定：

1 位于水位变动区有抗冻要求的混凝土，其抗冻等级不应低于表 11.7.3-1 的规定。

表 11.7.3-1 水位变动区混凝土抗冻等级选定标准

建筑物所在地区	海水环境		淡水环境	
	钢筋混凝土及预应力混凝土	无筋混凝土	钢筋混凝土及预应力混凝土	无筋混凝土
严重受冻地区(最冷月的月平均气温低于-8℃)	F350	F300	F250	F200
受冻地区(最冷月的月平均气温在-4~-8℃之间)	F300	F250	F200	F150
微冻地区(最冷月的月平均气温在 0~-4℃之间)	F250	F200	F150	F100

注：①试验过程中试件所接触的介质应与建筑物实际接触的介质相近；
②墩、台身和防护堤等建筑物的混凝土应选用比同一地区高一级的抗冻等级；
③面层应选用比水位变动区抗冻等级低 2-3 级的混凝土。

2 有抗冻性要求的混凝土必须掺入适量引气剂，其拌和物的含气量应在表 11.7.3-2 范围内选择。

表 11.7.3-2 有抗冻要求的混凝土拌和物含气量控制范围

骨料最大粒径(mm)	含气量范围(%)	骨料最大粒径(mm)	含气量范围(%)
10.0	5.0~8.0	40.0	3.0~6.0
20.0	4.0~7.0	63.0	3.0~5.0
31.5	3.5~6.5		

3 当要求的含气量为某一定值时，其检查结果与要求值的允许偏差范围应为±1.0%。当含气量要求值为某一范围时，检测结果应满足规定范围的要求。

4 混凝土抗冻性试验方法应符合现行《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)的规定。

11.7.4 有抗渗要求的混凝土应符合如下规定：

1 有抗渗要求的混凝土，其抗渗等级应符合设计要求。

2 混凝土抗渗性试验方法应符合现行《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)的规定。

11.8 混凝土的养护及修饰

11.8.1 混凝土的养护

1 对于在施工现场集中养护的混凝土，应根据施工对象、环境、水泥品种、外加剂以及对混凝土性能的要求，提出具体的养护方案，并应严格执行规定的养护制度。

2 一般混凝土浇筑完成后，应在收浆后尽快予以覆盖和洒水养护。对于硬性混凝土、炎热天气浇筑的混凝土以及桥面等大面积裸露的混凝土，有条件的可在浇筑完成后立即加设棚罩，待收浆后再予以覆盖和洒水养生。覆盖时不得损伤或污染混凝土的表面。混凝土面有模板覆盖时，应在养护期间经常使模板保持湿润。

3 当气温低于 5℃ 时，应覆盖保温，不得向混凝土面上洒水。

4 混凝土养护用水的条件与拌和用水相同。

5 混凝土的洒水养护时间一般为 7d，可根据空气的湿度、温度和水水泥品种及掺用的外加剂等情况，酌情延长或缩短。每天洒水次数以能保持混凝土表面经常处于湿润状态为度。用加压成型、真空吸水等法施工的混凝土，其养护时间可酌情缩短。采用塑料薄膜或喷化学浆液等养护层时，可不洒水养护。

6 当结构物混凝土与流动性的地表水或地下水接触时，应采取防水措施，保证混凝土在浇筑后 7d 以内不受水的冲刷侵袭。当环境水具有侵蚀作用时，应保证混凝土在 10d 以内，且强度达到设计强度的 70% 以前，不受水的侵袭。

7 对大体积混凝土的养护，应根据气候条件采取控温措施，并按需要测定浇筑后的混凝土表面和内部温度，将温差控制在设计要求的范围内，当设计无要求时，温差不宜超过 25℃。

8 混凝土强度达到 2.5MPa 前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。

9 用蒸汽养护混凝土时，按本规范第 14 章的规定执行。

11.8.2 混凝土的修饰

1 混凝土表面的光洁程度依不同部位而异，外露面无装饰设计时，应按 11.6.1 条第 8 款的规定对浇筑时无模板的外露面进行压光或拉毛；对有模板的外露面应安装同一类别的模板和涂刷同一类别的脱模剂，模板应光洁，无变形、无漏浆。发现表面质量有缺陷时，应报有关部门批准后再进行修饰。

2 对表面有一般抹灰(水泥砂浆抹面)和装饰抹灰(水刷石、水磨石、剁斧石)等装饰设计的结构，应在浇筑混凝土时采用表面平整的模板，拆模后按设计要求的装饰类别进行装饰。

11.9 高强度混凝土

11.9.1 一般规定

1 本节适用于按常规工艺生产的 C50 到 C80 级高强度混凝土的施工。

2 对高强度混凝土除本节的特殊要求外，其强度测定、保证率、强度测定条件、检验及试验方法等规定均同 11.1.1~11.1.5 条，但测定混凝土抗压强度的试件应用边长为 150mm 的标准尺寸立方体。

11.9.2 配制用的材料

1 配制高强度混凝土宜选择高强度水泥，可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，所使用的水泥应符合 11.2.1 条的规定。立窑生产的水泥须经仔细检验其化学成分后方可确定使用与否。

2 配制用的细骨料，除应符合 11.2.2 条的规定外，尚应满足如下要求：宜使用级配良好的中砂，细度模数不小于 2.6，含泥量应小于 2%。

3 配制用的粗骨料，除应满足 11.2.3 条的规定外，尚应满足如下要求：应使用质地坚硬、级配良好的碎石，骨料的抗压强度应比所配制的混凝土强度高 50% 以上，含泥量应小于 1%，针片状颗粒含量应小于 5%，骨料的粒径宜小于 25mm。

4 拌制高强度混凝土用的水应符合 11.2.4 条的规定。

5 配制高强度混凝土必须使用高效减水剂，并根据不同的要求辅以助剂配制，其掺量应根据试验确定，外加剂的性能必须符合 11.2.5 条的规定。

6 配制时宜外掺的混合材料为磨细粉煤灰、沸石粉、硅粉。混合材料的技术条件应符合 11.2.6 条的规定，其掺量应根据试验确定。

7 高强度混凝土中的氯离子含量，对位于温暖或寒冷地区、无侵蚀物质影响及与土直接接触的桥梁不应超过水泥重量的 0.2%，对位于严寒和海水区域，受侵蚀环境，使用除冰盐的桥涵，不应超过水泥重量的 0.1%。混凝土的含碱总量的限制要求同 11.3.6 条。

11.9.3 配合比

1 高强度混凝土的配合比应符合第 11.3 节及第 11.7 节的各项规定。当无可靠的强度统计数据及标准差数值时，混凝土的施工配制强度(平均值)对于 C50~C60 应不低于强度等级的 1.15 倍，对于 C70~C80 应不低于强度等级值的 1.12 倍。

2 配制高强度混凝土应符合如下要求：

1) 所用水胶比(水与胶结料的重量比，后者包括水泥及混合材料的重量)宜控制在 0.24~0.38 的范围内。

2) 所用水泥重量不宜超过 $500\text{kg} / \text{m}^3$ ，水泥与混合材料的总量不超过 $550\sim 600\text{kg} / \text{m}^3$ 。粉煤灰掺量不宜超过胶结料重量的 30%，沸石粉不宜超过 10%，硅粉不宜超过 8%~10%。掺用混合材料的种类和数量，必须经试验报监理工程师批准后确定。

3) 混凝土的砂率宜控制在 28%~34% 的范围内。

4) 高效减水剂的掺量宜为胶结料的 0.5%~1.8%。

11.9.4 施工技术要求

1 高强度混凝土的施工技术要求除应符合第 11.4 节~第 11.8 节的规定外，尚应符合以下规定：

1) 配料数量的允许偏差应符合表 11.4.1 中预制场或集中搅拌站拌制的规定。

2) 配制高强度混凝土必须准确控制用水量，砂石中的含水量应仔细测定后从用水量中扣除。除事先规定的部分用水可留在现场补加外，严禁在材料出机后再加水。

3) 高效减水剂宜采用后掺法，如制成溶液加入，应在用水量中扣除这部分溶液用水。加入减水剂后，混凝土拌和料在搅拌机中继续搅拌的时间，当用粉剂时不得少于 60s，当用溶液时不得少于 30s。

2 拌制高强度混凝土必须使用强制式搅拌机，宜采用二次投料法拌制。

3 混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断时，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑时间。允许间断时间应经试验确定。若超过允许间断时间，须采取保证质量的措施或按工作缝处理。

11.10 热期、雨期混凝土的施工

11.10.1 热期混凝土施工，应制定在高温条件下保证工程质量的技术措施并应符合如下要求：

1 混凝土配制和搅拌

1) 材料要求：

(1) 拌和水使用冷却装置，对水管及水箱加遮荫和隔热设施。在拌和水中加碎冰作为拌和水的一部分。

(2) 水泥、砂、石料应遮荫防晒，以降低骨料温度，可在砂石料堆上喷水降温。

2) 配合比设计应考虑坍落度损失。

3) 可掺加减水剂以减少水泥用量和提高混凝土的早期强度。

4) 掺用活性材料粉煤灰取代部分水泥，减少水泥用量。

5) 拌和站料斗、储水器、皮带运输机、拌和楼都要尽可能遮荫。尽量缩短拌和时间。经常测混凝土的坍落度，以调整混凝土的配合比，满足施工所必须的坍落度。

2 混凝土的运输及浇筑

1) 运输时尽量缩短时间，宜采用混凝土运输搅拌车，运输中应慢速搅拌。

2) 不得在运输过程加水搅拌。

3) 热期施工混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土应有全面的组织计划，准备工作充分，施工设备有足够的备件，保证连续进行；从拌和机到入仓的传递时间及浇筑时间要尽量缩短，并尽快开始养护。

4) 混凝土的浇筑温度应控制在 32°C 以下，宜选在一天温度较低的时间内进行。

5) 浇筑场地应遮荫，以降低模板、钢筋的温度和改善工作条件；也可在模板、钢筋和地基上喷水以降温和在浇筑时不能有附着水。

6) 应加快混凝土的修整速度，修整时可用喷雾器洒少量水，防止表面裂纹，但不准直接往混

凝土表面洒水。

3 混凝土的养护

1)不宜单独使用专用养护膜覆盖法养护高强度混凝土，除非当地无足够的清洁水用于养护混凝土。

2)洒水养护宜用自动喷水系统和喷雾器，湿养护应不间断，不得形成干湿循环。

3)混凝土浇筑完，表面应立即覆盖清洁的塑料膜，初凝后撤去塑料膜，用浸湿的粗麻布覆盖，经常洒水，保持潮湿状态最少 7d。如有可能湿养期间采取遮光和挡风措施，以控制温度和干热风的影响。构造物的竖直面拆模后，宜立即用湿粗麻布把构件缠起来，麻布处整个用塑料膜包紧，粗麻布应至少 7d 保持潮湿状态，随后可用树脂类养生化合物喷涂。

4)养生的其他要求可参照本章的有关规定执行。

4 热期施工应检查下列项目：

1)砂、石料的含水量，每台班不少于 1 次。

2)混凝土浇筑与养护时，环境温度每日检查 4 次，并做好检查记录；当温度超过热期规定的要求时，混凝土拌和时应采取有效降温、防晒措施，以保证混凝土的浇筑质量，否则应停止施工。

3)混凝土热期施工，除应留标准条件下养护的试件外，还应制取相同数量的试件与结构在相同的环境条件下养护，检查 28d 的试件强度以指导施工。

4)在混凝土浇筑前应通过试验确定在最高气温条件下，混凝土分层浇筑的覆盖时间，施工时应严格控制，不得超过。

5)在混凝土的浇筑过程中，应严格控制缓凝剂的掺量，并检查混凝土的凝固时间，以防因缓凝剂掺量不准造成危害。

11.10.2 混凝土雨期施工是指在降雨量集中季节且对混凝土的质量造成影响时进行的施工。雨期要按时收集天气预报资料，混凝土施工要尽可能避开大风大雨天气。雨期施工应制定防洪水、防台风措施，施工场地、生活区做好排水措施。施工材料如钢材、水泥的码放应防雨漏及潮湿。建立安全用电措施，防漏电、触电。

1 雨期施工准备

1)准备雨期施工的防洪材料、机具和必要的遮雨设施。

2)工程材料特别是水泥、钢筋应防水、防潮；施工机械防洪水淹没。

2 施工方法及技术措施

1)雨期施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片分期施工；对受洪水危害的工程应停止施工，若必须施工时，应有防洪抢险措施。

2)雨期施工应加强地基不良地段沉陷的观测，基础施工应防止雨水浸泡基坑，若被浸泡，应挖除被浸泡部分，用与基础同样的材料回填。

基坑要设挡水埂，防止地面水流入。基坑内设集水井，配足抽水机，坡道内设接水措施。

基坑挖好后应及时浇筑混凝土或垫层，防止被水浸泡。

3)施工前对排水系统应进行检查、疏通或加固，必要时增加排水措施。

4)雨后模板及钢筋上的淤泥、杂物，在浇筑混凝土前应清除干净。

5)雷区应设置防雷措施，高耸结构应有防雷设计。沿海地区应考虑防台风措施，露天使用的电器设备要有可靠的防漏电措施。

11.11 工程质量检验和质量标准

11.11.1 实施混凝土质量控制应符合下列规定：

1 通过对原材料的质量检验与控制、混凝土配合比的确定与控制、混凝土生产和施工过程中各工序的质量检验与控制，以及合格性检验控制，使混凝土的质量符合规定要求。

2 在施工过程中应进行质量检测，应用各种质量管理图表，掌握动态信息，控制整个生产和施工期间的混凝土质量，制订保证质量的措施，完善质量控制过程。

3 必须配备相应的技术人员和必要的检验及试验设备，建立和健全必要的技术管理与质量控制制度。

11.11.2 质量检验

1 各种材料、各工程项目和各个工序，应经常进行检验，保证符合设计和施工技术规范的要求。检验项目和次数应符合下列规定：

1)浇筑混凝土前的检验:

(1)施工设备和场地;

(2)混凝土组成材料及配合比(包括外加剂);

(3)混凝土凝结速度等性能;

(4)基础、钢筋、预埋件等隐蔽工程及支架、模板;

(5)养护方法及设施,安全设施。

2)拌制和浇筑混凝土时的检验:

(1)混凝土组成材料的外观及配料、拌制,每一工作班至少2次,必要时随时抽样试验;

(2)混凝土的和易性(坍落度等)每工作班至少2次;

(3)砂石材料的含水率,每日开工前1次,气候有较大变化时随时检测;当含水率变化较大,将使配料偏差超过规定时,应及时调整;

(4)钢筋、模板、支架等的稳固性和安装位置;

(5)混凝土的运输、浇筑方法和质量;

(6)外加剂使用效果;

(7)制取混凝土试件。

3)浇筑混凝土后的检验:

(1)养护情况;

(2)混凝土强度,拆模时间;

(3)混凝土外露面积或装饰质量。

4)结构外形尺寸、位置、变形和沉降。

2 隐蔽工程检查、分部工程检查、工程变更设计、施工技术修改、施工方案变更、质量事故的发生和处理等事项,应按有关规定及时通知有关人员。

3 对混凝土的强度,应制取试件检验其在标准养护条件下28d龄期的抗压极限强度。试件制取组数应符合下列规定:

1)不同强度及不同配合比的混凝土应分别制取试件,试件应在浇筑地点或拌和地点随机制取。

2)浇筑一般体积的结构物(如基础、墩台等)时,每一单元结构物应制取2组。

3)连续浇筑大体积结构物混凝土时,每80~200m³或每一工作班应制取2组。

4)每片梁长16m以下应制取1组,16~30m制取2组,31~50m制取3组,50m以上者不少于5组。

5)就地浇筑混凝土小桥涵,每一座或每一工作班制取不少于2组;当原材料和配合比相同,并由同一拌和站拌制时,可几座合并制取2组。

4 应根据施工需要,制取与结构物同条件养护的试件作为考核结构混凝土在拆模、出池、吊装、预施应力、承受载荷等阶段强度的依据。

11.11.3 质量标准

1 混凝土抗压强度应以标准条件下养护28d龄期试件的抗压强度进行评定,其合格条件如下:

1)应以强度等级相同、龄期相同以及生产工艺条件和配合比相同的混凝土组成同一验收批,同一验收批的混凝土强度应以同批内所有各组标准尺寸试件的强度测定值(当为非标准尺寸试件时应进行强度换算)为代表值。

2)大桥等重要工程及中小桥、涵洞工程的试件大于或等于10组时,应以数理统计方法按下述条件评定:

$$R_n - K_1 S_n \geq 0.9R \quad (11.11.3-1)$$

$$R_{\min} \geq K_2 R \quad (11.11.3-2)$$

式中: R_n ——同批 n 组试件强度的平均值(MPa);

n ——同批混凝土试件组数;

S_n ——同批 n 组试件强度的标准差(MPa),当 $S_n < 0.06R$ 时,取 $S_n = 0.06R$;

R ——设计的混凝土强度等级(MPa);

R_{\min} —— n 组试件中强度最低一组的值(MPa);

K_1 K_2 ——合格判定系数,见表 11.11.3-1。

表 11.11.3-1 K1 K2 的值

n	10~14	15~24	≥25
K ₁	1.70	1.65	1.60
K ₂	0.9	0.85	

3) 中小桥及涵洞等工程，同批混凝土试件少于 10 组时，可用非统计方法按下述条件进行评定：

$$R_n \geq 1.15R \quad (11.11.3-3)$$

$$R_{\min} \geq 0.95R \quad (11.11.3-4)$$

2 当混凝土强度按试件强度进行评定达不到合格条件时，可采用钻取试样或以无损检测法查明结构实际混凝土的抗压强度和浇筑质量，如仍有不合格，应由有关单位共同研究处理。

3 结构混凝土应符合下列规定：

1) 表面应密实、平整。

2) 如有蜂窝、麻面，其面积不超过结构同侧面积的 0.5%。

3) 如有裂缝，其宽度不得大于设计规范的有关规定。

4) 预制桩桩顶、桩尖等重要部位无掉边或蜂窝、麻面。

5) 小型构件无翘曲现象。

6) 对蜂窝、麻面、掉角等缺陷，应凿除松弱层，用钢丝刷清理干净，用压力水冲洗、湿润，再用较高强度的水泥砂浆或混凝土填塞捣实，覆盖养护；用环氧树脂等胶凝材料修补时，应先经试验验证。

7) 如有严重缺陷，影响结构性能时，应分析情况，研究处理。

4 混凝土和钢筋混凝土结构物的位置及外形尺寸允许偏差应符合本规范各章节的有关规定。

5 抹灰工程应符合下列规定：

1) 一般抹灰成分、颜色必须一致，粘结牢固，不得有脱层、空鼓、掉角等现象。

2) 水刷石必须石粒清晰、分布均匀、平整密实，不得有掉粒和接茬痕迹。

3) 水磨石必须表面平整、光滑，石子显露均匀，格条位置正确，不得有砂眼、磨纹和漏磨。

4) 剁斧石必须剁纹均匀，深浅一致，棱角完整。

5) 干粘石必须石粒分布均匀，粘结牢固，不漏浆，不漏粘，阳角处不得有明显的黑边。

6) 拉毛灰必须花纹、斑点分布均匀，同一平面上不显接茬。

7) 抹灰允许偏差见表 11.11.3-2 和表 11.11.3-3。

表 11.11.3-2 一般抹灰允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
平整度	5
阴阳角方正	5
墙面平整度	5

表 11.11.3-3 装饰抹灰允许偏差

项 目	允 许 偏 差 (mm)			
	水磨石	水刷石	剁碎石	干粘石
平整度	2	4	4	5
阴阳角方正	2	4	4	4
墙面平整度	3	5	5	5
分格条子直	2	5	5	5

12 预应力混凝土工程

12.1 一般规定

12.1.1 本章适用于预应力混凝土结构的施工，内容包括采用预应力筋制作的预制构件和现浇混凝土结构。对于预应力混凝土工程中的模板和非预应力钢筋，其施工按本规范有关章节的规定执行。

12.1.2 预应力混凝土工程施工时，应采取必要的安全技术措施，防止发生事故。

12.2 预应力筋

12.2.1 钢丝、钢绞线和热处理钢筋

预应力混凝土结构所采用的钢丝、钢绞线和热处理钢筋等的质量，应符合现行国家标准的规定。预应力混凝土用钢丝应符合《预应力混凝土用钢丝》(GB / T5223)的要求；预应力混凝土用钢绞线应符合《预应力混凝土用钢绞线》(GB / T5224)的要求；预应力混凝土用热处理钢筋应符合《预应力混凝土用热处理钢筋》(GB4463)的要求。其力学性能及表面质量的允许偏差分别见附录 G-1、附录 G-2 和附录 G-3。

新产品及进口材料的质量应符合相应现行国家标准的规定。

12.2.2 冷拉钢筋和冷拔低碳钢丝

1 冷拉Ⅳ级钢筋可用作预应力混凝土结构的预应力筋，其力学性能应符合附录 G-4 的规定。

2 冷拔低碳钢丝的力学性能应符合附录 G-5 的规定。

12.2.3 精轧螺纹钢

用于预应力混凝土结构中的高强精轧螺纹钢，其力学性能和表面质量应符合附录 G-6 的规定。

12.2.4 预应力筋进场时应分批验收，验收时，除应对其质量证明书、包装、标志和规格等进行检查外，尚须按下列规定进行检验。

1 钢丝

应分批检验，每批重量不大于 60t。先从每批中抽查 5%，但不少于 5 盘，进行形状、尺寸和表面检查，如检查不合格，则将该批钢丝逐盘检查。在上述检查合格的钢丝中抽取 5%，但不少于 3 盘，在每盘钢丝的两端取样进行抗拉强度、弯曲和伸长率的试验，其力学性能应符合附录 G-1 的要求。试验结果如有一项不合格时，则不合格盘报废，并从同批未试验过的钢丝盘中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验，如仍有一项不合格，则该批钢丝为不合格。

2 钢绞线

从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一根试样进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。如每批少于 3 盘，则应逐盘取样进行上述试验。试验结果如有一项不合格时，则不合格盘报废，并再从该批未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验，如仍有一项不合格，则该批钢绞线为不合格。

每批钢绞线的重量应不大于 60t。

3 热处理钢筋

1) 从每批钢筋中抽取 10% 的盘数(不小于 25 盘)进行表面质量和尺寸偏差的检查。如检查不合格，则应对该批钢筋进行逐盘检查。

2) 从每批钢筋中抽取 10% 的盘数(不小于 25 盘)进行力学性能试验。试验结果如有一项不合格时，该不合格盘应报废，并再从未试验过的钢筋中取双倍数量的试样进行复验，如仍有一项不合格，则该批钢筋为不合格。

3) 每批钢筋的重量应不大于 60t。

注：对大桥等重要工程使用的钢丝、钢绞线和热处理钢筋，进场时应进行上述检验；对其他桥梁，其预应力钢材的力学性能，可仅进行抗拉强度试验，或由生产厂家提供力学性能试验报告。

4 冷拉钢筋

应分批进行检验，每批重量不得大于 20t。每批钢筋的级别和直径均应相同。每批钢筋外观经逐根检查合格后，再从任选的两根钢筋上各取一套试件，按照现行国家标准的规定进行拉力试验(屈服强度、抗拉强度、伸长率)和冷弯试验。如有一项试验结果不符合附录 C、G-4 所规定的

要求时，则另取双倍数量的试件重做全部各项试验，如仍有一根试件不合格，则该批钢筋为不合格。

计算冷拉钢筋的屈服强度和抗拉强度时，采用冷拉前的公称截面面积。

钢筋冷拉后，其表面不得有裂纹和局部缩颈。

冷弯试验后，冷拉钢筋的外观不得有裂纹、鳞落或断裂现象。

5 冷拔低碳钢丝

应逐盘进行抗拉强度、伸长率和弯曲试验。从每盘钢丝上任一端截去不少于 500mm 后再取两个试样，分别做拉力和 180° 反复弯曲试验，试验结果应符合附录 G-5 的要求。弯曲试验后，不得有裂纹、鳞落或断裂现象。

6 精轧螺纹钢

应分批进行检验，每批重量不大于 100t，对表面质量应逐根目视检查，外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验。试验结果如有一项不符合附录 G-6 所规定的要求时，则另取双倍数量的试件重做全部各项试验，如仍有一根试件不合格，则该批钢筋为不合格。

拉伸试验的试件，不允许进行任何形式的加工。

12.2.5 预应力筋的实际强度不得低于现行国家标准的规定。预应力筋的试验方法应按现行国家标准的规定执行。

12.3 锚具、夹具和连接器

12.3.1 预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性，能保证充分发挥预应力筋的强度，安全地实现预应力张拉作业，并应符合现行国家标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》(GB / T14370)的要求。

12.3.2 预应力筋锚具应按设计要求采用。锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力的要求。用于后张结构时，锚具或其附件上宜设置压浆孔或排气孔，压浆孔应有足够的截面面积，以保证浆液的畅通。

12.3.3 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。需敲击才能松开的夹具，必须保证其对预应力筋的锚固没有影响，且对操作人员的安全不造成危险。

12.3.4 用于后张法的连接器，必须符合锚具的性能要求；用于先张法的连接器，必须符合夹具的性能要求。

12.3.5 进场验收规定

1 锚具、夹具和连接器进场时，除应按出厂合格证和质量证明书核查其锚固性能类别、型号、规格及数量外，还应按下列规定进行验收：

1)外观检查：应从每批中抽取 10% 的锚具且不少于 10 套，检查其外观和尺寸。如有一套表面有裂纹或超过产品标准及设计图纸规定尺寸的允许偏差，则应另取双倍数量的锚具重做检查，如仍有一套不符合要求，则应逐套检查，合格者方可使用。

2)硬度检验：应从每批中抽取 5% 的锚具且不少于 5 套，对其中有硬度要求的零件做硬度试验，对多孔夹片式锚具的夹片，每套至少抽取 5 片。每个零件测试 3 点，其硬度应在设计要求范围内，如有一个零件不合格，则应另取双倍数量的零件重做试验，如仍有一个零件不合格，则应逐个检查，合格者方可使用。

3)静载锚固性能试验：对大桥等重要工程，当质量证明书不齐全、不正确或质量有疑点时，经上述两项试验合格后，应从同批中抽取 6 套锚具(夹具或连接器)组成 3 个预应力筋锚具组装件，进行静载锚固性能试验，如有一个试件不符合要求，则应另取双倍数量的锚具(夹具或连接器)重做试验，如仍有一个试件不符合要求，则该批锚具(夹具或连接器)为不合格品。

对用于其他桥梁的锚具(夹具或连接器)进场验收，其静载锚固性能可由锚具生产厂提供试验报告。

2 预应力筋锚具、夹具和连接器验收批的划分：在同种材料和同一生产工艺条件下，锚具、夹具应以不超过 1000 套组为一个验收批；连接器以不超过 500 套组为一个验收批。

12.4 管道

12.4.1 一般规定

1 在后张有粘结预应力混凝土结构中,力筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成,对一般工程,也可采取钢管抽芯、胶管抽芯及金属伸缩套管抽芯等方法进行预留。

2 浇筑在混凝土中的管道应不允许有漏浆现象。管道应具有足够的强度,以使其在混凝土的重量作用下能保持原有的形状,且能按要求传递粘结应力。

12.4.2 管道材料

1 除本规范规定之外,刚性或半刚性管道应是金属的。刚性管道应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁;半刚性管道应是波纹状的金属螺旋管。金属管道宜尽量采用镀锌材料制作。

2 制作半刚性波纹状金属螺旋管的钢带应符合现行《铠装电缆冷轧钢带》(GB4175.1)和现行《铠装电缆镀锌钢带》(GB4175.2)的有关规定,并附有合格证书。钢带厚度应根据管道直径、设置时间(在浇筑混凝土前或后设置钢束)及是否有特殊用途而定,一般情况厚度不宜小于 0.3mm。

12.4.3 金属螺旋管的检验

1 金属螺旋管进场时,除应按出厂合格证和质量保证书核对其类别、型号、规格及数量外,还应对其外观、尺寸、集中荷载下的径向刚度、荷载作用后的抗渗漏及抗弯曲渗漏等进行检验。工地自行加工制作的管道亦应进行上述检验。上述检验方法可参照现行《预应力混凝土用金属螺旋管》(JG / T3013)的规定执行,其取样数量、检验内容和顺序及质量要求见附录 G-7。

2 金属螺旋管应按批进行检验。每批应由同一钢带生产厂生产的同一批钢带所制造的金属螺旋管组成,累计半年或 50000m 生产量为一批,不足半年产量或 50000m 也作为一批的,则取产量最多的规格。

3 当按本条第 1 款规定的项目检验结果有不合格项目时,应以双倍数量的试件对该不合格项目进行复验,复验仍不合格时,则该批产品为不合格。

12.4.4 管道的其他要求

1 在桥梁的某些特殊部位,当设计规定时,可采用符合要求的平滑钢管和高密度聚乙烯管。

2 用做管道的平滑钢管和聚乙烯管,其壁厚不得小于 2mm。

3 一般情况下,管道的内横截面积至少应是预应力筋净截面积的 2.0~2.5 倍。如果由于某种原因,管道与预应力筋的面积比低于给定的极限,则应通过试验验证其可以进行正常压浆作业。对于超长钢束的管道,亦应通过试验来确定其面积比。

4 制孔采用胶管抽芯法时,胶管内应插入芯棒或充以压力水,以增加刚度;采用钢管抽芯法时,钢管表面应光滑,焊接接头应平顺。抽芯时间应通过试验确定,以混凝土抗压强度达到 0.4~0.8MPa 时为宜,抽拔时不应损伤结构混凝土。抽芯后,应用通孔器或压气、压水等方法对孔道进行检查,如发现孔道堵塞或有残留物或与邻孔有串通,应及时处理。

12.5 预应力材料的保护

12.5.1 重预应力材料必须保持清洁,在存放和搬运过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀。如进场后需长时间存放时,必须安排定期的外观检查。

12.5.2 预应力筋和金属管道在仓库内保管时,仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质;在室外存放时,时间不宜超过 6 个月,不得直接堆放在地面上,必须采取垫以枕木并用苫布覆盖等有效措施,防止雨露和各种腐蚀性气体、介质的影响。

12.5.3 锚具、夹具和连接器均应设专人保管。存放、搬运时均应妥善保护,避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失。临时性的防护措施应不影响安装操作的效果和永久性防锈措施的实施。

12.6 预应力筋制作

12.6.1 预应力筋下料

1 预应力筋的下料长度应通过计算确定,计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头或镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度

等因素。

钢丝束两端采用锚头锚具时，同一束中各根钢丝下料长度的相对差值，当钢丝束长度小于或等于 20m 时，不宜大于 1 / 3000；当钢丝束长度大于 20m 时，不宜大于 1 / 5000，且不大于 5mm。长度不大于 6m 的先张构件，当钢丝成组张拉时，同组钢丝下料长度的相对差值不得大于 2mm。

2 钢丝、钢绞线、热处理钢筋、冷拉Ⅳ级钢筋、冷拔低碳钢丝及精轧螺纹钢的切断，宜采用切断机或砂轮锯，不得采用电弧切割。

12.6.2 冷拉钢筋接头

1 冷拉钢筋的接头，应在钢筋冷拉前采用一次闪光顶锻法进行对焊，对焊后尚应进行热处理，以提高焊接质量。钢筋焊接后其轴线偏差不得大于钢筋直径的 1 / 10，且不得大于 2mm，轴线曲折的角度不得超过 4°。采用后张法张拉的钢筋，焊接后尚应敲除毛刺，但不得减损钢筋截面面积。

对焊接头的质量检验方法，应符合本规范第 10 章的有关规定。

2 预应力筋有对焊接头时，除非设计另有规定，宜将接头设置在受力较小处，在结构受拉区及在相当于预应力筋直径 30 倍长度的区段(不小于 500mm)范围内，对焊接头的预应力筋截面面积不得超过该区段预应力筋总截面面积的 25%。

3 冷拉钢筋采用螺丝端杆锚具时，应在冷拉前焊接螺丝端杆，并应在冷拉时将螺母置于端杆端部。

12.6.3 预应力筋镦粗头

预应力筋镦头锚固时，对于高强钢丝，宜采用液压冷镦；对于冷拔低碳钢丝，可采用冷冲镦粗；对于钢筋，宜采用电热镦粗，但Ⅳ级钢筋镦粗后应进行电热处理。冷拉钢筋端头的镦粗及热处理工作，应在钢筋冷拉之前进行，否则应对镦头逐个进行张拉检查，检查时的控制应力应不小于钢筋冷拉的控制应力。

12.6.4 预应力筋的冷拉

预应力筋的冷拉，可采用控制应力或控制冷拉率的方法。但对不能分清炉批号的热轧钢筋，不应采取控制冷拉率的方法。

1 当采用控制应力方法冷拉钢筋时，其冷拉控制应力下的最大冷拉率，应符合表 12.6.4-1 的规定。冷拉时应检查钢筋的冷拉率，当超过表中的规定时，应进行力学性能检验。

表 12.6.4-1 冷拉控制应力及最大冷拉率

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉控制应力(wa)	最大冷拉率(%)
Ⅳ级	10~28	700	4.0

2 当采用控制冷拉率方法冷拉钢筋时，冷拉率必须由试验确定。测定同炉批钢筋冷拉率时，其试样不少于 4 个，并取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率。测定冷拉率时钢筋的冷拉应力应符合表 12.6.4-2 的规定。

表 12.6.4-2 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力

钢筋级别	钢筋直径(mm)	冷拉控制应力(wa)
Ⅳ级	10~28	700

注：当钢筋平均冷拉率低于 1%时，仍应按 1%进行冷拉。

冷拉多根连接的钢筋，冷拉率可按总长计，但冷拉后每根钢筋的冷拉率应符合表 12.6.4-1 的规定。

3 钢筋的冷拉速度不宜过快，宜控制在 5MPa / s 左右。冷拉至规定的控制应力(或冷拉率)后，应停置 1—2min 再放松。冷拉后，有条件时宜进行时效处理。应按冷拉率大小分组堆放，以备编束时选料。冷拉钢筋时应做记录。

当采用控制应力方法冷拉钢筋时，对使用的测力计应经常进行校验。

12.6.5 预应力筋的冷拔

预应力筋采用冷拔低碳钢丝时，应采用 6~8mm 的Ⅰ级热轧钢筋盘条拔制。拔丝模孔为盘条原直径的 0.85~0.9，拔制次数一般不超过 3 次，超过 3 次时应将拔丝退火处理。拉拔总压缩率应控制在 60%~80%，平均拔丝速度应为 50~70m / min。冷拔达到要求直径后，应按本章 12.2.4

条进行检验，以决定其组别和力学性能(包括伸长率)。

12.6.6 预应力筋编束

预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，同束内应采用强度相等的预应力钢材。编束时，应逐根理顺，绑扎牢固，防止互相缠绕。

12.7 混凝土的浇筑

12.7.1 混凝土用料(水泥、细骨料、粗骨料、水)及配合比应符合本规范第 11 章的有关规定。可掺入适量的外加剂，但不得掺入氯化钙、氯化钠等氯盐。从各种组成材料引进混凝土中的氯离子总含量(折合氯化物含量)，不宜超过水泥用量的 0.06%，当超过 0.06%时，宜采取掺加阻锈剂、增加保护层厚度、提高混凝土密实度等防锈措施；对于干燥环境中的小型构件，氯离子含量可提高 1 倍。

12.7.2 混凝土的水泥用量不宜超过 $500\text{kg} / \text{m}^3$ ，特殊情况下不应超过 $550\text{kg} / \text{m}^3$ 。

12.7.3 浇筑混凝土时，宜根据结构的不同型式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。对箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区以及其他钢筋密集部位，宜特别注意振捣。

浇筑混凝土时，对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋；对后张结构应避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。并应经常检查模板、管道、锚固端垫板及支座预埋件等，以保证其位置及尺寸符合设计要求。

12.7.4 纵向拼接的后张梁，梁段接缝应符合设计规定，施工注意事项可参照本规范各有关章节执行。

12.7.5 浇筑箱形梁段混凝土时，应尽可能一次浇筑完成；梁身较高时也可分两次或三次浇筑；梁身较低时可分为两次浇筑。分次浇筑时，宜先底板及腹板根部，其次腹板，最后浇顶板及翼板，同时应符合本规范第 15 章的有关规定。

12.7.6 混凝土浇筑完成并初凝后，应立即开始养护，并应符合本规范第 11 和第 14 章的规定。

12.8 施加预应力

12.8.1 机具及设备

施加预应力所用的机具设备及仪表应由专人使用和管理，并应定期维护和校验。千斤顶与压力表应配套校验，以确定张拉力与压力表之间的关系曲线，校验应在经主管部门授权的法定计量技术机构定期进行。

张拉机具设备应与锚具配套使用，并应在进场时进行检查和校验。对长期不使用的张拉机具设备，应在使用前进行全面校验。使用期间的校验期限应视机具设备的情况确定，当千斤顶使用超过 6 个月或删次或在使用过程中出现不正常现象或检修以后应重新校验。弹簧测力计的校验期限不宜超过 2 个月。

12.8.2 施加预应力的准备工作

1 对力筋施加预应力之前，必须完成或检验以下工作：

- 1)施工现场应具备经批准的张拉程序和现场施工说明书；
- 2)现场已有具备预应力施工知识和正确操作的施工人员；
- 3)锚具安装正确，对后张构件，混凝土已达到要求的强度；
- 4)施工现场已具备确保全体操作人员及设备安全的必要的预防措施。

2 实施张拉时，应使千斤顶的张拉力作用线与预应力筋的轴线重合一致。

12.8.3 张拉应力控制

1 预应力筋的张拉控制应力应符合设计要求。当施工中预应力筋需要超张拉或计入锚圈口预应力损失时，可比设计要求提高 5%，但在任何情况下不得超过设计规定的最大张拉控制应力。

2 预应力筋采用应力控制方法张拉时，应以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 6%以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

3 预应力筋的理论伸长值 ΔL (mm)可按式(12.8.3-1)计算：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p} \quad (12.8.3-1)$$

式中：P_p——预应力筋的平均张拉力(N)，直线筋取张拉端的拉力，两端张拉的曲线筋，计算方法见附录 G-8；

L——预应力筋的长度(mm)；

A_p——预应力筋的截面面积(mm²)；

E_p——预应力筋的弹性模量(N / mm²)。

4 预应力筋张拉时，应先调整到初应力口。，该初应力宜为张拉控制应力 σ_{con} 的 10%~15%，伸长值应从初应力时开始量测。力筋的实际伸长值除量测的伸长值外，必须加上初应力以下的推算伸长值。对后张法构件，在张拉过程中产生的弹性压缩值一般可省略。

预应力筋张拉的实际伸长值 ΔL (mm)，可按式(12.8.3-2)计算：

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (12.8.3-2)$$

式中：ΔL₁——从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值(mm)；

ΔL₂——初应力以下的推算伸长值(mm)，可采用相邻级的伸长值。

5 必要时，应对锚圈口及孔道摩阻损失进行测定，张拉时予以调整。锥形锚具摩阻损失值的测定方法可参见附录 G-9。

6 预应力筋的锚固，应在张拉控制应力处于稳定状态下进行。锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量，应不大于设计规定或不大于表 12.8.3 所列容许值。

表 12.8.3 锚具变形、预应力筋回缩和接缝压缩容许值(mm)

锚具、接缝类型		变形型式	容许值 ΔL
钢制锥形锚具		力筋回缩、锚具变形	6
夹片式锚具(用于预应力钢绞线)		力筋回缩、锚具变形	6
镦头锚具		缝隙压密	1
JM15 锚具	用于预应力钢丝时	力筋回缩、锚具变形	3
	用于预应力钢绞线时		6
粗钢筋锚具(用于精轧螺纹钢)		力筋回缩、锚具变形	1
每块后加垫板的缝隙		缝隙压密	1
水泥砂浆接缝		缝隙压密	1
环氧树脂砂浆接缝		缝隙压密	1

7 预应力筋张拉及放松时，均应填写施工记录。

12.9 先张法

12.9.1 台座

先张法墩式台座结构应符合下列规定：

1 承力台座须具有足够的强度和刚度，其抗倾覆安全系数应不小于 1.5，抗滑移系数应不小于 1.3。

2 横梁须有足够的刚度，受力后挠度应不大于 2m。

3 在台座上铺放预应力筋时，应采取措施防止沾污预应力筋。

4 张拉前，应对台座、横梁及各项张拉设备进行详细检查，符合要求后可进行操作。

12.9.2 张拉

1 同时张拉多根预应力筋时，应预先调整其初应力，使相互之间的应力一致；张拉过程中，应使活动横梁与固定横梁始终保持平行，并应抽查力筋的预应力值，其偏差的绝对值不得超过按一个构件全部力筋预应力总值的 5%。

2 预应力筋张拉完毕后，与设计位置的偏差不得大于 5mm，同时不得大于构件最短边长的 4%。

3 预应力筋的张拉应符合设计要求，设计无规定时，其张拉程序可按表 12.9.2-1 的规定进行。

表 12.9.2-1 先张法预应力筋张拉特程序

预应力筋种类	张拉程序
钢 筋	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2min) →0.9 σ_{con} →6 σ_{con} (锚固)
钢丝、钢绞线	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2min) →0→ σ_{con} (锚固)
	对于夹片式等具有自锚性能的锚具： 普通松驰力筋 0→初应力→1.03 σ_{con} (锚固) 低松驰力筋 0→初应力→ σ_{con} (持荷 2min 锚固)

注：①表中 σ_{con} 为张拉时的控制应力值，包括预应力损失值；
②超张拉数值超过 12.8.3 条规定的最大超张拉应力限值时，应按该条规定的限制张拉应力进行张拉；
③张拉钢筋时，为保证施工安全，应在超张拉放张至 0.9 σ_{con} 时安装模板、普通钢筋及预埋件等。

4 张拉时，预应力筋的断丝数量不得超过表 12.9.2-2 的规定。

表 12.9.2-2 先张法预应力筋断丝限制

类 别	检 查 项 目	控 制 数
钢丝、钢绞线	同一构件内断丝数不得超过钢丝总数的	1 %
钢 筋	断 筋	不容许

12.9.3 放张

- 1 预应力筋放张时的混凝土强度须符合设计规定，设计未规定时，不得低于设计的混凝土强度等级值的 75%。
- 2 预应力筋的放张顺序应符合设计要求，设计未规定时，应分阶段、对称、相互交错地放张。在力筋放张之前，应将限制位移的侧模、翼缘模板或内模拆除。
- 3 多根整批预应力筋的放张，可采用砂箱法或千斤顶法。用砂箱放张时，放砂速度应均匀一致；用千斤顶放张时，放张宜分数次完成。单根钢筋采用拧松螺母的方法放张时，宜先两侧后中间，并不得一次将一根力筋松完。
- 4 钢筋放张后，可用乙炔-氧气切割，但应采取措施防止烧坏钢筋端部。钢丝放张后，可用切割、锯断或剪断的方法切断；钢绞线放张后，可用砂轮锯切断。
- 长线台座上预应力筋的切断顺序，应由放张端开始，逐次切向另一端。

12.10 后 张 法

12.10.1 预留孔道

- 1 预应力筋预留孔道的尺寸与位置应正确，孔道应平顺，端部的预埋钢垫板应垂直于孔道中心线。
- 2 管道应采用定位钢筋固定安装，使其能牢固地置于模板内的设计位置，并在混凝土浇筑期间不产生位移。固定各种成孔管道用的定位钢筋的间距，对于钢管不宜大于 1m；对于波纹管不宜大于 0.8m；对于胶管不宜大于 0.5m；对于曲线管道宜适当加密。
- 3 金属管道接头处的连接管宜采用大一个直径级别同类管道，其长度宜为被连接管道内径的 5~7 倍。连接时应不使接头处产生角度变化及在混凝土浇筑期间发生管道的转动或移位，并应缠裹紧密防止水泥浆的渗入。
- 4 所有管道均应设压浆孔，还应在最高点设排气孔及需要在最低点设排水孔。压浆管、排气管和排水管应是内径为 20mm 的标准管或适宜的塑性管，与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物以外。
- 5 管道在模板内安装完毕后，应将其端部盖好，防止水或其他杂物进入。

12.10.2 预应力筋安装

- 1 预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入管道，对钢绞线，可将一根钢束中的全部钢绞线编束后整体装入管道中，也可逐根将钢绞线穿入管道。穿束前应检查锚垫板和孔道，锚垫板应位置准确，孔道内应畅通，无水和其他杂物。

2 预应力筋安装后的保护

1)对在混凝土浇筑及养生之前安装在管道中但在下列规定时限内没有压浆的预应力筋，应采取防止锈蚀或其他防腐蚀的措施，直至压浆。

不同暴露条件下，未采取防腐蚀措施的力筋在安装后至压浆时的容许间隔时间如下：

空气湿度大于 70%或盐分过大时	7d
空气湿度 40%~70%时	15d
空气湿度小于 40%时	20d

2)在力筋安装在管道中后，管道端部开口应密封以防止湿气进入。采用蒸汽养生时，在养生完成之前不应安装力筋。

3)在任何情况下，当在安装有预应力筋的构件附近进行电焊时，对全部预应力筋和金属件均应进行保护，防止溅上焊渣或造成其他损坏。

3 对在混凝土浇筑之前穿束的管道，力筋安装完成后，应进行全面检查，以查出可能被损坏的管道。在混凝土浇筑之前，必须将管道上一切非有意留的孔、开口或损坏之处修复，并应检查力筋能否在管道内自由滑动。

12.10.3 张拉

1 对力筋施加预应力之前，应对构件进行检验，外观和尺寸应符合质量标准要求。张拉时，构件的混凝土强度应符合设计要求，设计未规定时，不应低于设计强度等级值的 75%。

2 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，当设计未规定时，可采取分批、分阶段对称张拉。

3 应使用能张拉多根钢绞线或钢丝的千斤顶同时对每一钢束中的全部力筋施加应力，但对扁平管道中不多于 4 根的钢绞线除外。

4 预应力筋张拉端的设置应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1)对曲线预应力筋或长度大于等于 25m 的直线预应力筋，宜在两端张拉；对长度小于 25m 的直线预应力筋，可在一端张拉。

2)曲线配筋的精轧螺纹钢应在两端张拉，直线配筋的可在一端张拉。

3)当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别设置在构件的两端。预应力筋采用两端张拉时，可先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。

5 后张预应力筋的张拉应符合设计要求，设计无规定时，其张拉程序可参照表 12.10.3-1 进行。

6 后张预应力筋断丝及滑移不得超过表 12.10.3-2 的控制数。

7 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。预应力筋锚固后的外露长度不宜小于 30mm，锚具应用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。一般情况下，锚固完毕并经检验合格后即可切割端头多余的预应力筋，严禁用电弧焊切割，强调用砂轮机切割。

表 12.10.3-1 后张法预应力筋张拉程序

预 应 力 筋		张 拉 程 序
钢筋、钢筋束		0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2min) →6 σ_{con} (锚固)
钢绞线束	对于夹片式等具有自锚性能的锚具	普通松驰力筋 0→初应力→1.03 σ_{con} (锚固) 低松驰力筋 0→初应力→ σ_{con} (持荷 2min 锚固)
	其他锚具	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2min) → σ_{con} (锚固)
钢 丝 束	对于夹片式等具有自锚性能的锚具	普通松驰力筋 0→初应力→1.03 σ_{con} (锚固) 低松驰力筋 0→初应力→ σ_{con} (持荷 2min 锚固)
	其他锚具	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2min) →0→ σ_{con} (锚固)
精轧螺纹钢	直线配筋时	0→初应力→ σ_{con} (持荷 2min 锚固)
	曲线配筋时	0→ σ_{con} (持荷 2min) →0 (上述程序可反复几次) →初应力→ σ_{con} (持荷 2min 锚固)

注：①表中 σ_{con} 为张拉时的控制应力，包括预应力损失值；

②两端同时张拉时，两端千斤顶升降压、画线、测伸长、插垫等工作应基本一致；

③梁的竖向预应力筋可一次张拉到控制应力，然后于持荷 5min 后测伸长和锚固；

④超张拉数值超过 12.8.3 条规定的最大超张拉应力限值时，应按该条规定的限值进行张拉。

表 12.10.3-2 后张预应力筋断丝、滑移限制

类 别	检 查 项 目 及	控制数
钢丝束和钢绞线束	每束钢丝断丝或滑丝	1 根
	每束钢绞线断丝或滑丝	1 丝
	每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的	1 %
单根钢筋	断筋或滑移	不容许

注：①钢绞线断丝系指单根钢绞线内钢丝的断丝；

②超过表列控制数时，原则上应更换，当不能更换时，在许可的条件下，可采取补救措施，如提高其他束预应力值，但须满足设计上各阶段极限状态的要求。

12.11 后张孔道压浆

12.11.1 预应力筋张拉后，孔道应尽早压浆。

12.11.2 孔道压浆宜采用水泥浆，所用材料应符合下列要求：

1 水泥

宜采用硅酸盐水泥或普通水泥。采用矿渣水泥时，应加强检验，防止材性不稳定。水泥的强度等级不宜低于 42.5。水泥不得含有任何团块。

2 水

应不含有对预应力筋或水泥有害的成分，每升水不得含 500mg 以上的氯化物离子或任何一种其他有机物。可采用清洁的饮用水。

3 外加剂

宜采用具有低含水量、流动性好、最小渗出及膨胀性等特性的外加剂，它们应不得含有对预应力筋或水泥有害的化学物质。外加剂的用量应通过试验确定。

12.11.3 水泥浆的强度应符合设计规定，设计无具体规定时，应不低于 30MPa。对截面较大的孔道，水泥浆中可掺入适量的细砂。水泥浆的技术条件应符合下列规定：

1 水灰比宜为 0.40~0.45，掺入适量减水剂时，水灰比可减小到 0.35。

2 水泥浆的泌水率最大不得超过 3%，拌和后 3h 泌水率宜控制在 2%，泌水应在 24h 内重新全部被浆吸回。

3 通过试验后，水泥浆中可掺入适量膨胀剂，但其自由膨胀率应小于 10%。泌水率和膨胀率的试验方法见附录 G-10。

4 水泥浆稠度宜控制在 14~18s 之间，稠度的试验方法见附录 G-11。

12.11.4 孔道的准备

压浆前，应对孔道进行清洁处理。对抽芯成型的混凝土空心孔道应冲洗干净并使孔壁完全湿润；金属管道必要时亦应冲洗以清除有害材料；对孔道内可能发生的油污等，可采用已知对预应力筋和管道无腐蚀作用的中性洗涤剂或皂液，用水稀释后进行冲洗。冲洗后，应使用不含油的压缩空气将孔道内的所有积水吹出。

12.11.5 水泥浆自拌制至压入孔道的延续时间，视气温情况而定，一般在 30~45min 范围内。水泥浆在使用前和压注过程中应连续搅拌。对于因延迟使用所致的流动度降低的水泥浆，不得通过加水来增加其流动度。

12.11.6 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气和泌水。压浆顺序宜先压注下层孔道。

12.11.7 压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次一一放开和关闭，使孔道内排气通畅。较集中和邻近的孔道，宜尽量先连续压浆完成，不能连续压浆时，后压浆的孔道应在压浆前用压力水冲洗通畅。

12.11.8 对掺加外加剂泌水率较小的水泥浆，通过试验证明能达到孔道内饱满时，可采用一次压浆的方法；不掺外加剂的水泥浆，可采用二次压浆法，两次压浆的间隔时间宜为 30~45min。

12.11.9 压浆应使用活塞式压浆泵，不得使用压缩空气。压浆的最大压力宜为 0.5~0.7MPa；当孔道较长或采用一次压浆时，最大压力宜为 1.0MPa。梁体竖向预应力筋孔道的压浆最大压力可控制在 0.3~0.4MPa。压浆应达到孔道另一端饱满和出浆，并应达到排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆为止。为保证管道中充满灰浆，关闭出浆口后，应保持不小于 0.5MPa 的一个稳压期，该

稳压期不宜少于 2min。

12.11.10 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构混凝土的温度不得低于 50℃，否则应采取保温措施。当气温高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

12.11.11 压浆后应从检查孔抽查压浆的密实情况，如有不实，应及时处理和纠正。压浆时，每一工作班应留取不少于 3 组的 70.7mm×70.7mm×70.7mm 立方体试件，标准养护 28d，检查其抗压强度，作为评定水泥浆质量的依据。

12.11.12 对需封锚的锚具，压浆后应先将其周围冲洗干净并对梁端混凝土凿毛，然后设置钢筋网浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度应符合设计规定，一般不宜低于构件混凝土强度等级值的 80 %。必须严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。

12.11.13 对后张预制构件，在管道压浆前不得安装就位，在压浆强度达到设计要求后方可移运和吊装。

12.11.14 孔道压浆应填写施工记录。

12.12 质量检验及质量标准

12.12.1 对工程质量的检验，除一般混凝土、钢筋混凝土工程的应有检验项目外，尚应进行钢筋冷拉、预应力钢材编束、孔道预留、施加预应力、孔道压浆等项目的施工检验以及预应力筋、张拉机具、锚夹具的质量检验。

12.12.2 预应力筋制作安装的允许偏差列于表 12.12.2-1 及表 12.12.2-2。

表 12.12.2-1 先张预应力筋制作安装允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
锚头钢丝同束长度相对差	束长>20m	L/5000 及 5
	束长 6~20m	L/3000
	束长<6m	2
冷拉钢筋接头在同一平面的轴线偏位		2 及 1/10 直径
力筋张拉后的位置与设计位置之间偏位		4%构件最短边长及 5

表 12.12.2-2 后张预应力筋制作安装允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
管道坐标	梁长方向	30
	梁高方向	10
管道间距	同排	10
	上下层	10

12.12.3 梁体质量应符合下列规定：

- 1 混凝土质量检验应符合本规范第 11 章的有关规定。
- 2 混凝土表面应平整、密实，预应力部位不得有蜂窝、露筋现象。

13 砌 体

13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于用砌石及混凝土预制块砌筑的公路桥涵拱圈、墩台、挡土墙及其附属工程等的施工。

13.1.2 天然地基上的基础砌体，施工前应按本规范第 4 章的有关规定，对基坑进行检查和处理。

13.1.3 砌体沉降缝、伸缩缝、泄水孔及防水层的设置，应符合设计和有关规定。

13.2 材 料

13.2.1 石料的要求

1 石料应符合设计规定的类别和强度，石质应均匀、不易风化、无裂纹。石料强度、试件规格及换算应符合设计要求，石料强度的测定应按现行《公路工程石料试验规程》(JTJ054)执行。

2 一月份平均气温低于 -10°C 的地区，除干旱地区的不受冰冻部位或根据以往实践经验证明材料确有足够抗冻性者外，所用石料及混凝土材料须通过冻融试验证明符合表 13.2.1 的抗冻性指标时，方可使用。

表 13.2.1 石料及混凝土材料抗冻性指标

结构物类别	大、中桥	小桥及涵洞
镶面或表层	50	25

注：抗冻性指标系指材料在含水饱和状态下经 -15°C 的冻结与融化的循环次数。试验后的材料应无明显损伤(裂缝、脱层)，其强度不低于试验前的 0.75 倍；

3 片石：一般指用爆破或楔劈法开采的石块，厚度应小于 150mm(卵形和薄片者不得采用)。用做镶面的片应选择表面较平整、尺寸较大者，并应稍加修整。

4 块石：形状应大致方正，上下面大致平整，厚度 200~300mm，宽度约为厚度的 1.0~1.5 倍，长度约为厚度的 1.5~3.0 倍(如有锋棱锐角，应敲除)。块石用做镶面时，应由外露面四周向内稍加修凿，后部可不修凿，但略小于修凿部。其加工形状如图 13.2.1 所示。

5 粗料石：是由岩层或大块石料开劈并经粗略修凿而成，外形应方正，成六面体，厚度 200~300mm，宽度为厚度的 1~1.5 倍，长度为厚度的 2.5~4 倍，表面凹陷深度不大于 20mm。加工镶面粗料石时，丁石长度应比相邻顺石宽度至少大 150mm，修凿面每 100mm 长须有凿路约 4~5 条，侧面修凿面应与外露面垂直，正面凹陷深度不应超过 15.0mm，加工精度应如图 13.2.2 所示。

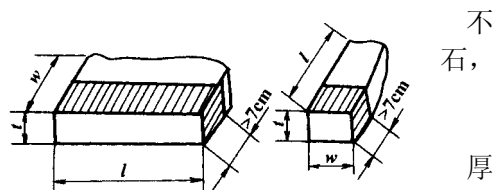


图 13.2.1 镶面块石
 w -宽度； t -厚度； l -长度

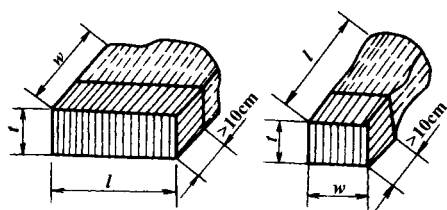


图 13.2.2 镶面粗料石
 w -宽度； t -厚度； l -长度

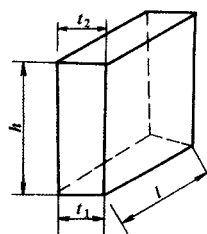


图 13.2.3 拱石

镶面粗料石的外露面如带细凿边缘时，细凿边缘的宽度应为 30~50mm。

6 拱石：可根据设计采用粗料石、块石或片石；拱石应立纹破料，岩层面应与拱轴垂直，各排拱石沿拱圈内弧的厚度应一致。用粗料石砌筑曲线半径较小的拱圈，辐射缝上下宽度相差超过

30%时,宜将粗料石加工成如图 13.2.3 所示的楔形,其具体尺寸可根据设计及施工条件确定,但应符合下列规定:

- (1)厚度 t_1 不应小于 200mm, t_2 按设计或施工放样确定;
- (2)高度 h 应为最小厚度 t_1 的 1.2~2.0 倍;
- (3)长度 l 应为最小厚度 t_1 的 2.5~4.0 倍。

7 桥涵附属工程采用卵石代替片石时,其石质及规格须符合片石的规定。

13.2.2 混凝土预制块的要求

混凝土预制块砌体形状、尺寸应统一,其规格应与粗料石相同,砌体表面应整齐美观。预制块做拱石时,混凝土块可提前预制,使其收缩尽量消失在拱圈封顶以前,避免拱圈开裂;蒸汽养护混凝土预制块可加速收缩,可按试验确定提前时间。

13.2.3 砂浆的技术要求

1 砌筑用砂浆的类别和强度等级应符合设计规定。砂浆强度等级以 $M \times \times$ 表示,为 70.7mm \times 70.7mm \times 70.7mm 试件标准养护 28d 的抗压强度(单位为 MPa)。标准养护条件如下:

- (1)水泥石灰等混合砂浆养护温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$,相对湿度 60%~80%;
- (2)水泥砂浆和微沫水泥砂浆养护温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$,相对湿度为 90%以上;
- (3)常用的砂浆强度等级分别为 M20, M15, M10, M7.5, M5, M2.5 六个等级。

2 砂浆中所用水泥、砂、水等材料的质量标准宜符合混凝土工程相应材料的质量标准。砂浆中所用砂,宜采用中砂或粗砂,当缺乏中砂及粗砂时,在适当增加水泥用量的基础上,也可采用细砂。砂的最大粒径,当用于砌筑片石时,不宜超过 5mm;当用于砌筑块石、粗料石时,不宜超过 2.5mm。如砂的含泥量达不到混凝土用砂的标准,当砂浆强度等级大于或等于 M5 时,可不超过 5%,小于 M5 时可不超过 7%。

3 石灰水泥砂浆所用生石灰,应成分纯正,锻烧均匀、透彻。一般宜熟化成消石灰粉或石灰膏使用,也可磨细成生石灰粉使用。

消石灰粉和石灰膏应通过网筛过滤,并且石灰膏应在沉淀池内储存 14d 以上。磨细生石灰粉应经 4900 孔/ cm^2 筛子过筛。生石灰及消石灰粉的技术指标见附录 H。

4 砂浆的配合比可通过试验确定,可采用质量比或体积比,并应满足该规范中技术条件的要求。当变更砂浆的组成材料时,其配合比应重新试验确定。

5 砂浆必须具有良好的和易性,其稠度以标准圆锥体沉入度表示,用于石砌体时宜为 50~70mm,气温较高时可适当增大。零星工程用砂浆的稠度,也可用直观法进行检查,以用手能将砂浆捏成小团,松手后既不松散、又不由灰铲上流下为度。

6 为改善水泥砂浆的和易性,可掺入无机塑化剂或以皂化松香为主要成分的发沫剂等有机塑化剂,其掺量可参照生产厂家的规定并通过试验确定,一般为水泥用量的 0.5/10000~1.0/10000(发沫剂按 100%纯度计)。采用时应符合下列规定:

- 1)发沫剂宜用不低于 70°C 的水稀释至 5%~10% 的浓度,稀释后存放不宜超过 7d;
- 2)宜用机械拌和,拌和时间宜为 3~5min。

7 砂浆配制应采用质量比,砂浆应随拌随用,保持适宜的稠度,一般宜在 3~4h 内使用完毕;气温超过 30°C 时,宜在 2~3h 内使用完毕。在运输过程或在贮存器中发生离析、泌水的砂浆,砌筑前应重新拌和;已凝结的砂浆,不得使用。

13.2.4 小石子混凝土的技术要求

- 1 小石子混凝土的配合比设计、材料规格和质量检验标准,应符合本规范第 11 章的有关规定。
- 2 小石子混凝土的粗骨料可采用细卵石或碎石,最大粒径不宜大于 20mm。

3 小石子混凝土拌和物应具有良好的和易性,坍落度宜为 50~70mm(片石砌体)或 70~100mm(块石砌体)。为改善小石子混凝土拌和物的和易性,节约水泥,可通过试验,在拌和物中掺入一定数量的减水剂等外加剂或粉煤灰等混合材料。

13.3 浆砌石块及混凝土预制块墩台、挡土墙

13.3.1 一般要求

1 砌块在使用前必须浇水湿润,表面如有泥土、水锈,应清洗干净。

2 砌筑基础的第一层砌块时,如基底为岩层或混凝土基础,应先将基底表面清洗、湿润,再坐浆砌筑;如基底为土质,可直接坐浆砌筑。

3 砌体应分层砌筑，砌体较长时可分段分层砌筑，但两相邻工作段的砌筑差一般不宜超过 1.2m；分段位置宜尽量设在沉降缝或伸缩缝处，各段水平砌缝应一致。

4 各砌层应先砌外圈定位行列，然后砌筑里层，外圈砌块应与里层砌块交错连成一体。砌体外露面镶面种类应符合设计规定，位于流冰或有严重漂流物河中的墩台，宜选用较坚硬的石料或高强度混凝土预制块进行镶砌。砌体里层应砌筑整齐，分层应与外圈一致，应先铺一层适当厚度的砂浆再安放砌块和填塞砌缝。

砌体外露面应进行勾缝，并应在砌筑时靠外露面预留深约 20mm 的空缝备作勾缝之用。砌体隐蔽面砌缝可随砌随刮平，不另勾缝。

5 各砌层的砌块应安放稳固，砌块间应砂浆饱满，粘结牢固，不得直接贴靠或脱空。砌筑时，底浆应铺满，竖缝砂浆应先在已砌石块侧面铺放一部分，然后于石块放好后填满捣实。用小石子混凝土塞竖缝时，应以扁铁捣实。

6 砌筑上层块时，应避免振动下层砌块。砌筑工作中断后恢复砌筑时，已砌筑的砌层表面应加以清扫和湿润。

13.3.2 浆砌片石的技术要求

1 片石应分层砌筑，宜以 2~3 层砌块组成一工作层，每一工作层的水平缝应大致找平。各工作层竖缝应相互错开，不得贯通。

2 外圈定位行列和转角石，应选择形状较为方正及尺寸较大的片石，并长短相间地与里层砌块咬接。砌缝宽度一般不应大于 40mm，用小石子混凝土砌筑时，可为 30~70mm。

3 较大的砌块应使用于下层，安砌时应选取形状及尺寸较为合适的砌块，尖锐突出部分应敲除。竖缝较宽时，应在砂浆中塞以小石块，不得在石块下面用高于砂浆砌缝的小石片支垫。

13.3.3 浆砌块石的技术要求

1 石块应平砌，每层石料高度应大致一致。外圈定位行和镶面石块，应丁顺相间或两顺一丁排列，砌缝宽度不大于 30mm，上下层竖缝错开距离不小于 80mm。

2 砌体里层平缝宽度不应大于 30mm，竖缝宽度不应大于 40mm，用小石子混凝土砌筑时不应大于 50mm。

13.3.4 浆砌粗料石及混凝土预制块的技术要求

1 砌筑前，应先计算层数，选好料，砌筑时应严格控制平面位置和高度。镶面石应一顺一丁排列，砌缝应横平竖直。砌缝宽度，当为粗料石时不应大于 20mm，当为混凝土砌块时不应大于 10mm；上下层竖缝错开距离不应小于 100mm，同时在丁石的上层或下层不宜有竖缝。砌体里层为浆砌块石时，其要求同 13.3.3 条第 2 款。

2 桥墩破冰体镶面的砌筑应符合下列要求：

1) 破冰棱与垂线的夹角大于 20° 时，破冰体镶面横缝应垂直于破冰棱；夹角小于等于 20° 时，镶面横缝可成水平。

2) 破冰体镶面的砌筑层次应与墩身一致。

3) 砌缝宽度为 10~12mm。

4) 不得在破冰棱中线上及破冰棱与墩身相交线上设置砌缝。

13.4 浆砌石块及混凝土预制块拱圈

13.4.1 一般要求

1 拱圈和拱上结构所用砌块的规格应符合设计规定，施工时应按设计留置施工预拱度。

2 砌筑拱圈工作开始前，应先详细检查拱架和模板，在质量和安全等各方面均符合要求后方可开始砌筑。

3 拱圈的辐射缝应垂直于拱轴线，辐射缝两侧相邻两行拱石的砌缝应互相错开(同一行内上下层砌缝可不错开)，错开距离不应小于 100mm，错缝规则见图 13.4.1。

4 浆砌粗料石和混凝土预制块拱圈的砌缝宽度应为 10~20mm，块石拱圈的砌缝宽度不应大于 30mm，

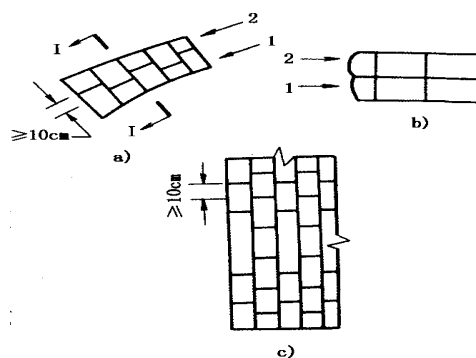


图 13.4.1 拱圈错缝

a)拱立面;b)I-I截面;c)拱底面

1-下层;2-上层

片石拱圈的砌缝宽度不应大于 40mm。用小石子混凝土砌块石时, 不应大于 50mm。

5 砌筑各类浆砌拱圈时, 对于不甚陡的辐射缝, 应先在侧面已砌拱石上铺浆, 再放拱石挤砌; 辐射缝较陡时, 可在拱石间先嵌入木条, 再分层填塞, 捣实砂浆。

13.4.2 砌筑程序

1 砌筑拱圈前, 应根据拱圈跨径、矢高、厚度及拱架的情况, 设计拱圈砌筑程序, 砌筑时, 须设置变形观测缝, 随时注意观测拱架的变形情况, 必要时对砌筑程序进行调整, 控制拱圈的变形。

2 跨径 $\leq 10\text{m}$ 的拱圈, 当用满布式拱架砌筑时, 可从两端拱脚起顺序向拱顶方向对称、均衡地砌筑, 最后砌拱顶石。当用拱式拱架砌筑时, 宜分段、对称地先砌拱脚段和拱顶段, 后砌 1/4 跨径段。

3 跨径 13~20m 的拱圈, 不论用何种拱架, 每半跨均应分成三段砌筑(如图 13.4.2), 先砌拱脚段(I)和拱顶段(II)、后砌 1/4 跨径段(III), 两半跨应同时对称地进行。

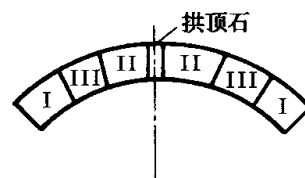


图 13.4.2 拱圈分六段砌筑示意

隔开砌的拱段, 其倾斜角大于砌块与模板间的摩擦角时, 应在拱段下侧临时设置支撑。

4 跨径 $\geq 25\text{m}$ 的拱圈, 砌筑程序应符合设计规定。一般采用分段砌筑或分环分段相结合的方法砌筑, 必要时应对拱架预加一定的压力。分环砌筑时, 应待下环砌筑合龙、砌缝砂浆强度达到设计强度的 75% 以上后, 再砌筑上环。

5 多孔连续拱桥拱圈的砌筑, 应考虑连拱的影响, 制定相应的砌筑程序。

13.4.3 空缝的设置和填塞的技术要求

1 砌筑拱圈时, 应在拱脚、拱顶石两侧、分段点等部位临时设置空缝; 小跨径拱圈不分段砌筑时, 应在拱脚附近临时设置空缝。

2 设置和填塞空缝时, 应注意下列事项:

1) 空缝的宽度, 在拱圈外露面应与相应类别砌块的一般砌缝相同。当拱圈为粗料石时, 为便于砂浆的填塞, 可将空缝内腔宽度加大至 30~40mm。为保证空缝的宽度, 当拱圈跨径 $\geq 16\text{m}$ 时, 拱脚部位附近的空缝宜用铸铁垫隔, 其他部位的空缝可用 M2.5 水泥砂浆块垫隔。

2) 用于空缝两侧的拱石, 靠空缝一面应加工凿平。

3) 空缝的填塞, 应在砌缝砂浆强度达到设计强度的 70% 后进行, 填塞时应分层捣实。

4) 填塞空缝可使用 M2.5 以上或体积比为 1:1 的半干硬水泥砂浆, 砂子宜用细砂或筛除较大颗粒的中砂。

5) 空缝的填塞顺序视具体情况确定, 可由拱脚逐次向拱顶对称填塞, 或先填塞拱脚处, 次填塞拱顶处, 然后自拱顶向两端对称逐条填塞, 所有空缝也可同时填塞。

13.4.4 拱圈合龙及拱上结构砌筑的技术要求

1 拱圈封拱合龙时的温度、砂浆强度和封拱方法应符合设计规定, 设计无规定时, 应符合下列规定:

1) 封拱合龙宜在接近当地年平均温度或 5~15℃ 时进行。

2) 分段砌筑的拱圈应待填塞空缝的砂浆强度达到设计强度的 50% 后进行, 采用斜尖封顶的拱圈应待砂浆强度达到设计强度 70% 后进行。

3) 封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈应力时, 砂浆强度应达到设计强度。

2 拱上结构的砌筑应符合下列规定:

1) 拱上结构在拱架卸架前砌筑时, 应待拱圈合龙砂浆强度达到设计强度的 30% 以上后进行。

2) 当先松架后砌拱上结构时, 应待拱圈合龙砂浆强度达到设计强度的 70% 以上后进行。

3) 采用分环砌筑的拱圈, 应待上环合龙砂浆强度达到设计强度的 70% 以上后进行。

4) 采用施加压力调整拱圈应力时, 应待封拱砂浆强度达到设计的规定后砌筑拱上结构。

5) 拱上结构一般应由拱脚至拱顶对称、均衡地砌筑。

13.4.5 小石子混凝土砌筑拱圈的技术要求

1 用小石子混凝土砌筑片石拱圈时, 应注意下列事项:

1) 靠拱模一面, 应选用底面较大且较平整的石块, 必要时稍加修整, 拱背面则应大致平顺。

2) 砌缝中的小石子混凝土, 应先铺放一部分再填塞, 以达到饱满、密实。较宽的竖缝, 可在填塞小石子混凝土的同时, 填塞一部分小石块, 将砌缝挤满。

3) 砌筑中设置空缝时, 在空缝两侧应选用较大和较平整的石块。

2 用小石子混凝土砌块石拱圈时，块石靠拱模一面应稍加修整，砌缝宽度不应大于 50mm，砌筑注意事项可参照用小石子混凝土砌片石拱圈的有关规定。

13.5 桥涵附属工程

13.5.1 砌体工程的技术要求

- 1 石砌锥坡、护坡和河床铺砌层等工程，必须在坡面或基面夯实、整平后，方可开始铺砌。
- 2 片石护坡的外露面和坡顶、边口，应选用较大、较平整并略加修凿的石块。
- 3 浆砌片石护坡和河床铺砌，石块应相互咬接，砌缝砂浆饱满，砌缝宽度 40~70mm。浆砌卵石护坡和河床铺砌层，应采用栽砌法，砌块应互相咬接。
- 4 干砌片石护坡及河床铺砌时，铺砌应紧密、稳定、表面平顺，但不得用小石块塞垫或找平。干砌卵石河床铺砌时，应采用栽砌法。用于防护急流冲刷的护坡、河床铺砌层，其石块尺寸不得小于有关规定。
- 5 铺砌层的砂砾垫层材料，粒径一般不宜大于 50mm，含泥量不宜超过 5%，含砂量不宜超过 40%。垫层应与铺砌层配合铺筑，随铺随砌。
- 6 防护工程采用石笼时，除应符合设计规定外，并应注意下列事项：
 - 1) 石笼的构造、形状及尺寸应适应水流及河床的实际情况。
 - 2) 笼内石料一般用片石和大卵石，石块尺寸须大于笼网孔眼。
 - 3) 笼内石块应塞紧、装满，笼网应锁口牢固。
 - 4) 石笼应铺放整齐，笼与笼间的空隙应用石块填满。

13.5.2 填土工程的技术要求

- 1 桥涵台背、锥坡、护坡及拱上各种填料，宜采用透水性材料，不得采用含有泥草、腐殖物或冻土块的土。
- 2 台背填土顺路线方向长度，应自台身起，顶面不小于桥台高度加 2m，底面不小于 2m，拱桥台背填土长度不应小于台高的 3~4 倍。锥坡填土应与台背填土同时进行，并应按设计宽度一次填足。
- 3 台背填土的质量直接关系到竣工后行车的舒适与安全，应严格控制分层厚度和密实度，应设专人负责监督检查，检查频率每 50m² 检验 1 点，不足 50m² 时至少检验 1 点，每点都应合格，宜采用小型机械压实。透水性材料不足时，可采用石灰土或水泥稳定土回填；回填土的分层厚度宜为 0.1~0.2m。高速公路和一级公路的桥台、涵身背后和涵洞顶部的填土压实度标准，从填方基底或涵洞顶部至路床顶面均为 95%，其他公路为 93%。软土地基的台背填土应符合设计要求。
- 4 台背填土的顺序应符合设计要求。拱桥台背填土宜在主拱圈安装或砌筑以前完成；梁式桥的轻型桥台台背填土，宜在梁体安装完成以后，在两侧平衡地进行；柱式桥台台背填土，宜在柱侧对称、平衡地进行。

13.6 砌体勾缝及养护

- 13.6.1 砌体勾缝，除设计有规定者外，一般可采用凸缝或平缝。浆砌较规则的块材时，可采用凹缝。
- 13.6.2 勾缝砂浆强度不应低于砌体砂浆强度，一般主体工程不低于 M10，附属工程不低于 M7.5。流冰和严重冲刷部位应采用高强度水泥砂浆。
- 13.6.3 石砌体勾缝应嵌入砌缝内约 20mm 深。缝槽深度不足时，应凿够深度后再勾缝。干砌片石勾缝时，应嵌入砌缝 20mm 以上。
- 13.6.4 干砌片石护坡、锥坡的勾缝，宜待坡体土方稳定后进行，除设计有规定外，一般可做平缝。
- 13.6.5 浆砌砌体，应在砂浆初凝后，洒水覆盖养生 7~14d。养护期间应避免碰撞、振动或承重。

13.7 质量检验及质量标准

- 13.7.1 对砂浆及小石子混凝土的抗压强度应按不同强度等级、不同配合比分别制取试件，重要及主体砌筑物，每工作班应制取试件 2 组；一般及次要砌筑物，每工作班可制取试件 1 组。拱圈砂浆应同时制取与砌体同条件养护试件，以检查各施：正阶段的强度。

小石子混凝土抗压强度评定方法同一般混凝土，砂浆抗压强度合格条件如下：

- 1 同等级试件的平均强度不低于设计强度等级。
- 2 任意一组试件最低值不低于设计强度等级的 75%。

13.7.2 砌体质量应符合下列规定：

- 1 砌体所用各项材料类别、规格及质量符合要求。
- 2 砌缝砂浆或小石子混凝土铺填饱满，强度符合要求。
- 3 砌缝宽度、错缝距离符合规定，勾缝坚固、整齐，深度和型式符合要求。
- 4 砌筑方法正确。
- 5 砌体位置、尺寸不超过允许偏差。

13.7.3 墩、台砌体位置及外形尺寸允许偏差如表 13.7.3。

13.7.4 拱圈砌体允许偏差如下：

- 1 拱圈和拱上砌体侧面位置与设计位置的偏差，有镶面时为+20mm，-10mm；无镶面时为+30mm，-10mm。
- 2 拱圈厚度不小于设计值，超厚不大于设计值的 3%。
- 3 拱圈侧面粗料石镶面两邻接砌块表面彼此错位不大于 3mm。
- 4 拱圈侧面块石镶面两邻接砌块表面彼此错位不大于 5mm。
- 5 内弧线偏离设计弧线，当跨径小于等于 30m 时，为±20mm；当跨径大于 30m 时，为±1/1500 跨径(对于拱式桥涵、箱涵、圆管涵为净跨径)。

表 13.7.3 墩、台砌体位置及外形尺寸允许偏差

项目		允许偏差(mm)
名称	类别	
轴线偏位		10
墩台宽度与长度	片石	+40, -10
	块石	+30, -10
	粗料石	+20, -10
大面积平整度 (2m 直尺检查)	片石	30
	块石	20
	粗料石	10
竖直度或坡度	片石	0.5%H
	块石、粗料石	0.3%H
墩台顶面高程		±10

注：①H 为墩台高度；

②混凝土预制砌体允许偏差可按粗料石标准执行。

13.7.5 浆砌片石基础位置及外形尺寸允许偏差见表 13.7.5。

表 13.7.5 浆砌片石基础允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	项 目		允许偏差(mm)
轴线偏位	25	基底高程	土质	±50
平面尺寸	±50		石质	+50,-200
顶面高程	±30			

13.7.6 浆砌片石、块石挡土墙位置及外形尺寸允许偏差见表 13.7.6。

表 13.7.6 浆砌片石、块石挡土墙允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	项目	允许偏差 (mm)
平面位置	50	顶面高程	±20
表面平整度	片石 30, 块石 20	断面尺寸	不小于设计值
竖直度或坡度	0.5%H	底面高程	±50

注: H 为砌体高度。

13.7.7 侧墙砌体位置及外形尺寸允许偏差见表 13.7.7。

表 13.7.7 侧墙砌体允许偏差

项 目		规定值或允许偏差
外侧平面偏位(mm)	无镶面	+30, -10
	有镶面	+20, -10
宽度 (mm)		+40, -10
顶面高程(mm)		±10
竖直度或坡度	片石砌体	0.5%
	块石、粗料石、混凝土块镶面	0.3%

14 冬期施工

14.1 一般规定

14.1.1 冬期施工是指根据当地多年气温资料，室外日平均气温连续5d稳定低于5℃时混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土及砌体工程的施工。冬期施工除应按本规范第10章、第11章、第12章、第13章的有关规定执行外，还应遵照本章的规定。

1 冬期施工的工程，应预先做好冬期施工组织计划及准备工作，对各项设施和材料应提前采取防雪、防冻等措施，对钢筋的冷拉和张拉，还应专门制定施工工艺要求及安全措施。

2 冬期施工期间，用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制的混凝土，在抗压强度达到设计强度的40%及5MPa前，用矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，在抗压强度达到设计强度的50%前，不得受冻。未采取抗冻措施的浆砌砌体，在砂浆抗压强度达到70%前不得受冻。

3 基础的地基（永冻地区除外），在工程施工时和完工后，均不得受冻。

4 冬期铺设防水层时，应先将结构物表面加热至一定温度，并按防水层冬期施工的有关规定执行。

5 冬期施工时，应制定防火、防冻、防煤气中毒等安全措施，并与当地气象部门取得联系，做好气温观测工作。

14.2 混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土冬期施工

14.2.1 钢筋的焊接、冷拉及张拉的技术要求

1 焊接钢筋宜在室内进行，当必须在室外进行时，最低温度不宜低于-20℃，并应采取防雪挡风措施，减小焊件温度差，焊接后的接头严禁立刻接触冰雪。

2 冷拉钢筋时的温度不宜低于-15℃，当采取可靠的安全措施时可不低于-20℃；当采用控制应力或冷拉率方法冷拉时，冷拉控制应力宜较常温时酌予提高，提高值应经试验确定，但不得超过30MPa。

3 张拉预应力钢材时的温度不宜低于-15℃。

4 钢筋的冷拉设备、预应力钢材张拉设备以及仪表工作油液，应根据实际使用时的环境温度选用，并应在使用时的环境温度条件下进行配套校验。

14.2.2 混凝土配制和搅拌的技术要求

1 配制混凝土时，宜优先选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，水泥的强度等级不宜低于42.5，水灰比不宜大于0.5。采用蒸汽养护时，宜优先选用矿渣硅酸盐水泥。用加热法养护掺外加剂的混凝土，严禁使用高铝水泥。使用其他品种的水泥时，应注意其掺合材料对混凝土强度、抗冻、抗渗等性能的影响。

2 浇筑混凝土宜掺用引气剂、引气型减水剂等外加剂，以提高混凝土的抗冻性。在钢筋混凝土中掺用氯盐类防冻剂时，氯离子含量不得超过本规范第11章、第12章的规定，且不宜采用蒸汽养生。当采用素混凝土时，氯盐掺量不得大于水泥质量的3%。预应力混凝土不得掺用引气剂、引气型减水剂及氯盐防冻剂。掺用的引气剂、引气型减水剂及防冻剂，应符合现行国家标准《混凝土外加剂》（GB8076）的规定。

3 拌制混凝土的各项材料的温度，应满足混凝土拌和物搅拌合成后所需要的温度。当材料原有温度不能满足需要时，应首先考虑对拌和用水加热，仍不能满足需要时，再考虑对集料加热。水泥只保温，不得加热。各项材料需要加热的温度应根据附录J冬期施工热工计算公式计算确定，但不得超过表14.2.2的规定。

4 冬期搅拌混凝土时，骨料不得带有冰雪和冻结团块。严格控制混凝土的配合比和坍落度；

投料前，应先用热水或蒸汽冲洗搅拌机，投料顺序为骨料、水，搅拌，再加水泥搅拌，时间应较常温时延长50%。混凝土拌和物的出机温度不宜低于10℃，入模温度不得低于5℃。

表14.2.2 拌和水及骨料最高温度（℃）

项 目	拌和水	骨料
强度等级小于52.5的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	80	60
强度等级等于及大于52.5的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	60	40

注：当骨料不加热时，水可加热到100℃，但水泥不应与80℃以上的水直接接触。投料顺序为先投骨料和已加热的水，然后再投入水泥。

14.2.3混凝土运输和浇筑的技术要求

- 1混凝土的运输时间应尽可能缩短，运输混凝土的容器应有保温措施。
- 2混凝土在浇筑前应清除模板、钢筋上的冰雪和污垢，成型开始养护时的温度，用蓄热法养护时不得低于10℃；用蒸汽法养护时不得低于5℃，细薄结构不得低于8℃。
- 3冬期施工接缝混凝土时，在新混凝土浇筑前应加热使接合面有5℃以上的温度，浇筑完成后，应采取措施使混凝土接合面继续保持正温，直至新浇筑混凝土获得规定的抗冻强度。
- 4浇筑预应力混凝土构件的湿接缝时，宜采用热混凝土或热水泥砂浆，并应适当降低水灰比。浇筑完成后应加热或连续保温养护，直至接缝混凝土或水泥砂浆抗压强度达到设计强度的75%。
- 5预应力混凝土的孔道压浆应在正温下进行，具体要求按第12章的规定执行。

14.2.4混凝土养护的技术要求

- 1混凝土的养护方法，应根据技术经济比较和附录J的热工计算确定。当气温较低、结构表面系数较大，蓄热法不能适应强度增长速度的要求时，可根据具体情况，选用蒸汽加热、暖棚加热或电加热等方法。
- 2用蓄热法养护混凝土时，应符合下列规定：
 - 1）蓄热方法应根据环境条件，经过计算在能确保结构物不受冻害的条件下采用。
 - 2）应采取加速混凝土硬化和降低混凝土冻结温度的措施。
 - 3）混凝土应采用较小的水灰比。
 - 4）对容易冷却的部位，应特别加强保温。
 - 5）不应往混凝土和覆盖物上洒水。
- 3用蒸汽加热法养护混凝土时，除应按第11章有关规定执行外，混凝土的升、降温速度不得超过表14.2.4-1的规定。

表14.2.4-1 加热养护混凝土的升、降温速度（℃ / h）

表面系数（m ⁻¹ ）	升温速度	降温速度
≥6	15	10
<6	10	5

注：①大体积混凝土应根据实际情况确定；
②表面系数系指结构冷却面积（m²）与结构体积（m³）的比值，当采用普通硅酸盐水泥时，养护温度不宜超过80℃；当采用矿渣硅酸盐水泥时，养护温度可提高到85~95℃。

- 4用电热法养护混凝土时，一般采用电极法和电热器加热法。
 - 1）电极法养生 电极的布置，应保证混凝土温度均匀，加热时间为混凝土强度达到设计强度的50%，并应符合下列规定：
 - （1）加热时，混凝土的外露面应加以覆盖。
 - （2）须用交流电，对于钢筋混凝土结构，一般应将电压降至50~110V的范围内。

注：①对于无筋结构和钢筋用量不大于50kg / m³的配筋结构，可采用电压为120~220V的电流加热；
②当电压为380V时，必须将一个电极接通零线，使混凝土内的工作电压不超过220V，当电压超过380V时，不得直接用于电热法。

- (3) 升降温速度同蒸汽加热法。
- (4) 混凝土的最高温度不得超过表14.2.4-2的规定。

表14.2.4-2 电热法养护混凝土的温度（℃）

水泥强度等级	结构表面系数（m ⁻¹ ）		
	<10	10~15	>15
42.5	40		35

(5) 在加热过程中，应观察混凝土表面的湿度，出现干燥现象时应停电，并用温水润湿表面。

(6) 掺用减水剂时，应预先用试件检查电热对混凝土强度的影响，证明无损失时，方可掺用。

2) 混凝土电热器加热法养生，是利用工厂生产的电热器片通电加热养生。混凝土的覆盖要求同蒸汽养生，电热片的用量及布置应根据环境温度、覆盖情况及养生时间长短通过试验确定。混凝土使用电热器加热养护应注意如下事项：

- (1) 在养生混凝土上设置洒水装置。
- (2) 升、降温速度及养护要求同蒸汽养护。
- (3) 应设置控制温度的自动装置，及用电安全保险装置，若控温装置为手工操作，应设专人值班测温，随时调节养护温度。

5用暖棚法加热养护混凝土时，应符合下列规定：

- 1) 暖棚应坚固、不透风，靠内墙宜采用非易燃性材料。
- 2) 在暖棚中用明火加热时，须特别加强防火、防煤气中毒措施；
- 3) 暖棚内气温不得低于5℃。
- 4) 暖棚内宜保持一定的湿度，湿度不足时，应向混凝土面及模板上洒水。

6模板的拆除应符合下列规定：

- 1) 根据与结构同条件养护试件的试验，证明混凝土已达到要求的抗冻强度及拆模强度后，模板方可拆除。
- 2) 加热养护结构的模板和保温层，在混凝土冷却至5℃以后方可拆除。当混凝土与外界气温相差大于20℃时，拆除模板后的混凝土表面应加以覆盖，使其缓慢冷却。

7掺用防冻剂的混凝土养护应符合下列规定：

- 1) 在负温条件下严禁浇水，外露表面必须覆盖养护。
- 2) 养护温度不得低于防冻剂规定的温度，当达不到规定温度，且混凝土强度小于3.5MPa时应采取加热保温措施。
- 3) 当拆模后混凝土的表面温度与环境温度差大于15℃时，混凝土表面应覆盖保温养护。

14.2.5灌注桩冬期施工

灌注桩混凝土的冬期施工，主要是保证混凝土在灌注时不冻结，能顺利灌注，一般情况不需要养护，只有在桩头露出水面及地面或虽未露出水面、地面，但在冰冻范围之内时，才进行桩头混凝土的覆盖保温养护，覆盖的厚度应当考虑到钢筋导热的影响。灌注桩混凝土冬期施工的要求如下：

- 1灌注桩混凝土的配制和搅拌同14.2.2条第3款，灌注时对拌和物的温度要求不低于5℃。
- 2混凝土的运输要求同14.2.3条第1款。

3混凝土不准掺防冻剂、抗冻剂。

4混凝土灌注的其他要求参见本规范第6章的规定。

14.3 砌体冬期施工

14.3.1材料

1砌块应干净，无冰霜附着；砂中不得含有冰块或冻结团块。遇水浸泡后受冻的砌块不能使用。

2冬期施工的砌筑砂浆必须保持正温，砂浆与石材表面的温度差不宜超过20℃。石灰膏不宜受冻，如有冻结，应经融化并重新拌和后方可使用，但因受冻而脱水者不得使用。

3冬期砌筑砌体，只准使用水泥砂浆或水泥石灰砂浆，不准使用无水泥配制的砂浆，砂浆宜采用普通硅酸盐水泥拌制。砂浆应随拌随用，搅拌时间应比常温时增加0.5~1倍，砌石砂浆的稠度要求40~60mm。

4小石子混凝土的配制和使用，应符合本章第14.2节的有关规定。

14.3.2保温法砌筑

1砌体在暖棚中砌筑时，应符合下列规定：

- 1) 砌块的温度应在5℃以上。
- 2) 砂子和水加温后拌制的砂浆，其温度不得低于15℃，加温计算方法同混凝土。
- 3) 室内地面处的温度不得低于5℃。
- 4) 砂浆的保温时间应以达到其抗冻强度的时间为准。
- 5) 养护时应洒水，保持砌体湿润。

2冬期施工前后气温突然降低时，正在施工的砌体工程应采取下列措施：

- 1) 拌和砂浆的材料加热，水温不得超过80℃，砂子不得超过40℃，使砂浆温度不低于20℃。
- 2) 拌制砂浆的速度与砌筑进度密切配合，随拌随用。
- 3) 砌完部分用保温材料覆盖，气温低于5℃时，不能洒水养护。

3为加速砂浆硬化，缩短保温时间，可在水泥砂浆中掺加氯化钙等早强剂，其掺量通过试验确定。气温低于5℃时，不能洒水养护。

14.3.3抗冻砂浆砌筑

氯化钠或氯化钙掺量超过早强剂量的水泥砂浆或水泥混合砂浆，称为抗冻砂浆。

1抗冻砂浆在严寒地区宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其他地区可采用矿渣水泥、火山灰水泥或粉煤灰水泥。抗冻砂浆应尽量用细度模数较大的砂。

2抗冻砂浆使用时的温度不得低于5℃。当一天中最低气温低于-15℃时，承重砌体的砂浆强度宜按常温时提高一级。

3用抗冻砂浆砌筑的砌体，应在砌筑后加以覆盖，但不得浇水。

4抗冻砂浆的抗冻剂掺量可通过试验确定。

5桥梁支座垫石不宜采用抗冻砂浆。

14.4 质量检查

14.4.1冬期施工时，混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土工程的质量除按本规范第11章、第12章有关规定进行检查外，尚应检查混凝土在浇筑及养护期间的环境温度。冬期施工还应进行下列检查：

1混凝土用水和骨料的加热温度。

2混凝土的加热养护方法和时间等。检查结果应分别记入混凝土工程施工记录和温度检查记录。

3骨料和拌和水装入搅拌机时的温度、混凝土自搅拌机倾出时的温度及浇筑时的温度，每一工作班应至少检查3次。

4混凝土在养护期间温度的检查，不应少于下列次数：

- 1) 用蓄热法养护时，每昼夜定时4次。
- 2) 用蒸汽加热法及电加热法养护时，升温及降温期间每小时1次，恒温期间每两小时1次。
- 3) 室内外环境温度，每昼夜定时定点4次。

5检查混凝土温度时，应符合下列规定：

- 1) 测温孔应绘制布置图并编号。
- 2) 温度计应与外界气温隔绝，并应在测温孔内留置不少于3min。
- 3) 测温孔的位置，当采用蓄热法养护时，应设置在易冷却部位；当采用加热法养护时，应在离热源不同位置分别设置。厚大结构应在表层及内部分别设置。

6混凝土冬期施工时，除留标准养护试件外，并应制取相同数量与结构同条件养护的试件。对于用蒸汽加热法养护的混凝土结构，除制取标准养护试件外，应同时制取与混凝土结构同条件蒸养后再在标准条件下养护到28d的试件，以检查经过蒸养后混凝土28d的强度。冬期施工混凝土质量的评定方法与常温施工混凝土相同。

14.4.2 砌体

1砌体冬期施工时，应注意进行下列检查并记入施工记录：

- 1) 室外气温、暖棚气温及砂浆温度，每昼夜定时检查不少于3次。
- 2) 抗冻剂的掺量，每一工作班检查不少于1次。

2砌体冬期施工时，砂浆强度应以在标准条件下养护28d的试件试验结果为准。试件制取组数不应少于常温下施工的试件组数。每一单元砌体（如墩台、拱圈、涵洞）应同时制取与砌体同条件养护的试件，以检查砂浆强度实际增长情况。砂浆强度的评定方法与常温施工的砂浆相同。

15 钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥

15.1 一般规定

15.1.1 本章适用于连续梁桥、刚构—连续梁桥、简支梁桥及墩台基础的预制、浇筑及安装。

15.1.2 模板的设计与安拆参照本规范第9章的有关规定执行。

15.1.3 用以施工的所有临时性承重结构均应进行设计计算，确保施工过程有足够的强度、刚度和稳定性，且变形值应在允许范围内。

15.1.4 材料要求

1 木材应符合本规范第9章的规定。

2 钢材（预应力筋、普通钢筋、钢板）的力学要求及加工应符合第10章、第12章的规定。

3 混凝土材料（水泥、砂子、碎（卵）石、混合材料、外加剂）应符合第11章、第12章的规定。

15.1.5 混凝土配合比设计、拌和、运输、浇筑、养生除满足本章的规定外还应符合第11章、第12章的规定。

15.1.6 大桥、特大桥或重要结构在施工阶段，对结构物的应力、变形值应有针对性的施工监测控制，以保证结构物的强度和稳定。

15.1.7 临时承重结构的地基及基础的设计及施工计划应及时书面报监理工程师审查，签认批准后方可施工。

15.2 在支架上浇筑梁式桥

15.2.1 在移动模架上浇筑预应力混凝土连续梁

1 支架长度必须满足施工要求。

2 支架应利用专用设备组拼，在施工时能确保质量和安全。

3 浇筑分段工作缝，必须设在弯矩零点附近。

4 箱梁外、内模板在滑动就位时，模板平面尺寸、高程、预拱度的误差必须在容许范围内。

5 混凝土内预应力筋管道、钢筋、预埋件设置应符合本规范第10章、第11章、第12章的规定。

15.2.2 在支架上浇筑梁式桥

在支架上现浇混凝土梁的技术要求和注意事项：

1 支架应稳定，强度、刚度的要求应符合本规范第9.2.3条及9.2.4条的规定。

2 支架的弹性、非弹性变形及基础的允许下沉量应满足施工后梁体设计标高的要求。

3 整体浇筑时应采取措施，防止梁体不均匀下沉产生裂缝，若地基下沉可能造成梁体混凝土产生裂缝时，应分段浇筑。

15.3 悬臂浇筑

15.3.1 挂篮、模板、钢筋及预应力筋

1 挂篮的设计要求：挂篮质量与梁段混凝土的质量比值宜控制在0.3~0.5之间，特殊情况下也不应超过0.7。

主要设计参数：

挂篮总重控制在设计限重之内；

允许最大变形（包括吊带变形的总和）：20mm；

施工时、行走时的抗倾覆安全系数：2；

自锚固系统的安全系数：2；

斜拉水平限位系统安全系数：2；

上水平限位安全系数：2。

2挂篮加工试拼及加载试验：挂篮所使用的材料必须是可靠的，有疑问时应进行材料力学性质试验。挂篮试拼后，必须进行荷载试验。

3挂篮支承平台除要有足够的强度外，还应有足够的平面尺寸，以满足梁段的现场作业需要。

4现浇梁模板的制作与安装必须正确、牢靠，安装误差应符合本规范第9.6.2条的规定。后吊杆和下限位拉杆孔道应严格按计划尺寸准确预留。

5钢筋制作及安装，除应符合本规范第10章的规定外，还应注意以下几点：

1) 在进行腹板和底板钢筋安装时，应将底板钢筋与腹板钢筋连接牢固，最好采用焊接。

2) 底板上、下两层钢筋网应形成一个整体。

3) 顶板底层横向钢筋最好采用通长筋。

4) 钢筋与管道相碰时，只能移动不得切断钢筋。

5) 若挂篮下限位器、下锚带、斜拉杆等部位影响下一步操作必须切断钢筋时，应待该工序完工后，将割断的钢筋联好再补孔。

6梁段的预应力筋、管道、钢筋、预埋件的加工及安装应符合本规范第10章、第12章的规定。

15.3.2混凝土悬臂浇筑

1桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段的施工，按15.3.6条第2款的规定执行。

2在梁段混凝土浇筑前，应对挂篮（托架或膺架）、模板、预应力筋管道、钢筋、预埋件、混凝土材料、配合比、机械设备、混凝土接缝处理情况进行全面检查，经签认后方准浇筑。

3连续梁悬臂浇筑施工时，要有保证梁体施工稳定的措施。

4桥墩两侧梁段悬臂施工进度应对称、平衡，实际不平衡偏差不得超过设计要求值。

5悬臂浇筑段前端底板和桥面的标高，应根据挂篮前端的垂直变形及预拱度设置，施工过程中要对实际高程进行监测，如与设计值有较大出入时，应会同有关部门查明原因进行调整。

6箱形截面混凝土浇筑顺序应按设计要求办理，当采用两次浇筑时，各梁段的施工应错开。箱体分层浇筑时，底板可一次浇筑完成，腹板可分层浇筑，分层间隔时间宜控制在混凝土初凝前且使层与层覆盖住。

7梁段混凝土达到要求的强度后，方可按第12章的有关规定进行预应力筋的张拉、压浆。

8梁段混凝土的拆模时间，应根据混凝土强度及施工安排确定。混凝土应尽量采用早强措施，使混凝土的强度及早达到预施应力的强度要求，缩短施工周期，加快施工进度。

9混凝土养护应覆盖洒水，如冬期施工应按第14章冬期施工的规定执行。

15.3.3穿束、张拉和压浆

1穿束 束的前端必须认真处理。

2预应力张拉

1) 挂篮移动前，顶、腹板纵向束的张拉应按设计要求的张拉顺序张拉，如设计无要求时，应注意上下、左右对称张拉。张拉时注意梁体和锚具的变化。

2) 张拉按本规范第12章的规定及设计要求执行。

3) 横向预应力在采用扁锚张拉时宜测定锚口、管道摩阻损失值。

3压浆按本规范第12章的规定执行。

15.3.4连续梁的合龙、体系转换和支座反力调整

1测量箱梁顶面标高及轴线，连续测试温度影响偏移值，观测合龙段在温度影响下梁体长度的变化。

2合龙顺序：按设计要求办理，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次

合龙时，必须同时均衡对称地合龙。合龙时，一切临时荷载均要与设计单位商量决定。

3连续梁合龙段长度及体系转换应按设计规定，将两悬臂端的合龙口予以临时联结，联结注意事项如下：

- 1) 复查、调整两悬臂端合龙施工荷载，使其对称相等，如不相等时，应用压重调整。
- 2) 检查梁内预应力钢束是否张拉完成。
- 3) 复测、调整中跨、边跨悬臂的挠度及两端的高差。
- 4) 观测了解合龙前的温度变化与梁端高程及合龙段长度变化的关系。
- 5) 合龙前应在两端悬臂预加压重，并于浇筑混凝土过程中逐步撤除，使悬臂挠度保持稳定。

合龙宜在一天中最低气温时完成。合龙段的混凝土强度等级可提高一级，以尽早张拉。合龙段混凝土浇筑完成后，应加强养护，悬臂端应覆盖，防止日晒。

4体系转换及支座反力调整，按设计程序要求施工。

15.3.5 支座安装

其注意事项参照本规范第20章20.2节的规定执行。

15.3.6 T形刚构及悬臂梁挂孔梁架设安装的其他技术要求

1T形刚构或悬臂梁挂孔的预制挂梁通过悬臂梁架设时，应验算悬臂梁段的强度及稳定性，并应对悬臂端预埋件及支座位置进行校核。

2墩顶梁段及附近箱梁段施工：墩顶梁段及附近梁段可采用托架或膺架为支架就地浇筑混凝土。托架或膺架要经过设计，计算弹性及非弹性变形。模板、预应力管道、钢筋、预埋件安装、混凝土浇筑应符合设计要求及本规范第9章、第10章、第11章、第12章的规定。

3边跨现浇段：现浇段的浇筑顺序是靠近边墩（台）的先浇，逐段向合龙段靠拢，逐渐调整现浇梁段的标高，使合龙高差在允许误差内。浇筑混凝土前确保支架与梁底之间能相对滑动，使边跨合龙时现浇段能随原浇筑T构自由伸缩，避免混凝土拉应力过大。

4合龙及体系转换：合龙顺序按本节第15.3.4条要求施工。合龙后拆除临时支座，并将支座限位，按本章第15.4.3条体系转换要求进行体系转换。

5T形刚构的转体施工，参见本规范第16章的有关规定。

15.4 悬臂拼装

15.4.1 梁段预制、吊运的规定

1梁段预制应在台座上连续啮合预制。钢筋、混凝土和预应力管道安装应符合本规范第10章、第11章、第12章的规定。

2梁段的存放场地应平整，承载力应满足要求。支垫位置与吊点一致。

3预制梁块的测量

1) 箱梁基准块出坑前必须对所有梁块进行测量，详细记录，并根据其在桥上的设计位置进行校正。

2) 箱梁标高控制点和挠度观测点，在箱梁顶面埋置4~6个。

3) 在预制梁段上标出梁号、中轴线、横轴线。

4) 节段吊运工作参照本章第15.6.3条的规定。

15.4.2 梁段拼装、接缝处理的技术要求

1 梁段拼装

1) 浇筑墩顶梁块及附近梁块，具体要求参照15.3.6条执行。

2) 采用悬臂拼装法修建预应力连续梁或预应力悬臂梁桥时，应先将梁、墩临时锚固或在墩顶两侧设立临时支承，待全部块件安装完毕后，再撤除临时锚固或支承。

3) 采用悬臂吊机、缆索、浮吊悬拼安装时，应按施工荷载进行强度、刚度、稳定验算，使

安全系数符合15.3.1条的规定。施工注意事项如下：

(1) 块件起吊安装前，应对起吊设备进行全面的安全技术检查，并按设计荷载的60%、100%和130%分别进行起吊试验。

(2) 吊机重应符合设计要求，应注意吊机的定位和锚固，经检查符合要求后再进行起吊拼装。

(3) 桥墩两侧块件宜对称起吊，以保证桥墩两侧平衡受力。

(4) 墩侧相邻的1号块件提升到设计标高初步定位后，应立即测量、调整1号块件的纵轴线，使之与梁顶块件纵轴线的延伸线重合，使其横轴线与梁顶块件的横轴线平行且间距符合设计要求。应检查梁顶块件与1号块件间孔道的接头情况，调整并制作接缝间孔道接头后，方可将1号块件牢靠固定，其他各个块件连接时，均应按本条规定测量调整其位置。

(5) 应在施工前绘制主梁安装挠度变化曲线，悬臂拼装过程中应随时观测桥轴线安装挠度曲线的变化情况，并与设计值进行对比，遇有较大偏差时应及时处理，以便控制块件的安装高程。

2 接缝处理

1) 各块件间的接缝施工应按设计规定办理。

2) 采用胶接缝拼装的块件，涂胶前应就位试拼。粘胶剂一般采用环氧树脂，使用前应经过试验，符合设计要求方可使用。

接缝施工注意事项：

(1) 混凝土表面应尽量平整，疏松表面层及附着的水泥应清除干净，涂胶前表面应干燥或烘干。

(2) 胶粘剂使用过程中应继续搅拌以保证均匀，胶缝加压被挤出的胶粘料应及时刮干净。

(3) 涂胶人员应有防护设施。

(4) 安装调整位置、标高应在3h内完成。

(5) 胶接缝采用预施应力（挤压）0.2MPa，挤压应在3h以内完成。当施工时间超过明露时间的70%时，在固化之前应清除被挤出的胶结料。

15.4.3 张拉封锚和体系转换

1 块件拼装完毕（检查合格）后张拉预应力束时，除应按照第12章有关规定办理外尚应注意下列事项：

1) 胶接块件拼装完毕，经检查合格后，即可张拉预应力束进行块件挤压，挤压力应符合本章15.4.2条的规定。

2) 湿接缝块件应待混凝土强度达到设计强度等级的70%以上时，才能张拉预应力束。

3) 同一截面中各预应力束的张拉顺序及张拉力应按照设计规定分批张拉并做好记录。

4) 块件拼装和预应力钢材张拉时，应注意温度和气象变化，当气温在0℃以下、风力在5级以上时，不宜进行张拉。桥面明槽内已张拉的预应力束应加以保护，禁止在上面堆放物件和抛掷物撞击。

2 每对块件拼装完毕并张拉后，应立即压浆封锚。当块件的预应力束按设计要求张拉完毕后，方准许放松吊钩。

3 有吊梁的T形刚构桥明槽混凝土，应在吊梁安装完毕后立即浇筑，浇筑程序应由悬臂端开始同时向根部推进。

4 体系转换按设计顺序进行。

在转换体系前，应按照设计要求张拉一部分块件底部的预应力束，并在悬臂梁端设置向下的预拱度，防止梁上部已张拉的明槽预应力钢材上漂，以保证转换体系前后拼装、张拉各阶段的安全。

15.5 顶推安装

15.5.1 预制场地

1 选择梁段预制场地时，除应按照本章第6节有关规定执行外，还应注意下列事项：

1) 预制场地应设在桥台后面桥轴线的引道或引桥上，当为多联顶推时，为加速施工进度，可在桥两端均设场地，从两端相对顶推。

2) 预制场地长度应考虑梁段悬出时反压段的长度、梁段底板与腹（顶）板预制长度、导梁拼装长度和机具设备材料进入预制作业线的长度；预制场地的宽度应考虑梁段两侧施工作业的需要。

3) 预制场地上空宜搭设固定或活动的作业棚，其长度宜大于2倍预制梁段长度，使梁段作业不受天气影响，并便于混凝土养护。

4) 在桥端路基上或引桥上设置预制台座时，其地基或引桥的强度、刚度和稳定性应符合设计要求，并应做好台座地基的防水、排水设施，以防沉陷。在荷载作用下，台座顶面变形不应大于2mm。

2台座的轴线应与桥梁轴线的延长线重合，台座的纵坡应与桥梁的纵坡一致。台座施工的允许偏差如下：

轴线偏差：5mm；

相邻两支承点上台座中滑移装置的纵向顶面标高差：2mm；

同一个支承点上滑移装置的横向顶面标高差：1mm；

台座（包括滑移装置）和梁段底模板顶面标高差：2mm。

15.5.2 梁段预制及养护

1 模板宜采用钢模板，底模与底架联成一体并可升降，侧模宜采用旋转式的整体模板，内模板采用在可移动的台车上加上安装的升降旋转整体模板。模板应保证刚度，制作精度应符合本规范第9章的规定。

2 钢筋工作除应符合本规范第10章的规定外，还应做好接缝处纵向钢筋的搭接。预应力管道安装应符合第12章的要求。

3 梁段混凝土浇筑

梁段模板、钢筋、预应力管道、滑道、预埋件等应经检查签认后方可浇筑混凝土。混凝土的材料要求、配合比设计、搅拌、运输、浇筑等的具体要求，可参照本规范第11章的规定执行。在必要时可使用早强水泥或掺入早强减水剂，以提高早期强度，缩短顶推周期。梁段工作缝的接触面应凿毛，并洗刷干净，或采用其他可加强混凝土接触的措施。若工作缝为多联连续梁的解联断面，干接缝依靠张拉临时预应力束来实现，断面尺寸应准确，表面平整，解联时分开方便。

混凝土可采用全断面整段浇筑或采用两次浇筑，分两次浇筑时，第一次浇筑箱梁底板及腹板根部，第二次浇筑其他部分。支座位置处的隔板，在整个梁顶推到位并完成解联后，进行浇筑，振捣时应避免振动器碰撞预应力筋管道、预埋件等。

第一梁段前端设置导梁端的混凝土浇筑，应注意振捣密实，导梁的中心线与水平位置应准确平整。

15.5.3 梁段施加预应力

1 梁段预应力束的布置、张拉次序、临时束的拆除次序等，应严格按照设计规定执行。其施工的技术要求应按照本规范第12章有关规定办理。

2 在桥梁顶推就位后需要拆除的临时预应力束，张拉后不应灌浆，锚具外露多余预应力钢材不必切除。

3 梁段间需连接的永久预应力束，应在两梁段间留出适当空间，用预应力束连接器连接，张

拉后用混凝土填塞。

15.5.4 导梁和临时墩

1 梁段前端设置导梁时，导梁全部节间拼装应平整，预埋在梁段前端的预埋件联结强度、刚度必须满足梁顶推时的安全要求。

2 采用钢桁架导梁时，应注意导梁与梁段刚度的协调，不得采用刚度过小的导梁，并应减小每个节点的非弹性变形，使梁端挠度不大于设计要求。

导梁拼装允许误差：

导梁中线：5mm；

导梁纵、横向底面高程：±5mm。

3 桥跨中间设置有临时墩时，其施工技术要求应按照设计规定和本规范有关章节的规定执行。各联主梁顶推作业完成并落位到正式支座上以后，应将临时墩拆除。

15.5.5 梁段顶推

1 顶推施工前，应根据主梁长度、设计顶推跨度、桥墩能承受的水平推力、顶推设备和滑动装置等条件，选择适宜的顶推方式。

2 梁段中各种预应力钢材按顶推设计张拉完成后，在顶推前应对顶推设备如千斤顶、高压油泵、控制装置及梁段中线、各滑道顶的标高等检验合格，并做好顶推的各项准备工作后，方可开始顶推。

3 采用单点或多点水平——竖直千斤顶方式顶推时，应符合下列规定：

1) 水平千斤顶的实际总顶推力不应小于计算顶推力的2倍。

2) 墩、台顶上水平千斤顶的台背必须坚固，应（经过计算）能抵抗顶推时的总反力；在顶推过程中各桥墩的纵向位移值不超过设计规定。

3) 主梁在各墩（包括临时墩）支承处，均应按本章第15.5.6条的要求设立滑动装置。

4) 单点或多点的水平千斤顶顶推时，左右两条顶推线应横向同步运行；多点顶推时，各墩台的水平千斤顶均应沿纵向同步运行，保证主梁纵向轴线在设计容许偏差范围内。

5) 主梁被顶推前进时，如梁的中线偏离较大，应按本章15.5.6条要求的导向装置纠偏。

6) 水平千斤顶顶推了一个行程，用竖向千斤顶将梁顶高，以便拉回滑块时，其最大顶升高度不得超过设计规定。如设计无规定时，不得超过5~10mm。

7) 采用单点水平——竖直千斤顶顶推方式顶推，在开始时，如因导梁轻，设置顶推装置处的反力不大，滑块与梁底打滑，不能使梁被顶推前进时，应采取措施（如用卷扬机拉拽）使梁前进一定距离，顶推装置的墩、台反力具有一定数值后，再用水平——竖直千斤顶的顶推装置，或将顶推装置移到主梁与导梁连接段中间反力最大的临时墩上，并加强该墩抗水平推力的能力。

4 采用单点或多点拉杆方式顶推时，除应按照本条第3款办理外，还应遵照下列规定：

1) 设拉杆千斤顶的墩顶应设置反力台，反力台应牢固，满足顶推时反力的要求。

2) 主梁底部或侧面应按一定距离设置拉锚器，拉锚器的锚固、放松应方便、快速。

3) 拉杆的截面积和根数应满足顶推力的要求。

5 顶推过程中还应注意下列事项：

1) 顶推时，如导梁杆件有变形、螺丝松动、导梁与主梁联结处有变形或混凝土开裂等情况时，应停止顶推，进行处理。

2) 梁段中未压浆的各预应力钢材的锚具如有松动，应停止顶推，并将松动的锚具重新张拉、锚固。

3) 采用拉杆方式顶推时，如拉杆有变形、锚碇联结螺丝有松动等情况，应及时处理。

4) 顶推时至少应在两个墩上设置保险千斤顶，如遇到滑移故障用千斤顶处理时，起顶的反力值不得大于计算反力的1.1倍，起顶高度不得大于5~10mm。

15.5.6 顶推装置

1 滑动装置

1) 水平一竖向千斤顶顶推方式的滑动装置，一般由摩擦垫、滑块（支承块）、滑板和滑道组成。

摩擦垫用氯丁橡胶与钢板夹层制成后，粘附在滑块顶面，其尺寸大小应根据墩顶反力和橡胶板容许承载力计算决定。

滑块可用铸钢或高强度混凝土块制成，其高度不宜小于正式支座的高度，其尺寸不宜小于摩擦垫和滑板的尺寸；滑板有多种构造，一般宜用硬木板、钢板夹橡胶板等粘聚四氟乙烯板（四氟板）组成。四氟板面积由最大反力计算决定，对无侧限的容许应力可按5MPa计算，对有侧限的可按15MPa计算。

滑道一般可用不锈钢或镀铬钢带包卷在铸钢底层上，铸钢底层应用螺栓固定在支座垫石上。滑道顺桥向长度应大于水平千斤顶行程加滑块顺桥向长度；其宽度应为滑板宽度的1.2~1.5倍。相邻墩（包括主墩与临时墩）滑道顶面标高的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ；同墩两滑道标高的允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

2) 拉杆顶推方式的滑动装置由滑板与滑道组成。其构造、技术要求及滑道的宽度应按照本章的规定办理，但滑道长度应大于3块滑板的长度。

3) 滑动装置的摩擦系数宜由滑板和滑道的材料进行试验确定。一般在选用水平千斤顶顶力时，对四氟滑板与不锈钢或镀铬钢滑道面，启动摩擦系数（静摩擦系数）可按0.07~0.08，动摩擦系数可按0.04~0.05考虑。

4) 当主梁底部与滑板接触时，随着梁段的顶推前进，滑道上的滑板从前面滑出后，应立即自后面插入补充，补充的滑块应涂以润滑剂，并端正插入。在任何情况下，每条顶推线各墩顶滑道上的滑板不得少于2块。滑板的磨损较大，应按顶推梁的长短和滑板损耗率准备足够的滑板，滑板磨损过多时应及时更换。

2 导向装置

梁段顶推时，为纠正梁体偏移，应按具体情况采取下列导向装置：

1) 楔形导向滑板：其构造与滑板基本相同，但导向板系楔形，横向设在梁段两侧的反力架间，梁段通过时，利用楔形板的横向分力来纠偏。

2) 千斤顶：适用于梁体偏移较大时，横向装置于桥墩两侧的钢支架上，当需要纠偏时开动一侧的千斤顶使梁横移。

3) 导向装置应具有足够的承载力，防止纠偏时损坏。

3 多联连接顶推

多孔多联预应力连续梁桥顶推时，可根据顶推方式采取分联顶推或将各联间伸缩缝临时连接，顶推完后将临时连接设施拆除。临时连接方法应按设计规定办理。

15.5.7 平面曲线与竖曲线顶推

1) 用顶推法安装的平曲线桥只适用于同半径的圆曲线桥，而且其曲线半径不能太小，即每孔曲线桥的平面重心应落在相邻两座桥墩上箱梁底板的内外两侧弦连接线以内。当桥梁大部分为直线，而桥梁前端为曲线时，可采取特殊措施用千斤顶安装。

顶推安装平曲线桥应注意如下事项：

1) 宜采用多点拉杆方式顶推，亦可采用水平一竖直千斤顶方式顶推。

2) 预制台座的平面及梁身均应按设计制成圆弧形。

3) 导梁宜制成直线，但与主梁连接处应偏转一角度，使两片导梁前端的中心落在曲线梁圆弧的中线上。

4) 平曲线的顶推应采取纵向与横向顶推结合的工艺，即在纵向水平千斤顶向前顶推的同时，

还启动各墩曲线外侧的横向千斤顶，使梁体沿圆弧曲线前进。

2用顶推法安装的竖曲线桥只适用于同曲率的竖曲线桥。桥上设的竖曲线多为凸曲线，顶推时宜对向顶推，在竖曲线顶点处合龙。当桥梁不长、跨数不多时，亦可自一端顶推全桥。

顶推工艺基本上与顶推平桥相同。顶推竖曲线桥应注意如下事项：

- 1) 各桥墩墩顶标高应与设计竖曲线符合。
- 2) 预制台座的底模板标高应符合设计竖曲线的曲率。
- 3) 所需水平顶推力的大小，应考虑纵坡正负的影响。

15.5.8 落梁

1全梁顶推到设计位置、将梁落到正式支座上时，应按照下列规定办理：

1) 按照设计文件规定的张拉顺序，对补充的预应力钢材进行张拉、锚固、压浆。将供顶推用的临时预应力钢材按设计规定顺序拆除。

2) 落梁前应拆除墩、台上的滑动装置。拆除时，各支点宜均匀顶起，其顶力应按设计支点反力大小进行控制。相邻墩各顶点的高差不得大于5mm；同墩两侧梁底顶起高差不得大于1mm。落梁反力允许偏差为±10%设计反力。

3) 落梁时，应根据设计规定的顺序和每次下落量进行，同一墩、台的千斤顶应同步运行。

2支座的安装应符合本规范15.3.5条规定的要求。

15.6 装配式桥施工

15.6.1 一般规定

1本节适用于装配式混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土梁板桥（以下简称装配式桥）构件的预制、移运、堆放和安装施工。

2装配式桥构件在脱底模、移运、堆放、吊装时，混凝土的强度不应低于设计所要求的吊装强度，一般不得低于设计强度的75%。对孔道已压浆的预应力混凝土构件，其孔道水泥浆的强度不应低于设计要求，如设计无规定时，一般不低于30MPa。

3安装构件时，支承结构（墩台、盖梁）的强度应符合设计要求。支承结构和预埋件（包括预留锚栓孔、锚栓、支座钢板等）的尺寸、标高及平面位置应符合设计要求。

4构件安装前必须检查其外形和构件的预埋件尺寸和位置，其允许偏差不得超过设计规定，如设计无规定时，不得超过本章的有关规定。

5构件安装就位完毕并经过检查校正符合要求后，才允许焊接或浇筑混凝土，以固定构件。

6分层、分段安装的构件继续安装时，必须在先安装的构件固定和受力较大的接头混凝土达到设计要求的强度后，方可进行。如设计无规定时，应达到设计强度的75%后方可进行。

7分段拼装梁的接头混凝土或砂浆，其强度不应低于构件的设计强度。不承受内力的构件的接缝砂浆，其强度不应低于M10。

8需与其他混凝土或砌体结合的预制构件的砌筑面应按施工缝处理。

9构件吊运安装时，必须遵守有关安全技术规程。

10吊运工具、设备的使用技术要求，应参照起重吊装的有关规定执行。25m以上的预应力简支梁应验算裸梁的稳定性。

15.6.2 装配式构件预制规定

1一般要求

1) 预制场地应平整、坚实，应根据地基及气候条件，采取必要的排水措施，防止场地沉陷。

2) 后张法预应力混凝土简支梁的预制台座应坚固、无沉陷，台座各墩间距应适宜，以保证底模挠度不大于2mm。台座表面应光滑平整，在2m长度上平整度的允许偏差为2mm，气温变化大时应设伸缩缝。

3) 预制模板除应符合本规范第9章的有关规定外,底模板应根据桥梁跨度设置预拱度。装配式桥中的预应力混凝土梁、板预制构件在预制施工前,应根据设计单位提供的理论拱度值,结合施工的实际情况,正确预计梁体拱度的变化情况,采取相应措施。当后张法全预应力混凝土梁预计的拱度值较大时,可考虑在预制台座上设置反拱。当梁体的实际拱度已较大,将对桥面混凝土的施工造成影响时,应书面报告监理工程师,会同设计单位协商解决。

4) 钢筋、混凝土及预应力筋的施工应符合本规范第10章、第11章、第12章的有关规定。

5) 采用平卧重叠法支立模板、浇筑构件混凝土时,下层构件顶面应设临时隔离层;上层构件须待下层构件混凝土强度达到5.0MPa后方可浇筑。

2各种构件混凝土的浇筑除应符合本规范第11章的规定外,还应遵守如下规定:

1) 梁、板应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑。

2) 腹板底部为扩大断面的T形梁,应先浇筑扩大部分并振实后,再浇筑其上部腹板。

3) U形梁可上下一次浇筑或分两次浇筑。一次浇筑时,应先浇筑底板(同时腹板部位浇筑至底板承托顶面),待底板混凝土稍沉实后再浇筑腹板;分两次浇筑时,先浇筑底板至底板承托顶面,按施工缝处理后,再浇筑腹板混凝土。

4) 小型构件宜在振动台上振动浇筑。混凝土砌块、小型盖板、路缘石等小型构件,可在移动式底模或平整的地面上浇筑。

15.6.3 构件移运及堆放的规定

1 构件的移运

1) 构件移运时混凝土强度应符合15.6.1条第2款的规定。

2) 构件移运时的吊点位置应按设计规定。如设计无规定时,梁、板构件的吊点应根据计算决定。

构件的吊环应顺直。吊绳与起吊构件的交角小于 60° 时,应设置吊架或扁担,尽可能使吊环垂直受力。

3) 梁、板、构件移运和堆放的支承位置应与吊点位置一致,并应支承牢固,避免损伤构件。在顶起各种构件时应随时置好保险垛。

4) 吊移板式构件时,不得吊错上、下面,以免折断。构件运输时,应有特制的固定架以稳定构件。小构件宜顺宽度方向侧立放置,并注意防止倾倒,如平放,两端吊点处必须设置支搁方木。

5) 梁的运输应顺高度方向竖立放置,并有防止倾倒的固定措施。装卸梁时,必须等支撑稳妥后,才许卸除吊钩。

6) 使用平板拖车或超长拖车运输大型构件时,车长应能满足支承间的距离要求,支点处应设活动转盘以免搓伤构件混凝土。运输道路应平整,如有坑洼而高低不平时,应事先修理平整。

2 构件的堆放

成垛堆放装配式构件时,应注意下列事项:

1) 堆放构件的场地应整平夯实。

2) 构件应按吊运及安装次序顺序堆放,宜尽量缩短预应力混凝土梁或板的堆放时间。

3) 构件堆垛时,应放置在垫木上,吊环向上,标志向外。混凝土养护期未满的,应继续洒水养护。

4) 水平分层堆放构件时,其堆垛高度应按构件强度、地面承载力、垫木强度以及堆垛的稳定性而定。承重大构件一般以2层为宜,不应超过3层;小型构件一般不宜多于6-10层,层与层之间应以垫木隔开,各层垫木的位置应在吊点处,上下层垫木必须在一条竖直线上。

5) 雨季和春季融冻期间,必须注意防止因地面软化下沉而造成构件断裂及损坏。

15.6.4 装配式墩台及基础安装

1 砌块式墩台安装技术要求

- 1) 砌块在使用前必须浇水湿润，表面如有泥土、水锈，应清洗干净。
- 2) 基底应加清理，非砾类土地基应加铺薄层砂砾夯平，预制块安装前必须坐浆，基础预制块安装时，应水平放落，如放落不平，位置不对，应吊起重放，不得用撬棍拨移，以免造成基底凹陷。
- 3) 各砌层的砌块应安放稳固，砌块间应砂浆饱满，粘结牢固，不得直接贴靠或脱空。
- 4) 安装高度每升高1m左右时应抹平，并测量纵横向轴线，以控制砂浆缝厚度、标高及平面位置。
- 5) 砌筑上层砌块时，应避免振动下层砌块；砌筑工作中断后恢复砌筑时，已砌筑的砌层表面应加以清扫和湿润。
- 6) 桥墩破冰体镶面的砌筑按本规范第13.3.4条的规定执行。
- 7) 砂浆的技术要求请参照本规范第13.2.3条的规定执行。

2柱式墩台安装技术要求

- 1) 墩、台柱式构件与基础顶面的预留槽洞应编号，并检查各个墩、台高度和基底标高是否符合要求，否则应进行调整。基座槽洞四周与柱边的空隙不得小于20mm。
- 2) 墩、台柱吊入基座洞就位时，柱身竖直度或倾斜度以及平面位置符合设计要求后，再将楔子塞入槽洞打紧。对重大、细长的墩柱，尚需用风缆或撑木固定，方可摘除吊钩。
- 3) 在墩、台柱顶安装盖梁前，应先检查梁口预留槽眼位置是否符合要求，否则应先修凿。
- 4) 柱身与盖梁安装完毕并检查符合要求后，可在基底座槽洞空隙与盖梁槽眼处灌注稀砂浆，待其硬化后，拆除楔子、支撑及风缆，再在楔子孔中灌填砂浆。

3环管式墩台安装技术要求

- 1) 在基础或承台上安装预制混凝土管节、环圈做墩、台时，由混凝土基础或承台中伸出钢筋应插入管节、环圈中间的现浇混凝土内，插入钢筋的数量和锚固长度应按设计规定或通过计算决定。
- 2) 管节或环圈安装时，应严格控制轴线的设计位置，不得出现倾斜或上下错位现象。
- 3) 应用砂浆将管节或环圈处的接缝填塞抹平。
- 4) 管节或环圈内的钢筋绑扎和混凝土浇筑，应按本规范第10章、第11章的规定执行。

4整体式基础安装技术要求

- 1) 安装前应检查支承结构的尺寸、标高、平面位置和承载能力，均应符合设计要求。
- 2) 构件的混凝土强度达到设计要求，设计无要求时应符合本章15.6.1条的规定。
- 3) 基础安装的岩面或混凝土的表面应平整，安装时冲刷干净，坐浆时要将水泥浆抹平，厚薄均匀。
- 4) 安装就位后应采取保证构件稳定的措施，平面位置、高程、垂直度经检查校正符合设计要求后方准焊接或浇筑接头混凝土。
- 5) 吊装大薄壁构件，应采取避免构件变形或损坏的临时加固措施。
- 6) 构件固定后方可摘去吊钩。
- 7) 分层安装时接头或接缝的混凝土强度未达到设计要求时，不得吊装上一层构件。
- 8) 接头或接缝混凝土或砂浆宜采取快凝措施，强度等级宜比构件混凝土强度等级提高一级。
- 9) 已安装完毕的整体基础接头或接缝混凝土强度达到设计要求后，方可承受施工荷载。

15.6.5简支梁、板的安装

1一般要求

- 1) 除应验算构件在起吊过程中所产生的应力是否符合要求外，应按15.6.1条及15.6.4条的有关规定执行。
- 2) 支座的安装应参照本规范第20章20.2节的规定执行。

2安装施工

1) 简支梁和板可根据现场情况、梁和板的重力及所用设备制定安装方案,各受力部分的设备、杆件应经过验算。

2) 斜桥、弯桥安装时,应按照设计要求办理,如设计无规定时,可按本章规定办理。

3梁、板就位

每根大梁就位后,应及时设置保险垛或支撑,将梁固定并用钢板与先安装好的大梁预埋横向联结钢板焊接,防止倾倒,待全孔大梁安装完毕后,再按设计规定使全孔大梁整体化。梁、板就位后按设计要求及时浇筑接缝混凝土。

15.7 施工观测及控制

15.7.1在支架上浇筑梁式桥的观测内容

施工时应应对支架的变形、位移、节点和卸架设备的压缩和支架基础的沉陷等进行观测,如发现超过允许值的变形、变位,应及时采取措施予以调整。

15.7.2悬臂浇筑混凝土过程中对桥梁的中轴线、高程进行测量观测,误差应在允许范围内。

高程: $\pm 10\text{mm}$;

中轴线偏差: 5mm 。

15.7.3悬拼测量及挠度观测。控制每节箱梁施工中的中轴线及标高,监测施工过程中各块箱梁的挠度变化情况,并不断进行调整。

基准梁块四角高差的允许误差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

悬拼允许误差:

湿接缝第一块箱梁中线允许误差: 2mm ;

湿接缝第一块箱梁顶面标高允许误差: $\pm 2\text{mm}$;

悬臂合龙时箱梁中线允许误差: 30mm ;

悬臂合龙时箱梁相对标高允许误差: $\pm 30\text{mm}$ 。

15.7.4应力跟踪测量:对梁体主要断面应力观测值与理论值比较,研究体系转换过程中的应力变化,分析其他因素对箱梁的影响。

15.7.5顶推过程中的施工观测项目如下:

(1) 墩台和临时墩承受竖直荷载和水平推力所产生的竖直、水平位移,需要时,观测其应力变化;

(2) 桥梁顶推过程中,主梁和导梁控制截面的挠度,需要时,观测其应力变化;

(3) 滑动装置的静摩擦系数和动摩擦系数。

观测的结果应随时记录、整理,如超过设计规定限值,应分析原因,采取措施纠正。

15.7.6装配式桥安装施工过程中,应经常对构件混凝土进行裂缝观测,若发现裂缝超过规定或有继续发展的趋势时,应及时分析研究,找出原因,采取有效措施。

15.8 质量检查和质量标准

15.8.1质量检查

各种材料、各工程项目和各个工序应经常进行检验,保证符合设计和施工技术规范的要求。检验项目和次数按本规范11.11.2条第1款的规定执行。

15.8.2 质量标准

1在支架上浇筑梁式桥的质量标准按第15.8.2条第2款的规定执行。

2悬臂浇筑预应力混凝土梁式桥的质量标准见表15.8.2—1。

表15.8.2-1 悬臂浇筑预应力混凝土梁质量标准

项 目		规定值或允许偏差 (mm)
混凝土强度 (MPa)		符合设计要求
轴线偏位	$L \leq 100\text{m}$	10
	$L > 100\text{m}$	$L / 10000$
顶面高程	$L \leq 100\text{m}$	± 20
	$L > 100\text{m}$	$L / 5000$
	相邻节段高差	10
断面尺寸	高度	+5, -10
	顶宽	± 30
	顶底腹板厚	+10, -0
同跨对称点高程差	$L \leq 100\text{m}$	20
	$L > 100\text{m}$	$L / 5000$

3 预应力悬臂拼装梁桥安装完成时的质量标准见表15.8.2-2。

表15.8.2-2 预应力悬臂拼装梁桥安装完成时的质量标准

项 目		规定值或允许偏差 (mm)
混凝土强度 (MPa)		符合设计要求
轴线偏位	$L \leq 100\text{m}$	10
	$L > 100\text{m}$	$L / 10000$
顶面高程	$L \leq 100\text{m}$	± 20
	$L > 100\text{m}$	$\pm L / 5000$
	相邻节段高差	10
同跨对称点高程差	$L \leq 100\text{m}$	20
	$L > 100\text{m}$	$L / 5000$

4 预应力混凝土桥顶推安装完成后的允许偏差可按照本条第2款的规定执行。

5 预制梁、板的允许偏差见表15.8.2-3。

表15.8.2-3 预制梁、板的允许偏差

检 查 项 目		规定值或允许偏差 (mm)
梁 (板) 长度		+5, -10
宽度	干接缝 (梁翼缘、板)	± 10
	湿接缝 (梁翼缘、板)	± 20
	箱梁顶宽	± 30
	腹板或梁肋	$\pm 10, 0$
高度	梁、板	± 5
	箱梁	+0, -5
跨径 (支座中心至支座中心)		± 20
支座平面平整度		2
平整度		5
横系梁及预埋件位置		5

6墩、台安装允许偏差见表15.8.2-4。

表15.8.2-4 墩、台安装允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)	检查项目	允许偏差 (mm)
轴线平面位置	10	倾斜度	0.3%墩、台高, 且不大于20
顶面高程	±10	相邻墩、台柱间距	±5

7简支梁、板就位后与支座须密合, 否则应重新安装, 安装的允许偏差见表15.8.2-5。

表15.8.2-5 简支梁、板安装允许偏差

检查项目		允许偏差	检查项目	允许偏差
支座中心偏位 (mm)	梁	5	竖直度	1.2%
	板	10	梁、板顶面纵向 高程 (mm)	+8, -5

8基础施工允许偏差见表15.8.2-6。

表15.8.2-6 基础施工允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)	检查项目		允许偏差 (mm)
轴线偏位	25	基底高程	土质	+50
断面尺寸	±50		石质	+50, -200
顶面高程	±30			

16 拱 桥

16.1 一般规定

16.1.1 本章适用于就地浇筑钢筋混凝土拱圈、装配式拱桥安装施工、转体施工拱桥及钢管混凝土拱桥施工。其他类型桥梁采用无支架缆索吊装、转体施工可参照本章的有关规定执行。圬工拱桥应按照本规范第13章的规定执行。钢管混凝土拱桥、劲性骨架拱桥及钢拱桥的钢构件制造应按照本规范第17章的有关规定执行。

16.1.2 拱桥施工前应编报施工组织设计，并按批准的施工组织设计和施工方案施工，对施工全过程进行监测和控制。

16.1.3 混凝土就地浇筑施工的一般技术要求应按照本规范第11章的规定办理，拱桥构件的预制、移运应按照本规范第15章的规定执行。

16.1.4 装配式拱桥构件在脱模、移运、堆放、吊装时，混凝土的强度不应低于设计所要求的强度，一般不得低于设计强度的75%。

16.1.5 大跨度拱桥施工过程中，特别是无支架缆索吊装合龙前后，应掌握桥址处历史气象资料和近期的天气预报资料，避开可能突发的灾害性天气，并采取必要的预防措施确保结构安全。

16.2 就地浇筑混凝土拱圈

16.2.1 在拱架上浇筑混凝土拱圈

1 跨径小于16m的拱圈或拱肋混凝土，应按拱圈全宽度从两端拱脚向拱顶对称地连续浇筑，并在拱脚混凝土初凝前全部完成。如预计不能在限定时间内完成，则应在拱脚预留一个隔缝并最后浇筑隔缝混凝土。

2 跨径大于或等于16m的拱圈或拱肋，应沿拱跨方向分段浇筑。分段位置应以能使拱架受力对称、均匀和变形小为原则，拱式拱架宜设置在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处；满布式拱架宜设置在拱顶、 $L/4$ 部位、拱脚及拱架节点等处。各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽，其宽度一般为0.5~1.0m，但安排有钢筋接头时，其宽度尚应满足钢筋接头的需要。如预计拱架变形较小，可减少或不设间隔槽，而采取分段间隔浇筑。

3 分段浇筑程序应符合设计要求，应对称于拱顶进行，使拱架变形保持均匀和尽可能的最小，并应预先做出设计。分段浇筑时，各分段内的混凝土应一次连续浇筑完毕，因故中断时，应浇筑成垂直于拱轴线的施工缝；如已浇筑成斜面，应凿成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

4 间隔槽混凝土，应待拱圈分段浇筑完成后且其强度达到75%设计强度和接合面按施工缝处理后，由拱脚向拱顶对称进行浇筑。拱顶及两拱脚间隔槽混凝土应在最后封拱时浇筑。封拱合龙温度应符合设计要求，如设计无规定时，宜在接近当地年平均温度或5~15℃时进行，封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈应力时，拱圈（包括已浇间隔槽）的混凝土强度应达到设计强度。

5 浇筑大跨径钢筋混凝土拱圈（拱肋）时，纵向钢筋接头应安排在设计规定的最后浇筑的几个间隔槽内，并应在这些间隔槽浇筑时再连接。

6 浇筑大跨径拱圈（拱肋）混凝土时，宜采用分环（层）分段法浇筑，也可沿纵向分成若干条幅，中间条幅先行浇筑合龙，达到设计要求后，再按横向对称、分次浇筑合龙其他条幅。其浇筑顺序和养护时间应根据拱架荷载和各环负荷条件通过计算确定，并应符合设计要求。

7 大跨径钢筋混凝土箱形拱圈（拱肋）可采取在拱架上组装并现浇的施工方法。先将预制好的腹板、横隔板和底板钢盘在拱架上组装，在焊接腹板、横隔板的接头钢筋形成拱片后，立即浇筑接头和拱箱底板混凝土，组装和现浇混凝土时应从两拱脚向拱顶对称进行，浇底板混凝土时应

按拱架变形情况设置少量间隔缝并于底板合龙时填筑,待接头和底板混凝土强度达到设计强度的75%以上后,安装预制盖板,然后铺设钢筋,现浇顶板混凝土。

16.2.2 劲性骨架浇筑拱圈

1 大跨径劲性骨架混凝土拱圈(拱肋)的浇筑,可采用分环多工作面均衡浇筑法、水箱压载分环浇筑法和斜拉扣挂分环连接浇筑法。浇筑前应进行加载程序设计,准确计算和分析钢骨架以及钢骨架与先期混凝土层联合结构的变形、应力和稳定安全度,并在施工过程中进行监控。

2 分环多工作面均衡浇筑劲性骨架混凝土拱圈(拱肋)时,各工作面可根据模板长度分成若干工作段,各工作面要求对称均衡浇筑,两对应工作面浇筑进度差不得超过一个工作段。

3 用水箱压载分环浇筑劲性骨架混凝土(拱肋)时,当混凝土浇筑至 $L/4$ 截面区段,应严格控制好拱圈的竖向及横向变形,防止钢骨架杆件应力超过极限强度而导致失稳。为使混凝土适应钢骨架变形,避免开裂,浇筑第一环(层)混凝土时,可在 $L/4$ 截面处设变形缝,变形缝宽200mm,待浇完第一环混凝土后用高一级混凝土填实。

4 用斜拉扣挂分环连接浇筑劲性骨架混凝土拱圈(拱肋)时,应选择可靠和操作方便的扣挂及张拉系统,选好扣点和索力,设计好扣索的张拉与放松程序,以便有效地控制拱圈截面应力和变形,确保混凝土从拱脚向拱顶连续浇筑。

5 浇筑劲性骨架混凝土拱圈(拱肋)时,应严格控制钢骨架及先期混凝土层的竖、横向变形,其变形值应符合设计要求,相对高差和横向位移应符合检测标准,否则应采取纠正措施。

16.3 装配式混凝土、钢筋混凝土拱圈

16.3.1 一般规定

1 本节适用于箱形拱、肋拱及箱肋组合拱(以下均称为箱形拱)的少支架或无支架施工。

2 大、中跨径装配式箱形拱施工前,必须掌握、核对各种构件的预制、吊运堆放、安装、拱肋合龙及施工加载等各个阶段强度和稳定性的设计验算。

3 墩、台帽建成后,应及时复测每根拱肋的拱座起拱线处的实际高程、跨间距离、拱座的横向间隔、拱座斜面的斜度及各几何尺寸,检查每根拱肋的实际跨长、几何尺寸及拱肋接头、吊环情况。拱肋上缘弧长宜小于设计弧长5—10mm,使拱肋合龙时保留上缘开口,便于嵌塞铁片,调整拱轴线。如不符合以上要求,吊装前应采取相应措施。

16.3.2 少支架安装拱圈

1 为了便于拱肋吊装和减少扣索,在条件许可的情况下,可采用少支架施工。支架的构造,应根据支架高度及荷载大小而定,并满足稳定性要求。地基必须有足够的承载力,对漂浮物要有可靠的防护措施。

2 吊装构件时,应结合实际情况和设备条件采用独脚扒杆、人字扒杆、自行式吊机或缆索吊机进行吊装,河中有水时可在船上设立人字扒杆进行吊装。

3 拱肋分段吊装搁在支架上以后,拱肋接头的连接处理应符合设计规定。

4 支架架设和拆卸的技术要求,除应符合本规范第9章的规定外,还应符合下列要求:

1) 当拱肋接头混凝土及拱肋横向联结构件混凝土的强度达到设计强度的75%或满足设计规定后,方可开始卸架,为避免一次卸架突然发生较大变形,可在主拱安装完成时,分两次或多次卸架,使拱圈及墩、台逐渐成拱受力。

2) 卸架前应对主拱圈的混凝土质量、拱轴线的坐标尺寸、卸架设备情况、气温引起拱圈变化情况、台后填土情况进行全面检查,符合设计要求后可卸架。卸架时应观测拱圈挠度和墩、台变位情况。

3) 拱上建筑宜在卸架后施工,其施工的技术要求应按第16.7节的有关规定办理。

4) 支架基础不得设置在有冻胀影响的土上。在严寒地区,主拱圈不宜在支架上过冬,支架

宜在冰冻前拆除。

16.3.3 无支架安装拱圈

1 构件拼装应结合桥梁规模、河流、地形及设备条件采用适宜的吊装机具，各项机具设备和辅助结构的规格、型号、数量等均应按有关规定经过设计计算确定。缆索吊机在吊装前必须按规定进行试拉和试吊。

2 拱肋吊装时，除拱顶段以外，各段应设一组扣索悬挂。

3 扣架的布置应符合下列规定：

- 1) 扣架一般设在墩、台顶上，扣架底部应固定，架顶应设置风缆。
- 2) 各扣索位置必须与所吊挂的拱肋在同一竖直面内。
- 3) 扣架上索鞍顶面的高程应高于拱肋扣环高程。
- 4) 扣架应进行强度和稳定性验算。

4 各段拱肋由扣索悬挂在扣架上时，必须设置风缆，其布置与安装应符合下列规定：

- 1) 拱肋分3段或5段拼装时，至少应保持2根基肋设置固定风缆，拱肋接头处应横向联结。
- 2) 固定风缆应待全孔合龙、横向联结构件混凝土强度满足设计要求后才可撤除。
- 3) 在河流中设置风缆时，必须采取可靠的防护措施，防止风缆受到碰撞。
- 4) 情况复杂时应按照有关规定对风缆进行专门设计。

5 多孔装配式拱桥吊装应按设计加载程序进行。

6 整根拱肋吊装或每根拱肋分两段预制、吊装，对中小跨径的箱形拱桥，当其拱肋高度大于0.009~0.012跨径，拱肋底面宽度为肋高的0.6~1.0且横向稳定安全系数不小于4时，可采取单肋合龙，嵌紧拱脚后，松索成拱，如图16.3.3a)。

7 大、中跨径的箱形拱，其单肋合龙横向稳定安全系数小于4时，可先悬扣多段拱脚段或次拱脚段拱肋，然后用横夹木临时将相邻两肋联结后，安装拱顶段单根肋合龙，松索成拱，如图16.3.3b)、c)。

拱肋的合龙温度应符合设计规定，如设计无规定，宜在气温接近年平均温度（一般在5~15%）时进行；天气炎热时可在夜间洒水降温进行合龙。

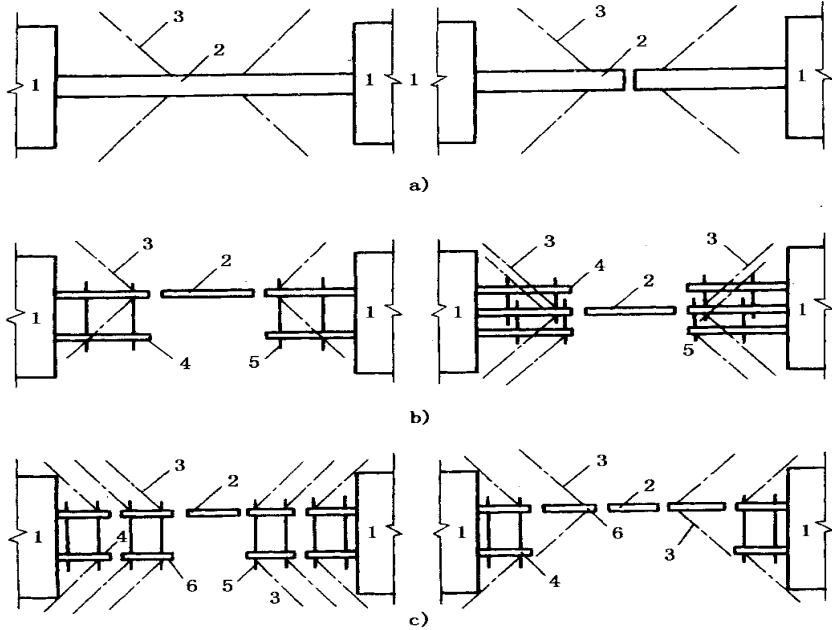


图 16.3.3 拱肋合龙方式示意图

a)单基肋合龙;b)3段吊装单肋合龙;c)5段吊装单肋合龙
1-墩台;2-基肋;3-风缆;4-拱脚段;5-横尖木;6-次拱脚段

8当拱肋跨径不小于80m或横向稳定安全系数小于4时，应采用双基肋合龙松索成拱的方式，即当第一根拱肋合龙并校正拱轴线，楔紧拱肋接头缝后，稍松扣索和起重索，压紧接头缝，但不卸掉扣索和起重索，待第二根拱肋合龙，两根拱肋横向联结固定好并拉好风缆后，再同时松卸两根拱肋的扣索和起重索。

9当拱肋分3段吊装，采用阶梯形搭接接头时，宜先准确扣挂两拱脚段，调整扣索使其上端头较设计值抬高30~50mm，再安装拱顶段使之与拱脚段合龙。采用对接接头，宜先悬扣拱脚段初步定位，使其上端头高程比设计值抬高50~100mm，然后准确悬扣拱顶段，使其两端头比设计值高出10~20mm，最后放松两拱脚段扣索使其两端均匀下降与拱顶段合龙。

10当拱肋分5段吊装时，宜先从拱脚段开始，依次向拱顶分段吊装就位，每段的上端头断面不得扭斜。首先使拱脚段的上端头较设计高程抬高150~200mm，次边段定位后，使拱脚段的上端头抬高值下降为50mm左右，应保持次边段的上端头抬高值约为拱脚段的上端头抬高值的2倍的关系，否则应及时调整，以防拱肋接头处开裂。

11 7段拱肋吊装，受施工条件或地形限制无法采用双肋合龙时，在对风缆系统进行专门设计，确保拱肋横向稳定安全系数不小于4，拱肋接头强度满足该施工阶段设计要求，并经监理工程师审批后，可采用单肋合龙。

12在各段拱肋松索过程中，应符合下列规定：

1) 松索前应校正拱轴线位置及各接头高程，使之符合要求。

2) 每次松索均应采用仪器观测，控制各接头、拱顶及1/4高程，防止拱肋接头发生非对称变形而导致拱肋失稳或开裂。

3) 松索应按照拱脚段扣索、次拱脚段扣索、起重索三者的先后顺序，并按比例定长、对称、均匀松卸。

4) 每次松索量宜小，各接头高程变化不宜超过10mm，每次松索压紧接头缝后应普遍旋紧接头螺栓一次。当接头高程接近设计值时，宜用钢板嵌塞接头缝隙，再将扣索、起重索放松到基本不受力，压紧接头缝，拧紧接头螺栓，同时用风缆调整拱肋轴线的横向偏位，并应观测拱肋各接头、1/8跨及拱顶的高程，使其在允许偏差之内。

5) 大跨径箱形拱桥分3段或5段吊装合龙成拱后，根据拱肋接头密合情况及拱肋的稳定度，可保留起重索和扣索部分受力，等拱肋接头的连结工序基本完成后再全部松索。

13拱肋接头电焊作业应在调整完轴线偏差、嵌塞并压紧接头缝钢板之后和全部松索成拱之前进行。拱肋接头部件电焊时，应采取分层、间断、交错方法施焊，每层不可一次焊得过厚，以免周围混凝土烧坏。最后应将各接头螺栓拧紧并焊死。

16.4 转体施工

16.4.1 转体施工安装方法

平转施工主要适用于刚构梁式桥、斜拉桥、钢筋混凝土拱桥及钢管拱桥。竖转施工主要适用于转体重量不大的拱桥或某些桥梁预制部件（塔、斜腿、劲性骨架）。

16.4.2 预制及拼装

桥体的预制及拼装，应按照设计规定的位置、高程，并视两岸地形情况，设计适当的支架和模板（或土胎）进行。预制时除按照本规范第9章至第11章的有关规定执行外，还应符合下列规定：

1) 应充分利用地形，合理布置桥体预制场地，使支架稳固，工料节省，易于施工和安装。

2) 应严格掌握结构的预制尺寸和重量，其允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，重量偏差不得超过 $\pm 2\%$ ，桥体轴线平面允许偏差为预制长度的 $\pm 1/5000$ ，轴线立面允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。环道转盘应平整，球面转盘应圆顺，其允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ；环道基座应水平，3m长度内平整度不大于 $\pm 1\text{mm}$ ，环道

径向对称点高差不大于环道直径的 $1/5000$;

16.4.3有平衡重平转施工

1有平衡重平转施3255艺,可以采用不同的锚扣体系。箱形拱、肋拱宜采用外锚扣体系;桁架拱、刚架拱宜采用内锚扣(上弦预应力钢筋)体系;刚构梁式桥、斜拉桥为不需另设锚扣的自平衡体系。

2桥体混凝土达到设计规定强度或者设计强度的80%后,方可分批、分级张拉扣索,扣索索力应进行检测,其允许偏差为 $\pm 3\%$ 。张拉达到设计总吨位左右时,桥体脱离支架成为以转盘为支点的悬臂平衡状态,再根据合龙高程(考虑合龙温度)的要求精调张拉扣索。

3采用外锚扣体系时,除应按本规范第16.3节的有关规定办理外,还应符合下列规定:

1)扣索宜采用精轧螺纹钢筋、带轧丝锚的IV级圆钢筋、带镦头锚的高强钢丝、预应力钢绞线等高强材料,安全系数不应低于2。

2)扣点应设在梁悬臂端点或拱顶点附近,控制好扣索合力作用点的位置,使桥体截面应力处于允许的受力状态。

3)扣索锚点高程不应低于扣点,宜与通过锚点的水平线形成 $0\sim 5^\circ$ 的角度,以利于扣索调整和桥体脱离。

4)宜用千斤顶张拉扣索,张拉力先按设计张拉吨位控制,再按桥体脱开支架的要求适当调整。

4采用内锚扣体系时,应符合下列规定:

1)扣索采用结构本身钢筋或在其杆件内另穿入高强钢筋。利用结构钢筋时应验算其强度。

2)完成桥体转体合龙,浇筑接头混凝土并达到设计强度时,应解除扣索张力。

5转体平衡重视情况利用桥台或另设临时配重。扣索和锚索之间宜通过置于扣、锚支承(桥台或立柱)的顶部交换梁相连接。

6转体合龙时应符合下列规定:

1)应严格控制桥体高程和轴线,误差符合要求,合龙接口允许相对偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

2)应控制合龙温度。当合龙温度与设计要求偏差 3°C 或影响高程差 $\pm 10\text{mm}$ 时,应计算温度影响,修正合龙高程。合龙时应选择当日最低温度进行。

3)合龙时,宜先采用钢楔刹尖等瞬时合龙措施。再施焊接头钢筋,浇筑接头混凝土,封固转盘。在混凝土达到设计强度的80%后,再分批、分级松扣,拆除扣、锚索。

7平转转盘有双支承式转盘和单支承式转盘两种,除大桥和重心较高的桥体外,宜采用构造简单实用的中心单支承式转盘,如图16.4.3。制作安装时应符合下列规定:

1)球面铰柱由不低于C50的混凝土浇筑于盘中央,球面用母线器成型,直径不小于100mm的定位销(钢质或钢管混凝土)固于球面铰柱中心,在球面打磨光滑,偏差符合要求后,其上覆盖塑料薄膜3~5层,浇筑球面铰柱混凝土盖,达到设计强度后,拆去薄膜,将盖、铰进行反复磨合,至单人以3m杠杆推动为止。

2)盖、铰磨合符合要求后,其接触面应涂以二硫化钼或黄油四氟粉等润滑剂,再将铰盖浇固于上盘混凝土中。

3)浇固于上盘周边的四个或六个辅助支腿,应对称均匀布置,与下环道保持不大于20mm间距,以备浇筑上盘混凝土或转体时做保持平衡临时支撑(支垫钢板)。

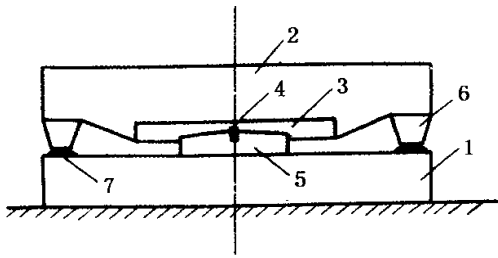


图 16.4.3 中心单支承式转盘示意
1-下转盘;2-上转盘;3-球铰盘;4-钢质定位销;5-球面铰柱;6-支腿;7-环道

8转体牵引力按式(16.4.3)计算:

$$T = \frac{2fGR}{3D} \quad (16.4.3)$$

式中: T——牵引力(kN);

C——转体总重力(kN);

R——铰柱半径(m);

D——牵引力偶臂(m);

f——摩擦系数,无试验数据时,可取静摩擦系数为0.1~0.12,动摩擦系数为0.06~0.09。

9转体牵引索可用两根(钢绞线、高强钢丝束),其一端引出,一端绕固于上转盘上,形成一转动偶。牵引动力可用卷扬机、牵引式千斤顶等,也可用普通千斤顶斜置在上、下转盘之间(注意应预留顶位)。转动时应控制速度,通常角速度不宜大于0.01~0.02rad/min或桥体悬臂线速度不大于1.5~2.0m/min。

16.4.4无平衡重平转施工

1采用锚固体系代替平衡重平转法施工,是利用锚固体系、转动体系和位控体系构成平衡的转体系统。

2转动体系由拱体、上转轴、下转轴、下转盘、下环道和扣索组成。转动体系施工可按下列程序进行:安装下转轴、浇筑下环道、安装转盘、浇筑转盘混凝土、安装拱脚铰、浇筑铰脚混凝土、拼装拱体、穿扣索、安装上转轴等等。施工时应符合下列要求:

1) 下转轴一般设置在桩基上,桩柱混凝土浇筑至环道设计高程下时,应安装用钢板卷制加工的轴圈。

2) 轴圈安装前应先进行试装,防止钢轴的支撑角钢与桩柱主钢筋发生干扰,轴圈与转轴的平面位置与竖直度应符合设计要求;然后点焊固定在桩柱主盘上,浇筑填心混凝土。

3) 转盘可用钢带焊制而成,其内径、走板平面平整度、焊缝均应符合设计要求。转轴与转盘套合部分应涂润滑油脂。环道上的滑道宜采用固定式,其平整度应控制在±1.0mm内,环道上应按照设计尺寸铺设四氟板。当转盘填心混凝土达到75%设计强度后,可拨动转盘转至拱体预制位置。转轴与轴套应转动灵活,其配合误差应控制在0.6~1.0mm。

4) 拱铰铰头可用钢板加工,其配合误差应小于2mm。浇筑铰脚角锥体混凝土时可采用预制钢筋混凝土模板,承托拱体可利用第一段拱体的横隔板,并将其封闭,增设受弯钢筋来承担。

5) 拱体一般设计为现浇钢筋混凝土,其技术要求可按16.4.2条的规定执行。

6) 扣索宜采用精轧螺纹钢筋,靠近锚块处宜接以柔性工作索,使其通过转向滑轮接至卷扬机,将钢筋张拉安装在立柱上的环套锚块上。

7) 上转轴的轴心平面位置应按照设计要求与下转轴的轴心设置偏心距。

3锚固体系由锚碇、尾索、支撑、锚梁(或锚块)及立柱组成。锚碇可设于引道或其他适当位置的边坡岩层中。锚梁(或锚块)支承于立柱上。支撑和尾索一般设计成两个不同方向,形成三角形稳定体系,稳定锚梁和立柱顶部的上转轴使其为一固定点。当拱体设计为双肋,并采取对称同步平转施工时,非桥轴向(斜向)支撑可省去。锚固体系施工时,应符合下列规定:

1) 锚碇可按照设计要求参照第18.2节的有关规定施工。锚固尾索时应考虑其着力点和受力方向,防止混凝土开裂。

2) 锚梁锚固处应设置张拉尾索的设备。锚梁施工时,应注意防止钢筋尾索、扣索和预应力钢材穿孔的干扰。浇筑的锚梁混凝土达到设计强度的50%后,方可将轴套穿入上下轴套和环套中。

3) 桥轴向的支撑可根据实际情况,利用引桥的梁作为支撑,或采用预制、现浇的钢筋混凝土构件。非桥轴向(斜向)的支撑须采用预制或现浇的钢筋混凝土构件。各类支撑按设计要求和规范第11章及本章的有关规定执行。

4) 立柱宜为钢筋混凝土结构,可参照第16.3节的规定施工。

4位控体系包括扣点缆风索和转盘牵引C系统，安装时的技术要求应按照本章有关规定执行。

5尾索张拉、扣索张拉、拱体平转、合龙卸扣等工序，必须进行有关的施工观测。

6尾索张拉时应符合下列规定：

1) 尾索张拉一般在立柱顶部的锚梁（锚块）内进行，操作程序与一般预应力梁后张法类似，可参照第12章有关规定执行。

2) 两组尾索应按照上下左右对称、均衡张拉的原则，对桥轴向和斜向尾索分次、分组交叉张拉。

3) 张拉一级荷载时，应按照上一级荷载张拉后的伸长值与拉索中的应力数值进行分析，调整本级张拉荷载，力求各尾索内力均衡。

4) 尾索张拉荷载达到设计要求后，应对尾索观测和钢索内力测量1-3d，如发现内力损失导致尾索间内力相差过大时，应再进行一次尾索张拉，以求均衡达到设计内力。

7扣索张拉的技术要求，除应按照16.4.3条第3款的有关规定外，还应符合下列规定：

1) 张拉前应设立桥轴向和斜轴向支撑以及拱体轴线上拱顶、 $3/8$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 跨径处的平面位置和高程观测点，在张拉前和张拉过程中随时观测。

2) 全面检查支撑、锚梁、轴套、拱铰、拱体、锚碇，并列表记录，分析确认不影响安全时，才可开始张拉。

3) 每索应分级张拉至设计张拉力，每级荷载张拉时，应对称于拱体，按由下向上的次序进行，各索内力相对偏差应控制在5kN以内，应同时检查并调整各支承点木楔，以免过大或过小。

4) 重复上述操作至张拉到设计荷载而使拱体脱架。

8无平衡重拱体进行平转时，除应参照16.4.3条第5~9款的规定办理外，还应符合下列规定：

1) 应对全桥各部位包括转盘、转轴、风缆、电力线路、拱体下的障碍等进行测量、检查，符合要求后，方可正式平转。

2) 若起动摩阻力较大，不能自行起动时，宜用千斤顶在拱顶处施加顶力，使其起动，然后应以风缆控制拱体转速；风缆走速在起动和就位阶段一般控制在 $0.5\sim 0.6\text{m/min}$ ，中间阶段控制在 $0.8\sim 1.0\text{m/min}$ 。

3) 上转盘采用四氟板做滑板支垫时，应随转随垫并密切注意四氟板接头和滑动支垫情况。

4) 拱体旋转到距设计位置约 5° 时，应放慢转速，距设计位置相差 1° 时，可停止外力牵引转动，借助惯性就位。

5) 当拱体采用双拱肋在一岸上下游预制进行平转达一定角度后，上下游拱体宜同步对称向桥轴线旋转。

9当两岸拱体旋转至桥轴线位置就位后，两岸拱顶高程超差时，宜采用千斤顶张拉、松卸扣索的方法调整拱顶高差。操作时应考察应符合下列要求：

1) 测出两岸各扣索内力，建立拱顶水平和轴线观测站。

2) 对低于设计高程的拱顶端，其扣索可按对称均衡原则进行张拉，应先张拉内力较低的一排扣索，并分次张拉，使其尽可能达到设计高程。

3) 对高于设计高程的拱顶端，按与上相反的程序进行。

4) 若两岸拱顶端高差仍较大，可利用千斤顶再一次调整拱顶高程。

5) 当两岸拱体合龙处轴线与高程偏差符合要求后，尽量按设计要求规定的合龙温度进行合龙施工，其内容包括用钢楔顶紧合龙口，将两端伸出的预埋件用型钢连接焊牢，连接两端主钢筋，浇筑台座混凝土，浇筑拱顶合龙口混凝土。

10当台座和拱顶合龙口混凝土达到设计强度的75%后，可按下述要求卸除扣索：

1) 按对称均衡原则，分级卸除扣索，同时应复测扣索内力、拱轴线和高程。

2) 全部扣索卸除后，再测量轴线位置和高程。

16.4.5竖转施工

1对混凝土肋拱、刚架拱、钢管混凝土拱，当地形、施工条件适合时，可选择竖转法施工。其转动系统由转动铰、提升体系（动、定滑车组，牵引绳等）、锚固体系（锚索、锚碇等）等组成，如图16.4.5所示。

2待转桥体在桥轴线的河床上设架或拼装，要求符合本规范第9章的规定。根据提升能力确定转动单元为单肋或双肋，宜采用横向连接为整体的双肋为一个转动单元。

3支承提升和锚固体系的台后临时塔架可由引桥墩或立柱替代，提升动力可选用30~80kN卷扬机。

4桥体下端转动铰可根据推力大小选用轴销铰、弧形柱面铰、球面铰等，前者为钢制，后两者为混凝土制并用钢板包裹铰面。

5转动时应符合下列规定：

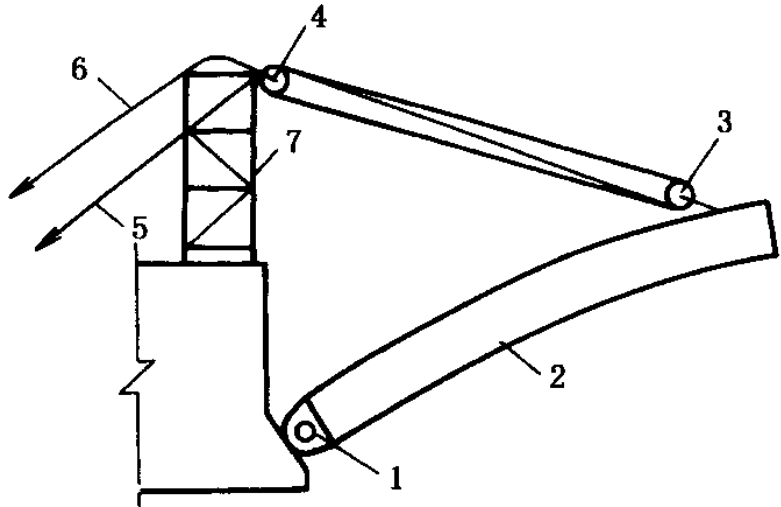


图16.4.5 竖转施工转动系统示意图

1-转动铰；2-桥体；3-动滑车；4-定滑车；5-牵引车（接卷扬机）；6-锚索（接锚碇）；7-塔架

1）转动前应进行试转，以检验转动系统的可靠性。竖转速度可控制在 $0.005\sim 0.01\text{rad/min}$ ，提升重量大者宜采用较低的转速，力求平稳。

2）两岸桥体竖转就位，调整高程和轴线应符合第16.9节的要求，楔紧合龙缺口，焊接钢筋，浇筑合龙混凝土，封填转动铰至混凝土达到设计强度后，拆除提升体系，完成竖转工作。

16.5 钢管混凝土拱

16.5.1 钢管拱肋（桁架）加工

1钢管混凝土拱桥所用钢管直径超过600mm的应采用卷制焊接管，卷制钢管宜在工厂进行。在有条件的情况下，优先选用符合国家标准系列的成品焊接管。

2成品管及制管用的钢材和焊接材料应符合设计要求和国家现行标准的规定，具备完整的产品合格证明。

3钢管拱肋（桁架）加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在加工制作前，应根据设计图的要求绘制施工详图，包括零件图、单元构件图、节段单元图及组焊、拼装工艺流程图等。加工前应按半跨拱肋进行1:1精确放样，注意考虑温度和焊接变形的影响，并精确确定合龙节段的尺寸，直接取样下料和加工。

4工地弯管宜采用加热顶压方式，加热温度不得超过800℃。钢管对接端头应校圆，除成品管按相应国家标准外，失圆度不宜大于钢管外径的0.003倍。钢管的对接环焊缝可采用有衬管的单面坡口焊和无衬管的双面熔透焊。两条对接环焊缝的间距应符合设计要求，设计无规定时，直缝焊接管不小于管的直径，螺旋焊接管不小于3m。对接径向偏差不得超过壁厚的0.2倍。为减少运输及安装过程中对口处的失圆变形，应适当在该处加设内支撑。

5拱肋（桁架）节段焊接宜要求与母材等强度焊接。所有焊缝均应按规定进行强度和外观检查，宜要求主拱的焊缝达到二级焊缝标准。对接焊缝应100%进行超声波探伤，其质量检查标准可按照本规范第17章的有关规定执行。

桁架式钢管拱主管与腹管采用相贯焊接时，宜采用自动或半自动的加工方式来保证相贯线和坡口的制作精度，对焊接材料和工艺的选择在满足焊接接头强度的原则下，应尽量提高接头的韧性指标。要力求避免和减少焊缝多次相交的不良结构细节。

6在钢管拱肋（桁架）加工过程中，应注意设置混凝土压注孔、防倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。如拱肋（桁架）节段采用法兰盘连接，为保证螺栓连接的精度，宜采用3段啮合制孔工艺。对压注混凝土过程中易产生局部变形的结构部位（如腹箱）应设置内拉杆。

7钢管拱肋（桁架）节段形成后，钢管外露面应按设计要求做长效防护处理，宜采用热喷涂防护，其喷涂方式、工艺及厚度应符合设计要求。可参照本规范第17章有关规定执行。

16.5.2 钢管拱肋（桁架）安装

1钢管拱肋（桁架）的安装采用少支架或无支架缆索吊装、转体施工或斜拉扣索悬拼法施工的，可参照本章有关规定执行。

2钢管拱肋成拱过程中，应同时安装横向联接系，未安装联接系的不得多于一个节段，否则应采取临时横向稳定措施。

3节段间环焊缝的施焊应对称进行，施焊前需保证节段间有可靠的临时连接并用定位板控制焊缝间隙，不得采用堆焊。合龙口的焊接或栓接作业应选择在结构温度相对稳定的时间内尽快完成。

4采用斜拉扣索悬拼法施工时，扣索与钢管拱肋的连接件应进行设计计算。扣索根据扣力计算采用多根钢绞线或高强钢丝束，安全系数应大于2。

16.5.3 钢管混凝土浇筑

1管内混凝土应采用泵送顶升压注施工，由两拱脚至拱顶对称均衡地一次压注完成。除拱顶外不宜在其余部位设置横隔。

2钢管混凝土应具有低泡、大流动性、收缩补偿、延后初凝和早强的工程性能。

3钢管混凝土压注前应清洗管内污物，润湿管壁，泵入适量水泥浆后再压注混凝土，直至钢管顶端排气孔排出合格的混凝土时停止。完成后应关闭设于压注口的倒流截止阀。管内混凝土的压注应连续进行，不得中断。

4钢管混凝土的质量检测办法应以超声波检测为主，人工敲击为辅。

5为保证混凝土泵送工艺的顺利进行，对大跨径钢管混凝土拱桥，需按实际泵送距离和高度进行模拟混凝土压注试验。

6钢管混凝土的泵送顺序应按设计要求进行，宜采用先钢管后腹箱的程序。

16.5.4 桥面系安装

1带有可靠锚头的吊杆宜采用具有良好力学性能和防腐效果的挤包护层扭绞成型拉索。纵、横梁安装完成后，按高程控制的吊杆应按设计要求进行内力调整（内力测定），再进行桥面施工。

2预应力系杆应有可靠的防腐措施。位于拱肋及横梁上的吊杆锚头应做防水、防老化的构造措施。

3预应力系杆的张拉应与加载相对应。施工过程中除了严格控制系杆的内力和伸长量外，尚应监测和控制关键结构的变位，不得超过设计允许范围。

16.6 装配式桁架拱和刚构拱

16.6.1 装配式桁架拱和刚构拱预制

1 装配式桁架拱和刚构拱的拱片宜根据跨径和场地大小及吊装能力等因素，选取整片、分段或分杆件的预制方法。分段或分杆件预制时，其分段长度、接头联接类型和方法应按设计规定执行。有关预应力的施工工序应按照本规范第12章的规定办理。拱片预制时应设置预拱度，拱顶预拱度确定后，其余各点预拱度可按直线变化设置。

2 卧式预制拱片脱模吊移时应符合下列规定：

1) 卧式预制的拱片不得就地掀起竖立，必须将全片水平吊起后，再悬空翻身竖立。在拱片悬空翻身整个过程中，各吊点受力应均匀，并始终保持在同一平面内，不得扭折。

2) 拱片起吊前，对拱片的薄弱部位应根据构件受力情况予以加固。

3) 预制拱片前应对预制场拱片翻身技术设备、技术状况进行详细研究计算，必要时在预制拱中按吊装应力进行加筋处理。

3 拱片宜采用平卧运输，运输和装卸过程中应严格控制支点或吊点位置，使拱片受力均匀，防止损坏。

16.6.2 装配式桁架拱和刚构拱安装

1 装配式桁架拱和刚构拱的安装程序为：在墩台上安装预制的桁架（刚架）拱片，同时安装横向联系构件，在组成的桁架拱（刚架拱）上铺装预制的桥面板。

2 拱片采用少支架安装时可按第16.3节的有关规定办理。少支架安装后一般采用一次卸架成拱，卸架宜安排在气温较高的时间进行。

3 多孔桁架拱（刚构拱）采用少支架安装时宜逐孔进行，卸架应安排在各孔拱片都合龙后进行，卸架程序应按照设计要求或根据桥墩所能承受的最大不平衡推力计算确定。

4 拱片采用无支架安装时，可采用分段、分杆件或悬臂拼装等方法进行。在成拱过程中，应及时安装横向联结系和横向临时稳定风缆等。拱片分杆件安装时，宜先安装由下弦杆与跨中实腹段组成的“拱肋”单元，再由实腹段两端向拱脚对称地逐个安装由斜杆、竖杆和上弦杆组成的三角形单元。拱片采用悬臂拼装方案时，除应按照本规范第15.4节的有关规定执行外，还应注意张拉预应力筋必须在相邻两段拱片吊装好并横向联系牢固，形成较稳定的框架之后进行，防止单拱片张拉时发生横向失稳。

5 桁架拱、刚构拱采用转体法施工时，应按照第16.4节的规定执行。

6 装配式桁架拱、刚构拱无支架安装的接头类型应符合设计规定，其技术要求可按本章有关规定办理。大跨径桁式组合拱的拱顶接头施工还应符合下列规定：

1) 两岸合龙段构件吊装就位，在封顶以前，应对拱顶接头施加预压力调整应力，然后浇筑拱顶湿接头混凝土，待接头混凝土达到规定强度后方可松索合龙。

2) 湿接头混凝土宜采用较构件混凝土强度高一级的早强混凝土。

16.7 拱上结构

16.7.1 拱上结构的立柱、横墙的基座，在施工前对其位置和高程复测检查，如超过允许偏差应予以调整。基座与主拱的联结应牢固。

16.7.2 大跨径拱桥的拱上结构，应严格按照设计加载程序进行，使施工过程中的拱轴线与设计拱轴线尽量吻合，如有拱架应先卸除。如无设计加载程序，一般应根据施工验算由拱脚至拱顶均衡、对称加载，并加强施工观测。

16.7.3 在支架上浇筑的上承式拱桥，其拱上结构混凝土浇筑应在拱圈及间隔槽混凝土浇筑完成且封拱间隔槽混凝土强度达到设计要求强度以后进行；如设计无规定，可按达到混凝土设计强度的

30%以上控制。如封拱前需在拱顶施加预压力，应达到设计强度的75%以上。在支架上浇筑的下承式或中承式拱桥，其悬吊桥面系混凝土应在拱架松落后进行浇筑，其吊杆混凝土应在桥面系完成后对称地浇筑。

16.7.4在支架上浇筑的拱桥，其拱上结构混凝土的浇筑除应符合本规范第11.6节的规定外，还应符合下列规定：

1立柱底座应与拱圈（拱肋）同时浇筑，立柱上端施工缝应设在横梁承托底面上。

2桥面系的梁与板应尽量同时浇筑。

3两相邻伸缩缝间的桥面板应一次浇筑完成。

16.7.5中、小跨径装配式拱桥的拱上结构施工，应待主拱圈混凝土和砂浆强度达到设计强度的75%以上，少支架施工的应先卸除支架，一般可由拱脚至拱顶对称进行。

16.7.6拱上腹拱圈施工时，应注意腹拱圈所产生的推力对立柱或横墙的影响，相邻腹板的施工进度应同步。

16.7.7采用无支架施工的大、中跨径的拱桥，其拱上结构宜充分利用缆索吊装施工。

16.8 施工观测和控制

16.8.1装配式拱桥施工过程中，除应按照本规范第3章及其他有关规定进行观测外，还应配合施工进度对拱肋、拱圈的挠度和横向位移、混凝土裂缝、墩台变位、安装设施的变形和变位等项目进行观测。施工观测应尽量采用全站仪进行。

16.8.2拱肋吊装定位合龙时，应进行接头高程和轴线位置的观测，以控制、调整其拱轴线，使之符合设计要求。其允许偏差见第16.9节。拱肋松索成拱以后，从拱顶上施工加载起，一直到拱上建筑完成，应随时对1/4跨、1/8跨及拱顶各点进行挠度和横向偏移的观测。

多孔拱桥，一孔吊装拱上建筑时，应观测相邻孔拱圈和墩台的影响。当发现挠度和横向偏移值超过允许值时，应及时分析，调整施工程序或采取其他有效措施。

16.8.3采取少支架安装施工时，应对支架的变形、位移，节点和卸架设备的压缩及支架基础的沉降等进行观测，如发现超过允许值的变形、变位，应及时采取措施予以调整。

采取无支架安装施工时，应随时观测吊装设备的塔架、主索、扣索、索鞍、锚碇等的变形和位移，如发现异常，应及时采取措施。

16.8.4在安装施工过程中，应经常对构件混凝土进行裂缝观测，若发现裂缝超过规定或有继续发展的趋势时，应及时分析研究，找出原因，采取有效措施。

16.8.5就地浇筑钢筋混凝土拱圈及卸落拱架的过程中，应设专人用仪器配合施工进度随时观测拱圈、拱架、劲性骨架的挠度和横向位移以及墩台的变化情况，并详细记录，如发现异常，应及时分析，采取措施，必要时可调整加载或卸架程序。

16.8.6大跨度拱桥施工过程中，应配合施工进度对拱圈（肋）混凝土、拱肋接头、劲性骨架、吊杆、系杆、钢管混凝土、扣索、转盘、锚碇（梁）等关键受力部位进行应力监测，并与控制计算值相比较，一旦偏差超出设计允许范围，应立即进行调整。

16.8.7大跨度拱桥的施工观测和控制宜在每天气温、日照变化不大的时候进行，尽量减少温度变化等不利因素的影响。

16.9 质量检查和质量标准

拱桥施工过程中，各部件的允许偏差已在上述各有关条文中规定。完成后各分部工程的混凝土强度应在合格标准内，其余按下列规定进行检查。

16.9.1钢筋混凝土拱圈外形轮廓清晰顺直，表面平整，施工缝修饰光洁，一般不应有蜂窝麻面，

无表面受力裂缝或缝宽不应超过0.15mm。钢筋混凝土拱圈的质量检测标准见表16.9.1-1、表16.9.1-2。

16.9.2装配式拱桥接头垫塞楔形钢板均匀合理，应无因焊接或局部受力造成的混凝土开裂、缺损或露筋。拱桥安装质量检测标准见表16.9.2-1、表16.9.2-2。

表16.9.1-1 现浇拱圈的质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差（mm）
混凝土强度（MPa）		在合格标准内
轴线偏位	板拱	10
	肋拱	5
内弧线偏离设计弧线	跨径 $L \leq 30\text{m}$	± 20
	跨径 $L > 30\text{m}$	$\pm L / 1500$
断面尺寸	高度	± 5
	顶底腹板厚	+10, 0
拱肋间距		5

表16.9.1-2 预制拱圈的质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差（mm）
混凝土强度（MPa）		在合格标准内
每段拱箱内弧长		0, -10
内弧偏离设计弧长		± 5
断面尺寸	顶底腹板厚	+10, 0
	宽度及高度	+5, -10
轴线偏位	肋拱	5
	箱拱	10
拱箱接头尺寸及倾角		± 5
预埋件位置	肋拱	5
	箱拱	10

表16.9.2-1 主拱圈安装质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差（mm）
轴线横向偏位	$L \leq 60\text{m}$	10
	$L > 60\text{m}$	$L / 6000$
拱圈底面高程	$L \leq 60\text{m}$	± 20
	$L > 60\text{m}$	$\pm L/3000$
两对称接头相对高差	$L \leq 60\text{m}$	20
	$L > 60\text{m}$	$\pm L/3000$
同跨各拱肋相对高差	$L \leq 60\text{m}$	20
	$L > 60\text{m}$	$\pm L/3000$
同跨各拱肋间距		± 10

表16.9.2-2 腹拱圈安装质量检测标准

检查项目	规定值或允许偏差 (mm)
轴线横向偏位	10
跨径	±20
起拱线高程	±20
相邻块件底面高差	5

16.9.3转体施工合龙段两侧高差必须在设计允许范围内，合龙段混凝土应平整密实，色泽一致，其强度应符合设计要求。其质量检测标准见表16.9.3。

表16.9.3 转体施工拱桥质量检测标准

检查项目	规定值或允许偏差 (mm)
轴线偏位	L/6000
跨中梁或拱顶面高程	±20
同一横截面两侧或相邻上部构件高差	10

16.9.4钢管混凝土拱桥管壁与混凝土结合紧密，钢管表面防护涂料和层数符合设计要求，线形圆顺，无弯折。在同温度条件下，其质量检测标准见表16.9.4-1、表16.9.4-2。

表16.9.4-1 钢管拱肋制作与安装质量检测标准

检查项目	规定值或允许偏差 (mm)
焊缝质量	符合设计要求
内弧偏离设计弧线	8
每段拱肋内弧长	0, -10
钢管直径	d / 500及5
轴线横向偏位	L/6000
拱肋接缝错台	0.2壁厚
拱圈高程	符合设计要求

注：d为钢管内径。

表16.9.4-2 钢管拱肋混凝土浇筑质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差（mm）
混凝土强度（MPa）		符合设计要求
轴线横向偏位	L≤60m	10
	L=200m	50
	L>200m	L/4000
拱圈高程		L/3000
对称点高差		L/3000

注：①L为跨径；

②L在60~200m之间时，轴线偏位允许偏差内插。

16.9.5 装配式桁架拱合龙段两侧高差在设计允许范围内，节点应平整，接头两侧杆件无错台，上下弦杆线形顺畅，表面平整。其质量检查标准见表 16.9.5。

表16.9.5 装配式桁架拱质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差 (mm)
轴线偏位	$L \leq 60m$	10
	$L > 60m$	$L/6000$
节点混凝土强度 (MPa)		在合格标准内
弦杆高程	$L \leq 60m$	± 20
	$L > 60m$	$\pm L/3000$
相邻拱片高差		20
对称点相对高差	$L \leq 60m$	20
	$L > 60m$	$L/3000$
拱片竖直度		$1/300$ 高度且 ≤ 20

注：L为跨径。

16.9.6 劲性骨架拱桥骨架线形符合设计要求，混凝土分环分段浇筑应无空洞和露筋现象，蜂窝麻面符合规定。其质量检测标准见表16.9.6。

表16.9.6 劲性骨架拱桥混凝土浇筑质量检测标准

项 目		规定值或允许偏差 (mm)
混凝土强度 (MPa)		符合设计要求
轴线横向偏位	$L \leq 60m$	10
	$L = 200m$	50
	$L > 200m$	$L/4000$
拱圈高程		$L/3000$
对称点高差		$L/3000$
断面尺寸		± 10

注：L为跨径，当L在60~200m之间时，轴线偏位允许偏差内插。

16.9.7 中、下承式拱桥吊杆安装应随，无扭转，防护层完整，无破损。其质量检查标准见表16.9.7。

表16.9.7 中、下承式拱桥吊杆安装质量检测标准

检查项目		规定值或允许偏差
吊杆的拉力 (kN)		符合设计要求 (mm)
吊点位置 (mm)		10
吊点高程 (mm)	高程	± 10
	两侧高差	20
吊杆锚固处防护		符合设计要求

17 钢 桥

17.1 一般规定

17.1.1适用范围

本章适用于以工厂化制造，在工地以高强螺栓连接或焊缝连接的钢桥施工。

17.1.2钢桥材料

1钢桥制造使用的材料必须符合设计要求和现行有关标准的规定，必须有材料质量证明及进行复验；钢材应按同一炉批、材质、板厚每10个炉（批）号抽验一组试件，焊接与涂装材料应按有关规定抽样复验，复验合格后方可使用。

2采用进口钢材时，应按合同规定进行商检，应按现行标准检验其化学成分和力学性能；并按现行有关标准进行抽查复验和与匹配的焊接材料做焊接试验，不符合要求的钢材不得使用。

3当钢材表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度允许负偏差值的1/2。

17.1.3钢桥的制作和安装应符合设计图和施工图的要求，并应符合本规范的规定。当需要修改设计时，应取得原设计单位的同意，并应签署设计变更文件。

1提交钢桥制造厂的设计文件应包括：

（1）钢桥主要受力杆件的应力计算表及杆件断面的选定图表；

（2）钢桥全部杆件的设计详图、材料明细表、工地螺栓表，制作时应考虑荷载引起的挠度对钉孔的影响；

（3）特定的设计、施工及安装说明；

（4）安装构件、附属构件的设计图。

2钢桥施工图由制造厂绘制，包括下列各项：

（1）按杆件编号绘制的施工图；

（2）厂内试装简图；

（3）发送杆件表；

（4）工地拼装简图。

3在工地应有预拼图。

17.1.4钢桥制造和检验所用的量具、仪器、仪表等应经主管部门授权的法定计量技术机构进行校验。大桥工地用尺与工厂用尺应互相校对。

17.2 钢桥制造

17.2.1放样、号料和切割

1放样和号料应根据施工图和工艺要求进行，应预留制作和安装时的焊接收缩量及切割、刨边和铣平等加工余量。

2对于形状复杂的零、部件，在图中不易确定的尺寸，应通过放样校对后确定。

3样板、样杆、样条制作的允许偏差应符合表17.2.1-1的规定。

表17.2.1-1 样板、样杆、样条制作允许偏差

项 目	允许偏差（mm）
两相邻孔中心线距离	±0.5
对角线、两极边孔中心距离	±1.0
孔中心与孔群中心线的横向距离	0.5
宽度、长度	+0.5, -1.0
曲线样板上任意点偏离	1.0

4号料前应检查钢料的牌号、规格、质量，如发现钢料不平直，有锈蚀、油漆等污物，应矫正清理后再号料；号料外形尺寸允许偏差为±1mm。

5切割时应注意下列事项:

- 1) 切割前应将料面的浮锈、污物清除干净。钢料应放平、垫稳, 割缝下面应留有空隙。
- 2) 切割应优先采用精密切割如数控、自动、半自动切割。手工切割仅适用于次要零件或切割后仍需加工的零件。
- 3) 剪切钢板厚度不宜大于12mm, 剪切边缘应平整, 无毛刺、反口、缺肉等缺陷。
- 4) 剪切长度允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$, 边缘缺棱1mm, 型钢端部垂直度 $\leq 2.0\text{mm}$ 。
- 5) 碳素结构钢在环境温度低于 -20°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -15°C 时, 不得进行剪切、冲孔。
- 6) 切割零件尺寸手工切割时允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$; 精密(数控、自动、半自动)切割时应符合表17.2.3-1、表17.2.3-2的规定。
- 7) 精密切割面质量应符合表17.2.1-2的规定, 切割面硬度不超过HV350。

表17.2.1-2 切割表面质量要求

项 目	等 级		
	1	2	备注
表面粗糙度Ra	25 μm	50 μm	按GB1031-83用样板检测
崩坑	不容许	1m长度内容许有1处1mm	超限应修补, 按焊接有关规定
塌角	圆角半径 $\leq 0.5\text{mm}$		
切割面垂直度	$\leq 0.05t$, 且不大于2.0mm		

注: t为钢板厚度。

17.2.2矫正和弯曲

- 1钢材矫正前, 剪切的反口应修平, 切割的挂渣应铲净。
- 2碳素结构钢在环境温度低于 -16°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -12°C 时, 不得进行冷矫正和冷弯曲。
- 3主要受力零件冷作弯曲时, 环境温度不宜低于 -5°C , 内侧弯曲半径不得小于板厚的15倍, 小于者必须热煨, 热煨温度宜控制在 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间。冷作弯曲后零件边缘不得产生裂纹。
- 4热矫温度应控制在 $600\sim 800^{\circ}\text{C}$, 矫正后钢材温度应缓慢冷却, 降至室温以前, 不得锤击钢料或用水急冷。
- 5矫正后的钢材表面不应有明显的凹痕或损伤。零件矫正后的允许偏差应符合表17.2.2的规定。

表17.2.2 零件矫正允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
钢板平面度	每米	1.0
钢板直线度	$L \leq 8\text{m}$	3.0
	$L > 8\text{m}$	4.0
型钢直线度	每米	0.5
角钢肢垂直度	全长范围	0.5①
角肢平面度	连接部位	0.5
	其余	1.0
工字钢、槽钢腹板平面度	连接部位	0.5
	其余	1.0
连接部位	连接部位	0.5
	其余	1.0

注：①角度不得大于90°。

17.2.3边缘加工

1零件刨（铣）加工深度不应小于3mm，加工面的表面粗糙度Ra不得低于 $25\mu\text{m}$ ；顶紧加工面与板面垂直度偏差应小于 $0.01t$ （板厚），且不得大于0.3mm。

2坡口可采用机加工或精密切割，坡口尺寸及允许偏差应由焊接工艺确定。

3边缘加工的允许偏差应符合表17.2.3-1和表17.2.2-2的规定。

表17.2.3-1 零件加工尺寸允许偏差

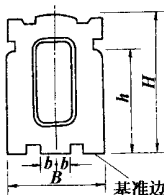
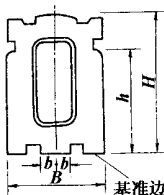
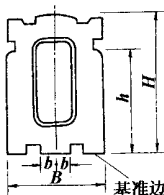
项 目			允许偏差（mm）	
名 称		范围	宽度	孔边距
桁梁的弦、斜、竖杆，纵横梁，板梁主梁、平腾杆件①	盖板（工形）	两边	± 2.0	—
	竖板（箱形）	两边	± 1.0	—
	腹板	两边	②	—
主桁节点板		三边	—	+2.0
座 板		四边	± 1.0	—
拼接板、鱼形板，桥门架用钢板		两边	± 2.0	—
支承节点板、拼接板、支承角		支承边端	—	+0.5 +0.3
平联、横联节点板		焊接边	—	± 0.3
箱形杆件内隔板		四边	+0.5③	—

注：①长度不大于10m的直线度允许偏差为2.0mm，10m以上为3.0mm，但不得有锐弯；

②腹板宽度必须按盖板厚度及焊接收缩量配制；

③箱形杆件内隔板板边垂直度偏差不得大于0.5mm。

表17.2.3-2 箱形梁零部件加工尺寸允许偏差

简 图	项 目			允许偏差（mm）		
	名称	范 围				
	盖板	周边	长度	+2.0,-1.0		
			宽度	+2.0,0		
	腹板	周边	长度	+2.0,-1.0		
			宽度	①		
	隔板	周边	宽B		+0.5 0	
			高H		+0.5 -0.5	
			对角线差		<1.0	
			垂直度		$\leq \frac{H}{2000}$	
			缺口定位尺寸	b	+2.0	
		h		0		
	纵肋与横肋		按工艺文件		高h ₁ （长l）	±0.5（0,-2.0）
					缺口定位尺寸h ₂	0 0.2

注：①腹板宽度必须按盖板厚度及焊接收缩量配制。

4零件应根据预留加工量及平直度要求，两边均匀加工。已有孔的零件应按其中心线找正边缘。

17.2.4 制孔

1螺栓孔应成正圆柱形，孔壁表面粗糙度 $Ra \leq 25 \mu m$ ，孔缘无损伤不平，无刺屑。

2组装件可预钻小孔，然后扩钻。预钻孔径至少应较设计孔径小3mm。扩钻孔时，严禁飞刺和铁屑进入板层。

3使用卡板（卡样）时，必须按施工图检查零件规格尺寸，核对所用钻孔样板无误后，方可钻孔。对卡固定式样板钻孔的杆件，应检查杆件外形尺寸和制造偏差，并将误差均分。卡固限度应符合下列要求：

- 1）工形杆件腹板中心与样板中心允许偏差1mm。
- 2）纵向偏差应以两端部边距相等为原则。
- 3）箱形杆件两竖板水平中线与样板中线允许偏差1.5mm，但有水平拼接时，其允许偏差为1mm。

4螺栓孔的允许偏差应符合表17.2.4-1的规定。

表17.2.4-1 螺栓孔允许偏差

项 目		允许偏差（mm）	项 目		允许偏差（mm）
螺栓直径	螺栓孔径		螺栓直径	螺栓孔径	
M12	14	+0.5,0	M24	26	+0.7,0
M16	18	+0.5,0	M27	29	+0.7,0
M20	22	+0.7,0	M30	33	+0.7,0
M22	24	+0.7,0			

5螺栓孔距允许偏差应符合表17.2.4-2的规定。

表17.2.4-2 螺栓孔距允许偏差

项 目		允许偏差（mm）		
		主要杆件		次要杆件
		桁梁杆件	板梁杆件	
两相邻孔距		± 0.4	± 0.4	± 0.4 （ ± 1.0 ）②
多组孔群两相邻孔群中心距		± 0.8	± 1.5	± 1.0 （ ± 1.5 ）②
两端孔群中心距	$l \leq 11m$	± 0.8	± 4.0 ①	± 1.5
	$l > 11m$	± 1.0	± 8.0 ①	± 2.0
孔群中心线与杆件中心线的横向偏移	腹板不拼接	2.0	2.0	2.0
	腹板拼接	1.0	1.0	—

注：①连接支座的孔群中心距允许偏差；

②括号内数值为人检结构的允许偏差。

17.2.5 组装

1组装前，零件、部件应经检查合格；连接接触面和焊缝边缘每边30~50mm范围内的铁锈、毛刺、污垢、冰雪等应清除干净，露出钢材金属光泽。

2杆件的组装应在工作台上或工艺装备内进行。组装时应将焊缝错开，错开最小距离应符合图17.2.5的规定。

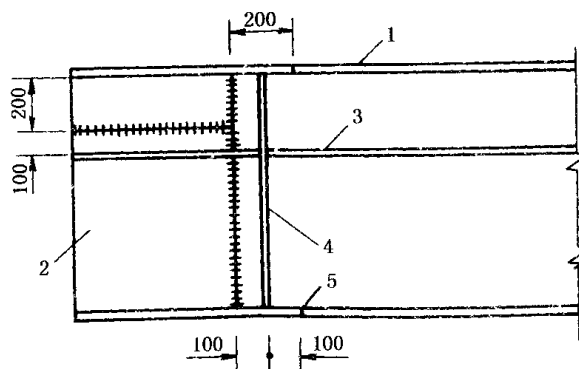


图 17.2.5 焊缝错开的最小距离

1-盖板;2-腹板;3-板梁水平肋或箱形梁纵肋;4-板梁竖肋或箱形梁横肋;5-盖板对接焊缝

3组装时,应用冲钉使绝大多数孔正确就位,每组孔应打入10%的冲钉,但不得少于2个,冲钉直径不应小于设计孔径0.1mm。采用预钻小孔组装的杆件,使用的冲钉直径不应小于预钻孔径0.5mm。

4组装时,应用螺栓紧固,保证零件、杆件相互密贴,一般在任何方向每隔320mm至少有一个螺栓。组装螺栓的数量不得少于孔眼总数的30%;组装螺栓的螺母下最少应放置一个垫圈,如放置多个垫圈时,其总厚不应超过30mm。

5焊接杆件和焊接箱形梁的组装允许偏差应分别符合表17.2.5-1和表17.2.5-2之规定。

6卡样钻孔应经常检查钻孔套模的质量情况,如套模松动或磨损超限时,应及时更换。

表17.2.5-1 杆件组装允许偏差

简 图	项 目		允许偏差 (mm)
	对接高低差	$t \geq 25$	1.0
		$t < 25$	0.5
	对接间隙b		+1.0
	桁梁的箱梁杆件宽度b		±1.0 (有拼接时)
	桁梁的箱形杆件对角线差		2.0
	桁梁的H形杆件和箱形杆件高度h		+1.5 0
	盖板中心与腹板中心线的偏移Δ		1.0
	组装间隙Δ		0.5
	纵横梁高度h		+0.5 0
	板梁高度h	$h \leq 2m$	+2.0 0
		$h > 2m$	+4.0 0

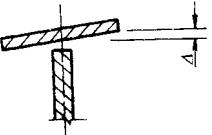
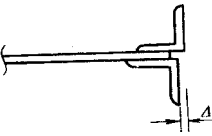
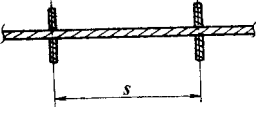
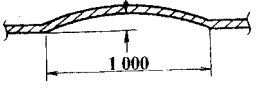
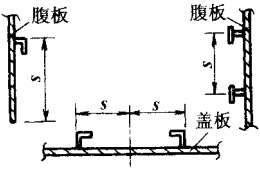
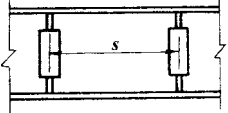
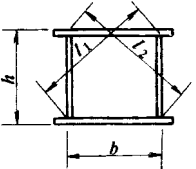
	盖板倾斜 Δ		0.5
	组合角钢肢高低差 Δ	结合处	0.5
		其余处	1.0
	板梁, 纵、横梁加劲肋间距s	有横向联结	± 1.0
		无横向联结	± 3.0
	板梁腹板, 纵、横梁腹板的局部平面度 Δ		1.0
磨光顶紧	局部缝隙		≤ 0.2

表17.2.5-2 箱形梁组装允许偏差 (mm)

简图	项 目		允许偏差
	箱形梁盖板、腹板的纵肋、横肋间距s		± 1.0
	箱形梁隔板间距s		± 2.0
	箱形梁宽度b		± 2.0
	箱形梁高度h	$h \leq 2m$	$\pm 2.0 \quad 0$
		$h > 2m$	$\pm 4.0 \quad 0$
	箱形梁横断面对角线差		3.0
	箱形梁旁弯f		5.0

17.2.6焊接

1在工厂或工地首次焊接工作之前或材料、工艺在施工过程中遇有须重新评定的变化, 必须分别进行焊接工艺评定试验。焊接工艺评定按现行《铁路钢桥制造规范》(TB10212) 进行。

2焊工应经过考试, 熟悉焊接工艺要求, 取得资格证书后方可从事焊接工作。焊工停焊时间超过6个月, 应重新考核。

3工厂焊接宜在室内进行, 湿度不宜高于80%。焊接环境温度, 低合金高强度结构钢不应低于5℃, 普通碳素结构钢不得低于0℃。主要杆件应在组装后24h内焊接。

4低合金高强度结构钢厚度为25mm以上时进行定位焊、手弧焊及埋弧焊时应进行预热，预热温度80~120℃，预热范围为焊缝两侧，宽度50~80mm。厚度大于50mm的碳素结构钢焊接前也应进行预热。

5焊接材料应通过焊接工艺评定确定，没有生产厂家质量证明书的材料不得使用。对储存期较长的焊接材料，使用前应重新按标准检验。

6焊接时应符合下列规定：

- 1) 施焊前必须按17.2.5条第1款的规定，清除焊接区的有害物。
- 2) 施焊时母材的非焊接部位严禁焊接引弧。
- 3) 多层焊接宜连续施焊，应注意控制层间温度，每一层焊缝焊完后应及时清理检查，清除药皮、熔渣、溢流和其他缺陷后，再焊下一层。

7定位焊时应符合下列规定：

- 1) 焊前必须按施工图及工艺文件检查坡口尺寸、根部间隙等，如不合要求应处理改正。
- 2) 所采用的焊接材料型号应与焊件材质相匹配。
- 3) 定位焊缝应距设计焊缝端部30mm以上，焊缝长应为50~100mm，间距应为400~600mm，定位焊缝的焊脚尺寸不得大于设计焊脚尺寸的1/2。
- 4) 定位焊不得有裂纹、气孔、夹渣、焊瘤等缺陷，否则应处理改正。如有焊缝开裂应查明原因，清除后重焊。

8埋弧焊时应符合下列规定：

埋弧自动焊必须在距杆件端部80mm以外的引板上起、熄弧。焊接中不应断弧，如有断弧必须将停弧处刨成1:5斜坡后，并搭接50mm再引弧施焊。

9焊缝磨修和返修焊时应符合下列规定：

- 1) 杆件焊接后两端引板或产品试板必须用气割切掉，并磨平切口。
- 2) 焊脚尺寸超出表17.2.7-1中允许的正偏差的焊缝，及小于1mm超差的咬边必须磨修匀顺。
- 3) 焊缝咬边超过1mm或外观检查超出负偏差的缺陷应用手弧进行返修焊。16Mn钢板厚度大于25mm返修焊时，应预热至100~150℃。
- 4) 返修焊采用埋弧自动焊、半自动焊时，必须将清除部位的焊缝两端刨成不陡于1:5的斜坡，再进行焊接。
- 5) 返修后的焊接应随即铲磨匀顺，并按原质量要求进行复检。返修焊次数不宜超过两次。

17.2.7 焊缝检验

1焊接完毕，所有焊缝必须进行外观检查，不得有裂纹、未熔合、夹渣、未填满弧坑和超出表17.2.7-1规定的缺陷。

2外观检查合格后，零、部（杆）件的焊缝应在24h后进行无损检验。

3进行超声波探伤，内部质量分级应符合表12.2.7-2的规定。其他技术要求可按现行《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》（GB11345）执行。

表17.2.7-1 焊缝外观检查质量标准（mm）

项 目	质 量 要 求		
气孔	横向对接焊缝	不容许	
	纵向对接焊缝、主要角焊缝	直径小于1.0	每米不多于3个，间距不小于20
	其他焊缝	直径小于1.5	
咬边	受拉杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝(腹板侧受拉区)		不容许
	受压杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝(腹板侧受压区)		≤0.3

	纵向对接及主要角焊缝	≤ 0.5
	其他焊缝	1.0
焊脚尺寸	主要角焊缝	$K_0^{+2.0}$
	其他焊缝	$K_{-1.0}^{+2.0}$ ①
焊波	角焊缝	任意25mm范围内高低差 ≤ 2.0
余高	对接焊缝	焊缝宽 $b < 12$ 时, ≤ 3.0
		$12 < b \leq 25$ 时, ≤ 4.0
		$b > 25$ 时, $\leq 4b/25$
余高铲磨 后表	横向对接焊缝	不高于母材0.5
		不低于母材0.3
		粗糙度Ra50

注：①手工角焊缝全长10%区段内允许 $K_{-1.0}^{+3.0}$ 。

表17.2.7-2 焊缝超声波探伤内部质量等级

项 目	质量等级	适用范围
对接焊缝	I	主要杆件受拉横向对接焊缝
	II	主要杆件受压横向对接焊缝、纵向对接焊缝
角焊缝	III	主要角焊接

4箱形杆件棱角焊缝探伤的最小有效厚度为 $\sqrt{2t}$ （ t 为水平板厚度，以mm计）。

5焊缝超声波探伤范围和检验等级应符合表17.2.7-3的规定，距离一波幅曲线灵敏度及缺陷等级评定应符合本规范附录K-1的规定。

表17.2.7-3 焊缝超声波探伤范围和检验等级（mm）

焊缝质量级别	探伤比例	探伤部位	板厚	检验等级
I、II级横向对接焊缝	100%	全长	10~45	B
			>46~56	B（双面双侧）
II级纵向对接焊缝	100%	焊缝两端各1000	10~46	B
			>46~56	B（双面双侧）
II级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并 延长500，板梁主梁 及纵、横梁跨中加探 1000	10~46	B
			>46~56	B（双面单侧）

6对接焊缝除应用超声波探伤外，尚须用射线抽探其数量的10%（并不得少于一个接头）。探伤范围为焊缝两端各250~300mm，焊缝长度大于1200mm时，中部加探250~300mm。当发现裂纹或较多其他缺陷时，应扩大该条焊缝探伤范围，必要时可延长至全长。进行射线探伤的焊缝，当发现超标缺陷时应加倍检验。

用射线和超声波两种方法检验的焊缝，必须达到各自的质量要求，该焊缝方可认为合格。焊缝的射线探伤应符合现行国家标准《钢熔化焊对接接头照相和质量分级》（GB3323）的规定，射线照相质量等级为B级，焊缝内部质量为Ⅱ级。

17.2.8 杆件矫正

1杆件矫正时除应符合第17.2.2条的规定外，还应注意冷矫时应缓慢加力，室温不宜低于5℃，冷矫总变形率不得大于2%。时效冲击值不满足要求的拉力杆件，不得冷矫。

2杆件矫正的允许偏差应符合表17.2.8-1和表17.2.8-2的规定。

表17.2.8-1 箱形梁矫正允许偏差

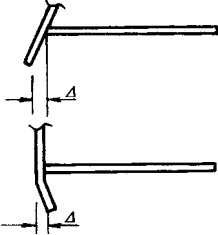

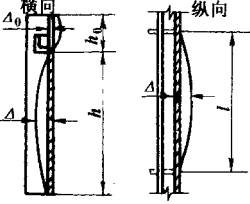
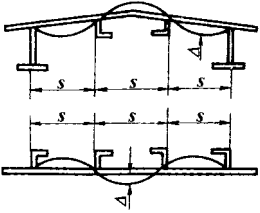
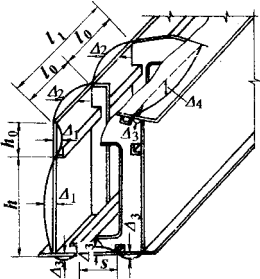
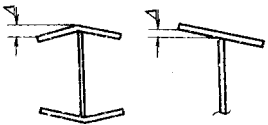
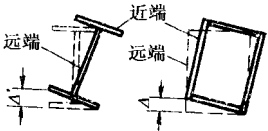
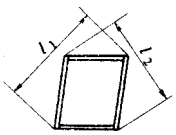
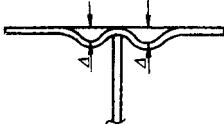
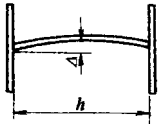


简 图	项 目		允许偏差（mm）
	盖板对腹板的垂直度Δ	有孔部位	1.0
		其余部位	3.0
	隔板弯曲f	横向纵向	2.0
	腹板平面度Δ	横向	$\frac{h}{250}$
		有孔部位	2.0
		纵向	$\frac{L}{500}$
	盖板平面度Δ	有孔部位	2.0
		横向	$\frac{s}{250}$
		纵向4m范围	4.0
	腹板平面度	横向Δ1	$\frac{h}{250}$ 且≤3
		纵向Δ2	$\frac{l_0}{500}$ 且≤5.0
	盖板平面度	横向Δ3	$\frac{s}{250}$ 且≤3.0
		纵向Δ4	$\frac{l_1}{500}$ 且≤5.0
	扭 曲		每米≤1，且每段≤10

表17.2.8-2 板梁、桁梁杆件矫正允许偏差

简 图	项 目		允许偏差 (mm)
	盖板对腹板的垂直度 Δ	有孔部位	0.5
		其余部位	2.0
	工形、箱形杆件的扭曲 Δ		3.0
	箱形杆件中对角线差		2.0
	盖板平面度 Δ	有孔部位	0.3
		其余部位	1.0
	板梁, 纵、横梁腹板的平面度 Δ		$\Delta \leq \frac{h}{500}$ 且 ≤ 5.0
	工形、箱形杆件的弯曲或纵横梁的旁弯f		2.0 ($l \leq 4000$) 3.0 ($4000 \leq l \leq 16000$) 5.0 ($l > 16000$)
	板梁, 纵、横梁的拱度f	不设拱度	+3.0, 0
		设拱度	+10.0, -3.0

17.2.9 节点钢枢及枢孔

1 枢孔直径允许偏差为 $\pm 0.2\text{mm}$, 拉力杆件两枢孔外缘至外缘, 或压力杆件两端枢孔内缘至内缘之距离, 除设计文件另有规定外, 允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。枢孔应于杆件焊接矫正后镗(钻)制。

枢接结构中, 钢枢设计直径一般较枢孔设计直径小 0.4mm , 钢枢直径制造允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

2 公路装配式钢桥的枢孔、钢枢直径和杆件两端枢孔距离允许偏差以及其他质量要求应符合设计文件的规定。

3 公路装配式钢桥的钢枢除设计另有规定外, 应采用30铬锰钛(30CrMnTi)合金结构钢制造。

17.2.10 高强度螺栓

公路钢桥所用的高强度螺栓可选用大六角形(GB/T1228~1231)和扭剪型(GB/T3632~3633)两类。制造高强度螺栓、螺母、垫圈的材料应符合17.1.2条的规定, 并应在专门螺栓厂制造。制成后的高强度螺栓、螺母和垫圈应符合下列规定:

1外形尺寸、允许偏差应符合GB / T1228、GB / T1229、GB / T1230和GB / T3632—3633的规定。高强度螺栓、螺母、垫圈的表面宜进行表面防锈处理。

2垫圈两面应平直，不得翘曲，其维氏硬度HV30应为329~436（HRC35—45）。

3每批高强度螺栓应有出厂合格证，强度试验方法应按GB / T1231、GB / T3633的规定，螺栓运到工地后，除检查出厂合格证外，应从各批螺栓中抽样检验，每批抽检8副，但不得少于3副。

17.2.11 摩擦面处理

在工地以高强度螺栓栓接的构件板面（摩擦面）必须进行处理，处理后的抗滑移系数值应符合设计要求。摩擦面的处理还应注意：

经处理的摩擦面，出厂时应按批按照附录K-2做抗滑移系数试验，应按批附3套与杆件相同材质、相同处理方法的试件，由工地安装单位复验抗滑移系数。在运输过程中试件摩擦面不得损伤。

17.2.12 除锈

表面和摩擦面的除锈应在制作质量合格后进行，并应符合下列要求：

1表面的除锈方法和除锈等级设计无规定时，其质量要求应符合表17.2.12的规定。

2适应范围还应与设计采用的涂装及所处环境相适应。

3除锈后的摩擦面宜进行喷铝防锈处理。

表17.2.12 表面除锈质量要求

除锈方法	喷射或抛射除锈			手工和动工具除锈	
除锈等级	Sa2	Sa2.5	Sa3	St2	St3
适用范围	除右边两类条件以外的其他地区	年平均相对湿度在50%以上及有一般大气污染的工业地区	1.大气含盐雾的沿海地区； 2.大气中SO ₂ 含量大于250mg/m ³ 的工业地区； 3.杆件浸水部分； 4.防腐要求高的钢梁及构件	与Sa2条件同	与Sa3条件同
质量标准	一般喷射、抛射除锈，钢材表面的油脂和污垢，氧化皮、锈和油漆涂层等附着物已基本清除，其残留物应是牢固附着的	较彻底的喷射、抛射除锈，钢材表面应无可见的油脂和污垢，氧化皮、锈和油漆涂层等附着物，任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑	彻底的喷射、抛射除锈，钢材表面应无可见的油脂和污垢，氧化皮、锈和油漆涂层等附着物，表面应呈现均匀的金属光泽	一般的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，没有附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层等附着物	彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，没有附着不牢的氧化皮、锈和油漆涂层等附着物，除锈比St2彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽

4采用喷射或抛射除锈时回收的钢丸应去除锈屑、锈粉等杂物。

17.2.13 钢梁试拼装

1钢梁试拼装前的杆件应将孔边飞刺、板层间刺屑、电焊熔渣飞溅等清理干净；杆件边缘和端部的允许缺陷应铲磨匀顺。

2有磨光顶紧要求的杆件，应有75%以上的面积密贴，用0.2mm的塞尺检查，其塞入面积不应超过25%。

3钢梁杆件成品经检验符合要求后，应进行钢梁试拼装。试拼装应符合下列要求：

1) 试拼装宜采用具有代表性的局部试拼装法, 未经试拼装合格, 不得成批生产。

2) 试拼装应根据试件施工图进行。每拼完一个单元(或节间)应检查并调整好几何尺寸, 再继续进行。

3) 试拼装时螺栓应紧固, 使板层紧密。冲钉不得少于孔眼总数的10%, 螺栓不得少于螺栓孔总数的20%。

4) 钢梁试拼装的质量标准如下:

1) 钢梁试拼时, 必须用试孔器检查所有螺栓孔。主桁的螺栓孔应能100%自由通过较设计孔径小0.75mm的试孔器; 桥面系和连接系的螺栓孔应100%能自由通过较设计孔径小1.0mm的试孔器; 板梁的螺栓孔应100%自由通过较设计孔径小1.5mm的试孔器方可认为合格。

2) 钢梁试拼装的主要尺寸允许偏差应符合表17.2.13-1和表17.2.13-2的规定。

表17.2.13-1 板梁试拼装主要尺寸允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
梁高h	$h \leq 2m$	± 2
	$h > 2m$	± 4
跨度L	支座中心至中心	± 8
全长	全桥长度	± 15
主梁中心距		± 3
旁弯	桥梁中心线与其试拼装全长L的两端中心所连直线的偏差	$L/5000$
平联节间对角线差		3
横联对角线差		4
主梁倾斜		4
支点高低差	支座处三点水平时, 另一点翘起高度	3

表17.2.13-2 桁梁试拼装主要尺寸允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
桁高	上下弦杆中心距离	± 2
节间长度		± 2
旁弯	桥面系中线与其试拼装全长L的两端中心所连直线的偏差	$\frac{L}{5000}$
试装全长	$L \leq 50000$	± 5
$L > 50000$		$\pm \frac{L}{10000}$
拱度 (计算拱度)	$f \leq 60$	± 3
	$f > 60$	$\pm \frac{5}{100} f$
对角线	每个节间	± 3
主桁中心距		± 3

5试拼装应有详细检查记录，合格后方可批量生产。

17.2.14厂内涂装

1涂装应先按17.2.12进行防锈处理并符合表17.2.12规定要求后，于4h内开始，8h内完成。

2需在工地采用焊缝连接处的两侧应留出30~50mm宽暂不涂装。

3涂装层数、涂层厚度应符合设计要求，当设计无规定时，可按下述规定执行：

- 1) 栓焊梁杆件涂底漆两道，工地安装孔部位应涂刷能保证防滑移系数的防锈材料。
- 2) 纵梁、上承板梁和箱形梁上盖板顶面涂耐磨底漆两道（高强度螺栓孔部位除外）。
- 3) 箱形梁内部涂装环氧沥青厚底漆一道，环氧沥青厚浆面漆一道。
- 4) 备用梁涂底漆两道和面漆一道。
- 5) 以上各层涂漆厚度应符合设计要求。

4杆件码放必须在涂层干燥后进行，对漆膜损伤者应及时补涂。

17.3 验收

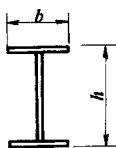
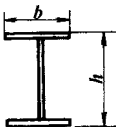
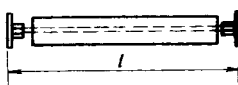

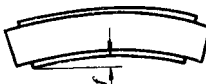
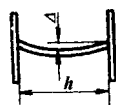
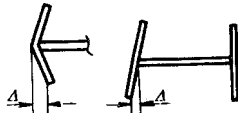
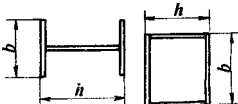
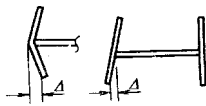
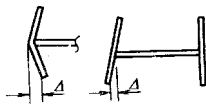
17.3.1板梁尺寸允许偏差应符合表17.3.1的规定。

表17.3.1 板梁基本尺寸允许偏差

项 目			允许偏差（mm）
名称		检查方法	
梁高h	h≤2m	测量两端腹板处高度	±2
	h>2m		±4
跨度		测量两支座中心距离	±8
全长		测量全桥长度	±15
纵梁长度		测量两端角钢背与背之间的 距离	±0.5, -1.5
横梁长度			±1.5
纵梁高度		测量两端腹板处高度	±1.0
横梁高度			±1.5
纵、横梁旁弯		梁立置时在腹板一侧距主焊缝100mm处拉线测量	3
主梁拱度f		梁卧置时在下盖板外侧拉线 测量	+3（不设拱度）0
			+10（设拱度）-3
两片主梁拱度差		分别测量两片主梁拱度，求差 值	4
主梁腹板平面度		用平尺测量（h为梁高或纵向 加劲肋至下盖板间的距离）	$< \frac{h}{350}$ 且≤8
纵、横梁腹板平面度			$\frac{h}{500}$ 且≤5
主梁、纵横梁盖 板对腹板的垂直 度	有孔部位	用直角尺测量	0.5
	其余部位		1.5

17.3.2桁梁杆件尺寸应符合表17.3.2的规定。

表17.3.2 桁梁杆件基本尺寸允许偏差

简 图	项 目			允许偏差 (mm)	
	名 称		检 查 方 法		
	联结系杆件	高度h	测量两端腹板处高度	±1.5	
		盖板宽度b	每2m测一次	±2.0	
		长度l	测量全长	±5	
 	纵横梁	纵梁高度h	测量两端腹板处高度	±1.0	
		横梁高度h		±1.5	
		盖板宽度b	每2m测一次	±2.0	
		纵梁长度l	测量两端角钢背至背之间的距离	+0.5 -1.5	
		横梁长度l		±1.5	
   	纵横梁	旁弯f	梁立置时，在腹板一侧距主焊缝100m处拉线测量	3	
		上拱度f	梁卧置时，在下盖板外侧拉线测量	+3, 0	
		腹板平面度Δ	用平尺测量	$h/500$ 且 ≤ 5	
		盖板对腹板的垂直度Δ	有孔部位	用直角尺测量	0.5
			其余部位		1.5
  	主桁杆件	高度h	测量两端腹板处高度	±1.0	
		盖板宽度b	每2m测一次	±2.0①	
		长度l	测量全长	±5	
		工形件的盖板对腹板的垂直度Δ	有孔部位	用直角尺测量	0.5
			其余部位		1.5

		弯曲f	拉线测量	2 ($l \leq 4000$) 3 ($4000 < l \leq 16000$) 5 ($l \leq 16000$)
		扭曲Δ	杆件置于平台上，四角中有三角接触平台，悬空一角与平台之间隙	3

注：①箱形杆件有拼接要求时为 ± 1.0

17.3.3箱形梁尺寸允许偏差应符合表17.3.3的规定。

表17.3.3 箱形梁基本尺寸允许偏差

项 目			允许偏差 (mm)
名称		检查方法	
梁高h	$h \leq 2m$	测量两端腹板处高度	± 2
	$h > 2m$		± 4
跨度L		测两支座中心距离，L以m计	$\pm (5+0.15L)$
全长		—	± 15
腹板中心距		测两腹板中心距	± 3
盖板宽度b		—	± 4
横断面对角线差		测两端断面对角线差	4
旁弯		L以m计	$3+0.1L$
拱度		—	$+10, -5$
支点高度差		—	5
腹板平面度		H为盖板与加劲肋或加劲肋与加劲肋之间的距离	$< \frac{h}{250}$ 且 ≤ 8
扭曲		每段以两端隔板处以为准	每米 ≤ 1 ，且每段 ≤ 10

注：①分段分块制造的箱形梁拼接处，梁高及腹板中心距允许偏差按施工文件要求办理；

②箱形梁其余各项检查方法可参照板梁检查方法。

17.3.4钢桥构件出厂时，应提交下列资料：

- (1) 产品合格证；
- (2) 钢材和其他材料质量证明书或试验报告；
- (3) 施工图、拼装简图和设计变更文件，设计变更内容应在施工图中相应部位注明；
- (4) 产品试板的试验报告；
- (5) 焊缝重大修补记录；
- (6) 高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告，焊缝无损检验报告及涂层检测资料；
- (7) 工厂试拼装记录；
- (8) 构件发运和包装清单。

17.3.5钢梁构件包装必须在涂层干燥后进行。包装和存放应保证构件不变形、不损坏，不散失，包装和发运应符合运输的有关规定。

17.4 钢桥工地安装

17.4.1 一般要求

1钢桥安装应按施工图进行。安装前应对临时支架、支承、吊机等临时结构和钢桥结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。

2安装前，应按照构件明细表核对进场的构件、零件，查验产品出厂合格证及材料的质量证明书。

3钢桥杆件在工地安装过程中矫正、制孔、组装、焊接和涂装等工序的施工质量要求应符合本规范第17.2节中有关规定。

4钢桥构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层，应按照第17.2节中的有关规定补涂。钢桥面层涂装应在钢桥结构完成后进行。

5钢梁安装前，应对桥台、墩顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差内方可安装。

6钢梁工地安装，可根据跨径大小、河流情况、起吊能力选择安装方法。

17.4.2 安装

1杆件宜采用预先组拼、栓合或焊接，扩大拼装单元进行安装，对容易变形的构件应进行强度和稳定性验算，必要时应采取加固措施。

2杆件组拼前应清除杆件上的附着物，摩擦面应保持干燥、整洁。应根据外界环境和焊接等变形因素的影响，采取措施，保证钢梁的建筑拱度及中心线位置。

3在支架上拼装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的1 / 3，其中冲钉不得多于2 / 3。孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓总数不少于6个或将全部孔眼插入冲钉或粗制螺栓。

用悬臂或半悬臂法拼装钢梁时，联结处所需冲钉数量应按所承受荷载计算决定，但不得少于孔眼总数的一半，其余孔眼布置精制螺栓。冲钉和精制螺栓应均匀地安放。

高强度螺栓栓合梁拼装时，冲钉数量应符合上述规定，其余孔眼布置高强度螺栓。吊装杆件的吊钩，必须等杆件完全固定后方可卸去。

4拼装用的冲钉直径（中段圆柱部分）应较孔眼设计直径小0.2~0.3mm，其长度应大于板束厚度。

拼装用精制螺栓直径应较孔眼设计直径小0.4mm，拼装板束用的粗制螺栓直径应较孔眼直径小1.0mm。冲钉和螺栓可用35号碳素结构钢制造。

5钢桥安装过程中，每完成一节间应测量其位置、标高和预拱度，如不符合要求时应进行校正。

17.4.3 高强度螺栓连接的规定

1由制造厂处理的钢桥杆件的摩擦面，安装前应复验所附试件的抗滑移系数，合格后方可安装，并应符合设计要求。

2高强度螺栓的设计预拉力、施加预拉力应符合表17.4.3的规定。

表17.4.3 高强度螺栓的预拉力（kN）

螺纹规格d	M22	M24	M27	M30
设计预拉力p	190	225	270	355
施加预拉力Pc	210	250	300	390

3高强度螺栓连接副在运输过程中应轻装轻卸，储存时应分类分批存放，不得混淆，并防止受潮生锈，在使用前应进行外观检查并应在同批内配套使用。

4施工前,高强度螺栓连接副应按出厂批号复验扭矩系数,每批号抽验不少于8套,其平均值和标准偏差应符合设计要求。设计无要求时平均值应在0.11~0.15范围内,其标准偏差应小于或等于0.01。复验数据应作为施拧的主要参数。

5安装钢梁的高强度螺栓的长度必须与安装图一致。安装时,高强度螺栓应顺畅穿入孔内,不得强行敲入,穿入方向应全桥一致。高强度螺栓不得作为临时安装螺栓。被栓合板束的表面应垂直于螺栓轴线,否则应在螺栓垫圈下面加垫斜坡垫板。

6施拧高强度螺栓应按一定顺序,从板束刚度大、缝隙大之处开始,对大面积节点板应由中央向外拧紧,并应在当天终拧完毕。施拧时,不得采用冲击拧紧和间断拧紧。

7用扭矩法拧紧高强度螺栓连接副时,初拧、复拧和终拧应在同一工作日内完成。初拧扭矩应由试验确定,一般为终拧扭矩的50%。终拧扭矩应按公式(17.4.3)计算:

$$T_c = K \cdot P_c \cdot d \quad (17.4.3)$$

式中: T_c ——终拧扭矩(N·m);

K ——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值,按本条第4款要求测得;

P_c ——高强度螺栓的施工预拉力(kN),见表17.4.3;

d ——高强度螺栓公称直径(mm)。

8用扭角法施拧高强度螺栓可按照现行《铁路钢桥高强螺栓连接施工规定》(TBJ214)的规定执行。

9高强度螺栓施拧采用的扭矩扳手,在作业前后均应进行校正,其扭矩误差不得大于使用扭矩值的±5%。

10高强度螺栓终拧完毕应按下列规定进行质量检查:

1)检查应由专职质量检查员进行,检查扭矩扳手必须标定,其扭矩误差不得大于使用扭矩的±3%,且应进行扭矩抽查。

2)松扣、回扣法检查,先在螺栓与螺母上做标记,然后将螺母退回30°,再用检查扭矩扳手把螺母重新拧至原来位置测定扭矩,该值不小于规定值的10%时为合格。

3)对主桁节点及板梁主体及纵、横梁连接处,每栓群以高强螺栓连接副总数的5%抽检,但不得少于2套,其余每个节点不少于1套进行终拧扭矩检查。

4)每个栓群或节点检查的螺栓,其不合格者不得超过抽验总数的20%,如超过此值,则应继续抽验,直至累计总数80%的合格率为止。然后对欠拧者补拧,超过者更换后重新补拧。

17.4.4 工地焊缝连接和固定

钢桥工地焊缝连接分全焊连接和焊缝与高强度螺栓合用连接两类。合用连接中高强度螺栓连接的技术要求应符合17.4.3条的规定。工地焊缝连接的技术要求应符合下列规定:

1钢桥杆件工地焊缝连接应按设计规定的顺序进行。设计无规定时,纵向宜从跨中向两端,横向宜从中线向两侧对称进行。

2工地焊接应设立防风设施,遮盖全部焊接处。雨天不得焊接(箱形梁内除外)。箱形梁内采用CO₂气体保护焊时,必须使用通风防护安全设施。

3焊接施工时的技术要求应符合第17.2.6条的规定。

4工地焊接接缝应按第17.2.7条的规定检验。

17.4.5 钢桥构件连接固定后落梁就位时,应符合下列规定:

1钢梁就位前应清理支座垫石,其标高及平面位置应符合设计要求。

2固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并考虑施工安装温度、施工误差等确定。

3钢梁落梁前后应检查其建筑拱度和平面尺寸,并做记录,校正支座位置。

4钢梁安装后的允许偏差见表17.4.5。

表17.4.5 钢梁安装后的允许偏差

项 目			规定值或允许偏差（mm）
轴线偏位	钢梁中线		10
	两孔相邻横梁中线相对偏差		5
梁底标高	墩台处梁底		±10
	两孔相邻横梁相对高差		5
支座偏位	支座纵、横线扭转		1
	固定支座顺 桥向偏差	连续梁或60m以上简支梁	20
		60m以下简支梁	10
	活动支座按设计气温定位前偏差		3
支座底板四角相对高差			2
连接	对接焊缝的对接尺寸、气孔率		符合本规范17.2.7条要求
	高强度螺栓扭矩		±10%

17.4.6钢桥工地涂装应符合设计要求。防腐蚀涂料应具有良好的附着性、耐蚀性，并具有出厂合格证和检验资料，工地涂装施工组织设计应满足使用要求。喷涂金属的表面处理的最低等级为Sa2.5。喷涂金属系统的封闭涂层，其底漆应具有良好的封孔性能。

17.4.7 工地涂装质量检验

1涂层系统

1) 涂装前应进行表面处理的质量检查，合格后方可进行涂装。

2) 涂装时，涂层遍数和漆膜厚度应符合设计要求，应及时测定湿膜厚度，保证干膜厚度。

涂装时发现漏涂、流挂发白、皱纹、针孔、裂纹等缺陷，应及时进行处理。每层涂装前，应对上一层涂层进行检查。涂装后，应进行涂层外观检查。表面应均匀、无气泡、无裂纹等缺陷。

3) 涂层干膜厚度大于或等于设计厚度值的点数占总测点数的90%以上，其他测点的干膜厚度不应低于90%的设计厚度值。当不符合上述要求时，应进行修补。

4) 厚膜涂层应进行针孔检测，针孔数不应超过测点总数的20%，当不符合要求时，应进行修补。

2喷涂金属系统

1) 可目视或用5~10倍放大镜观察，喷涂金属层应颗粒细密、厚薄均匀，并不得有固体杂质、气泡及裂缝等缺陷。

2) 喷涂厚度达不到要求时，应进行补喷或重喷。

3) 孔隙率检测，检测面积宜占总面积的5%，当不合格时，应进行补喷或重喷。

4) 对喷涂金属层与钢结构的结合性能，可采用敲击或刀刮进行检测，当不合格时，应进行补喷或重喷。

3封闭涂层质量可按涂层质量检查的有关规定进行。

17.4.8 钢桥验收

钢桥工程的验收应在钢桥全部安装并涂装完成后进行。钢桥安装、涂装的质量和允许偏差应符合本章各节的有关要求，并应符合现行《公路工程质量检验评定标准》（JTJ071）的规定。

18 悬索桥

18.1 一般规定

18.1.1 本章适用于主缆采用平行高强钢丝制作的大跨悬索桥的制造、安装、架设施工。

18.1.2 施工准备除满足第3章的要求外，还应根据悬索桥的构造和施工特点，预先编制经济可行的实施性施工组织设计，有计划地做好构件的加工、特殊机械设备的设计制作和必要的试验工作。索股、索鞍、索夹应严格执行国家或部颁的行业标准和规定制作，并应进行检测和验收。

18.1.3 施工过程中，必须进行施工监控，确保施工质量。

18.1.4 本章根据悬索桥施工的基本特点对主要事项作出规定，其余有关事项应按本规范相应章节的规定执行。

18.2 锚碇

18.2.1 重力式锚碇基础施工除必须按本规范第4章有关规定执行外，还必须注意以下问题：

1 基坑开挖时应采取沿等高线自上而下分层开挖，在坑外和坑底要分别设置排水沟和截水沟，防止地面水流入积留在坑内而引起塌方或基底土层破坏。原则上应采用机械开挖，开挖时应在基底标高以上预留150~30mm土层用人工清理，不要破坏基底结构。如采用爆破方法施工，应使用如预裂爆破等小型爆破法，尽量避免对边坡造成破坏。

2 对于深大基坑边坡处理，应采取边开挖边支护措施保证边坡稳定。支护方法应根据地质情况采用。

18.2.2 重力式锚碇锚固体施工

1 型钢锚固体系可按下列规定进行：

1) 所有钢构件安装均应按照本规范第17章的要求进行。

2) 锚杆、锚梁制造时必须严格按设计要求进行抛丸除锈、表面涂装和无破损探伤等工作。

出厂前应对构件连接进行试拼，其中应包括锚杆拼装、锚杆与锚梁连接、锚支架及其连接系平面试装。

3) 锚杆、锚梁制作及安装精度应符合表18.2.2-1的要求。

2 对预应力锚固体系可按下列规定进行：

1) 预应力张拉与压浆工艺，除需严格按照设计与第12章的要求进行外，锚头要安装防护套，并注入保护性油脂。

2) 加工件必须进行超声波和磁粉探伤检查。

3) 预应力锚固系统施工精度应符合表18.2.2—2的要求。

表18.2.2-1 锚杆、锚梁制作安装要求

项目		规定值或允许偏差
锚杆制造（mm）	长度	±3
	高度	
	宽度	
支架安装（mm）	中心线偏差	±10
	横向安装锚杆之平联高差	-2, +5
锚杆安装（mm）	X轴	±10
	Y轴	±5
	Z轴	±5
后锚梁安装	中心偏位	5mm
	偏角	符合设计要求
漆膜厚度		不小于设计要求

表18.2.2-2 预应力锚固系统施工要求

项目	规定值或允许误差
拉杆张力	符合设计要求
前锚孔道中心坐标 (mm)	±10
前锚面孔道角度 (°)	±0.2
拉杆轴线偏位 (mm)	5
连接器轴线 (mm)	5

18.2.3重力式锚碇锚体混凝土施工

- 1 大体积混凝土施工需采取下列措施进行温度控制，防止混凝土开裂。
- 1) 采用低水化热品种的水泥。对于普通硅酸盐水泥应经过水化热试验比较后方可使用。
- 2) 采用下列方法降低水泥用量、减少水化热：掺入质量符合要求的粉煤灰和缓凝型外掺剂，粉煤灰用量一般为水泥用量的30%~40%；混凝土可按60d的设计强度进行配合比设计。
- 3) 降低混凝土入仓温度。可对砂石料加遮盖，防止日照；采用冷却水作为混凝土的拌和水等。
- 4) 在混凝土结构中布置冷却水管，混凝土终凝后开始通水冷却降温。设计好水管流量、管道分布密度和进水温度，使进出水温差控制在10℃左右，水温与混凝土内部温差不大于20℃。

2 大体积混凝土施工时应注意以下问题：

- 1) 大体积混凝土应采用分层施工，每层厚度可为1~1.5m，应视混凝土浇筑能力和降温措施而定。后一层混凝土浇筑前需对已浇好的混凝土面进行凿毛、清除浮浆，确保混凝土结合面粘结良好。层间间歇宜为4~7d。
- 2) 根据锚碇的结构型式、大小等采取分块施工，块与块之间预留湿接缝，槽缝宽度宜为1.5~2m，槽缝内宜浇筑微膨胀混凝土。
- 3) 混凝土浇筑完后应按照规定覆盖并洒水进行养护。当气温急剧下降时须注意保温，并将混凝土内外温差控制在25℃以内。

18.2.4隧道式锚碇在隧道开挖时应采用小型爆破，并不得损坏周围岩体。开挖后应正确支护并进行锚体灌注。

18.2.5隧道式锚碇混凝土施工应符合以下要求：

- 1 锚体混凝土必须与岩体结合良好，宜采用微膨胀混凝土，防止混凝土收缩与拱顶基岩分离。
- 2 混凝土浇筑完毕后，必须采取混凝土养生措施，确保混凝土的质量。
- 3 洞内应具备排水和通风条件。

18.2.6锚碇混凝土施工精度应符合表18.2.6的要求。

表18.2.6 锚碇混凝土施工精度要求

项目		允许偏差 (mm)
锚碇结构轴线偏位	基础	20
	锚面槽口	10
断面尺寸		±30
基础底面高程	土质	±50
	石质	+50, -200
顶面高程		±50
大面积平整度		5
预埋件位置		符合设计要求

18.3 索 塔

- 18.3.1 塔基、混凝土塔身施工应按第19章中的有关规定进行。
- 18.3.2 塔顶钢框架的安装必须在索塔上系梁施工完毕后方能进行。
- 18.3.3 塔完工后，须测定裸塔倾斜度、跨距和塔顶标高，作为主缆线形计算调整的依据。
- 18.3.4 塔施工精度应符合表18.3.4的要求。

表18.3.4 索塔施工精度要求

项目	规定值或允许偏差（mm）
混凝土强度	在合格标准内
塔柱底水平偏位	10
倾斜度	塔高的1/3000，且不大于30或设计要求
断面尺寸	±20
系梁高程	±10
索鞍底板面高程	+10， -0
预埋件位置	符合设计要求

18.4 施工猫道

- 18.4.1 猫道形状及各部尺寸应满足主缆工程施工的需要。猫道面层标高到被架设的主缆底面距离沿全长宜保持一致，宜为1.3~1.5m；猫道净宽宜为3~4m，扶手高宜为1.50m。上、下游猫道间宜设置若干条人行通道，以增强抗风稳定性。
- 18.4.2 猫道承重索可用钢丝绳或钢绞线。设计时充分考虑猫道自重及可能作用其上的其他荷载，承重索的安全系数不小于3.0。猫道宜设抗风缆，确保其稳定性。
- 18.4.3 采用钢丝绳做承重索时，须进行预张拉消除非弹性变形。预张拉荷载不得小于各索破断荷载的1/2，保持60min，进行两次。测长和标记在温度稳定的夜间进行。承重索按被指定的长度切断以后，其端部灌注锚头，锚头顶面须与承重索垂直，并对锚头进行静载检验，以策安全。
- 18.4.4 架设时总的原则是：做到对称施工，边跨与中跨作业平衡，减少对塔的变位的影响，控制裸塔塔顶变位及扭转在设计容许范围内。猫道承重索架设后要在线形调整，应预留500mm以上的可调长度，各根索的跨中标高相对误差宜控制在±30mm之内。承重索在边跨与中跨应连续架设。
- 18.4.5 猫道面层宜由阻风面积小的两层大、小方格钢丝网组成。
- 18.4.6 猫道面层从塔顶向跨中、锚碇方向铺设，并且上、下游两幅猫道要对称、平衡地进行。铺设过程中设牵引及反拉系统，防止面层下滑失控而出现事故及卡环与猫道承重索卡死的现象。
- 18.4.7 中跨、边跨猫道面的架设进度，要以塔的两侧水平力差异不超过设计要求为准。在架设过程中须监测塔的偏移量和承重索的垂度。
- 18.4.8 抗风缆采用钢丝绳时，使用前应进行预张拉。抗风缆架设时宜按先内侧后外侧的架设顺序进行。架设前须先与有关部门联系，设置通航标志，保证航道安全。
- 18.4.9 加劲梁架设前，须将猫道改吊于主缆上，然后解除猫道承重索与塔和锚碇的联结，以利施工控制。
- 18.4.10 主缆防护工程完成以后，可进行猫道拆除工作。拆除时严禁伤及吊索、主缆和桥面。

18.5 主缆工程

18.5.1 索股牵引应符合下列规定：

1 牵引过程中应对索股施加反拉力。

2 牵引最初几根时，宜压低牵引速度，注意检查牵引系统运转情况，对关键部位进行调整后，方能转入正常架设工作。

3 牵引过程中发现绑扎带连续两处被切断时，应停机进行修补。监视索股中的着色丝，一旦发生扭转，须采取措施加以纠正。

4 牵引到对岸，在卸下锚头前须把索股临时固定，防止滑移。索股后端宜施加反拉力。

5 索股两端的锚头引入锚固系统前，须将索股理顺，对鼓丝段进行梳理，不许将其留在锚跨内。

6 索股横移时，须将索股从猫道滚筒上提起，确认全跨径的索股已离开猫道滚筒后，才能横向移到索鞍的正上方。横移时拽拉量不宜过大，任何人不允许站在索股下方。

18.5.2 在索鞍区段内的索股从六边形断面整理呈矩形，其钢丝在矩形断面内的排列应按既能顺利入鞍槽又使空隙率最小的原则。整形过程应在索股处于无应力状态下使用专用的整形器进行。整形完毕的索股方能放入鞍槽，并用木块楔紧。整形时应保持钢丝平顺，不能交叉、扭转，不允许损伤钢丝。

18.5.3 索股锚头入锚后进行临时锚固。为便于夜间调整线形，应给索股一定的抬高量（一般为200~300mm），并做好编号标志。

18.5.4 索股线形调整应按下列要求执行：

1 垂度调整须在夜间温度稳定时进行。温度稳定的条件为：

长度方向索股的温差 $\Delta t \leq 2^{\circ}\text{C}$ ；

横截面索股的温差 $\Delta T \leq 1^{\circ}\text{C}$ 。

1) 绝对垂度调整（即对基准索股标高的调整）：应测定基准索股下缘的标高及跨长，塔顶标高及变位，主索鞍预偏量，散索鞍预偏量，主缆垂度和标高、气温、索股温度等值后经计算决定其调整量。基准索股标高必须连续三天在夜间温度稳定时进行测量，三次测出结果误差在容许范围内时取三次的平均值作为该基准索股的标高。

2) 相对垂度调整：指一般索股相对于基准索股的垂度调整，按与基准索股若即若离的原则进行调整。

2 垂度调整精度标准如下：

索股标高允许误差：基准索股中跨跨中 $\pm L / 20000$ （L为跨径）；

边跨跨中为中跨跨中的2倍；

上下游基准索股高差10mm；

一般索股（相对于基准索股）-5mm，10mm。

3 调整好的索股不得在鞍槽内滑移。

18.5.5 索力的调整以设计提供的数据为依据，其调整量应根据调整装置中测力计的读数和锚头移动量双控确定。其精度要求为：实际拉力与设计值之间的允许误差为设计锚固力的3%。

18.5.6 紧缆工作须分两步进行，即预紧缆和正式紧缆。

1 预紧缆应在温度稳定的夜间进行。预紧缆时宜把主缆全长分为若干区段分别进行，以免钢丝的松弛集中在一处。索股上的绑扎带采用边紧缆边拆除的方法，不宜一次全部拆除。预紧缆完成处必须用不锈钢带捆紧，保持主缆的形状，不锈钢带的距离可为5~6m，预紧缆目标空隙率宜为26%~28%。

2 正式紧缆宜用专用的紧缆机把主缆整成圆形。其作业可以在白天进行。正式紧缆的方向宜向塔柱方向进行。当紧缆点空隙率达到设计要求时，在靠近紧缆机的地方打上两道钢带，其间距

可取100mm，带扣放在主缆的侧下方。紧缆点间的距离约1m。

3正式紧缆质量控制：

- 1) 空隙率须满足设计要求，空隙率偏差为 $\pm 2\%$ 。
- 2) 不圆度（即紧缆后主缆横径与竖径之差）不宜超过主缆设计直径的5%。

18.5.7 主缆防护

1主缆防护应在桥面铺装完成后进行。

2防护前必须清除主缆表面灰尘、油污和水分等污物，临时覆盖，待对该处进行涂装及缠丝后再揭开。

3主缆涂装应按涂装设计进行。

4缠丝工作宜在二期恒载作用于主缆之后进行，缠丝材料以选用软质镀锌钢丝为宜。缠丝工作应由电动缠丝机完成。

1) 缠丝总体方向宜由高处向低处进行，而两个索夹之间则应从低到高，以保证缠丝的密实程度。

2) 缠丝始端应设法嵌入索夹内不少于2圈（或按设计要求），并施加固结焊。

3) 节间内钢丝需要焊接时，宜用闪光对接焊。钢丝缠绕中须保持设计张力，缠绕应紧密均匀，电源应稳定。

4) 缠丝终端应设法嵌入索夹端部槽内并予固结焊，以免松弛。

5) 一个节间内缠好的钢丝宜用固结焊固结。对接钢丝除施加对接焊外需采用固结焊固结。

5质量控制

钢丝缠绕应密贴，缠丝张力应符合设计要求。

18.6 索 鞍

18.6.1 索鞍安装

1安装索鞍时必须满足高空吊装重物的安全要求。选择在白天晴朗时连续完成工作。

2索鞍安装时应根据设计提供的预偏量就位，加劲梁架设、桥面铺装过程中按设计提供的数据逐渐顶推到永久位置。顶推前应确认滑动面的摩擦系数，严格掌握顶推力，确保施工安全。

3索鞍安装精度见表18.6.1-1和表18.6.1-2。

表18.6.1-1 达式 主索鞍安装精度实测项目

项目	规定值或允许偏差（mm）
纵向最终偏差	符合设计要求
横向偏位	10
高程	+20， -0
四角高差	2

表18.6.1-2 散索鞍安装实测项目

项目	规定值或允许偏差（mm）
纵、横向偏位	5
高程	±5
角度	符合设计要求

18.7 索夹与吊索

18.7.1索夹安装

1索夹安装前，须测定主缆的空缆线形，提交给设计及监控单位，对原设计的索夹位置进行确认。然后在温度稳定时在空缆上放样定出各索夹的具体位置并编号，清除索夹位置处主缆表面的油污及灰尘，涂上防锈漆。

2索夹在运输和安装过程中应注意保护，防止碰伤及损坏表面。

3索夹安装方法应根据索夹结构型式、施工设备和施工人员经验确定。当索夹在主缆上精确定位后，即固紧索夹螺栓。

4紧固同一索夹螺栓时，须保证各螺栓受力均匀，并按三个荷载阶段（即索夹安装时、钢箱梁吊装后、桥面铺装后）对索夹螺栓进行紧固，补足轴力。索夹位置要求安装准确，纵向误差不应大于10mm。记录每次紧固的数据存档，并交大桥管理部门备查。

18.7.2吊索制作须按有关产品标准执行。

18.7.3吊索安装

1运输、安装过程中保证吊索不受损伤。

2安装时须采取措施，防止吊索扭转。

18.8 加 劲 梁

18.8.1加劲钢箱梁制作

1本节条款适用于全焊加劲钢箱梁的制造，加劲钢桁架梁的制造可按第17章中的规定执行。

2零部件加工

1）除施工图及工艺文件另有规定外，零部件加工范围及允许偏差应按表18.8.1-1执行。

表18.8.1-1 零件的加工范围及允许偏差

项 目		允许偏差（mm）
零件	范围	
桥面板、桥底板、横隔板、锚底板	四边埋弧自动焊拼板	±1.5
		±1.0
加劲股	焊接边（端）	±2.0

注：①板厚 $t < 10\text{mm}$ 时，板边垂直度偏差不得大于1mm；板厚 $t > 10\text{mm}$ 时，板边垂直度偏差为 $0.1t$ ，但不得大于3mm。

②马刀形弯曲，长度10m及以下允许2mm，10m以上允许3mm，但不得有锐弯。

2）零部件边缘的加工，应优先选用精密切割。

3）边缘加工后，必须将边缘刺屑清理干净，磨去飞刺、挂渣及波纹，还应将崩坑等缺陷部位磨修匀顺。

4）零件应根据零件预留加工量及平直度要求，加工端边。已有孔（或锁口）的零件按孔（或锁口）中心线定位加工边缘。

5）按设计要求需要刨（铣）加工的零件，刨（铣）边时应避免油污污染钢料，加工面的表面粗糙度 Ra 不大于 $25\mu\text{m}$ ，顶紧加工面与板面垂直度偏差应小于 $0.0t$ （ t 为板厚）且不得大于0.3mm。

6）经刨边后的边缘，其表面质量及公差应符合表18.8.1-2的要求。

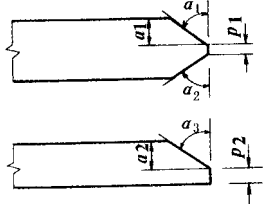
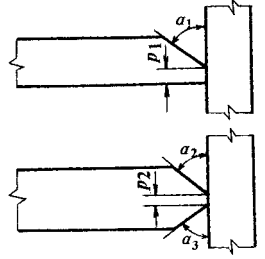
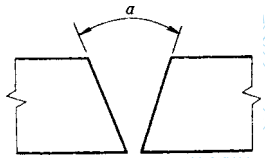
表18.8.1-2 刨边要求及公差

项 目		要求及公差 (mm)
范围	名称	
一般结构	刨削边垂直度	$\leq 0.05t$ 且不大于2
	粗糙度	$Ra \leq 25 \mu m$
顶紧传力面	刨削边垂直度	$\leq 0.01t$ 且不大于0.3
	粗糙度	$Ra \leq 12.5 \mu m$

注：t为板厚。

7) 焊接坡口的加工偏差应符合表18.8.1-3的规定。

表18.8.1-3 焊接坡口加工允许偏差

简 图	接头类别	允许偏差
	对接接头	$a_1、a_2、a_3: \pm 1^\circ$ $a_1、a_2: \pm 1mm$ $p_1、p_2: \pm 1.5mm$
	角接接头	$a_1、a_2、a_3: \pm 3^\circ$ $p_1、p_2: \pm 1.5mm$
	CO ₂ 单面衬垫焊接头	$a: \pm 3^\circ$

3板件、部件及节段组装

1) 组装

(1) 组装前应熟悉施工图和工艺文件，核对编号及图纸无误后方可组装。

(2) 板件、部件及节段组装应在专用平台或胎架上进行，使用专用夹具或马板进行固定，并按工艺要求施放余量或补偿量，在确保产品组装精度、控制焊接变形的条件下应尽量使用夹具，减少使用马板的数量。



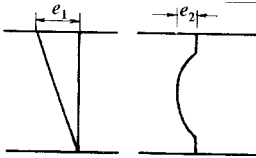
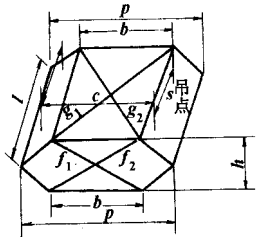
(3) 松开马板约束时，必须采用火焰切割的方式进行，并将约束部位修磨匀顺。

(4) 桥面板、桥底板纵、横对接焊缝应带产品试板，对产品试板进行拉伸试验及焊缝热影响区低温冲击试验。产品试板数量为桥面板、桥底板纵向对接焊缝每10条带1块产品试板，横向对接焊缝每5条焊缝带1块产品试板。

(5) 组装合格后的板块或部件，应在规定部位打上编号钢印。

(6) 组装精度应满足设计要求，设计无规定时，可按表18.8.1-4的要求执行。

表18.8.1-4 组装精度要求

简 图	项 目	允许偏差 (mm)
	搭接接头的间隙	0, 2
	接合的错位	小于 $t/5$ ，且不大于4 (t为板厚)
	横向构件与理论线位置偏差	± 2
	纵隔板和横隔板垂直度和平面度	$e1 \leq 3$ $e2 \leq 4$
	纵向构件与理论线位置偏差	± 1
	一般箱形梁节段的外形尺寸	b: ± 3 p: ± 3 l: ± 2 c: ± 2 s: ± 2 h= ± 2 (端口处) h= ± 4 (其他) $ f1-f2 \leq 4$ 吊点四角平面度小于等于5 $ g1-g2 \leq 5$

2) 焊接

- (1) 焊接要求除本章要求外执行第17.2.6条的规定。
- (2) 焊缝超声波无损探伤范围、内部质量分级及检验等级应符合表18.8.1-5的规定。

表18.8.1-5 焊缝超声波无损探伤范围、内部质量分级及检验等级

项 目	探伤方法	适用范围	探伤范围	质量等级	检验等级
对接 焊缝	超声波	桥面板、桥底板、风嘴（参与强度计算时）的纵、横向对接焊缝	全长	I级	B级
	超声波	U肋、球扁钢、扁钢等的对接焊缝；加劲肋的对接焊缝；隔板对接焊缝	全长	II级	B级
角 焊 缝	超声波	U肋、球扁钢、扁钢与桥面板、桥底板、风嘴的角焊缝；加劲肋的对接焊缝；隔板与桥板的角焊缝	全部杆件两端各1m，中间加探1m	II级	B级

	超声波	锚箱本体的角焊缝及与锚箱连接处的角焊缝	全长	Ⅱ级	B级
	磁粉或渗透	锚箱本体的角焊缝及与锚箱连接处的角焊缝	全长		

(3) 焊缝的超声波探伤应符合现行《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》(GB11345)的规定。

(4) 焊缝的磁粉探伤应符合现行《焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级》(JB / T6061)的规定。

(5) 焊缝的渗透探伤应符合现行《焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级》(JB / T6062)的规定。

(6) 桥面板、桥底板、风嘴(参与强度计算时)的纵、横向对接焊缝须进行射线探伤。纵缝按接头数量的10%进行射线探伤,探伤范围为焊缝两端各250~300mm,接焊长度大于2m时中间加探250~300mm。横缝应按横缝长度的5%随机进行射线探伤。

(7) 焊缝的射线探伤应符合现行《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323)的规定。射线照相质量等级为AB级;焊缝内部质量为Ⅱ级。

(8) 焊缝修磨和返修:

- ①外观检查超标者应按第17章表17.2.7-1进行返修;
- ②超出规定的内部缺陷应在查明原因后用碳弧气刨清除缺陷,用手工焊进行返修;
- ③返修焊后的焊缝应修磨匀顺,并按原质量标准进行复检。

3) 部件矫正

(1) 部件矫正时,应优先采用机械矫正方法,矫正时应缓慢加力,环境温度不应低于5℃,冷矫角变形总量不应大于2%。

(2) 仅做定位焊或焊缝尚未完成的构件,不宜进行矫正。

(3) 板件和节段应在装焊完毕松弛约束后进行矫正。

(4) 热矫时加热温度应控制在600~800℃范围,同一部位加热不宜超过2次。

4试拼装

1) 钢梁应按拼装图进行厂内试拼装,试拼不少于3个节段,按架梁顺序进行试拼装。

2) 试拼装前,应认真做好各项准备工作,仔细检查试拼装胎位、工具、仪器及吊具是否完好和安全可靠。

3) 依据设计图及工艺文件核对每个零件、部件、梁段,不允许使用未经检验或不合格的零部件及梁段参加厂内试拼装。

4) 每次试拼按第17章表17.2.8-1和表17.2.8-2进行检测,

其结果应有详细的记录,首次由工厂技术负责主管组织鉴定,其余各次由工厂检验部门检验确认合格后方可进行下道工序。

5成品

1) 成品梁段基本尺寸允许偏差应符合表18.8.1-6的要求。

2) 钢梁成品应由工厂检验部门进行全面检查、验收,并与业主委派的质量监理工程师共同确认,合格后方可填发产品合格证。

3) 成品移交用户时,工厂应提供下列文件

- (1) 产品合格证;
- (2) 完工图;
- (3) 工厂内试拼装记录;
- (4) 焊缝重大修补检验记录。

表18.8.1-6 梁段验收允许误差

项 目		允许误差 (mm)
名 称	范 围	
跨度 (L)	L为三段试装时最外两吊点的中心距 (m)	$\pm (5+0.15L)$
	分段时两吊点中心距	± 2
全长	分段累加总长	± 20
	分段长	± 2
盖板宽	盖板单元纵向有对接时的盖板宽	± 1
	箱梁段的盖板宽	± 3
旁弯	桥面中心线在平面内的偏差, L为三段试装长度(m)	$3+0.1L$ 最大12
	单段箱梁	≤ 5
拱度	L为跨度或试装匹配时三段的长度 (m)	超过的+ $\{3+0.15L$ 最大12 不足的- $\{3+0.15L$ 最大6
工地对接板面高低差	安装匹配件后板面高差	≤ 1.5

注：梁高 (H)，腹板中心距，横截面对角线差，左右支点高度差 (吊点)，盖板、腹板平面度，扭曲等项目验收条件见表17.3.3和表18.8.1-4。

18.8.2 钢箱梁安装

1待索夹、吊索安装完毕并做好以下前期准备工作后方可进行吊装：

- 1) 对桥下地形及河床进行探测，根据实际情况进行清理。
- 2) 潮汐河段须掌握桥位区海域水文情况，了解该处潮汐变化规律。
- 3) 完成施工组织设计，并经审定。
- 4) 确定吊装期间封航和航道运输管理方案。
- 5) 应充分掌握有关气象资料，特别是突发性风情预报，并做好防范措施。
- 6) 吊机安装就位，并完成各项设备安装及检查工作。

2安装钢箱梁的吊机可选用卷扬机提升跨缆吊机或液压提升跨缆吊机，启用前必须进行试吊。

3吊装方法可根据以下情况选定：

- 1) 如能将梁段运至吊点位置处，可采用垂直起吊法架设。
- 2) 因河床的限制，梁段不能运至吊点正下方时，可将吊机偏位将梁段垂直起吊，然后纵向牵引箱梁就位。

4吊装过程应符合下面规定：

- 1) 吊装过程必须严格遵守高空作业及水上作业的安全规定。
- 2) 吊装过程应观察索塔变位情况，应根据设计要求和实测塔顶位移量分阶段调整索鞍偏移量，以保证工程质量和施工安全。
- 3) 安装前应确定安装顺序，一般可以从中跨跨中对称地向两边进行，安装完一段跨中梁段后，再从两边跨对称地向索塔方向进行。
- 4) 钢箱梁水上运输必须由有经验的人员担任。架设前，宜进行现场驳船定位试验，以保证定位精度。

5) 各工作面上，吊装第二节段起须与相邻节段间预偏一定间隙 (0.5~0.8m)，至标高后，牵拉连接，避免吊装过程与相邻节段发生碰伤，影响吊装工作进行。

6) 安装合龙段前，必须根据实际的合龙长度，对合龙段长度进行修正。

5 调试和定位

- 1) 在节段吊装过程中应对箱梁节段接头进行测试，并随时拧紧定位临时螺栓。
- 2) 当节段吊装超过一定数量时，跨中段的挠度曲线趋于平缓，接近设计要求，此时可对该接头进行定位焊，随节段吊装的增加，其他节段的挠度曲线将逐渐趋于平缓，其他节段接头也将就位，可实施定位焊。

6 工地焊接

- 1) 工地焊接应做工艺评定，并严格按工地焊接工艺进行工地焊接。
- 2) 工地焊缝焊接前应用钢丝砂轮进行焊缝除锈，并在除锈后24h内进行工地焊接。
- 3) 焊接前应检查接头坡口、间隙和板面高低差是否符合要求，同时检查环境是否满足工地焊接的环境要求，如不满足应采取措施。

工地焊接环境要求：风力<5级；温度>5℃；湿度<85%。

雨天不能进行工地焊接（箱内除外）。

- 4) 工地接头焊接时，应注意温度变化对接头焊接的影响。安装时须有足够数量的固定点并保证足够的强度。当工地焊缝形成并具有足够的刚度和强度时，方能解除安装固定点，防止焊缝裂纹及接口处错边量超差。

- 5) 箱内焊接须有通气排尘措施，钢桥上应有安全用电措施，确保施工安全。

- 6) 桥面板和桥底板应使用单面焊双面成形技术，其他结构应尽可能采用高效焊接以减少焊接变形。当箱内采用CO₂气体保护焊时，应采取通风防护安全措施。

- 7) 为控制变形，应对施焊顺序进行控制，横向施焊顺序宜从桥面中轴线向两侧焊接，并尽量做到对称施焊。

- 8) 工地焊接接头应进行100%的超声波探伤，其中抽其30%进行X光探伤拍片检查，当有一片不合格时则对该焊缝进行100%的X光拍片。

- 9) 纵向加劲肋的对接接缝只做超声波探伤。

- 10) 焊缝缺陷的修补应按第17章的有关规定执行。

7 工地涂装

- 1) 工地焊接后应按防腐设计要求进行表面处理。
- 2) 工地焊接的表面补涂油漆应在表面除锈24h内进行，分层补涂底漆和面漆，并达到设计的漆膜总厚度。

- 3) 根据技术文件的要求，工地焊接完成后，应按涂装工艺文件的要求涂箱外装饰面漆。

18.8.3 钢桁架梁安装可按第17章钢桥及第18.8.2条的有关规定执行。悬臂吊装时，可先利用塔顶的吊装设备安装好靠塔柱的节段，再在桁梁上安装移动式悬臂吊机，利用移动式悬臂吊机从塔柱往主跨跨中及锚碇方向对称均衡地将桁梁安装到位。对于桁梁节段重量较轻者，也可采用缆索吊装。

18.8.4 钢加劲梁的安装应符合表18.8.4的要求。

表18.8.4 钢加劲梁安装后的允许偏差

项 目	规定值或允许偏差（mm）
吊点偏位	20
箱或桁梁顶面高程在两吊索处高差	20
相邻节段匹配高差	2
吊索防护	符合设计要求
箱或桁梁段工地连接	符合本规范和设计要求
钢箱或桁梁工地防护	符合设计要求

18.9 钢桥面铺装

- 18.9.1钢桥面板出厂时应按设计要求涂防锈漆，在桥面铺装前应喷丸除锈。
- 18.9.2钢桥面铺装施工应符合设计要求，施工前应对各种材料进行调查试验，并对各种施工机械和设备做全面检查。铺装各层施工前应进行施工试验。
- 18.9.3钢桥面铺装施工时在一道工序完工之后，下道工序应紧跟或尽快进行，施工前下层应保持干燥、整洁，不得有尘土、杂物、油污或损坏，当不符合要求时应予处理。除沥青铺装层外，完工后的铺装层表面严禁通行非施工车辆。
- 18.9.4沥青铺装施工之前，必须铺筑试验段，以验证沥青混合料配合比设计结果，并确定沥青混合料施工工艺。
- 18.9.5沥青铺装施工气温不得低于15℃，且应在钢桥面左右两幅平行对称分段铺筑。
- 18.9.6钢桥面人行道及中央分隔带铺装，除沥青铺装外其余应与行车道相同。沥青铺装层宜人工铺筑，当使用大型压路机有困难时，应采用小型振动压路机或振动夯板压实，对不能采用压实机具的部位，可采用人工夯实。
- 18.9.7质量检查与验收

钢桥面沥青铺装的质量检查与验收标准应符合现行《公路工程质量检验评定标准》（JTJ071）的规定。对钢桥面沥青铺装进行检测时，不得采用钻孔法，而应改用其他适合的办法。

18.10 其 他

- 18.10.1伸缩装置
- 1悬索桥桥面铺装施工前应安装好伸缩装置。
- 2当伸缩装置一端为钢梁另一端为混凝土梁时，则在靠混凝土梁一端底座及端头约800mm范围内，必须用高强度混凝土或特种混凝土，提高其抗压强度及耐冲击能力。
- 3伸缩装置安装时应严格遵守重物吊装及运输安全有关规定，结构焊接可按伸缩装置制作厂家提供的技术标准执行。
- 18.10.2 支座
- 1支座安装前必须认真地检查支座的制作质量及加工精度，满足设计要求后方可使用。
- 2安装方法可先与梁段连接好后随梁段吊装就位，此时对梁段吊点位置必须考虑支座重量，如现场安装施工条件较好时，也可等梁段就位后安装。
- 3安装精度应符合表18.10.2的要求。

表18.10.2 支座安装精度

支座类型	允许偏差（mm）		
竖向支座	纵轴	横轴	标高
	±5	±5	±10
抗风支座	牛腿垂直度	与牛腿侧面的间隙	
	±10	2	

注：竖向支座垫石钢板平整度允许偏差为2mm。

- 18.10.3防撞栏安装
- 可按第20章的有关内容执行。

19 斜拉桥

19.1 一般规定

19.1.1 本章适应于预应力混凝土斜拉桥、钢斜拉桥、钢—混凝土叠合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥以及吊拉组合斜拉桥的制作、安装施工。

19.1.2 本章根据斜拉桥施工的基本特点对主要事项作出规定，其余有关事项应按本规范相应章节的规定执行。

19.1.3 斜拉桥施工与设计有互补和互反馈关系，施工前应全面了解设计的要求和意图，编制施工组织设计，使成桥线形和内力符合设计要求。

19.1.4 斜拉桥施工组织设计的主要内容应包括：

- (1) 基础、墩塔和主梁的施工工艺；
- (2) 塔、梁施工控制及施工测量方法；
- (3) 拉索制作、安装、张拉及锚固工艺。

19.1.5 梁的施工方法可视设计要求、桥位条件、施工经验、设备状况及技术经济比较选定。

19.2 索塔

19.2.1 索塔的施工可视其结构、体形、材料、施工设备和设计要求综合考虑选用适合的方法。裸塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔宜采用劲性骨架挂模提升法。

19.2.2 索塔施工，除设置相应的塔吊外，还应设置工作电梯及安全通道。

19.2.3 斜拉桥施工时应避免塔梁交叉施工干扰。必须交叉施工时应根据设计和施工方法采取保证塔梁质量和施工安全的措施。

19.2.4 索塔横梁施工时应根据其结构、重量及支撑高度设置可靠的模板和支撑系统，考虑弹性和非弹性变形、支承下沉、温差及日照的影响。必要时应设支承千斤顶调控。体积过大的横梁可两次浇筑。

19.2.5 斜塔柱施工时，必须对各施工阶段塔柱的强度和变形进行计算，应分高度设置横撑，使其线形、应力、倾斜度满足设计要求并保证施工安全。

19.2.6 索塔混凝土现浇应选用输送泵施工，超过一台泵的工作高度时，允许接力泵送，但必须做好接力储斗的设置，并尽量降低接力站台高度。

19.2.7 宜在索塔施工中设置劲性钢骨架，以保证索管空间定位精度和钢筋架立的精度。

19.2.8 索塔施工组织设计中必须制定整体和局部的安全措施。

- 1 设置运输安全设施，如塔吊起重量限制器、断索防护器、钢索防扭器、风压脱离开关等。
- 2 防范雷击、强风、暴雨、寒暑、飞行器对施工的影响。
- 3 防范吊落和作业事故并有应急的措施。
- 4 应对塔吊、支架安装、使用和拆除阶段的强度稳定等进行计算和检查。

19.2.9 必须避免上部塔体施工时对下部塔体表面的污染。

19.3 主梁

19.3.1 主梁施工时必须进行施工控制，即对梁体每一施工阶段的结果进行详细的检测分析和验算，以确定下一施工阶段拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值，周而复始直至合龙成桥。

19.3.2 施工监控测试的主要内容

- (1) 变形：主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移；
- (2) 应力：拉索索力、支座力以及梁塔应力在施工过程中的变化；
- (3) 温度：温度场及指定测量时间塔、梁、索的变化。

19.3.3 非与索塔结构固结的主梁，施工时必须使梁塔临时固结，并按要求程序解除临时固结，完成设计的支承体系。必须加强施工期内对临时固结的观察。

19.3.4 混凝土主梁

1 主梁零号段及其两旁的梁段，在支架和塔下托架上浇筑时，应消除温度、弹性和非弹性变形及支承等因素对变形和施工质量的不良影响。

2 采用挂篮悬浇主梁时，除应符合梁桥挂篮施工的有关规定外，还应按下列规定执行：

1) 挂篮的悬臂梁及挂篮全部构件制作后均应进行检验和试拼，合格后再于现场整体组装检验，并按设计荷载及技术要求进行预压，同时测定悬臂梁和挂篮的弹性挠度、调整高程性能及其他技术性能。

2) 挂篮设计和主梁浇筑时应考虑抗风振的刚度要求。

3) 拉索张拉时应对称同步进行，以减少其对塔与梁的位移和内力影响。

3 为防止合龙梁段施工出现的裂缝，应采用以下方法改善受力和施工状况：

1) 在梁上下底板或两肋端部预埋临时连接钢构件，或设置临时纵向连接预应力索，或用千斤顶调节合龙口的应力和合龙口长度。

2) 合龙两端高程在设计允许范围内时，可视情况进行适当压重。

3) 观测合龙前连日的昼夜温度场变化与合龙高程及合龙口长度变化的关系，选定适当的合龙浇筑时间。

4) 合龙梁段浇后至纵向预应力索张拉前应禁止施工荷载的超平衡变化。

4 主梁采用悬拼时，除应遵守连续梁及斜拉桥主梁悬浇的有关规定外，还应按下列规定施工：

1) 预制梁段，如设计无规定，宜选用长线台座（可分段设置），亦可采用多段的联线台座，每联宜多于5段，先预制顺序中的1、3、5段，脱模后再在其间浇2、4段，使各端面啮合密贴，端面不应随意修补。

2) 应在底模上调整主梁分段形体所受竖曲线的影响。拼装中多段积累的超误差，可用湿接缝调整。

3) 梁段拼合前应试拼，以便及时调整。

4) 湿接缝拼合面应进行表面凿毛和清扫，干接缝应保持结合面清洁，粘合料应涂刷均匀。

5) 采用垫片调整梁段拼装线形时，每次垫片调整的高程不应大于20mm。

5 长拉索在抗振阻尼支点尚未安装前，应采用钢索或杆件（平面索时）将一侧拉索联结以抑制和减小拉索的振动。

6 大跨径主梁施工时应缩短双向长悬臂持续时间，尽快使一侧固定，以减少风振的不利影响，必要时应采取临时抗风措施。

19.3.5 钢主梁（包括叠合梁和混合梁）

1 钢主梁应由资质合格的专业单位加工制作、试拼，经检验合格后安全运至工地备用。堆放应无损伤、无变形和无腐蚀。

2 钢梁制作的材料应符合设计要求。焊接材料的选用、焊接要求、加工成品、涂装等项的标准和检验内容均应按本规范第17章、第18章的有关规定执行。

3 应进行钢梁的连日温度变形观测对照，确定适宜的合龙温度及实施程序，并应满足钢梁安装就位时高强螺栓定位所需的时间。

19.4 拉 索

19.4.1 拉索和锚具的制作

1拉索及其锚具应委托专业单位制作，严格执行国家或部颁的行业标准和规定生产，并应进行检测和验收。

2拉索成品、锚具交货时应提供下列资料：

- (1) 产品质量保证书、产品批号、设计索号及型号、生产日期、数量、长度、重量等；
- (2) 产品出厂检验报告及有关数据。

3拉索的运输和堆放应无破损、无变形、无腐蚀。

19.4.2 拉索的安装与张拉

1拉索安装可根据塔高、布索方式、索长、索径、索的刚柔程度、起重设备和施工现场状况等综合选择架设方法。

2安装前应根据索长、索重、斜度和风力等因素计算其安装过程中锚头距索管口2.0m、1.0m，距锚板0.70m以及锚头带锚环时的牵引力，以综合选择架设方案和设备。

3施工中不得损伤索体保护层和索端锚头及螺纹，不得堆压弯折索体。

1) 不得用起重钩或易于对索体产生集中应力的吊具直接挂扣拉索，宜用带胶垫的管形夹具尼龙吊带或设置多吊点起吊。

2) 放索时索体应贴在特制的滚轮上拖拉，并应控制索盘的转速，防止转速突变或倾覆。

3) 为防止锚头和索体穿入塔、梁索管时的偏位和损伤，应在放管处设置控制的力点或限位器调控。

4) 安装过程中锚头螺纹应包裹，及时清除拉索的包护物。拉索防护层和锚头损伤应及时修补并记入有关表格存档以便跟踪维护。

4施工中，拉索抗振的约束环和减振器未安装前，必须确保索管（特别是梁上索管）和锚端的防水、防腐和防污染。

5斜拉桥拉索的张拉应按下列各项执行：

1) 张拉施工的设备和方法应根据设计的索型、锚具、布索方式，塔和梁的构造确定。

2) 拉索张拉的顺序、级次数和量值应按设计规定执行。应以振动频率计测定的索力或油压表量值为准，以延伸值作校核，并应视拉索防振圈以及弯曲刚度的状况对测值予以修正。

3) 拉索张拉可于塔端或梁端单端进行，也可顶升索鞍支座进行。平行钢丝拉索宜采用整体张拉，平行钢绞线拉索可用整体或分索张拉，分索张拉应按“分级”、“等力”的原则进行，每根同级的索力允许误差为 $\pm 1\%$ 。

4) 索塔顺桥向两侧的拉索（组）和桥横向对称的拉索（组）必须对称同步张拉；同步张拉的不同步索力的相差值不得超出设计规定；两侧不对称的或设计拉力不同的拉索，应按设计规定的索力分级同步张拉，各千斤顶同步之差不得大于油表读数的最小分格，索力终值误差小于 $\pm 2\%$ 。

5) 拉索锚固时不宜在锚环与承压板间加垫，需要加垫时，其垫圈材料和强度应符合承压要求，并应设成两个密贴带扣的半圆。

6) 拉索张拉完成后，悬臂施工跨中合龙前后，当梁体内预应力钢筋全部张拉完且桥面及附属设备安装完时，应采用传感器或振动频率测力计检测各拉索索力值，同时应视防振圈及索的弯曲刚度等状况对测值予以修正。每组及每索的拉力误差超过设计规定时应进行调整，调整时可从超过设计索力最大或最小的拉索开始（放或拉），直调至设计索力。调索时应对塔和相应梁段进行位移检测，并做出存档记录，记录内容包括日期、时间、环境温度、索力、索伸缩量、桥面荷载状况、塔梁的变位量及主要相关控制断面应力等。

19.5 质量标准

19.5.1斜拉桥基础、混凝土、钢筋、预应力筋及钢结构等方面的施工质量标准，应参照本规范中的有关规定执行。

19.5.2 斜拉桥索塔和梁的施工质量标准

1钢筋混凝土索塔的施工质量标准见表19.5.2-1。

表19.5.2-1 钢筋混凝土索塔

项目	规定值或允许偏差（mm）
混凝土强度	在合格标准内
地面处水平偏位	10
倾斜度	塔高的1 / 3000，且不大于30或设计要求
断面尺寸	±20
锚固点高程	±10
系梁高程	±10
孔道位置	10，且两端同向

2悬臂浇筑混凝土梁的施工质量标准见表19.5.2-2。

表19.5.2-2 悬臂浇筑混凝土梁

项 目	规定值或允许偏差
混凝土强度（MPa）	在合格标准内
轴线偏位（mm）	L≤100m 10
	L>100m L/10000
斜拉索拉力（kN）	符合设计要求
断面尺寸（mm）	高 +5， -10
	顶高 ±30
	板厚 +10， 0
梁锚固点高程（mm）	L≤100m ±20
	L>100m ±L/5000
锚具轴线与孔位轴线偏位（mm）	5

注：L为跨径。

3悬臂拼装钢筋混凝土梁应符合表19.5.2-3的要求，

表19.5.2-3 悬臂拼装混凝土梁的施工要求

项 目	规定值或允许偏差
轴线偏位（mm）	L≤100m 10
	L>100m L/10000
斜拉索拉力（kN）	符合设计要求
锚具轴线与孔道轴线偏位（mm）	5
梁锚固点高程（mm）	L≤100m L>100m
	±20 ±L/5000
合龙段混凝土强度（MPa）	在合格标准内

注：L为跨径。

4悬臂施工钢及钢筋混凝土结合梁，应符合表19.5.2-4的要求。

表19.5.2-4 悬臂施工结合梁施工要求

项 目		规定值或允许偏差
轴线偏位 (mm)	$L \leq 200m$	10
	$L > 200m$	$L/20000$
混凝土强度 (MPa)		在合格标准内
混凝土板断面尺寸 (mm)	厚	+10, -0
	宽	±30
斜拉索拉力 (kN)		符合设计要求
梁锚固点顶面高程 (mm)	$L \leq 200m$	±20
	$L > 200m$	± $L/10000$
钢梁防护		涂装符合设计要求

注：L为跨径。

20 桥面及附属工程

20.1 一般规定

20.1.1 本章适用于桥面及附属工程的施工。

20.1.2 板式橡胶支座应符合现行《公路桥梁板式橡胶支座》(JT/T4)标准的规定。安装是相当重要的环节,对水平面应仔细校核,支座不得发生偏歪,不能脱空。盆式橡胶支座应符合现行《公路桥梁盆式橡胶支座》(JT391)标准的规定。支座安装位置应准确,并注意安装平整,且盆式橡胶支座应注意使其滑动方向符合设计要求。

20.1.3 橡胶伸缩装置应符合现行《公路桥梁橡胶伸缩装置》(JT/T327)标准的规定。伸缩装置的位置、构造应按设计规定办理。安装各种伸缩装置时,定位值均应通过计算决定。

梁体温度应测量准确,伸缩体横向高度应符合桥面线形。装设伸缩装置的缝槽应清洁干净,如有顶头现象或缝宽不符合设计要求时,应凿剔平整。现浇混凝土时宜在接缝伸缩开放状态下浇筑,应防止已定位的构件变位。伸缩缝两边的组件及桥面应平顺,无扭曲。

梳形钢板伸缩装置、板式橡胶伸缩装置,施工前必须认真做好伸缩装置部位的清理工作。施工中应加强锚固系统的锚固,防止锚固螺栓松动,螺帽脱落,注意养护。

20.1.4 沥青混凝土桥面铺装的施工应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)的有关规定。

20.1.5 桥面防护的防撞护栏的施工应符合现行《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ074)的有关规定。

20.2 支 座

20.2.1 板式橡胶支座

板式橡胶支座安装时,应注意下列事项:

1 橡胶支座在安装前,应检查产品合格证书中有关技术性能指标,如不符合设计要求时,不得使用。

2 支座下设置的支承垫石,混凝土强度应符合设计要求,顶面要求标高准确,表面平整,在平坡情况下同一片梁两端支承垫石水平面应尽量处于同一平面内,其相对误差不得超过 3mm,避免支座发生偏歪、不均匀受力和脱空现象。

3 安装前应将墩、台支座垫石处清理干净,用干硬性水泥砂浆抹平,并使其顶面标高符合设计要求。

4 将设计图上标明的支座中心位置标在支承垫石及橡胶支座上,橡胶支座准确安放在支承垫石上,要求支座中心线同支承垫石中心线相重合。

5 当墩、台两端标高不同,顺桥向有纵坡时,支座安装方法应按设计规定办理。

6 吊装梁、板前,抹平的水泥砂浆必须干燥并保持清洁和粗糙。梁、板安放时,必须仔细,使梁、板就位准确且与支座密贴,就位不准时,或支座与梁板不密贴时,必须吊起,采取措施垫钢板和使支座位置限制在允许偏差内,不得用撬棍移动梁、板。

20.2.2 盆式橡胶支座

支座规格和质量应符合设计要求,支座组装时其底面与顶面(埋置于墩顶和梁底面)的钢垫板,必须埋置密实。垫板与支座间平整密贴,支座四周不得有 0.3mm 以上的缝隙,严格保持清洁。活动支座的聚四氟乙烯板和不锈钢板不得有刮伤、撞伤。氯丁橡胶板块密封在钢盆内,要排除空气,保持紧密。

1 活动支座安装前用丙酮或酒精仔细擦洗各相对滑移面,擦净后在四氟滑板的储油槽内注满硅脂类润滑剂,并注意硅脂保洁;坡道桥注硅脂应注意防滑。

2 盆式橡胶支座的顶板和底板可用焊接或锚固螺栓栓接在梁体底面和墩台顶面的预埋钢板上;采用焊接时,应防止烧坏混凝土;安装锚固螺栓时,其外露螺杆的高度不得大于螺母的厚度;现浇梁底部预埋的钢板或滑板,应根据浇筑时的温度、预应力张拉、混凝土收缩与徐变对梁长的影响,设置相对于设计支承中心的预偏值。

20.2.3 球形支座

球形支座各向转动性能一致,适用于弯桥、坡桥、斜桥、宽桥及大跨径桥,球形支座无承重橡胶块,特别适用于低温地区。

1 支座出厂时，应由生产厂家将支座调平，并拧紧连接螺栓，以防止支座在安装过程中发生转动和倾覆。支座可根据设计需要预设转角及位移，但施工单位应在订货前提出预设转角及位移量的要求，由生产厂家在装配时预先调整好。

2 支座安装前方可开箱，并检查装箱清单，包括配件清单、检验报告复印件、支座产品合格证书及支座安装养护细则。施工单位开箱后，不得任意转动连接螺栓，并不得任意拆卸支座。

3 支座安装高度应符合设计要求，要保证支座平面的水平及平整。支座支承面四角高差不得大于 2mm。

4 支座安装注意事项：

1) 支座开箱并检查清单及合格证。

2) 安装支座板及地脚螺栓：在下支座板四周用钢楔块调整支座水平，并使下支座板底面高符合设计要求，找出支座纵、横向中线位置，使之符合设计要求。用环氧砂浆灌注地脚螺栓孔及支座底面垫层。

3) 环氧砂浆硬化后，拆除支座四角临时钢楔块，并用环氧砂浆填满抽出楔块的位置。

4) 在梁体安装完毕后，或现浇混凝土梁体形成整体并达到设计强度后，在张拉梁体预应力之前，拆除上、下支座连接板，以防止约束梁体正常转动。

5) 拆除上、下支座连接板后，检查支座外观，并及时安装支座外防尘罩。

6) 当支座与梁体及墩台采用焊接连接时，应先将交座准确定位后，用对称间断焊接，将下支座板与墩台上预埋钢板焊接，焊接时应防止烧伤支座及混凝土。

5 支座在试运营期一年后应进行检查，清除支座附近的杂物及灰尘，并用棉丝仔细擦除不锈钢表面的灰尘。

20.2.4 其他特殊型式支座：聚四氟乙烯滑板式支座、圆形板式橡胶支座等。

1 聚四氟乙烯滑板式橡胶支座，四氟板表面应设置贮油槽，支座四周设置防尘设施，在安装时应注意以下各点：

1) 墩台上设置的支承垫石，其标高应考虑预埋的支座下钢板厚度，或在支承垫石上预留一定深度的凹槽，将支座下钢板用环氧树脂砂浆粘结于凹槽内。

2) 在支座下钢板上及四氟滑板式支座上标出支座位置中心线，两者中心线相重合放置，为防止施工时移位，应设置临时固定措施。安装时宜在与年平均气温相差不大时进行。

3) 梁底预埋有支座上钢板，与四氟滑板式支座密贴接触的不锈钢板嵌入梁底上钢板内，或用不锈钢沉头螺钉固定在上钢板上，并标出不锈钢板中心线位置。安装支座时，不锈钢板、四氟板表面均应清洁、干净，在四氟滑板表面涂上硅脂油，落梁时要求平稳、准确，无振动，梁与支座密贴，不得脱空。

4) 支座正确就位后，拆除临时固定装置，采取安装防尘围裙措施。

2 圆形板式橡胶支座安装注意事项同本条第 1 款。

20.2.5 支座安装的质量标准见表 20.2.5。

表 20.2.5 支座安装规定值或允许偏差

检 查 项 目		规定值或允许偏差
支座中心与主梁中线 (mm)		应重合，最大偏差<2
高 程		符合设计要求
支座四角高差 (mm)	承压力≤5000kN	<1
	承压力>5000kN	<2
支座上下各部件纵轴线		必须对下
活动支座	顺桥向最大位移(mm)	±250
	双向活动支座横桥向最大位移(mm)	±25
	横轴线错位距离(mm)	根据安装时的温度与年平均最高、最低温差计算确定
	支座上下挡块最大偏差的交叉角	必须平行<5'

20.3 伸缩装置

20.3.1 梳形钢板伸缩装置

1 采用梳形钢板伸缩装置安装时的间隙，应按安装时的梁体温度决定，一般可按式(20.3.1)计算：

$$\Delta_1 = l - l_1 + l_2 \quad (20.3.1)$$

式中： Δ_1 ——安装时的梳形板间隙；

l ——梁的总伸缩量；

l_1 ——施工时梁的伸长量，应考虑混凝土干燥收缩引起的收缩量，预应力混凝土梁还应考虑混凝土徐变引起的收缩量；

l_2 ——富裕量。

2 梳形钢板伸缩装置所用钢材的力学性能应符合有关规定。安装时注意事项见第 20.1.3 条。

3 应设置橡胶封缝条防水。

20.3.2 橡胶伸缩装置

1 采用橡胶伸缩装置时，材料的规格、性能应符合设计要求。根据桥梁跨径大小或连续梁(包括桥面连续的简支梁)的每联长度，可分别选用纯橡胶式、板式、组合式橡胶伸缩装置。对于板式橡胶伸缩装置，应有成品解剖检验证明。安装时，应根据气温高低，对橡胶伸缩体进行必要的预压缩。气温在 5℃ 以下时，不得进行橡胶伸缩装置施工。

2 采用后嵌式橡胶伸缩体时，应在桥面混凝土干燥收缩完成且徐变也大部完成后再进行安装。

3 伸缩装置安装时应注意下列事项：

1) 检查桥面板端部预留空间尺寸、钢筋，注意不受损伤，若为沥青混凝土桥面铺装，宜采用后开槽工艺安装伸缩缝，以提高与桥面的顺适度。

2) 根据安装时的环境温度计算橡胶板伸缩装置的模板宽度与螺栓间距。将准备好的加强钢筋与螺栓焊接就位，嗣后浇筑混凝土与养生。

3) 将混凝土表面清洁后，涂防水胶粘材料。利用调正压缩的工具，将伸缩装置安装就位，安装时注意事项见第 20.1.3 条。向伸缩装置螺栓孔内灌注防蚀剂后，注意及时盖好盖帽。

20.3.3 模数式伸缩装置

1 伸缩装置由异形钢梁与单元橡胶密封带组合而成的称为模数式伸缩装置。它适用于伸缩量为 80~1200mm 的桥梁工程。

2 伸缩装置中所用异形钢梁沿长度方向的直线度应满足 1.5mm / m，全长应满足 10mm / 10m 的要求。伸缩装置钢构件外观应光洁、平整，不允许变形扭曲。

3 伸缩装置必须在工厂进行组装。组装钢构件应进行有效的防护处理。吊装位置应用明显颜色标明。出厂时应附有效的产品质量合格证明文件。

4 伸缩装置在运输中应避免阳光直接暴晒，雨淋雪浸，并应保持清洁，防止变形，且不能与其他物质相接触，注意防火。

5 伸缩装置施工安装时注意事项：

1) 要按照设计核对预留槽尺寸，预埋锚固筋若不符合设计要求，必须首先处理，满足设计要求后方可安装伸缩装置。

2) 伸缩装置安装之前，应按照安装时的气温调整安装时的定位值，用专用卡具将其固定。

3) 安装时，伸缩装置的中心线与桥梁中心线重合，并使其顶面标高与设计标高相吻合，按桥面横坡定位、焊接。

4) 浇筑混凝土前将间隙填塞，防止浇筑混凝土把间隙堵死，影响伸缩，并防止混凝土渗入模数式伸缩装置位移控制箱内，也不允许将混凝土溅填在密封橡胶带缝中及表面上，如果发生此现象，应立即清除，然后进行正常养护。

5) 待伸缩装置两侧混凝土强度满足设计要求后，方可开放交通。

20.3.4 弹塑体材料填充式伸缩装置

1 伸缩体由高粘弹塑性材料和碎石结合而成的称为填充式伸缩装置。它适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径桥梁工程。适应温度为 -25~60℃。应按设计要求设置。

2 弹塑体材料物理性能应符合有关规定，产品应附有效的合格证书。弹塑体材料加热熔化温度应按要求严格控制。主层石料压碎值不大于 30%，扁平及细长石料含量少于 15%-20%，石料使用前应清洗干净。其加热温度控制在 100~150℃。

3 风力大于 3 级，气温低于 10℃ 及有雨时不宜施工。

4 施工可采用分段分层浇灌铺筑法，亦可采用分段分层拌和铺筑法。

20.3.5 复合改性沥青填充式伸缩装置

1 伸缩体由复合改性沥青及碎石混合而成。适用于伸缩量小于 50mm 的中、小跨径桥梁工程，适用温度-30~70℃。应按设计要求设置。

2 复合改性沥青应符合产品有关规定，其加热熔化温度要控制在 170℃ 以内。

粗石料(14~19mm)和细石料(6~10mm)应满足下列要求：

强度>100MPa；

相对密度 2.6~3.2；

磨耗值(L.A)<30；

磨光值(P.S.V)>42；

压碎值(A.C.V)<20；

扁平细长颗粒含量<15%。

3 嵌入桥梁伸缩缝空隙中的 T 形钢板厚度 3~5mm，长度约为 1m 左右。

20.3.6 伸缩缝质量标准见表 20.3.6。

表 20.3.6 伸缩缝安装允许偏差

项 目		允许偏差
缝 宽		符合设计要求
与桥面高差(mm)		2
纵坡	大 型	±0.2%
	一 般	±0.3%
横向平整度		用 3m 直尺，不大于 3mm

20.4 沉 降 缝

20.4.1 沉降缝的位置应按设计要求设置缝宽均匀一致，从上到下竖直贯穿桥涵结构物。缝端面必须平整，按设计要求设置嵌缝材料。

20.5 桥面防水

20.5.1 桥面防水层应按设计要求设置。

20.5.2 铺设桥面防水层时应注意下列事项：

1 防水层材料应经过检查，在符合规定标准后方可使用。

2 防水层通过伸缩缝或沉降缝时，应按设计规定铺设。

3 防水层应横桥向闭合铺设，底层表面应平顺、干燥、干净。沥青防水层不宜在雨天或低温下铺设。

4 水泥混凝土桥面铺装层当采用油毛毡或织物与沥青粘合的防水层时，应设置隔断缝。

20.6 泄 水 管

20.6.1 泄水管的施工应按设计要求执行。泄水管应伸出结构物底面 100~150mm。

20.6.2 立交桥及高速公路上的桥梁，泄水管不宜直接挂在板下，可将泄水管通过纵向及竖向排水管道直接引向地面，或按设计要求办，并且管道要有良好的固定装置，如锚锭轨及抱箍等预埋件。

20.7 桥面铺装

20.7.1 沥青混凝土桥面铺装应按设计要求施工。

1 沥青混凝土铺装前应对桥面进行检查，桥面应平整、粗糙、干燥、整洁。桥面横坡应符合要求，不符合时应予处理。铺装前应洒布粘层沥青，石油沥青洒布量为 0.3~0.5L/m²。

2 沥青混凝土的配合比设计、铺筑、碾压等施工程序，应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032)的有关规定。

20.7.2 水泥混凝土桥面铺装时，除应按本规范第 11 章有关规定执行外，还应注意下列事项：

1 水泥混凝土桥面铺装的厚度应符合设计规定，其使用材料、铺装层结构、混凝土强度、防水层设置等均应符合设计要求。

2 必须在横向联结钢板焊接工作完成后，才可进行桥面铺装工作，以免后焊的钢板引起桥面水泥混凝土在接缝处发生裂纹。

3 浇筑桥面水泥混凝土前使预制桥面板表面粗糙，清洗干净，按设计要求铺设纵向接缝钢筋网或桥面钢筋网，然后浇筑。

4 水泥混凝土桥面铺装如设计为防水混凝土，施工时应按照有关规定办理。

5 水泥混凝土桥面铺装，其做面应采取防滑措施，做面宜分两次进行，第二次抹平后，沿横坡方向拉毛或采用机具压槽，拉毛和压槽深度应为 1~2mm。

6 钢纤维水泥混凝土桥面铺装，除应按本规范第 11 章有关规定执行外，宜符合现行中国工程建设标准化协会标准《钢纤维混凝土结构设计与施工规程》(CECS38)的规定。

20.7.3 复合式桥面铺装：上层为沥青桥面铺装，下层为水泥混凝土桥面铺装。其铺筑方法同 20.7.1 条和 20.7.2 条。

20.7.4 特大桥桥面铺装应按专门设计施工。

20.7.5 桥面铺装施工允许偏差见表 20.7.5。

表 20.7.5 桥面铺装施工允许偏差

项 目			允 许 偏 差
厚度（mm）			+10，-5
平整度 (mm)	高速公路、 一级公路	水泥混凝土 沥青混凝土	1.8(3.0) 1.5(2.5)
	其他公路	平整度仪 3m 直尺	2.5(4.2) 5
横 坡	水泥混凝土面层		±0.15%
	沥青混凝土面层		±0.3%
抗滑构造要求			符合设计要求

注：括号内的数值为全桥每车道连续检测，每 100m 计算 IRI(m/km)，桥长不满 100m 者，按 100m 处理；

20.8 桥面防护设施

20.8.1 一般要求

1 桥面安全带和路缘石、人行道梁、人行道板、栏杆、扶手、灯柱等，在修建安装完工后，其竖向线形或坡度、断缝或伸缩缝必须符合设计规定。

2 钢筋混凝土墙式护栏的高度必须在纵坡变化点处调整，以便线形顺适、美观。

3 钢筋混凝土柱式护栏、金属制护栏放样前应选择桥梁伸缩缝附近的端部立柱等作为控制点，当间距出现零数，可用分配办法使之符合规定的尺寸，立柱宜等距设置。

4 轮廓标的安装高度宜尽量统一，其连结应牢固。

20.8.2 安装桥面安全带和缘石，应满足下列要求：

1 悬臂式安全带构件必须与主梁横向连结或拱上建筑完成后才可安装。

2 安全带梁必须安放在未凝固的 M20 稠水泥砂浆上，以便形成顶面设计的横向排水坡。

3 为减少从缘石与桥面铺装缝中渗水，缘石宜采用现浇混凝土，使其与桥面铺装的底层混凝土结为整体。

20.8.3 安装人行道应满足下列要求：

1 悬臂式人行道构件必须与主梁横向连结或拱上建筑完成后才可安装。

2 人行道梁必须安放在未凝固的 M20 稠水泥砂浆上，并以此来形成人行道顶面设计的横向排水坡。

3 人行道板必须在人行道梁锚固后才可铺设，对设计无锚固的人行道梁、人行道板的铺设应按照由里向外的次序。

4 在安装有锚固的人行道梁时，应对焊缝认真检查，必须注意施工安全。

5 人行道铺设应符合表 20.8.3 的要求。

表 20.8.3 人行道铺设要求

项 目	规定值或允许偏差
人行道边缘平面偏位(mm)	5
纵向高程(mm)	+10, 0
接缝两侧高差(mm)	2
横坡	±0.3%
平整度(mm)	5

20.8.4 栏杆块件必须在人行道板铺设完毕后方可安装，安装栏杆柱时，必须全桥对直、校平(弯桥、坡桥要求平顺)，竖直后用水泥砂浆填缝固定。桥上灯柱应按设计位置安装，必须牢固、线条顺直、整齐美观。灯柱线路必须安全可靠。栏杆、护栏安装质量应符合表 20.8.4 的要求。

表 20.8.4 栏杆、护栏安装要求

项 目	规定值或允许偏差
护栏、栏杆平面偏位	4
栏杆、扶手平面偏位	3
栏杆柱顶面高差	4
护栏、栏杆柱纵、横向竖直度	4
相邻栏杆扶手高差及护栏接缝两侧高差	5

20.9 桥头搭板

- 20.9.1 钢筋混凝土桥头搭板，台后填土的填料应以透水性材料为主，分层压实应按本规范第 13 章执行。台背回填前应按设计要求做防水处理。
- 20.9.2 台后地基如为软土，应按设计依照本规范第 4 章进行处理，预压时应进行沉降观测，预压沉降控制值应在施工搭板前完成。
- 20.9.3 桥头搭板下路堤可设置排水构造物。
- 20.9.4 钢筋混凝土搭板及枕梁宜采用就地浇筑。

21 涵 洞

21.1 一般规定

21.1.1 涵洞开工前应根据设计资料进行现场核对，核对时还需注意农田排灌的要求，如确需变更设计时，可按有关变更设计的规定办理。

21.1.2 地形复杂处的陡峻沟谷涵洞、斜交涵洞、平曲线和纵坡上的涵洞，应先绘出施工详图，然后再依图放样施工。

21.1.3 涵洞中线和墩台位置的测定应按第 3 章的有关规定办理。

21.1.4 涵洞(基础和墙身)沉降缝处两端面应竖直、平整、上下不得交错。填缝料应具有弹性和不透水性，并应填塞紧密。沉降缝宽度应符合设计规定，设计无规定时，可采用 20~30mm。预制涵管的沉降缝应设在管节接缝处。

21.1.5 防水层的设置应按设计规定进行。防水层的材料可用沥青、油毛毡、防水布、水泥砂浆、三合土等，应按设计要求和工地具体情况选用。

21.1.6 涵洞完成后，当涵洞砌体砂浆或混凝土强度达到设计强度的 75% 时，方可进行回填土，回填土应按第 13.5.2 条和第 21.3.7 条的规定办理。涵洞处路堤缺口填土应从涵洞洞身两侧不小于 2 倍孔径范围内，同时按水平分层、对称地按照设计要求的压实度填筑、夯(压)实，填土的具体方法应按照现行《公路路基施工技术规范》(JTJ33)的有关规定办理。

用机械填土时，除应按照上述规定办理外，涵洞顶上填土厚度必须大于 0.5~1m 时，才允许机械通过。

21.1.7 涵洞进出水口的沟床应整理顺直，与上下游导流排水系统(天沟、侧沟、排水沟、取土坑等)的连接应圆顺、稳固，保证流水顺畅，避免水流损害路堤、村舍、农田、道路等。

21.1.8 涵洞冬期施工应按本规范第 14 章的有关规定办理。

21.2 管 涵

21.2.1 钢筋混凝土圆管成品应符合下列要求：

1 管节端面应平整并与其轴线垂直。斜交管涵进出水口管节的外端面，应按斜交角度进行处理。

2 管壁内外侧表面应平直圆滑，如有蜂窝，每处面积不得大于 30mm×30mm，其深度不得超过 10mm；总面积不得超过全面积的 1% 并不得露筋，蜂窝处应修补完善后方可使用。

3 管节各部尺寸不得超过表 21.2.1 规定的允许偏差。

表 21.2.1 钢筋混凝土圆管成品允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
管节长度	0~10	管壁厚度	-3，正值不限
内(外)直径	不小于设计值	顺直度	矢度不大于 0.2%

4 管节混凝土强度应符合设计要求。

5 管节外壁必须注明适用的管顶填土高度，相同的管节应堆置在一处，以便于取用，防止弄错。

21.2.2 管节在运输、装卸过程中，应采取防碰措施，避免管节损坏。

21.2.3 当管涵设计为混凝土或砌体基础时，基础上面应设置混凝土管座，其顶部弧形面应与管身紧密贴合，使管节受力均匀。基底处理和混凝土浇筑应分别按本规范第 4 章和第 11 章的有关规定办理。当管身直接搁置在天然地基上时，应按照设计要求将管底土层夯压密实，并做成与管身弧度密贴的弧形管座，安装管节时应注意保持完整。若管底土层承载力不符合设计要求，应按照第 4 章有关规定进行处理或加固。

21.2.4 安装管节时应注意下列事项：

1 应注意按涵顶填土高度取用相应的管节。对管节应按第 21.2.1 条检查合格后方可使用。

2 各管节应顺流水坡度安装平顺，当管壁厚度不一致时应调整高度使内壁齐平，管节必须垫

稳坐实，管道内不得遗留泥土等杂物。

3 对插口管，接口应平直，环形间隙应均匀，并应安装特制的胶圈或用沥青、麻絮等防水材料填塞，不得有裂缝、空鼓、漏水等现象；对平接管，接缝宽度应不大于 10~20mm，禁止用加大接缝宽度来满足涵洞长度要求；接口表面应平整，并用有弹性的不透水材料嵌塞密实，不得有间断、裂缝、空鼓和漏水等现象。

21.3 拱涵、盖板涵

21.3.1 拱涵、盖板涵施工时，除应符合本规范第 10 章和第 11 章的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 拱圈和出入口拱上端墙的施工，应由两侧向中间同时对称进行。

2 钢筋混凝土、混凝土拱圈和盖板混凝土的现场浇筑施工宜连续进行，避免施工接缝，当涵身较长时，可沿长度方向分段进行，接缝应设在涵身沉降缝处。

21.3.2 就地浇筑的拱涵和盖板涵，宜采用组合钢模板，在缺乏钢木材料的情况下，可采用全部土胎。

21.3.3 采用土胎建造拱圈或盖板时，应注意下列事项：

1 当用松散沙石料堆筑土胎时，表面应包 300mm 厚粘土保护层。

2 土胎填土应在涵台砌筑砂浆或现浇混凝土强度达到设计

强度的 75% 以后进行，应分层夯填，每层厚度宜为 0.2~0.3m，土的压实度应在 90% 以上。

有条件时，涵台外侧的填土可与土胎填土同时进行。涵台高度较高，采取土胎单侧填土时，应验算涵台的稳定性。

3 填土宽度应伸出端墙外 0.5~1.0m，并保持 1:1.5 的边坡。土胎顶部应用样板拉线进行检查校正。

4 土胎表面应设保护层，保护层应具有一定的强度和适当的光滑度，并易于脱模。

5 施工时应防止土胎被水侵蚀。

21.3.4 当河沟中有少量流水而采用土胎施工时，除采用木排架土胎外，亦可根据水流大小，在全填土胎下设渗水沟，埋设钢筋混凝土管、瓦管或用木料做成三角形泄水孔。

21.3.5 预制钢筋混凝土拱圈和盖板的施工，应按本规范第 15 章有关规定办理。预制涵洞盖板时，应注意检查上下面的方向，斜交涵洞应注意斜交角的方向，避免发生反向错误。

21.3.6 预制拱圈和盖板的安装应注意下列事项：

1 成品混凝土强度达到设计强度的 70% 时，方可搬运安装。

2 成品安装前，应检查成品及拱座、墩、台的尺寸。

3 安装后，成品拱圈和盖板上的吊装孔，应以砂浆填塞，如系吊环应锯掉。

4 拱座与拱圈、拱圈与拱圈的拼装接触面，应先拉毛或凿毛(沉降缝处除外)，安装前应浇水湿润，再以 M10 水泥砂浆砌筑。

21.3.7 拱架拆除和拱顶填土的时间应符合下列条件：

1 拱圈砌筑砂浆或混凝土强度达到设计强度的 75% 时，方可拆除拱架，达到设计强度后，方可回填土。

2 在拱架未拆除的情况下，拱圈砌筑砂浆或混凝土强度达到设计强度的 75% 时，可进行拱顶填土，但在拱圈强度达到设计强度 100% 后，方可拆除拱架。

21.4 倒虹吸管

21.4.1 倒虹吸管宜采用钢筋混凝土或混凝土圆管，进出水口必须设置竖井，包括防淤沉淀井。施工时管节接头及进出水口砌缝应特别严格，不漏水。填土覆盖前应做灌水试验，符合要求后，方可填土。

21.4.2 倒虹吸管如须在冰冻期施工时，除应按照本规范第 14 章的规定办理外，还应在冰冻前将管内积水排出，以防冻裂。

21.4.3 倒虹吸管的进出水口应在竣工后及时盖上。

21.5 质量标准

21.5.1 管涵施工质量标准如下：

1 各部尺寸允许偏差参见表 21.5.1。

表 21.5.1 管涵允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
轴线偏位	50
流水面高程	±20
涵管长度	+100, -50
管座宽度(包括基础)	≥设计值
相邻管节面错口 (应下游低于上游)	3(管径≤1.0m)
	5(管径>1.0m)

2 管身顺直，进出水口平整，无阻水现象。

3 帽石及一字墙或八字墙平直，无翘曲现象。

21.5.2 拱涵、盖板涵施工质量标准如下：

1 各部尺寸允许偏差参见表 21.5.2-1 及表 21.5.2-2。

2 涵身顺直，涵底铺砌紧密平整，拱圈圆滑。

3 进出水口与上下游沟槽连接圆顺，流水畅通。

表 21.5.2-1 拱涵允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
轴线偏位		30
流水面高程		±20
跨径		±20
拱圈厚度	混凝土	±15
	石 料	±20
涵台尺寸		±20
长 度		+100, -50
砌体平整度		20

表 21.5.2-2 盖板涵允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
轴线偏位	明 涵	20
	暗 涵	50
结构尺寸		±20
流水面高程		±20
长 度		+100, -50
孔 径		±20
顶面高程	明 涵	±20
	暗 涵	±50

21.5.3 倒虹吸管施工质量标准如下：

1 各部尺寸允许偏差参见表 21.5.3-1。

2 灌水试验允许渗水量见表 21.5.3-2。

表 21.5.3-1 倒虹吸管允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
轴线偏位		30
流水面高程		±20
相邻管节内 底面错口	管径≤1.0m	3
	管径>1.0m	5
竖井尺寸	长、宽	±20
	直 径	±20
竖井顶部高程		±20
井底高程		±15

表 21.5.3—2 倒虹吸管灌水试验允许渗水量

管径(m)	允许渗水量(混凝土和钢筋混凝土)		管径(m)	允许渗水量(混凝土和钢筋混凝土)	
	(m ³ /d·km ⁻¹)	(l/h·m ⁻¹)		(m ³ /d·km ⁻¹)	(l/h·m ⁻¹)
0.50	22	0.9	1.50	42	1.7
0.70	26	1.1	2.00	52	2.1
1.00	32	1.3	2.20	56	2.3
1.20	36	1.5	2.40	60	2.5

22 通道桥涵

22.1 桥涵的顶进施工

22.1.1 当公路须从现有铁路、公路路基下面立交通过时，对原有路线采取必要的加固措施后，可采取顶人法施工通道桥涵。

1 施工前应根据设计文件中提出的施工方案，结合现场情况、工期要求、工程量大小、机具设备情况选择合理的顶进方法，并应对顶进地点的工程地质、水文地质、埋置管路、电缆及其他障碍物等进行调查。

2 顶进作业应在地下水位降至基底以下 0.5~1.0m 进行，并宜避开雨季施工，必须在雨季施工时应做好防洪及防雨排水工作。

22.1.2 顶进工作坑及后背

1 顶进的工作坑位置应根据现场地形、土质、结构物尺寸及施工需要决定，在保证排水和安全的前提下，工作坑边缘距公路、铁路应有足够的安全距离。

2 工作坑基底的承载力应能满足顶人桥涵的要求，否则应加固。

3 工作坑滑板应满足下列要求：

1) 滑板中心线与桥涵中心线一致。

2) 具有足够的强度、刚度和稳定性，必要时可在滑板上层配置钢筋网，以防顶进时滑板开裂。

3) 表面平整，减小顶进时的阻力。

4) 底面设粗糙面或锚梁，增加抗滑能力。

5) 宜将滑板做成前高后低的仰坡，坡度为 3% 左右。

6) 沿顶进方向，在滑板的两侧，距桥涵外缘 50~100m 处设置导向墩，以控制桥涵顶人方向。

4 顶进桥涵的后背，应根据现场条件、地质、材料设备情况及强度、稳定性的要求，进行设计计算，确保顶进工作顺利和安全。

22.1.3 通道桥涵预制

1 预制桥涵支模时应将两侧侧墙前端保持 10mm 的正偏差，后端保持 10mm 的负偏差，以减小顶人阻力。顶进桥涵预制的其他要求应符合本规范各有关章节的规定。

2 预制桥涵前端应按设计设置钢刃角。

22.1.4 顶进作业

1 桥涵顶进前应检查验收桥涵主体结构的混凝土强度、后背，应符合设计要求。应检查顶进设备并做预顶试验。

2 千斤顶应按桥涵的中轴线对称布置。顶进法的传力设备安装时应与顶力线一致，并与横梁垂直。顶程较长时，顶柱与横梁应用螺栓固定。

3 桥涵顶进挖土时保持刃角有足够的吃土量，挖掘进尺及坡度应视土质情况确定。挖土必须与观测紧密配合，根据偏差随时改变挖土方法。

列车通过时不得挖土，施工人员应离开土坡 1m 以外，发现有危险的坍方影响行车安全时，应迅速组织抢修加固。

4 顶管施工应在工作坑内安装导轨，导轨高程允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，中心线允许偏差为 3mm。首节管节安放在导轨上，应测量其中线和前后两端高程，合格后方可顶进。

5 顶管施工时，可在管前端先挖土，后顶进，一般轴向超挖量在铁路道渣下不得大于 100mm，其余情况不得大于 300mm，管节上部超挖量不得大于 15mm，管节下部 135° 范围内不应超挖。

6 桥涵顶进中，应经常对桥涵中线和高程进行观测，发现偏差及时纠正。发生左右偏差时，可采用挖土校正法和千斤顶校正法调整；发生上下偏差时，可采用调整刃角挖土量或铺筑石料等方法调整。

7 顶进作业应连续进行，不得长期停顿，以防地下水渗出，造成路基坍塌。出现事故时应立即停止顶进。

桥涵顶进时，对节间接缝及结构物应按设计要求进行防水处理。

22.2 通道桥涵的防水与排水

22.2.1 一般规定

1 通道的防水设施应符合设计要求，并应在结构物验收合格后施工。

2 通道桥涵地面以下结构和防、排水设施施工时，应防止周围地面水流入基坑，当基坑底低于地下水位时，应采取井点法或其他排水方法将地下水位降低至桥涵底部防水层以下不小于 0.3m 处。严禁在带泥水情况下进行防水混凝土和其他防、排水设施的施工。

22.2.2 排水工程应按设计要求设置，设计无规定时，集水井、排水管、水泵、总排水管(明渠)的排水能力应大于地面水设计流量的 1.5 倍。

1 通道桥涵内的集水井应符合下列要求：

1)井口应设平篦盖，并应设深度不小于 0.3m 的沉淀池。

2)集水井的深度应考虑通道桥涵排水构造和冻胀的影响，宜为 1.5m 左右。

3)集水井的数量、尺寸应根据地面水流量和每个集水井的泄水能力确定。

2 排水管和排水总管施工时，除应按照有关规定办理外，还应符合下列要求：

1)排水管道应垫稳并连接平顺，管间承插口或套环接口应平直，环间间隙均匀。管道与集水井间应连接牢固，接缝处和结合处均应用弹性不透水材料充填密实。采用抹带接口，表面应平整，不得有裂缝、间断及空鼓等现象。

2)排水管道或排水总管每隔 50m 左右及转弯处均应设检查井，井底设沉淀池。管道的纵坡不应小于 0.5%。

3)排水管道和排水总管应做闭水试验，该试验允许渗水量参见表 21.5.3-2。

3 通道桥涵排水泵站可用沉井法或现浇混凝土等法施工。施工时除应按照有关规定外，还应符合以下要求：

1)采用沉井泵站的沉井就位后，其内壁和底板均不得有渗漏现象；采用现浇混凝土泵站时，混凝土的抗渗标号、强度等级均应满足设计要求。

2)水泵房集水井的设计最高水位应低于通道桥涵地面最低点 0.2m 以上；设计最低水位应按水泵运行时需要的最低水深确定。水泵的运行应按设计最高水位和设计最低水位设置自动开关。

4 自流式盲沟排水或渗排水层排水

1)盲沟滤管基座应用混凝土浇筑，并与滤管密贴。纵坡应均匀，无反向坡。管节应逐节检查，不合格者不得使用。

2)渗排水层可由粗细卵石和粗细砂分层构成，使之起过滤的作用。施工时，基坑如有积水，应将水位降到砂滤水层以下，不得在泥水层中做滤水层。

施工好的渗排水系统应保持畅通。

22.3 质量检查及质量标准

22.3.1 桥涵顶进后其允许偏差应不超过表 22.3.1 的规定。

表 22.3.1 桥涵顶进允许偏差

检查项目		允许偏差(mm)	
		箱涵(桥)	管涵
轴线偏位	涵(桥)长<15m	100	50
	涵(桥)长 15~30m	150	100
	涵(桥)长>30m	300	200
高 程	涵(桥)长<15m	+30, -100	+20
	涵(桥)长 15~30m	+40, -150	±40
	涵(桥)长>30m	+50, -200	+50, -100
相邻两节高差		30	20

22.3.2 通道桥涵排水设施质量应符合下列要求：

1 排水管与排水管、排水管与集水井间应连接牢固，结合严密。排水管应连接平顺，纵坡均匀。

2 盲沟和渗排水层应粒料铺填密实，排水通畅。

3 水泵站的各種水泵、管道、电气线路、仪表应安装准确、牢固，工作有效。

4 通道桥涵排水管道、集水井允许偏差见表 22.3.2-1、表 22.3.2-2。

表 22.3.2-1 集水井及检查井允许偏差

检 查 项 目	允许偏差(mm)
轴线偏位	50
圆井直径或方井长度	±20
井盖高程	±10
通道内检查井井盖与邻接路面高差	0~+4
集水井与邻接路面高差	0~-4

表 22.3.2-2 管道工程允许偏差

检 查 项 目	允许偏差(mm)
轴线偏位	50
管底高程	±20
基座宽度	不小于设计值
相邻管内底错口	5(下游低于上游)