

# 铁路桥涵施工规范

TB 10203—2002

J 162—2002

## 1 总 则

**1.0.1** 为统一铁路桥涵施工技术要求，保障工程质量，做到技术先进，安全可靠，经济合理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于标准轨距、旅客列车最高运行速度 140km/h 及以下的新建、改建铁路桥涵工程的施工和验收。

**1.0.3** 桥涵施工必须按批准的设计文件进行。当需变更设计时，应符合铁路现行变更设计规定。

**1.0.4** 施工前，应组织有关人员进行施工技术交底。

施工过程中，应指定专人填写各项施工记录和工程日志。

竣工时，应按有关要求备齐竣工文件。对特大桥、大桥和技术复杂的中桥应编写施工技术总结；对技术复杂的新型结构、新技术和新工艺等应编写专题技术总结。

**1.0.5** 隐蔽工程，必须经检查合格并办理签证后，方准进行下一步工序的施工。

**1.0.6** 桥涵工程采用的各类主要材料、半成品、构件、器材和设备等，均应有符合国家现行有关标准，具有合格证件，并按有关规定，经抽样试验、鉴定合格后，方准使用。

**1.0.7** 桥涵工程施工用各类机械、起吊设备、电力设备、电力线路、风、水、气、管路和其他各种大型设施，使用前均应进行全面检查鉴定，经试运转合格后，方准使用。使用中应经常检查、维修，并定期校核、标定。

**1.0.8** 必须贯彻安全生产的方针，严格遵守操作程序，保障生产安全。

**1.0.9** 施工期内，应及时向当地气象和水文台（站）获取有关气象、水文资料，做好防洪和预防其他自然灾害的工作。

**1.0.10** 遵守国家有关环境保护和水土保持的规定，禁止施工弃土和垃圾淤塞、污染河道。及时做好排水、护砌和绿化工程。

**1.0.11** 既有线桥涵改建、修复或增建第二线桥涵时，应与有关部门配合共同采取措施，减少施工与运输相互干扰。当必须临时中断行车或限速行驶时，应符合现行《铁路技术管理规程》有关规定。

**1.0.12** 当跨越河道、铁路、公路施工时，应符合设计部门与各有关部门签订的协议及国家规定。

**1.0.13** 测量工作应执行复核制，并应符合现行《新建铁路工程测量规范》及《既有铁路测量技术规则》的规定。

**1.0.14** 铁路桥涵施工除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 旋喷桩 auger injected pile

利用钻机把带有可旋转喷嘴的注浆管钻进土层的预定位置，以高压浆液从喷嘴中喷射出去，冲击破坏土体，与浆液搅拌混合形成的桩体。

### 2.0.2 挤密桩 compaction pile

依靠振冲器的强力振动使土层挤密，并通过填料进一步加密土层而形成的桩体。

### 2.0.3 粉喷桩 dry jet mixing pile

采用粉喷技术使软弱土硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的柱状加固土，它与原位软弱土层组成复合地基。

### 2.0.4 造桥机 bridge fabrication machine

在桥位上采用移动支（模）架法施工预应力混凝土梁的机械设备。

### 2.0.5 斜拉桥 cable stayed bridge

以斜拉索连接索塔和主梁作为桥跨结构主要承重构件的桥。

### 2.0.6 爬模 climbing shuttering

爬升架与模板组成的附着式升降施工设备。

### 2.0.7 转体施工 erection by swing method

是在偏离桥位的位置预先拼装或浇筑全部或部分桥体，形成临时稳定结构后借

助转动装置（平面或竖向）转体就位的一种施工方法。

#### 2.0.8 破冰体 ice apron

在桥墩迎水面具有破冰功能的结构设施。

#### 2.0.9 斜腿刚构 slant-legged rigid frame

设置斜立柱的刚构。

#### 2.0.10 框架涵 frame culvert

具有整体箱形框架的涵。

#### 2.0.11 顶进桥涵 jacked-in bridge or culvert

用顶进方法穿越既有铁路路基施工的桥涵。

### 3 施工准备

3.0.1 桥涵施工前，应组织有关人员结合现场情况核对设计文件，特大桥、大桥和技术复杂的中桥，应由设计单位进行技术交底。

3.0.2 对设计文件应核对以下内容：

- 1 地形、地貌、水文和地质资料；
- 2 桥涵的结构、孔径、跨度及与其他建筑物的协调；
- 3 施工方案和技术措施；
- 4 采用的新技术、新工艺和新材料；
- 5 主要工程数量、物资与设备的品种规格；
- 6 桥涵的平面位置、设计高程和主要结构尺寸；
- 7 征用土地界限及构筑物拆迁补偿的数量；
- 8 排水系统和导流设备。

3.0.3 根据承包合同及施工设计文件，应做施工调查，其主要内容应包括：

- 1 桥涵附近的地形、地貌、水文、地质、气象、地震烈度和洪水规律；
- 2 特大桥、大桥的桥位桩、桥头线路控制点、水准点应进行复测核对；
- 3 当地的生产和生活物资、水源、电源和其他能源的供应能力；
- 4 水、陆运输和通信设施的状况；
- 5 当地劳动力、医疗卫生和可供利用房屋、场地的条件以及民风民俗的情况；
- 6 对铁路用地界内需占用的土地、建筑物和干扰施工的管、线路的征用和拆迁数量应逐项核实；

7 施工期内影响当地水利排灌和交通运输设施的处理协议应核实；

8 改建既有线、增建第二线和在既有线顶进桥涵时，应调查该区段的运输状况，联系运输单位，拟定减少干扰、保障行车安全的施工方案。

**3.0.4** 依据工程承包合同、设计文件和施工调查结果，特大桥、大桥、技术复杂的中桥和顶进桥涵，应编制实施性施工组织设计，其主要内容应包括：

1 编制说明：编制依据、工程概况、工期要求、工程特点、主要施工方法和水文、地质与气象等；

2 施工场地平面图：应标明施工用地范围，临时房屋和各类料具库的布置，水陆通道、码头和便桥的位置，各类管线的路径，大宗料场、成品加工场和大型机具停放场地的安排等；

3 施工进度图表：应提出主要工程项目的数量、施工顺序和进度安排，主要材料机具的名称、规格、数量及其供应调配计划，各工种的人数、进场日期及调配计划等；

4 各项保障措施：应包括施工进度、安全、质量、环保、防洪、防火和节约措施以及采用新技术、新工艺、新结构和新材料的技术措施。

**3.0.5** 新建桥涵、改建既有线及增建第二线桥涵施工前的测量工作，应符合本规范第 1.0.13 条的有关规定。

**3.0.6** 对于大桥、特大桥工程，施工前应组建工地试验室。

## 4 明挖基础

### 4.1 基坑开挖

**4.1.1** 基坑开挖前应做以下工作：

1 测定基坑中心线、方向和高程；

2 按地质、水文资料，结合现场情况，确定开挖坡度、支护方案、开挖范围和防、排水措施。

**4.1.2** 基坑可采用垂直开挖、放坡开挖、支撑加固或其他加固的开挖方法。

有地面水淹没的基坑，可修筑围堰、改河、改沟、筑坝排开地面水后，再开挖基坑。

**4.1.3** 基坑坑壁坡度应按确保边坡稳定、施工安全的原则确定，并符合下列要求：

1 当在天然土层上挖基，基坑深度在 5m 以内，施工期较短、基坑底在地下

水位以上，土的湿度接近最佳含水量、土层构造均匀时，基坑坑壁坡度可采用表 4.1.3 中的数值；

表 4.1.3 基坑坑壁坡度

坑壁土	坑壁坡度		
	基坑顶缘无载重	基坑顶缘有静载	基坑顶缘有动载
砂类土	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5
碎石类土	1 : 0.75	1 : 1	1 : 1.25
黏性土、粉土	1 : 0.33	1 : 0.5	1 : 0.75
极软岩、软岩	1 : 0.25	1 : 0.33	1 : 0.67
较软岩	1 : 0	1 : 0.1	1 : 0.25
极硬岩、硬岩	1 : 0	1 : 0	1 : 0

注：1 挖基通过不同的土层时，边坡可分层选定，并酌留平台；  
2 在山坡上开挖基坑，当地质不良时，应防止滑坍；  
3 在既有建筑物旁开挖基坑时，应符合设计文件的规定。

- 2 基坑深度大于 5m 时，应将坑壁坡度适当放缓或加设平台；
- 3 当土的湿度可能引起坑壁坍塌时，坑壁坡度应缓于该湿度下土的天然坡度。

4.1.4 当地下水位在基坑底以上时，地下水位以上部分可放坡开挖；地下水位以下部分，当土质易坍塌或水位在基坑底以上较深时，应加固坑壁开挖。

4.1.5 基坑顶有动载时，坑顶缘与动载间应留有大于 1m 的护道，当动载过大时，宜增宽护道或采取加固措施。

4.1.6 弃土不得妨碍施工。弃土堆坡脚距坑顶缘的距离不宜小于基坑的深度，且宜弃在下游指定地点，不得淤塞河道，影响泄洪。

4.1.7 无水土质基坑底面，宜按基础设计平面尺寸每边放宽不小于 50cm。

适宜垂直开挖且立模板的基坑，基底尺寸应按基础轮廓确定。

有水基坑底面，应满足四周排水沟与汇水井的设置需要，每边放宽不宜小于 80cm。

4.1.8 基底应避免超挖，松动部分应清除。

4.1.9 基坑宜在枯水或少雨季节开挖。开挖不宜间断，达到设计高程经检验合格后，应立即砌筑基础。

4.1.10 基础砌筑后，基坑应及时回填，并分层夯实。

4.2 基坑护壁

4.2.1 下列基坑开挖后可采用护壁加固：

- 1 基坑较深、土方数量较大；
- 2 基坑坡度受场地限制；
- 3 基坑地质松软或含水量较大，坡度不易保持。

4.2.2 挡板支撑护壁应符合下列规定：

- 1 挡板支撑，根据土质经检算，可采用横、竖向挡板与钢（木）框架支撑坑壁。基坑每层开挖深度应根据地质情况确定，不宜超过 1.5m，边挖边支。
- 2 支撑结构应随时检查，发现变形，及时加固或更换，更换时应先撑后拆。支撑拆除顺序应自下而上。待下层支撑拆除并回填土后，再拆除上层支撑。
- 3 用吊斗出土，应有防护措施，吊斗不得碰撞支撑。

4.2.3 喷射混凝土护壁应符合下列规定：

- 1 喷射混凝土护壁适用于稳定性较好，渗水量少的基坑。  
喷护的基坑深度应按地质条件决定，但不宜超过 10m。
- 2 喷射混凝土厚度可采用表 4.2.3 中的数值。

表 4.2.3 喷射混凝土厚度（cm）

地质类别 \ 基坑渗水情况	无渗水	少量渗水
砂类土	10～15	15
黏性土、粉土	5～8	8～10
碎石类土	3～5	5～8

注：1 本表喷射混凝土厚度适用于不大于 10m 直径的圆形基坑，未考虑基坑顶缘荷载；  
2 每次喷射混凝土厚度，取决于土层和混凝土的粘结力与渗水量的大小；  
3 坑内砂层有少量渗水，可在坑壁打入木桩后再喷混凝土，木桩直径约为 5cm，长 100cm，向下与坑壁成 30°角打入，一般间距约为 50～100cm。

- 3 喷射混凝土护壁的坡度根据土质情况与渗水量的大小可采用 1.00：0.07～1.00：0.10。
- 4 所选用的喷射机必须具有良好的密封性且输料均匀。
- 5 喷射混凝土应掺入外加剂，其掺量应通过试验确定。当使用速凝剂时，应满足初凝时间不大于 5min，终凝时间不大于 10min。

6 干混合料宜随拌随喷。不掺速凝剂时,存放时间不应大于 2h;掺有速凝剂时,存放时间不应大于 20min。

7 基坑开挖前,应在坑口顶缘采取加固措施,防止土层坍塌。

8 根据土质与渗水情况,每次下挖 0.5~1.0m 应即喷护,对无水或少水坑壁,喷射顺序应由下而上,但对渗水的坑壁应由上而下。

9 当一次喷护达不到要求厚度时,可在第一层混凝土终凝后再喷第二次或第三次,直到要求厚度。续喷前应先将混凝土表面污渍、泥块清洗干净。

10 喷射混凝土终凝 2h 后,应进行湿润养护。

11 开挖基坑遇有较大渗水时,可采取下列措施:

1) 每层开挖深度不大于 0.5m,汇水坑应设于基坑中心;

2) 开挖进入含水层时,宜扩挖 40cm,以石料码砌扩挖部位,并在表面喷射一层 5~8cm 厚的混凝土;

3) 对流沙、淤泥等夹层,除打入小木桩外,并在桩间缠以竹篱等,然后喷射混凝土。

#### 4.2.4 混凝土围圈护壁应符合下列规定:

1 混凝土围圈护壁,除流砂及呈流塑状态的黏性土外,适用于各类土的开挖防护。

2 围圈混凝土由上而下逐层浇筑,顶层应一次整体浇筑,以下各层分段开挖浇筑。上下层混凝土纵向接缝应相互错开。分层高度以垂直开挖面不坍塌为原则,顶层高度宜为 2m,以下每层高 1.0~1.5m。

3 混凝土围圈的开挖面应均匀分布,对称开挖和及时浇筑,无支护总长度不得超过 1/2 周长。

4 围圈混凝土壁厚和拆模强度应满足承受土压力的要求。

### 4.3 基坑围堰

#### 4.3.1 围堰工程应符合下列规定:

(1) 围堰顶面宜高出施工期间可能出现的最高水位 0.5m;

(2) 对河流断面被围堰压缩而引起的冲刷,应有防护措施;

(3) 围堰应做到防水严密,减少渗漏;

(4) 堰内面积应满足基础施工的需要;

(5) 围堰应满足强度、稳定性的要求。

#### 4.3.2 土围堰应符合下列规定：

- 1 土围堰适用于水深在 2m 以内，流速小于 0.3m/s，冲刷作用很小，且河床为渗水性较小的土。
- 2 土围堰断面应根据使用的土质、渗水程度及围堰本身在水压力作用下的稳定性而定。堰顶宽度不应小于 1.5m，外侧坡度不陡于 1:2，内侧不陡于 1:1。
- 3 土围堰宜用黏性土填筑。填土出水面后应进行夯实。
- 4 筑堰引起流速增大，可在外坡面采用草皮、片石或土袋等进行防护。

#### 4.3.3 土袋围堰应符合下列规定：

- 1 土袋围堰适用于水深不大于 3m，流速不大于 1.5m/s，河床为渗水性较小的土。
- 2 土袋围堰堰顶宽度可为 1~2m，外侧边坡为 1.0:0.5~1.0:1.0，内侧为 1.0:0.2~1.0:0.5。
- 3 土袋围堰应用黏土填心。袋内装入松散黏性土后，袋口应缝合，装填量约为袋容量的 60%。流速较大处，外侧土袋内可装粗砂或小卵石。
- 4 堆码时土袋应平放，其上下层和内外层应相互错缝，搭接长度为  $1/2 \sim 1/3$ 。

#### 4.3.4 土、土袋围堰填筑前，应清理堰底的树根、草皮、石块等杂物。当有冰块时，必须彻底清除。

自上游开始填筑至下游合龙。

堰底内侧坡脚距基坑顶缘距离不应小于 1m。

#### 4.3.5 钢板桩围堰应符合下列规定：

- 1 钢板桩围堰适用于深水基坑，河床为砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等地层。
- 2 新钢板桩验收时，应具备有出厂合格证。机械性能和尺寸符合要求。经整修或焊接后的钢板桩，应用同类型的钢板桩作锁口通过试验检查。验收或整修后的钢板桩，应分类、编号、登记存放。锁口内不得积水。
- 3 钢板桩堆存、搬运、起吊时，不得损坏锁口和由于自重而引起变形。
- 4 钢板桩接长应以等强度焊接。
- 5 当起吊设备许可时，钢板桩可将 2~3 块钢板桩拼成一组组合桩，组拼后用坚固夹具夹牢。



6 插打钢板桩应符合下列规定:

1) 插打前,在锁口内应涂抹防水混合料,组拼桩时应用油灰和棉絮捻塞拼接缝。

2) 插打顺序应按施工组织设计进行,可由上游分两侧插向下游合龙。

3) 插打时必须有可靠的导向设备。宜先将全部钢板桩逐根或逐组插打稳定,然后依次打到设计高程。

4) 开始打的几根或几组钢板桩,应检查其平面位置和垂直度,当发现倾斜时,应即予纠正。

5) 当吊桩起重设备高度不够时,可改变吊点位置,但不低于桩顶以下  $1/3$  桩长。

6) 钢板桩可用锤击、震动或辅以射水等方法下沉。但在黏土中,不宜使用射水。锤击时应使用桩帽。

7) 钢板桩因倾斜无法合龙时,应使用特制楔形钢板桩,楔形的上下宽度之差不得超过桩长的  $2\%$ 。

8) 钢板桩相邻接头应上下错开不小于  $2\text{m}$ 。

9) 围堰将近合龙时,应经常观测四周的冲淤状况,并采取预防上游冲空涌水或下游淤积的措施。

10) 当同一围堰内,使用不同类型的钢板桩时,应将两种不同类型钢板桩的各一半拼接成异型钢板桩。

7 锁口漏水,可用板条、旧棉絮条等在内侧嵌塞,同时在漏缝外侧水面撒细煤渣与木屑等,使其随水流自行堵塞。较深处的渗漏,可将煤渣等沉送到漏水处堵漏。

8 潮汐地区或河流水位涨落较大地区的围堰,应采取措施防止围堰内水位高于外侧。

9 拔桩前应向围堰内灌水,保持内外水位相等。拔桩应从下游开始。

10 在打钢板桩中,当导向设备失效,钢板桩顶达到设计高程时,平面位置允许偏差:在水中打桩为  $20\text{cm}$ ,在陆地打桩为  $10\text{cm}$ 。

#### 4.4 基坑排水

4.4.1 明挖基坑,可采用汇水井或井点法排、降水,应保持基坑底不被水淹。

4.4.2 粉、细砂土质的基坑,宜用井点法降低水位。当用汇水井排水时,应采取

防止带走泥砂的措施。

4.4.3 水下挖基时，抽水能力应为渗水量的 1.5~2.0 倍。

4.4.4 基坑排出的水应以水管或水槽远引。

4.4.5 各类井点法降水的适用范围可按表 4.4.5 确定。

表 4.4.5 井点法降水的适用范围

井点法类别	土层渗透系数(m/d)	降低水位深度(m)
单层轻型井点	0.1~50	3~6
多层轻型井点	0.1~50	6~12(由井点层数而定)
喷射井点	0.1~2	8~20
电渗井点	<0.1	根据选用的井点确定
管井井点	20~200	3~5
深井井点	10~250	>15

4.4.6 井点法降水应符合下列规定：

1 安装井点管，应先造孔后下管，不得将井点管硬打入土内，造孔应垂直，深度宜比滤管底深 0.5m 左右。滤管底应低于基底以下 1.5m。

2 井点管四周，应以粗砂灌实，距地面 0.5~1.0m 深度内，用黏土填塞严密。

3 集水总管与水泵的安装应降低，集水总管向水泵方向宜设有 0.25%~0.50%的下坡。

4 井管系统各部件均应安装严密，不得漏气。

5 降水过程中，应加强井点降水系统的维护和检查，保证不断抽水。

6 对水位降低区域建筑物可能产生的沉降，应进行观测，并采取防护措施。

7 拆除多层井点应自底层开始逐层向上进行，在下层井点拆除期间，上部各层井点应继续抽水。

4.5 基底检验与处理

4.5.1 基底处理应符合下列规定：

1 岩层基底应清除岩面松碎石块、淤泥、苔藓，凿出新鲜岩面，表面应清洗干净。倾斜岩层，应将岩面凿平或凿成台阶。

易风化的岩层基底，应按基础尺寸凿除已风化的表面岩层。在砌筑基础时，应边砌边回填封闭。

2 碎石类及砂类土层基底承重面应修理平整，砌筑基础时，先铺一层水泥

砂浆。

3 黏性土层基底整修时，应在天然状态下铲平，不得用回填土夯平。必要时，可向基底夯入 10cm 以上厚度的碎石，碎石层顶面不得高于基底设计高程。

4 泉眼可用堵塞或排引的方法处理。

#### 4.5.2 基底应检验下列内容：

- 1 基底平面位置、尺寸大小、基底高程；
- 2 基底地质情况和承载力是否与设计资料相符；
- 3 基底处理和排水情况。

#### 4.5.3 基底高程允许偏差应符合下列规定：

土质	$\pm 50\text{mm}$ ；
石质	$+50$ $-200$ mm。

### 4.6 混凝土与砌体基础

4.6.1 基础砌筑除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB10210) 有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 应在基底无水情况下施工；
- 2 石料及砌块不得从平台上抛下；
- 3 水下混凝土及砌体基础终凝后，方可停止抽水。

4.6.2 基础与墩台身的接缝应符合设计要求。当设计无要求时，应符合下列规定：

- 1 混凝土与混凝土之间接缝，周边应预埋直径不小于 16mm 的钢筋或其他铁件，埋入与露出长度不应小于钢筋直径的 30 倍，间距不应大于钢筋直径的 20 倍。
- 2 混凝土与浆砌片石或浆砌片石之间接缝，应预埋片石作榫，片石厚度不小于 15cm；安放均匀，片石间的净距不得小于 15cm；片石与模板的间距不宜小于 25cm，且不得与钢筋接触。片石露出基础面一半左右。

4.6.3 基础允许偏差应符合下列规定：

- 1 基础前后、左右边缘距设计中心线为  $\pm 50\text{mm}$ ；
- 2 基础顶面高程为  $\pm 30\text{mm}$ 。

## 5 桩基础

### 5.1 沉桩基础

### 5.1.1 沉桩基础施工应符合下列规定：

1 沉桩前应掌握施工所需工程地质、水文和试桩等资料。

2 沉桩前应完成以下工作：

1) 查明施工区（高空、地面、地下、水下）有无妨碍沉桩的障碍物，并应及时处理。

2) 检验预制桩的质量。

3) 墩台轴线的控制点，应设于不受沉桩或其他影响的地点并加标志。

4) 检验在陆上或静水区放桩位时的桩基轴线位置与设计位置之偏差，桩的纵行和横行的轴线位置允许偏差为 2cm；单排桩轴线位置允许偏差为 1cm。

5) 打桩前，应在每根桩上用油漆划出标记。

3 桩的堆放、起吊和搬运应符合下列规定：

1) 桩应根据种类和使用顺序堆放：堆放场地必须平整、坚实，堆放层数不宜超过四层；堆放桩的支承垫木位置，当两点支承时，应设在距两端 0.21 倍桩长处；当三点支承时，应设在距两端 0.15 倍桩长及中点处。每层垫木必须保持在同一平面上。各层间垫木应在同一垂直线上。

2) 起吊时桩的吊点位置和混凝土强度应符合设计要求。应平稳提升，使各吊点同时受力。一个吊点吊桩时，吊点应设在距桩上端 0.3 倍桩长处，在起吊中，应用钢丝绳捆绑并控制桩的下端。

3) 桩在起吊、搬运和堆码时，应防止冲撞和发生附加弯矩。

4) 用驳船运桩，装卸时应保持驳船稳定。

4 锤击沉桩宜重锤低击。选择锤型应符合本规范附录 A 的规定，并应依据桩重及类型、设计荷载、设备条件、地质变化以及锤型对邻近建筑物产生的影响等条件而定。附近有重要建筑物时（如高层建筑、堤防工程、既有线路）不宜用射水或振动沉桩。

5 沉桩前应从两个方向检查确认桩锤、桩帽与桩身应保持在同一纵轴线上，直桩的垂直度或斜桩的倾角应符合要求。

接桩时，宜保持各节桩的轴线在一条直线上，上下节桩轴线的偏斜不应大于 3‰，且各节偏斜应反向错开。

6 吊插桩前应重复检查桩架、桩位、桩身，质量合格后始可插桩。

沉桩可根据水流、地形、土质、桩架移动等因素制订沉桩顺序表。

7 沉桩过程中应防止偏移。遇下列情况应停止沉桩，经分析研究并采取措施后，方可继续施工：

- 1) 贯入度发生急剧变化或震动打桩机的振幅异常；
- 2) 桩身突然倾斜移位或锤击时有严重回弹；
- 3) 桩头破碎或桩身开裂；
- 4) 附近地面有严重隆起现象；
- 5) 打桩架发生偏斜或晃动。

同一基础，当土质与设计不符，致使桩的入土深度相差很大时，应提交设计部门确定，采取适当措施。

8 沉桩时应按本规范附录 B 逐根填写沉桩记录及沉桩记录整理表。每个墩（台）应附桩位示意图。

9 沉桩开始前，应按设计要求进行静载试验或动力振动试验。当需做试验确定沉桩工艺和检验桩的承载力时，试验项目应包括：

- 1) 工艺试验和冲击试验。
- 2) 单桩静载试验，分静压、静拔、静推三种。试验办法应符合本规范附录 A 的规定。

10 单桩承载力可按以下各种情况确定：

1) 根据静压试验取得的极限荷载，除以设计要求的安全系数，作为单桩允许承载力。

2) 没有条件做静压试验的，可结合具体情况做静力触探试验，取得资料，选用当地地区性静力触探经验公式，估算单桩允许承载力。

3) 没有条件做静压试验又无静力触探资料的，可结合具体情况，选用可靠的动力振动方法估算单桩允许承载力或用动力公式根据锤击沉桩的贯入度估算单桩允许承载力。锤击动力公式应按本规范附录 C 的规定选用。

4) 负摩擦力（如未沉落的新堆积土、大面积软土沉降地区及桩周附近有高填土时或湿陷性黄土等土中的桩）应符合设计要求。

对于未开挖基坑即沉入的桩，承台底面以上部分或局部冲刷线以上部分的摩擦力应予扣除。

5) 因结构要求，必须限制位移时，按设计要求的单桩位移量确定单桩允许承载力。

6) 允许的抗拔力和允许的承推力, 应符合设计要求。

11 基桩的复打应符合下列规定:

- 1) 在“假极限”土中的桩、射水下沉的桩, 有上浮现象的桩都应复打;
- 2) 复打前的“休息”天数及复打的要求应符合本规范附录 A 的有关规定。

5.1.2 桩的制作应符合下列规定:

1 钢筋混凝土桩及预应力混凝土桩现场制作应满足下列规定:

- 1) 浇筑混凝土及预应力的张拉工艺, 应符合本规范第 9 章的有关规定。
- 2) 混凝土应连续浇筑, 不得中断。桩的混凝土应达到吊运要求的强度, 且不低于设计强度的 70% 后, 方可吊运, 达到设计强度方可使用。

3) 钢筋混凝土桩及预应力混凝土桩桩节间的连接部件, 应符合设计强度和耐久性要求。当桩的接头采用法兰盘等强度设计时, 接头布置不受限制, 当采用钢套筒焊接接头时, 应符合设计要求。

接头螺栓在入土前应拧紧, 并用电焊或凿毛丝扣的方法固定螺帽。接桩铁件应作防锈处理。

4) 桩的钢筋骨架的允许偏差, 应符合表 5.1.2—1 的规定。

5) 验收制成桩时, 应具备材料试验记录、混凝土试验单和制桩记录。

表 5.1.2—1 桩的钢筋骨架的允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
主筋间距	±5
桩尖对中轴线的位移	10
箍筋间距或螺旋筋的螺距	±10
吊环对桩中轴线的位移	±20
吊环沿垂直于轴线方向的位移	±20
吊环露出桩表面的高度	±10
主筋顶端与桩顶净距	±5
桩顶钢筋网片的位移	±5
钢筋与模型板间的距离	±5

2 桩的制作, 除应符合表 5.1.2—2 的规定外, 尚应符合下列规定:

- 1) 桩的麻面深度不大于 10mm;
- 2) 桩的棱角碰损深度应在 10mm 以内, 其总长度不大于 40cm;
- 3) 桩顶与桩尖均不应有蜂窝和碰损, 桩身不得有钢筋露出现象;
- 4) 预应力混凝土桩不得有裂缝, 普通混凝土桩身允许有表面裂缝, 其横向裂

缝深度不大于 7mm，裂缝宽度不大于 0.15mm，横向裂缝长度：方桩不大于边长的 1/3，管桩及多角形桩不大于直径或对角线的 1/3；纵向裂缝长度：方桩不大于边长的 1.5 倍，管桩及多角形桩不大于直径或对角线的 1.5 倍。

表 5.1.2—2 桩的制作允许偏差 (mm)

桩型	项 目	允许偏差
实 心	横截面边长	±5
	桩顶对角线	±10
	桩尖对中轴线的位移	10
	桩身弯曲矢高与桩长比	≤1‰且矢高≤20
	桩顶平面对桩纵轴线的倾斜	3
	中节桩二个接触面对桩纵轴线的倾斜之和	3
空 心	直径或边长	±5
	壁 厚	-5
	抽芯圆孔平面位置对桩中轴线的位移	5
	桩尖对中轴线的位置	10
	桩身弯曲矢高与桩长比	≤1‰且矢高≤20
	法兰盘对桩纵轴线不垂直度的高差	4

3 现场用重叠法浇筑钢筋混凝土桩时，应符合下列规定：

- 1) 地面应平整夯实，并防止浸水沉陷；
- 2) 桩与桩间接触面，不得互相粘结；
- 3) 上层桩或邻桩的浇筑，应在下层桩或邻桩的混凝土达到设计强度的 50% 后方可进行；

- 4) 桩的重叠层数，应根据地面容许荷载和施工条件确定，但不宜超过 3 层；
- 5) 桩上应标明编号和制作日期。

4 在工地拼合钢桩，可用焊接并应符合设计要求。焊接时尚应符合下列规定：

1) 端部的浮锈、油污等脏物必须清除，保持干燥；桩顶经锤击后的变形部分应割除；

- 2) 上、下节桩焊接时应校正垂直度，对口的间隙为 2~3mm；
- 3) 焊剂（自动焊）或焊条应烘干；
- 4) 应对称焊接；
- 5) 焊接应用多层焊，钢管桩各层焊缝的接头应错开，焊渣应清除；
- 6) 气温低于 0℃ 或雨雪天，无可靠措施确保焊接质量时不得焊接；

7) 接头焊接完毕应冷却 1min 后方可锤击;

8) 焊接质量应符合国家现行的《钢结构施工与验收规范》(GB50205) 和《建筑钢结构焊接规程》(JGJ 81), 每个接头除按表 5.1.2—3 规定做外观检查外, 还应按焊缝长度的 5% 做超声或 2% 做 X 拍片检查, 并不得少于 3 个工程接头。

表 5.1.2—3 接桩焊缝外观允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
上下节桩错口	2
咬边深度(焊缝)	$\pm 0.5$
加强层深度(焊缝)	0~+2
加强层宽度(焊缝)	0~+3

5.1.3 桩的下沉可根据地质条件、桩型和桩体承载能力等采用锤击法、射水锤击法或振动法, 并应符合下列规定:

#### 1 锤击沉桩

1) 锤击沉桩应采用与桩和锤相适应的弹性衬垫。用送桩沉桩时, 桩与送桩的纵轴线应保持在同一直线上。送桩紧接桩顶部分, 应有保护桩顶的装置。安放送桩前, 应截去桩头损坏部分, 桩顶不平时应修切或修垫(钢筋混凝土桩)平整。

2) 锤击沉桩开始时应用较低落距, 并在两个方向观察其垂直度; 当入土达到一定深度, 确认方向无误后, 再按规定的落距锤击。坠锤落距不宜大于 2m; 单打汽锤落距, 不宜大于 1m; 柴油锤应使锤芯冲程正常。

3) 钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩, 在预计或有迹象进入软土层时, 应改用较低落距锤击。

4) 当落锤高度已达规定最大值, 每击贯入度小于或等于 2mm 时, 应即停锤。但沉桩深度还未达设计要求时, 应查明原因, 采用换锤或辅以射水等措施。

5) 桩尖设计位于硬塑及半干硬状态的黏性土、碎石土、中密状态以上的砂类土或风化岩层时, 根据贯入度的变化和工程地质资料, 经与有关单位会商, 确认桩尖已沉入设计土层, 贯入度符合要求时, 可以停锤。当设计考虑硬层有冲刷时, 应采取措施使桩尖达到设计高程。

6) 桩尖设计位于一般土层时, 以桩尖设计高程控制为主, 贯入度为辅。

当达到设计高程, 但贯入度与试桩所确定的最终贯入度相比, 或与地质资料对比有出入时, 应与设计部门研究停锤控制标准。



7) 水上沉桩, 可用固定平台、浮式平台或打桩船进行。有潮汐的水域, 宜用固定平台或专用打桩船施工。

如采用专用打桩船施工, 当波浪超过 2 级 (波峰高 0.25~0.50m)、流速大于 1.5m/s 或风力超过 5 级 (风速大于 8.0~10.7m/s) 时, 均不宜沉桩; 当其他船舶通过施工区, 船行波影响打桩船稳定性时, 应暂停沉桩。

已沉好的水中桩, 宜用钢制杆件把相邻桩连成一体加以防护, 并在水面设置标志。严禁在已沉好的桩上系统。

2 射水锤击沉桩

1) 在砂类土、碎石类土层中沉桩, 用锤击法有困难时, 宜用射水锤击沉桩, 以射水为主锤击配合; 在黏性土、粉土中使用射水锤击法沉桩时, 应以锤击为主; 在湿陷性黄土中, 应符合设计要求。

2) 在射水锤击沉桩中, 当桩尖接近设计高程时, 应停止射水进行锤击或振动下沉, 使桩尖进入未冲动的土中。停止射水的桩尖高程, 可根据沉桩试验确定的数据及施工情况决定, 当没有资料时, 距设计高程不得小于 2m。

3) 钢筋混凝土桩或预应力混凝土桩用射水锤击沉桩时, 应用较低落距锤击。

4) 采用中心射水法沉桩, 应在桩垫和桩帽上留有排水通道; 侧面射水法, 射水管应对称设置。

3 振动沉桩

1) 振动沉桩在选锤或换锤时, 应检算振动上拔力对桩身结构的影响。

2) 振动沉桩在插桩后宜先靠桩及振动锤的自重, 使之沉入土中, 待桩身入土达一定深度确认稳定后再振动下沉。

4 桩位允许偏差在承台底平面处应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 承台底平面桩位允许偏差

桩基种类	允许偏差 (cm)	与承台边缘的净距
单排桩	10	—
有帽梁的排架桩: a. 垂直帽梁轴线 b. 沿帽梁轴线	10 15	—
群桩: a. 边桩 b. 中排桩	25 50, 且不大于桩径	桩径≤1m, 不小于 0.5 倍桩径且不小于 25cm 桩径>1m, 不小于 0.3 倍桩径且不小于 50cm

直桩的垂直度允许偏差为 1%。

斜桩的倾斜度允许偏差为倾斜角（桩纵轴线与垂直线的夹角）正切值的 15%。

## 5.2 钻孔桩基础

### 5.2.1 钻孔桩施工准备工作应符合下列规定：

#### 1 钻孔场地

1) 在旱地上，应清除杂物，整平场地，如遇软土，适当处理。

2) 在浅水中，宜用筑岛法施工，筑岛面积应按钻孔方法、钻机大小等要求决定。

3) 在深水中，可搭设工作平台。平台底宜在施工水位以上并应牢固稳定，能支承钻机和完成钻孔作业。

如水流平稳，钻机可设在船上钻孔，但必须锚固稳定。

2 制浆池、沉淀池和泥浆池，可设在桥的下游，也可设在船上或平台上。

#### 3 钻孔前应设置坚实不漏水的护筒：

1) 钢护筒：在旱地或水中均可使用，筒壁厚度可根据钻孔桩孔径、埋深及护筒埋设方法选定。一般钻孔桩为 4~8mm；必要时，可按钻孔桩孔径、埋设方法和深度通过计算确定。

2) 钢筋混凝土护筒：宜在水深不大的钻孔使用，壁厚为 8~10cm。

4 护筒内径应大于钻头直径，当使用旋转钻机时应大于 20cm，使用冲击钻机时应大于 40cm。

5 护筒顶宜高出施工水位或地下水位 2.0m，并高出施工地面 0.5m。其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

#### 6 护筒埋置深度应符合下列规定：

1) 在岸滩上，黏性土、粉土不小于 1m，砂类土不小于 2m。当表面土层松软时，宜将护筒埋置在较坚硬密实的土层中至少 0.5m。

2) 水中筑岛，护筒宜埋入河床面以下 1.0m 左右。在水中平台上设置护筒，可根据施工最高水位、流速、冲刷及地质条件等因素确定。必要时打入不透水层。

7 在岸滩上埋设护筒，应在护筒四周回填黏土，并分层夯实。可用锤击、加压、振动等方法下沉护筒。

在水中平台上，下沉护筒，应有足够高度的导向设备，控制护筒位置。

8 护筒允许偏差：顶面位置为 5cm。护筒斜度为 1%。

9 在砂类土、碎石类土或黏土砂土夹层中钻孔应用泥浆护壁。

在黏性土中钻孔，当塑性指数大于 15，浮渣能力能满足施工要求时，可利用孔内原土造浆护壁。

冲击钻机钻孔，可将黏土加工后投入孔中，利用钻头冲击造浆。

10 泥浆指标应符合下列规定：

1) 比重。

正循环旋转钻机、冲击钻机使用管形钻头钻孔时，入孔泥浆比重可为 1.1～1.3。

冲击钻机使用实心钻头钻孔时，孔底泥浆比重不宜大于：

黏土、粉土 1.3

大漂石、卵石层 1.4

岩石 1.2

反循环旋转钻机入孔泥浆比重可为 1.05～1.15。

2) 黏度：入孔泥浆黏度，一般地层为 16～22s，松散易坍地层为 19～28s。

3) 含砂率：新制泥浆不宜大于 4%。

4) 胶体率：不应小于 95%。

5) pH 值：应大于 6.5。

11 泥浆原料宜选用优质黏土，有条件时，可优先采用膨润土造浆。为了提高泥浆的黏度和胶体率，可在泥浆中投入适量的烧碱或碳酸钠，其掺量由试验决定。

12 造浆后应试验全部性能指标，钻进中，应随时检验泥浆比重和含砂率，并填写泥浆试验记录表（见本规范附录 D）。

13 钻孔桩的试桩及检验单桩承载力，应符合第 5.1.1 条第 9、10 款有关规定。

5.2.2 钻孔施工应符合下列规定：

1 钻机安装及钻孔

1) 安装钻机时，底架应垫平，保持稳定，不得产生位移和沉陷。钻机顶端应用缆风绳对称拉紧。

钻头或钻杆中心与护筒顶面中心的偏差不得大于 5cm。

2) 钻机钻孔时，孔内水位宜高于护筒底脚 0.5m 以上或地下水位以上 1.5～2.0m；在冲击钻进中取渣时和停钻后，应及时向孔内补水，保持一定的水头高度。

3) 钻进时,起、落钻头速度宜均匀,不得过猛或骤然变速。孔内出土,不得堆积在钻孔周围。

因故停钻时,孔口应加护盖。有钻杆的钻机,应将钻头提离孔底 5m 以上,其他钻机钻头提出孔外。

4) 钻孔应一次成孔,不得中途停顿。钻孔达到设计深度后,应对孔位、孔径、孔深和孔形等进行检查,并按本规范附录 D 填写钻孔记录表。孔位偏差不应大于 10cm。

## 2 冲击钻机钻孔

1) 在碎石类土、岩层中宜用十字形钻头;在黏性土、砂类土层中宜用管形钻具。

2) 吊钻的钢丝绳必须选用软性、优质、无死弯和无断丝者,安全系数不应小于 12。钢丝绳与钻头的联结必须牢固。主绳与钻头的钢丝绳搭接时,两根绳径应相同。捻扭方向必须一致。

3) 用冲击法钻孔,为防止冲击振动使邻孔孔壁坍塌或影响邻孔已浇筑混凝土的凝固,应待邻孔混凝土浇筑完毕,并达到 2.5MPa 抗压强度后方可开钻。

4) 冲击法造孔时,应采用小冲程开孔,使初成孔坚实、竖直、圆顺,能起导向作用,并防止孔口坍塌。钻进深度超过钻头全高加冲程后,方可进行正常的冲击。坚硬漂、卵石和岩层应采用中、大冲程,松散地层应采用中、小冲程。

钻进过程中,必须勤松绳、少量松绳,不得打空锤;勤抽渣,使钻头经常冲击新鲜地层。每次松绳量,应根据地质情况、钻头形式、钻头质量决定。

5) 钻进时,应经常检查钻头转向装置。

6) 钻孔时,应经常检孔。更换新钻头前必须检查到孔底,始可放入新钻头。

7) 钻进时应有备用钻头,轮替使用。钻头直径磨损超过 1.5cm 时,应及时更换、修补。

## 3 旋转钻机钻孔

1) 正、反循环旋转钻机适用于黏性土、砂类土及碎石类土,可根据地质条件、钻孔直径及钻进深度选用钻机和钻头。

2) 旋转钻机的起重滑轮和固定钻杆的卡机,应在同一垂直线上,保持钻孔垂直。

3) 开钻时,宜低档慢速钻进,钻至护筒下 1m 后,再以正常速度钻进。

在钻进过程中，应经常注意土层变化，对不同的土层采用不同的钻速、钻压、泥浆比重和泥浆量。在砂土、软土等容易坍孔的土层宜采用低档慢速钻进，同时提高孔内水头，加大泥浆比重。

4) 使用反循环旋转钻机钻孔时，应将钻头提离孔底约 20cm，待泥浆循环畅通，方可开始钻进。

5) 潜水钻机钻进时，可根据土质软硬控制进尺。钻机电流应控制在额定的范围内，如电流突然上升，应提出钻具，找出原因，消除故障。

#### 4 套管钻机钻孔

1) 套管钻机适用于砂类土或黏性土层，当地下水位以下有厚于 5m 的细砂层时，应选用上拔力较大的钻机。

2) 套管钻机在开孔下压套管时，钻进速度宜慢，并应反复上提下压校正套管，如有偏斜及时校正。

3) 套管钻机在中密或密实的土层中钻孔，宜随钻进随下套管；在松散的土层中钻孔，应先下套管，然后钻进，刃脚宜伸入抓土面 1.0~1.5m。当土质为细砂或粉砂时，应随时向套管中补水。

#### 5 钻孔异常处理

1) 钻孔中发生坍孔后，应查明原因和位置，进行分析处理。坍孔不严重者，可加大泥浆比重继续钻进；严重者回填重钻。

2) 出现流砂现象后，应增大泥浆比重，提高孔内压力或用黏土作成大泥块或泥砖投下。用冲击法造孔时可投黏土块，用钻头冲击黏土块挤入流砂层，加强孔壁，堵住流沙。

3) 弯孔不严重时，可重新调整钻机或卡杆孔继续钻进。发生严重弯孔、梅花孔、探头石时，应回填修孔，必要时反复几次修孔。冲击法修孔，应回填硬质带角棱的石块。并多填 0.5m。

4) 出现缩孔时，可提高孔内泥浆面或加大泥浆比重采用上下反复扫孔的方法，恢复孔径。

5) 发生卡钻时，不宜强提。应查明原因和钻头位置，采取晃动大绳或钻头以及其他措施，使钻头松动后再提起。

6) 发生掉钻时，应及时摸清情况，查明原因，采取措施，尽快处理。如钻头被埋住，应首先清除泥砂，再进行打捞。

### 5.2.3 清孔及浇筑水下混凝土应符合下列规定：

1 钻孔至设计高程经过检查后，应即进行清孔。浇筑水下混凝土前允许沉渣厚度应符合设计要求，设计未规定时：柱桩不大于 10cm；摩擦桩不大于 30cm。

2 清孔可采用下列方法：

1) 抽渣法：适用于冲击钻机或冲抓钻机造孔。

2) 吸泥法：适用于冲击钻机造孔，但土质松软孔壁容易坍塌时，不宜使用。

3) 换浆法：正、反循环旋转钻机宜使用换浆法清孔。抽渣或吸泥时，应及时向孔内注入清水或新鲜泥浆，保持孔内水位，避免坍孔。

换浆法的清孔时间，以排出泥浆的含砂率与换入泥浆的含砂率接近为度。

3 柱桩在浇筑水下混凝土前，应射水（或射风）冲射孔底 3~5min，翻动沉淀物，然后立即浇筑水下混凝土。射水（风）压力应比孔底压力大 0.05MPa。

4 不得用加深孔底深度的方法代替清孔。

5 钢筋笼主筋与加强箍筋必须全部焊接且宜整体吊装入孔。当条件困难时，可分段入孔，上下两段应保持顺直。接头应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

6 钢筋笼入孔后，应牢固定位。

7 水下混凝土的导管应符合下列要求：

1) 导管内壁应光滑圆顺，内径一致，直径可采用 20~30cm，中间节长宜为 2m，底节长 4m。

2) 使用前应试拼、试压、不得漏水，并编号及自下而上标示尺度。导管轴线偏差依孔深、钢筋笼内径与法兰盘外径差值而定，不宜超过孔深的 0.5%，亦不宜大于 10cm；组装时，连接螺栓的螺帽宜在上；试压的压力宜等于孔底静水压力的 1.5 倍。

3) 导管长度可根据孔深、操作平台高度等因素决定，漏斗底至孔口距离应大于一中间节导管长。

4) 导管接头法兰盘宜加锥形活套，底节导管下端不得有法兰盘。

5) 有条件时可采用螺旋丝扣型接头，但必须有防止松脱装置。

8 水下混凝土的坍落度应采用 18~22cm，细骨料宜采用河砂，粗骨料宜采用卵石，其粒径可采用 2~3cm。

9 水下混凝土封底，必须有隔水栓，隔水栓应有良好的隔水性能并能顺利

排出。

10 混凝土的初存量应满足首批混凝土入孔后，导管埋入混凝土中的深度不得小于 1m，并不宜大于 3m；当桩身较长时，导管埋入混凝土中的深度可适当加大。

水下混凝土应连续浇筑，不得中途停顿。

11 套管钻机成孔后，在浇筑混凝土过程中，套管宜经常转动。套管刃脚低于混凝土面的距离，应根据混凝土初凝时间确定，一般不宜小于 1.5m，也不宜大于 5m。

12 水下混凝土浇筑面宜高出桩顶设计高程 1.0m。

13 在混凝土浇筑过程中，应设专人经常测量导管埋入深度，并按本规范附录 D 作好记录。

14 浇筑过程中，当因导管漏水或拔出混凝土面、机械故障、操作失误或其他原因，造成断桩事故时，应予重钻或会同有关单位研究补救措施。

15 桩的质量检测应符合下列规定：

1) 每根桩作混凝土检查试件至少一组。

2) 结构重要或地质条件较差、桩长超过 50m 的桩或设计有要求者，可预埋 3~4 根超声波检测管对水下混凝土质量做超声波检测。必要时可适当加大检测管直径。

3) 大桥、特大桥、地质条件较差或有抗震要求者，应对部分钻孔桩进行低应变动测法检测桩身混凝土质量，并符合现行《铁路工程基桩无损检测规程》(TB 10218) 的规定。

4) 对质量有疑问的桩，应钻取桩身混凝土进行检测。

5) 大桥和特大桥或结构需要控制的柱桩的桩底沉渣厚度，按设计要求进行钻孔取样检测。

### 5.3 挖孔桩基础

5.3.1 挖孔桩基础适用于无地下水或有少量地下水的土层和风化软质岩层。

5.3.2 同一墩台各桩开挖顺序，可视地层性质、桩位布置及间距而定。桩间距较大、地层紧密不需爆破时，可对角开挖，反之宜单孔开挖。若桩孔为梅花式布置时，宜先挖中孔，再开挖其他各孔。

成孔后应立即浇筑桩身混凝土。

5.3.3 挖孔过程中，应经常检查桩身净空尺寸和平面位置。孔的中轴线偏斜不得

大于孔深的 0.5%，截面尺寸必须满足设计要求。孔口平面位置与设计桩位偏差不得大于 5cm。

**5.3.4** 孔内应经常检查有害气体浓度，当二氧化碳浓度超过 0.3%，其他有害气体超过允许浓度或孔深超过 10m 时，均应设置通风设备。

**5.3.5** 挖孔过程中，必须有可靠的安全措施。

**5.3.6** 挖孔时必须采取孔壁支护。支护方式可采用就地浇筑混凝土或便于拆装的钢、木支撑。支护应高出地面。支护结构应经过检算。无法拆除的木框架支撑，不得用于摩擦桩。

**5.3.7** 护壁混凝土强度等级不应低于 C15，当作为桩身混凝土的一部分时，不应低于桩身混凝土强度等级。

**5.3.8** 遇有局部或厚度不大于 1.5m 的流动性淤泥和可能出现涌沙时，应加强护壁或降水措施，必要时采用钢护筒防护。

**5.3.9** 孔内爆破应采用浅眼爆破。炮眼深度，硬岩层不得超过 0.4m，软岩层不得超过 0.8m；装药量不得超过炮眼深度的 1/3。孔内爆破应采用电引或导爆管起爆。

**5.3.10** 爆破前，对炮眼附近的支撑应采取防护措施。护壁混凝土强度尚未达到 2.5MPa 时，不宜爆破作业。

**5.3.11** 放炮后，施工人员下井前，应事先测定孔底有无毒气，如有毒气，应迅速排除。

**5.3.12** 挖孔至设计高程后，孔底不应积水，并应进行孔底处理，做到平整，无松渣、泥污等软层。当地质情况与设计不符时，应会同有关单位妥善处理。

**5.3.13** 浇筑桩身混凝土，当自由倾落高度超过 2m 时，混凝土必须通过溜槽或串筒，并宜采用插入式振捣器振实。

**5.3.14** 当孔内渗水量过大影响混凝土浇筑质量时，应采取有效措施保证混凝土的浇筑质量。

## **5.4 管柱基础**

**5.4.1** 管柱基础施工准备工作应符合下列规定：

1 管柱基础施工前，应根据洪汛、凌汛、河床冲刷、通航、漂流物、山洪及泥石流等情况，制订防护措施。

2 管柱下沉前，应充分考虑振动下沉对附近堤防、建筑物及相邻管柱的影响，



施工时应经常观测。

3 水上施工时，应做好施工结构及船只的锚碇工作，并应根据河床、水文等情况，对锚碇设备的受力状态经常检查和调整。

#### 5.4.2 管柱制造应符合下列规定：

1 管柱可根据施工具体条件分节制造，采用钢制法兰盘连接，其制造允许偏差应符合下列规定：

1) 法兰盘顶面不平度： $\pm 2\text{mm}$ 。

2) 螺栓孔中心对法兰盘中心的径向长度： $\pm 0.5\text{mm}$ ；顺圆周相邻两孔间长度： $\pm 0.5\text{mm}$ ；法兰盘上焊接主筋的竖板位置：钢筋混凝土管柱为 $\pm 5\text{mm}$ ，预应力混凝土管柱为 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 钢筋混凝土管柱和预应力混凝土管柱现场制作浇筑混凝土及预应力的张拉工艺，除应符合本规范第9章的有关规定外，尚应符合下列规定：

##### 1) 钢筋骨架制作

预应力混凝土管柱的预应力主钢筋应用没有焊接接头的整根钢筋；预应力主钢筋与法兰盘焊接时应减少各主钢筋间的初始应力差值。

除主钢筋与法兰盘联结部分采用电弧焊施焊、并保证足够的焊接长度外，不得在钢筋骨架上使用电弧焊施焊。

焊接钢筋时，不得引起法兰盘的变形。

箍筋间距允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ；保护层厚度允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

##### 2) 混凝土浇筑

粗集料应用碎石。

直立浇筑时，管壁上部混凝土必须密实，与法兰盘粘着良好。

每节管柱必须一次完成。

##### 3) 管节允许偏差

内径： $+20\text{mm}$ ，外径： $+20\text{mm}$ ；管壁厚度： $+10\text{mm}$ ；长度： $+20\text{mm}$ 。

法兰盘平面对垂直于管柱轴线平面的倾斜： $1\text{‰}$ 。管柱的纵向弯曲矢高：管节长度的 $2\text{‰}$ 。

预应力混凝土管柱的管壁不得有裂缝；钢筋混凝土管柱的管壁允许有表面裂缝，其深度不大于 $20\text{mm}$ ，宽度不大于 $0.2\text{mm}$ ，长度不大于管壁厚度的2倍。

3 钢管柱的制造除应符合现行国家标准《地基与基础工程施工及验收规范》

(GBJ202) 有关规定外, 尚应符合下列规定:

1) 钢管柱上下两相邻壁板的垂直拼接缝应错开, 其错开距离沿弧长不小于 1.0m。

2) 管节允许偏差:

圆周长或桩外径: 5‰。

同一横截面任意两直径差 (椭圆度): 直径的 1/500, 或 5mm。

桩顶平面对垂直于管柱轴线平面的倾斜度: 对接焊 2‰、法兰盘连接 1‰。

管柱纵向弯曲矢高: 管节长度的 1‰; 长度+20mm。

两柱节间对焊的错缝: 2mm。

4 管柱吊点位置、横卧存放时支点设置及存放层数、竖立存放的稳定性等要求, 均应符合设计要求。

5 应根据成品管节验收资料及设计所需各根管柱的长度, 组合配套, 作好标记。

#### 5.4.3 管柱下沉应符合下列规定:

1 管柱下沉的导向结构必须牢靠, 应能控制插打管柱的方向和位置并能满足钢板桩围堰受力的要求。

2 振动打桩机下沉管柱, 当下沉较困难时, 应停止振动, 从管柱内除土, 尽量消除土对管柱刃脚及内壁的摩擦力后, 方可继续振动下沉。

3 振动打桩机的选择应符合下列规定:

1) 振动打桩机的额定振动力应大于振动体系重量的 1.3~1.5 倍。

2) 振动打桩机的额定振动力应大于土的动摩擦力, 即

$$P > fuH \quad (5.4.3)$$

式中  $P$ ——振动力 (kN);

$H$ ——管柱入土深度 (m);

$u$ ——管柱周长 (m);

$f$ ——动摩擦力值 (kPa), 见表 5.4.3。

3) 两台振动打桩机并联使用时, 应选用同型号的振动打桩机及电机, 同步传动。

4 管柱群的下沉顺序除施工组织设计有规定以外, 可按管柱群的中心对称施工。相邻两管柱下沉时, 较浅管柱内宜保留一定厚度的土壤。

表 5.4.3 动摩擦力值

土的名称	$f$ 值(kPa)		施工方法说明
	除土振动下沉	除土、外射水振动下沉	
砂类土	9~10	7~9	—
碎石类土	8~11	—	除土至管柱刃脚以下
黏性土	10~12	8~9	射水、除土、振动交替进行

5 管柱振动下沉时,应根据土质、下沉深度、管柱结构特点、振动力大小及其对周围建筑设施的影响等具体情况,规定下沉速度的最低限值。每次连续振动时间不宜超过 5min。初期振动下沉时,应严格控制振动时间。当管柱内除土后仍不下沉,或振动时管柱明显回跳、倾斜加剧以及大量翻沙涌水时,应立即停振,分析原因。

6 管柱内除土应符合下列规定:

- 1) 应根据土层、管柱入土深度及施工具体条件,选取适宜除土方法。对黏性土、粉土宜采用抓泥斗,对砂类土宜用空气吸泥机。
- 2) 采用吸泥机除土时,应向管柱内灌水保持管柱内外水位基本平衡。
- 3) 采用抓泥斗除土时应防止抓泥斗碰损管壁。
- 4) 应均匀除土。

7 管柱接长时,应按配套的管节及标志接桩,当采用法兰盘连接时,其连接螺栓应对管柱轴线对称、拧紧,并将螺帽焊牢。必要时将法兰盘焊接。

8 当管柱发生倾斜和位移时,应立即采取不平衡除土、偏射水或在管柱顶部施加水平力再行振动等方法纠正。

9 管柱下沉困难时,不得采用爆破方法排除障碍物或作为下沉辅助措施。可根据具体情况采取下列措施:

- 1) 遇黏性土、粉土层时,可用高压射水或其他措施破坏黏土结构后再除土及振动下沉。
- 2) 遇孤石、树干、铁件或其他障碍物时,可用冲击设备击碎或水下切割排除,必要时征得设计部门同意并制订安全措施后,也可安装气闸处理。

10 摩擦支承管柱,在接近设计高程的最后下沉阶段,不得射水,管柱内土面不应低于设计高程。当振动达到设计高程,按设计要求清理基底后,即可在管柱内

填充混凝土。

11 管柱下沉到设计高程后的施工允许偏差，应符合下列规定：

1) 倾斜度的允许偏差：当垂直管柱需钻岩时为 1%；不需钻岩时为 2%；单排管柱无论钻岩与否，各管柱在顺桥方向的倾斜度为 1%，且倾斜方向不宜为同向。

2) 位移的允许偏差：在岸滩上用导向结构下沉的管柱群顶面（即承台底面，下同）中心，顺桥与横桥两方向的允许偏差均为 15cm，当导向结构靠水上锚碇设备施工时，其允许偏差为 25cm。顺桥向为单排管柱时，顶面中心在顺桥向的允许偏差岸滩上为 10cm；当导向结构靠水上锚碇设备定位施工时为 15cm。需钻岩的管柱，相邻两管柱底平面中心间距的偏差应满足相邻两钻孔间设计最小岩壁厚度的要求。

**5.4.4 钻岩、清孔及填充应符合下列规定：**

1 对钻岩的管柱，在钻岩前应探明管柱内岩面高程及管柱刃脚周围与岩面接触情况。宜将管柱沉至与岩面全面接触。管柱刃脚与岩面间可能引起翻沙的局部缝隙、空洞，应采取措施封堵，当岩面倾斜度或局部高差较大时，应用水下混凝土或其他措施填平后再行钻岩。

2 管柱群钻岩时应符合下列规定：

1) 不得因钻岩使相邻两钻孔孔壁间岩层受到破损。

2) 不得因钻岩而影响邻孔已填充混凝土的凝固。

3) 钻机平面布置应合理。

3 安装钻机时应符合下列规定：

1) 采用冲击式钻机钻岩时，钻头中心应对准管柱底面中心。

2) 采用旋转式牙轮钻机钻岩时，当管柱发生倾斜时，钻头中心应对准管柱柱底与柱顶中心平分点处。

3) 钻头升降迹线应为垂直线。

4) 钻机应固定牢靠。

4 采用冲击式钻机钻岩时应符合下列规定：

1) 钻头刃尖底平面宜呈十字形，其端部宜带有弧刃。钻头重量应根据岩石坚硬程度而选定。有条件时宜选用较重的整体铸钢钻头。

2) 在钻岩中，应经常检查钻头转向装置，使钻头能充分旋转。

3) 开钻初期冲程应小，待钻入一定深度后再逐步加大冲程；应根据岩石坚硬

程度、裂隙等情况，控制冲程，且最大冲程不宜大于 3m。

4) 钻进过程中应投入适量的性能良好、能悬浮钻渣的泥浆，并应及时清除钻渣；泥浆的指标应符合本规范第 5.2.1 条的规定。

5) 应经常检查钻孔的有效深度，岩孔底已出现十字槽，可回填片石后重新施钻。

6) 基岩较破碎时，不宜采用冲击式钻机钻岩。

5 采用旋转式牙轮钻机钻岩时应符合下列规定：

1) 采取减压钻进的方式施钻：开钻时先空转，后给进，且钻压应小。当钻头全面接触岩面进入正常钻进阶段时，方可将钻压逐步加大，最大不应超过钻具扣除浮力后总重的 80%。

2) 采用反循环排渣钻进时，应保持管柱内外水位基本平衡。

3) 遇有严重翻沙现象时，除采取封堵缝隙、空洞外，可提高管柱内水位（应以管壁混凝土能承受周向拉力为限）并应控制排渣系统的风压，缓慢排渣。

4) 应定期提升钻头检查成孔情况。

5) 钻岩过程中，应严防铁件坠入孔内，严禁在孔底有铁件的情况下施钻。

6 管柱内钻岩成孔的孔径及有效深度必须符合设计要求。

7 管柱内清孔应符合下列规定：

1) 钻孔完毕后，应将附着于孔壁的泥浆清洗干净，并将孔底钻渣及泥砂等沉淀物取出。

2) 在不钻孔的管柱内清孔，应将孔底浮泥清除。当管柱下沉至岩面而不需钻孔时，应清除表面风化层。

3) 管柱内壁泥浆浸泡的部位，应清洗干净。

4) 清孔可用空气吸泥机高压射水，必要时辅以射风。管柱刃脚底上下各 0.5m 范围内不得吸泥、射水、射风。

5) 清孔结果应仔细检查。在不具备直接检查的潜水条件时，可用水、风冲起孔底残留物后，对沉淀物的数量进行鉴定，可要求沉淀一小时后孔底平面上沉淀物平均厚度不大于 1cm。

8 管柱内安装钢筋骨架、浇筑水下混凝土及质量检查应符合下列规定：

1) 钢筋骨架应按设计要求的埋置深度安装。

2) 用垂直导管法浇筑水下混凝土应符合下列规定：每孔钻岩完成后应迅速进

行清孔和浇筑水下混凝土；

浇筑水下混凝土时砂浆不得流入相邻钻孔内；

混凝土的强度应较钻孔和管柱内浇筑混凝土的设计强度提高 20%；

开始浇筑混凝土前应用高压射水、射风或其他办法冲起残留渣物，在渣物尚未沉淀时立即浇筑混凝土；

导管埋入混凝土的深度不宜小于 1m，但也不宜过大，宜促使导管周围混凝土流动。

3) 嵌岩支承的管柱内浇筑水下混凝土的质量检查要求：管柱群基础应按设计要求作钻探检查，钻探孔的深度应至管柱钻孔底以下 0.5m，并在混凝土芯取出后立即用水泥浆封孔；

混凝土与岩层间应无残留渣物，且粘结良好；

混凝土芯外观应良好，各区段取芯率宜达到 90% 以上；

混凝土强度应符合设计要求。

## 5.5 桩基承台

### 5.5.1 桩基承台施工应符合下列规定：

1 承台混凝土应在无水条件下浇筑，可根据地质、地下水位和水深条件因地制宜地采用排或防水措施。

2 承台底到达预定的高程后必须将桩顶锤击面破损部分（预制混凝土桩、钢桩）去除或将浇筑桩头沉渣及浮浆全部凿除至新鲜混凝土面；桩体埋入承台长度及桩顶主筋锚入承台的长度应符合设计要求，钢管桩尚应焊好桩顶连接件。

3 绑扎承台钢筋前应核实承台底高程及每根桩体埋入承台长度并修整基面，在基底为土面时，可夯铺一层碎石，碎石顶面不得高于承台设计底面。

4 当采用基桩顶主筋伸入承台联结时，承台底层钢筋网在越过桩顶处不得截断。当采用基桩顶直接埋入承台联结时，其底层钢筋网碰及桩身时允许调整钢筋间距或在桩身两侧改用束筋穿过，确需截断时，宜在截断处增设附加钢筋连续绕过桩身。

5 承台混凝土应一次连续浇筑，当混凝土温度与环境之差大于 25℃ 时，应按大体积混凝土施工，并应采取降温措施。

6 在水中修建承台时可根据设计要求和水文条件采用钢板桩围堰、双壁钢围堰、吊箱围堰等不同的防水结构。

7 高承台结构中,当承台及墩身混凝土浇筑完成后,应将承台顶面以上的钢结构切除,不得危及通航船只的安全和在洪水期造成漂浮物堆积。

#### 5.5.2 钢板桩围堰承台施工应符合下列规定:

1 可将围笼一次下沉到位,也可在直桩基础中将围笼整个高出水面、插打定位桩后与定位桩组成稳定的施工平台。先进行基桩作业,再将围笼下沉插打钢板桩。

2 在围堰内吸泥直至封底以前的过程中应检查围堰外河床的冲刷情况,必要时抛石防护。

3 在围堰内吸泥至设计封底底面高程后,应整平基底、清除浮泥、浇筑水下封底混凝土。待达到要求的强度后抽水,浇筑承台及墩身。

4 钢板桩围堰的其他要求应符合本规范第 4.3.5 条的规定。围笼制造、组拼、起吊、浮运、定位、锚碇及下沉等应符合设计要求。

#### 5.5.3 双壁钢围堰施工应符合下列规定:

1 双壁钢围堰系由内外壁板、竖向加劲肋及水平环形桁架组成的环形整体钢壳,为全焊水密结构,壁内设竖向隔舱板。当围堰需下沉至岩面时,刃脚可根据岩面及风化层情况做成等高的或不等高的高低刃脚。围堰顶面可作为支承施工平台。围堰上部可以切割回收倒用。

2 围堰钢壳可分层、分块制造,块件大小可根据制造设备、运输条件和安装起吊能力决定。

3 出厂的分块块件,应按设计复核结构尺寸及对焊缝进行煤油渗透检查。

4 第一节钢围堰应做水压试验,灌水高度应符合设计要求,灌水后应检查焊缝渗漏情况。渗漏处在排水后将焊缝铲除烘干重焊。

5 钢壳拼装质量应符合下列规定:

1) 总体尺寸:

每节钢壳总体拼装完成后,其总体尺寸应与设计要求相符,其允许偏差应符合下列规定:

平面直径:  $\pm D/800$  ( $D$  为直径);

顶平面相对高差: 井箱相邻点高差为 10mm, 全围堰顶面最大高差为 20mm;

钢壳井箱厚度:  $\pm 1.5\text{mm}$ 。

2) 拼焊工作:

上下隔舱板应对齐，各相邻水平环形板对齐。

上下竖向肋角必须和水平环形板焊牢。

相邻块件、外壁板对接应准确，相互错开允许偏差为 1mm，接缝缝隙 0～2mm。当拼缝不能对接焊时，可采用搭接焊或贴板焊接，但必须满焊和保证水密。

所有壁板和隔舱板的工地焊缝应做煤油渗透试验，不合格者应凿除重焊。

6 双壁钢围堰落至基岩面或不被冲刷的地层中修筑低承台的钻孔桩基础时，围堰的浮运、定位、接高、水中下沉、落底、土中下沉和清基等除应符合本规范第 6 章沉井基础中的浮式沉井有关规定外，尚应符合下列规定：

1) 预埋在封底中的钻孔钢护筒位置应符合设计要求；

2) 施工平台应使台面水平，并满足钻机作业和配置起重设备的需要。

7 围堰定位落底的允许偏差除应符合设计要求外，尚应符合本规范第 6.5.2 条规定。

5.5.4 吊箱围堰修建承台应符合下列规定：

1 吊箱围堰可在浮箱上组拼并利用水上打桩设备及定位技术或在结构稳定可靠的施工平台上先将基桩作业完成后再下吊箱。施工平台可利用正式桩，也可在吊箱围堰范围外另打定位桩。

2 施工平台的结构布局和体系除应满足自身在基桩作业中的受力、稳定和操作要求外，宜与吊箱的结构布局相结合。

3 先施工的基桩必须严格控制偏差。直桩倾斜度不得大于 1%。

4 当吊箱整体制造及吊运时，应满足吊箱起吊的吊点布置和整体受力及刚度要求。

5 吊箱围堰是由钢板、加劲肋焊成的侧、底板和支撑体系组拼成的带底板的盒式水密结构，使用时不得漏水。侧板可用单壁或双壁，一般采用单壁，并做成拆装式。拼缝处要有可靠的防漏措施，利用侧板做承台外模时，应保证承台结构尺寸准确。吊箱围堰应在桩间增设强劲的支撑体系。

6 吊箱底板的结构布置除应满足浇筑水下封底混凝土和抽水时的要求外，尚应满足浇筑承台混凝土时的受力需要。

应根据成桩的实际偏差计算箱底高程处的预留孔位置并预留一定的缝隙，开设预留孔时不得伤及底板的加劲肋。封底前应将底板与桩身间的实有缝隙全部封堵。

7 吊箱围堰封底厚度应根据抽水时吊箱不上浮的原则计算确定。



封底厚度不宜小于 1.0m。

8 吊箱拼装质量应符合下列规定：

内口平面长、宽尺寸偏差： $\pm L/700$ 、 $\pm B/700$ ；

内口对角线偏差： $\pm S/500$ （ $S$  为对角线长度）；

底板预留孔位偏差： $\pm 20\text{mm}$ ；

吊箱结构满足水密要求。

9 吊箱就位的允许偏差应符合下列规定：

中线扭转角： $1^\circ$ ；

箱体最大倾斜度：箱体高的  $1/50$ ，且承台顶面处基础边缘距设计中心线尺寸偏差  $\pm 50\text{mm}$ ；

箱体高程符合设计要求。

## 6 沉井基础

### 6.1 一般规定

6.1.1 沉井施工前，应根据沉井入土地层及基底持力层或岩面地质资料，制订下沉方案。

6.1.2 在堤防、建筑物附近下沉时，应按照设计文件的防护设计及所制订的安全措施施工，并注意观测。

6.1.3 沉井施工，应对洪汛、凌汛、潮汐、河床冲刷、通航、漂流物、山洪及泥石流等情况作调查研究。在施工中应制订相应的安全措施。

### 6.2 沉井下沉前的施工

6.2.1 就地制作沉井施工应符合下列规定：

1 在浅水中或可能被水淹没的旱地，应筑岛制作沉井；在旱地，可在整平夯实的地面上制作沉井；当地下水位低、土质较好时，可先开挖基坑至地下水位以上适当高程制作沉井。

2 制作沉井处的地面及岛面承载力应符合设计要求。地面以下的软弱地层，当不能满足承载力的要求时，应采取换填、打砂桩、填筑反压土体等加固措施。

3 筑岛应符合下列规定：

1) 筑岛的尺寸，应满足沉井制作及抽垫等施工的要求。无围堰筑岛护道宽度不宜小于 2m，临水面坡度可采用 1:2。有围堰的筑岛，确定护道宽度时，应满足

沉井重量等荷载对围堰所产生的侧压力的要求。

2) 筑岛材料应用透水性好、易于压实的土(砂类土、砾石、较小的卵石)且不应含有影响岛体受力及抽垫下沉的块体(包括冻块)。

3) 岛面应比施工水位高出 0.5m 以上。有流冰时,应适当加高。

4) 在斜坡上或靠近堤防两侧筑岛时,应采取防止滑移的措施。

4 采用土内模支承制作底节沉井应符合下列规定:

1) 根据土模下地质情况、沉井大小等选用。刃脚部分的外模应能承受井壁混凝土的重量在刃脚斜面上的水平分力。

2) 填筑土模宜用黏性土。当地下水位低、土质较好时,可采取开挖基坑而形成土模。

3) 土模顶面的高度及承载力,应根据土质及荷载计算确定。对有隔墙的沉井,可填筑至隔墙底部。

4) 应有良好的防水排水措施。

5) 土模表面应用水泥砂浆或油毛毡作保护层。

6) 拆除土模及开始挖土下沉时,不得先挖沉井外围的土。土模的残留物应予清除。

5 采用模板及支垫支承制造底节沉井时应符合下列规定:

1) 支垫布置应满足设计及抽垫的要求。垫木下应用砂填实,其厚度不宜小于 0.3m,垫木间用砂填平。调整垫木顶面高程时,不得在其下垫塞木块、木片、石块等。

2) 各垫木的顶面应与刃脚的底面相吻合。

3) 模板及支撑应具有较好的刚性。内隔墙与井壁连接处的垫木应互相搭接联成整体,底模支撑应支于垫木上。

6 底节沉井抽垫应符合下列规定:

1) 混凝土强度应能满足设计规定的沉井抽垫受力的要求。

2) 抽垫应分区、依次、对称、同步地进行。抽出垫木后,应随即用沙土回填捣实,抽垫时应防止沉井偏斜。

3) 定位支垫处垫木,应最后同时抽出。

6.2.2 浮式沉井施工应符合下列规定:

1 浮式沉井的制造除应符合有关规范规定外,尚应符合以下规定:

- 1) 沉井的底节应作水压试验, 其余各节应经水密检查, 合格后方可入水。
- 2) 沉井的气筒应按受压容器的有关规定经检验合格后, 方可使用。
- 3) 沉井的临时性井底, 除作水密检查合格外, 尚应满足在水下拆除方便的要求。

2 浮式沉井浮运或下水前, 应掌握河床、水文、气象及航运等情况, 并检查锚碇工作及有关施工设备(如定位船、导向船等)。在汛期必须经常检查锚碇设备, 特别是导向船和沉井的边锚绳的受力情况。

3 浮式沉井的底节, 可采用滑道、起重机具、沉船等方式入水, 如采用沉船方式, 应有在船顶面即将淹没时使沉船体系平稳地下沉措施。

4 浮式沉井底节入水后的初步定位位置, 应根据水深、流速、河床面土质及高低情况、沉井尺寸及形状等因素, 并考虑沉井在悬浮状态下接高和下沉中, 墩位处的河床面受冲淤的影响, 综合分析确定, 宜设在墩位上游适当位置。

5 浮式沉井在悬浮状态下浮运、接高和下沉应符合下列规定:

- 1) 沉井悬浮于水中, 施工各阶段应随时检算沉井的稳定性和出水高度。在接高和下沉中, 当实际情况与设计条件不符时, 应通过计算加以调整。
- 2) 接高时, 必须均匀对称地加载, 沉井顶面宜高出水面 1.5m 以上。
- 3) 应随时测量墩位处河床冲刷情况, 必要时采取防护措施。
- 4) 带气筒的浮式沉井, 气筒应加防护。
- 5) 带临时性井底的浮式沉井及浮式双壁沉井, 应控制各灌水隔舱间的水头差不得超过设计要求。

6 浮式沉井落河床定位应符合下列规定:

- 1) 落河床宜安排在枯水时期、低潮水位和流速平稳时进行;
- 2) 落河床前应对所有锚碇设备进行全面检查和调整, 使沉井落河床时位置正确, 并注意潮水涨时对锚碇的影响;
- 3) 落河床前应详细探明墩位处河床面情况;
- 4) 落河床位置, 应根据河床面高差、冲淤情况、地层及沉井入土下沉深度等因素研究确定, 宜向河床面较高一侧偏移适当尺寸;

5) 浮式沉井落河床后, 应采取措施尽快下沉, 使沉井保持稳定, 并随时观测沉井的倾斜、位移及河床冲刷情况, 必要时应采取调整措施。

6.2.3 薄壁沉井加桩基施工时应符合下列规定:

1 薄壁沉井加桩基基础宜采用先将沉井下沉至规定深度后再在井孔内以井孔为导向架进行基桩作业。

2 薄壁沉井的水上施工方法同第 6.2.2 条浮式沉井, 基桩的施工同本规范第 5.2 节或第 5.4 节, 并应符合设计要求。

3 沉井下沉到位后应经常观测墩旁河床冲刷情况, 当冲刷较深时宜抛石防护。

4 在井孔内基桩作业, 应制定施工的工艺。严禁在基桩施工中引起沉井倾斜或不均匀下沉导致沉井偏移无法纠正或桩身折断。

### 6.3 沉井下沉

6.3.1 在渗水量小的稳定土层中下沉第一节沉井时, 宜采用排水开挖下沉。易涌水翻沙的地层, 不宜采用排水下沉。

6.3.2 当下沉困难时, 在结构受力允许情况下, 可采用高压射水、降低井内水位、压重等措施下沉。

6.3.3 沉井下沉应符合下列规定:

1 沉井应连续下沉, 减少中途停顿的时间。在下沉过程中, 应掌握土层情况, 做好下沉记录, 随时分析判断土层摩擦力与沉井重量关系, 选用最有利的下沉方法。

2 沉井下沉时, 应防止内隔墙受到支承。井内除土应先从中间开始, 均匀、对称地逐步向刃脚处挖土。对排水下沉的底节沉井, 支承位置处的土, 应在分层除土中最后同时挖除。

3 沉井下沉初期, 应随时调整倾斜和位移。应根据土质、沉井大小和入土深度等, 控制井孔内除土深度和井孔间的土面高差。

4 弃土不应靠近沉井。在水中下沉时, 应检查河床因冲、淤引起的土面高差, 必要时应对河床面采取防护措施, 或利用出土调整。

5 在不稳定的土层或砂土中下沉时, 应保持井内外水位一定的高差, 不得翻沙, 必要时可向井内补水。

6.3.4 采用泥浆润滑套下沉沉井应符合下列规定:

1 选用的泥浆原料(膨润土、水、化学处理剂)及配合比, 应保证泥浆具有良好的固壁性、触变性和胶体率。泥浆配合比和泥浆性能各项指标应符合本规范附录 E 的规定。

2 泥浆套应设地表围圈防护, 地表围圈高度可为 1.5~2.0m, 顶面高出地面

约 0.5m，上加顶盖以防土石落入或流水冲蚀。地表围圈外围应回填不透水土，分层夯实。

3 压浆管路应畅通无阻。压浆管的射口处应设置防护，射出的泥浆不得直接冲刷土壁。

4 沉井下沉时应及时补充泥浆，泥浆面不得低于地表围圈底面，同时应使沉井内外水位相近，或井内水位略高，不得翻沙、涌水破坏泥浆套。

5 不宜掏空刃脚下的土。

6 井底置于土层的泥浆套沉井，应根据泥浆套实际效果及地层情况，提前停止压入泥浆或破坏泥浆套。

7 孔隙大易漏失泥浆以及易翻沙坍塌破坏泥浆的地层，不宜采用泥浆套下沉沉井。

### 6.3.5 采用空气幕下沉沉井应符合下列规定：

1 气龕、沉井内压气管路等的布置应符合设计要求，供气系统的布置应满足压气时设计所需气压及气量的要求。

2 下沉时应做到：

1) 均匀除土，勤压气，不得过分除土而不压气。在一般情况下，除土面低于刃脚 0.5~1.0m 时，即应压气下沉。

2) 开气顺序应先上部气龕，后下部气龕，压气时间不宜过长，可在 10min 左右。停气时应先停下部气龕依次向上，最后停最上部的气龕，并宜缓慢减压。

3) 下沉中为控制及调整沉井的倾斜和位移，可利用分区、分层设置的压气管路，分区分层压气。

3 卵石、砾石、硬黏土及风化岩等地层，不宜采用空气幕下沉沉井。

### 6.3.6 沉井接高应符合下列规定：

1 沉井接高前应调平。接高时，井顶露出水面不应小于 1.5m，井顶露出地面不应小于 0.5m。接高上节沉井模板时，支撑不得直接支撑于地面上，并应考虑沉井因接高加重下沉时，模板支撑不致接触地面。

2 应防止沉井在接高加重时突然下沉或倾斜，可在刃脚下回填或支垫。接高时应均匀加重。

3 接高后的各节沉井中轴线应为一直线。

4 混凝土施工接缝应按设计要求布置接缝钢筋，清除浮浆并凿毛。

### 6.3.7 纠正沉井倾斜和位移应符合下列规定：

- 1 纠偏前，应先摸清情况，分析原因，并采取相应措施。当有障碍物时，应首先排除。
- 2 纠正倾斜时，可采取偏除土、偏压重、顶部施加水平力或刃脚下支垫等方法。
- 3 当沉井倾斜方向有利于纠正位移时，可继续下沉，待沉井底面中心接近墩位设计中心，再纠正倾斜。

### 6.3.8 沉井下沉排除障碍物可按下列方法进行：

- 1 遇孤石时可采取潜水员水下排除、爆破等方法。在水下爆破时，每次总药量不应超过 0.2kg TNT 当量；井内无水时，通过计算后，可适当加大药量。
- 2 遇铁件时，可采取水下切割排除。
- 3 施工前已经查明在沉井通过的地层中，夹有胶结硬层时，可采取钻孔投放炸药爆破的办法预先破碎硬层。
- 4 在特殊情况下，并有安全措施时，可改为气压沉箱排除。

### 6.3.9 当沉井顶在施工水位或土面以下时，应设井顶防水（土）围堰，可根据施工水位抽水高度、入土深度、沉井类型及井孔布置等采用钢板围堰、混凝土围堰或砌砖围堰，并应符合下列规定：

- 1 围堰平面尺寸和高度应满足沉井发生允许偏差后在井顶安装墩台身模板和布置围堰结构的需要，并能防止施工水位（含波浪高、壅高和冲高等）时水流从上游侧倒灌入围堰。
- 2 防水（土）围堰的各部分构件除应满足抽水或入土时的受力要求外，尚应便于浇筑沉井顶盖及墩台身混凝土过程中分批拆除并在墩台身完成后能全部清除。
- 3 井顶须沉入土中的沉井，其井顶防水围堰底部与井顶连接应牢固。
- 4 围堰底部与井顶井壁混凝土间应密贴，可在井顶留泄水槽，将漏水引入井孔。

## 6.4 沉井基底清理、封底及浇筑

### 6.4.1 在不排水的情况下清理基底时，应填写检查记录，并应符合下列规定：

- 1 沉井下沉至设计高程后基底面地质应符合设计要求。
- 2 清理后的基底面距离隔墙底面的高度及刃脚斜面露出的高度，应满足设计要求的最小高度。

3 基底浮泥或岩面残存物（风化岩碎块、卵石、砂等）均应清除，封底混凝土与基底间不得产生有害夹层。清理后的有效面积（即沉井底面积扣除在刃脚斜面下一定宽度内不可能完全清除干净的面积）不得小于设计要求。

4 隔墙底部及封底混凝土高度范围内井壁上的泥污应清除。

6.4.2 沉井采用水下混凝土封底时，应符合本规范第 5.2.3 条的有关规定。

6.4.3 沉井应在封底混凝土强度满足抽水后受力要求时，方可抽水浇筑。

6.4.4 封底混凝土，在浇筑中发生故障或对封底记录中有疑问时，应钻孔取样检查鉴定。

## 6.5 沉井允许偏差

6.5.1 沉井制作尺寸的允许偏差应符合下列规定：

- 1 长、宽： $\pm 0.5\%$ ，且不大于 $\pm 12\text{cm}$ 。
- 2 曲线半径： $\pm 0.5\%$ ，且不大于 $\pm 6\text{cm}$ 。
- 3 对角线： $\pm 1\%$ 。
- 4 井壁厚：

混凝土、片石混凝土： $\pm 4\text{cm}$ ；

钢筋混凝土： $\pm 1.5\text{cm}$ 。

5 每节沉井平面尺寸不应大于刃脚处的平面尺寸。井壁表面不应向外凸出或向外倾斜。

6 钢沉井的构造、拼装等方面有特殊要求的沉井，其平面尺寸允许偏差值应符合设计要求。

6.5.2 沉井清基后位置的允许偏差应符合下列规定：

- 1 沉井底面平均高程应符合设计要求。
- 2 沉井的最大倾斜度不得大于沉井高度的  $1/50$ 。
- 3 沉井顶、底面中心与设计中心在平面纵横向的位移（包括因倾斜而产生的位移）均不得大于沉井高度的  $1/50$ ，浮式沉井允许位移值可另加  $25\text{cm}$ 。

4 矩形、圆端形沉井平面扭角允许偏差：

就地制作的沉井： $1^\circ$ ；

浮式沉井： $2^\circ$ 。

7 特殊地基

7.1 湿陷性黄土地基

7.1.1 湿陷性黄土地基开挖，必须保持基坑不受水浸泡，当雨季施工时，应有专门的防洪、排水设施。

基础完成后，养生水不得浸泡基坑，并应及时用原土或黏性土分层回填夯实，高于附近地面。冬期施工时，应有防冻设施。

7.1.2 基坑边坡可根据地质资料和现场具体情况按表 7.1.2 确定。

表 7.1.2 基坑边坡

基坑深度(m)	<2	2~3	>3~5
坡 度	1 : 0.1	1 : 0.25	1 : 0.3

当使用桩孔挤密法、重锤夯实法、强夯法施工或坑顶有荷载时，可采用本规范表 4.1.3 中黏性土的数值。

无论采用何种方法，均不得对邻近建筑物或设备造成有害影响。

7.1.3 灰土换填夯实法施工应符合下列规定：

1 所用土料及石灰应符合本规范第 7.1.4 条第 4 款的规定。灰土应拌合均匀一致，用手紧握成团，两指轻捏即碎。拌好的灰土不得隔日使用。

2 设计干容重应由试验确定。施工时应分层检测。

分段施工时，接缝两侧各 50cm 范围内，应增加夯击遍数，上下层接缝应错开 50cm 以上。

3 灰土的虚铺厚度及夯实遍数可根据使用机具通过试验确定。

4 灰土换填应做好遮盖，并防止水浸或晒裂。

5 灰土检验可采用标贯或环刀取土样试验方法。灰土表面应平整、无起皮和裂纹。

7.1.4 挤密灰土桩法施工应符合下列规定：

1 施工前应通过试桩确定落锤高度、夯击次数、每层回填厚度和有效挤密范围。当采用成组桩孔试验时，还应测定桩间土挤密后的干容重。

2 开挖基坑时，应在基底高程以上预留大于 0.5m 厚的土层，待挤密加固后，砌筑基础前挖除。

3 成孔挤密顺序应先外后里间隔进行，完成一孔回填一孔。



4 灰土配合比当设计无要求时，可采用 3：7 或 2：8（体积比）。

灰土中黏土有机质含量不宜超过 8%，当粒径不大于 15mm、土的含水量低于 10%时，应加水至最佳含水量，石灰应为消石灰，粒径不大于 5mm。

5 灰土最小干容重应符合表 7.1.4—1 的规定：

表 7.1.4—1 灰土最小干容重

土料种类	灰土最小干容重(t/m³)
粉 土	1.55
粉质黏土	1.50
黏 土	1.45

6 灰土桩允许偏差应符合表 7.1.4—2 的规定。

表 7.1.4—2 灰土桩允许偏差

成孔方法	允 许 偏 差			
	孔位(mm)	垂直度(%)	桩径(mm)	深度(mm)
沉管法	50	1.5	—20	±100
爆扩法	50	1.5	±50	±300
冲击法	50	1.5	+100 —50	±300

7 灰土夯实质量可采用静力触探检测，也可取土实测干密度。

7.1.5 石灰桩法施工应符合下列规定：

- 1 石灰桩成孔宜采用挤密成孔机械，也可采用各类钻机。
- 2 石灰中 CaO 含量不低于 80%，粒径以 2~5cm 为宜，夹石量不大于 5%。
- 3 当需提高桩体强度时，可掺入适量的粉煤灰、矿渣等掺合料，其比例通过试验确定。

4 桩孔内石灰应分层填入，分层夯实，厚度应在 20~50cm，夯实工具质量以 10~15kg 为宜。桩身密度符合设计要求。

- 5 距桩顶 0.5~1.0m 内应填黏土、灰土或混凝土夯实封闭。
- 6 质量检验应以静力触探或取样试验为主，必要时也可做载荷试验。
- 7 施工允许偏差应符合下列规定：

桩孔中心偏差不大于桩距设计值的 5%或半个桩孔，垂直度小于 1.5%。

7.1.6 重锤夯实法施工应符合下列规定：

1 施工前应在加固地基附近试夯，确定夯实参数。当夯实土干容重和夯实深度达到设计要求时，锤重、锤底面积、夯击遍数和落锤高度应作为施工工艺的依据；最后下沉量和总下沉量作为控制夯实质量的标准。

注：最后下沉量系指最后两击的平均下沉量。

2 试夯时锤重可采用 1.5~3.2t；落锤高度可采用 2.5~4.5m；锤底面的单位静压力为 15~20kPa。吊机的起重能力应根据吊钩的类型确定：当直接用钢丝绳悬吊重锤时，应大于锤重的 3 倍；当采用自动脱钩时，应大于锤重的 1.5 倍。

3 当基坑土含水量低于最佳含水量 2% 时，应均匀加水渗入坑内，经一昼夜后方可夯击。

4 夯位宜连续夯击，在一次循环中，每一夯位应连击两次，下一夯位应错开 1/2 锤底尺寸。

5 基坑开挖时，基底高程以上应预留土层，其厚度为总下沉量加 10~15cm。夯实完毕，应将表面松土清除，拍实平整，达到设计高程。

6 重锤夯实的质量标准，除按最后下沉量控制外，总下沉量不得小于试夯时总下沉量的 90%。

7 重锤夯实加固地基，可按本规范附录 F 填写施工记录。

7.1.7 强夯法施工应符合下列规定：

1 施工前应通过试夯确定夯击参数。

2 试夯时锤重不宜小于 10t；落锤高度大于 8m，锤底面单位静压力不小于 20kPa；夯锤底应每 0.3~0.5m<sup>2</sup> 设  $\phi 60 \sim 100\text{mm}$  竖向排气孔。吊机宜设自动脱钩器，其起重能力应大于锤重的 1.5 倍，并有防止吊臂突然释重而后倾或回弹的措施。

3 地基有效加固深度可用下式估算：

$$H = K \sqrt{m \cdot h} \quad (7.1.7)$$

式中  $H$ ——地基有效加固深度 (m)；

$m$ ——锤重 (t)；

$h$ ——落锤高度 (m)；

$K$ ——折减系数，可按原土含水量、湿陷系数和夯击能在 0.3~0.6 间选择。

4 开挖基坑时，基底高程以上应预留土层，其厚度为下沉量加 10~25cm。夯击完毕，将表面松土清除，拍实平整，达到设计高程。

5 每一夯位达到总下沉量和最后下沉量时，才能转移下一夯位。当地基土局部液化时，应停止夯击，待孔隙水消散后，方能继续夯击，直至达到设计要求。

夯位中心距如无设计规定时，以大于夯锤边长（或直径）的 1.7 倍为宜。

6 稳锤人员距夯边的距离不宜小于 6m。

7 强夯法加固地基可按本规范附录 G 填写记录。

8 强夯效果的检测可在强夯结束后一个月采用静力触探或探井取样做土工试验。

9 强夯地基的允许偏差应符合表 7.1.7 的规定。

表 7.1.7 强夯地基的允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
夯击点中心位移	150
顶面高程	±20
表面平整度	30

## 7.2 软土地基

7.2.1 软土地基加固，可采用换填土（砂）、砂垫层、砂桩、碎石桩、粉喷桩、旋喷桩、砂井等方法。

7.2.2 采用换填法加固时，可挖去软土层、分层换填粗、中砂或砂砾等填料，夯实到中密。也可换以力学性质较好的黏性土，夯实密度达到最佳密度的 90% 以上。

7.2.3 采用砂垫层加固时，砂垫层应采用含泥量不大于 3% 的粗、中砂或细砂掺碎石或卵石。施工时应分层夯填，第一层铺厚 5~10cm，以后每层铺厚 20~30cm，夯实达到中密。孔隙比不小于 0.65，干密度不小于 1.55~1.6t/m<sup>3</sup>。

7.2.4 砂桩加固软土地基施工应根据地质、环境和设备情况选用不同的施工方法。施工前应进行试桩，以确定填砂量，提升速度等参数，并应符合下列规定：

1 砂桩施工高程宜高于基底 1~2m。

2 施工时砂的含水量可控制在：

1) 采用单管冲击式一次打拔管成桩或复打成桩时，使用饱和砂。

2) 采用双管冲击式或单管振动式重复拔管成桩时，含水量在 7%~9%。在饱和土中施工时，也可使用天然湿度砂或干砂。

3 无论采用何种成桩工艺，均应按桩管就位、沉管、灌砂、振动拔管的程序进行。

4 砂桩施工应先外围桩，后隔行桩。对软弱黏土地基可隔行施工，各桩也可间隔施工。

5 砂桩质量：应控制拔管速度保持桩身的连续性，拔管速度根据所用设备由试验确定。冲击式成桩可控制在 1.5~3.0m/min；振动式逐步拔管法成桩可每次拔起 0.5m，并继振 20s；当采用一次拔管法时，在一般情况下拔管 1m，控制在 30s 以内；当使用重复拔管法时，应通过测定砂的排出率和用实际压入比控制施工。

6 砂桩的桩位差不应大于桩径之半，桩长允许偏差为 -10cm，垂直度偏差为 1.5%。

7 检测砂桩质量可采用静力触探，标准贯入等方法检测。

7.2.5 碎石桩加固软土地基施工应符合下列规定：

1 应通过试桩确定水压、水量、成孔速度、填料方法和电流控制值等。

2 碎石桩应按振冲成孔、清孔、填石和振实的程序施工。

3 振冲器宜以 2~3m/min 的速度缓慢沉入地基。振冲器最大电流值不得超过电机额定电流。

4 振冲器达到孔底以上 30~50cm 时，宜以 5~6m/min 的速度提至孔口，再放下，如此重复 1~2 次，最后停留在孔底以上 30~50cm 处，冲水清孔 1~2min 再提出孔口。

5 孔内每次填料高度不应大于 1m，填料粒径可为 2~7cm，含泥量不大于 5%。当振冲器电流增大到空载电流约一倍时，即示该段桩体已经振密，可继续下一段填料工序。对填料振密过程应分段记录电流变化情况。

6 振密后的桩顶应高于设计高程不少于 1m。

7 施工允许偏差应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 碎石桩施工允许偏差

名 称	允许偏差(mm)
振冲器喷水中心与桩孔中心	5
桩 距	±100
桩 径	不小于设计桩径
桩顶中心与设计中心	0.2 倍桩径
填料量	±5%

8 桩体质量应于完成后 14~28d 检查，检查方法可采用动力触探检验桩体密实度，必要时可做单桩载荷试验。

7.2.6 粉喷桩加固软土地基施工应符合下列规定：

- 1 施工前应试桩，对钻机回转速度、提升速度、粉喷速度选择最佳组合。试桩不宜少于 10 根。
- 2 应根据不同土质选用不同形状、不同倾角的钻头叶片。
- 3 粉状加固料的种类、技术指标、质量标准 and 粉体喷入量应符合设计要求。
- 4 严格控制钻孔深度、喷灰时间及停灰时间，保证粉喷桩长度。粉喷应连续均匀，严禁未达设计深度及尚未粉喷的情况下提升钻机。
- 5 粉喷机必须配备粉体计量装置。当需复喷时，喷灰量不应小于设计用量。
- 6 桩身上部 1/3 桩长范围内应重复搅拌。
- 7 当钻头提升至地面以下 0.5m 时，应停止喷灰。上部 0.5m 范围内用人工回填黏土压实。
- 8 粉喷桩施工时，可按本规范附录 H 填写施工记录。
- 9 加固后桩间土强度应符合设计要求，可通过标准贯入，静力触探检测。桩体强度可取芯做无侧限抗压强度检测并符合设计要求。
- 10 质量标准应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 粉喷桩允许偏差

名 称	单 位	允许偏差
粉体喷入量	%	±8
桩 距	cm	5
有效桩长	cm	±10
桩顶高程	cm	±5
桩体垂直度	%	1.5

7.2.7 旋喷桩加固软土地基施工应符合下列规定：

- 1 施工前应进行试桩，以确定旋喷速度、喷射压力、提升速度等参数。
- 2 旋喷桩施工根据设备和设计要求，可采用单管法、二重管法、三重管法和多重管法。
- 3 无论采用何种方法，均应按钻机就位、钻孔、插管、喷射作业和冲洗等程序进行。

4 高压设备及管路系统，其压力和流量必须满足设计要求。

5 旋喷桩所用水泥可采用强度等级为 32.5 的普通硅酸盐水泥，根据需要也可采用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥或加入适当的外加剂。

6 浆液应准备充足，一根桩的用量可按式计算：

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} H (1+B) \quad (7.2.7)$$

式中  $Q$ ——旋喷浆液用量 ( $\text{m}^3$ )；

$D$ ——桩体直径 ( $\text{m}$ )；

$H$ ——桩长 ( $\text{m}$ )；

$B$ ——损失系数，可选用 0.1~0.3。

7 射水试验压力可选用 0.5MPa。钻孔射水压力由 0.5MPa 增至 1.0MPa。旋喷时的压力可在 14~24MPa 之间。

8 旋喷时应先喷浆后旋转和提升。在旋喷过程中应保持连续性。当发现浆液喷射不足，或桩体为较大直径时，可重复喷射。

9 喷射时应做压力、流量和冒浆的测量工作，按本规范附录 J 填写记录。

10 垂直施工时，钻孔垂直度不应大于 1.5%，固结体有效直径  $\pm 50\text{mm}$ 。

11 旋喷桩施工质量检测可采用浅层开挖、钻取岩心、标准贯入。

### 7.2.8 砂井加固软土地基施工应符合下列规定：

1 砂井应连续、密实，不出现颈缩现象；施工时应减小对周围土扰动；砂井的间距、直径、长度应满足设计要求。

2 砂井施工可采用套管法、水冲成孔法或螺旋钻孔工艺。

3 砂井用砂应为均质系数大于 3，通过  $74\mu\text{m}$  筛孔的颗粒小于 3% 的中、粗砂，且含泥量不得大于 3%。

4 采用射水成孔时，射水器应垂直，不得互相穿孔。

5 砂井顶部应按设计要求铺设砂垫层，并应于铺设前，将场内泥浆清除。

6 灌砂时不得堵孔，灌砂率不得小于 90%。

7 加固后地基承载力可采用标准贯入，静力触探检测。

8 井位允许偏差为  $\pm 15\text{cm}$ ，井径和深度应符合设计要求，垂直度不应大于 1.5%。

### 7.2.9 袋装砂井施工除应符合第 7.2.8 条有关规定外，尚应符合下列要求：

- 1 袋装砂井施工应按定位、整理桩尖、沉管、导管内置入砂袋、拔管的程序施工。
- 2 所用砂子应为干砂，含泥量不大于 3%。砂袋材料性能应符合现行《铁路路基土工合成材料应用技术规范》(TB 10118) 和设计要求。
- 3 袋装砂井施工允许偏差应符合表 7.2.9 的规定。

表 7.2.9 袋装砂井施工允许偏差

项 目	允许偏差
井 深	+300 -100 <sup>mm</sup>
井 位	±100mm
垂直度	1.5%
砂 袋	灌砂量±5%
砂袋埋入垫层长度	+100 0 <sup>mm</sup>

7.2.10 软土地基上修建的桥涵，应按设计预留沉降量。对砂井加固的软土地基，应按设计要求采取预压。桥涵主体必须分期均匀施工。在砌筑墩台、填土和架梁过程中，应设置观测桩，系统观测沉降量，以控制施工进度，指导施工使软土地基缓慢平均受载，以防发生不均匀沉陷。

7.3 多年冻土地基

- 7.3.1 挖基时应核对设计提供的多年冻层上限及其他地质资料。
- 7.3.2 按保持冻结原则的设计，在多年平均地温等于或高于 -2℃时，明挖基础宜于冬期施工；多年平均地温低于-2℃时，可在其他季节施工，但应避开高温季节，并符合下列规定：
  - 1 严禁地表水灌入基坑；
  - 2 及时排除基坑内的地下水和融化水；
  - 3 应在基坑顶部搭设遮阴、防雨棚；
  - 4 应组织快速施工，作完基础立即回填封闭，并以草袋等覆盖。
- 7.3.3 基底或下卧层为融沉土或强融沉土时，基底隔热层、基础防水层及河床黏土防水层，应在汛期前施工完毕。施工时应使基础防水层与基础粘结牢固，河床黏土防水层应填筑密实，并避免破坏河床及两岸天然植被。
- 7.3.4 基础埋置在季节融化层以下，于冬期施工时，应缩短基坑暴露时间，防止冻层继续加深。

7.3.5 基础位于冻胀土中时，基础混凝土应整体浇筑，当施工缝不可避免时，应符合本规范第 4.6.2 条的规定。如采用砌体基础，应做到砌体表面光洁、密实，勾缝严密。在地下水浸泡冻结前，砂浆应达到设计强度。

7.3.6 基底的多年冻土，设计要求部分或全部融化时，宜在夏期施工使其自然融化，或挖除冻土后回填非冻胀土，但必须探明符合设计要求时，方可砌筑基础。

7.3.7 基坑开挖边坡，视气温、地温以及土的类别而定。在冬期施工时，边坡可采用  $1:0.1 \sim 1:0.2$ 。

7.3.8 基础应用抗冻砂浆砌筑或浇筑低温早强混凝土，必要时可适当提高混凝土强度等级。

## 8 墩台

### 8.1 一般规定

8.1.1 墩台身及附属工程混凝土与砌体的施工，应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定。

8.1.2 墩台身施工前，基础顶面应测定中线、水平，标出墩台底面位置。

8.1.3 顶帽施工前应复核桥梁跨度及支承垫石高程。施工中应确保支承垫石钢筋网及锚栓孔位置正确。垫石顶面平整，高程符合设计要求。

8.1.4 墩台施工完毕，应对全桥中线、水平及跨度贯通测量，并用墨线标出各墩台的中心线、支座十字线、梁端线及锚栓孔位置。

暂不架梁的锚栓孔或其他预留孔，应排除积水将孔口封闭。

8.1.5 当墩台位于路堑或隧道口时，宜尽早安排施工，严禁自一侧倾倒渣土，造成墩台偏压，并不得堵塞流水断面。

8.1.6 当墩台位于纵横坡较陡、开挖边坡较高时，应按设计图及时施工回填线以上的边坡支护及坡脚排水沟工程。

### 8.2 混凝土墩台

8.2.1 墩台施工前应将基础顶面冲洗干净，混凝土基础应凿除表面浮浆，整修连接钢筋。

8.2.2 墩台模板、支架应满足强度、刚度和稳定性的要求。模板接缝应严密，不得漏浆。

8.2.3 模板采用分段整体吊装时，应联结牢固，保证其整体性，可视吊装能力确



定分段高度。

8.2.4 浇筑墩台混凝土时，脚手架、工作平台等不得与模板、支架联结。支撑应支于可靠的地基上。

8.2.5 浇筑混凝土时，应经常检查模板、钢筋及预埋件、预留孔位置和保护层厚度。

8.2.6 墩台模板安装应符合表 8.2.6 的规定。

表 8.2.6 墩台模板安装允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
前后左右距中心线尺寸	±10
表面平整度	5
相邻两板面高低差	1
同一墩台两垫石高差	2
预埋件和预留孔位置	5

8.2.7 墩台混凝土宜一次连续浇筑。当间歇浇筑时，施工接缝应符合本规范第 4.6.2 条的规定。

8.2.8 墩台混凝土的浇筑，应在整个截面内进行。

8.2.9 墩台身混凝土未达到终凝前，不得泡水。

8.2.10 滑动模板施工应符合下列规定：

1 模板高度宜为 1.0～1.2m，并应有 0.5%～1.0%的锥度，支承杆和提升设备应按墩身截面形状及滑动模板和施工临时荷载的全部重量布置。

模板在组装完毕经检验合格后才能浇筑混凝土。

液压千斤顶及其管路，使用前必须做液压试验。

2 采用滑动模板浇筑的混凝土，坍落度宜为 1～3cm。

3 混凝土应分层对称浇筑，顶架处应捣实。

4 当底层混凝土强度达到 0.2～0.3MPa 时，可继续提升。

5 浇筑混凝土面距模板顶面距离应保持不少于 10cm。

6 混凝土应用插入式振捣器捣固，振捣时不得提升模板，并避免接触模板、钢筋或行程套管。

7 墩身底节垂直钢筋的焊接及支承顶杆的安装，应按规定将接头互相错开。

8 滑动模板操作平台的荷载应均衡，不得超载，严禁混凝土吊斗碰撞平台。

9 模板提升过程中，应检查中线、水平情况，发现问题及时纠正。

顶架横梁或液压千斤顶座间的水平允许高差为 20mm。位移与扭转应符合表 8.2.13 的规定。

模板纠偏应先调整平台水平，再纠正位移和扭转。每滑升 1m 纠正位移值不得大于 10mm。

10 滑模到达预定高度停止浇筑后，每隔 1h 左右，应将模板提升 5~10cm，提升 3~4 次，混凝土不得与模板粘结。

11 混凝土应连续浇筑。当因故停工后继续提升时，应符合本条第 10 款的规定，但提升后模板与混凝土必须保持不少于 30cm 的搭接高度。接续浇筑时应使上下层混凝土结合良好。

12 混凝土达到拆模强度后，应及时拆除模板，拔出支承顶杆，以砂浆封孔。

13 手动或电动丝杠千斤顶的丝扣旋转方向应分左右对称安装。

14 墩身混凝土脱模部分，应立即将表面修整抹平，并及时浇水养生。

15 滑动模板不宜冬期施工。

16 滑动模板的安装应符合表 8.2.10 的规定。

表 8.2.10 滑动模板安装允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
模板中心线与主平台中心线	5
模板中心线与墩台中心线	5
墩壁断面厚度	±3
模板下口尺寸(考虑锥度后)	+4 -2
模板上口尺寸(考虑锥度后)	0 -2
模板的反锥度或无锥度	不允许
模板直径	±5
模板水平倾斜	不超过 2%~4%
工作平台水平高度	±6

8.2.11 爬模施工应符合下列规定：

- 1 爬模的结构除应满足强度、刚度及稳定性的要求外，尚应符合下列规定：
  - 1) 应由 2~3 组相同规格的钢模板及构、配件组合成一套爬模，每套爬模应设置脚手平台、接料平台、吊挂脚手及安全网；
  - 2) 宜采用缆索吊车或其他提升设备；
  - 3) 宜采用大块模板施工，模板两侧和下部应设置板翼；

- 4) 模板在组装完毕经检验合格后方可浇筑混凝土。
- 2 每次浇筑混凝土面距模板顶面不应少于 5cm。
- 3 浇筑混凝土时，应用插入式振捣器捣固，并应避免接触模板、对拉螺栓、钢筋或空心支撑。
- 4 混凝土浇筑后，强度达 2.5MPa 以上方可拆模翻倒。
- 5 每一节模板安装前均应清除表面灰浆污垢，整修变形部位并涂刷脱模剂。
- 6 模板沿墩身周边方向应始终保持顺向搭接。
- 7 爬模施工过程中，应经常检查中线、水平，发现问题及时纠正。
- 8 混凝土可采用洒水养生，当桥墩过高供水困难时，可采用混凝土养生液养生。
- 9 墩身混凝土脱模部分应及时用水泥砂浆堵塞对拉螺栓孔及修补表面缺陷。
- 10 爬模的接料平台、脚手平台、拆模吊栏的荷载，应均衡，不得超载，严禁混凝土吊斗碰撞爬模系统。
- 11 爬模安装允许偏差除应符合表 8.2.6 的规定外，尚应符合表 8.2.11 的规定。

表 8.2.11 爬模安装允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
内外模板轴线位置	±5
模板顶面相对高度	10
横截面轮廓尺寸	+6 -3
预留孔横截面尺寸	+10

- 8.2.12 桥墩破冰体在切削棱缘处设置角钢或钢板时，应符合下列规定：
- 1 棱缘角钢应用整根制作。当破冰体端部为圆弧时，应用钢板加工成型。
  - 2 加工完成的角钢或钢板与牵钉应垂直焊接牢固。
  - 3 浇筑混凝土前，应先将角钢或钢板准确就位，并与模板密贴牢固。
  - 4 角钢或钢板外露面，应涂刷防锈漆。

8.2.13 墩台施工偏差，除设计有特殊要求外，应符合表 8.2.13 的规定。

8.3 砌体墩台

8.3.1 砌体墩台砌筑前，应按设计尺寸放样，挂线砌筑。砌筑过程应经常检查各部尺寸。

8.3.2 砌体墩台的砌筑和所用石料、混凝土砌块及拼装式钢筋混凝土构件，应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定。

表 8.2.13 混凝土墩台施工允许偏差 (mm)

项 目		允许偏差
墩台前左右边缘距设计中心线尺寸		±20
采用滑模施工：		
(1)桥墩前后左右边缘距设计中心线尺寸		±30
(2)桥墩平面扭角		2°
墩台支承垫石顶面高程		0 —15
简支钢筋 混凝土梁	(1)每片梁一端两支承垫石顶面高差	3
	(2)每孔梁一端两支承垫石顶面高差	5
	(3)无支座梁垫石顶面高差	5
简支 钢梁	(1)钢梁一端两支承垫石顶面高差	钢梁宽度的 1/1500
	(2)每一主梁两端支承垫石顶面高差 跨度≤56m 跨度>56m	5 计算跨度的 1/10000,并不大于 10
	(3)前后两孔钢梁在同一墩顶支承垫石顶面高差	5

8.3.3 拼装式钢筋混凝土构件宜集中预制，并注明编号和制造日期。

8.3.4 镶面混凝土块的砌筑，除设计有特殊要求外，应符合浆砌粗料石的规定。

8.3.5 砌体墩台的施工允许偏差，应符合表 8.3.5 的规定。

表 8.3.5 砌体墩台允许偏差 (mm)

项 目	允 许 偏 差		
	片 石	块 石	粗料石(混凝土块)
砌体边距设计中心线尺寸	±30	±20	±15
顶面高程	±15	±15	±15
两相邻砌块外表面相互错开	—	5	3
竖直面或坡度	0.5%	0.3%	0.3%
轴线偏位	10	10	10
大面积平整度	50	20	10

8.4 桥台排水及防护

8.4.1 桥台排水应符合下列规定：

1 桥台顶道碴槽面排水坡应平顺无凹坑。

2 当桥台采用预埋泄水管向台外排水时，应符合下列规定：

1) 铸铁管或钢管内外面均应清除铁锈污斑，并涂沥青防锈，管身坡度不得小于 3%；

2) 进水口应设有孔铁板（铁篦子），两面均应涂沥青；

3) 管口伸出混凝土或砌体面的距离，应符合设计要求，当流水淌向锥体护坡时，应加固坡面或将坡面水引出；

4) 防水层与泄水管必须衔接良好。

3 当台后路基用黏性土填筑并向台后排水时，应符合设计要求。

**8.4.2 桥头路基及锥体施工应符合下列规定：**

1 桥头路基及锥体填土，必须待桥台混凝土或砌体达到设计强度后方可进行。

2 在月平均气温低于  $-15^{\circ}\text{C}$  地区，桥头路基和锥体必须用渗水土按设计要求填筑，并不得使用冻土。在其他地区，当渗水土源确有困难时，可用一般黏性土填筑，但填土密实度应达最佳密实度的 90%，并需加强排水措施。

3 锥体和台后路基填土，应在坡顶预留沉落量，并每侧适当加宽，待整修边坡时再把多余土刷去。

4 锥体护面宜在填方基本稳定后铺砌。坡面应挂线，砌面应平顺，砌石时不得边砌边补土。

5 坡面应自下而上分段砌筑，反滤（垫）层应按规定的分层施工。

6 干砌片石护坡勾缝宜待锥体稳定后进行。

**8.4.3 导流建筑物施工应符合下列规定：**

1 导流建筑物应和路基、桥涵工程统筹安排施工。不应在导流建筑物范围内取土、弃土或破坏排水系统。

2 砌体用料应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

3 砌筑用砂浆的强度等级应满足设计要求。

4 导流建筑物的填土密实度和坡面砌石应符合第 8.4.2 条的有关规定。

5 混凝土护面板砌缝为 1~2cm，除设计有要求外应用沥青麻筋填塞。

6 抛石防护宜在冬期枯水时施工。石块应按大小不同规格掺杂抛投，但底部及迎水面宜用较大石块。水下边坡不宜陡于 1 : 1.5。顶面可预留 10%~20% 的沉

落量。

7 石笼防护基底应铺设垫层。石笼外层用较大石块填充，内层可用较小石块码砌密实，装满石块后用铁线封口，石笼间应用铁线连成整体。

在水中安置石笼可用脚手架或船只顺序投放。

8.4.4 锥体护坡或导流堤施工允许偏差应符合表 8.4.4 的规定。

表 8.4.4 锥体护坡或导流堤施工允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
顶面高程	±50
表面平整度	30
坡 度	不陡于设计要求
厚 度	不小于设计要求
底面高程	±50
反滤层厚度	不小于设计要求

9 钢筋混凝土及预应力混凝土梁浇筑

9.1 一般规定

9.1.1 制梁台座应有足够的强度、刚度及稳定性，并应满足施工的需要。

9.1.2 模板宜采用钢结构制作。

9.1.3 钢筋的技术要求应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB 13013）、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB 1499）的规定。其中 20MnSi 钢筋的化学成分尚应符合设计要求。

钢筋的加工应符合设计要求，其允许偏差应符合表 9.1.3 的规定。

表 9.1.3 钢筋截切及成型允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的位置	±20
箍筋内边距离尺寸差	±3

9.1.4 钢筋混凝土及预应力混凝土的保护层厚度应符合设计要求。在钢筋与模板间应使用与混凝土同等强度的垫块。

9.1.5 水泥应采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其性能应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》（GB 175）的规定。

- 9.1.6 混凝土所选用的骨料应进行碱活性试验。
- 9.1.7 混凝土施工应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）中的有关规定。对关键工序的控制应有相应混凝土强度试验数据。
- 9.1.8 梁体的各种预埋件应安装牢固，位置正确，支座板与支座螺栓不应直接焊接。
- 9.1.9 梁体横向联接应符合设计要求及现行《铁路架桥机架梁规程》（TB 10213）中的有关规定。

9.2 钢筋混凝土简支梁

9.2.1 模板和支架应预留沉落量和施工拱度。模板安装各部尺寸允许偏差应符合表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 模板尺寸允许偏差（mm）

序号	项 目	允许偏差
1	底 模	
(1)	横向矢距	2
(2)	纵向拱度	平顺、偏差不大于梁设计拱度±10%
(3)	水平面的高差	
①	端截面(支座位置处)任意两点高差	1
②	其余横截面内任意两点高差(应测量两端、跨中、1/4 跨度等断面)	5
③	沿梁长任意两点高差(拱度在外)	4
(4)	侧向弯曲(检查两侧边线偏离设计位置)	8
(5)	沿腹板中心线的长度	±20
2	梁全长 $L_p \leq 16\text{m}$ $20\text{m} \geq L_p > 16\text{m}$	±10 ±20
3	梁体高(梁端)	±15 0
4	腹板厚度(检查梁端)	±15 0
5	底板、顶板厚度(检查梁端)	±10 -5
6	上缘(桥面)内外侧偏离设计位置	±10 -5
7	腹板中心至平面上与设计位置偏差	10
8	腹板及横隔板垂直度	每米高度不大于 4
9	横隔板位置	±10
10	横隔板厚度	±10 -5

9.2.2 钢筋作业应符合下列规定：

- 1 钢筋接头宜采用焊接，并以闪光接触对焊为主；主钢筋接头应采用闪光接触对焊。
- 2 同一片梁内，梁体主筋应采用同种钢号钢筋。
- 3 钢筋接头应避免设置在钢筋承受应力最大之处，并应分散布置。配置在“同一截面”内的受力钢筋，其接头的截面积占受力钢筋总截面面积的百分率应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 中的有关规定。
- 4 闪光接触对焊时，应按实际条件试验合格后方可成批焊接，并应对每个焊接接头作外观检查，逐批取试件作接头抗拉强度、冷弯试验。
- 5 钢筋安装的允许偏差应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 钢筋安装允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
主筋横向位置	±5
蹬、箍筋位置	±15
其他钢筋位置	±10
钢筋保护层厚度	+5

9.2.3 混凝土施工应符合现行《普通钢筋混凝土梁技术条件》(TB/T2628) 的规定。

9.2.4 梁的质量应符合下列要求：

- 1 梁体混凝土强度的检验评定应符合现行《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB10425) 中的有关规定；
- 2 外观平整，桥面排水通畅，当有蜂窝麻面，硬伤掉角等缺陷时，应修补达到规定标准；
- 3 表面裂缝不得大于 0.2mm；
- 4 钢筋混凝土梁的外形尺寸允许偏差应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 钢筋混凝土梁外形尺寸允许偏差 (mm)

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	梁全长 $^{20m \geq L_p > 16m}$ $L_p \leq 16m$	±30 ±12	
2	梁跨度	±20	



序号	项 目	允许偏差	说 明
3	下翼缘宽度	+20 0	检查 1/4、跨中及 3/4 截面
4	腹板厚度	+15 0	检查 1/4、跨中及 3/4 截面
5	桥面内外侧偏离设计位置	+10 -5	由腹板中心拉线检查 1/4、跨中及 3/4 截面及最大偏差处
6	梁 高	+20 -5	检查两端
7	挡碴墙厚度	+20 0	检查最大偏差处
8	表面垂直度	每米高内偏差 $\leq 4$	检查两端抽验腹板
9	梁底上拱度	$\pm 4$	设计无上拱时,梁在自重作用下不应有下挠
10	U 形螺栓偏离设计位置	$\pm 12$	
	U 形螺栓外露长度	$\pm 12$	
	U 形螺栓两肢中心距	$\pm 1$	
11	连接角钢偏离设计位置	$\pm 20$	上下两端偏差
	连接角钢不垂直度	20	
12	支座板四角高差	2	水平尺靠量
	支座板螺栓中心位置偏差	2	指每块板上 4 个螺栓中心距包括对角线

- 注: 1 锚螺栓应垂直梁底, 支座板外露部分应平整、无损、无飞边、清碴、涂油;  
 2 外露螺栓应正直无伤、丝扣完整有螺帽, 并清洁涂油;  
 3 泄水管及管盖齐全、完好, 安装牢固;  
 4 金属桥牌标志正确, 安装牢固。

### 9.3 先张法预应力混凝土简支梁

9.3.1 先张法预应力混凝土简支梁应采用整拉整放或单拉整放工艺制造。

9.3.2 制梁工艺设备应符合下列规定:

1 张拉台座应与张拉各阶段的受力状态适应, 构造应满足施工要求。张拉横梁及锚板应能直接承受预应力筋施加的压力, 其受力后的最大挠度不得大于 2mm。锚板受力中心应与预应力筋合力中心一致。

2 制梁模板除应符合本规范第 9.1.2 条的规定外, 侧模底部和底模的长度应增加预留量, 其值应考虑梁体弹性压缩、上拱、松弛等影响。

3 预应力设备选用及校正应符合下列规定：

1) 张拉千斤顶在整拉整放工艺和单拉整放工艺中，单束初调及张拉宜采用穿心式双作用千斤顶。整体张拉和整体放张宜采用自锁式千斤顶，张拉吨位宜为张拉力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍，张拉千斤顶在张拉前必须经过校正，校正系数不得大于 1.05。校正有效期为一个月且不超过 200 次张拉作业，拆修更换配件的张拉千斤顶必须重新校正。

2) 压力表应选择防振型，表面最大读数应为张拉力的 1.5~2.0 倍，精度不应低于 1.0 级，校正有效期为一周。当用 0.4 级时，校正有效期可为一个月。压力表发生故障后必须重新校正。

3) 油泵的油箱容量宜为张拉千斤顶总输油量的 1.5 倍，额定油压数宜为使用油压数的 1.4 倍。4) 油泵、压力表应与张拉千斤顶配套校正使用。预应力设备应建立台账及卡片并定期检查。

9.3.3 预应力钢绞线和热轧带肋钢筋的技术要求应符合现行《先张法预应力混凝土铁路桥简支梁技术条件》(TB/T2484) 的有关规定。当钢绞线表面有水溶性防水涂料时，应用流动水冲刷、浸泡等方法除净。

钢绞线在使用时应作超张拉，超张拉应采用 0.8 倍抗拉极限强度，持续时间 5~10min。当采用低松弛钢绞线时可不作超张拉。

预应力热轧带肋钢筋应作冷拉及时效处理。冷拉以控制应力为主，冷拉率作为校核的双控方法，Ⅳ级钢筋冷拉控制应力为 750MPa，最大冷拉率为 4%，冷拉后须经时效处理，方可使用。时效处理可采用加温至 200℃时，持续 20min 完成，加温方法可采用电热法。

9.3.4 钢筋安装的允许偏差应符合第 9.2.2 条的规定。构造筋保护层厚度允许偏差应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 构造筋保护层厚度允许偏差 (mm)

保护层厚度	$c < 25$	$25 \leq c < 35$	$c \geq 35$
允许偏差	±3	±5	±10

9.3.5 预应力钢筋的下料长度应根据工艺设备的具体尺寸计算确定。下料方法及偏差应符合下列规定：

1 钢绞线应在拉直条件下切断，切断前宜在切口两端用铁线扎紧，不得使用

电弧焊切割。下料长度偏差：张拉螺杆工艺，其绝对值不大于张拉时弹性伸长值的2%，且不大于5mm。工具锚工艺为 $\pm 50\text{mm}$ 。

2 热轧带肋钢筋应在调直后优先采用砂轮切割机切断。当用气割切断时，必须将切口处的毛刺及突出物修除，不得使用电弧焊切割。下料偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

**9.3.6** 热轧带肋钢筋的张拉端可焊接长度为200mm的螺纹端杆，其材质可用同级较粗的钢筋或45号钢，也可采用圆形粗钢筋经冷拉时效处理后，车制端头螺纹。锚固端可采用墩头锚或绑条锚。

**9.3.7** 预应力筋安装应符合下列规定：

1 预应力筋连同隔离套管应在钢筋骨架完成后一并穿入就位。隔离套管内端应堵塞严密。隔离套管外端应穿出端分丝板以外50~150mm加以固定。梁体内隔离套管长度及位置允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

2 预应力筋保护层厚度应满足设计要求。

3 预应力筋穿入就位后，严禁使用电弧焊在梁体钢筋骨架及模板的任何部位焊接或切割。

**9.3.8** 制梁开始前应完成下列准备工作：

1 应调整张拉横梁及锚板位置，使锚板上预应力筋重心位置与所制梁型的预应力筋重心设计位置相适应。

2 张拉中使用的工具和锚具均应作外观或探伤检查。

3 应定期测定下列技术参数：

1) 整拉整放工艺中的顶销回缩值；

2) 单拉整放工艺中的台座弹性压缩，张拉横梁的挠曲、锚板挠度、锚具锁定构造等变形数值。

**9.3.9** 钢绞线作预应力筋时，按整拉整放工艺，其张拉程序应符合下列规定：

1 穿束应力初调：钢绞线分束后，各钢绞线束应作单束初调，初调应力可为0.15~0.3倍抗拉极限强度。

2 整体超张拉：超张拉应力至0.8倍抗拉极限强度，持荷5~10min，再放松至略高于原初调应力。然后进行单束初调，使各束应力与当时实际吨位平均值之差不超过 $\pm 5\%$ 。

3 整体控制张拉：控制张拉应力应按设计的有效预应力及各项实际应力损失之和计算确定。锁定后钢绞线锚下应力不得大于0.75倍抗拉极限强度。

**9.3.10 钢绞线或热轧带肋钢筋作预应力筋时，按单拉整放工艺，其张拉程序应符合下列规定：**

1 穿束应力初调：利用张拉工具，将预应力筋分束锚固于两端锚板上。用千斤顶顶横梁，行程不小于 150mm，然后锁定。当采用楔块放松预应力时，应将楔块处于楔紧状态后锁定，其放松尺寸不小于 150mm 为宜。

2 单束超张拉：用千斤顶作单束（根）超张拉。超张拉应力至 0.8 倍抗拉极限强度，拉足应力后锁定持荷 5min 以上，然后适当降低应力，以便立模操作安全。

3 单束控制张拉：控制张拉应力应按设计的有效预应力及各项实际应力损失之和计算，锁定后钢绞线锚下应力不得大于 0.75 倍抗拉极限强度，拉到控制应力后锁定。

4 按上述程序对称逐束张拉。

**9.3.11 控制张拉应以控制应力为主，测量伸长值为校核，当实测值与理论计算值相差大于 $\pm 6\%$ 时，应查明原因，及时处理后再继续张拉。张拉完毕后，应及时浇筑混凝土。浇筑前，应抽查张拉应力。当发现应力值与允许值相差超过 $\pm 3\%$ 时，应重拉。**

**9.3.12 梁体混凝土施工应符合现行《先张法预应力混凝土铁路桥简支梁技术条件》（TB/T 2484）的规定。**

梁体混凝土受压弹性模量试件每片梁做一组，当采用长线法施工时每线做一组。随梁同条件养护。

**9.3.13 放松预应力筋应符合下列规定：**

1 梁体混凝土应达到设计要求的强度和相应的弹性模量值。

2 当采用楔块放松预应力筋时，应控制楔块同步缓慢滑出。

3 采用超顶法放松预应力筋时

1) 各台千斤顶必须配接单独油路。

2) 同步顶开千斤顶，顶开的最大间隙不得大于 2mm，以能松动自锁螺母或插垫为度。先顶开的千斤顶应保压持荷，直至全部千斤顶顶开。同步放松自锁螺母或插垫后，再同步放松各千斤顶，直到预应力筋全部放松为止。

3) 只有在千斤顶发生故障时才允许使用单束（根）放松预应力筋。放松时必须多次对称循环进行，每循环逐束释放的应力不超过总应力的 1/4。

4 预应力筋放松后应测量梁体上拱值。

9.3.14 预应力混凝土简支梁外形尺寸允许偏差除应符合设计要求外，尚应符合表 9.3.14 的规定。先张梁静载弯曲抗裂试验要求及方法应符合现行《预应力混凝土铁路桥简支梁静载弯曲抗裂试验方法》（TB 2092）的规定。混凝土缺陷应在放松预应力前修补完毕，并养护达到设计强度。

9.3.15 钢筋制作、预应力张拉和放张施工中，可按本规范附录 K 填写施工记录。

表 9.3.14 预应力梁体外形尺寸允许偏差（mm）

序号	项 目	允许偏差	说 明
1	梁全长 $L_p>16\text{m}$ $L_p\leq 16\text{m}$	$\pm 30$ $\pm 12$	检查最大偏差处
2	梁跨度	$\pm 20$	支座中心到中心
3	支座中心至梁端	$L_p>16\text{m}$ $L_p\leq 16\text{m}$	$\pm 15$ $\pm 6$
4	梁 高	$+20$ $-5$	
5	桥面内外侧偏 离设计位置 $L_p>16\text{m}$ $L_p\leq 16\text{m}$	$+20$ $-10$ $+10$ $-5$	桥面内侧不应影响梁的组拼
6	下翼缘宽度	$+20$ $0$	检查 1/4、3/4 跨长处、跨中及两支座处断面
7	腹板厚度	$+15$ $0$	检查 1/4、3/4 跨长处、跨中及两支座处断面
8	表面垂直度	$4\text{‰}$ 梁高	检查两支座处断面、抽查腹板任何断面
9	梁上拱度 $L_p>16\text{m}$ $L_p\leq 16\text{m}$	$1\text{‰}$ 跨度 $\leq 20$	
10	端隔墙厚度	$+20$ $0$	检查最大偏差处
11	挡碴墙厚度	$+20$ $0$	检查最大偏差处
12	支座板平面高	2	检查支座板四角
13	支座板十字线扭转偏差	1	检查支座板边缘
14	梁体表面裂缝		桥面保护层、挡碴墙、隔墙和封端等处,允许有宽度不大于 0.2m 的表面裂缝
15	预埋件位置		同表 9.2.4 的有关项目

## 9.4 后张法预应力混凝土简支梁

### 9.4.1 模板应符合下列规定：

- 1 采用底侧模联合振动时，应将两侧模板上下振动器位置交错排列。浇筑箱型梁腹板混凝土时，内模不得上浮。
- 2 固定孔道口位置的端模板安装时，应与侧模板联接牢固，不得有位移和变形。
- 3 模板应设置反拱及预留压缩量。

### 9.4.2 预应力设备的选用及校正应符合第 9.3.2 条的有关规定。

### 9.4.3 预应力钢丝、钢绞线的技术要求除应符合现行《预制后张法预应力混凝土铁路简支梁》(TB 1496) 中的有关规定外，尚应符合第 9.3.3 条的规定。

### 9.4.4 锚具所用的材料和加工制造应符合设计要求，其材质应分别符合现行国家标准《优质碳素结构钢技术条件》(GB 699) 和《合金结构钢》(GB 3077) 的规定，其锚固性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370) 的规定。成套锚具的组合件，各套间应能互换使用。

锚具在使用前，应进行外形外观、硬度、锚固性能及工艺性能的抽样检验，经检验合格的锚具方能使用。

### 9.4.5 预应力筋制作及预留管道安装应符合下列规定：

- 1 预应力钢丝或钢绞线下料长度应按照设计确定。当设计中未给出下料长度时，可按下式计算，并通过试用后再行修正：

$$L = l + 2l_1 + nl_2 + 2l_3 \quad (9.4.5)$$

式中  $L$ ——钢丝或钢绞线下料长度；

$l$ ——锚具支承板间孔道长度；

$l_1$ ——锚具高度；

$l_2$ ——张拉千斤顶支承端面到槽形口外端面间的距离（包括工具锚高度）；

$l_3$ ——长度富余量（可取 100mm）；

$n$ ——单端张拉为 1，两端张拉为 2。

钢绞线切断前的端头先用铁线绑扎，切断口端面切口应焊牢。

- 2 预应力钢丝或钢绞线应梳整、编束，每隔 1~1.5m 绑扎铁线，编束后应顺直不扭转。

编束后的钢丝或钢绞线应按编号分类存放。搬运时支点距离不得大于 3m。端

部悬出长度不得大于 1.5m。

3 钢筋骨架可整体预制或分段预制，并应在台座或胎型上绑扎。

固定预留管道的定位网或轨道筋的定位应牢固、顺直。定位网间距不宜大于 1m，且孔径应大于管道外径 2~3mm。预留管道任何方向的允许偏差为：距跨中 4m 范围内不得大于 6mm，其余部位不得大于 8mm。

4 当采用抽拔胶管制孔时，胶管外径应符合设计要求，其承受工作拉力不得小于 5kN，且弹性恢复性能较好，极限抗拉力不得小于 7.5kN。

胶管内应插入芯棒，芯棒的直径与胶管内径之差不得大于 8mm。胶管接头宜设在跨中处，接头用铁皮管套接，套接长度不得小于 30cm。胶管与铁皮管间隙不得大于 1mm，并应密封不漏浆。

伸出梁端的胶管应顺孔道轴线位置设置。

5 当采用金属波纹管制孔时，金属波纹管质量、规格应符合设计要求。金属波纹管的接长可采用大一号同型波纹管做为接头管，接头长度不应少于 30cm。接头装置宜避开孔道弯曲处。管两端用密封胶带或塑料热缩管封装。管内应预先穿入预应力筋或芯棒，并在混凝土初凝前窜动。

支立模板时应防止管道位移。

**9.4.6 梁体混凝土施工应符合现行《预制后张法预应力混凝土铁路简支梁》(TB1496) 的规定。**

T 梁每 15 孔应做一组混凝土弹模试件，28d 标准养护。箱梁每孔应做二组，一组随梁同条件养护，另一组 28d 标准养护。

**9.4.7 当梁体混凝土强度达到 4~8MPa 时，应抽拔胶管且不得损伤孔道壁。抽拔胶管后，应用检孔器对梁体孔道逐孔检查，不能通过者应立即处理。**

**9.4.8 预应力筋的穿束及张拉应符合下列规定：**

1 穿束前应用压力水冲洗孔道内杂物，观查孔道内有无串孔现象。用风吹干孔道内水份。

孔口锚下垫板不垂直度不得大于 1°。预应力筋在穿束时，应无损坏、污物、锈蚀。

2 当梁体混凝土强度及相应的弹性模量达到设计要求后，方可施加预应力。

3 预施应力前，应作孔道摩阻和锚圈摩阻测试（见本规范附录 L），并根据测试结果计算施工控制应力。

4 按设计要求的张拉孔号顺序,由两端同时对称张拉(两端张拉千斤顶升、降压速度应接近相等)。箱形梁、T形梁为左右两腹板对称张拉。

5 采用锥形锚具的张拉程序应符合现行《预制后张法预应力混凝土铁路简支梁》(TB1496)的有关规定。

采用夹片式锚具的钢绞线张拉程序为:

1) 初应力张拉:0~初应力,作伸长量标记。

2) 控制应力张拉:拉至控制应力,测量钢绞线伸长值,持荷 5min,千斤顶回油,夹片自行或被顶压锚固。测总回缩量及夹片外露量。

6 预应力筋的预施应力应按设计要求进行并符合下列规定:

1) 以应力控制为主,伸长值做为校核。

2) 顶塞锚固后,测量两端伸长量之和不得超过计算值 $\pm 6\%$ 。

3) 全梁断丝、滑丝总数不得超过钢丝总数的 5%,并不得位于梁体同侧,且一束内断丝不得超过一丝。

4) 两端钢丝回缩量之和不得大于 8mm。锚塞外露量不得小于 5mm。夹片式锚具回缩量:当有顶压时不得大于 4mm;无顶压时不得大于 6mm。

5) 跨度大于 20m 的梁、拱度不得大于 30mm。

**9.4.9 压浆工艺应符合下列规定:**

1 孔道宜在预应力完成 3d 内压浆。所用水泥浆应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB10210)的有关规定。

2 出浆口阀门必须待出浓浆后方能关闭。

3 进浆口阀门必须待压力上升至 0.6~0.7MPa,持荷 2min 保压时间且无漏水和漏浆时关闭。锚具上的漏浆缝隙,应在压浆前封闭。

4 水泥浆终凝后,方可卸拔压浆阀门。

5 互相串通的孔道应同时压浆。

6 当压浆顺利时,宜加大水泥浆浓度。

7 压浆时最高气温不宜高于 35℃,冬期施工应防止浆液受冻。

8 压浆因故障不能连续压满时,应立即用压力水冲洗干净。

**9.4.10 封端应符合设计要求,安装封端模板时,应控制全梁长度在允许偏差之内。**

**9.4.11 后张法预应力混凝土梁的起吊、运输及存放应符合以下规定:**



1 存梁时, 应采取措施, 防止上拱度增大。

2 整片(孔)梁起吊时, 压浆强度不得低于设计强度的 75%, 封端混凝土强度不得低于设计强度的 50%。

3 梁体采用滑移时, 应对其受力部分进行检算。

4 吊点、支点位置应符合设计要求, 其距离偏差不得大于 20cm。

5 T 形梁应有防止倾覆措施, 箱形梁多支点支承高程误差应满足设计要求。

6 车、船运输均应经稳定性检算。

**9.4.12** 后张法预应力混凝土简支梁的外形尺寸允许偏差及静载弯曲试验要求应符合第 9.3.14 条的规定, 梁体缺陷修补应在预施应力前完成。

**9.4.13** 后张法预应力梁钢筋张拉及孔道压浆可按本规范附录 M 填写施工记录。

### **9.5 预应力混凝土连续梁(刚构)**

**9.5.1** 施工挂篮除应满足强度, 刚度和稳定性外, 尚应符合下列规定:

1 结构形式和几何尺寸应适应梁段变化, 挂篮走行能力及新旧梁段混凝土搭接的需要。

2 外侧模板设计应满足翼板底坡度变化的调节, 外侧翼板底模宜一端设铰接, 另一端设丝杆调节升降。

底模板宜设计为整体模板, 并应适应梁底线变化及加宽的需要。

曲线梁模板面宜做成与梁体曲度一致的曲面模板。

3 内模板宜设计为插板式或抽屉式。

4 端头模板制作和安装必须牢固、可靠。

5 挂篮安装, 梁体混凝土浇筑, 模板拆除及挂篮走行每一种工况的整体稳定系数不得小于 2.0。挂篮总质量的变化不应超过设计质量的 10%。

6 混凝土当采用蒸汽养护时, 蒸汽养护罩和挂篮应同时设计。

**9.5.2** 挂篮组装后, 应全面检查安装质量, 按设计荷载作载重试验, 测定挂篮各部件的变形量, 并消除非弹性变形。

**9.5.3** 预应力混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑应符合下列规定:

1 当梁段与桥墩设计为非刚性连接, 悬臂浇筑梁段混凝土时, 应先将墩顶梁段与桥墩临时固定。

2 桥墩两侧梁段悬臂施工应对称平衡。平衡偏差不得大于设计要求。

3 浇筑混凝土时, 每一梁段在浇筑和张拉前后应按设计提供的挠度值进行

比较。

挂篮在梁段浇筑时的弹性变形应分次调整，每次调整值不得超过实际下挠量。

4 悬臂浇筑段模板应与前段梁段紧密结合，浇筑混凝土时，可从前端开始浇筑，在根部与前段混凝土连接。

浇筑梁段混凝土前，应将前段接茬处的混凝土充分洒水润湿。

5 悬臂法施工连续梁的梁跨体系转换工作，应在合龙端纵向连续预应力筋张拉、压浆及临时固结解除完成后进行。

#### 9.5.4 有支架和墩顶梁段施工及支座安装应符合下列规定：

##### 1 支架施工：

- 1) 设计各种支架时，应满足强度、刚度和稳定性的要求；
- 2) 应有简便可行的脱模措施；
- 3) 各种支架和模板安装后，应预压，压重应大于浇筑的混凝土重量；
- 4) 支架的地基承载力应符合要求，必要时，可采取碾压或换填处理；
- 5) 在支架上浇筑混凝土时，应根据混凝土和支架产生的弹性和非弹性变形，设置预拱度；
- 6) 支架底排水系统应完好。

2 有支架梁段混凝土宜在最初浇筑混凝土初凝前浇筑完。当混凝土数量较大时，可适当顺序分段浇筑。

3 临时支座和永久支座在立模前均应安装成等高，永久支座在箱梁施工中不得受力。

##### 4 墩顶梁段应一次浇筑。

5 支座安装时，支座四周不得有 0.3mm 以上的缝隙，支座中线水平位置偏差不得大于 2mm，并保持清洁。

#### 9.5.5 张拉和压浆除应符合本规范第 9.4 节有关规定外，尚应符合下列规定：

1 两端下弯的孔道顶部和直线段宜在适当位置留有排气孔，并兼作接力压浆孔。

2 压浆过程中及压完浆后 48h 内，结构混凝土温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。

3 竖向孔道的压浆最大压力可控制在 0.3~0.4MPa。纵向及横向压浆的最大压力宜为 0.5~0.7MPa。当输浆管道较长或采用一次压浆时，应适当加大压力。

4 张拉竖向钢筋时,千斤顶的张拉头应拧入钢筋螺纹长度不得小于 40mm,一次张拉到控制吨位,持荷 1~2min,并实测伸长量作为校核,偏差在±6%之内为合格。

9.5.6 连续梁的合龙、体系转换和支座反力调整应符合下列规定:

- 1 T 构和 T 构、T 构与边跨的连接应设合龙段,合龙段的长度宜为 2m。
- 2 合龙前应调整中线和高程,并将合龙一侧墩的临时锚固改换成活动支座,同时按设计合龙温度,将两悬臂的合龙口临时锁定,锁定力应大于释放任何一侧各墩的全部活动支座的摩擦力。
- 3 合龙前,按设计要求可在两端悬臂预加压重,并于浇筑混凝土过程中逐步撤除。
- 4 合龙段的混凝土强度可提高一级,混凝土浇筑完,应及时加强养护,悬臂端应覆盖。
- 5 梁跨体系转换时,支座反力的调整应以高程控制为主,反力作为校核。
- 6 安装支座下摆时,其中心与上摆中心的纵向偏移值应包括梁体混凝土的收缩徐变及温度等变化引起的位移量,当体系转换全部完成时,梁体支座中心应符合设计要求。

9.5.7 预应力混凝土连续梁悬臂浇筑允许偏差应符合表 9.5.7 的规定。

表 9.5.7 预应力混凝土连续梁悬臂浇筑允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差
悬臂梁端高程与设计高程之差	+15
合龙前两悬臂端相对高差	合龙段长的 1/100 且不大于 15
梁段模板中线与设计中线之差	5
轴线偏差	15
顶面高程差	±10

10 钢筋混凝土及预应力混凝土梁架设

10.1 架桥机和龙门吊机架梁

10.1.1 钢筋混凝土及预应力混凝土梁的架设方案应根据梁体结构及施工条件,通过施工组织设计的经济、技术比较后确定。对工程量或施工难度比较大的桥梁,可采取预架方式架设。

**10.1.2** 凡在标准轨距铁路线上的跨度小于 40m、梁质量小于 160t 的单线铁路分片式钢筋混凝土及预应力混凝土成品梁，可选择目前通用的悬臂架桥机、单梁架桥机、双梁架桥机和铺架机架设。

**10.1.3** 凡选择目前通用的悬臂架桥机、单梁架桥机、双梁架桥机和铺架机进行架设的作业，应符合现行《铁路架桥机架梁规程》(TB 10213)的有关规定。

选择其他类型架桥机架梁，应根据架桥机的性能，并按照现行《铁路架桥机架梁规程》(TB 10213)、《铁路工程施工安全技术规程》和《起重机械安全规程》(GB 6067)编制相应的“操作细则”，经上级部门批准后执行。

**10.1.4** 预架方式架梁，可采用拼装式架桥机、龙门吊机或其他方式等架设。

龙门吊机在梁重较大时不宜采用吊重走行的方式。

**10.1.5** 拼装式架桥机和龙门吊机可用常备式杆件（如万能杆件、军用梁等）拼装而成，其设计、制造应符合现行国家标准《起重机设计规范》(GB 3811)和有关机械零件、钢结构制造规程的相关规定。其中结构件除计算其强度和稳定性外，还应考虑静态竖向刚度（即挠跨比）。

**10.1.6** 使用拼装式架桥机架梁应符合下列规定：

1 拼装式架桥机的拼装应在坚实的基础上搭设临时支架进行，架桥机中心线与桥梁中心线应一致，拼接螺栓应按规定规格上足、拧紧。工地拼装拱度应符合设计要求。

2 运架桥机的轨道结构应符合设计要求，轨距、轨缝的偏差不大于 2mm（冬季不大于 4mm）。钢轨接头采用对接式，同一轨道横截面上两钢轨面的高差：不大于 6mm、轨道接头高低差、侧向错位不大于 1mm。轨道纵向坡度应符合设计要求，设计无要求时，一般不大于 3‰。

3 架桥机在桥墩（台）上左右两支腿的高差不大于 20mm。

4 用液压爬升器提升（下落）梁体时，爬升杆宜同步，在各爬升杆间出现大于 90mm 的高差时，应进行调整。

5 用运架桥机台车移动架桥机到下一孔架梁时，台车及前、后龙门天车的位置，应符合设计要求。

6 当桥梁的一端在运梁台车上，另一端用龙门天车吊起准备前移时，龙门天车与运梁台车应同步。

**10.1.7** 龙门吊机架梁应符合下列规定：

1 龙门吊机走行轨道应根据设计轮压按照现行《铁路路基施工规范》(TB 10202)的要求,对地基进行处理和加固;在软土地基地段应做出地基处理的特殊设计,经检验确认地基稳固后方可铺设轨道。

2 龙门吊机的拼装,在达到一定高度时应及时设置缆风绳。

3 龙门吊机走行的轨道结构应符合设计规定,其铺设的允许偏差为:

1) 轨道中心距小于 26m 时  $\begin{matrix} +8 \\ -6 \end{matrix}$  mm; 轨道中心距大于 26m 时  $\begin{matrix} +10 \\ -8 \end{matrix}$  mm。

2) 当为双支腿时,同一支腿下两钢轨的轨距允许偏差为  $\begin{matrix} +6 \\ -2 \end{matrix}$  mm。

4 钢轨接头应采用对接式,同一轨道横截面上两钢轨面的高差不大于 10mm;当为双支腿时,同一支腿下两钢轨面的高差不大于 4mm。

5 同一钢轨接头的侧向偏差不大于 1mm,同一钢轨接头的高低差不大于 1mm。

6 钢轨纵向坡度不大于 3‰。

7 当用两台龙门吊机架梁时,两台龙门吊机的动作应同步,梁体两端高差不大于 30cm。

**10.1.8 拼装式架桥机龙门天车和龙门吊机起重小车的允许偏差应符合下列规定:**

1 轨道与箱型主梁中心一致的,端部为  $\pm 2$  mm,跨中为主  $\begin{matrix} +7 \\ -1 \end{matrix}$  mm。

2 轨道与箱形、桁架梁中心偏差  $\pm 3$  mm。

3 同一横截面上小车轨道的高低差不大于 3mm。

4 小车轨道接头的高低差不大于 1mm。

5 小车轨道接头的间隙不大于 2mm。

**10.1.9 拼装式架桥机和龙门吊机除按有关规定验收外,在工地拼装后应进行静、动载试验和试运转,确认符合设计要求后,方可进行架梁。**

静载试验的荷载为 1.25 倍额定起重量,动载试验的荷载为 1.1 倍额定起重量。试验方法和程序应符合现行国家标准《起重机试验规范和程序》(GB 5905)的规定。

**10.1.10 拼装式架桥机和龙门吊机应按现行国家标准《起重机械安全规程》(GB 6067)的规定安装超载限制器、提升(下降)限位器、缓冲器、制动器、止轮器等安全装置。**

**10.1.11** 架桥机架梁需要设置供梁的提升站，可采用龙门吊机的形式，其标准和要求与架梁用龙门吊机相同。

**10.1.12** 采用拼装式架桥机和龙门吊机架梁前，应编制施工组织设计、施工工艺和安全操作细则，认真组织实施，并应建立完善的检修、保养制度，定期对重要部件（如轮、轨、吊钩等）进行探伤检查。

**10.1.13** 拼装式架桥机和龙门吊机的使用应符合现行《铁路架桥机架梁规程》（TB 10213）的有关规定。

**10.1.14** 无论采用何种方式和何种架桥机架梁，落梁就位应符合现行《铁路架桥机架梁规程》（TB 10213）第 5.6 节的有关规定。

**10.1.15** 用龙门吊机架梁，邻近桥台部分由于受地形限制，当无法再使用龙门吊机架设时，可在邻近桥台的孔跨中搭设便梁或移动支架，直接将梁运至孔位，将便梁拆除或横移出桥台后落梁就位。

## **10.2 导梁法架设混凝土梁**

**10.2.1** 混凝土梁可用导梁法架设，即利用导梁作为运梁通道，将梁直接运至架设孔位。

**10.2.2** 导梁宜为钢导梁，其后部为承重结构，前部为引导部分。后部的顶面设运梁道，导梁在墩（台）顶滑道上用卷扬机传动链或水平千斤顶牵引前移。

吊梁的起重设备，可为横跨桥梁、支于墩顶的小龙门，也可为主梁与支腿组成一体的起重小车，滑车组可在主梁上移动、起吊不同跨度的混凝土梁。

**10.2.3** 导梁纵拖时抗倾覆稳定系数不得小于 1.5，导梁长度应设计为大于两个桥跨长度。当条件允许时，可在跨中设中间临时墩。

**10.2.4** 当架设至桥台附近一孔时，由于导梁纵拖到桥台时受阻，应在桥台附近搭设临时墩，逐段拆除导梁前部，再将导梁纵拖到位，架设桥台附近的一孔梁。桥梁就位后再将导梁解体拆除或整体横移出桥孔。

## **10.3 顶推架设预应力混凝土梁**

**10.3.1** 预应力混凝土连续梁采用顶推方式架设时，施工前应编制施工组织和施工辅助结构设计，其内容应符合下列规定：

1 预应力混凝土梁顶推方案应根据设计文件的指导性施工组织设计及梁体长度、重量确定，桥跨不多的可一次顶推到位，桥跨多的可分联顶推。

2 根据顶推方案及桥墩允许水平推力选择顶推方式，可选择单点顶推或多点

顶推。

3 根据顶推方案、顶推方式和一次顶推长度进行制梁台座、导梁、临时墩、滑道、顶推千斤顶及其油路等施工辅助结构的设计。

4 施工场地的布置及墩台的施工顺序应和预应力混凝土梁顶推顺序相适应。

**10.3.2** 预应力混凝土梁顶推前应编制施工工艺和安全操作细则，建立质量监控和质量保证体系。

**10.3.3** 制梁台座主要用于升、降底模和支承梁体，并作为滑道使用。可布置在台后或引桥的墩台附近，亦可设于桥梁中部。台座基础应为刚性基础，同时应设有防水和排水设施。使用前应进行预压，沉降量和四角高差不大于 1mm。

制梁台座和底模中心线与桥梁中心线的偏差不大于 1mm，且不得有反向偏差。

底模和制梁台座应密贴，其顶面高程的偏差不大于 1mm。

支承点上滑道顶面高程的偏差不大于 1mm。

**10.3.4** 梁体制造长度应考虑预应力混凝土的弹性压缩、收缩、徐变的影响，并及时进行调整。

**10.3.5** 导梁宜为钢导梁，在分联顶推时，根据设计设置后导梁，其与顶推梁的连接方式应符合设计要求。

当用连接件连接时，应先将导梁全部拼装与连接件相连接后，再浇筑混凝土，当用预应力筋连接时，应按有关规定进行预应力筋的张拉。

导梁的底面应平顺、无棱角、毛刺，中心线、平面、高程的偏差均不大于 1mm。

当导梁前端挠度过大时，可在前方墩顶设置接引千斤顶。

**10.3.6** 顶推梁的浇筑除应符合本规范第 9.3 节的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 梁段连接处的接头，除将前段梁段接触面凿毛并清洗干净外，应按设计连接纵向钢筋。

2 接头处成孔胶管伸入前段梁段内的长度不小于 30cm，波纹管伸入前段梁内长度不小于 5cm，并采取措施固定定位网。

**10.3.7** 台座及墩顶应设有导向装置和保险千斤顶，梁体在顶推过程中不得产生偏移和倾斜。

**10.3.8** 采用多点顶推时，可按主顶和助顶相结合的形式顶推，助顶的顶推力保持

恒定不变，不足的顶推力由主顶调整补充。

**10.3.9** 顶推力的大小可根据梁体的重量和摩擦系数计算确定，摩擦系数根据可采用滑块和滑道的材料通过试验确定。顶推设备的能力不应小于计算顶推力的 2 倍。顶推用的千斤顶，应优先使用连续千斤顶，使用前应校正。

**10.3.10** 顶推可用粗钢筋或钢绞线作牵引拉杆，与相应的锚具、水平穿心式千斤顶等配合进行牵引。牵引拉杆一端临时锚固于梁体，一端由置于前方墩顶的水平穿心式千斤顶张拉，牵引梁体前移。

**10.3.11** 预应力混凝土梁的顶推坡度应与桥梁设计坡度一致。水平穿心式千斤顶应随梁体前移相应移动。

**10.3.12** 顶推作业在梁体预应力筋张拉后进行，并应符合下列规定：

- 1 全部作业必须在统一指挥下进行。
- 2 开始顶推时先少量推进，回油后再逐级加力顶推。
- 3 随梁体的顶推应及时续进滑块，一个滑道上至少有两块滑板受力。
- 4 顶推时应及时对导梁、桥墩、临时墩、滑道、梁体位置等进行观测。当出现下列现象时应暂停顶推：

- 1) 梁段偏离较大；
- 2) 导梁杆件变形、螺栓松动、导梁与梁体连接有松动和变形；
- 3) 未压浆的预应力筋锚具松动；
- 4) 牵引拉杆变形；
- 5) 桥墩（临时墩）变形超过计算值；
- 6) 滑道有移动；
- 7) 需要倒顶时。

**10.3.13** 顶推接近到位时，如前方已有先架设的梁，应及时拆除导梁，或将导梁移到梁顶，在先架设的梁顶设置接引千斤顶和滑动支座。

到位后，应拆除临时预应力束，并按设计顺序张拉后期预应力筋并压浆，再顶起梁体、拆除滑道、安放正式支座。起顶时，起顶高度及起顶力应根据计算确定。需要时，前、后邻近墩可同时起顶，两侧起顶高差不大于 1mm。

**10.3.14** 落梁就位的允许偏差应符合第 10.6 节的规定。

## **10.4 悬臂拼装预应力混凝土梁**

**10.4.1** 预应力混凝土梁采用预制节段悬臂拼装时，梁体节段预制应符合下列



规定：

- 1 用于悬臂拼装的梁体节段应提前制造，提前的时间应符合设计要求。
- 2 预制节段可用长线法或短线法进行制造，其制梁台座应坚实，无不均匀下沉，并应设置防、排水设施。使用前应按 1.5 倍节段重量进行预压。台座顶面应与梁底平面相一致，并应考虑预制时台座与底模的压缩及拼装成桥后梁体线型变化的影响。预制前，应按绘制的底板线形图安装底模。每浇筑一个节段后，测量其变化，及时进行调整。
- 3 混凝土浇筑时，两节段间应设置隔离层。选择隔离层前，应先模拟施工条件，在现场作工艺试验、观察隔离和清洗效果。
- 4 起吊节段的吊环应符合设计要求。当设计无要求时，应通过计算确定。
- 5 两节段间应设置定位销，定位销及其他预埋件应位置准确、支撑牢固。
- 6 一个台座的预制节段混凝土浇筑完毕，应根据设计要求张拉横、竖向预应力筋。
- 7 预制节段移动前，应完成下列工作：
  - 1) 编号、划出梁体中线、端部垂直线和侧面（含箱内侧面）连接骑缝线；
  - 2) 两节段间为湿接缝时，在节段顶面湿接缝两侧设置与梁体中线垂直的横线；
  - 3) 测量节段顶面四角预埋测点的相对高差，其精度与拼装时的精度一致。
- 8 预制节段吊离台座，应先用水平千斤顶沿节段纵轴施力，使节段与相邻节段脱离后，再吊离台座。
- 9 节段起吊、运输应符合本规范有关条款规定。
- 10 节段存放场地应平整、压实，设有排水设施。节段应平稳牢固地置于垫木上。底面有坡度的节段，应使用不同高度的木支垫。支垫的位置应与吊点位置一致。
- 11 节段运至存放场后，应完成下列检查和整修工作：
  - 1) 预应力筋孔道有无错孔、窜孔、堵孔和缩孔情况；
  - 2) 预埋件是否符合设计要求；
  - 3) 节段端面隔离层清除干净；
  - 4) 湿接缝端面凿毛后清洗干净。
- 12 梁体节段预制外形尺寸允许偏差应符合表 10.4.1 的规定。

#### 10.4.2 悬臂拼装设备可为悬拼吊架和造桥机。

悬拼吊架用于一个 T 构施工，根据施工组织设计安排，可用若干个吊架同时悬拼若干个 T 构。节段由陆地或水上运至吊架下，用悬拼吊架起吊悬拼，最后按设计顺序逐跨合龙。

表 10.4.1 梁体节段预制外形尺寸允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
节段长度	±20
高 度	+20 —50
顶板宽	±20
底板宽度	+20 0
顶、底板厚度	+10 —5
腹板厚度	+10 —5
顶、底板中线偏离设计中线	±10

造桥机用于单 T 构或两个 T 构同时施工时，节段可从造桥机后端运送，从桥梁的一端向另一端逐跨悬拼并合龙。

1 悬拼吊架施工应符合下列规定：

1) 悬拼吊架应根据最大节段重量设计，设计应符合起重机械设计规程的有关规定，悬拼吊架走行及悬拼施工时的抗倾覆稳定系数不小于 1.5。

2) 悬拼吊架可由承重结构、起重机构、移动机构、工作平台和平衡重或锚固装置等组成。

节段起吊可用卷扬机。吊架移位所设滑道，可用倒链滑车、卷扬机和水平千斤顶牵引。

3) 悬拼吊架的设计重量、支承位置及锚固方式等，应征得设计部门同意。

4) 悬拼吊架的拼装可用分块组装的办法，在墩顶节段上按设计要求进行。使用前应按有关规定试吊。

5) 工作平台上的荷重应按设计要求严格控制。

6) 同一 T 构上两台吊架的走行速度应相等、同步，距桥墩中心距离偏差按设计要求控制。设计无要求时，偏差不得大于 30cm。走行时，可在滑道上标明尺度，同时应设限位装置。

7) 悬拼吊架就位后, 应检查其位置及锚固状态, 确认符合规定, 办理签证后使用。

8) 悬拼吊架起吊梁体节段应垂直起吊, 不得斜吊, 同一 T 构上的两台吊架应同时起吊。起吊时, 在节段吊离运输车 (船) 20cm 左右停止提升, 检查起重设备的工作状态, 确认其状态正常后, 继续提升, 撤走运输车 (船)。

2 造桥机施工应符合第 10.5 节的规定。

**10.4.3 悬臂拼装施工应符合下列规定:**

1 采用悬臂拼装法修建预应力混凝土连续梁时, 应按设计将墩顶上的梁段 (0 号块) 与桥墩临时锚固, 或在桥墩两侧设立临时支架。待节段安装完毕, 再拆除临时锚固或临时支架。墩顶梁段可现浇, 也可预制。

修建刚构桥时, 可直接在墩顶梁段安装悬拼吊架或造桥机进行悬拼。

2 悬臂拼装前应完成下列工作:

1) 绘制主梁安装挠度变化曲线, 控制节段安装高程。

2) 检查、处理节段缺陷, 清除胶拼面浮浆、油污并冲洗干净。

3) 检查并确认悬拼吊架或造桥机机况正常。

3 胶拼:

1) 胶拼前, 应先预拼, 待拼节段对称吊运至设计位置初步定位时, 高程、中线、接触面和预应力筋孔道的匹配、对位等应符合设计要求。

2) 将待拼节段移开, 清除胶拼面上浮土并保持干燥, 在两个胶拼面上涂环氧树脂胶浆。涂胶时, 混凝土表面温度不宜低于  $15^{\circ}\text{C}$ , 环氧树脂胶浆应根据环境温度、固化时间和强度要求, 选定配方。固化时间应根据操作需要确定, 可不少于 10h, 在 36h 内达到梁体设计强度。涂胶应自上而下涂刷均匀, 厚度不宜过厚, 以  $1\sim 1.5\text{mm}$  为宜, 涂胶应尽快完成, 涂刷后立即清除预应力孔道口浮浆。胶拼后应采取防雨和避免阳光直射, 进行覆盖养护。

3) 节段正式定位后, 按设计要求张拉临时定位束, 设计无要求时, 按  $0.2\sim 0.25\text{MPa}$  压力对称张拉予以挤压、养护; 及时清理接触面周围及孔道中挤出的胶浆。待环氧树脂胶浆固化、强度符合设计要求后, 再张拉其余预应力束, 只有在设计要求的预应力束张拉完毕, 起重吊钩才能松钩。

4) 同一 T 构两端的节段应同时、对称悬拼。其节段悬拼的允许偏差为:

相邻两节段接缝处的高差:  $3\text{mm}$ ;

相邻两节段中线的位置：3mm；

节段前端高程：5mm，当同一 T 构两端节段的高程超过允许偏差时，应及时调整；

在悬拼节段的中线或水平偏差超过规定时，应用湿接缝调整。

#### 4 湿接缝施工：

1) 湿接缝施工前应将节段的端面凿毛清洗、整直接缝钢筋、检孔、湿润及测放纵、横中心线。拼装定位架的位置应准确，其允许偏差为：纵向 5mm、横向 1mm。

2) 将待拼节段吊装就位，进行吊具转换（即将节段重量由吊钩转换至定位架上），测量定位，其允许偏差为：纵向 5mm、横向 1mm。两节段高差 2mm。

3) 当安装接缝波纹管时，波纹管伸入两节段长度应不小于 5cm，并进行密封。

4) 当安装接缝钢筋、模板时，模板与两节段应接触密贴，不得出现漏浆和台阶。

5) 浇筑接缝混凝土应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

6) 养护至规定强度后方可拆模、张拉预应力束。

**10.4.4** 边跨现浇段在排架或膺架上现浇时，其施工要求及质量标准应符合本规范第 9.5.4 条的有关规定。现浇段的施工应综合考虑悬拼节段高程的偏差及排架或膺架的下沉。

**10.4.5** 悬臂拼装预应力混凝土梁的混凝土施工和预施应力、压浆、封锚等均应符合本规范有关章节的规定。

**10.4.6** 悬臂拼装预应力混凝土梁支座的安装及质量标准应符合第 10.6 节的有关规定。

**10.4.7** 当预应力混凝土梁悬拼合龙成桥并支座就位后，其线形及位置的允许偏差应符合下列规定：

- 1 高程偏差为  $\pm 25\text{mm}$ ；
- 2 中线偏差为  $\pm 15\text{mm}$ ；
- 3 如梁体为两个箱形梁，其相对高差为 25mm。

### 10.5 造桥机施工预应力混凝土梁

**10.5.1** 在桥位上施工预应力混凝土梁，可根据梁体结构、地形、地貌和运输等施

工条件，经经济比较后选择不同形式的造桥机进行施工。

预应力混凝土简支梁（含先简支后连续的简支阶段）可选择造桥机就地整孔浇筑或预制节段就地整孔拼装。

预应力混凝土连续梁（T 构）可选择造桥机悬臂浇筑或悬臂拼装。

**10.5.2** 当采用造桥机施工时，其工程进度安排、施工场地布置和辅助设施等应和全桥的施工组织设计相适应。

**10.5.3** 造桥机可选择定型产品或自行设计。

选择定型产品时，应考虑该产品性能是否符合造桥机在施工过程中每个工况不同受力状态的要求。

自行设计的造桥机应符合现行《铁路桥涵设计基本规范》（TB 10002.1）、《铁路桥梁钢结构设计规范》（TB 10002.2）、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》（TB 10002.3）和现行国家标准《起重机设计规范》（GB 3811）等有关规定。

**10.5.4** 造桥机的结构和性能应符合下列规定：

- 1 造桥机的形式及性能应根据桥梁跨度、梁体（节段）重量等选择确定。
- 2 造桥机可由主桁结构、支承结构（支腿）、节段混凝土模板结构、移动机构、动力、驱动及控制系统等组成。
- 3 造桥机的主桁结构（承重梁）可选择桥面上支承或桥面下支承，也可选择为穿式结构。造桥机跨墩移动时，可采用无横梁式、活动横梁式和墩顶跨越式等。
- 4 主桁结构为承重结构，其上设有浇筑混凝土的模板支架或节段移动机构的通道，必要时加装前、后导梁。主桁结构可新制，亦可用常备式杆件拼装。
- 5 支承结构有前、中、后支腿，根据设计可支于梁顶（0 号块）或墩顶。  
节段移动机构有移梁小车或起重小车，可用电动或液压卷扬机牵引。
- 6 造桥机的移位可在梁（墩）顶设置滑道用电动卷扬机拖拉前移；“大跨度预应力混凝土梁造桥机”在中支腿上装有滑道和穿心式千斤顶，牵引钢绞线以移动造桥机。
- 7 造桥机应按现行国家标准《起重机械安全规程》（GB 6067）的有关规定安装卷扬机起质量超载自动保护装置、卷扬机过缠绕和欠缠绕自动保护装置及起重或移梁小车限位、防撞装置。

**10.5.5** 使用造桥机施工预应力混凝土梁时应符合下列规定：

1 造桥机形式确定，应联系设计部门对桥梁主体结构（含桥墩、台）的受力状态进行确认。

2 施工中应考虑造桥机的弹性变形对梁体线形的影响。

3 造桥机可在台后路基或桥梁边孔上拼装，也可搭设临时支架。造桥机拼装完成后，应进行全面检查，按不同工况进行试运转和试吊，并应进行应力测试，确认符合设计要求并签证后，方可投入使用。

4 造桥机支腿在梁上或桥墩上的位置应符合设计要求，造桥机的中线与桥梁中线应一致。

5 当造桥机完成一个 T 构向前移动时，起重或移梁小车在造桥机上的位置应符合设计要求，其抗倾覆稳定系数应大于 1.5。

6 造桥机在使用前，应根据造桥机的使用说明书，编制施工工艺，并据以组织实施。

**10.5.6** 在桥墩高度较低、地形平坦、地基坚实且无障碍的情况下，预应力混凝土梁的施工可选择地面支承的移动支（模）架进行。施工时应考虑：

1 应采取预先消除地基及支（模）架的非弹性变形；

2 滑道和支架支腿应能保证支（模）架的稳定和移动的顺利进行。

**10.5.7** 使用造桥机、地面支承移动支（模）架进行梁体浇筑或拼装时，应分别符合本规范第 9、10 章的有关规定，同时应编制专门的施工组织设计和施工工艺，认真组织实施。

## **10.6 支座安装**

**10.6.1** 用架桥机架设的混凝土及预应力混凝土简支梁的支座安装应符合现行《铁路架桥机架梁规程》（TB10213）规定。

**10.6.2** 顶推架设连续梁的支座应在一联或全部顶推到位、纵向预应力筋张拉、压浆后，与起顶梁体拆除滑道、落梁的同时，按设计要求安装。

悬臂拼装连续梁的支座应在各合龙段预应力筋张拉、压浆后按设计进行体系转换。体系转换时，支座的调整以高程为主，反力为辅。

**10.6.3** 支座进场后，应核对支座的规格型号，按规定项目对支座检查、验收，并抽样试验。铸钢支座还应进行探伤检查，对检查出的缺陷应修补完善。

**10.6.4** 支座安装前应完成下列工作：

1 测量桥墩中心的距离，据以调整和测放支座中心线，调整后的支座中心与

桥墩支座设计中心的偏差应符合现行《铁路架桥机架梁规程》(TB10213)的有关规定。

2 复测支承垫石高程,其偏差应符合本规范第 8.2.13 条的有关规定。支承垫石表面、锚栓孔位置及深度应符合设计要求。

3 组装支座:支座相对滑动部位应清除尖垢,涂以黄油。检查上下结合部是否密贴。除滑动面外的钢件表面应涂油漆。支座组装高度有偏差时,应对支承垫石高程进行调整。

4 检查梁底预埋支座连接板面及连接螺栓孔的位置,并清除干净。

**10.6.5** 支座安装应保持梁体垂直,支座上、下座板水平,不产生偏位。有坡度桥梁,支座与梁底间及支座与支承垫石间应用钢斜垫板或水泥砂浆调整。支座与支承垫石间及支座与梁底间应密贴、无缝隙。支座四角高差不应大于 2mm。

**10.6.6** 固定支座安装时,上、下座板应互相对正,上座板中心应对准梁体支承中心,纵、横向允许偏差应为 3mm,平面扭转不得大于 1mm。

**10.6.7** 活动支座上、下座板横向应对正,纵向的错动量应根据安装支座时温度与设计温度差及未完成收缩、徐变量进行计算确定。其允许偏差应为 3mm。

**10.6.8** 支座安装后,即应按规定锚固支座螺栓,灌浆固定。

## 11 钢梁架设

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 钢桁梁拼装架设前,应具备以下主要技术资料:

1 钢梁结构设计图(注明钢梁设计标准温度)、杆件应力表、杆件质量表、安装计算资料。

2 桥址和桥头的地形、地质图。

3 桥址水文气象资料。

4 桥墩、台结构图及竣工里程、高程、中线测量资料。

5 制造厂应提供下列资料:

1) 钢梁试拼记录:包括钢梁轮廓尺寸及主桁拱度,工地栓(钉)孔重合率,磨光顶紧及板层间缝隙;

2) 钢梁杆件(包括支座)编号、质量、杆件发送表、工地栓(钉)表及拼装部位图;

3) 杆件出厂检验合格证及制造过程中变更设计的杆件竣工图;

4) 工厂制造图;

5) 高强度螺栓(铆钉)成品出厂合格证;

6) 工地栓接板面经处理后出厂时的摩擦系数试验资料和摩擦系数工地试验板若干组(试验板数量根据合同要求而定)。

**11.1.2** 根据已批准的设计文件及有关技术资料和桥址自然条件(包括水文、地质、地形等)、航运要求、结构类型、施工机具以及工期要求等因素,编制实施性施工组织设计、施工细则和施工结构设计,并应满足下列要求:

1 实施性施工组织设计主要内容应符合本规范第3章的有关规定。

2 施工细则主要内容:

1) 架梁施工操作方法;

2) 各类吊机使用细则;

3) 施工技术安全细则。

3 施工结构设计主要内容:

1) 架梁布置总图(显示辅助结构与梁部结构的相互关系、架设方法、设备安排及主要工程项目等);

2) 架梁辅助结构设计:含膺架、钢梁杆件提升站、塔架、墩旁托架、缆索塔架等结构和拼栓(铆)脚手架,支点纵横移设施、人行道、运输道及其他必要的设施;

3) 架梁过程中主桁结构的稳定性、杆件安装应力、挠度曲线、支点反力和施工荷载的确定。

**11.1.3** 钢梁安装中的临时结构,应符合现行《铁路桥梁钢结构设计规范》(TB10002.2)的有关规定。基本风力值按施工期内当地历年同期发生的最大风速计算,并应考虑风振影响,且不应小于500Pa。

**11.1.4** 钢梁拼装架设前,应对桥墩、台垫石顶高程、中线及每孔跨距进行复测,偏差在允许范围内方可架梁,并应在桥墩、台上设置水平标和中心标,随时测定或复查支承垫石顶高程和支座中心位置(纵、横向)。水平标和中心标应有防护设施。

**11.1.5** 杆件现场堆放应符合下列规定:

1 杆件堆放场地应平整稳固,排水良好。

2 杆件底与地面应留有10~25cm的净空。



3 杆件支点应设在自重作用下,杆件不致产生永久变形处。同类杆件多层堆放不宜过高,各层间垫块应在同一垂直线上。

4 对主桁弦杆、斜杆、大竖杆应将其主桁面内的板竖立,纵、横梁将腹板竖立,多片排列时,应设支撑,用螺栓把各杆件彼此联接。

5 带有整体节点的上下弦杆,不得叠放。整体节点上弦杆运来时节点板朝上,存放场应有杆件翻身设施。

**11.1.6** 钢梁杆件进场后,应按设计文件和现行《铁路钢桥制造规范》(TB 10212)对制造厂提供的技术资料 and 实物杆件检查或抽查。

1 栓焊梁杆件质量检查主要内容如下:

1) 钢梁试拼记录;

2) 焊缝检查记录(包括杆件冷热矫后无裂缝的检查资料);

3) 主桁弦杆、斜杆、大竖杆及纵、横梁外形尺寸公差,并对弦杆端头(节点板和拼接板覆盖范围)的宽度、杆件边缘和孔边飞刺、磨光顶紧部件公差、节点连接处板面出厂时的摩擦系数作重点检查;

4) 在拼装前,应用厂方附送的与钢梁摩擦面同工艺处理的试验板(数量根据定货合同),进行摩擦系数验证。

2 铆接梁杆件质量检查主要内容如下:

1) 钢梁试拼记录;

2) 工厂铆钉填充质量检查记录;

3) 主桁弦杆、斜杆、大竖杆及纵、横梁外形尺寸公差,并对主桁弦杆、斜杆、大竖杆宽度、杆件边缘和孔边缘飞刺、磨光顶紧部件公差作重点检查。

**11.1.7** 厂制杆件涂装质量应按现行《铁路钢桥制造规范》(TB 10212)检查,架设后钢梁涂装质量应符合本规范第 11.6 节的规定。

**11.1.8** 杆件距焊缝较近部位,不应在工地矫形。对于无焊缝的板材或非主要受力杆件边缘的局部变形,在工地矫形时,应符合现行《铁路钢桥制造规范》(TB 10212)的规定。

**11.1.9** 杆件单元预拼前应作下列准备工作:

1 根据设计图绘制预拼预栓(铆)部件图;

2 根据杆件预拼图,清查预拼杆件的编号和数量;

3 拼装冲钉直径和材质的选用,应符合第 11.1.13 条的规定。

**11.1.10** 杆件预拼应按拼装顺序将杆件预拼预栓（铆）成单元，预拼单元质量不得超过吊机额定起质量。预拼后应全面检查，符合质量要求方可栓（铆）合。

1 弦杆、节点板和拼接板预拼件应按下列内容检查：

1) 部件的编号、数量和方向应符合设计图或预拼图；

2) 栓（钉）孔重合率应符合现行《铁路钢桥制造规范》（TB 10212）的有关规定；

3) 由板厚小于 32mm 组成的板束，其板层密贴情况应满足 0.3mm 插片深入板层缝隙深度不大于 20mm 的规定。

2 支承节点磨光顶紧预拼除符合弦杆节点板预拼的三项规定外，顶紧范围内的接触面缝隙不应大于 0.2mm。

3 两片纵梁间距的允许偏差为  $\pm 1\text{mm}$ ；平面对角线的允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ 。

**11.1.11** 拼装顺序除应符合设计要求外，并应考虑下列因素：

1 吊机的类型、运用方法、起吊能力及最大吊距；

2 钢梁杆件运送方法；

3 先装杆件不得妨碍后装杆件的安装和吊机的运行；

4 长杆件不得处于悬臂状态；

5 拼装主桁杆件应两侧对称进行。

**11.1.12** 在满布式膺架上拼装钢梁，应估计到膺架基础沉陷和膺架变形对调整钢梁拱度的影响，并留出调整拱度和起顶钢梁的设顶位置。

可采用类似悬臂拼装的方法，逐幅向前安装，前幅在悬空状态下拼装成整体刚性节间，随即上足冲钉与高强度螺栓，然后前方节点支起。膺架支点应按相应反力设计。

当在木膺架或枕木垛上拼装钢梁时，应采取防火措施。

**11.1.13** 拼梁冲钉的公称直径宜小于设计孔径 0.1~0.3mm，应与工厂试拼中工地钉孔重合率相适应。冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度。

悬臂拼装时，冲钉直径不宜偏小。可取工厂试拼的 50% 钉孔重合率的孔径。当冲钉多次使用，直径偏小时，应予更换。

冲钉可选用 35 号碳素结构钢或相当于同等硬度的钢号制造。

**11.1.14** 拼梁螺栓承受剪力时，应使用精制螺栓，或直接使用高强度螺栓。精制螺栓公称直径宜小于设计孔径 0.2mm，以取工厂试拼的 85% 钉孔重合率的孔径

为宜。

夹紧板束亦可用粗制螺栓，其公称直径宜小于设计孔径 1.0mm。

精制螺栓可选用 35 号碳素结构钢制造。

**11.1.15** 满布式膺架上拼梁，当未按第 11.1.12 条采取类似悬臂拼装方法时，则冲钉和高强度螺栓总数不得少于孔眼总数的  $1/3$ ，其中冲钉占  $2/3$ ；孔眼较少的部位，冲钉和螺栓数量不得少于 6 个或全部放足。

悬臂拼装法冲钉用量按受力计算确定，并不得少于孔眼总数的 50%，其余孔眼布置螺栓。冲钉和螺栓应均匀地安放。

栓合梁拼装时，冲钉数量比照上述规定办理，其余孔眼布置高强度螺栓。

**11.1.16** 钢梁拼成立体系统，经检查杆件编号和数量符合设计要求，板束密贴符合标准即可进行栓（铆）合。

主桁节点栓（铆）合方向，应由节点中心向外幅射状扩展。

悬臂拼装高强度螺栓终拧后或铆钉施铆前，冲钉同时拆卸的数量应根据计算确定，任一杆件不宜超过栓（铆）合孔眼总数的 20%。妨碍栓（铆）合的交叉型平纵联杆件，可暂拨移，栓（铆）合完毕后复位，但两交叉联结杆件不得同时拨移。

**11.1.17** 铆合普通半圆头铆钉，应配用一般风顶。铆合高头锥体铆钉，应配用冲击式风顶。铆钉加热温度约为  $1150^{\circ}\text{C}$ （淡樱红色）。普通半圆头铆钉的头、中和尾部温度应均匀。高头锥体铆钉的头和中部温度应较尾部略高。铆合结束温度不低于  $500^{\circ}\text{C}$ （暗红色）。管路风压应稳定，不宜小于 0.6MPa。

钢梁铆钉材质应符合现行《铁路桥梁钢结构设计规范》（TB10002.2）的有关规定。

**11.1.18** 铆钉填充检查应在主桁上、下弦大节点范围内进行，所有工地铆钉应逐个作外观及锤击检查，其缺陷不得超过允许限度。

**11.1.19** 高强度螺栓、螺母和垫圈的外形尺寸公差和技术资料应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓型式与尺寸》、《钢结构用高强度大六角头螺母型式与尺寸》、《钢结构用高强度垫圈型式与尺寸》、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T1228~1231）的规定。

在钢梁拼装时，螺栓插入方向应以便于施拧为主，并应考虑全桥螺帽方向的一致性，在架梁工艺中应予具体规定。

**11.1.20** 高强度螺栓施拧前试验工作应符合下列规定：

1 扭矩法施工时，根据选用的施拧工具进行螺栓扭矩系数试验。从试验数据求数理统计值作为施拧依据，并符合现行《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ214)的有关规定。

2 转角法施工时，确定初拧预拉力后，按板束厚度或层数，经过试验测定螺栓轴力与相应转角（包括偏差限度）之间的关系，作为施拧依据。

注：温度、湿度对上述两种施拧方法与工艺的影响应通过试验确定。

3 摩擦系数复验应符合第 11.1.6 条的规定，用工厂发送的试验板复查摩擦系数，当不符合设计要求时，应查明原因，采取措施后方可施工。

**11.1.21 高强度螺栓的初拧值**，应根据试验确定，可取终拧值的 50%，初拧后应对每个螺栓用敲击法检查，终拧方法可选用扭矩法或转角法，并在施工中填写记录。转角法系在初拧后的螺杆和螺母面相对位置划一直线，用长扳手或电动、风动扳手将螺母旋至规定角度；扭矩法采用电动或带响示功扳手将初拧后的螺母拧紧至规定扭矩，扭矩值应按下式计算：

$$M=K \cdot N \cdot d \quad (11.1.21)$$

式中  $M$ ——扭矩值 ( $N \cdot m$ )；

$K$ ——扭矩系数（按试验的数理统计值）；

$N$ ——螺栓的施工预拉力 (kN) 为设计预拉力的 1.1 倍；

$d$ ——螺栓计算直径 (mm)。

**11.1.22 高强度螺栓施拧检查**，应符合下列规定：

1 应设专职人员进行检查，当天拧好的螺栓当天检查完。

2 主桁节点及纵横梁连接处，每一个螺栓群检查的数量为其总数的 5%，每个主桁节点不得少于 5 个。如未按工艺施拧，应返工重拧后再检查。

3 采用螺母松扣、回扣法检查时，先在螺栓与螺母的相对位置划一细直线作为标记，然后将螺母拧松，再用扳手拧回原来位置（划线处重合）读得此时扭矩值；采用紧扣法检查时，读取刚刚紧扣微小转动的扭矩值；上述扭矩值读数分别与规定值比较，规定值由同法通过试验取得。超拧值及欠拧值均不大于规定值的 10%者为合格。

注：“规定值”由施工单位试验确定。即对已终拧后的试验件经一定时间，测定螺母松扣、回扣法或紧扣法转动的扭矩值，称为检查扭矩值，即规定值。规定值因采用的检查方法与螺栓批号不同而有所不同。

4 每个节点抽验的螺栓,不合格数超过抽查总数的 20%时,应继续抽查直至累计总数 80%的合格率为止,欠拧者应补拧,超拧者应更换。

**11.1.23** 拧紧高强度螺栓的电动扳手、带响扳手,均需编号建立履历簿。扳手应定期标定,使用前后进行检查,当发现偏差超过 3%时,应复查该扳手已拧螺栓的合格率。

电动扳手电源应设专线并配稳压器,保证电压稳定。

终拧检查合格的螺栓群,做出规定的标记,并在螺栓、螺母、垫圈外露部分立即涂上油漆,方可拆除脚手架。

**11.1.24** 起落梁应符合下列规定:

1 起落梁使用的油压千斤顶,应带顶部球形支承垫、保险圈、行程限位孔。共同作用的多台千斤顶应选用同一型号,用油管并联。油压千斤顶、油泵、油管、压力表可分别进行试验。当测定支点反力时,应由计量单位对千斤顶、压力表一并配套校正。

2 起落梁中,千斤顶底部应设置辊轴或可水平位移的垫座,垫座中心应与千斤顶中心轴重合。大型安装工程中,对辊轴、垫块、工钢束等设备应按图纸进行检查。

3 顶落梁应符合设计要求。千斤顶中心轴应与支承结构中心线重合。起落梁过程中,对梁部各杆件应力变化情况,应事先进行计算。对起落高程、支点反力、支点位移、跨中挠度等变化应观测记录。

4 起落梁时应设保险支座,拼梁与起落梁两工序不得同时进行。同一墩台的上下游两支点,除调整二者高程需分别起顶外,应同步起落。起落梁前应完成栓(铆)合的部位应在技术文件或施工细则中规定。

5 千斤顶安放在墩台或支架及梁底的位置应符合设计要求。

6 临时活动支座,可采用辊轴(滚筒)或聚四氟乙烯板。辊轴(滚筒)应放置平行,辊轴间均保留一定间隙。聚四氟乙烯板与不锈钢板作为临时活动支座时,接触面应洁净,上下均有刚性的支承板。

**11.1.25** 刚性桁梁柔性拱安装,可先采用膺架支点法或悬臂安装法等架设刚性桁梁,再架设柔性拱。柔性拱架设时,拱肋、吊杆结构应有足够的稳定性,也可增设临时固定支架。拱的合龙可采取改变桁梁跨中临时支点反力,拱圈设千斤顶强迫合龙等方法。当桁梁为连续梁时,可调整连续梁支点高程作为辅助手段。

11.1.26 整体节点一端在厂内与箱形弦杆对焊连接及另一端在工地与另一箱形弦杆用高强度螺栓四面拼接，应符合下列规定：

- 1 应具备制造厂的钢材检验、焊缝超声波探伤检查、弦杆组合件对接焊缝射线照相检验和引弧试板试验等资料；
- 2 重点检查整体节点轮廓尺寸，控制内宽、外宽尺寸。工地丈量各杆件尺寸后，可选择匹配对号安装；
- 3 整体节点板圆弧处，厚、薄板对接过渡段的打磨应匀顺；
- 4 上下弦杆运输过程中，节点板应朝上，不得碰撞；
- 5 应有可靠措施保证杆件插入整体节点不伤摩擦面；
- 6 箱形弦杆安装时应设临时安全走道。

11.1.27 钢梁纵、横移和高程调整后，其节点位置尺寸允许偏差应符合表 11.1.27 的规定。

表 11.1.27 钢梁节点位置尺寸允许偏差

项 目		允许偏差
钢梁主桁平面位置	(1)弦杆节点对梁跨端节点中心联线的偏移	跨度的 1/5000
	(2)弦杆节点对相邻两个奇数或偶数节点中心连线的偏移	5mm
	(3)立柱在横断面对垂直偏移	立柱理论长度的 1/700
	(4)拱度偏差：	
	设计拱度 $\leq 60\text{mm}$	$\pm 4\text{mm}$
	$60\text{mm} < \text{设计拱度} \leq 120\text{mm}$	$\pm 8\%$ 的设计拱度
	设计拱度 $> 120\text{mm}$	技术文件中另定
钢梁两主桁相对节点位置	(5)支点处相对高差	梁宽的 1/1000
	(6)跨中心节点处相对高差	梁宽的 1/500
	(7)跨中其他节点处相对高差	根据支点及跨度中心节点高低差按比例增减

11.1.28 钢板梁应在厂内整孔制造。运输跨度 40m 钢板梁时，可将两片主梁靠拢运输，工地再用高强度螺栓连接。钢板梁架设可采用架桥机整孔架设。其他有关规定同钢桁梁。

11.2 悬臂拼装钢桁梁

11.2.1 在桥高、跨大、通航、水深和流急的桥位上，宜采用悬臂法拼装架设钢桁

梁。桥跨较小的钢桁梁可采用由一端全悬臂拼装；当桥跨较大时，可采用中间支墩、墩旁托架、水上吊船和吊索架等方法；当跨度特大型时可采用跨中合龙方法。

**11.2.2 悬臂拼装前，应具备施工结构设计，其主要内容如下：**

- 1 平衡梁和主梁杆件拼装顺序图（包括吊机移动位置）和主梁各阶段的挠度曲线；
- 2 最长悬臂状态的杆件应力表和计算书；
- 3 辅助结构设计图；
- 4 杆件预拼组合成起吊单元的重心、质量等图表。

**11.2.3 悬臂拼装架设前的平衡梁拼装应符合设计要求。可采用下列方法：**

1 在引桥或路基上拼装平衡梁，应从与主梁相连的端节点开始，自桥头向桥后拼装。当平衡梁和主梁的接头无专门传递剪力的杆件，而为框架结构时，除主梁端节点设置支点外，平衡梁端节点亦应设置临时支座，必要时可进行支点反力调整。

2 当用第一孔钢梁在膺架或支墩上拼装主梁作为悬拼第二孔的平衡梁时，应符合下列规定：

- 1) 膺架顶面高程应能使第一孔钢梁半悬臂拼装时，前端挠度不得低于前方桥墩支点顶面；
- 2) 在平衡梁与悬拼梁联结处的膺架上应设置临时固定支座；
- 3) 平衡梁拱度符合要求后方可栓（铆）合，栓（铆）合质量符合要求后方可进行下一孔悬臂拼装；
- 4) 平衡梁抗倾覆稳定系数应大于 1.3，第一孔梁邻近桥台处应加重重或用预应力束连接至桥台承台上。

**11.2.4 在引桥或路基上拼装平衡梁，桥面系不拼装时，当主梁端横梁、平衡梁端横梁、平衡梁下弦杆等组拼在平面形成一个门形结构后，应立即进行梁位的核对调整，使梁中线、里程和两桁支点高程符合设计要求。**

当不能安装平衡梁的下平联（下承梁包括铁路桥面系）时，应检算平衡梁下弦杆的压杆稳定性。必要时加设临时支撑。

**11.2.5 平衡梁与悬拼钢梁联结处，当为两支点时，前方支点设固定支座，后方支点设活动支座。平衡梁其余各支点均设活动支座。**

**11.2.6 当采用中间临时支架时，支架承托钢梁的支点横向宽度，每边加宽不得小**

于 100mm。

**11.2.7 悬拼钢梁安装计算中，施工荷载如吊机、吊机走道、工作人员走道、拼栓（铆）脚手、运输道、风水管路及安全网等计算重量，应与实际相符。**

安装过程中，对施工临时荷载及其位置应符合设计要求。当悬臂安装接近前方桥墩时，钢梁上所有临时荷载应进行复查。大跨度钢桁梁全悬臂安装，悬臂端出现较大振荡时，应采取消振措施。

**11.2.8 悬臂拼装除应符合第 11.1.11 条的规定外，尚应符合下列规定：**

- 1 应迅速将主桁拼成闭合三角形，并随即安装纵横联结系。
- 2 杆件对孔时，应用数个冲钉匀布地插入孔眼，再用小锤轮番锤击冲钉，使杆件孔眼重合，严禁用大锤连续猛击单个冲钉强行过孔或用火焰烧割。
- 3 主桁杆件安装对孔后，应上足 50% 冲钉，30% 螺栓，方可松钩，并立即补足 50% 螺栓。其他杆件上足 30% 冲钉，30% 螺栓后松钩。如用高强度螺栓，可进行一般拧紧。

**11.2.9 拆除平衡梁应在杆件不受力的情况下进行。当发现连接螺栓有受剪变形时，严禁用冲钉强行冲击，应保持杆件外形无扭斜、无弯曲、无刻损边缘。当需使用拆除的高强度螺栓时，应进行丝扣等检查，并通过扭矩系数试验。**

**11.2.10 悬臂安装过程中，对钢梁的平面和立面（拱度）位置，应随时测量并填写测量记录和示意图。**

**11.2.11 悬臂安装采用跨中合龙方案时，应符合下列规定：**

- 1 应在主跨两桥墩布置临时固定支座，其余各支点布置活动支座。
- 2 最后节间的杆件安装前，应调整钢梁平面和立面位置，达到两端主桁平面中线差小于 2mm，两悬臂端间隔距离可稍大于设计尺寸。
- 3 节点合龙时应符合下列规定：
  - 1) 两悬臂端的高程一致；
  - 2) 两悬臂端间隔距离与设计尺寸相符；
  - 3) 两悬臂端的转角一致，即其正切值相等。

在施工组织设计中，应计算安装荷载作用下，梁悬臂端变位（包括竖直、水平变位和转角）及由于支点高程变化，梁端增加单位附加力、温度等对悬臂端的变位影响，在合龙时根据情况及时采取措施。

- 4 纵横移支座应按第 11.1.24 条布置。纵横移时，应控制反向的制动千斤顶。



5 合龙处一侧悬臂端部设一圆孔，另一侧悬臂端部设一长圆孔及一圆孔。长圆孔先插入圆轴销，顺桥向初步固定位置。再采取相应措施，使圆孔重合也插入圆轴销。圆轴销直径计算确定。合龙处所有连接钉孔宜在厂内一次钻足直径。

6 节点合龙后，当钢梁已形成整体结构时，应立即改装任一侧的临时固定支座为活动支座。

7 合龙工作开始后，应连续进行。

**11.2.12** 跨中合龙后，体系转挠时应调整支点反力，以设计支点高程为准，复核支点反力。当实测反力与设计值相差较大时，应与设计单位研究分析。

**11.2.13** 当悬臂拼装采用墩旁托架时，应符合下列规定：

1 墩旁托架除承受由钢梁作用的垂直力乘以超载系数 1.3 外，并考虑由钢梁传来的横向风力。托架反力对墩身产生的弯矩也应进行检算，并不得超过墩身的允许承载能力。

2 当托架下部浸入水中，应在围堰放水前，将支座及水下部分杆件拼装完成，并作出详细记录。

3 托架顶面应设活动支座，并安放设有压力表的千斤顶，测量或调整其支点反力。

4 托架安装完毕，应做压重试验。

5 托架应有防止漂流物碰撞的防护措施。

**11.2.14** 悬臂安装采用水上吊船时，应符合下列规定：

1 宜用于拼装悬臂的最后一个节间。

2 应处于流速不大、风力较小、水位较稳的施工时期，当在通航航道施工时，应在施工期内改变航道。

3 吊船应按规定进行试吊。

4 吊船停泊位置应在桥中线下游，必须具有可靠的锚碇设备。吊船杆件拼装顺序为先上游主桁后下游主桁。当主桁拼装完毕，搭在前方桥墩时，可再利用梁上吊机拼装主桁纵横联结系和铁路桥面系。

5 必须保证吊船能平稳地进行杆件拼装对位。

6 应有防止漂流物碰撞吊船的防护设施。

**11.2.15** 全悬臂拼装采用吊索架设备时，吊索锚头与吊索应等强，锚头与吊索均应进行强度试验。吊索锚头和吊索的允许应力不应大于其抗拉极限的 0.4 倍，并应

符合下列规定：

1 计算塔架纵横向倾覆稳定性应按下列各项进行计算：

1) 施工期内当地可能发生的最大风力，并考虑动力系数 1.5~2.0，塔架的迎风面积填充系数视结构类型而定；

2) 吊索可能出现的不平衡拉力；

3) 钢梁纵横坡度。

2 吊索张拉

1) 初张拉：吊索塔架安装完毕，采用塔架少量起顶或其他方法，对吊索进行初张拉，消除其垂度，达到设计的初张拉力值；

2) 终张拉：单层吊索可起顶吊索塔架，使前后索力达到设计值；当悬臂跨度较大，采用双层吊索时，可经过计算，两层索分别采用不等的初张力值起顶塔架，使两层前后索力达到设计值。

塔架起顶时，千斤顶油路并联，设油压表，并设有保险支座。起顶过程中，测量两桁高程并进行监控，索力用谐振测力仪测定。索力不足者，单根张拉补足。

3 吊索架的走行，应符合梁上吊机走行规定，并应保持前后吊索的曲度一致，即吊索下锚头至塔架的距离大致相同。

**11.2.16 悬臂拼装采用缆索吊机时，应符合下列规定：**

1 布置与主桁等宽的两条缆索，用作吊运和拼装杆件；

2 缆索吊机安装应符合有关规定。

**11.2.17 拼装栓（铆）合及起顶相互关系，应符合下列规定：**

1 各主桁大节点栓（铆）合进度，不应落后于正在拼装的节点的距离为二个大节间，并要求每个大节点一次栓（铆）合完成，栓合达到终拧程度；

2 悬臂拼装至墩顶后，支点附近主桁各大节点和其相关的桥门架、断面联结系，原则上应在起顶前栓（铆）合完成或按设计文件办理；

3 铁路纵梁的上下鱼形板和联结角在纵梁腹板上的高强度螺栓或铆钉，应在一孔简支梁（或一联连续梁）拼装完毕并起顶达到设计高程后再栓（铆）合，并符合设计要求。

**11.2.18 当平衡梁与悬臂孔的联结或两联（或两孔）之间的联结为双支点的框架结构时，在安装过程中由于悬臂拼装，使框架结构上部位移而产生的弯曲应力（次应力），应根据设计文件分段进行调整。消除框架结构的弯曲应力（次应力）方法**

如下：

- 1 落低锚孔平衡梁后支点的高程，使框架结构正位；
- 2 调整双支点中的后支点反力，并以反力值为准，高程作参考。

施工前应计算出上下联结板中心的倾斜度与悬臂长度的关系，也可用应变仪直接测量杆件弯曲应力。

**11.2.19** 两联（或两孔）之间联结板的拆除，应先调整支点的高程，使其内力为零时进行，严禁在受力状态下拆除。

**11.2.20** 墩顶布置应符合下列规定：

- 1 悬臂拼装过程中，应由节点中心永久（或临时）支座支承钢梁。在节点中心周围布置带有辊轴或四氟板和千斤顶的临时支座作为保险，当用以调整钢梁高程和纵横移梁时，应以中心支座作为保险，但不得将钢梁支承在带千斤顶的临时支座上悬臂安装。

顶落梁或纵横移梁不得与拼装同时进行。

- 2 全悬臂拼装时，悬臂孔始端墩顶临时支座的高程，应根据悬臂端的最大挠度，包括工厂制造拱度和锚孔梁坡度及前方墩顶设备高度等因素确定。

- 3 采用跨中合龙方案时，墩顶应有良好的顶落梁及纵横移梁的设备。

- 4 施工过程中，当主要受力支点如采用工字钢束、钢垫块或钢轨束等组成的临时支座时，应考虑因钢梁转角产生的偏心反力对支座和钢梁节点的影响。

- 5 施工过程中，每孔或每联钢梁必须设置一处固定支座。固定支座应设在悬臂孔始端，使其摩擦力足以抵消水平外力。

**11.2.21** 钢梁横移工作宜在支点反力较小、每孔钢梁拼装完结后立即进行。当在反力大的情况下横移钢梁时，横移设备不宜集中一处，可分别设于下弦节点和顶梁下。

**11.2.22** 简支梁可利用水平千斤顶纵移；连续梁可利用温差法、起落梁法或顶推法纵移。当采用温差法和起落梁法时，应符合下列规定：

- 1 选择的固定支座位置，其摩擦力应大于所有活动支座的摩擦力之和；
- 2 选用温差法应掌握温差转折点。

**11.2.23** 永久支座的安装定位和垫层灌浆应在大跨度连续梁或悬臂梁安装后，根据钢梁制造标准温度及各桥墩台跨距的偏差数值，确定固定支座的合适位置，使各支座对墩中心偏移值在允许范围内，并保持各相邻梁端应有的空隙。

### 11.3 拖拉架设钢桁梁

#### 11.3.1 拖拉架设前，应按下列内容编制施工组织设计：

- 1 钢桁梁拼装的施工步骤图；
- 2 上下滑道布置图；
- 3 根据拖拉钢梁总重、纵坡及滑道摩阻系数等计算拖拉力并布置牵引设施；
- 4 导梁及连接结构图，主桁杆件加固图；
- 5 拖拉过程中主桁（或铁路纵梁）的杆件应力和各支点的反力值；
- 6 拖拉过程中各主要阶段的悬臂挠度。

#### 11.3.2 当上滑道设于下弦节点时，纵向拖拉钢梁所用的中间临时支架（包括墩顶加宽支架），其顺桥方向的长度不得小于钢梁节间长度的 1.25 倍，支架间的距离和支架数量根据计算确定。

施工期间应随时测量各支架的沉陷。当沉陷量影响钢梁杆件应力时，应及时采取措施进行反力调整。

#### 11.3.3 拖拉一孔上墩后，应对各经过的临时支架高程进行全面检查，当发现与原有高程不符时，应调整。

#### 11.3.4 拖拉钢梁用的辊轴，其硬度不应低于滑道材质的硬度。辊轴直径和数量应根据承重、辊轴表面光洁度和滑道间摩擦系数等因素确定，辊轴直径宜采用 70～120mm。辊轴长度应较骨道宽 200～300mm，辊轴间净距不宜小于其半径。

滑道可用钢轨或滑板组成。滑道前后端可作成 1：5 以下的坡度。

#### 11.3.5 上滑道布置应符合下列规定：

1 上滑道布置在铁路纵梁底时，应按钢梁拱度和悬臂挠度之和设置反曲线，并应在下滑道外侧主桁下弦下，设置保险支承垫座。

2 上滑道布置在主桁下弦节点底时，除应按上述原则设置上滑道反曲线外，尚应按设计尺寸和间距布置上滑道与下弦间的支承垫枕，弦杆或上滑道结构在拖拉架梁时不得遭到局部弯曲破坏。

#### 11.3.6 下滑道可布置为水平，也可设不大于 6‰ 的坡度。设置两种坡度时，其变坡不宜大于 2‰。设于下坡时必须要有可靠的制动及防溜滑措施和相应设备。

下滑道设置在膺架上或墩台枕木垛上，当下沉量对钢梁有影响时，应通过试验预留沉落量，确保结构安全。

路基上的滑道按地基要求处理。

### 11.3.7 安装上、下滑道的允许偏差应符合下列规定：

#### 1 上滑道。

- 1) 滑道与设计中线为 20mm；
- 2) 两侧滑道高低差为 10mm；
- 3) 滑道纵向不得有死弯。

#### 2 下滑道。

- 1) 各段滑道纵向高程为 10mm；
- 2) 各条滑道中间轨不得高出两侧轨，也不得低于 2mm；
- 3) 一段滑道上，两侧滑道之相对高差不大于 10mm；
- 4) 滑道与设计中线或两条滑道中线相对偏移量，不大于 20mm。

### 11.3.8 纵向拖拉设置的临时支墩，宜进行预压。

拖拉前，应向当地或中心气象台（站）了解拖拉期间的气象预报，当风力大于 5 级时，不得拖拉钢梁。

### 11.3.9 拖拉钢梁时上下游两主桁的拖拉速度应保持一致，并应设置制动设备。

拖拉时，钢梁中线对设计中线、桥墩、台中线的偏移限度为 50mm，且钢梁前后两端不得同时偏向设计中线的一侧。

钢梁拖拉过程中，应在主梁前端支点到达墩、台上时，方可停止拖拉。

在拼梁桥头，当下滑道的长度受条件限制时（如隧道口），可按第 11.3.10 条的规定采用。

### 11.3.10 大跨度单孔钢桁梁采用长悬臂拖拉（即不设中间临时墩的特定条件）有条件缩短下滑道时，应符合下列规定：

1 根据主梁倾覆稳定性要求和杆件允许伸臂长度，选用适宜长度的轻型结构作导梁，以适应跨越河面的需要。

#### 2 长悬臂拖拉宜采用主桁大节点布置的上滑道；

长悬臂拖拉的下滑道可设置支承梁卸载滑道，以便倒换支点（即倒换上滑道及辊轴）（图 11.3.10）。

3 为减少下滑道长度，可随拼随拖。拼装与拖拉的长度比，应满足钢梁倾覆稳定系数大于 1.3 的规定。拖拉间隙，应将钢梁锚固。

4 拖拉全过程中，除应根据支点不同位置分别检算钢梁杆件应力、主桁拉杆临时变成压杆后的长细比和应力折减外，尚应检算主桁节点的局部应力、稳定性和

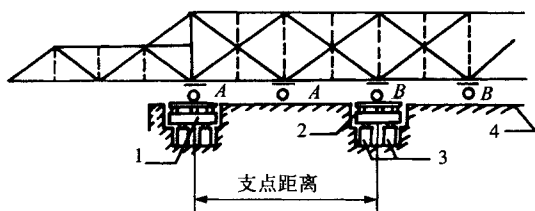


图 11.3.10 下滑道更换支点布置示意

1—工字钢束;2—钢垫块;3—千斤顶;4—下滑道

交会该节点的主桁杆件次应力。

5 节点板下垫 2~3m 铅板,使节点板与钢垫块密贴。

**11.3.11** 曲线上采用拖拉法架设钢梁时,应符合下列规定:

- 1 拖拉中线应取梁跨设计中线(单孔)或取各孔设计中线之平均值(多孔),亦可采用接近的梁跨中线,拖拉完毕,移梁就位;
- 2 墩台强度和顶帽宽度应满足架梁要求;
- 3 当墩台需用临时结构加宽时,应考虑其不同的压缩量。

**11.4** 浮运架设钢桁梁

**11.4.1** 浮运架梁方案应根据施工季节、水文变化、河床断面、两岸地形及机具设备等条件进行选择,可采用下列方法:

- 1 纵移浮运:钢梁沿着与河岸垂直的码头纵向拖拉上船,然后浮运就位;
- 2 横移浮运:在岸边建两座与河道垂直并伸入河中的码头,将钢梁沿码头横移至码头端部,浮船驶入两码头间,托起钢梁,浮运就位;
- 3 半浮运、半横移:钢梁一端由浮船承托,一端沿平行岸边的膺架滑道,边浮运边横移使钢梁就位,此法用于靠岸边的第一孔架梁;
- 4 浮拖法:与纵移浮运法近似,钢梁由正线轨道纵向移出,浮船在桥孔中托梁,边浮边拖使梁就位。

浮运钢梁宜逆水进入桥孔。

**11.4.2** 浮运架设工作开始前,应按下列内容编制施工结构设计:

- 1 浮船结构受力计算及其加固结构图,浮船稳定性计算、隔舱压舱水的排灌计算;
- 2 缆索牵引设备或拖轮计算;
- 3 钢梁纵横移码头结构图;

- 4 浮船上膺架结构图；
- 5 钢梁在浮拖和浮运各阶段的受力情况。

**11.4.3** 浮船的隔舱应作水压试验。对船体加固部位，应全面检查，确认合格后方能使用。

**11.4.4** 钢梁采用纵移法上船时，随着钢梁伸出长度的加大，应及时地从浮船排水，保持钢梁水平。

**11.4.5** 浮运钢梁可采用缆绳、绞车牵引或拖轮牵引，并应符合下列规定：

- 1 缆绳、绞车、江中锚碇、岸边地垄等牵引设备，按施工期内可能发生的水位变化、最大风力和最大水流阻力设计。

倒换缆绳时，两组浮船中应保持首尾缆绳中各有一根直、两根八字形缆绳受力。

桥孔上下游布置锚碇和在墩身附设索具应与浮船首尾绞车联系，将浮船绞进桥孔使钢梁对位后，浮船灌水使钢梁落于桥墩上。

- 2 采用拖轮浮运时，拖轮应能平衡风力和水流阻力。拖运浮船至桥孔下游后，改用缆绳、绞车牵引，使浮船平稳就位。

拖轮采用推顶或帮靠方式与浮船联系时，应增加辅助拖轮一至二艘系挂牵引缆绳或以其中之一与浮船帮靠。

**11.4.6** 浮船进入桥孔时，钢梁底面应高于支座顶面 20~30cm；浮船退出桥孔时，浮船上塔架顶面应低于梁底 10~30cm（加算风浪影响后），在潮汐河流地区，应掌握涨落潮的时间。

**11.4.7** 为保持浮船水平和升降，应根据设计要求并结合水流、风力和载重等及时调节压舱水量。

**11.4.8** 船组的稳定性，应按有联结及无联结进行纵横向稳定性、船体倾斜度和水面上船弦高度检算，其允许限度应符合下列规定：

- 1 纵、横向倾角小于  $5^{\circ}$ ；
- 2 水面上船弦高度大于 500mm；
- 3 在风力作用下，纵、横向倾覆稳定系数大于 2。

**11.4.9** 浮运前应对所经过的浮运航道全部进行探测，并清除障碍物。船体最大吃水深时，船底应高于河床 600mm。

**11.4.10** 浮运时，在桥址上游 2km 左右、下游 1km 左右应设置控制航道信号及

监视哨，也可联系航道管理部门，派船监视巡逻和监督执行封航要求。

浮运前应向当地或中心气象台、水文站联系，了解浮运期内的气象与水情预报。浮运（包括浮拖）工作，宜在风力不大于 5 级、流速不大于设计值和水位涨落预报不超过设计范围时进行。

组织专人每天测量水位、流速、风速与风向，切实掌握预报及实测的关系和规律。

### 11.5 支座安装

11.5.1 支座材质和制造精度应符合设计要求，应有制造厂的成品合格证、供货单位监理签证的铸件探伤记录和缺陷焊补记录，及支承密贴性检查记录，并应作外观检查和对组装后的轮廓尺寸进行复核。钢梁支座质量及检验方法应符合现行《铁路桥涵工程质量检验评定标准》（TB 10415）的规定。

11.5.2 钢梁支座安装前应将支承垫石表面凿毛凿平，上铺一层薄细砂抹平，并防止砂子掉入锚栓孔内。支承垫石高度应预留 20~40mm 的缝隙，以保证灌浆的质量。当垫层厚度大于 40mm 时，应设钢筋网，水泥砂浆强度等级应符合设计要求。

11.5.3 固定支座安装时，上、下摆接触部分应密贴，上摆槽形与下摆弧形部分，其顺桥方向的前后空隙应一致，其公差为  $\pm 1\text{mm}$ 。当上、下摆之间设较轴承压时，弧面接触应密贴，并设置注油槽。

11.5.4 活动支座安装应符合下列规定：

1 固定支座定位（即钢梁定位）后，活动支座底板安装应符合设计要求，并以施工气温（温度计挂在支座所在的弦杆）为准。当钢梁二期恒载未上足或施工气温不同于设计温度时，应按设计图提供的资料进行计算后，确定辊轴和底板的安装位置。底板顺桥方向安装的允许偏差为  $\pm 3\text{mm}$ 。

2 辊轴与下摆及底板之间应密贴，间隙不大于 0.1mm，辊轴均应与桥中线垂直，辊轴位置偏差不得大于 1mm。

11.5.5 支座底板与支承垫石的缝隙可用位能法灌浆，并符合下列规定：

1 钢梁调整完毕后，将支座用倒链吊在钢梁上，顶起钢梁使支座比设计高程稍高，支座底打入钢楔块定位（钢楔块仅作定位用，钢梁大部分重量应由千斤顶支承），经全面检查签证后方可灌浆；

2 支座底板下的定位钢楔块，应在灌的砂浆达到设计强度后取出，填充砂浆；

3 支座锚栓孔可用细石混凝土或水泥砂浆分层捣实填塞，锚栓在拧紧螺母后，



栓杆顶至少应高出螺母顶面 25mm，但不得大于 40mm。

11.5.6 支座进场验收、装配以及安装过程应由工地监理参与检查和签证。

11.5.7 钢梁拼装完毕，纵横移和高程调整并安装支座后，质量标准应符合表 11.5.7 规定。

表 11.5.7 钢梁和支座与设计线路中线和高程的允许偏差（mm）

项 目		允许偏差
钢 梁 中 线 和 高 程 关 系	(1)墩、台处铁路横梁中线对设计线路中线偏移	10
	(2)简支梁与连续梁间、两联(孔)间相邻铁路横梁中线相对偏差	5
	(3)墩、台处铁路横梁顶与设计高程偏差	±10
	(4)两联(孔)相邻铁路横梁相对高差	5
支 座 与 设 计 线 路 中 线 关 系	(5)支座十字线扭转偏差	
	支座尺寸≥2000mm	1/1000 边宽
	支座尺寸<2000mm	1
	(6)固定支座十字线中心点与全桥贯通测量后墩台中心线纵向偏差	
	连续梁或 60m 以上简支梁	20
	60m 以下的简支梁	10
	(7)辊轴位置纵向位移	按气温安装,灌注定位前±3
	(8)支座底板四角相对高差	2

11.6 钢梁涂装

11.6.1 钢梁涂装应符合现行《铁路钢桥保护涂装》(TB/T 1527)的规定及设计要求。涂料应根据当地气候、环境、桥梁的不同部位并兼顾底、面漆的配套选择品种，禁止将不同品种、不同牌号和不同工厂的涂料混掺调用。

11.6.2 钢桥（包括钢梁、钢塔和人行道支架等）表面应进行涂装。在涂装首层底漆前，应把钢材表面的污泥、油垢、铁锈和氧化铁皮等杂质清除。

11.6.3 钢梁和钢构件拼装前应先涂底漆。在拼装中，对可能积水的缝隙应进行填封；缝宽在 0.3mm 以下时填涂底层涂料，缝宽在 0.3mm 以上时，应选用油性腻子填塞平整，待腻子表面干燥后，方可继续涂装。

11.6.4 钢件表面除锈应根据防腐要求和设备等具体条件采用喷砂、小型除锈机具或手工等方法

采用喷砂除锈，应先对喷枪、风包、管路和油水分离器等设备进行检查、

试验。

喷砂宜用洁净、干燥、不含盐分的石英砂，粒径为 0.5～2.0mm；风压为 0.4～0.6MPa；喷射角为 45°～80°；喷嘴与钢表面距离为 100～200mm。

喷砂完毕后，应用压缩空气清除钢件表面的积砂和锈灰。

11.6.5 钢件表面除锈清理应符合现行《铁路钢桥保护涂装》(TB/T1527) 的有关规定外，并应符合下列规定：

- 1 除锈清净度应符合表 11.6.5 的规定；
- 2 除锈后粗糙度不得大于 60μm，检验粗糙度可用直观标准样板对比。

表 11.6.5 钢件除锈清净度

清净度	适用条件	质量要求
一级	(1)大气含盐雾的沿海地区 (2)每 1m <sup>3</sup> 大气中二氧化硫含量大于 250μg 的工业地区 (3)杆件浸水部分 (4)使用无机富锌涂料、聚氨脂涂料,热喷涂锌层 (5)防腐要求高的钢梁及构件	所有氧化铁皮、铁锈和外附物(包括油垢及其他污物)均需清除干净,清理后钢件表面要有均匀的金属光泽,仅允许有个别的微小斑点
二级	年平均相对湿度在 50%以上及有一般大气污染的工业地区	使钢表面完全没有油垢和其他杂质,仅允许有少许不明显的斑点或条痕形的氧化铁皮及铁锈,但不得超过面积的 5%,在任何 25mm× 25mm 的面积,应有 90%以上裸露钢的金属光泽
三级	除一、二级适用条件以外的其他地区	氧化铁皮、铁锈和一切外附物应基本清除干净。钢件表面应有 80%以上和任何 25mm×25mm 的面积应有 65%以上裸露钢的金属光泽。

11.6.6 厂制的钢梁及构件运抵工地后，应及时检查涂装质量和了解涂装日期。

11.6.7 钢件表面除锈清理合格后，涂装首层底漆，应在 8h 内完成；相对湿度大于 70%时应在 4h 内涂完。当天不能完成时，须用麻布沾清亚麻仁油擦试，否则次日仍需将钢表面重新除锈清理后方可涂装。

涂装次层底漆，必须待先一层干透后方可进行，但最多不得超过 7d，否则应先经打磨处理后再行涂装。涂装第一层面漆，须待全部底漆干透并清理灰粉杂质后方可进行，但最多不得超过六个月，否则应先将底漆表面打磨处理后加涂底漆

一层。

两涂层的间隔时间应符合下列规定：

- 1 氯化橡胶、醇酸涂料、环氧涂料和聚氨脂涂料为 24h；
- 2 油性涂料、酚醛涂料为 48h；
- 3 富锌涂料为 72h。

**11.6.8** 钢桥涂装宜在天气晴朗、无三级以上大风和温暖季节进行。在夏季应避免阳光直射，可在背阳处或早晚进行。如气温在 5℃ 以下、35℃ 以上、相对湿度在 80% 以上，以及在有烟熏、落煤灰、蒸汽等场所，除有确保质量措施外，均不得施工。

**11.6.9** 涂装涂料供货技术条件应符合现行《铁路钢桥用防锈底漆供货技术条件》(TB/T2772) 和《铁路钢桥用面漆、中间漆供货技术条件》(TB/T2773) 的规定。涂料应有合格证和出厂日期。质量有疑问时，应按现行国家标准《涂装产品取样》(GB 3186) 的规定进行取样，对黏度、干燥时间、耐水性和柔韧性进行物理性能检验，合格后方可使用。

**11.6.10** 钢梁涂料的性能应符合下列规定：

1 底层涂料

- 1) 对钢铁有良好的附着力，对面漆有较好的粘结力；
- 2) 渗水性小，防锈性能强，能隔阻外界的腐蚀作用；
- 3) 涂膜干燥后，能保持较久的弹性，不变脆。

2 面层涂料

- 1) 耐候性好，能抵抗紫外线和水汽，不易粉化龟裂；
- 2) 具有化学稳定性，能耐酸、碱、盐类的侵蚀；
- 3) 能有效地隔阻水分和空气进入涂膜；
- 4) 对底漆有较好黏结力。

3 铁路纵梁上盖板顶面涂料除具备底、面层涂料性能外，应抗磨、耐潮性能良好。

4 有公路面罩盖的钢梁顶部涂料，应使用能耐烟熏，耐酸和耐潮的面漆。

5 无公路面罩盖的钢梁顶部和钢梁两侧，应使用具有耐晒性能的涂料。

**11.6.11** 选用涂料品种时，除应符合第 11.6.10 条的规定外，底面层涂料应配套使用。

11.6.12 涂料应按说明书或试验数据掌握配合比和黏度。黏度太大时，可掺用稀释剂，但不得超过说明书或试验确定的限量，不宜超过涂料质量的 2%，特殊情况不应超过 5%。

严禁用煤油、柴油和低沸点汽油作为钢桥涂料的稀释剂。

11.6.13 各种涂料调至施工黏度后，应用 120~200 目金属筛过滤，滤去漆皮和杂质后方可涂装。

11.6.14 钢桥涂装的道数和涂膜厚度，当设计无要求时，可按表 11.6.14 的规定取值。当规定道数达不到最小干膜总厚度时，应增加涂装道数。

钢桁梁桥面系纵梁上盖板及上承式板梁上盖板的涂装应符合现行《铁路钢桥保护涂装》(TB/T 1527) 有关规定，并注重耐磨性能。

表 11.6.14 钢桥涂装体系和最小涂层厚度

涂装体系序号	涂料名称	涂料代号	道数	每道干膜最小厚度(μm)	干膜最小总厚度(μm)		
					干燥地区	潮湿地区	恶劣地区
I	特制红丹酚醛底漆	F53~31	2~3	35	70	70	105
	灰铝锌醇酸面漆	C04~45	2~3	35	70	105	105
II	特制红丹酚醛底漆	F53~31	2~3	35	70	70	105
	灰云铁醇酸面漆	C04~9	2~3	40	80	120	120
III	环氧富锌底漆	H06~4	2~3	30			80
	灰云铁氯化橡胶面漆		4	35			140
IV	特制环氧富锌底漆	H06~4	2	40		80	80
	环氧云铁中间层		1	40		40	40
	灰铝粉石墨醇酸面漆		2~3	35		70	105

注：1 按 GB4797.1 附录 A 中我国产外气候类型的区域分布图，其寒冷、干热区域的内陆地区为干燥地区，亚湿热、湿热区域为潮湿地区；  
2 含有盐雾的沿海地区，含有二氧化硫的大气污染地区或风砂地区为恶劣地区。

每道油漆涂装过程中，应用滚轮式或梳式湿膜测厚仪测量湿膜厚度，以控制干膜厚度，并按有关规定用磁性测厚仪法或杠杆千分尺法测量涂料涂层厚度。钢梁主要杆件应抽检 20%，次要杆件应抽检 5%，每件构件应检测 3 处，每处取 10cm×10cm 方块之四角点及对角线交叉点，取平均值。平均值不得低于最小规定厚度，其最低值应在规定厚度 80% 以上，测定厚度差不得超过平均值 30%。

11.6.15 钢桥涂装完成后，应表面光泽、颜色均匀，不得有露底、漏涂、涂层剥落、涂膜破裂、起泡、划伤及咬底等缺陷。手工涂刷的不得有明显刷痕。

涂料屑粒和尘土微粒所占涂装面积各不得超过 10%。

橘皮、起皱、针孔和流挂在任一平方米范围内,小于  $3\text{cm} \times 3\text{cm}$  面积的缺陷,各不得超过 2 处;小的凸凹不平在任一平方米范围内,不得超过 4 处。

**11.6.16** 旧钢梁及旧构件的涂装,当设计无要求时,应符合下列规定:

1 旧涂层表面已风化,尚未有生锈情况,只需将表面风化层打磨清理灰粉后,涂装面漆 2 层,干膜厚度不得少于  $80\mu\text{m}$ 。

2 旧涂层表面有小面积生锈,应将生锈部位清理至金属表面,显出金属光泽;在涂装困难的部位应扩大清理范围,然后涂装底漆 2 层,干膜厚度不得小于  $70\mu\text{m}$ ,再涂装面漆 2 层,干膜厚度不得小于  $80\mu\text{m}$ 。

3 当旧涂层表面已风化,生锈面积已达 10%,或旧钢梁经多次涂装,再加涂盖有害时,应铲除全部旧涂层,打磨处理后,再涂装底漆和面漆至少各 2 层,总干膜厚度不得小于  $150\mu\text{m}$ 。

**11.6.17** 工厂对钢梁摩擦面喷丸除锈后,喷铝涂装应符合现行《铁路钢桥制造规范》(TB 10212) 和设计要求。喷铝面板在运输过程中应分层加垫板隔离。当工地需补喷涂铝层时,使用的铝丝应符合现行国家标准《铝及铝合金产品的化学成分》(GB 3190) 规定的二号防锈铝 (LF2) 要求,并应做热喷铝涂层附着力检验。在  $15\text{mm} \times 15\text{mm}$  涂层上用刀刻划平行线,两条线距离为涂层厚度的 10 倍,两条线内涂层不得从钢表面翘起。钢梁摩擦面拼装高强度螺栓终拧后,喷铝面外露部分工地应再按规定涂装底漆与面漆。

**11.6.18** 未经防锈处理的高强度螺栓,应先用松香水(或松节油)和二甲苯按 7 : 3 体积比的配液洗去油污,上桥使用后再涂底漆和面漆。已经防锈处理的高强度螺栓,可在擦洗干净后上桥使用,直接涂装面漆。

**11.6.19** 底层或面层涂料在涂装前二天应将涂料桶严密封盖倒置,减轻沉淀和结块。铁涂料使用前及在涂装过程中,应充分搅拌。多组分的涂料应现配现用。

## 11.7 明桥面

**11.7.1** 明桥面铺设应符合现行《铁路钢桥明桥面技术条件》(TB/T 2627) 的规定。

**11.7.2** 明桥面的基本轨、护轨、桥枕、护木与钢梁间的联结应牢固紧密,相互位置正确,整体性良好。钢轨扣件应采用 K 型分开式扣件。

**11.7.3** 明桥面应用注油防腐桥枕,两桥枕间净距宜为  $10 \sim 18\text{cm}$  (横梁处除外),

专用线可放宽到 21cm。

**11.7.4** 桥枕铺设与联结应符合设计要求，钩头螺栓应垂直安装并贴紧钢梁翼缘，螺栓与翼缘空隙不得大于 4mm，并有 2/3 钩头面积与钢梁密贴。

**11.7.5** 基本轨、护轨及配件铺设应符合现行《铁路轨道施工及验收规范》（TB 10302）的有关规定。在自动闭塞区间，钩螺栓铁垫圈与基本轨铁垫板、基本轨铁垫板与护轨道钉之间应留有不小于 15mm 的间隙。

**11.7.6** 线路平面与纵断面应符合下列规定：

1 线路平面应符合设计要求，桥上线路中线与设计中线允许偏差应符合规定。双线时，两线间距允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ，但双线间距为 4m 时不得有负偏差，并应保证桥梁的限界。

2 线路纵断面（竖曲线）应根据实测钢梁恒载作用下的拱度曲线所制定的“桥面枕木类型、刻槽深度及垫板厚度布置图”施工。在两跨梁端连接处或连续梁中间支点处的竖曲线，应与跨中曲线匀顺过渡，全桥线路纵断面应符合线路坡度和梁跨拱度的要求。

**11.7.7** 铺设钢轨伸缩调节器时应保持尖轨与基本轨密贴，伸缩接头安装位置应考虑当时温度等因素。钢轨伸缩范围内，轨距应符合规定。

**11.7.8** 人行道、避车台及有关检查设备的安装，应符合设计要求。栏杆及步行板等，应做到线条平直、整齐美观。梁下检查车应走行灵活，上下检查车应方便安全。

## **11.8 结合梁**

**11.8.1** 钢板梁（或开口钢箱梁）与钢筋混凝土板用剪力联结器连接的结合梁使用的材料应符合设计要求，钢梁制造工艺应符合现行《铁路钢梁制造规范》（TB 10212）规定。当剪力联结器采用柔性连接栓钉时，制造厂应提供锤击弯曲检验资料；当采用刚性马蹄形联结器时，制造厂应提供“推出”试验合格资料；“推出”试验应符合现行《铁路结合梁设计规定》（TBJ 24）规定。在拼装架设开始前，应对联结器进行外观检查，各种缺陷应作出记录，并应采取相应措施。

**11.8.2** 钢板梁工地拼装宜采用高强度螺栓，有关高强度螺栓材料检验、试验及施拧工艺应符合第 11.1 节的规定。

**11.8.3** 结合梁的钢梁，在运输和安装过程中，应采用专用吊具，钢梁不得扭转、翘曲、侧倾。在吊装就位时，应测量配合，注意梁体同步，支垫平稳，正确就位。

安装方法可采用整孔吊装、拖拉法、顶推法等。

**11.8.4** 结合梁钢梁涂装应符合第 11.6 节有关规定。上翼缘顶面及剪力联结器均不应涂装,在安装前应进行除锈与防锈。

**11.8.5** 结合梁混凝土桥面板采用工地浇筑施工,应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210)的规定。

**11.8.6** 桥面板混凝土采用微收缩混凝土,施工时必须控制膨胀剂的添加量,混凝土浇筑前应清除钢梁上翼缘和剪力联结器的锈蚀和污垢。

**11.8.7** 简支梁及连续梁桥面板在浇筑混凝土时应按设计要求分段施工。如需预施应力,应待桥面混凝土达到规定强度,再按设计要求施加预应力,连续梁落梁步骤应符合设计要求。

**11.8.8** 桥面板厚度允许偏差应为 $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix}$  mm,浇筑桥面板后混凝土的顶面应抹平。

**11.8.9** 防水层、保护层应符合设计要求和本规范第 17 章的规定。

## 12 预应力混凝土斜拉桥

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 预应力混凝土斜拉桥施工中应具备必要的监控测试手段,随时掌握必要的数,核算控制各工况条件下结构应力变化。

**12.1.2** 斜拉桥施工的施工组织设计应重点包括下列内容:

- 1 基础、墩塔及主梁施工组织设计;
- 2 梁、塔各工况浇筑过程中应力、线形控制的主要监控方法;
- 3 斜拉索及预应力束安装、张拉在各工况阶段下调整的步骤及施工工艺。

**12.1.3** 预应力混凝土斜拉桥施工中,应做好下列各项记录:

- 1 本规范附录 N、P、Q、R 所列各表的有关内容(附录 N 斜拉索安装张拉记录表、附录 P 斜拉索张拉力振动频率测定表、附录 Q 斜拉索张拉力调整记录表、附录 R 斜拉桥悬臂施工阶段挠度变化记录表);
- 2 各项施工试验内容、成果和说明。

### 12.2 索塔施工

**12.2.1** 施工时可根据设计文件设置梁、塔临时固结体系,完工后恢复设计体系。

**12.2.2** 索塔的施工方案应根据索塔的结构、外形尺寸、设计要求的条件选用弹性

骨架、爬模等施工方法。

**12.2.3** 当索塔为塔梁固结时，索塔与梁交叉多层作业应采取安全防范措施。索塔施工脚手架不得阻碍索塔的位移。

**12.2.4** 脚手架设计，应有足够的强度和刚度。高处施工应有防雷装置和安全设施。

**12.2.5** 索塔横梁施工应设可靠的模板及支撑系统，混凝土浇筑顺序应考虑支撑的弹性和非弹性变形。

**12.2.6** 索道管应按设计位置精确定位，并应用劲性骨架固定。

**12.2.7** 门式索塔的塔柱施工应检算未形成门式刚构时的稳定性，必要时设置临时支撑系统。

### **12.3 主梁施工**

**12.3.1** 梁塔预应力混凝土施工，除应符合本规范第 9 章及现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 应采用具有缓凝、早强、高强、和易性好的混凝土；
- 2 掺用减水剂时，应用强制式搅拌机拌合，每盘混凝土拌和时间不少于 90s；
- 3 梁模板应有足够的强度和刚度，并考虑施工过程中操作安全。

**12.3.2** 预应力束孔道的成孔应符合本规范第 9 章的有关规定。

**12.3.3** 索道管的位置应精确测量，固定于钢性骨架上。其横、竖方向允许偏差为 3mm。浇筑混凝土时，振动器不应触及索道管。

**12.3.4** 预应力混凝土斜拉桥主梁的施工应按设计要求组织实施。

**12.3.5** 在膺架、托架上浇筑梁段应符合下列规定：

- 1 在膺架上浇筑梁段，索道管安装位置应符合设计要求；
- 2 梁底模板与支架间应铺设滑动层，使预应力梁段在施加预应力时梁体能自由收缩。

**12.3.6** 预应力斜拉桥主梁悬臂施工应符合下列规定：

- 1 施工挂篮结构应符合本规范第 9.5.1 条及第 9.5.2 条的规定；
- 2 当浇筑梁段混凝土时，挂篮的弹性变形及主梁挠度应按设计要求进行调整；
- 3 主梁浇筑在最大悬臂时，应按设计文件要求，并根据实际情况采取抗风振的安全措施；
- 4 浇筑梁段混凝土时必须遵守施工组织设计和施工工艺的规定；



5 挂篮在拆模及走行时，必须按照工艺步骤，确保安全，走行应均匀平稳；挂篮到位后，支点要抄紧，后端锚杆应固定。

**12.3.7** 当预制梁段悬臂拼装时，梁段的预制、运输、吊装除应符合本规范第 9 章的有关规定外，尚应注意预制梁段的线形匹配。

**12.3.8** 主梁施工应根据前一施工阶段的监控结果并考虑应力与线型的设计要求确定下一步梁块施工的高程与索力。施工监控的主要内容应包括：

- 1 变形：主梁的线形与高程、主梁平面的轴线偏差、索塔的水平位移；
- 2 应力：梁塔应力、拉索索力、支座反力在各工况阶段施工过程的应力，并与设计应力相校验；
- 3 温度：温度场及指定时间塔、梁、索温度的变化。

**12.3.9** 预应力混凝土斜拉桥预应力张拉应符合本规范第 9 章的有关规定。

**12.3.10** 预应力混凝土斜拉桥梁跨合龙应符合下列规定：

- 1 连续梁在跨中合龙梁段前，应做好两端悬臂梁的下列复查、调整工作：
  - 1) 施工荷载对称相等，解除梁塔间临时固定的约束；
  - 2) 梁内预应力束按设计规定张拉完成；
  - 3) 中跨、边跨斜拉索张拉力复测，并按设计拉力调整；
  - 4) 在上述三项工作调整一致后，复测桥梁悬臂线形高差。
- 2 连续梁的跨中合龙梁段合龙前，应按本规范第 9.5.6 条的规定锁定和浇筑合龙梁段。锁定梁段可采用合龙段中安装临时支撑架，并穿部分预应力束张拉，建立撑拉固定合龙段，同时释放桥梁被临时固定的活动支座，使梁呈悬浮状态的连续梁。

**12.3.11** 支座安装应符合下列规定：

- 1 盆式橡胶支座各部件的组装应符合下列要求：
  - 1) 在支座底面和顶面（埋置于墩顶和梁底面）的钢垫板必须埋置密实，垫板与支座间应平整密贴，支座四周探测不得有 0.3mm 以上的缝隙；
  - 2) 支座中线、高程、位置偏差不得大于 2mm；
  - 3) 必须保持清洁；
  - 4) 活动支座的聚四氟乙烯板和不锈钢板不得有刮伤、撞伤；
  - 5) 氯丁橡胶板块应密封在钢盆内，安装时应排除空气，保持紧密。
- 2 支座上板中心与下板中心纵向偏移值应符合本规范第 9.5.6 条的规定。

3 连续桥梁从两端分别施工时,靠近悬臂端的活动支座必须临时固定,其余各支点均为活动支座。双悬臂施工时,梁墩应临时固结。

## 12.4 斜拉索安装

### 12.4.1 斜拉索及锚具应符合下列规定:

- 1 斜拉索应委托具有资质的厂家生产,制造质量必须符合设计要求。
- 2 斜拉索选用的原材料必须符合设计和国家有关标准的规定。
- 3 斜拉索和锚具均应按设计规格检验外形、尺寸、硬度、螺纹丝口和制作精度等,合格后方能出厂。

1) 出厂检验应按扭绞、绕包、挤包护层、斜拉索联接、预张拉等技术要求和相应试验方法对每根成品索进行检验;

2) 斜拉索成品的交货长度与设计长度偏差  $\Delta L$  应符合下列规定:

$$\text{索长 } L \leq 100\text{m 时} \quad \Delta L \leq 20\text{mm}$$

$$\text{索长 } L > 100\text{m 时} \quad \Delta L \leq 0.0002L$$

- 3) 钢丝及钢绞线静载破断载荷不应小于斜拉索标称破断载荷的 95%;
- 4) 静载破断延伸率 ( $\delta$ ) 不应小于 2%;
- 5) 抗拉弹性模量 ( $E$ ) 不应小于  $1.85 \times 10^5 \text{ MPa}$ ;
- 6) 疲劳性能:在设计规定的应力幅,经  $2.0 \times 10^6$  次循环脉冲加载试验,钢丝破断数不应大于索中钢丝总数的 5%,斜拉索外护层不应有明显损伤裂纹和痕迹,锚具无应力性破损,试验后锚板回缩量不应大于 5mm。

4 斜拉索搬运时不得折损或磨坏索的防护层,未作外防护的斜拉索应存放干燥阴凉处,锚头应架空保护,不得生锈。斜拉索不得有错压弯折变形,支点距不得大于 4m。

### 12.4.2 斜拉索安装和张拉工艺应符合下列规定:

1 斜拉索的搬运和安装必须保证索的弯曲半径符合设计要求。施工中应防止锚头撞伤;锚头移位不得直接用铁锤敲击或强击复位。斜拉索不得有折损或死弯;防护层如有折损或磨损应采取临时保护措施,并作好记录,待安装后修补。吊装时应先设支承管,再系千斤顶进行起吊,并用导索进行牵引进入锚孔内。

2 安装方法可采用单吊点法、多吊点法、桁架床法、导索法、脚手架法、吊机安装法和钢管法。较硬或较脆外防护层的斜拉索,不得采用单吊点法安装。

3 安装前,应预先测定锚头安装位置,并在上下端管进口的锚下垫板上标明。

安装后，斜拉索应在索道管中心，不与预埋索管接触。

4 张拉应以设计索力值控制，延伸量可作为校核。张拉前后必须对桥梁和索塔的变位进行观测，当变位超过设计要求时，应与设计部门联系解决。

5 安装和张拉应按设计要求进行同步张拉。在下列情况下也应同步张拉：1) 索塔和桥梁两侧在对称位置上的斜拉索；2) 中孔无挂梁的连续梁，两端索塔和桥梁两侧对称位置的斜拉索。

对称同步张拉的斜拉索，张拉中不同步拉力的相对差值不得大于 10%。两侧不对称或设计索力不同的斜拉索，应按设计规定的索力分段同步张拉。

6 桥梁施工到下述阶段时，全桥应测核索力并予调整：

- 1) 桥梁悬臂施工到跨中合龙前；
- 2) 跨中合龙后，梁体内预应力束全部张拉完成时；
- 3) 梁上铺碴、铺轨和安装附属设备完成时。

各斜拉索的索力调整值和调整程序应符合设计规定。

7 斜拉索安装后，在抗振和减振装置安装前，两端锚具和索道管应有临时防护措施，防止雨水侵入和撞击锚头。

8 安装减振器时，应使其内周夹紧斜拉索，外周与索道管密贴。

9 斜拉索防护应满足设计要求。

10 桥梁建成后应对各索力进行调整，达到设计值，并由测试单位用振动频率计测核各斜拉索的索力，每组及每索的索力偏差均不得超过设计规定。

## 12.5 转体施工

12.5.1 转体施工可分为有平衡重平转、无平衡重平转、竖转施工。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质量不大的拱桥或桥梁预制部件。

12.5.2 刚性索斜拉桥转体施工时，纵、横向稳定系数应大于 1.5。

12.5.3 转动体系施工应符合下列规定：

1 转动体系应由中墩转动系统和边跨端部辅助滑道等组成，中墩转动系统设于墩底、基顶，由球铰和铰盖、平衡支腿、滑道组成。其中上、下转盘为承重盘，由匹配的钢筋混凝土球形铰构成。

2 球铰是斜拉桥转动体系承重及转动的中心，球铰上、下转盘表面摩擦系数应满足设计要求。球铰接触表面可用  $\pi$  形钢板，并涂四氟乙烯粉。平衡滑道应平

整，高差不得大于 2mm，平衡支腿与滑道之间转动条件下应有 8~10mm 的间隙。

3 应进行转体结构稳定、偏心及牵引力计算。

偏心值宜为 0.1~0.2m，牵引设备应按计算牵引力的 2 倍配置。

4 球铰中心轴竖向垂直度应满足 1/1000 的要求。下转盘定位应准确，中心及水平测量均应满足设计要求。

5 转轴的构造和间隙量的施工设计除应考虑定位作用外，还应考虑施工中荷载不对称、风力等横向荷载以及其他偶然荷载作用的影响，转轴的强度和刚度应符合设计要求。

#### 12.5.4 刚性索施工应符合下列规定：

1 刚性索预应力筋张拉端应位于塔柱上索塔节点处，另一端应锚固在主梁索梁节点槽帮混凝土内。

2 刚性索的施工应充分考虑混凝土收缩、徐变的影响，可采取中间预留施工缝、增加中心短束张拉等措施，对结构闭合时的环境温度，闭合龄期和索预应力筋张拉顺序均应作周密的安排。

3 刚性索预应力张拉应按先短索后长索的程序并遵循两侧同时、同步、对称的原则。预应力筋张拉应符合设计要求的顺序，加载龄期和分阶段锚外张拉力应准确进行。

4 预应力筋的初拉、终拉时间应严格控制，刚性索上、下两段混凝土完成 30d 后方可封闭湿接缝。

#### 12.5.5 主梁施工应符合下列规定：

1 制梁膺架应结合取材方便、安拆简捷、能合、能分以及地基容许承载力、施工荷载等情况综合选定。

2 膺架应按规定进行预压重消除非弹性变形并测出弹性变形量，并按设计要求严格控制主梁膺架的沉降量，在施工过程中应依据膺架的弹性变形量调整预应力筋布置。

3 膺架结构应具有足够刚度和强度，并可作为塔、梁、索施工及张拉时的作业平台。

4 主梁混凝土应按设计要求浇筑，主梁预应力应按设计提供调整后的锚下张拉力控制，并用伸长量作校核。

#### 12.5.6 转体施工及监控应做好以下工作：

1 转体施工应根据转体的纵、横向稳定性、转体垂直力、牵引力计算及转体施工技术要素分析作结构设计,编制施工工艺。

2 斜拉桥转体前应解除主梁底全部支点约束,消除一切残余约束,清理干净球铰处防水封堵物和临时支垫物及转体墩四周杂物,检查所有转体相关设备和设施是否处于完好工作状态并填写记录。

3 斜拉桥转体前应根据设计要求进行索力调整,转体过程中应严密监测主梁及滑道的变形。对主梁、塔、刚性索的各方向变位也应进行全过程监测,及时分析变位的原因及对后续工序的影响。

### 13 斜腿刚构桥

#### 13.1 钢斜腿刚构桥

13.1.1 施工前应与设计、制造等单位共同研究制定斜腿、中间梁段、端连杆和边跨梁的制造、安装方案和有关协作事宜,做到安装单元和安装方法的标准化。

13.1.2 安装方案应符合下列要求:

- 1 安装过程中发生的附加应力最小,高空吊装次数少,构件运距短;
- 2 结构应尽快形成稳定体系,减少辅助支撑;
- 3 应能使安装偏差分散,提高结构安装精度;
- 4 安装过程的每一环节所发生的控制应力,宜出现在开始起吊时;
- 5 设备应能在各环节中多次使用;
- 6 结构受力明确,变形易于调整,不得强迫合龙。

13.1.3 安装前应完成以下工作:

1 根据已确定的施工方案,除按本规范第 3.0.4 条编制施工组织设计外,尚应编制结构安装设计和施工细则。安装设计的荷载、温度应和现场一致。

2 根据安装需要,与厂家签订制造合同时,应提出制造精度的要求。


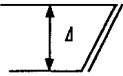
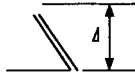
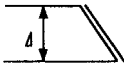
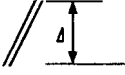
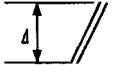
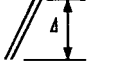
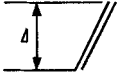

3 对桥梁墩(台)及斜腿支墩应按本规范第 11.1.4 条的规定复测。

13.1.4 高强度螺栓的工地抽验检查、施拧方法和要求,以及拼装冲钉的技术规格,应符合本规范第 11.1 节的规定。

13.1.5 铰支座安装前应检查、清洗、上油,并应符合表 13.1.5 的规定。

13.1.6 斜腿拼装可采用竖直拼装、水平拼装或顺斜腿方向拼装的方法,并符合下列规定:

表 13.1.5 铰支座安装允许偏差 (mm)

岸别	项 目	允许偏差
同岸	支座十字线扭转	±1
	两支座相对高差(铰心处)	2
	支座转轴两端的相对高差	2
	两支座不同轴度:平行不同轴 	$\Delta < 2$
	反扭  上游支座 铰轴线 	$\Delta \leq 1$
	反扭  下游支座 铰轴线 	$\Delta \leq 1$
	平转  	$\Delta \leq 1$
	平扭  	$\Delta \leq 1$
两岸	两支座间距离(由斜腿横杆控制)	$\pm 2$
	两支座间距	±10
	支座间相对高差	5
	支座对角线差	±10

- 1 竖直拼装时, 每一拼接面应设定位销钉, 拼装所用锚缆均应由计算确定。
- 2 竖直拼装时, 宜使斜腿向跨中倾斜 1%~5%的角度。
- 每拼完一个框架单元, 应即测量中线、水平及扭转。上下游两条斜腿竖杆的安  
装宜交替进行。
- 3 水平拼装所设膺架应设在坚固基础上, 膺架支点应考虑支架的弹性变形和  
非弹性变形。当变形难以计算或控制时, 可设活动调节支点。
- 斜腿竖转时, 应视斜腿长度、质量、刚度按就位时的状态决定吊点位置。
- 13.1.7 薄壁箱形构件安装需要翻转时, 应制做专用翻转胎具, 严禁把构件一端吊

起，另一端着地拖拉翻转。

**13.1.8** 斜腿就位时，若以墩身上部为锚固点，应按受力情况，分阶段对墩身做强度检算及内力调整，必要时增设背索锚定。

**13.1.9** 竖拼斜腿竖转就位时，应于斜腿顶部安装牵引钢索，使斜腿在重力作用下竖转。

**13.1.10** 斜腿竖转就位后，用水平钢拉杆代替钢丝绳滑车组，应使钢拉杆、桥墩和背索形成稳定受力体系，并在拉杆尾部安装跨距调整装置。

**13.1.11** 斜腿就位后，受温度影响，调力系统中的作用力应适时进行调整，使墩身变形不超过容许值，内力调整直至中间梁段和斜腿形成刚构为止。由于温度变化而需调整的值，应计算确定。

**13.1.12** 箱梁的安装，可选用整体吊装或悬臂拼装。

**13.1.13** 隅节点梁段安装前，应测量斜腿与隅节点梁段连接的法兰平面，其中线偏差不得大于 20mm，法兰平面每一组三个水平点（中心与两侧腹板处）相对高差不得超过 2mm。

**13.1.14** 隅节点宜分为上下单元安装，其顺序应为：

- 1 下部单元对位后，由中心向外初拧高强度螺栓。
- 2 安装隅撑时，高强度螺栓初拧亦由中部隅撑开始，对称向两侧进行。
- 3 上部单元与下部单元组合，可在腰带法兰上均布打入 25% 的冲钉，高强度螺栓的初拧由中央纵向腹板、斜隔板、竖隔板、竖肋等内部开始至腹板法兰逐次进行。
- 4 按上述顺序对隅节点梁段施以复拧和终拧。
- 5 梁段终拧后，再终拧梁段与斜腿连接的高强度螺栓。
- 6 隅节点梁段安装允许偏差应符合下列规定：
  - 1) 纵向轴线与桥梁设计轴线偏差为 20mm；
  - 2) 纵向轴线与桥梁轴线扭转偏差为  $a/1000$ （ $a$  为隅节点的几何形心至隅节点梁段两端的最短距离）；
  - 3) 两岸隅节点梁段几何形心处相对高差为 10mm。

**13.1.15** 当采用中间梁段整体吊装时，梁段应在特设的工作台上组拼。工作台应按设计拱度设置支点。

梁段必须按规定的顺序组拼。当梁段由上下单元构成时，应先将每一节上下单

元组拼后，再由中间梁段中部开始，对称向两端连成整体。合龙点宜选在隅节点梁段端部。合龙缝隙宜为 20~30mm。

**13.1.16** 在通航或放筏的河流上拼吊作业，应在上游 2km、下游 1km 以外设置警戒。当需封闭河道时，应和当地交通部门取得联系，商洽封闭河道和保证结构安装的安全措施。

施工中应根据水情预报，设置避洪船坞。

**13.1.17** 整体吊装的中间梁段组拼后，应检查各部尺寸、拱度、隅节点梁段拼接面尺寸、吊点及其设备，确认完好后，应经压载试吊，压载质量可按吊重 10% 计。试吊时，将梁段吊离工作台 100mm，停车检查无异常时，卸去压载，再正式提升。

**13.1.18** 跨距应在中间梁段合龙时调整，误差不得大于 10mm。

**13.1.19** 整体吊装的中间梁段应设计专门的吊梁框架。提升时两端应同步。提升动力装置可用滑轮组或连续千斤顶。梁段两端水平和中心必须观测控制，起吊过程中两端高差不得大于 500mm；当接近龙口时，应再调整到两端高差不大于 50mm。严禁梁端撞击龙口。

**13.1.20** 合龙对位时，拼接的板面应密贴，当拼接面相错小于 1mm 时，可不作处理；小于 2mm 时，应将不密贴部分板面做成坡面，大于 2mm 时，应加设垫板。

**13.1.21** 梁段龙口对位后，宜用临时拼接板固定。临时拼接板一端应设长圆孔，其位置可置于盖板纵肋和纵梁的底面及下盖板纵肋的顶面。

**13.1.22** 龙口临时固定后，合龙工作应符合下列规定：

- 1 气温达设计要求后，方可将正式拼接板划线号孔；
- 2 拼接板的投孔，宜用工厂机器样板套钻；
- 3 拼接板投孔后，当气温达号孔温度条件时，方准进行合龙工作，合龙时两端必须同时进行，先腹板后盖板；
- 4 拼接时应均布打入 50% 的冲钉，其余栓孔上足螺栓并初拧；
- 5 临时拼接板的拆换，应在正式拼接板初拧后完成；
- 6 螺栓终拧后更换冲钉。

**13.1.23** 合龙后，应先拆除吊梁框架，再将调力系统与跨距调整系统卸载。两端应同时分级卸载，并用经纬仪监测墩顶位移，其变化量每次不应大于安装设计的规定值。

**13.1.24** 边跨梁可采用缆索吊机悬臂拼装，应符合下列规定：



1 应按现场实际荷载、风力、温度检算悬臂拼装的应力。

2 悬臂对位应先从上盖板处的腹板开始，然后徐徐松落吊钩，将梁端慢慢就位。

3 当组拼现场复验梁段几何尺寸时，应依工厂试拼梁段几何中线与试拼中线的偏差量作为悬拼时的依据。

4 悬臂拼装应在日照影响小的时间内进行，并加强测量检查，当悬拼对位后，非拼接端与中线产生偏差时，可用冲钉调整。如非拼接端偏向下游，应先打入拼接端上游腹板的冲钉，对侧可直接穿入螺栓的办法，予以调整。

5 悬臂拼装必须按规定安设工作吊篮和其他施工设施，悬臂端严禁超载。上下盖板的温差应控制在规定的范围内。

**13.1.25** 钢梁中线与设计中线的偏差不得大于 10mm。

**13.1.26** 调整钢梁中线时，除在桥墩上安设横向千斤顶外，还应设置起落千斤顶及保险梁。调整前，应在梁的应力控制点布设测点，监测钢梁的应力变化。

**13.1.27** 梁端连杆的合龙应符合下列规定：

1 锚固端连杆的挡墙混凝土，应在钢梁拨正后浇筑。

2 端连杆的投孔定位应在混凝土达到设计强度的 75% 时进行。

3 定位合龙气温应符合设计要求。

4 端连杆的安装允许偏差为：

1) 端连杆（顺桥方向）轴线偏离设计轴线 5mm；

2) 同侧上连杆与下连杆间距 1mm；

3) 同侧上连杆与下连杆轴线位置 1mm。

**13.1.28** 各活动支座底板中心与上摆中心的偏移量，应在端连杆锚定后按实测气温和设计值调整。

**13.1.29** 钢梁顶落至设计高程，经复查，测定实际反力，校核无误后方可将支座锚定。

## **13.2 预应力混凝土斜腿刚构桥**

**13.2.1** 修建预应力混凝土斜腿刚构桥，宜用有支架施工。条件具备时，也可采用无支架施工方法。

**13.2.2** 无支架施工时，在斜腿施工完毕后，应将斜腿固定，形成稳定结构，梁部即可按照 T 形刚构的悬拼或悬浇方法施工。

### 13.2.3 采用钢拱架施工时，钢拱架应符合下列规定：

- 1 拱架应具有足够的强度、刚度和稳定性。
- 2 斜腿刚构施工时，拱架应具有减少日照产生不均匀变形的措施。
- 3 拱架正式拼装前宜先预拼，并视起吊能力组成拼装单元。
- 4 拱架拼装合龙时，应考虑当时气温对拱架的影响。
- 5 拱架拼装完成后，应预压消除拱架的非弹性变形。
- 6 拱架平面中线与桥梁中线允许偏差应为 20mm。
- 7 落拱架的砂箱内的砂子，应做级配和抗压试验，压碎率不得大于 10%，并保持清洁干燥。

8 拱架和梁底板间的空间，可用木排架支承。木排架间、木排架与钢拱架间均应联接牢固。

### 13.2.4 当铺设梁体底模时，除应按设计要求预加拱度外，并应包括下列因素：

- 1 钢拱架因承重产生的挠度。
- 2 木排架的压缩量。
- 3 砂箱压缩量。
- 4 斜腿在自重及温度作用下的挠度。

### 13.2.5 斜腿的铰支座应在斜腿立模前复测跨距定位，并与斜腿基座固定。在支座上摆立模板时，必须测定斜腿坡率、高程及几何尺寸，并用临时支撑将支座上摆固定。

斜腿支座上端实体混凝土完成后，应即将上摆的临时支撑拆除。

### 13.2.6 现场浇筑混凝土除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB10210) 规定外，并应符合下列规定：

- 1 斜腿混凝土在支座上部的实体段应一次浇筑成型。
- 2 梁部分段浇筑应对称于拱顶，并使拱架变形最小。当采取预加载分段浇筑时，浇筑混凝土重量宜与卸载量基本相符。
- 3 箱形梁段的混凝土浇筑，可先浇底板，再浇腹板和顶板，也可采用一次成型的浇筑方法。一次浇筑成型应考虑混凝土对模板上浮的影响。混凝土坍落度宜大于 10cm。
- 4 箱形梁内的预应力筋孔道在梁段混凝土接茬处，成孔用的胶管或金属波纹管的一端应插入前一梁段内不应少于 5cm。

5 箱形梁混凝土浇筑,在夏期人模温度不宜高于  $30^{\circ}\text{C}$ 。

6 箱梁拆模时,梁体温度与环境温度之差应小于  $15^{\circ}\text{C}$ 。

13.2.7 斜腿及梁部采用钢拱架施工时,可在斜腿与中跨梁部形成门式刚构及中跨部分预施应力完成后,方可拆除拱架。

13.2.8 斜腿刚构的预施应力、孔道压浆和封端混凝土,应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB10210)及本规范第 9.4 节的规定。

13.2.9 斜腿刚构端支座在浇筑梁端混凝土的同时安装,支座上摆的位置应根据梁体温度变化和张拉时梁体压缩情况确定。

## 14 拱桥

### 14.1 一般规定

14.1.1 拱圈(拱肋)放样应符合下列规定:

1 样台应平整坚固,不变形;

2 放样的比例应为  $1:1$ ;

3 宜采用半跨放样;

4 放样时,水平长度偏差及拱轴线偏差,当跨度大于  $20\text{m}$  时,不得大于计算跨度的  $1/5000$ ;当跨度等于或小于  $20\text{m}$  时,不得大于  $4\text{mm}$ 。

14.1.2 拱圈(拱肋)放样时的预加拱度,可根据跨度大小、拱架类型、拱架刚度、地质情况和恒载大小等因素决定,宜取计算跨度的  $1/500\sim 1/1000$ 。

拱桥的预加拱度在拱顶宜为总量,拱脚为零,其间按二次抛物线计算分配于各节点;对于小跨度拱桥可简化按直线比例分配。

大跨度拱桥的预加拱度,应符合设计要求。

14.1.3 拱架(包括梳形木)应按设计制造,并在放样台上放样,制成样板。

采用常备构件拼装拱架,应进行刚度和稳定性检算。

14.1.4 拱架支承部分应置于可靠基础上,不得产生不均匀下沉。

钢拱架在安装前,应对高程、中线和跨度复测无误后,方可安装。

14.1.5 拱架无支承安装方法可采用悬臂拼装,半跨转体、浮运架设、悬索拼装等,也可综合使用上述方法。

钢拱架采用无支承安装方法时,应按施工设计进行。

14.1.6 拱架安装固定后,应测出拱架各节点高程,再安装梳形木。

梳形木顶部高程允许偏差不应大于计算跨度的  $1/1000$ ，也不得大于  $\begin{smallmatrix} +3 \\ -1 \end{smallmatrix} \text{cm}$ 。

**14.1.7** 拱圈（拱肋）施工时，钢拱架不宜发生温度变形（包括因单侧日晒引起的扭曲现象）。

**14.1.8** 多跨连续拱桥，相邻孔的施工顺序应按设计控制条件确定，减小相邻孔所产生的不平衡水平推力。工序不宜划分过多，可按拱圈、边墙（或立柱、腹拱）和填腹（桥面系）三个工序安排。

**14.1.9** 拱圈（拱肋）使用千斤顶调整应力时，应按设计要求进行，千斤顶在拱圈截面内位置的偏差不得大于  $1\text{cm}$ 。全部千斤顶应联成一个或两个系统，并分别控制。

千斤顶应具有保险装置，顶具及油压表在使用前必须校正。

千斤顶应在填塞的混凝土或砌体达到设计强度后拆除，拆除顺序应对称由两边向中间进行。

**14.1.10** 当拱圈（拱肋）混凝土（砂浆）达到设计强度  $70\%$  时，在未砌筑拱上结构前，宜先卸落拱架，使之脱离拱圈（拱肋）。对于中小跨度石拱桥也可在拱上结构全部完成，待拱圈（拱肋）及拱上结构混凝土（砂浆）分别达到设计强度后一次拆除拱架。

各片拱架应同时卸落，依次拆除。

拆除拱架时，应对称、少量、多次、逐步完成，并应观测、记录拱圈（拱肋）的变形。

**14.1.11** 当多孔拱桥的桥墩设计允许承受单孔施工荷载时，可单孔拆除拱架。

当利用空腹式拱桥的拱圈设置吊点拆除拱架时，应检算拱圈的应力。

**14.1.12** 卸落拱架采用砂筒（箱）或木楔时，应符合下列规定：

1 采用砂筒（箱）时，砂子应匀净干燥，并应预压到设计要求。泄砂孔及砂筒（箱）与活塞之间的外露面应封闭严密。

2 应采用硬木木楔，热油浸制，楔面涂润滑油。

当跨度较大时，应将木楔安置于拱顶区段内方木与梳形木之间。

**14.1.13** 拱桥转体施工应符合本规范第 12.5 节的有关规定。

**14.1.14** 施工允许偏差应符合下列规定：

1 拱圈平面中心线与设计中心线偏离不得大于计算跨度的  $1/1000$ ，并不得大

于 30mm;

2 拱圈侧面应为:  $\begin{matrix} +20 \\ -10 \end{matrix}$  mm;

3 拱圈厚度: 石拱桥及装配式拱桥不得大于设计厚度的 3%, 现浇混凝土拱桥应为  $\begin{matrix} +20 \\ -10 \end{matrix}$  mm;

4 石拱桥拱石外露面相邻石料的错位不得大于 2mm;

5 拱圈(拱肋)底面高程偏差不应大于 20mm, 并使拱内弧线保持圆顺, 但拼装拱桥不得高于 20mm, 并不得低于原设计高程;

6 现浇拱圈(拱肋)截面为工字形、箱形、T 形的翼缘、腹板、顶板、底板的厚度应为  $\begin{matrix} +10 \\ -5 \end{matrix}$  mm;

7 拱上结构侧面位置偏差: 混凝土及砌体拱应为  $\pm 20$ mm, 钢筋混凝土拱应为  $\begin{matrix} +20 \\ -10 \end{matrix}$  mm;

8 道碴槽中心线处, 拱上顶面高程应为 20mm, 道碴槽底面应做成顺坡。

## 14.2 砌体拱桥

14.2.1 拱石和混凝土砌块的强度等级, 除应符合设计要求外, 尚应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB10210) 的有关规定。

14.2.2 砌体所用水泥砂浆的强度等级, 应符合设计要求。当设计无要求时, 拱圈跨度小于和等于 30m 的不得低于 M10, 大于 30m 的不得低于 M15。

砌缝宽度宜为 2cm。

14.2.3 当采用混凝土砌块砌筑拱圈时, 砌块可根据拱桥跨度、养护方法和气温变化等因素, 比封顶时间提前 1.5~4 个月预制为宜。

当采用蒸汽养护时, 提前预制的时问, 应以试验确定。

14.2.4 拱石加工前, 应按砌缝和预留空缝的位置和宽度, 统一规划, 并应符合下列规定:

1 拱石应立纹破料, 岩层面与拱轴线垂直, 按样板加工, 石面平整。

2 拱圈砌筑面应成辐射状, 除拱顶石和拱座附近的拱石外, 每排拱石沿拱圈内弧宽度应一致。拱石类型应少, 编号应简明。

3 拱座可采用五角石, 拱座平面应与拱轴延长线垂直, 不得有锐角。

4 拱圈银面及砌筑拱圈本体石料的质量和尺寸应一致。

拱圈与拱上的侧墙或立柱、拱圈与墩台的银面石连接处，可采用五角石，其角度不得小于  $45^{\circ}$ 。

5 拱石两相邻排间的砌缝，必须错开 10cm 以上。同一排上下层拱石的砌缝可不错开。

6 当砌缝上下宽度之差在 30% 以内时，可用矩形石砌筑拱圈，以加宽砌缝使各层砌成辐射状。

7 拱石的尺寸可根据设计及施工条件确定，并应符合下列规定：

- 1) 宽度（拱轴方向）内弧边不得小于 20cm；
- 2) 高度（拱圈厚度方向）应为最小宽度的 1.5 倍以上，拱石高度可分层；
- 3) 长度（拱圈宽度方向）应为最小宽度的 1.5 倍以上。

**14.2.5** 拱圈模型安装后，应标明中线和砌缝线。采用分段砌筑的拱圈，还应标明分段砌筑的顺序和设置三角支撑的位置。

**14.2.6** 砌筑拱圈除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB10210）的有关规定外，尚应在砌筑过程中观测拱架变形，并根据变形程度调整砌筑程序。

**14.2.7** 跨度为 38m 及以上的拱圈，可采用分环砌筑，并应符合下列规定：

- 1 根据拱架刚度，底环砌体体积宜占拱圈砌体的 50%~60%。
- 2 分环时，应将两环砌筑成整体。
- 3 底环最后砌缝的砂浆强度，未达到设计强度 70% 以上时，不得砌筑上环。
- 4 上环应分段施工，但可不留空缝。

**14.2.8** 拱圈空缝施工，应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

**14.2.9** 拱圈封顶合龙，应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

**14.2.10** 拱上结构砌筑，应符合下列规定：

- 1 当拱架未拆除时，拱圈合龙砂浆达到设计强度 30% 以上，方可砌筑拱上结构；
- 2 当先卸落拱架后砌筑拱上结构时，应符合第 14.1.10 条的规定；
- 3 采用分环砌筑的拱圈，应待上环合龙砂浆达到设计强度 70% 以上，方可拆除拱架及砌筑拱上结构；

4 当拱圈采用预施压力调整应力时，应待封顶砂浆达到设计强度后，方可砌筑拱上结构；

5 拱上结构宜由拱座至拱顶对称均衡砌筑。

### 14.3 现浇混凝土拱桥

14.3.1 拱圈底模铺好后，应标定拱圈（拱肋）中线、主筋、刚架、边模及混凝土分段浇筑的位置。

14.3.2 上承拱桥的施工顺序，可按下列三个阶段进行：

1 拱圈、横隔板、横撑、刚架底座应一次连续浇筑，然后浇筑分段间隔槽。当拱圈须预施应力调整时，应符合第 14.1.9 条的规定。

2 从拱脚向拱顶方向对称浇筑刚架立柱或拱上壁墙。

3 从拱脚向拱顶方向对称浇筑桥面系。

每一阶段混凝土达到设计强度后，方能进行下一阶段施工。

14.3.3 下承和中承拱桥悬吊桥面系的混凝土，应在拆除拱架后浇筑。吊杆混凝土应在吊杆钢筋承受桥面系全部恒载后对称浇筑。

拱肋横撑混凝土应与拱肋分开浇筑，横撑端部混凝土应与拱肋同时浇筑，端部混凝土面与横撑的轴线应互相垂直。

14.3.4 当跨度小于或等于 16m 时，可按拱全宽将混凝土从拱脚对称向拱顶一次连续浇筑，并在混凝土终凝前全部完成。

跨度大于 16m 时，应分段施工，并应符合第 14.2.6 条的规定。

分段长度视浇筑能力、拱架结构及支撑条件而定。

大跨度的箱形或工字形截面拱肋，可采用分层分段施工。

14.3.5 各拱段浇筑顺序应符合设计要求。与拱顶对称的拱段，应沿拱的全宽同时浇筑。

在施工过程中，应随时观测拱架的变形，根据变形调整浇筑顺序或临时局部加载。

14.3.6 当大跨度的拱圈采用分层分段法浇筑时，各层的间隔槽不得错开，待各层拱段全部浇筑完毕，再填塞间隔槽。

当前浇筑层与拱架共同支承后浇筑层的重量时，应进行检算。各层必须分次合龙，间隔槽可不错开。

分层浇筑时，应处理好各层间混凝土的连接。除设计有要求外，前层封顶合龙

混凝土达到设计强度 30% 以上时，方可浇筑次层。

各分段混凝土应一次浇筑完成，不得中断。否则，间歇浇筑的接触面应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定。

**14.3.7** 两相邻拱段之间应留间隔槽。当调整拱圈应力时，应在拱顶间隔槽内预留千斤顶位置，间隔槽不宜设在拱肋横撑、隔板、吊杆或刚架节点处。

间隔槽和拱段的结合面应与拱轴线相垂直。

间隔槽宽度宜为 0.5~1.0m，并应满足对钢筋接头处理的要求。

**14.3.8** 各拱段混凝土全部浇筑完且强度达到 70%，并养护 7d 后，方可浇筑间隔槽。

最后浇筑的封顶间隔槽，其合龙温度应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定。

填塞间隔槽时，应用坍落度较小的混凝土，分层浇筑，捣固密实。

**14.3.9** 分段浇筑拱圈，严禁沿拱圈采用通长钢筋。全部钢筋接头应设在最后浇筑的间隔槽内。

**14.3.10** 拱上结构的浇筑，除应符合第 14.2.10 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 拱上立柱混凝土宜从底部开始一次浇完。立柱上端的施工接缝，应设在横梁梗肋的底面上。

2 桥面系的梁与板宜同时浇筑。当横梁过高浇筑困难时，可分别浇筑。其施工接缝应在板肋底面上，对直接支承在横梁上的板为桥面时，横梁和立柱应同时浇筑。

3 两相邻伸缩缝间桥面板应一次浇完。

#### **14.4 装配式混凝土拱桥**

**14.4.1** 装配式拱桥可采用无支架或少支架吊装施工。施工前，对拱肋、拱块安装、合龙及施工加载程序等应有施工设计和技术措施。

**14.4.2** 拱肋放样除应符合第 14.1.1 条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 拱肋分段采用法兰盘螺栓连接时，节点板宜用样板统一下料、钻孔；
- 2 拱肋的立柱基座、横隔板、吊环、扣索环的定位，应在放样时一并完成。

**14.4.3** 预制拱肋应符合下列规定：

- 1 拱肋宜立式浇筑，当采用卧式浇筑时，对翻转起吊应有可靠措施；
- 2 预制拱肋的台座基础应坚固、稳定；



- 3 安装模板应反复测设中线与水平；
- 4 悬砌块预制应符合第 14.2.3 条的规定，拱肋预制应提前；
- 5 构件允许偏差应符合表 14.4.3 的规定。

表 14.4.3 构件允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	备 注
拱肋:顶面与底面偏离中线	5	保持圆顺
内弧各点与设计弧线	5	
长度	上弧 $0_{-10}^0$ , 下弧 $\pm 5$	
宽度和高度	$\pm 5$	
悬砌块:基肋块纵向	$+5_0$	—
基肋块横向	$-5_0$	
中间块,边块纵横向	$-5_0$	

14.4.4 预制构件与其他混凝土的砌筑面均应拉毛或凿毛，安装前应清洗干净。

14.4.5 拱肋或悬砌吊块的吊环、扣环安装位置应按设计埋设或由计算确定。

扣环安装位置应按扣塔高度、扣索悬挂方式及扣索强度计算确定。

14.4.6 拱肋拆模后应进行测量，并按拱跨编组配套、编号，作出记录。

拱肋吊运拼装时，混凝土强度应符合设计要求。

14.4.7 构件堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚固、排水畅通；
- 2 拱肋堆放应根据设计布置支点；
- 3 长大构件堆放不宜超过 2 层，地面上及两层间的支点应在同一垂直线上，支点用垫木或砂袋垫，配件不得压损；
- 4 立式堆放时，拱肋两端应高出地面，构件两侧应妥善支撑；
- 5 构件应按安装顺序堆放，避免跨堆吊装。

14.4.8 构件拼装可用缆索吊机、吊车或扒杆等。各项设备的规格、型号、数量均应按有关规定计算确定。

吊装设备安装完毕后应进行全面检查、试吊，鉴定合格后方可使用。

14.4.9 缆索吊机塔架设计应符合下列规定：

- 1 塔架杆件、基底应力、风缆设置及塔身整体稳定等应符合有关规定；
- 2 塔架地基应满足承载力要求，并有良好排水设施；
- 3 塔顶索鞍宜用轮式分组装配；

- 4 当塔顶受不平衡力作用时,应设背索和压塔索加固;
- 5 施工期间有可能遭受雷击的塔架塔顶应安装避雷针。

**14.4.10 缆索吊机主索施工设计应符合下列规定:**

- 1 主索设计垂度可采用塔架间距的  $1/15 \sim 1/20$ , 每根主索应受力均匀;
- 2 冲击系数应按 1.2 计算;
- 3 地垄应由计算确定。

**14.4.11 除吊装顶段拱肋外, 每段应各有一道扣索拉紧, 可采用钢丝绳滑轮组或钢丝绳张拉体系。扣索的位置, 应与所吊的拱肋在同一竖直面内。**

**14.4.12 扣架的布置与安装应符合下列规定:**

- 1 安装扣架的墩顶应预留孔位, 固定架底, 并在架顶设置风缆;
- 2 扣架顶索鞍间距与拱肋间距应一致;
- 3 扣架顶点高程应高于扣环。

**14.4.13 拱肋分段吊装, 除顶段外, 每段拱肋均应设置临时风缆, 其布置与安装应符合下列规定:**

- 1 每对风缆与拱肋轴线水平投影的夹角不宜小于  $50^\circ$ ; 上下游风缆长度不宜相差过大, 与水平面夹角宜为  $20^\circ$  左右;
- 2 拱肋为多肋拼装的拱桥, 每孔应至少有两根基肋设置固定风缆;
- 3 当全孔合龙且横向连结构件满足强度要求后, 方可拆除固定风缆。

**14.4.14 吊装前应复测各孔中线、起拱线高程、孔跨及拱座斜面倾角。在拱座处标出拱肋中线, 复测拱肋接头, 并做施工记录。**

**14.4.15 多孔拱桥施工加载顺序应按设计要求进行。**

如需在桥孔内吊升拱肋, 宜安排在最后吊装。

**14.4.16 每孔拱肋吊装可采用分段单基肋合龙成拱的方式。当跨度较大采用双基肋合龙时, 应待横联临时连接后, 方可摘除两肋扣索。**

**14.4.17 每片拱肋分段吊装, 应先拱脚段, 依次逐段向上。每段拱肋需待下端连结牢固并设置扣索和风缆后, 方可摘除起重吊钩, 并使上端高于设计位置  $5 \sim 10\text{cm}$ 。**

当顶段吊运并降至要求位置后, 两端拱肋应逐渐调索与顶段接近, 进行合龙。

**14.4.18 拱肋合龙应符合下列规定:**

- 1 每次调索均应观测中线和水平, 控制调整拱轴线平面位置和各接头高程变

化情况。

2 每次调索量宜小,接头的垂直升降量每次不宜超过 1cm。

松索应按拱脚段、次拱脚段、顶段三者先后顺序进行,并按比例定长、对称、均匀松卸至各拱段接头,达到设计要求。

3 拱段接头如有空隙,应用不同厚度钢板塞实、松索压紧,拧紧螺栓,再次调整中线和接头高程,符合设计要求后,方可摘索成拱。

4 接头施焊应上下游对称、同时进行,拱肋不得向一侧弯曲,并应防止烧伤周围混凝土。

5 拱肋中线偏差不应大于 10mm。接头高程偏差不应大于  $\begin{smallmatrix} +20 \\ 0 \end{smallmatrix}$  mm。

6 拱肋合龙温度,当无设计要求时,应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210)的有关规定。

**14.4.19** 悬砌块吊装应符合拱肋吊装的有关规定。吊装前应完成以下工作:

1 计算基肋每砌块上端高程及两根吊索长度;

2 拱座上标示每砌块横向位置;

3 检查拱座倾斜度,必要时予以修凿;拱座结合面应符合第 14.4.4 条的规定。

**14.4.20** 基肋悬砌块吊装应符合下列规定:

1 基肋第一块(拱脚块)吊装就位后,调整中线水平,使接头高程较设计位置高 2cm,以后每块接头递增 2cm。

2 吊装拱顶块前,应对拱顶缺口纵横向位置及高程进行一次复测。缺口弦长应较合龙砌块稍大。

3 悬砌拱圈为两条基肋时,第二条基肋合龙后,随即安装横向夹板,固定肋距。

4 摘除扣索前,应对基肋竖向稳定作妥善处理。必要时在 1/4 跨度附近于基肋下用钢丝绳拉紧。

基肋合龙砂浆达到设计强度 30%后,方可由拱顶依次向拱脚摘除扣索。

5 砌块灰缝宽应为 2cm。砂浆强度不应低于 M15。竖直缝由预埋铁块控制。

6 砌块合龙温度应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210)的有关规定。

#### 14.4.21 基肋两侧砌块吊装应符合下列规定：

1 扣索摘除后，即可悬砌基肋两侧砌块。

双基肋砌块拱桥，应先合龙中间砌块，使基肋稳定，再砌边块。

单基肋两侧砌块合龙砂浆达到设计强度 10% 以上时，方可再砌次边块。

2 砌块应横向平衡，纵向对称，由拱脚向拱顶悬砌。

3 跨度大于 15m 或设计有要求时，基肋两侧砌块应分段吊装，使基肋均匀变形。

4 吊装时应随时检查砌块位置，当错位较大时，应吊起重砌，不得用撬棍撬移。

5 每片基肋应一次吊装完毕，不得留缺口。

### 15 涵洞

#### 15.1 一般规定

15.1.1 基坑开挖和回填应符合本规范第 4.1 节和第 4.5 节的有关规定。当基底为两种不同地质时，应严格按设计要求处理。

15.1.2 基坑开挖后，应及时施工基础和边墙。基础和边墙的混凝土、钢筋混凝土及砌体的施工应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定。

15.1.3 涵洞沉降缝端面应竖直、平整，上下不得交错。填缝料应具有弹性和不透水性，并应填塞密实。圆形涵洞、盖板涵的沉降缝应设在管节和盖板的接缝处。

15.1.4 涵洞处路堤缺口填筑除应符合现行《铁路路基施工规范》(TB 10202) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 填筑施工应在涵身结构达到设计强度后进行。

2 填筑必须从涵身两侧同时，对称、水平、分层施工，并碾压密实。当涵顶填筑厚度超过 1.0m 后，方可通行大型机械。

3 涵洞两侧紧靠边墙的部分不得用大型机械施工，宜采用人工配合小型机械的方法夯填密实。

4 填石路堤施工时，涵身顶面以上 1.0m 高度内应分三层填筑：底层 20cm 厚黏性土壤，中层 50cm 厚碎石、卵石或粗、中砂，顶面 30cm 厚小片石。在涵身两侧两倍孔径的宽度范围内应码堆片石至涵身顶面以上 1.0m 高度。

**15.1.5** 涵洞进出口的沟床应整理顺直，铺砌工程与上下游导流、排水设施的连接应圆顺、稳固。铺砌施工应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

**15.1.6** 在最冷月月平均气温低于 $-15^{\circ}\text{C}$ 的地区，涵洞施工时，应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定，涵洞完工后，应根据当地具体情况，在洞口和未填土的洞身部分采取临时防寒措施。

**15.1.7** 混凝土或钢筋混凝土预制构件的施工应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定。

**15.1.8** 混凝土或钢筋混凝土预制构件在支垫、装卸、运输过程中，应防止碰撞，不得用金属或其他坚硬垫块支垫。

## 15.2 圆形涵洞

**15.2.1** 钢筋混凝土圆管成品应符合下列规定：

1 管节端面应平整并与其轴线垂直。斜交管涵进出口管节的外端面应按斜交角度进行处理。

2 圆管内外壁表面应光滑圆顺。如有蜂窝麻面，每处面积不得大于 $3.00\text{cm}\times 3.00\text{cm}$ ，深度不得超过 $1.0\text{cm}$ ，总面积不得超过全面积的 $1\%$ ，并不得露筋。有缺陷处应按规定修补。

3 管节混凝土强度应符合设计要求。

4 管节各部尺寸的允许偏差应符合表 15.2.1 的规定。

表 15.2.1 钢筋混凝土圆管各部尺寸允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
管 节 长 度	0 -10
内 外 直 径	$\pm 10$
管 壁 厚 度	+10 -5

**15.2.2** 当圆形涵洞设计为混凝土或砌体基础时，应设置混凝土管座。其顶部弧形面应与管身紧密贴合。

**15.2.3** 当圆形涵洞设计为无基涵时，应按设计要求将管底土层夯压密实或回填砂垫层，并做成与管身密贴的弧形管座。安装管节时，应保持管座完整。

**15.2.4** 安装管节时，应符合下列规定：

1 各管节应顺流水坡度安装平顺。当管壁厚度不一致时，每一错台段内管底内壁应调整齐平；管节必须垫稳座实，管内不得遗留泥土等杂物。

2 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、麻筋等防水材料填塞，不得有裂隙、空鼓、漏水等现象。

平接圆管接缝宽度应为  $1.0 \sim 2.0\text{cm}$ ，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。

**15.2.5 圆形涵洞施工质量应符合下列规定：**

- 1 管身顺直，进出口平整，无阻水现象；
- 2 帽石、端墙或翼墙应平直，无翘曲现象；
- 3 圆形涵洞施工允许偏差应符合表 15.2.5 的规定。

表 15.2.5 圆形涵洞施工允许偏差 (mm)

项 目	允许偏差	备 注
轴 线	20	
流水面高程	$\pm 20$	
涵身长度	+100 -50	
管座、基础宽度	$\geq$ 设计值	
相邻管节 底面错牙	3(管径 $\leq 100\text{cm}$ ) 5(管径 $> 100\text{cm}$ )	每一错台段范围内

### 15.3 拱涵、盖板涵

**15.3.1** 拱圈和拱上端墙应由两侧向中间同时、对称施工。

**15.3.2** 拱圈和盖板现场浇筑施工宜采用钢模板。

**15.3.3** 钢筋混凝土拱圈和盖板现场浇筑宜连续进行。当涵身较长，不能一次连续完成时，可沿长度方向分段浇筑。施工缝应设在涵身沉降缝处。混凝土施工应符合第 15.1.2 条的规定。

**15.3.4** 预制拱圈和盖板的安装应符合下列规定：

- 1 预制拱圈和盖板达到设计强度的 75% 后，方可搬运、安装；
- 2 安装前，应检查成品及涵洞各部尺寸；
- 3 安装接触面应凿毛，刷洗干净（不含沉降缝处）；
- 4 安装时，应浇水湿润，并用不低于 M10 水泥砂浆填塞。

**15.3.5** 拱架拆除或拱顶填土应符合下列规定：

- 1 混凝土或砌体达到设计强度的 75%时，可拆除拱架，但必须达到设计强度后方可回填土；
- 2 当拱架未拆除、混凝土或砌体达到设计强度的 75%时，可拱顶填土，但必须达到设计强度后方可拆除拱架。

15.3.6 盖板涵的支架拆除和涵顶填土应符合第 15.3.5 条的规定。

15.3.7 拱涵、盖板涵施工质量应符合下列规定：

- 1 涵身顺直，涵底铺砌紧密、平整，拱圈圆顺；
- 2 进出口与上下游沟槽连接平顺，流水畅通；
- 3 施工允许偏差应符合表 15.3.7 的规定。

表 15.3.7 拱涵、盖板涵施工允许偏差（mm）

项 目		允许偏差
轴 线		20
流水面高程		±20
跨 径		±20
拱圈厚度	钢筋混凝土	+10 -5
	混凝土	±15
	石 料	±20
拱圈接头错牙		10
长 度		+100 -50
砌体平整度		±20
顶面高程		±15

15.4 矩形涵、框架涵

15.4.1 拼装式钢筋混凝土矩形涵洞施工时，除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定外，尚应符合下列要求：

- 1 预制涵节宜采用钢模板。当采用木模时，应具有足够的刚度。
- 2 拼装时，接缝两侧的混凝土面应用水清洗干净。

15.4.2 钢筋混凝土框架涵施工除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》（TB 10210）的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 涵身混凝土浇筑可分两阶段施工。先浇筑底板（包括下梗肋），当底板混凝

土强度达到设计强度的 50％后，再施工中、边墙及顶板混凝土。当浇筑的混凝土量较大，两阶段施工有困难时，也可分三阶段施工，但中、边墙的施工缝不应设在同一水平面上。施工接缝必须按有关规定严格处理。

2 顶板底模拆除时，混凝土强度应符合设计要求。

15.4.3 矩形涵、框架涵施工允许偏差应符合表 15.4.3 的规定：

表 15.4.3 矩形涵、框架涵施工允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
轴 线	20
流水面高程	±20
孔 径	±20
涵顶高程	±15
涵身长度	+100 —50
涵身厚度	+10 —5
涵身接头错牙	10

15.5 渡槽、倒虹吸管

15.5.1 渡槽的梁与梁、台连接处止水缝不得漏水。

15.5.2 倒虹吸管施工时，管节接头及进出口砌缝应密封、不漏水。填土覆盖前，应做通水试验。

15.5.3 倒虹吸管冬期施工时，应将管内积水排出。

15.5.4 倒虹吸管竣工后，进出口应及时上盖。

15.5.5 倒虹吸管施工允许偏差应符合表 15.5.5 的规定。

表 15.5.5 倒虹吸管施工允许偏差（mm）

项 目		允许偏差
轴 线		20
流水面高程		±20
井底高程		±15
竖井顶部高程		±20
竖井尺寸	长、宽	±20
	直 径	±20
相邻管节底面错牙	管径≤100cm	3
	管径>100cm	5



## 16 既有线桥涵

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 既有线桥涵施工有关加固、防护不得侵入建筑限界。当需对行车进行限时，除应符合现行《铁路技术管理规程》的规定外，必须制订确保安全的措施，并应与设备管理单位签订协议后方可施工。

**16.1.2** 桥涵施工中应随时观测既有线路与桥涵状态的变化。当降低地下水位时，不得影响既有建筑物的稳定。

顶进作业应将水位降至基底以下 0.5~1.0m 进行，持续时间不得少于 7d，并宜避开雨期施工。当在多雨地区无法避开雨期施工时，应备有防洪排水及线路抢修的设施。

**16.1.3** 当既有线桥涵改建对行车线路卸载或加固时，可采用吊轨、扣轨、工字梁或低高度便梁等方法。卸载或加固范围内的钢筋混凝土轨枕应更换为木枕。

顶进作业加固线路可采用吊轨、吊轨横梁、吊轨纵横梁和钢便梁架空线路后顶进施工等方法。开挖时，不得全部挖空路基，以空顶方式顶进。顶进作业应不间断施工，缩短慢行时间并应经常检查。

在加固线路时，应保持轨道电路绝缘。在无缝线路地段施工前，如需变更线路锁定范围，应与有关部门协商后方可施工。

顶进过程中，应保持线路轨距、水平和方向正确。

**16.1.4** 当采用轨束梁加固线路时，轨束应以钢箍紧固，并向两端延伸涵身高度的 1.5 倍。枕木垛尺寸应满足地基承载力需要。当采用低高度便梁时，梁端支承处应垫硬木。

**16.1.5** 增建第二线桥涵施工时，应掌握既有线桥涵基础及地质情况，并采取相应保证行车安全的措施。

**16.1.6** 当采用挖孔桩抬梁法或沉井抬梁法施工时，有关挖孔桩施工和沉井下沉应符合第 5.3 节、第 6.3 节有关规定。

沉井抬梁法施工时，沉井取土不得露出刃脚，应加压下沉，不宜射水。

在高路基采用沉井抬梁法施工时，应选定相应的便梁梁跨，支点应与临时墩台联结牢固。

**16.1.7** 顶进桥涵施工前，除应符合本规范第 3 章的规定外，尚应调查下列内容：

1 客、货列车运行状况，列车通过次数、列车间隔和运行速度、股道数量、间距和高程；线路及道岔种类和使用性质。并应了解路基中埋设的地下管线、电缆及其他障碍物等情况及所属单位对施工的要求。

2 设计桥涵长度、顶进坑位置和顶进方向是否与实际一致。

3 桥涵结构设计能否满足顶进要求。

**16.1.8** 桥涵顶进可根据设备和技术条件选用整体顶进法、中继阀法、对顶法、多箱分次顶进法、顶拉法、牵引法和气垫法等。

**16.1.9** 顶进作业应在列车间隔进行。

**16.1.10** 顶进桥涵的工作坑应符合下列规定：

1 工作坑应根据线路平面、现场地形和地物条件，选择挖填数量少、顶进长度短的位置。

2 工作坑两侧边坡应视土质情况决定，土质边坡宜为  $1:0.75 \sim 1:1.5$ ，靠铁路路基一侧的边坡宜缓于  $1:1.5$ 。工作坑顶边距最外侧铁路中心线不得小于  $3.2\text{m}$ 。

当工作坑需要渡汛时，路基边坡应防护加固，或放缓边坡，顶进时箱体刃角入土后方可拆除防护设施。

3 工作坑的尺寸除应根据结构尺寸确定外，宜在桥身底板前留适当的空顶长度；在桥身底板后部亦宜留适当的空地，布置后背梁及其他顶进、装运、起吊设备。桥身两侧可视结构高度、横板支搭方法和排水方法等情况预留适当宽度。

4 开挖工作坑应与修筑后背统筹安排，当采用钢板桩做后背墙时，应先打板桩再开挖工作坑和填筑后背土。

5 工作坑底应密实平整，并有足够的承载力。

6 修筑工作坑滑板，应满足预制桥涵主体结构所需强度及稳定要求，并应符合下列规定：

1) 滑板中心线应与桥涵设计中心线一致；

2) 滑板与原地基接触部分应有防滑措施，必要时在滑板下设锚梁；

3) 根据地质及线路使用情况可将滑板顶面做成前高后低的仰坡；

4) 当桥涵空顶时，可在滑板两侧设方向土墩。

7 顶管工作坑的开挖断面应根据现场环境、管径、管节长、顶管机具规格、下管及出土方法、挖深、土质、地下水位以及支撑材料规格等条件确定。

8 顶管宜采用工作坑壁的原状土作后背，并根据需要的顶力检算，当后背反力不足时，应采取加固措施。

9 顶管工作坑应确保坑壁稳定，并应有低压照明和通风设备及工作棚。

16.1.11 桥涵主体顶进就位后，应及时施工端翼墙，恢复线路。

## 16.2 改建既有线桥涵

16.2.1 当既有线桥涵采用框架式或排架支撑的方法施工时，应分层分段开挖，随挖随撑，并经常检查支撑及线路变化情况。

16.2.2 桥梁抬高或落低时，除应符合设计文件要求外，并应符合下列规定：

1 应先起落梁的一端，再起落另一端，严禁一孔梁同时起落。

2 当采用支座下垫钢板或干硬水泥砂浆抬高桥梁时，如支座锚栓长度不足，应予更换。

采用就地浇筑钢筋混凝土支承垫石抬高桥梁时，应先在墩台或排架上将梁支起，撤除支座，将梁端间隙塞紧，并有控制梁位的措施。墩台顶面凿毛后，再浇筑加高混凝土，达到设计强度方可安支座、落梁。

施工过程中，应及时做好桥头线路顺坡。

3 桥台托盘改建时，如托盘较长，可分段施工。

4 桥梁落低时，必须先完成临时墩台，再改建既有墩台。

16.2.3 既有线墩台基础加固，应做好路基防护，河道改移，并根据设计方案，制订保持基础稳定的措施。

16.2.4 桥梁扩孔应对线路采取架空方法。线路加固的防护等，应符合第 16.1 节有关规定。

16.2.5 当桥梁需要更换时，可根据桥梁跨度、地形、水文等条件，采取横移、架桥机架梁、浮运浮托等方法。

## 16.3 增建第二线桥涵

16.3.1 增建第二线桥涵墩台基础应符合下列规定：

1 当明挖桥墩台基础基底高程低于既有桥墩台基底时，应对既有线桥墩台基础采取保护措施。

2 打入桩基础的打桩顺序应从既有线一侧开始，逐排向外打，并随时观测既有线墩台的变化，且不宜采用射水或振动法施工。

3 沉井基础施工应控制超挖量，并随时观测井内挖出的土壤情况及外围地面

有无沉降或裂缝现象。当地质为细砂、粉砂时，严禁抽水下沉。

当沉井四周外围地面坍塌沉陷，对既有线产生影响时，应停止下沉。

**16.3.2** 架梁时，除应遵守现行《铁路技术管理规程》、《铁路架桥机架梁规程》(TB 10213) 和《行车安全细则》外，应在不影响或少影响既有线运输的原则下确定架梁方案。

用人工架梁尚应符合下列规定：

1 梁体需要横过既有线时，施工前应做好一切准备工作，并经试拉检查，确保封闭时间内将梁滑移过既有线。

2 纵移或横移梁体时，牵引绳索严禁栓在既有线轨道或桥梁支座上。

#### **16.4 框架式桥涵顶进**

**16.4.1** 框架式桥涵预制工作除应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210) 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 在桥涵两侧前端 2m 范围内的外模，可向外放宽 1cm，不得出现前窄后宽的楔形现象；

2 工作坑滑板与预制桥涵底板间应铺设润滑隔离层；

3 当浇筑抗渗、防冻混凝土时，可填入外加剂和增加水泥用量并加强振捣。

**16.4.2** 浇筑桥涵身混凝土的施工应符合本规范第 15.4.2 条的规定。桥涵身底板前端底部，宜设可调整桥涵身高低偏差的船头坡。

**16.4.3** 顶进设备及其布置应符合下列规定：

1 应根据计算的最大顶力确定顶进设备。千斤顶的顶力可按额定顶力的 60%~70% 计算，并有备用千斤顶。

2 液压传动系统的动力机构、高压油泵、油箱及其辅助装置的布置，应与千斤顶配套。

3 液压系统的油管内径应按流量决定，但回油管路主油管的内径不得小于 10mm，分油管的内径不得小于 6mm。

4 油管应清洗干净，油路布置合理，密封良好，液压油脂应过滤。

5 液压系统的各部件，应单体试验，合格后方可安装。全部安装后必须试运转，检查油路、千斤顶及控制台，达到要求方可使用。

6 顶进过程中，当液压系统发生故障时，严禁在工作状态下检查和调整。

**16.4.4** 后背的设置应符合下列规定：

1 顶进桥涵的后背，包括后背梁、后背墙和后背填土，必须有足够的强度和稳定性。

2 后背墙可采用板桩式及重力式两种。其强度应满足下列规定：

1) 顶进前，后背墙应能承受背后填土的水平推力；

2) 顶进时，板桩式后背桩后土的水平抗力应能承受全部千斤顶的顶力；重力式后背墙体自重与土的摩阻力及墙后填土的水平抗力应能共同承担全部千斤顶的顶力。

3 各类后背墙的墙后填土，应使用原地基土壤，夯填密实。

**16.4.5 安装顶柱（铁）时**，应与顶力轴线一致，并与横梁垂直，应做到平、顺、直。当顶程较长时，可在 4~8m 处加横梁一道。

**16.4.6 顶进前应检查下列工作：**

1 主体结构混凝土必须达到设计强度，防水层及防护层按设计完成；

2 线路加固、后背、顶进设备及各类施工机械应符合要求；

3 现场照明、液压系统安装及试验结果应符合要求；

4 观测人员、仪器装置及劳力组织应准备完备；

5 运营部门协商确认的施工计划、线路防护监测抢修人员及设备工具、通讯器材等应准备完毕；

6 实施性施工组织及安全措施应编制完毕。

**16.4.7 试顶时应符合下列规定：**

1 各有关部位及观测点均应有专人负责随时检查变化情况；

2 开泵后，每当油压升高 5~10MPa 时，须停泵观察，发现异状及时处理；

3 当千斤顶活塞开始伸出，顶柱（铁）压紧后应即停顶，经检查各部位无异常现象时，可再开泵，直至桥身起动。

**16.4.8 顶进作业的挖土应符合下列规定：**

1 根据桥涵的净空尺寸、土质情况，可采用人工挖土或机械挖土。

2 每次挖土进尺及开挖面坡度应根据土质情况、线路加固情况和千斤顶的顶程确定。开挖坡面应平顺整齐，不得有反坡。

3 两侧应欠挖 5cm，钢刃脚切土顶进。当为斜交涵时，前端锐角一侧清底困难，应优先开挖。如设有中刃脚时应紧切土前进，使上下两层隔开，不得挖通漏天，平台上不得积存土壤。

4 列车通过时，严禁继续挖土，人员应撤离开挖面 1m 以外。当挖土或顶进过程中发生塌方，影响行车安全时，应迅速组织抢修加固，并按《铁路技术管理规程》的要求对行车作有效防护。

5 挖土工作应与观测人员密切配合，随时根据桥涵顶进方向和水平偏差，采取超欠挖纠偏措施。

16.4.9 顶进作业应符合下列规定：

- 1 每次顶进前应检查液压系统、顶柱（铁）安装和后背变化情况等。
- 2 挖运土方与顶进作业应循环交替进行。每前进一顶程，即应切换油路，并将顶进千斤顶活塞拉回复原，补放小顶铁，更换长顶铁，安装横梁。
- 3 桥涵身每前进一顶程，应观测轴线和高程，发现偏差及时纠正。

16.4.10 框架桥涵外形尺寸及顶进允许偏差，应符合表 16.4.10 的规定：

表 16.4.10 框架桥涵外形尺寸及顶进允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
外形尺寸	
(1)宽度	±50
(2)轴向长度	±50
(3)顶、底板厚度	$\pm^{20}_{-5}$
(4)中、边墙厚度	$\pm^{20}_{-5}$
(5)梗肋	±3%
(6)防水层	按图纸要求
顶进	
(1)中线	100(两端顶进)或 200(一端顶进)
(2)高程	顶程的 1%，但不得超过 $\pm^{150}_{-200}$

16.5 圆形涵洞顶进

16.5.1 顶涵均应安装导轨，导轨应固定牢固。

16.5.2 导轨材料必须顺直，安装时应严格控制高程、内距及中心线。可按管节的外径制做弧形样板，进行检查。导轨高程及内距允许偏差应为±2mm，中线允许偏差应为 3mm，管节外径距枕木底面不得小于 20mm。

16.5.3 首节管节安装在导轨上，应测量管节的中线及前端和后端的管底高程，合格后方可顶进。

16.5.4 顶首节管节及校正偏差过程中，每顶进 20~30cm，应测量中心线及高程一次；在正常顶进中，每顶进 40~60cm 应测量一次。工作坑内应设稳固的水准点

及 2 个以上中线点。

16.5.5 钢筋混凝土管节接口处应加衬垫。可垫热沥青涂料浸制的麻辫或 3~4 层油毡，企口管应垫于外榫处，平口管应垫于管壁外侧，顶进后管缝内侧应留有 1~2cm 的深度，顶进完成后填缝。

在两管节接口处安装内胀圈时，管口应居中，胀圈可采用整体式或两半圆可调式。

16.5.6 顶进应连续施工，当顶进过程中遇到下列情况之一时，应即停止顶进，迅速采取措施处理完善后，再继续顶进：

- 1 顶管前方发生塌方或遇到障碍；
- 2 后背倾斜或严重变形；
- 3 顶柱（铁）发生扭曲现象；
- 4 管位偏差过大；
- 5 顶力超过管口允许承受能力发生损伤。

16.5.7 挖土时应符合下列规定：

- 1 管前挖土长度，在铁路道床下不宜超越管端以外 10cm，在道床以外部分不得超过 30cm，并应随挖随顶；
- 2 管节周围上部允许超挖 1.5cm，下部 135°圆弧范围内不得超挖；
- 3 当土质较差、埋深较浅容易出现坍塌时，可于首节管节前端上部 135°范围内设帽沿式钢板刃脚。

16.5.8 圆涵顶进允许偏差应符合表 16.5.8 的规定：

表 16.5.8 圆涵顶进允许偏差（mm）

项 目	允许偏差
高 程	$\begin{smallmatrix} +20 \\ -50 \end{smallmatrix}$
中 线	50
管节错口	10
对顶法管节接口错口	30

17 防水层

17.1 一般规定

17.1.1 防水层应具备防水、牢固、耐久、粘结性和必须的弹韧性等性能。

17.1.2 构筑物基面、防水层和保护层应平顺,不得有明显的凸凹现象,各层间必须粘结牢固。

## 17.2 TQF—I 型防水层

17.2.1 TQF—I 型防水层是采用氯化聚乙烯防水卷材和聚氨酯防水涂料共同构成,适用于制作铁路混凝土桥面防水层。

17.2.2 氯化聚乙烯防水卷材技术要求应符合下列规定:

- 1 外观质量:表面无气泡、疤痕、裂纹、粘结和孔洞;
- 2 长度允许公差:  $\begin{smallmatrix} +100 \\ -50 \end{smallmatrix}$  mm;
- 3 宽度的允许公差:  $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$  mm;
- 4 平直度不大于 50mm;
- 5 平整度不大于 10mm;
- 6 厚度允许公差:  $\begin{smallmatrix} +0.20 \\ -0.10 \end{smallmatrix}$  mm,允许最小单个值为 1.0mm。

17.2.3 氯化聚乙烯防水卷材使用前,除应对产品包装上的制造厂名、产品名称、产品标准号、产品规格、制造日期、生产批号等进行检查外,还应进行抽样检查。

17.2.4 氯化聚乙烯防水卷材抽样以 5000 延米为一批,不足一批按一批计。在一批中随机抽取 3 卷按第 17.2.2 条进行检测,其中两项不符合要求即为不合格。如不合格卷为 1 卷,但有 2 卷出现与第 17.2.2 条中同一项不合格,则判为不合格批。

17.2.5 聚氨脂防水涂料使用前应检查产品合格证和产品使用说明书,核实包装上的制造厂名、产品名称、产品标准号、制造日期、生产批号并应进行抽样检验,产品在运输途中与贮存期间严禁日晒雨淋、接近火源,防止碰撞,保持包装完好无损。

17.2.6 防水层结构如图 17.2.6 所示。

17.2.7 防水层施工前,桥面、挡碴墙、内边墙、端边墙内侧基层应符合下列要求:

- 1 桥面基层平整,平整度用 1m 靠尺检查,空隙不得大于 5mm。
- 2 桥面基层及挡碴墙内侧根部至上拐角、内边墙和端边墙内侧根部至上口的基层应无蜂窝麻面、浮渣、浮土、油污;桥面基层、挡碴墙、内边墙、端边墙内侧基层应清洁干燥。

17.2.8 防水涂料应按产品说明称量配制,称量允许偏差为  $\pm 2\%$ ,搅拌必须均匀,



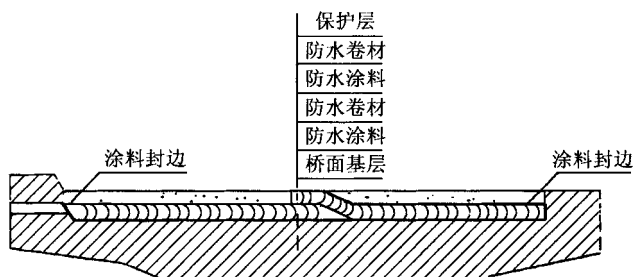


图 17.2.6 TQF—I 型防水层

搅拌时间为 3~5min，且混合液体发出黑亮时方可使用。

**17.2.9** 防水涂料应涂刷均匀，涂刷厚度可为 1.5mm，涂刷可分 1~2 次进行。涂刷时不得因流溅或其他原因污染梁体。

**17.2.10** 每次配制防水涂料应在 20min 内用完。

**17.2.11** 防水卷材的粘贴可在防水涂料涂刷完毕后 20min 内做完，也可按施工现场具体情况根据试验确定。

**17.2.12** 每片梁用防水卷材两幅。防水卷材应铺设到挡碴墙、内边墙、端边墙内侧根部，并应先敷设挡碴墙一侧的一幅，搭接时使该幅在下、另一幅在上，形成卷材沿桥面纵向中心线进行横向搭接。

**17.2.13** 当梁跨度大于 16m 时，允许防水卷材纵向搭接一处，先行纵向搭接，再进行沿桥面纵向中心线的横向搭接。凡进行搭接的粘贴宽度不得小于 80mm。

**17.2.14** 当两幅防水卷材粘贴完毕后，方可对挡碴墙内侧根部到上拐角的斜面、内边墙和端边墙内侧根部到上口的立面涂刷防水涂料，同时应对防水卷材的周边涂刷防水涂料进行封边。封边宽度不得小于 80mm，涂刷厚度不得小于 1.5mm。

**17.2.15** 风力等级 4 级以上时，不宜进行防水层施工。

**17.2.16** 气温低于 0℃时，应采取保温措施，可间接蒸汽预热，严禁明火加热。

### 17.3 冷作防水层

**17.3.1** 冷作防水层主要包括“二布三涂”、“薄膜加筋”再生橡胶沥青防水层。

**17.3.2** 再生橡胶沥青防水涂料可采用溶剂型和水乳型，涂料配合比应按设计及材料说明书规定设置。

**17.3.3** 玻璃丝布宜采用中碱平纹玻璃纤维布，其物理性能应符合下列规定：

- 1 试件的断裂强度：经向不小于 450N，纬向不小于 250N；

2 密度：经 12 根/cm，纬 10~11 根/cm；

3 厚度：0.12~0.13mm。

**17.3.4 高压聚乙烯塑料薄膜**（简称聚乙烯薄膜），宜用断裂伸长率为 300%~800%、适应温度 -60~+80℃、厚度为 0.04~0.05mm 的薄膜。

**17.3.5 使用溶剂型涂料时**，垫层表面应保持干燥清洁。当使用水乳型涂料时，垫层表面允许有一定湿度。

**17.3.6 “二布三涂”再生橡胶沥青型防水层施工应符合下列规定：**

1 应从防水层的一端开始涂刷再生橡胶沥青防水涂料，随即铺设玻璃丝布，并扫平直至涂料渗透到布面无白茬为止。涂刷时，应满涂均匀，薄厚一致，不得有翘边、皱折、鼓泡等现象。在泄水口处，玻璃丝布应剪成缺口，铺贴平顺。玻璃丝布搭接宽度不应小于 20cm。

2 铺设第二层玻璃丝布应待第一层干燥后重复上述工序。

3 应在第二层玻璃丝布上再涂一层涂料，待涂料干燥后再设水泥砂浆钢丝网保护层。

**17.3.7 “薄膜加筋”冷作防水层施工应符合下列规定：**

1 可先预制卷材，卷材由一层聚乙烯薄膜，一层玻璃丝布和两层再生橡胶沥青防水涂料制成。卷材应平展，薄厚一致，薄膜不得破损。

2 垫层上应先均匀刷涂料，再铺贴卷材（聚乙烯薄膜应向下）。在泄水口处卷材剪成缺口。卷材搭接宽度不应小于 20cm。表面应平整，无皱折、鼓泡、翘边或接口不严等现象。

3 卷材表面应刷一层涂料，待干燥后再铺设水泥砂浆钢丝网保护层。

**17.3.8 当用两层再生橡胶沥青防水涂料作防水层时**，可在防水涂料之间放置玻璃纤维布、合成纤维布或无纺增强布，形成一种增强涂料防水层，待第一层干燥后，方可进行第二层涂刷。

**17.3.9 再生橡胶沥青涂料型防水层施工应符合下列规定：**

1 依照材料使用说明书，应加强对再生橡胶沥青涂料和玻璃丝布存放的管理，防止因蒸发、受冻等原因使材质性能受到破坏。

2 各种涂料在涂刷前应充分搅拌均匀。水乳型涂料与再生橡胶乳液和皂液乳化沥青混合时，搅拌时间不宜少于 10min，并应随配随用，当天用完。

3 在涂层干燥前，应加强防护。

4 涂层如有皱折，应将皱折部分用刀划开，用涂料搭接贴牢。脱空起泡处，应割开放气，再用涂料和玻璃丝布贴牢。

5 在降雨或风力等级 5 级以上时，不得施工。施工时，昼夜最低气温不得低于：  
溶剂型再生橡胶沥青涂料防水层                     $-15^{\circ}\text{C}$ ；  
水浮型再生橡胶沥青涂料防水层                     $5^{\circ}\text{C}$ 。

17.4 热沥青防水层

17.4.1 防水层所用的沥青宜采用石油沥青，其软化点不得低于  $50^{\circ}\text{C}$ ，针入度不得低于 30 (1/10mm)，延伸度不得低于 30cm。也可采用几种标号沥青试验配制。

普通石油沥青（高蜡沥青）不得使用。

17.4.2 防水层所用的麻布强度应符合设计要求，不得含有妨碍浸制沥青的油质或其他化学成分。

17.4.3 沥青玻璃布（中碱）油毡强度应符合设计要求，宜在  $0\sim40^{\circ}\text{C}$  时展开。不得粘结或产生裂纹。

17.4.4 石粉颗粒级配应符合表 17.4.4 的规定。

表 17.4.4 石粉颗粒级配

目 数(目)	筛孔净宽(mm)	通过率(%)
30	0.59	100
200	0.071	85~100

17.4.5 沥青混凝土粗骨料应选用坚硬耐久的碎石、卵石或两者的混合物，粒径不得大于 10mm。

沥青混凝土细骨料应选用坚硬耐久的天然砂或机制砂，颗粒级配应符合表 17.4.5—1 的规定。

表 17.4.5—1 沥青混凝土用砂颗粒级配

目 数 (目)	筛孔净宽(mm)	通过率(%)
10	2.00	90~100
40	0.45	40~80
100	0.154	0~6

沥青砂胶用砂的级配应符合表 17.4.5—2 的规定。

17.4.6 泄水管安装前，应除锈、去污。当用铁管或钢筋混凝土管时，内部及外露面均应涂刷沥青漆。

表 17.4.5—2 沥青砂胶用砂颗粒级配

目 数 （目）	筛孔净宽(mm)	通过率(%)
10	2.00	100
40	0.45	60～90
80	0.18	10～70
200	0.071	0～55

17.4.7 基层流水坡应表面抹平，与泄水管周边处应衔接平顺，在转折处修成弧形，并符合设计规定。

17.4.8 熬制石油沥青应符合下列规定：

- （1）熬制沥青宜采用专用消烟沥青锅炉，并根据产品说明操作；
- （2）用敞口大锅熬制沥青，锅中盛装沥青不宜超过其容量的 3/4；
- （3）熬制沥青必须用高温温度计测温；
- （4）当沥青表面停止起泡，温度达到 175～190℃时即可停止升温，以温火保持此温度待用；
- （5）每次熬制沥青，用微火温热的时间，不得超过 8h，如未用完需再用时，应与新熬的沥青混合使用，必要时应作性能检查；
- （6）每次熬制沥青以后，必须将锅底剩余沥青铲除干净。

17.4.9 涂抹沥青漆，基层必须干燥清洁，其配合比（质量比）可为：石油沥青 40%；煤油或轻柴油 60%。配制时沥青温度不得超过 140℃。

17.4.10 熬制石棉沥青是在熬制好的石油沥青中，不断搅拌的同时投入烘干至 100～150℃的石棉粉，搅拌均匀，加热至 175℃后待用。

石棉沥青的配合比（质量比）可为：石棉粉 20%；沥青 80%。

17.4.11 浸制麻布应先除去水分，并在 175℃以下的沥青中浸制。浸制后，麻布外面应为暗黑色，无孔眼、无破裂及皱叠，不应露有未浸透的布层。

17.4.12 铺设沥青浸制麻布或沥青玻璃布油毡（以下简称卷材）防水层应符合下列规定：

- （1）卷材应干燥、清洁，并在铺设前试铺；
- （2）石棉沥青应在温度不低于 150℃时分段铺设，铺设后应平展不得有皱、折、空鼓等现象；
- （3）铺设时应从低处开始，搭接应按水流方向布置，搭接宽度不得小于 10cm。

17.4.13 沥青砂胶和沥青混凝土的配合比应由试验确定。

17.4.14 铺设沥青砂胶保护层应平整、密实，厚度应符合设计要求，温度应保持在  $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，不得有凹坑、裂缝等缺陷。

17.4.15 铺设沥青混凝土保护层除应按照沥青砂胶保护层的要求施工外，可分层铺设碾压，最后再铺热沥青一层，趁热用热砂覆盖，并再碾压一次。

17.4.16 钢丝网保护层中的水泥砂浆应符合强度及构造的要求，水泥砂浆配合比（体积比）可为  $1:3$ 。钢丝网应置于水泥砂浆表面下  $10\text{mm}$  处，梁跨较长时，水泥砂浆钢丝网保护层可分段铺设。

17.4.17 炼制沥青和铺设热沥青防水层时，必须符合有关安全防火的规定。

17.4.18 防水层应在气温不低于  $5^{\circ}\text{C}$  时铺设。

### 17.5 保护层

17.5.1 保护层可采用纤维混凝土或其他混凝土，厚度应符合设计要求。

17.5.2 冷作防水层采用水泥砂浆钢丝网作保护层；热沥青防水层用沥青砂胶、沥青混凝土或水泥砂浆钢丝网作为保护层；沥青砂胶作防水层时，可兼作保护层。

17.5.3 制作保护层时，应按桥面纵向每隔  $4\text{m}$  作一宽约  $10\text{mm}$ 、深约为保护层厚度的断缝。当保护层混凝土强度达到设计强度的  $50\%$  以上时，用聚氨酯防水涂料将断缝填实、填满，并不得污染保护层及梁体。

17.5.4 保护层顶面的流水坡应符合设计要求，其表面应平整，排水通畅。施工时，用具、材料必须轻吊轻放，严禁碰伤已铺设好的防水层。

17.5.5 纤维混凝土保护层强度等级应符合设计要求。施工时，宜采用强制拌合机，拌合应均匀；振捣密实；抹面应在接近初凝时进行。保护层制作完成后，应保养水养护，冬期施工应加防冻剂。

### 17.6 沉降缝

17.6.1 沉降缝填缝前，必须清扫干净，并保持干燥。填塞应密实。填塞材料应使用经防腐处理的麻筋、纤维板或其他弹性耐久材料。

17.6.2 安装橡胶止水带应符合下列规定：

(1) 止水带宜用整根，减少接头。接头应连接牢固，密不透水。

(2) 止水带接头宜设在沉降缝的水平部位，不得设在沉降缝的转角处。

(3) 施工时，止水带的位置应设置正确。当采用埋入式止水带时，浇筑混凝土前必须冲洗干净。

(4) 采用螺栓安装时, 止水带与夹板及预埋件之间均应用石棉纸或软金属片补垫严密。

## 18 工程验收

**18.0.1** 竣工工程应按单位工程检验, 单位工程划分和质量评定应符合现行《铁路桥涵工程质量检验评定标准》(TB10415) 的规定。

**18.0.2** 验收时应以监理工程师签证的工程质量检验评定表和隐蔽工程检查证为依据。无特殊原因, 可不作重复检验。

**18.0.3** 竣工验收时, 施工单位应提供下列文件及资料:

- (1) 工程质量检验评定资料;
- (2) 独立的大桥、特大桥工程竣工报告;
- (3) 变更设计文件;
- (4) 工程日志;
- (5) 桥梁表;
- (6) 桥梁竣工图及其他竣工文件 (包括隐蔽工程检查证);
- (7) 涵渠表;
- (8) 涵渠竣工图及其他竣工文件 (包括隐蔽工程检查证);
- (9) 各项施工记录 (水质、材料试验记录, 钢梁安装记录, 预应力混凝土或钢筋混凝土梁架设施工记录, 水下混凝土浇筑记录和重大质量事故处理记录等);
- (10) 成品及半成品出厂合格证;
- (11) 施工小结;
- (12) 特大桥工程除上述竣工文件及资料外, 尚应提供开工前商定的其他资料, 其附属及配套工程所提供的文件、资料应符合有关施工及验收规范的规定。

**18.0.4** 经检验符合上述要求的桥涵工程, 应办理工程验收手续。

## 附录 A 试桩试验办法

### A.0.1 一般规定

- 1 本办法适用于检验性试桩的施工, 包括工艺试验及静压、静拔和静推试验。
- 2 检验性试桩主要是为确定施工工艺和检验桩的承载力。

3 试桩宜选在修建桩基的处所，且宜靠近静力触探孔或地质钻孔，其间距不应大于 5m，也不应小于 1m。

4 工艺试验数量由施工单位确定。静载试验（包括静压、静拔、静推三种）数量由设计单位确定。

5 沉入桩、钻孔桩试桩的施工、应符合本规范中有关规定。

6 试验过程中，应做试验记录，并整理绘制试验曲线。

#### A.0.2 准备工作

1 做静压试验的桩，如果桩头破损，应将破损段凿除后修补平整。

2 做静推试验的桩，如系空心桩，则应按设计要求，或于直接受力部位填充混凝土。

3 在冬期试桩时，应将桩的侧面冻土全部融化。其融化范围：静压、静拔试验时，离试桩侧面不应小于 1m；静推试验时，不应小于 2m。融化状态应保持到试验结束。在结冰的水域做试验时，桩与冰层之间应保持不小于 10cm 的间隙。

4 试验用的各种测量仪表、千斤顶等，在使用前应进行校验。

5 测桩必须牢固可靠，设于不受试桩及锚桩位移影响的位置，其净距不宜小于试桩桩径的 5 倍，在任何情况下不得小于 3 倍。固定测量仪表的基准梁，应有相当的刚度，并应避免日照和雨淋。

测量位移的仪表在桩的对称位置设置，数量不应少于 2 个。

#### A.0.3 工艺试验和冲击试验

1 施工阶段的工艺试验和冲击试验主要目的为：

1) 检验桩沉入土中的深度能否达到设计要求；

2) 选定桩锤、衬垫（即锤垫、桩垫）及其参数；

3) 选定射水设备及射水参数（水压、水量）等；

4) 查明打桩时土质有无“假极限”或“吸入”现象，并确定是否需要复打，以及从停打到复打之间应该“休息”的天数；

5) 确定施工工艺和停止沉桩的控制标准，如果在类似土中有施工经验，施工阶段可以不做工艺试验和冲击试验。

2 单打锤或筒式柴油锤，可参照表 A.0.3—1 选用。

表 A. 0. 3—1 单打锤和筒式柴油锤参考数据

项 目			常用锤型	6. 5t 单动蒸汽锤	10t 单动蒸汽锤	MB-40 柴油锤	MB-70 柴油锤
锤型 资料	锤芯重(t)		3. 5~4. 5	6. 6	4. 1	7. 2	
	锤总重(t)		6. 5	9. 0	10. 9	21. 1	
	常用冲程(m)		0. 4~0. 6	0. 4~0. 6	1. 8~2. 3	1. 8~2. 3	
与锤型相适应的桩断面尺寸(桩宽) (cm)			40~50	45~55	50~60	55~60	
可贯穿中密状砂夹层的厚度(m)			1. 5~2. 5	2. 0~4. 0	3. 5~5. 5	5. 0~7. 0	
锤击打入硬土层的能力 沉桩时桩可	黏性土	可打入的深度(m)	2. 5~4. 0	4. 0~6. 0	5. 0~8. 0	7. 0~10. 0	
	中密至 密实状 的砂	桩尖所能达到的硬土 层的 <i>N</i> 值	20~30 击	30~40 击	40~50 击	50 击左右	
		可打入的深度(m)	0. 5~1. 0	1. 0~2. 0	1. 5~2. 5	2. 5~3. 5	
	砾砂	可打入的深度(m)	难以打入	难以打入	0~0. 5	0. 5~1. 0	
	风化 岩	桩尖所能达到的风化 岩的 <i>N</i> 值	25~30 击	30~40 击	40~50 击	—	
		可打入的深度(m)	0~0. 5	0~1. 0	1. 0~2. 0	—	
所用锤型可能达到的极限承载力值 (kN)			1500~3000	2500~4000	3000~5000	4000~6000	
锤的控制贯入度(cm/击)			0. 1~0. 5	0. 2~1. 0	0. 3~1. 0	0. 5~1. 5	

- 注：1 本表仅供施工选锤的参考，不得作为确定承载力和控制贯入度的依据；  
2 D-25 柴油锤可照 6. 5t 单动蒸汽锤使用；  
3 本表仅限于桩宽（或桩径）为 40~600cm，入土深度在 15~30m 范围内的预应力混凝土桩和钢筋混凝土桩。

3 振动锤的选用：

振动锤的振动力  $F_V$  应能克服桩在振动下沉中的土壤摩擦力  $F_R$ ，即

$$F_V > F_R \tag{A. 0. 3—1}$$

1) 土壤摩擦力

$$F_R = f \cdot u \cdot L \tag{A. 0. 3—2}$$

式中  $L$ ——桩的入土深度 (m)；  
 $u$ ——桩的周边长度 (m)；  
 $f$ ——土壤单位面积的动摩擦力 (kPa)，可按表 A. 0. 3—2 估算。



表 A.0.3—2 *f* 值 (KPa)

砂 类 土		黏 性 土	
标准贯入击数	<i>f</i>	标准贯入击数	<i>f</i>
0~4	10	0~2	10
4~10	10	2~4	10
10~30	20	4~8	20
30~50	20	8~15	25
>50	40	15~30	40
		>30	50

2) 振动锤的振动力

$$F_v=0.0004n^2M$$
 (A.0.3—3)

$$M=AW$$
 (A.0.3—4)

式中 *n*——振动锤转数 (r/min);  
*M*——振动锤的偏心力矩 (N·cm);  
*A*——振幅, 在软土地基中 *A*>0.7cm, 其他地基 *A*≥1.1cm;  
*W*——桩和锤的总重力 (N)。

4 射水参数可参照表 A.0.3—3 选用。

表 A.0.3—3 射水参数

土 质	桩入土深 (m)	水泵性能		射水管直径 (mm) (无缝钢管)	水泵出水处 水压(MPa)
		流量(m³/h)	扬程(m)		
松砂及 中密砂层	8~16	100~140	100~150	75	0.4~0.8
	16~24	120~188	120~190	75	0.6~1.0
密实砂层夹 砾石砂层	8~16	120~180	120~190	75~100	0.6~1.0
	16~24	160~190	160~240	75~100	0.8~1.2

注: 本表适用于桩宽(或桩径)为 40~60cm 的预应力混凝土桩和钢筋混凝土桩。

5 试验过程中应记录的内容:

- 1) 用坠锤、单打锤沉桩, 记录每下沉 1m 的锤击数和全桩的总锤击数; 应记录最后 1m 左右每下沉 10cm 的锤击数; 最后加打 5 锤, 记录桩的下沉量。算出每锤平均值, 作为停打贯入度, 单位以 mm 计。
- 2) 用柴油锤、双动汽锤、振动锤沉桩, 记录每下沉 1m 的锤击时间和全桩的总锤击时间; 在剩余 1m 左右时, 记录每 10cm 的锤击时间, 取最后 10cm 的每分钟平均值作为停打贯入度, 单位以 mm 计。

6 最终贯入度的取值, 对坠锤、单打锤沉桩, 取复打最后 5 锤的平均值; 对

柴油锤、双动汽锤、振动锤沉桩，取复打最后锤击 10cm 所需时间每分钟的平均值。

7 复打应该用停打时同一设备、同一落锤高度。弹性衬垫的状态，也宜与停打时相近。

复打应达到最终贯入度小于或等于停打贯入度。

8 复打应经“休息”后进行。“休息”时间按土质不同而异，可由试验确定，一般不宜少于下列天数：

1) 桩穿过砂类土，桩尖位于大块碎石类土或密实的砂类土或坚硬的黏性土上，不少于 1d；

2) 在粗、中砂和不饱和粉细砂里，不少于 3d；

3) 在黏性土和饱和的粉细砂里，不少于 6d。

#### A. 0. 4 静压试验

1 静压试验是为了验证桩的承载力，以及荷载与位移的关系。

2 加载装置（锚桩、加载平台、分配梁及千斤顶等），宜按试桩预计最大荷载量的 1.3 倍设计，加载平台周围应有支承架，防止平台倾覆。试桩与锚桩的中心距，或试桩到加载平台的支承架边缘，当试桩直径小于或等于 80cm 时，可为试桩直径的 5 倍；当试桩直径大于 80cm 时，上述距离不得小于 4m。

3 荷载重心应加在桩的轴线上，并且方向与桩轴一致。

4 位移值取全部仪表的算术平均值。

5 试桩符合第 A. 0. 3 条第 8 款关于“休息”的规定，方可开始静压试验。

加载应均匀、无冲击、分级进行。每级加载量应按要求试验的精确度决定，并不大于预计最大荷载的 1/10。

当桩的下端埋入在大块碎石类土、密实的砾砂以及坚硬的黏性土中时，允许最先三个阶段的每级加载量为预计最大荷载的 1/5。

除非设计另有要求，均按单循环加载。加到第 A. 0. 4 条第 8 款规定的终止条件，然后卸载到零。

每级卸载量为两个加载级的荷载值。

6 沉降观测：

下沉未达稳定，不得进行下一级加载。每级加载的观测时间规定为：

每级荷载加完后应立即观测，然后第一个小时内，每隔 15min 观测一次；第

二个小时内，每隔半小时观测一次；第三个小时起，每一小时观测一次。

#### 7 稳定标准：

每级加载的下沉量，在下列时间内如不大于 0.1mm 时，即可视为稳定：

桩尖下为大块碎石类土、砂类土、坚硬的黏性土最后 30min；

桩尖下为半坚硬和软塑的黏性土最后一小时。

#### 8 加载的终止及极限荷载的取值应符合下列规定：

1) 总位移量大于或等于 40mm，本级荷载的下沉量等于或大于前级荷载的下沉量 5 倍时，加载即可终止。取此终止时荷载小一级的荷载为极限荷载。

2) 总位移量大于或等于 40mm，本级荷载加上后 24h 未达稳定，加载即可终止。取此终止时荷载小一级的荷载为极限荷载。

3) 在大块碎石类土、密实砂土以及坚硬的黏性土中。总位移量小于 40mm，但荷载已大于容许荷载（设计荷载乘设计规定的安全系数），加载可终止。取此时的最大荷载为极限荷载。施工过程中进行的检验性试验，最大荷载不应超过由材料强度条件确定的桩的承载力。

#### 9 桩的卸载回弹量观测：

每次按顺序卸除荷载后应观测桩顶回弹量；观测办法与沉降观测同；直至回弹稳定之后再卸下一阶段卸载量；回弹的稳定标准与下沉稳定标准同。

卸载到零后，至少 2h 内，每 30min 观测一次，其中：如果桩尖下为砂类土，则开始的 30min 内，每 15min 观测一次。如果桩尖下为黏性土，第一小时内，每 15min 观测一次。

10 所有试验观测读数应按表 A.0.4 填写记录，并绘制静压试验曲线图（见图 A.0.4，图中  $P$  为荷载， $S$  为位移， $t$  为时间）。

表 A. 0. 4 静压试验记录表

线\_\_\_\_\_桥\_\_\_\_\_号墩(台)\_\_\_\_\_号桩 最终贯入度\_\_\_\_\_mm/击  
桩的入土深度\_\_\_\_\_m 设计承载力\_\_\_\_\_kN 加载顺序\_\_\_\_\_桩的类型\_\_\_\_\_

荷载 编号	起止 日-时-分	间歇时间 (min)	当时荷载 (kN)	各表读数(0.01mm)		平均读数 (0.01mm)	下沉 (mm)	气温 (℃)	备注
				1 号	2 号				

记录\_\_\_\_\_主管工程师\_\_\_\_\_

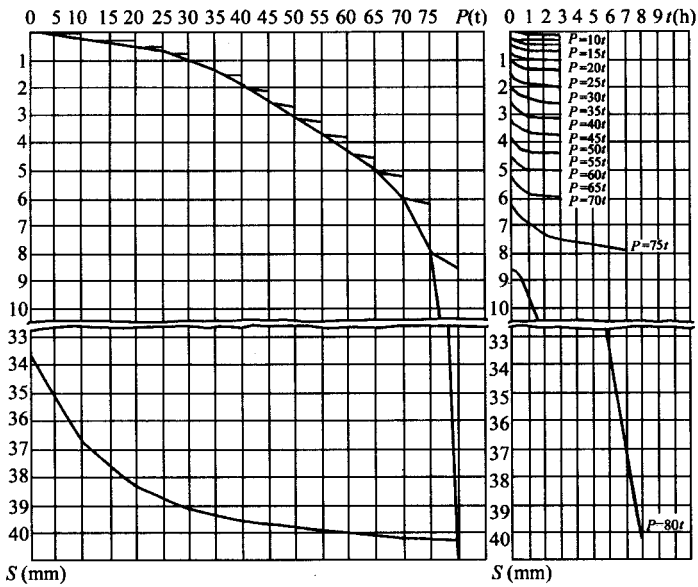


图 A. 0. 4 静压试验曲线

A. 0. 5 静拔试验

- 1 静拔试验是为了确定桩的抗拔力。
- 2 静拔力必须作用于桩的中轴线。

3 位移值取全部仪表的算术平均值。

4 沉桩完毕做静拔试验或做了静压试验再做静拔试验的，均应按第 A.0.3 条第 8 款关于“休息”的规定办理。

加载应均匀、无冲击、分级进行。每级加载量不得大于预计最大荷载的  $1/10$ 。

5 观测按第 A.0.4 条第 6 款规定办理。

6 稳定标准：位移量小于或等于  $0.1\text{mm/h}$ ，即认为稳定。

7 加载的终止：勘测设计阶段，总位移量不小于  $25\text{mm}$  加载即可终止；施工阶段，加载不应大于设计的允许抗拔荷载。

8 根据试验记录应绘制如第 A.0.4 条第 10 款所示曲线（代表拔出位移的纵坐标改为向上）。

#### A.0.6 静推试验

1 静推试验是为了确定水平荷载与位移之间的关系。

2 加载装置可用千斤顶横置于两桩之间，加水平荷载同时试两根桩。也可将千斤顶置于两根锚桩和一根试桩之间成“品”字形布置。施工点应尽量接近地面。

千斤顶和位移测量仪表均宜置于承台底面高程处，试桩附近当有高出地面的填土或地表有重物堆置时应予清除。

当采用立式千斤顶改为水平方向作静载试验时，千斤顶与试桩或锚桩之间应加设压力传感器。

3 位移测量仪表应装在力的作用平面内。

4 加载应均匀、无冲击、分级进行。每级加载量不应大于预计最大荷载的  $1/10$ 。除设计另有要求外，均按单循环加载。

5 观测按第 A.0.4 条第 6 款要求办理。

6 稳定标准：当位移量小于或等于  $0.05\text{mm/h}$  时，即认为稳定。

7 加载的终止：勘测设计阶段的试验，水平力作用点的位移量大于或等于  $50\text{mm}$ ；加载即可终止；施工中做检验性试验时，加载不应超过设计的允许荷载。

8 根据试验记录应绘制如第 A.0.4 条第 10 款所示曲线（但位移量改为横坐标，荷载改为纵坐标）。



## 附录 C

## 锤击动力公式

C.0.1 (日) 建筑基准法公式 (振动锤不适用):

$$(P) = \frac{E}{5S + 0.1} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\text{坠锤、单打汽锤} \quad E = Q \cdot H \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$\text{双动汽锤} \quad E = (a \cdot p + Q) H \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$\text{筒式柴油锤} \quad E = 2QH \quad (\text{C.0.1-4})$$

式中  $(p)$  —— 允许承载力 (kN);

$S$  —— 最终贯入度 (最终锤击平均每次下沉量) (m/击); 当系双动汽锤时, 用 1min 平均每锤下沉量 (m);

$E$  —— 一次冲击能 (kN · m), 应由打桩锤产品说明书中的曲线或表格查用; 当无此项资料时, 可按式 (C.0.1-2~C.0.1-4) 计算;

$Q$  —— 锤的冲击部分重力 (kN);

$H$  —— 锤冲击部分的落高 (m);

$a$  —— 气缸换算面积 (m<sup>2</sup>);

$p$  —— 气缸压力 (kPa)。

C.0.2 (英) 希列 (Hiley) 公式 (振动锤不适用):

$$(P) = \frac{f_1}{m} \cdot \frac{f_2 E}{S + C/2} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$f_2 = \frac{Q + K^2 q}{Q + q} \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中  $m$  —— 安全系数, 一般可用 3;

$(P)$ ,  $E$ ,  $S$  —— 意义同上;

$C$  —— 桩、土和桩帽三者弹性压缩量之和,  $C = C_1 + C_2 + C_3$  (cm);

$C_1$ 、 $C_2$  均用现场实测值, 测量方法见图 C.0.2;  $C_3$  也尽量用

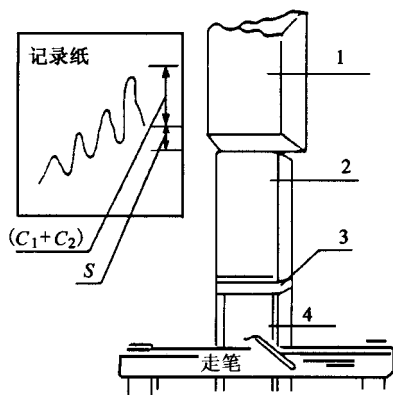


图 C.0.2 实测示意图

1—锤; 2—桩; 3—固定  
记录纸的线带; 4—硬面光滑的纸

实测值，当无资料时，可参照表 C. 0. 2；

表 C. 0. 2 C<sub>3</sub> 桩帽弹性压缩值（cm）

桩 帽 情 况		打桩时桩帽上的应力 (kPa)			
		易打 3500	一般 7000	难打 10500	极难 14000
木桩(直接打桩头)		1 0. 13	0. 25	0. 38	0. 50
钢筋 混凝土桩	有 8~10cm 厚的木质锤垫	0. 13	0. 25	0. 38	0. 50
	有 8~10cm 厚的木质桩垫	0. 18	0. 38	0. 56	0. 76
	有 1. 3~2. 5cm 厚的桩垫衬	0. 06	0. 13	0. 19	0. 25
钢桩	有钢皮包着的木质垫层	0. 1	0. 2	0. 3	0. 4
	直接打桩头	0	0	0	0

注：钢筋混凝土桩采用表列各垫层值时可以叠加。

$f_1$ ——锤的机械效率（筒式柴油锤 0. 7，双动汽锤 0. 9，坠锤 0. 5）；

$f_2$ ——锤击效率；

$Q$ ——锤的冲击部分重力（kN）；

$q$ ——桩、锤帽及锤的非冲击部分重力（kN）；

$K$ ——恢复系数，按以下情况取值：

$K=1. 00$ ，完全弹性的，如直接打钢桩；

$K=0. 55$ ，桩头上有钢垫层；

$K=0. 40$ ，桩头上有钢垫层及硬木垫层；

$K=0. 25$ ，木桩或混凝土桩上有木垫层；

$K=0$ ，完全非弹性的，如开花的木桩头或极软的垫层。

C. 0. 3 （前苏）建筑法规公式（振动锤不适用）：

$$(P) = \frac{1}{m} \cdot \frac{nA}{2} \left( -1 + 1 + \frac{4E}{nAS} \cdot \frac{Q + K^2 q}{Q + q} \right)$$

(C. 0. 3)

式中  $(P)$ ——桩的允许承载力（kN）；

$m$ ——安全系数，临时建筑用 1. 5，永久建筑用 2；

$A$ ——实心或空心桩身截面面积（不扣除空心部分的面积）（cm<sup>2</sup>）；

$S$ ——最终贯入度（最终平均每击下沉量）（cm/击）；

$n$ ——系数，可按表 C. 0. 3—1 选用；

$E$ ——锤击能量（kN·cm），可按表 C. 0. 3—2 选用；



$K$ ——恢复系数，有木质锤垫时  $K=0.45$ 。

表 C.0.3-1  $n$  值

情 况	$n(\text{kN}/\text{cm}^2)$
(1)钢筋混凝土桩 ①有硬木桩垫	0.15
②有硬木桩垫加麻袋垫层	0.10
(2)木桩 ①有桩垫	0.08
②无桩垫	0.10
(3)钢桩 无桩垫	0.50

本公式适用的条件为  $S$  大于或等于  $2\text{mm}/\text{击}$ 。

表 C.0.3-2  $E$  值

锤 击	$E(\text{kN} \cdot \text{cm})$
(1)坠锤或单动汽	$QH$
(2)筒式柴油锤	$0.9QH$
(3)导杆式柴油锤	$0.4QH$
(4)柴油锤,当不供燃料,作控制性单次锤击复打时	$Q(H,h)$

注： $Q$ ——锤的冲击部分重力（ $\text{kN}$ ）；  
 $q$ ——桩、桩帽及锤的非冲击部分重力（ $\text{kN}$ ）；  
 $H$ ——锤芯的落高（ $\text{cm}$ ）；  
 $h$ ——锤芯由于气垫作用实测的第一次回跳高度（ $\text{cm}$ ）；

C.0.4 用动力公式计算斜桩承载力的折减：

对于坠锤、单打汽锤，其允许承载力按表 C.0.4 折减。

表 C.0.4 折减系数

倾斜率	1：10~1：8	1：6	1：5	1：4
折减系数	0.98	0.97	0.95	0.94

对于其他锤（不包括振动锤），可将打桩公式中的锤击能量  $E$  改为  $E'$ ，即

$$E'=E-QH(1-\cos\theta)$$

式中  $\theta$  为斜桩与垂直线之间的夹角。

附 录 D

泥浆试验记录、钻孔记录、水下混凝土浇筑记录

表 D—1 泥浆试验记录表

工程名称						
墩台号				桩 号		
施工单位				泥浆原料		
测定时间	试验项目	泥 浆 指 标				
年 月 日		比 重	黏 度	含砂率	胶体率	pH 值

注：试验项目按以下情况填写：（1）孔外造浆；（2）孔内造浆；（3）工序检查；（4）清孔检查。

试验员\_\_\_\_\_ 施工负责人\_\_\_\_\_

表 D—2 钻孔记录表

工程名称						
墩 台 号		桩 号		起迄日期	年 月 日	
设计桩径		设计孔深		钻孔方法		
设计孔底高程		护筒顶高程		钻头形式		
设计桩顶高程		钻头直径				
时 间	工作项目	钻进深度(m)		孔底高程	记 事	
起 止		本次	累计			

注：记事栏中应：（1）绘制桩位示意图；（2）记录成孔检查情况。

记录\_\_\_\_\_ 施工负责人\_\_\_\_\_

记录人\_\_\_\_\_ 施工负责人\_\_\_\_\_

施工负责人

2 采用套管钻机时, 应增列套管底口高程和套管埋入深度。

附录 E 泥浆润滑套的泥浆配合比和泥浆指标

E.0.1 一般采用的泥浆配合比（质量比）：

膨润土	23%~30%
水	70%~77%
另加化学处理剂碳酸钠（Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ）（按泥浆总质量计）	0.4%~0.6%

E.0.2 泥浆性能指标：

比重	1.1~1.3
黏度	>100s
失水量	<8mL
泥皮	<3mm
静切力	>100MPa
胶体率	100%
含砂量	<4%
pH 值（泥浆液氢离子浓度）	6~8

附录 F 重锤夯实记录

表 F 重锤夯实记录表

施工线别\_\_\_\_\_桥涵名称及里程\_\_\_\_\_

地基土质\_\_\_\_\_落锤方法\_\_\_\_\_

夯 锤\_\_\_\_\_（t） 锤底直径或边长\_\_\_\_\_（m） 落距\_\_\_\_\_（m）

夯打日期		墩台号	夯实面积 (m <sup>2</sup> )	气候条件	含水率 (%)		夯击遍数		最后下沉量 (cm)	坑底高程		总下沉量 (cm)		干容重 (g/cm <sup>3</sup> )		备注
					天然	最佳	规定	实际		夯前	夯后			天然	夯后	

记录\_\_\_\_\_施工负责人\_\_\_\_\_

附录 G 强夯记录

表 G 强夯记录表

施工线别

地基土质

夯击面积

天然含水量

最佳含水量

夯打日期

桥涵名称及里程

墩台号

夯锤

落距

锤底直径或边长

落锤方法

气候条件

(m<sup>2</sup>)

(%)

(m)

(t)

(m)

夯击遍数	夯击次数	累计下沉量(cm)	每次下沉量(cm)	最后下沉量(cm)	总下沉量(cm)	干容重(g/cm³)或湿陷系数	备注

记录

施工负责人

附录 H 粉喷桩施工记录

表 H 粉喷桩施工记录表

工程名称				施工班组				日期					
粉体种类				钻孔直径				设计深度				设计含灰量	
桩号	钻孔深度 (m)	孔底高程 (m)	停灰面高程 (m)	加 灰 量				余灰量		实进灰量 (kg)	备 注		
				总量	包数	加入数	读数	余读数	重量 (kg)				

记录

技术主管

机长

班长

附录 J

旋喷桩施工记录

表 J 旋喷注浆记录表

工程名称				高压泵型号				钻孔或打管机具			
注浆管直径				喷嘴个数				喷嘴孔径			
设计提升速度				设计注浆量				设计旋转速度			
浆液配方				水泥强度等级							
注浆孔编号	旋喷深度(m)	实际有效长度(m)	旋喷时间 (时分)		旋转速度 (r/min)	提升速度 (m/min)	旋喷压力 (MPa)	注浆量 (m³)	冒浆量 (m³)	日期	
			开始	结束							

工地负责人\_\_\_\_\_

记录人\_\_\_\_\_

附 录 K

先张法预应力混凝土梁预应力筋制作张拉和放张记录

表 K 预应力筋制作张拉和放张记录表

工程号			梁片号			
设计图号						
梁    式		跨    度    m,全长    m,    线梁、人行道宽    m				
预应力值		名    称	直    径 (mm)	抗拉极限 (MPa)	伸    长    率 (%)	冷    弯  180°
冷    加    工		冷拉应力 (MPa)	冷    拉    率		时    效    措    施	
			计  算(%)	实  际(%)		
隔离套管		外  径    mm,内  径    mm				
张拉工艺						
千  斤  顶	单拉单放	型  号	编  号	校  正  系  数		
	整体张拉或放松	型  号	编  号	校  正  系  数		
油    压    表		型  号	编  号	校  正  系  数		
张  拉  值	初    调	应  力    MPa, 油  压    MPa		超  张	应  力    MPa, 油  压    MPa	
	初    张	应  力    MPa, 油  压    MPa		控  制	应  力    MPa, 油  压    MPa	
计算伸长值		应  力  范  围    ~    MPa,油  压    ~    MPa				
		$\Delta L$				

张拉记录:实测伸长值  $\Delta L$       mm,张拉(非张拉)端,张拉(非张拉)端油压      MPa

12	9	6	3	3	6	9	12
11	8	5	2	2	5	8	11
10	7	4	1	1	4	7	10

操作负责人

抽查记录:油压      MPa

12	9	6	3	3	6	9	12
11	8	5	2	2	5	8	11
10	7	4	1	1	4	7	10

处理意见:      检查工程师

放张记录:

操作负责人



## 附录 L 孔道摩阻试验

L. 0. 1 孔道摩阻试验的目的是验证设计数据和积累施工资料。

L. 0. 2 孔道摩阻力导致预应力损失值  $\sigma_n$ 。由下式求得：

$$\sigma_n = \sigma_k [1 - e^{-(\mu\theta + kx)}] \quad (L. 0. 2)$$

式中  $\sigma_k$ ——张拉控制应力 (MPa)；

$\theta$ ——弯曲孔道端部切线交角 (rad)；

$x$ ——直线段孔道长度 (m)；

$\mu, k$ ——孔道摩阻系数和孔道偏差系数。

试验布置见图 L. 0. 2。试验是在锚下安放压力筒进行 (甲端为张拉端，乙端为锚固端)。

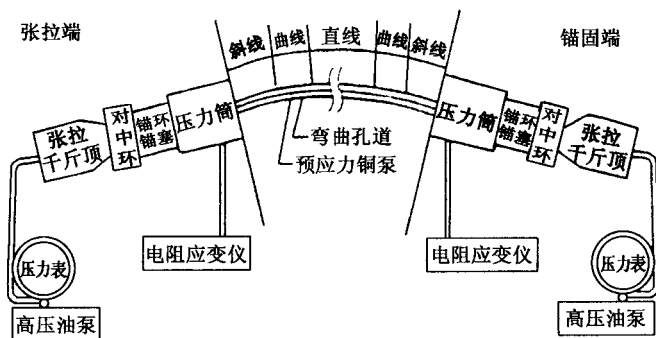


图 L. 0. 2 孔道摩阻试验布置

L. 0. 3 孔道摩阻力的测算应符合下列规定：

- 1 先进行直线孔道摩阻力试验，按上式  $\theta$  为零时求得  $k$  值；
- 2 再进行与直线孔道同样工艺及施工条件带有曲线孔道的摩阻力试验，并以上项  $k$  值代入上式求得  $\mu$  值。

L. 0. 4 测力过程：

- 1 锚固端千斤顶主缸进油空顶 10cm 关闭，两端预应力钢束均匀楔紧于张拉千斤顶上。两端装置对中。
- 2 张拉端千斤顶进油张拉。以油压表压力从 0 到超张拉值，按 400N 或 500N 分级，逐级增压张拉，每级张拉时均记录两端读数 (压力筒应变数和油压表压力)。

- 3 从张拉第二级（油压约 1000N 左右时）起，钢束上划细线，逐级测录钢束延伸量。
- 4 当千斤顶张拉到（超）张拉吨位时，逐渐回油到 0，再重复逐级张拉一次，并记录各级读数和延伸量。
- 5 超张拉持压 5min，回压到张拉值，顶塞锚固，锚固时主缸油保持不低于张拉值，也不超过超张拉值，锚固前后均须记录两端油压读数和延伸量，测量锚塞外伸值。
- 6 张拉端千斤顶回油到 0，记录压力筒压力及锚塞外露值。
- 7 锚固端千斤顶回油，卸下两端张拉装置。

#### L. 0. 5 张拉结果：

- 1 两端压力筒的压力差为钢束沿孔道全长的摩阻损失值。
- 2 张拉端千斤顶拉力和压力筒压力差为锚环口摩阻损失值。
- 3 张拉端顶塞锚固前后压力筒压力差为锚塞回缩预应力损失值。
- 4 顶塞锚固前后钢束延伸值差为钢束回缩值。
- 5 超张拉回压到张拉值和顶塞锚固后，锚固端测力筒各次压力差，即为锚固端预应力变化值。

附录 M 后张法预应力混凝土梁施工记录

表 M-1 预应力筋张拉施工记录表

构件名称								位置示意图	
预应力施工		年 月 日 时		气 温		℃			
预应力筋类型		长度		编 号					
锚具类型		张拉端		锚固端					
孔道长度		弯曲度		张拉端 锚固端					
混凝土		设计强度等级 预应力时强度		浇筑日期		月 日			
钢筋		设计张拉力 kN		初始张力 kN 超张拉力 kN		设计伸长值 mm			
千斤顶 编 号		标定系数		油压表编号		等 级			
张拉顺序		初始张拉		张 拉		超张拉		顶 塞	
油压表读数(MPa)									
换算拉力(kN)								顶塞力	
伸长值(mm)									
锚塞外露		mm		钢束回缩		mm			
张拉情况	断丝	根数	位置	原因					
	滑丝	根数	滑丝量	mm	位置	原因			

记录\_\_\_\_\_ 施工负责人\_\_\_\_\_

- 注：1 两端张拉、倒顶张拉、退塞及重新张拉等，均应在张拉情况栏内记录；  
2 钢束回缩值即张拉力伸长值和顶塞后伸长值之差。

表 M—2 预应力筋孔道压浆记录表

构件名称				位置顺序示意图			
压浆日期 年    月    日    时				气 温		℃	
灰浆配合比		水灰比		水 温		℃	
灰浆流动度				泌水率		%	
水泥品种及 强度等级				掺加剂		掺量 %	
灰浆泵型号							
孔道编号	长度(m)	冲洗及邻孔情况	压浆起迄时间	进浆方向	进浆压力 (MPa)	持压压力 (MPa)	持压时间 (h)
压浆情况							

记录\_\_\_\_\_

施工负责人\_\_\_\_\_

注：孔道冲洗、通顺、邻孔冲洗及有否串浆，中部持续压浆等均须在压浆情况栏内记录。

附录 N 斜拉索安装张拉记录

表 N 斜拉索安装张拉记录

拉索编号					部 位		
安装日期		张拉日期		气 温	℃		
保存情况							
搬运情况							
安装方法							
设 备							
锚具安装							
设计张拉力	kN	设计初始拉力	kN	设计伸长值		mm	
千斤顶编号		标定系数		油压表编号		等 级	
张拉顺序	初 始 张 拉			张 拉	顶 塞		
油压表读数(MPa)							
换算拉力(kN)					顶塞力		
伸长值(mm)							
				塞锚头外露	mm		
安 装 张 拉 情 况							

记录\_\_\_\_\_

施工负责人\_\_\_\_\_

- 注：1 每根拉索填记一张；
- 2 拉索及防护层在保存或搬运中如有损坏，均应注明原因及处理办法；
- 3 安装或张拉中如有损坏，在安装、张拉情况栏中说明原因及处理办法。

附录 P 斜拉索张拉力振动频率测定

表 P 斜拉索张拉力振动频率测定表

拉索编号		类 型		固定长度			
测频日期				平均气温	℃		
张拉台座		千斤顶编号		标定系数			
		油压表编号		等 级			
频率计型号		电子秤型号					
顺次	张 拉 力 （kN）				频率计读数	伸长值 (mm)	附 注
	油压表读数	换算拉力	电子秤读数	换算拉力			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

测试\_\_\_\_\_ 施工负责人\_\_\_\_\_

- 注：1 每一类型、每一长度的拉索，应反复测定三次，分别填写本表；  
2 本表记录的张拉力和振动频率，绘制坐标图使用。

附录 Q 斜拉索张拉力调整记录

表 Q 斜拉索张拉力调整记录表

拉索编号			类    型		长    度	
测频日期			调整日期		平均气温	℃
设计张拉力		kN		部    位		
测调次数		初    测	第一次调整	第二次调整	第三次调整	
振动频率	1					
	2					
	3					
	平均					
张拉力	1					
	2					
	3					
	平均					
施工阶段						
调整原因						

测试\_\_\_\_\_

施工负责人\_\_\_\_\_

附录 R 斜拉桥悬臂施工阶段挠度变化记录

表 R 斜拉桥悬臂施工阶段挠度变化记录表

测量时间	年    月    日    时至    时												平均气温		℃			
施工阶段																		
索塔顶偏移 (mm)	塔    位	左    索    塔						右    索    塔										
	方    向	纵    向			横    向			纵    向			横    向							
	设计偏移量																	
	实测偏移量																	
	换算偏移量																	
	误    差																	
	梁段悬臂端挠度 (mm)	梁    跨	边    跨								中    跨							
梁    段				6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6		
设计挠度量																		
实测标高																		
换算挠度																		
误    差																		

测量\_\_\_\_\_

施工负责人\_\_\_\_\_

注：1 施工阶段注明挂篮前移定位、梁段浇筑混凝土、梁体预应力束张拉后，斜缆索安装张拉后；  
2 根据本表记录，绘制桥梁变化统计图表。

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

- (1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
- 正面词采用“必须”；
- 反面词采用“严禁”。



(2) 表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。