

# 某铁路桥梁施工方案

## 1 桥梁工程简况与特点

本标段的主要工程是桥梁，共有四座，设计简况及工程特点见下表：

	桥 名	设 计 简 况	桥址自然概况
1	XX 江大桥	中心里程 DK216+378，全长 399.75m，孔跨布置 1×24m 简支梁+( 96+168+96 )m 连续刚构，主墩圆端薄壁空心，墩高分别为 48m、50m，基础均为钻孔桩。连续刚构梁顶板宽 11m，箱宽 8.2m，梁高 11.5m~6m。	桥位处乌江较为狭窄，江两岸地形陡峭，江面宽约 100m，水流湍急，常年通航。桥下基岩为灰岩和砂岩，表层有厚度不等的卵石土。
2	XXX 江特大桥	中心里程 DK238+294，全长 703.85m，孔跨布置 3×24m+3×32m 简支梁+( 72+128+72 )m 连续刚构+6×32m+2×24m，主墩双壁圆端实体墩，墩高分别为 54m、56m，墩台基础类型：钻孔桩、挖孔桩、明挖扩大基础、嵌固式基础，连续刚构梁顶板宽 11m，箱宽 6.3m，梁高 8.8~4.8m。	该桥位较平坦开阔，两岸均可修筑便道，施工环境较有利。桥下基岩为泥岩，不同程度风化，表层有少许不同厚度的卵石土、碎石土。
3	XX 双线桥	中心里程 DK216+852，全长 158.70m，孔跨布置 2×24m+3×32m 简支梁，墩身设计为双柱刚架墩，墩身最高为 18m，墩台基础类型：挖孔桩、明挖扩大基础。	普通跨山谷桥梁，基础下有溶洞。
4	XX 线特大桥	中心里程 DK237+470，全长 573.06m，孔跨布置 17×32m 简支梁，墩身设计为多线刚架墩，墩身最高为 43m，墩台基础类型：挖孔桩、明挖扩大基础。	跨山谷桥梁，汛期江水倒灌，横向较宽。

XX 江大桥和 XXX 江特大桥因为墩身高、主跨跨度大、技术含量高、施工干扰大而被列为本标段重点工程。

这两座桥均跨乌江和 319 国道，虽然施工人员、机具、物资运输进场便利，但跨越公路和航道是施工安全生产隐患的一个不利因素。施工期间，乌江河道、319 国道运输的安全畅通成为制订施工方案要考虑的一个重要方面。施工方案在实施前要与公路管理部门、河道运输部门共同研究此方案的可行性，对不能确保安全畅通的方案、工艺、工序要进行改进和完善；并且要和这两家管理部门达成协议，在施工期间共同对河道、公路的交通进行管制，以确保施工期间的运输安全、畅通。

乌江夏、秋季是洪水期，水位高；冬、春季是枯水期，水位低；常年洪水位和枯水位相差可达 30m。主墩位于江边，主墩基础和常年洪水位下的墩身部分必须安排在枯水期施工完毕，使后续施工不再受洪水影响；临时设施如施工便道、施工栈桥、施工场地、临时房屋等在布置时考虑此影响。

本标段桥梁施工主要有以下关键的施工技术：

- 1、主墩基础施工，(XX 江大桥钻孔桩、XXX 江特大桥嵌固式基础)
- 2、高墩施工及线形控制，(XX 江大桥 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>墩和 XXX 江特大桥 7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>墩以及 XX 线特大桥 7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>墩)
- 3、大跨度连续刚构 0<sup>#</sup>段的施工技术，(XX 江大桥连续刚构、XXX 江特大桥连续刚构)
- 4、大跨度连续刚构挂篮的设计与施工技术，(XX 江大桥、XXX 江特大桥)
- 5、大跨度连续刚构线形控制，(XX 江大桥、XXX 江特大桥)
- 6、大跨度连续刚构的 T 构对称施工技术，(XX 江大桥、XXX 江特大桥)
- 7、大跨度连续刚构边跨不平衡段的施工技术 (XX 江大桥、XXX 江特大桥)
- 8、大跨度连续刚构合拢段的施工技术。(XX 江大桥、XXX 江特大桥)

2 XX 江大桥施工方案和施工方法

2.1 施工方案

根据设计、地形、水文和工期要求，XX 江大桥拟采用如下施工方案

部位	方 案	施工要点
基础	采用草袋围堰填土筑岛，构成钻机施工平台 冲击反循环钻机，在基岩中成孔 平台设置 2~3 台机，同时施工，抢时间完成桩基。 切槽爆破法开挖基岩中承台基坑 预埋水管，循环水降温，浇注积承台混凝土。	利用枯水期进行基础施工 采用泥浆船进行泥浆循环，保护乌江 草袋围堰设置高度应能抵抗冬汛，抗冲刷。
墩身	自升式模法施工墩身 搭施工栈桥和平台，保证汛期能够墩身上部施工 塔吊配合翻模施工 人员上下使用电梯。	在汛期到来之前，完成常年洪水位以下墩身施工 栈桥利用地形，尽量减小长度 注意高墩作业安全。
连续刚构	托架法完成 0 <sup>#</sup> 块现浇施工 为防止托架变形，采取钢绞线等效预压技术 采用挂篮进行标准段施工 刚性锁定后，进行合拢段施工 门洞式落地支架灌注边跨不平衡段。	预应力张拉要双控 对称平衡施工 合拢段施工要合理压重 保障航道、公路交通畅通，及高空作业安全
起重运输方式	采用缆索吊 采用塔吊 采用渡船 采用工业电梯 采用栈桥。	混凝土由输送泵沿栈桥至墩顶和悬灌梁段 人员经栈桥至工业电梯，过江时乘船 翻模由塔吊配合施工

## 2.2 关键施工技术

### (1)、主墩基础施工技术

主墩基础是全桥的控制工程，主墩基础的快速施工是全桥按时合拢的关键。主墩临近江边，主墩基础施工受乌江水位影响严重，乌江洪水期基础不能施工。主墩基础的施工利用乌江枯水期清理基岩上的透水土层，搭设草袋防水围堰填粘土筑岛，冲击钻成桩。

承台基坑采用切槽爆破开挖，基坑混凝土采用满灌，涌水大时要设集水井。

泥浆船配合钻孔桩施工，还要提前规划施工弃碴，防止污染乌江。

### (2)、高墩施工及线形控制

为了保证高墩施工时各部位线形尺寸满足设计要求：

①、本桥 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>墩采用操纵简单、控制方便的液压式自升平台翻动模板进行施工，并对模板的设计进行了革新，做到大块与小块结合、固定与活动结合、直线与曲线结合，使立模更快捷，调模更方便、更安全，立模尺寸更容易达到设计要求。

②、为了防止灌注混凝土过程中，模板变形，增大了模板的刚度，加强了模板之间拉杆的力量，施工时严格要求布设。

③、加强测量控制，对墩轴线的控制桩要不断复测，确保准确，每节段立模前都要放样，立模后进行复测，满足设计要求后，灌注混凝土，确保每节的尺寸满足设计设计要求，从而保证整个墩身满足设计要求。

### (3)、连续刚构 0<sup>#</sup>段施工技术

0<sup>#</sup>段是受力集中、复杂的部位，也是整个刚构最容易开裂的部位，尤其是大跨度连续刚构的 0<sup>#</sup>段体积庞大（本桥 0<sup>#</sup>段高 11.5m,箱宽 8.2m,顶板宽），结构复杂，钢筋稠密，预应力管道纵横交错。

0<sup>#</sup>段的施工技术要点为：

①、托架必须有足够的刚度、强度、稳定性，以能承受各种荷载；

②、为消除支架的非弹性变形和观测弹性变形量，要对支架进行预压，预压荷载的大小和分布规律应和支架实际承受的施工荷载相接近。为防止梁体混凝土终凝后因支架的变形而开裂，除了提高灌注速度外，还要在灌注混凝土前预压支架，使支架的变形提前产生，随着混凝土的灌注，等荷载释放预压力使支架的变形稳定。

③、要防止在施工过程中碰坏、压瘪预应力管道，电焊烧坏预应力管道，要防止混凝土漏震、少震。

④、制定详细的 0<sup>#</sup>段混凝土入模方案，使混凝土顺利、均匀入模。要避免因混凝土灌注部位先后顺序不对，造成支架变形不规律；避免混凝土自由落差大，混凝土离析以及对预应力管道的冲击、损伤；要避免因入模窗口少而造成梁体内部分位置水泥浆与骨料分离。

0<sup>#</sup>段托架施工采用墩身预埋牛腿，墩顶搭设拆装式桁梁拼装而成。托架图见

YH6.7-9。

#### (4)、挂篮的设计与施工

本桥使用的菱形挂篮具有外形美观,受力明确,变形小,操作安全,移动方便,并且施工作业面大等特点。本挂篮创造了五天半施工完一个梁段的好成绩。

##### ①、挂篮的结构

挂篮按适用最大梁段重进行设计,设计为无平衡重自行式菱型挂篮,自重约 60 吨。菱型挂篮由主构架、底模架、前上横梁、行走及锚固系统等组成。结构简况见图 YH6.7-11。

这种挂篮走行方便,前后作业面开阔,不影响后续施工作业。

##### ②、挂篮拼装

以 0<sup>#</sup>段作为挂篮的起步梁段。利用缆索吊在其上拼装,按走行及锚固系统→主构架→前上横梁→底模架的顺序安装。

##### ③、挂篮移动

首先在梁段顶面找平并测量好轨道位置,铺设垫枕和轨道,将底模用倒链吊挂在外模走行梁上,松开主构架后锚,用倒链牵引前支座使挂篮、底模架、外侧模一起向前移动至下一节段预定位置并重新锚固。安装吊带,将模架吊起。走行梁就位后调整好外模板和底模标高,内模在底板和腹板钢筋绑扎完成后才拖出,最后封端模。

#### (5)、连续刚构线型控制

箱梁在施工过程中,其挠度变化处于动态变化过程中。其标高在悬灌过程中受到梁段自重、预应力张拉、施工荷载、温度变化以及砼的收缩、徐变等因素的影响,在合拢过程中还受体系转换的影响。因此,如何在施工过程中,控制梁体的立模标高,保证梁体的线形,是连续刚构施工中的一个重点内容。

在本桥施工中我们拟采取以下几点进行控制本桥的线型控制,确保合拢精度满足设计要求。

##### ①、理论立模标高的计算

使有国内先进的线型控制软件,根据梁段的结构和施工顺序和工艺,对梁体进行时段划分,对施工过程中影响挠度的数据输入计算软件,对预应力混凝土结构进行弹性分析和时效分析,对悬臂现浇法施工的结构从开始到竣工整个过程中任一时刻的结构内力变形情况进行计算,从而计算出每一节段的标高。另外考虑挂篮结构的弹性及非弹性变形,确定施工时的理论立模标高。

##### ②、测量控制

从箱梁 2<sup>#</sup>节段端部开始,每个断面在顶板上设置三个观测点(中线、腹板两侧 100cm 处),用以观测各节段端部标高变化量,测量时间分别为(按施工顺序): a、浇筑节段砼前, b、浇筑节段砼后, c、纵向预应力束前, d、张拉纵向预应力后, e、移动挂篮前(指即将进行下一节段作业前)。



测量数据经严格复核后，报线型控制小组(由设计、监理、 施工三方组成)跟踪电算，以定出下一节段立模标高。

施工测量应选在每天清晨日出之前，不允许在高温、强光大风等情况下进行。要定人、定仪器、定时进行观测，避免由于施工荷载和桥面杂物的不平衡引起测量数据的不准确。

### ③、施工控制

通过每个阶段测量结果和计算结果的比较，分析产生误差的原因，修正计算参数，为下一节段的施工提供出合理的立模控制标高。

## (6)、T 构的施工技术

由于本桥的连续刚构的跨度大，T 构的施工更要严格平衡对称。不严格对称施工会影响连续刚构线型控制，严重时危及 T 构及墩身稳定。

对称施工要严格按照设计顺序进行，梁段混凝土体积符合设计要求。挂篮移动时，两边距离差不要大于 40cm，移动速度应缓慢，不大于 10cm/min。混凝土的灌注也要对称进行。

在刚构施工到 319 国道上方之前，必须完成下挖路面及落坡处理，以满足公路通行的净空要求。

当挂篮施工到国道上方时，需和公路管理部门协商对道路暂时进行管制，单车道轮流通行，以避免上方的挂篮。

## (7)、连续刚构不平衡段的施工技术

本桥连续刚构不平衡段的施工困难在于怀化端 319 国道的行车干扰，怀化端边跨不平衡段的落地支架将侵入公路。边跨不平衡段的落地支架设计成门洞式，并顺路以便车辆、行人通行。怀化端边跨不平衡段下面的公路下挖路面及落坡要较原设计多落一个桁梁的高度，施工完毕后回填并恢复路面。

## (8)、连续刚构合拢段的施工技术

大跨度连续刚构的悬臂段长，压重后挠度变形大，容易造成合拢段混凝土的开裂，同时不平衡的压重对刚构和墩身造成危害，并且不能满足合拢精度；悬臂段长受温度影响后，变形大。

为避免合拢段施工引起的刚构挠度变化，而造成的合拢精度不能满足设计要求以及混凝土的开裂，在施工时要合理压重。合拢边跨时，在两个 T 构的中跨端随灌注过程中同步进行压重，重量按设计要求配置。合拢中跨时将两个 T 构中跨的压重随灌注同步进行拆除。

为避免温度变化而造成的混凝土开裂，合拢段的施工必须遵守低温灌注、又拉又撑(刚性锁定)这两个原则。利用梁体钢束临时张拉一定吨位将边跨不平衡段和 T 构拉结，顶撑是在梁顶底板顶面设置反力座，通过焊接将型钢与反力座固结。刚性锁定可以避免

因温度变化而引起的合拢口间距的明显变化，完成合拢段的刚性锁定后，选择一天中温度最低时灌注混凝土，新灌注的混凝土在气温上升的环境中，以受压状态达到终凝，从而预防合拢段混凝土的开裂。

合拢段混凝土等级高于梁体混凝土一个等级，以便能及时张拉预应力束；灌注应在一天中气温最低的午夜进行，并要在 4 小时内灌完。使用微膨胀混凝土，膨胀剂的掺量应通过试验确定。同时应加强合拢段砼的养护工作。

## 2.3 现场布置

### (1)、缆索吊布置

本桥沿纵轴线设置  $3 \times 500\text{m}$  缆索吊作为主要的物资起重和过江运输设备，每组最大净吊重 15 吨，可采用三抬一、二抬一或单组起吊的形式进行吊运。

### (2)、施工便道与施工栈桥

重庆端自桥台修盘旋便道至江边，怀化端自 319 国道修筑盘旋人行便道至江边，便道通过栈桥连接到主墩附近的平台上。栈桥采用军用梁和钢管立柱组拼，方木与圆木铺面。便道和栈桥宽度按 2.5m 施工，因乌江的枯水位和洪水位相差很大，施工场地和栈桥均要高于常年洪水位。

### (3)、拌合站及砼输送设备

计划在重庆端设拌合站一座，配砼输送泵一台，完成砼的运输、灌注，砂石料的过江运输利用缆索吊，确保重庆岸混凝土拌合时及时供料；怀化端在 XX 双线大桥怀化台附近设拌合站一座，与 XX 双线大桥共用，在 XX 江大桥 4<sup>#</sup>台、319 国道外侧设砼输送泵站一座，砼供应采用砼输送车运输。

### (4)、施工用电、用水设施

在怀化端挂接一台 315KVA 变压器，采用网电，重庆端施工采用电缆过江，现场备两台 250KW 发电机作备用电源。变电、配电房设计为  $20\text{m}^2$ 。

### (5)、净化水池

在江两岸各修建  $200\text{m}^2$  净化水池一座，施工、生活废水经净化水池净化后排入乌江。

### (6)、塔吊、工业电梯

在每个主墩的承台上安装塔吊和电梯的底座，塔吊的能力不小于 80 T-M。

### (7)、其他临时设施见图 YH6. 7-1。

## 2.4 基础施工工艺

在施工前，各墩台的放线定位必须精密测量，反复核对，确保位置准确无误；在桩基施工完毕后，要对桩基进行低应变动力检测。

### (1)、钻孔桩施工工艺：

主墩钻孔桩施工利用枯水季节根据承台尺寸清理基岩上的透水土层，搭设草袋防水围堰填粘土筑岛。在其上铺设横梁木和轨道组成钻机平台，结构见图 YH6. 7-5。钻机选用

Ø2.0m 冲击反循环钻机。其他墩台钻孔桩施工只需平整场地，不用草袋围堰。

Ø2.0m 钻孔桩的钢护筒内径采用 2.3m，壁厚 10mm，护筒在制作车间用卷板机卷成，为加强钢护筒的整体刚度，在焊接接头处均加设 15cm 宽的钢带，护筒底加设 50cm 宽的钢带作为刃脚，护筒在加工厂分段制作，一般每段长度 2m，在现场再接长，钢护筒加工标准，垂直度偏差不超过 1/100，焊接采用坡口双面焊，所有焊缝要连续，以保证不变形。

平台搭好后，即开始埋设护筒。埋设护筒的方法如下：首先在平台上精确测量，定出桩的纵横向轴线，然后将护筒吊起，下放着床，并悬挂锤球测量其倾斜度，以保证不大于 1%，护筒依自重座在基岩面上并临时联结到平台，护筒周围回填粘土并捣实。

冲击钻进时应注意的事项：

- ①、为防止钻头掉入孔中，应在钻机上加焊吊环，系一保险钢丝绳通过钻孔外吊挂。
- ②、电缆和进胶管上应标明尺度，便于和钻杆上所标尺度相校核。
- ③、钻进时随时注意护筒口泥浆面标高，以免因水头不够而发生坍孔事故，要有足够的备用泥浆。
- ④、定时（一般一小时）从泥浆池中捞取钻碴样，与地质资料比较，并做好钻孔记录，记录与地质资料间有明显不符时，立即向监理工程师报告以便及时处理。当钻孔深度接近孔底时，注意捞取岩碴，特别是按柱桩设计的两个主墩，请监理工程师判断并确定嵌岩深度和孔底标高。

⑤、泥浆制备与循环：

本桥钻孔桩深度较大，要选用优质泥浆，泥浆采用机械搅拌。钻进过程中，泥浆处理要细水长流，按循环周期加入，发现问题及时处理。钻孔采用泥浆船分仓后作为泥浆池和沉淀池形成泥浆循环。钻碴运到弃碴场，泥浆回收利用。

在孔深达到设计标高后，采用抽浆法清孔，将钻头提起离孔底 20~30cm，采用较高的转速转动钻头，一边继续气举反循环，把孔底泥浆、钻碴混合物排出孔外，一边向孔内补充储浆池内净化后的泥浆，一直至孔口泥浆达到规范要求，然后拆除钻机，准备下放钢筋笼。

钢筋笼加工在钢筋制作场内进行。按 10m 左右分节，分节长度视钢筋长度和起吊能力决定，并尽可能的大，以减少安装时的焊接时间。钢筋架的保护层通过在螺旋筋上穿入厚 5cm、直径 14cm 的圆形 25 号水泥砂浆块来保证，砂浆块按竖向每隔 2m 设一道，每道对称穿入 4~6 个布置，最后按设计需要安装和固定检测管。

钢筋笼制好后将一根桩的所有钢筋笼运至墩旁，用缆索吊吊起下放。当最后一道加劲箍筋接近孔口时，在主筋上焊接吊环，并用工字钢从吊环内穿过，钢筋笼通过工字钢支承在护筒上，再吊起第二节钢筋笼使它们在同一竖直轴线对齐焊接，焊好后抽工字钢，割去吊环，下放钢筋笼。如此循环，使钢筋笼下到设计标高为止。最后用 8 根同直径的



钢筋把钢筋笼接长固定于护筒上。

钢筋笼安装好后，即下放灌注砼的导管及除渣管至孔底。由于钢筋笼下放时间较长，在浇注砼前需进行二次清孔。方法是开动空压机向孔底送风，采用气举法通过除渣管将孔底沉渣吸出，以达到孔底沉渣厚度小于规范要求。经监理工程师检查合格并签证后，拆除除渣管，即进行水下砼灌注。

导管采用壁厚 10mm 的无缝钢管制造，内径 30cm，底节长度 7m，标准节长度 2m，接头为凹凸型的快速接头构造。导管使用前要按 1.5 倍孔底水压进行水密性试验，以保证砼灌注过程中不漏水 and 爆裂。

漏斗和储料斗用 8mm 厚的钢板和型钢加工而成，其容积按确保首批砼使导管埋入 1.0m 以上计算。

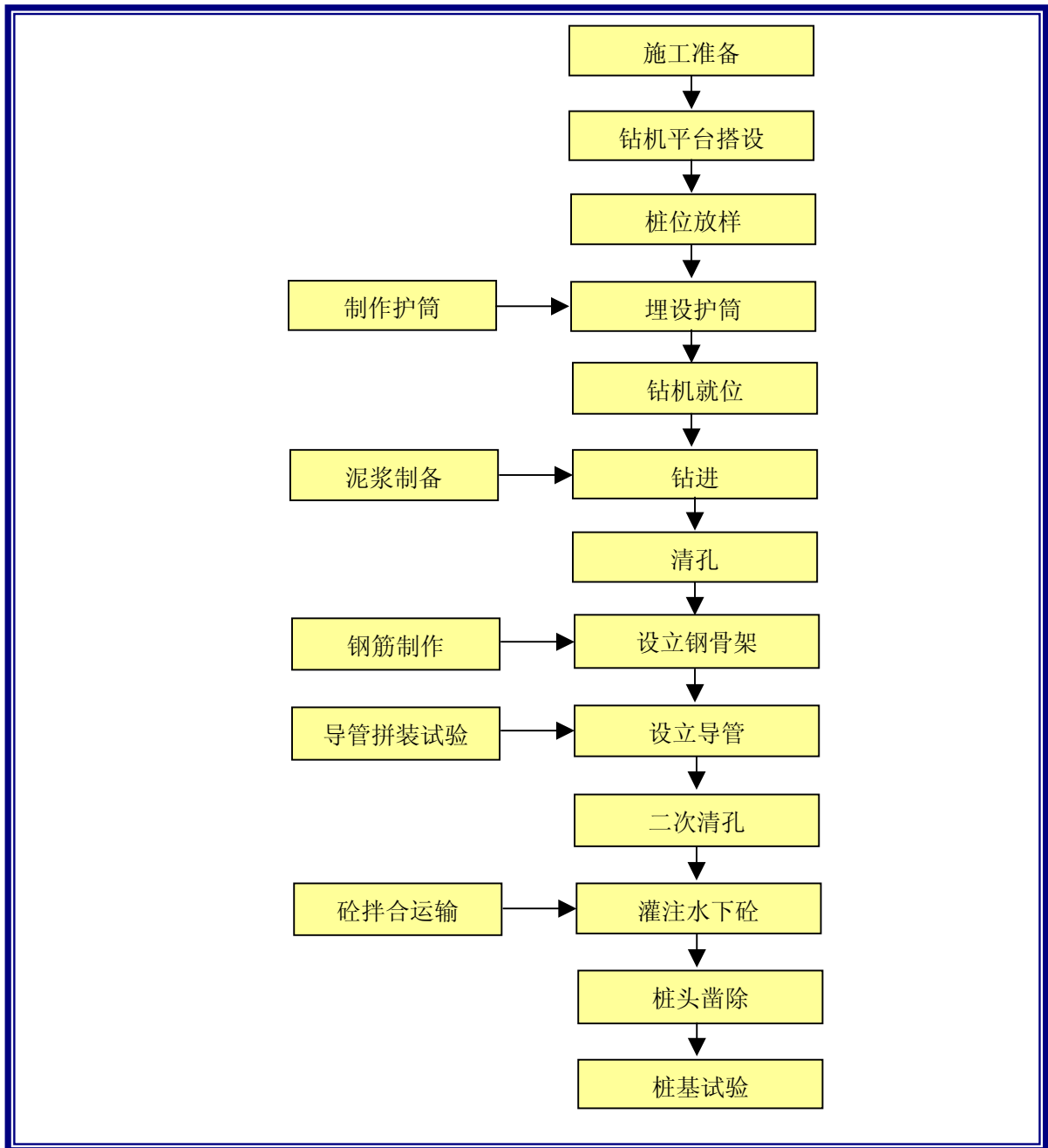
砼中添加缓凝型减水剂，砼坍落度取 19~20cm。限于场地条件，重庆岸采用泵送与缆索吊运输配合，怀化岸采用泵送。

灌注水下砼时，在导管和漏斗之间设置活动阀门。先将阀门关好，并将导管提离孔底 30~40cm 左右，然后将漏斗和储料斗内装满砼，打开阀门灌注首批砼。至导管埋入砼 5~6m 后，即视情况拆去 1~2 节导管，如此循环，直至砼顶面高出承台底 0.8~1m 左右为止。

对于砼灌注桩，施工前一定要做好充分的准备，采取切实可行的措施，保证水下砼灌注顺利进行。应注意以下几点：

- a、所有机械设备要认真检查，使其处于良好状态，关键设备还要有备有数量。
- b、搅拌首批砼前，可往漏斗内先注入一定数量的砂浆，灌注时起到润滑导管的作用。
- c、测量人员工作必须认真细致，记录好砼灌注数量复核砼深度，经常测量砼顶面标高，每次测量时沿桩周均匀测三点，最低点处的埋管深度必须满足要求。

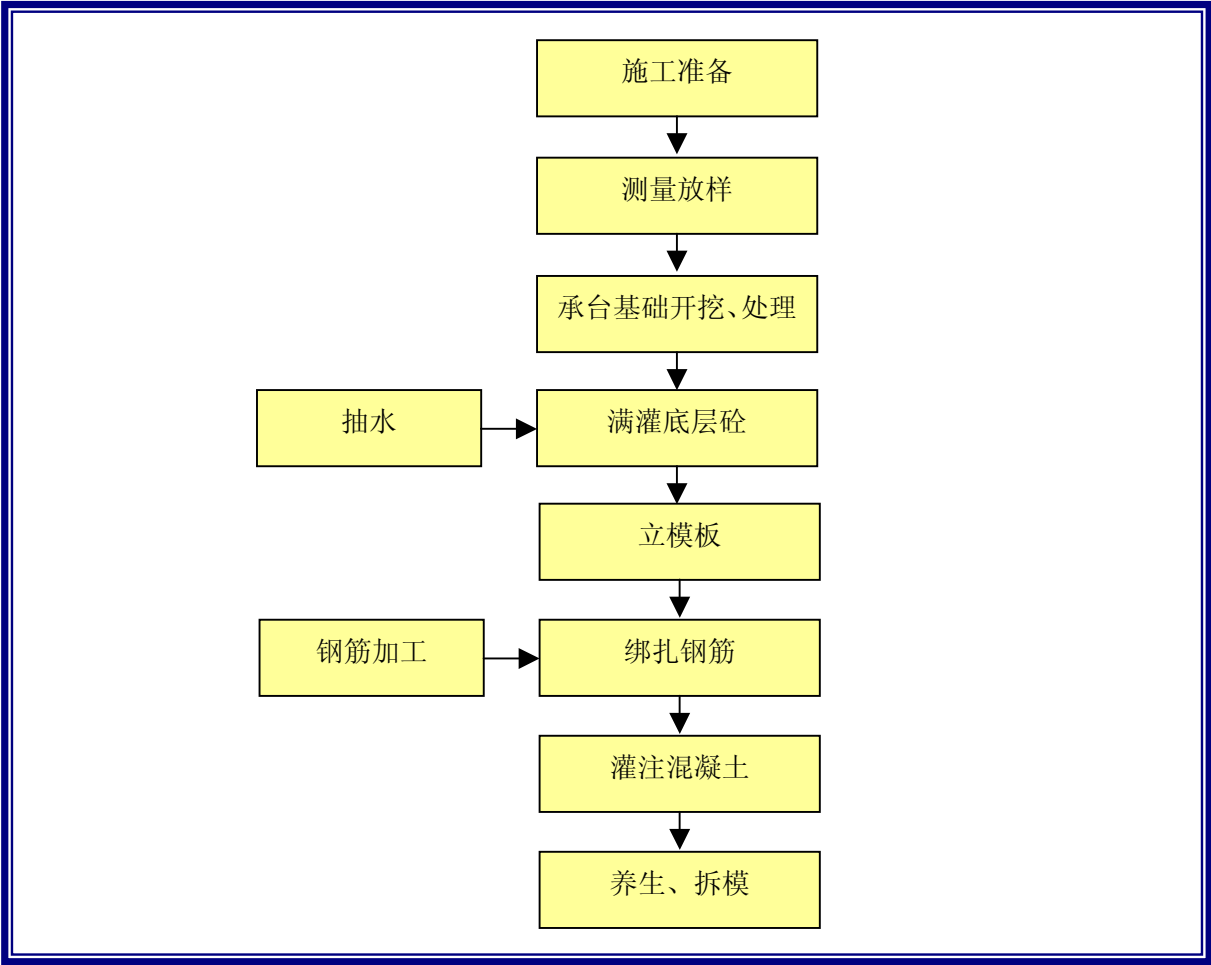
## 钻孔桩施工工艺流程



### (2)、承台施工工艺

根据设计资料 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>墩身承台所处地质为页岩和灰岩，基坑底部开挖尺寸与基底平面尺寸一致，采用爆破切槽开挖，满槽灌注混凝土。0<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>台的基坑地质为碎石土和砂粘土，开挖深度大，需喷锚防护，尤其 4<sup>#</sup>台靠国道侧，更要加强防护以保证国道安全畅通。承台混凝土的数量较大，施工时要采取一些措施避免水泥水化热的影响，如降低水灰比，采用“双掺”工艺，减少水泥用量；用水化热低的矿渣水泥，用冷水冲粗骨料，布置降温循环水管及利用夜间施工等措施。

承台施工工艺流程图



### 2.5 墩身施工工艺

为保证施工质量，大桥 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>墩拟采用操纵简便的液压式自升平台翻动模板进行施工，1<sup>#</sup>墩采用脚手架作模板支撑和操作平台进行施工。模板均采用自制的大块钢模。

#### (1)、自升平台翻动模板结构

液压翻模由平台、液压提升设备、顶杆和套管、吊架、模板等部件组成, 结构见图 YH6. 7-6。

##### ①、工作平台

由纵横梁、步板、栏杆、扶手等杆件组成。是安装吊架、千斤顶的支承结构及堆放材料、工人作业的主要工作场地。平台随千斤顶的爬升而提升。

##### ②、液压提升设备

由液压千斤顶、操纵台、高压输油管、分油阀及限位器组成。是平台提升的动力设备。

##### ③、顶杆和套管

顶杆用  $\Phi 48 \times 3.5$  无缝钢管制成，是整套系统的支撑部分，自重和荷载通过它传递给墩身。套管采用  $\Phi 63.5 \times 4$  钢管，用于回收顶杆。

#### ④、吊架

用于提供拆装模板及混凝土养生所需的作业面。吊架分活动式与固定式两种，活动吊架在收坡机构作用下可沿辐射梁移动。以减小平台的工作面积，增加平台的稳定性。

#### ⑤、模板

模板在墩身高度方向分三层，每层高 1.5m。圆端部分模板采用特制的曲面钢模，分三块拼成半圆，直线段由固定段和收坡段组成。每层模板采用两道横箍，通过对拉螺栓与内模固接。模板的翻升由倒链滑车完成。

#### ⑥、辅助设备

包括配电盘、混凝土养生用浇水管、安全网等。

### (2)、设备进场注意事项：

- ①、液压设备各部件性能应良好并有备用量，密封圈等易损件有备件。
- ②、配套机械设备性能应良好，易损耗件应有备件。
- ③、供电为外用电源时必须得到保证，并有备用发电机。
- ④、根据翻模施工要求，建立健全各项规章制度。
- ⑤、各种预埋件应按桥墩设计与施工的要求提前预制，并根据安装顺序、部位与数量统一制表编号。

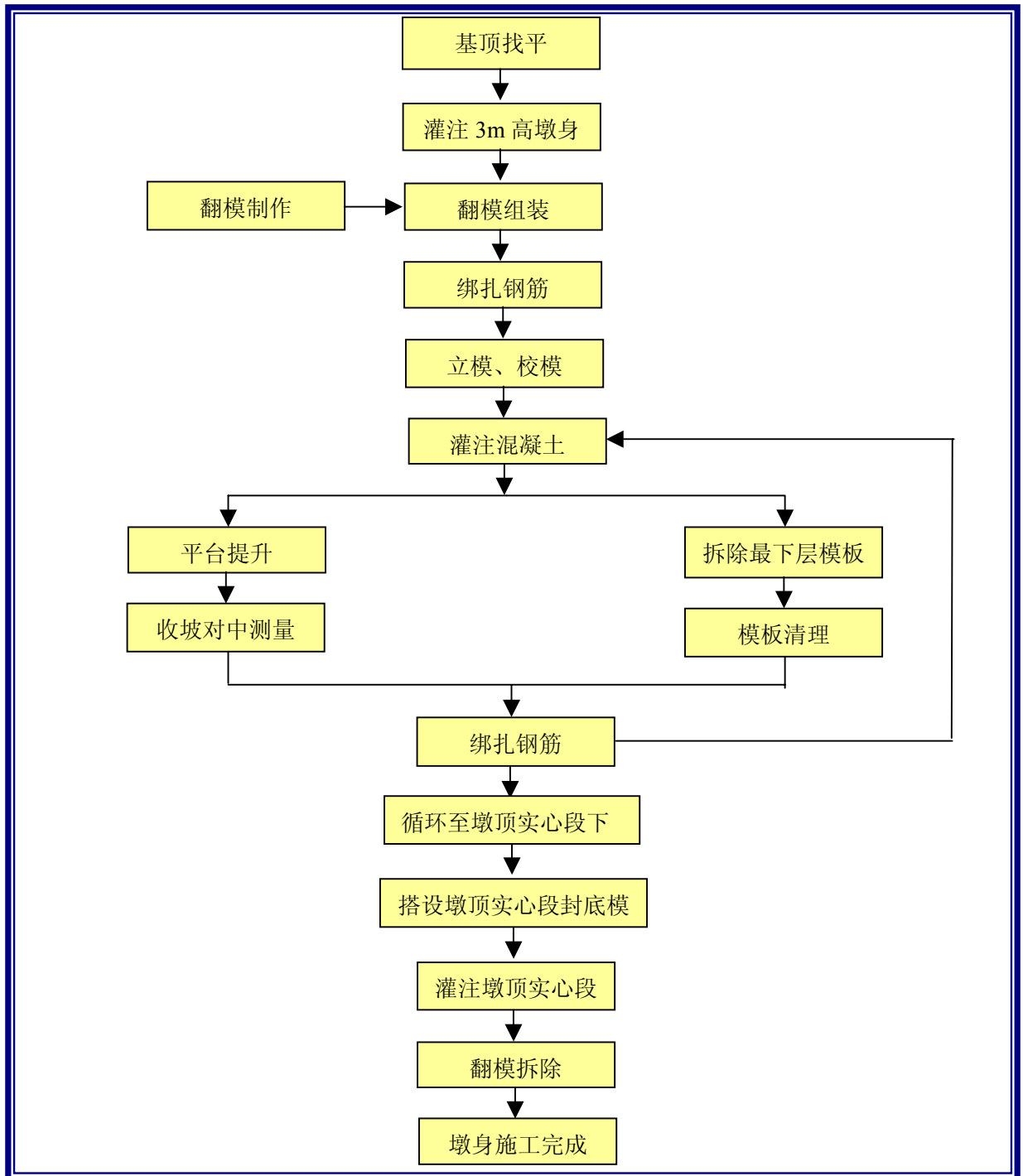
### (3)、翻模施工工艺

首先应清理基顶，在模板安设位置用砂浆找平，待钢筋作业完成后用脚手架一次性架设两层模板，并预留顶杆安插孔道，然后灌注砼，终凝后在其上组装平台和液压设备，待施工至 6m 高时安设吊架，栏杆和安全网，至此翻模进入正常工作循环，作业时，模板翻升、接缝凿毛、绑扎钢筋、灌注砼和提升平台等工作是循环进行的，其间穿插平台对中调平、接长顶杆、混凝土养生及埋设预埋件等工作，直至 0<sup>#</sup>段梁体下端为止，最后利用缆索吊将翻模拆除。拆除顺序按“先下后上，先外后内”的原则进行。施工步骤详见墩身施工工艺流程图。

### (4)、墩顶实心段施工工艺

墩顶实心段采用预埋牛腿进行施工。翻模平台提升就位后首先安装外模，同时拆除翻模内吊架和模板，利用型钢搭设实心段封底平台，型钢支撑于预埋牛腿上，在其上铺设 50mm 厚木板做封底模板，绑扎钢筋，然后灌注砼。

墩身施工工艺示意图



## 2.6 连续刚构施工工艺

本桥主跨为三跨连续刚构，采用悬臂对称现浇法施工。在两主墩顶部各搭设托架立模灌注梁部 0<sup>#</sup>块，在 0<sup>#</sup>段梁体上拼装挂篮，利用挂篮悬臂对称灌注施工各梁段，形成 T 构，边跨不平衡段满堂支架施工，最后依次合拢边跨、中跨。

### (1)、0<sup>#</sup>块施工工艺

通过预埋在墩身的牛腿、拆装式桁梁拼成 0<sup>#</sup>块施工托架，每侧 3 组 I40 工字钢做分配梁。0<sup>#</sup>块设计高 11.5m，圬工量大，模板大部分使用钢模（部分是挂篮模板），钢管支撑内模。



### ①、托架安装

当墩身施工到托架预埋件的位置时,安放预埋件并完成托架桁梁的拼装后,再进行墩身的施工。墩身施工完成后,待砼达到设计强度,通过承台上的预埋件利用千斤顶和预应力钢索预压托架。

### ②、模板安装

0<sup>#</sup>节段外侧模板采用挂篮外模和 0<sup>#</sup>段钢模,内模为组合钢模;底模为竹胶组合板。模板利用缆索吊一次安装到位,并调整好立模标高。

安装注意事项:

a、为了减少高空作业,保证模板精度,内模、洞孔模、端模及外模支架尽量在岸上拼装。

b、模板拼装场地必须平整密实,水平放置的模板不许上面走人或堆放重物,吊运过程中不许与其它物体碰撞或跌落地面。

c、砼对箱梁内模有上浮力作用,为防止内模移动,在内模与底模,内模与外模之间增设拉杆。

### ③、钢筋绑扎

本箱梁构造钢筋复杂,为加快安装速度,保证网格的间距,部分细筋分别在岸上焊成网片或骨架,然后吊装。待箱梁底模和一侧的外模板框架安装好后,便进行钢筋安装,其顺序设计如下:

a、安装底板下层钢筋网片

b、安装底板上层钢筋网片、底板上下层钢筋网片间用钢筋垫起焊牢,防止人踩,保持上下层钢筋网的规定间距。

c、腹板钢筋骨架插入底板上下层钢筋网中,然后绑扎下倒角的斜筋和最底层纵向钢筋。

d、腹板钢筋骨架内安装波纹管道,固定网片。

e、安装顶板和翼缘板下层钢筋网片。

f、安装顶板管道定位网片,顶板锚头及螺旋筋、波纹管。

g、安装顶板上层钢筋网片,用钢筋焊在上下网片间使网片保持规定的间距。

钢筋施工注意事项:

a、锚头垫板应与螺旋筋中轴线垂直,并预先焊好。保证垫板与管道垂直。

b、钢筋网片起吊要采取措施防止钢筋网片变形。

c、适当加强管道固定网片,防止管道固定网片变形变位。

d、先绑扎底板和腹板钢筋,顶板钢筋在内模就位后才绑扎。

### ④、预应力管道安装

a、波纹管的进场验收

波纹管外观应清洁，内外表面无油污，无引起锈蚀的附着物，无孔洞和不规则折皱，咬口无开裂、无脱扣。要进行抗折、抗压试验。

#### b、波纹管的施工

0<sup>#</sup>段预应力管道密集，在安装波纹管时，一定要严格按设计位置安装，定位钢筋间距不应大于 0.5m，安装锚垫板时，必须使锚垫板与管道垂直，并且准确对中。竖向筋为一端锚固，另一端张拉，在安装波纹管时连同精扎螺纹钢筋一起安装就位，严格控制竖向筋的纵、横向位置，以便锚固挂篮轨道。

安装时，必须用铁丝将波纹管定位网片与主筋绑在一起，以防浇注砼时波纹管上浮而引起严重的质量事故。波纹管安装就位过程中应尽量避免反复弯曲，以防管壁开裂，同时，还应防止电焊火花烧伤管壁。波纹管安装后，应检查波纹管位置，曲线形状是否符合设计要求。波纹管连接必须用套管旋紧，保证有 15~20cm 的相互重叠，并沿长度方向用两层胶布在接口处缠 5cm 左右长度。

#### ⑤、混凝土施工

箱梁砼设计为 C50，预应力施加时不得低于 C40。采用同一大厂水泥，粗细骨料选择要严格。为加速施工进度，砼的运输采用泵送和缆索吊相结合的方式。

#### a、混凝土配和比设计

悬灌施工必须注意混凝土配和比设计。为满足该桥的设计要求和施工需要，同时为减少砼收缩徐变，砼应符合下列技术指标：①强度满足  $R_3 \geq 40\text{MPa}$ ， $R_7 \geq 45\text{MPa}$ ， $R_{28} \geq 50\text{MPa}$ ，②弹性模量满足  $E_h \geq 3.5 \times 10^4 \text{Mpa}$ ，③坍落度控制在 16-18cm 间。具体参数要求应结合正式施工图设计要求确定。

#### b、砼试件的制作及取样

砼梁的强度和弹性模量主要依靠试件来实现，并以此作为箱梁施工挠度控制计算的主要依据，因此必须重视试件的制作。在每个梁段砼取样之前必须进行试模检查，对不合格的试模禁止使用。试验员应在砼生产过程中根据要求从搅拌好的砼中取出一部分装入试模，并振捣，使之均匀密实。

#### c、砼灌注

梁段灌注前，必须高度重视检查工作，检查合格后填写《模板工序施工质量检验评定表》，并经技术主管签认后方可开盘，重点检查以下几项：要检查模板支撑，模板堵漏质量，钢筋绑扎及保护层的设置，预埋件，预留孔洞位置的准确性，模内有无杂物；检查灌注砼用的漏斗，串筒分布是否满足灌注顺序；检查无误后，需用水冲洗后，始准灌注。因梁体高，而且节段长，所以底板、腹板的混凝土从顶板预留的天窗经串筒滑入模内；腹板要有四层不同高度的窗口，以保证混凝土入模后自由下落的高度满足规范要求。灌注顺序应遵守“先后后尾，两腹向中对称浇注砼”的顺序。两腹板对称同时浇注，然后灌中间部位的底板，顺序为先后后尾。灌注顶板及翼板砼时，应从两侧向中央推进，

以防发生裂纹。

d、砼振捣

捣固人员须经培训后上岗，要定人、定位、定责，分工明确，尤其是钢筋密布部位、端模、拐（死）角及新旧砼连接部位指定专人进行捣固，每次浇注前应根据责任表填写人员名单，并做好交底工作。

以插入式振捣为主，对钢筋密集处辅以捣固铲进行振捣。插入振捣厚度以 30cm 厚为宜，要垂直等距离插入到下一层 5-10cm 左右，其间距不得超过 60cm。腹板处的捣固可以采用在内模上开洞进行。

e、砼养护

砼浇注完后，应立即用沾湿的草袋或草帘盖好，等砼初凝后洒水自然养护，保持草袋湿润。拆模后应对砼表面洒水养护，洒水养护时间见表：

环境相对湿度	< 60%	60%-90%	> 90%
洒水天数	14	7	可不洒水

当环境温度低于+5℃时，不得对砼洒水。梁体张拉的检查试件，要存放在梁顶上与梁体同环境养护。

f、砼施工注意事项

浇注腹板时，应把进料口两侧用卸料板盖住，避免砼溅在顶板上，使顶板出现蜂窝。腹板与底板相连的倒角部分，振捣时会引起翻浆，要特别注意加强振捣，底板砼浇筑完成时，应立即加盖板封闭。

吊斗不得直接卸漏在钢筋网上，防止砼集中冲击钢筋和波纹管。

要按最佳灌注位置和振捣范围预留顶板及腹板“天窗”。沿腹板每 1.2~1.5m 设一个漏斗，在顶板靠近腹板两侧，每 1~1.2m 对称布置漏斗串筒，以满足砼灌注速度。腹板内模在底梗肋以上，顶板底模 1.5m 以下范围，采用随灌注随安装的方法，以保证砼灌注和捣固质量。

捣固砼时应避免捣固棒与波纹管接触振动，砼捣固后，要立即对管道进行检查，及时清除渗入管内的灰浆。砼入模过程中，应随时保护管道不被碰瘪，未振完前，禁止操作人员在砼面上走动，否则会引起管道下垂，促使砼“搁空”、“假实”现象发生，必要时用竹片将砼塞入管道下方。

试验人员应时测定坍落度和和易性变化情况，及时通知搅拌站进行调整。

⑥、预应力施工

a、张拉的材料和机具

本桥顶板、腹板的纵向预应力筋采用 12-7  $\phi$  15 高强低松驰钢绞线，并采用 HVM15-12 型群锚，YCW250 B 千斤顶两端张拉；底板的纵向预应力筋采用 16-7  $\phi$  15 高强低松驰钢绞

线，采用 HVM15-16 型群锚，YCW350 B 千斤顶两端张拉；横向采用 4-7  $\phi$  5 钢绞线，张拉端采用 HVM15B-4 扁锚，锚固端采用 HVM15PB-4 型锚具，采用 YCW100 千斤顶单端张拉；竖向采用  $\phi$  25 高强精轧螺纹钢，采用 JLM-25 锚具，YC-60A 千斤顶张拉。

#### b、进场要求

##### I、预应力钢绞线和高强精轧螺纹钢的进场检查：

首先，进场材料应有出厂质量保证书或试验报告单。其次，进场时要进行外观检查。钢绞线表面不得带有降低钢绞线与砼粘结力的润滑剂，油渍等物质，表面不得有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮；高强精轧螺纹钢表面不得有裂纹、机械损伤、氧化铁皮、结疤、劈裂；进场材料须进行力学性能检验（见锚具进场要求）。

##### II、张拉机具和锚具的进场要求：

要进行外观检查、硬度检验和静载锚固试验，应从同批中抽取 6 套锚具，组装 3 个预应力筋锚具组装件，进行静载锚固性能试验，其性能要求应符合 JGJ85-92《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》。

##### III、电动油泵的检验：

包括油泵是否是正常使用、储油量是否满足要求等。

在千斤顶、油泵、压力表校验合格后，需将其组合成全套设备，进行设备的内摩阻校验，并绘出油表读数和相应张拉力关系曲线。配套标定的千斤顶、油泵、压力表要进行编号，不同编号的设备不能混用。

#### c、纵向预应力筋的施工

钢绞线的下料、编束和穿束应注意以下几点：

I、钢绞线下料采用砂轮锯切割，禁止电、气焊切割，以防热损伤。

II、按设计预应力钢束编号编束。编束后用 18~20#铁丝将其绑扎牢固，并将每根钢绞线编码标在两端。

III、中短束（直束  $L \leq 60m$ 、曲束  $L \leq 50m$ ）由人工穿束；长束和曲束用牵引法。穿束前应用压力水冲洗孔内杂物，观察有无串孔现象，再用风压机吹干孔内水份。为减少张拉时的摩阻力，对长曲束钢绞线在进孔前应涂中性肥皂液。

钢绞线在张拉前需做锚口摩阻、纵向管道需做管道摩阻试验以测定实际情况与设计是否一致，如有偏差则调整张拉力，使钢绞线锚下控制应力与设计相一致。预应力的张拉采用双控，以张拉力为主，钢束伸长值作校核。

钢绞线的张拉程序如下：

I、检查张拉梁段的砼强度，达到设计强度 80% 且龄期 3 天以上，方可进行张拉。

II、检查锚垫板下砼是否有蜂窝和空洞，必要时采取补强措施。

III、清洁锚垫板上的砼，修正孔口，绘出锚圈安放位置。

IV、将千斤顶、油泵移至梁体张拉端，为减少摩阻损失，采用两端同时张拉。

V、钢束张拉时先单根预张拉，吨位为控制吨位的 10%，使每束钢绞线受力均匀，并在初张拉后划量测伸长值记号。

VI、锚固时应一端先锚，另一端张拉力不足时，补足设计拉力后锚固。

VII、钢绞线的割丝采用砂轮锯切割。

#### d、横向预应力筋施工

横向预应力钢束的张拉工艺同纵向预应力的张拉。需注意的是其张拉顺序为：先张拉中间束，后拉两边束。

#### e、竖向预应力筋施工

每节段的竖向预应力钢筋的张拉，应注意最后一束需留至下一节段完成后方可张拉。

#### f、孔道压浆

##### I、压浆通气孔的设置

对于长束(大于 60m)和长曲线束(大于 50m)，在中间和最高点位置要设置压浆通气管道。通气孔可用塑料管或钢管，并将其引出梁顶面 400~600mm，通气孔在施工时要用木塞塞紧。

II、在张拉工艺完毕后，应立即将锚塞周围预应力筋间隙用水泥浆封锚。封锚水泥浆抗压强度不足 10Mpa 时，不得压浆。

III、用压力水冲洗孔道。并用压缩空气排除孔内积水。

IV、压浆顺序应先下后上，并应将其中一处的孔道一次压完，以免孔道漏浆堵塞邻近孔道，如集中孔道无法一次压完时，应将相邻未压浆孔道用压力水冲洗，使得今后压浆时通畅无阻。

V、出浆孔在流出浓浆后即用水塞紧，然后关闭连接管和输浆管嘴，卸拔时不应有水泥浆反溢现象。

VI、压浆完毕后等待一定时间，一般 0.5~2 小时，拆除压浆孔及出浆孔上的阀门管节，并冲洗干净。

具体步骤见下页“预应力施工工艺流程”图。

## (2)、梁体标准段施工工艺

按设计要求，各 T 构从 1<sup>#</sup>块开始进行悬臂对称现浇施工，各梁段一次灌注、平衡施工。

### ①、挂篮施工注意事项

a、挂篮的安装、行走、使用及拆除过程均系高空作业，因此一定要按规定采取安全措施，随时进行安全检查。

b、现场技术人员必须随时检查挂篮位置，前后吊带，吊架及后锚杆等关键受力部位的情况，发现问题及时解决，重要情况及时报告。



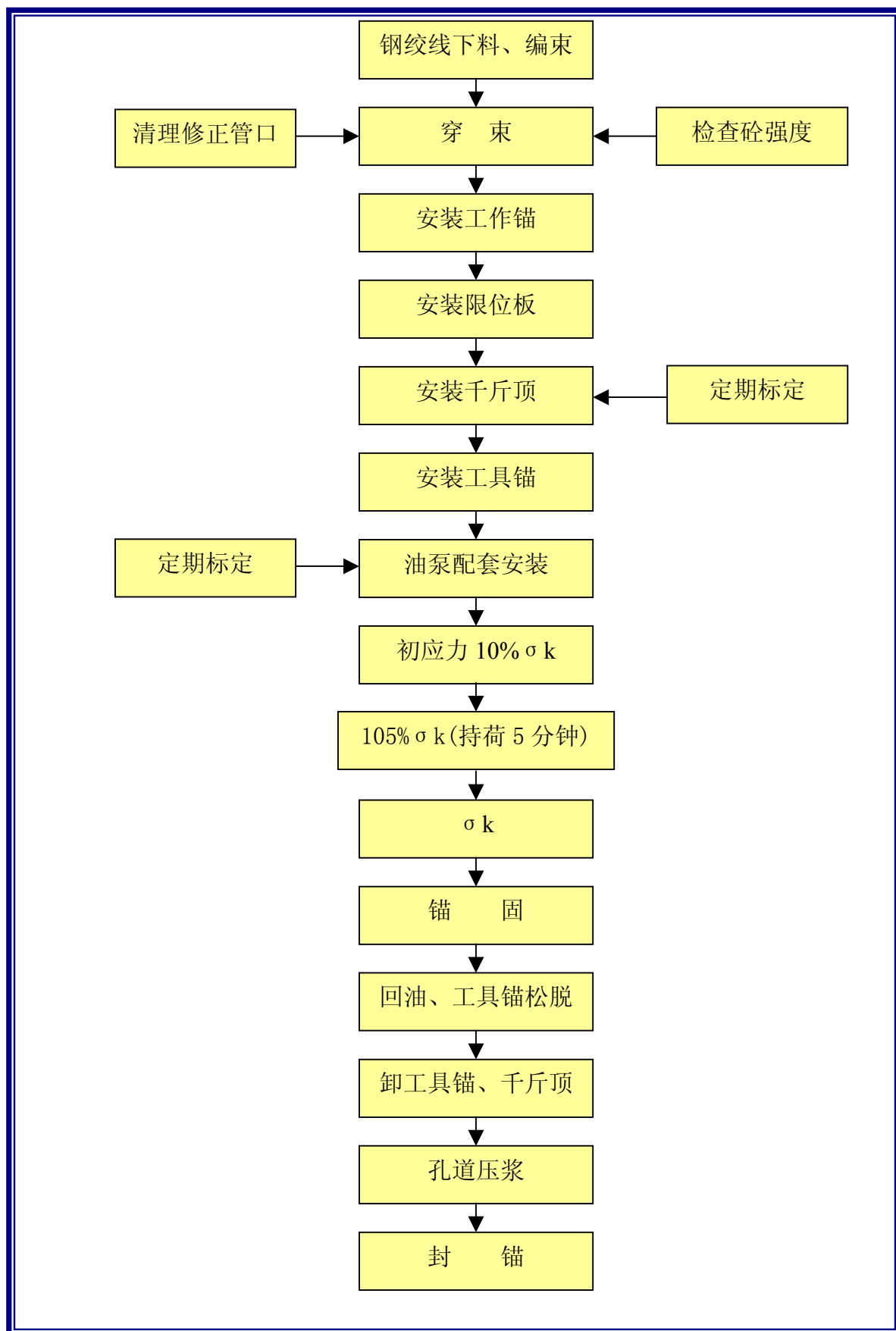
c、施工中应加强观测标高、轴线及挠度等。并分项作好详细记录，每段箱梁施工后，要整理出挠度曲线。

d、灌注前后吊带一定要用千斤顶张紧，且三处要均匀，以防承重后和已成梁段产生错台。

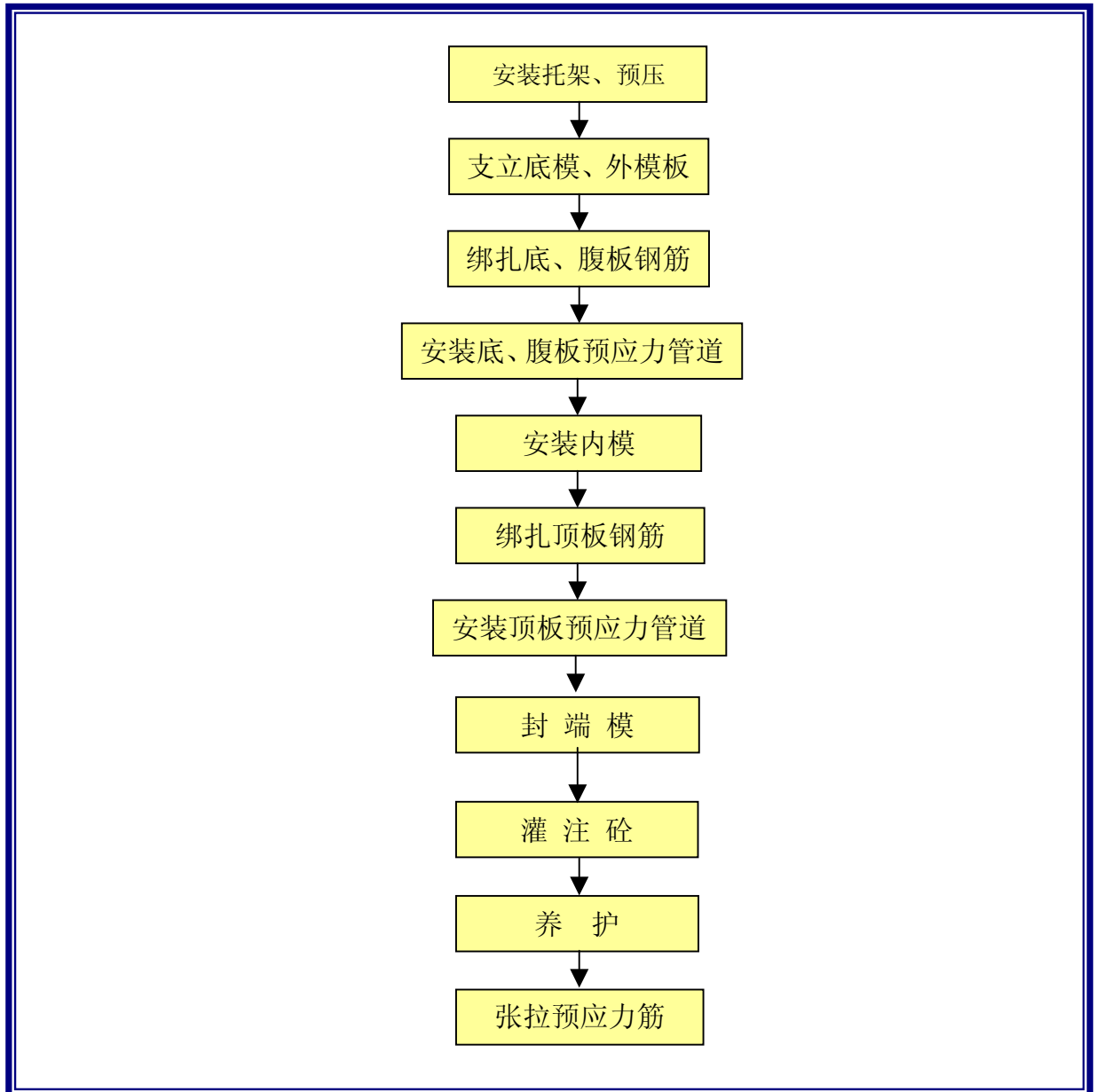
e、合拢前，相接的两个T构最后2~3段，在立模时必须进行联测，以便互相协调，保证合拢精度。

f、T构两边要注意均衡作业。砼灌注对称进行，挂篮移动时，两边距离差不要大于40cm，移动速度应缓慢，不大于10cm/min。

## 预 应 力 施 工 工 艺 流 程



## 0<sup>#</sup>段施工工艺流程



### ②、钢筋、预应力和混凝土施工

标准段的钢筋、预应力和混凝土施工详见 0<sup>#</sup>段施工方法。

### ③、梁段接缝处理

梁段浇筑砼终凝 4~6 小时后，应抓紧拆除端模堵头板，并将接头面全部凿毛，并挂草帘加强养护，在下一梁段浇注之前，用高压水冲洗砼表面，使端头砼面充分吸水和消除杂物，灌注新砼时要加强接头部位振捣，防止接头处出现蜂窝麻面。

## (3)、边跨不平衡段、合拢段施工

### ①、边跨不平衡段施工

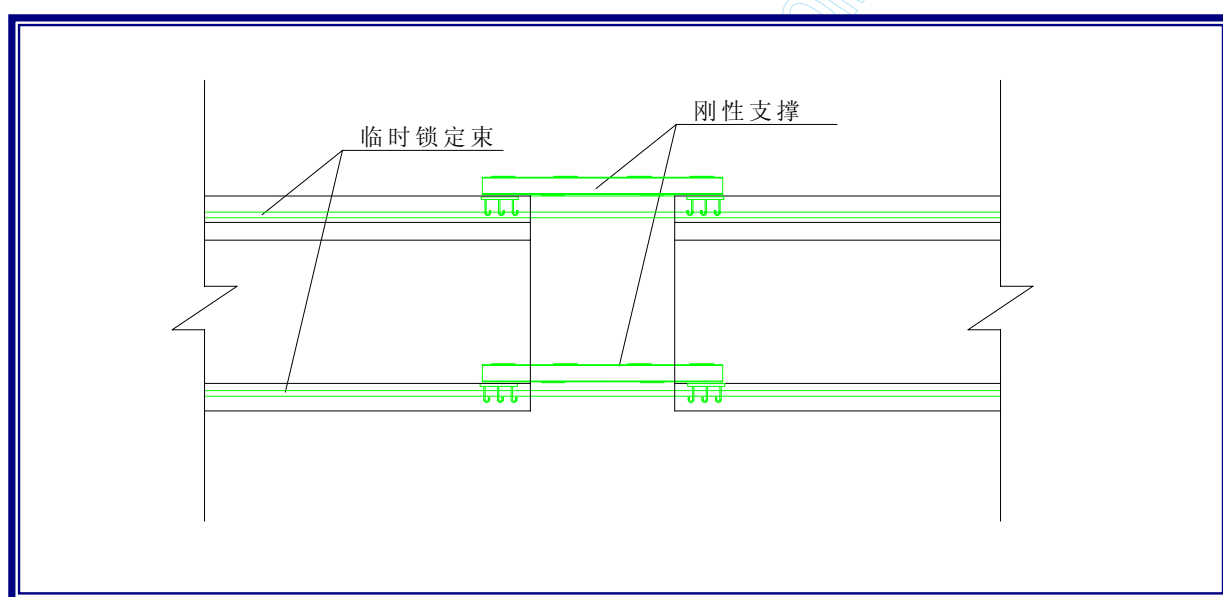
根据设计的不平衡段的长度，处理相应的支架基础。首先将要处理地表土清除 40cm，夯实，挖成台阶，铺 20cm 碎石，夯实，灌注 C20 混凝土条形基础，用拼装式桁梁和军用墩架设支架。上铺工字钢作为分配梁（见图 YH6.7-7），并通过基础上的预埋件利用千

斤顶和预应力钢索进行预压。立模灌注混凝土（模板、钢筋、混凝土施工工艺见 0<sup>#</sup>块施工工艺）。

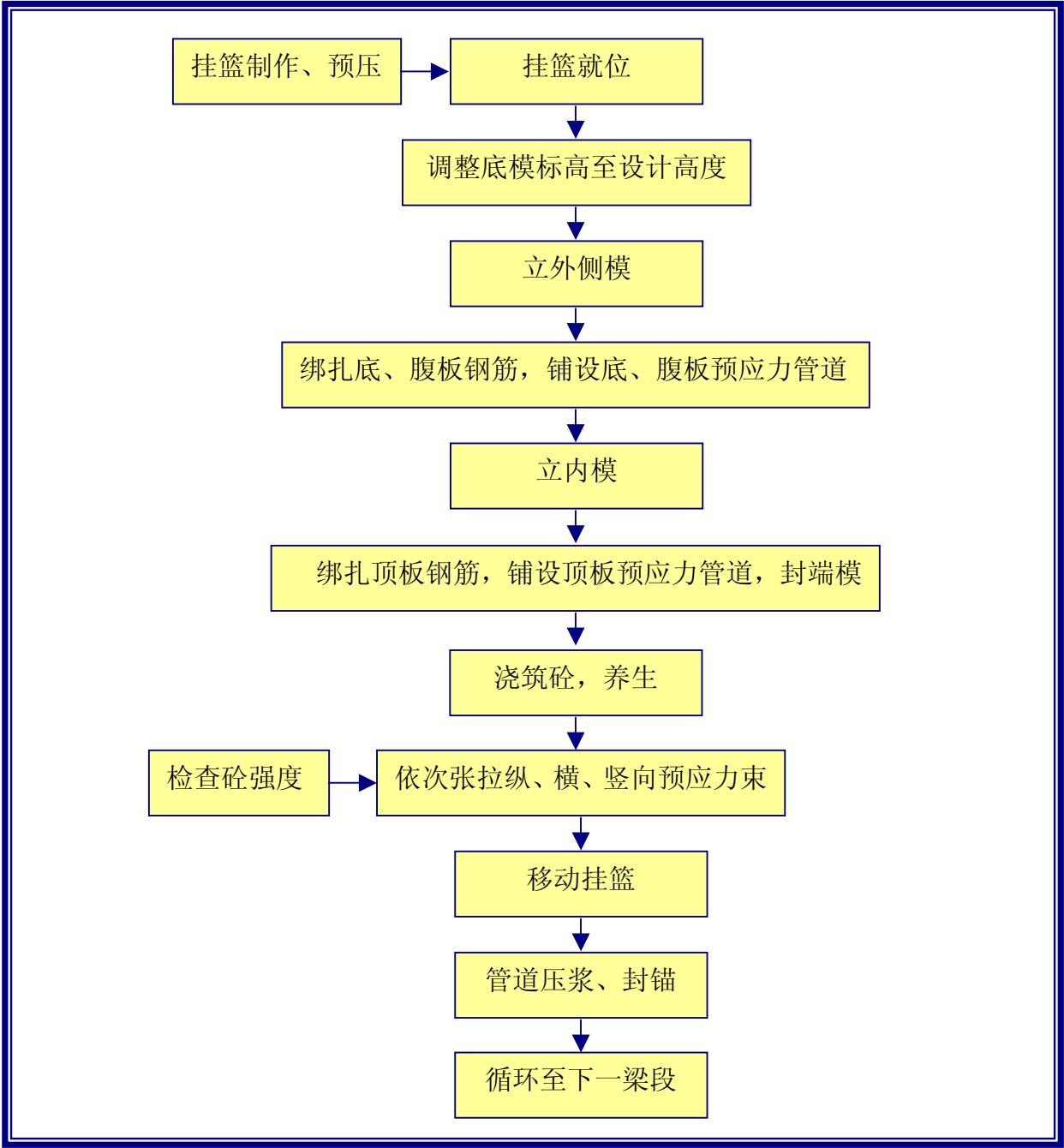
## ②、边跨、中跨合拢段施工

合拢段的施工必须遵守低温灌注、又拉又撑（刚性锁定）这两个原则。利用梁体钢束临时张拉一定吨位将边跨不平衡段和 T 构拉结，顶撑是在梁顶底板顶面设置反力座，通过焊接将型钢与反力座固结。刚性锁定可以避免因温度变化而引起的合拢口间距的明显变化，完成合拢段的刚性锁定后，选择一天中温度最低时灌注混凝土，新灌注的混凝土在气温上升的环境中，以受压状态达到终凝，从而预防合拢段混凝土的开裂。

刚 性 锁 定 示 意 图

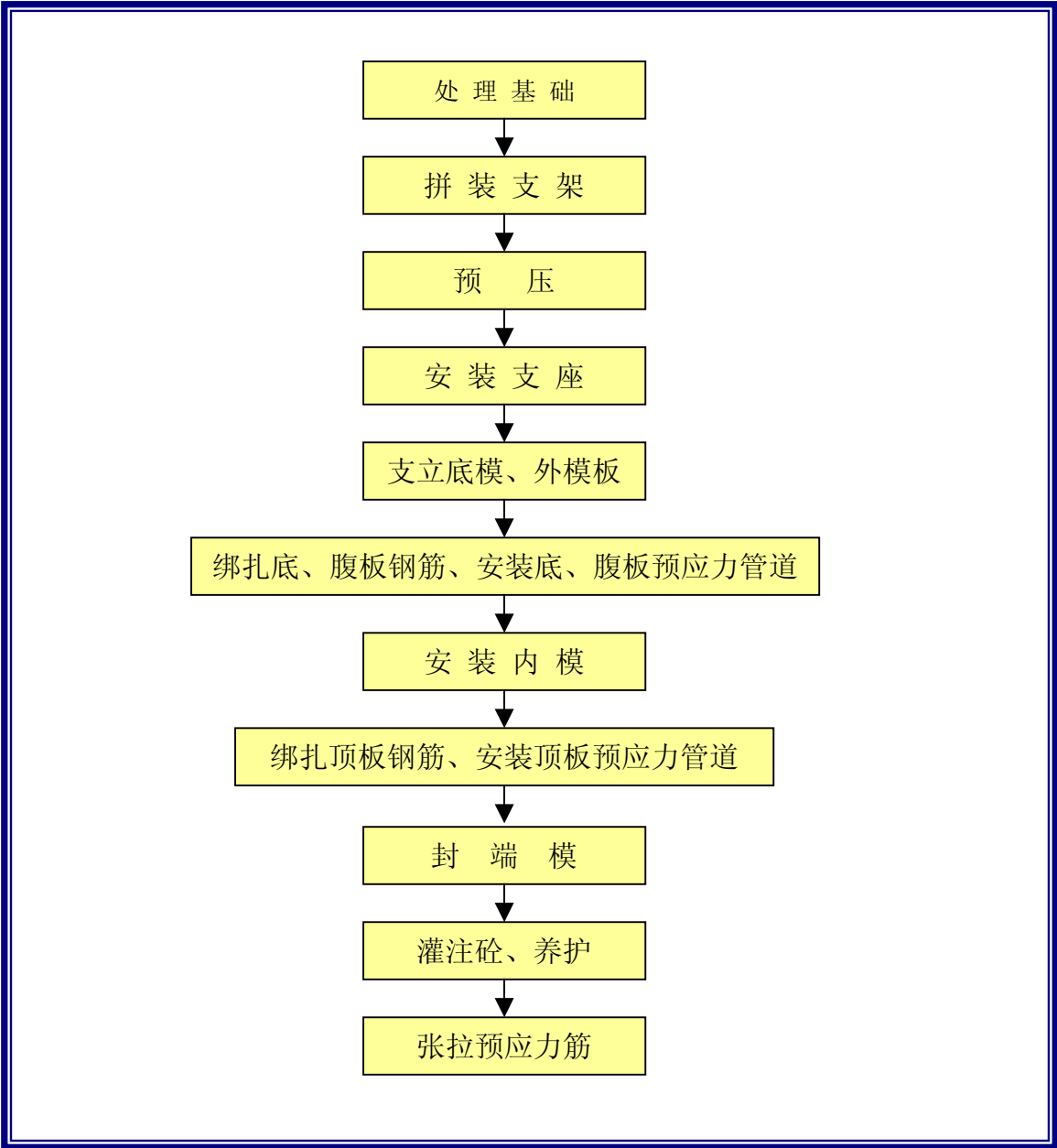


标准段悬灌施工工艺流程图





边跨不平衡段施工工艺流程



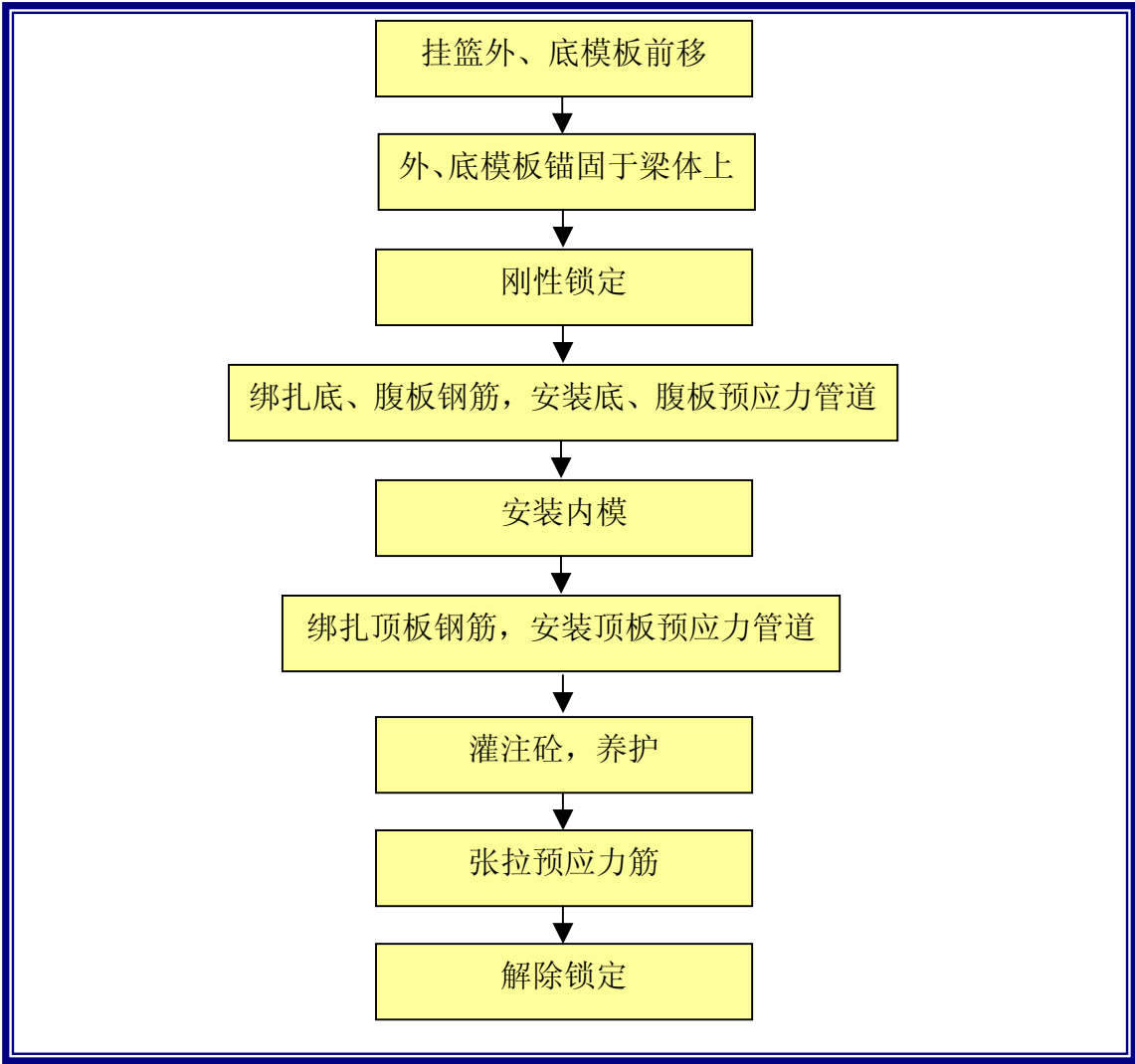
合拢边跨时在两个 T 构的中跨端进行压重，重量按设计要求配置，然后前移挂篮，利用边跨挂篮的外模、底模作边跨合拢段的外模、底模，模板通过精轧螺纹钢锚固于既有梁体上，进行刚性锁定，解除边墩支座锁定，绑扎钢筋，安设直线段内模，灌注砼，在灌注过程中同步拆除配重。

边跨合拢段施工完成后，进行中跨合拢段施工。合拢中跨时在两个 T 构的边跨端进行压重，重量按设计要求配置。利用中跨挂篮的外模、底模作中跨合拢段的外模、底模，模板通过精轧螺纹钢锚固于既有梁体上，进行刚性锁定，绑扎钢筋，安设直线段内模，灌注砼，在灌注过程中同步拆除配重。

合拢段混凝土等级高于梁体混凝土一个等级，以便能及时张拉预应力束；灌注应在

一天中气温最低的午夜进行，并要在 4 小时内灌完。使用微膨胀混凝土，膨胀剂的掺量应通过试验确定。同时应加强合拢段砼的养护工作。

合 拢 段 施 工 工 艺 流 程 图



2.7 动静载试验

为了检测 XX 江大桥刚构梁的设计和施工质量，将对刚构梁进行动静载试验。

静载试验方法是：采用一定轴重的机车，在不同位置停放，并测试梁的变形和内部应力（施工中按设计要求埋置应力盒，保护好传输电线），再与理论计算的变形和应力值相对比，判定施工质量。

动载试验方法是：采用一定轴重的机车，在梁上以不同的速度，反复行驶，测试出刚构梁在动载情况下的力学特性（不同波形下的振幅和频率），再与理论计算的力学特性相对照，判定刚构梁的施工质量。

实际试验时，将在设计单位参与和有关科研单位指导下，共同进行试验，以保证试验的可靠性和公正性。

## 2.8 其他注意事项

- (1)、本桥的施工属高空作业，必须严格执行、遵守有关高空安全作业的规定。
- (2)、有大风的天气时缆索吊不能施工，要注意天气预报，提前安排，协调施工，使不利天气对施工的影响减到最底程度；同时防止大风吹落人员、物资。
- (3)、防止高空作业时落物，以避免对航道行船、国道行车及行人的安全造成威胁。
- (4)、施工人员乘渡船往返乌江两岸时需严格执行渡船安全规定。渡船严禁超载；大风、大雨等恶劣天气时严禁行船。
- (5)、预防洪水。乌江水位受洪水影响变化很大，要随时注意物资的堆放，防止被突来的洪水冲走。

## 2.9 施工进度计划

施工进度计划表

序号	施工项目	开工时间	完工时间	备注
1	施工准备	2001.1.1	2001.3.31	
2	缆索吊	2001.4.1	2001.6.30	
3	边墩、桥台	2002.10.1	2002.12.31	
4	主墩基础	2001.10.1	2002.2.29	
5	主墩墩身	2002.3.1	2002.6.30	
6	连续刚构梁	2002.7.1	2003.6.30	

## 2.10 劳动力、机具、材料投入

计划由桥梁二队负责施工本桥基础、墩台身，投入劳力 150 人；由桥梁一队负责施工刚构连续梁桥梁，投入劳力 120 人。

**技术工人配备表**

序号	工种	桥梁一队	桥梁二队	备 注
1	钢筋工	24	12	持证
2	架子工	20	16	持证
3	电焊工	20	12	持证
4	混凝土工	32	12	持证
5	起重工	10	10	持证
6	测量工	2	2	持证
7	机械司机	6	6	持证
8	电工	2	2	持证
9	合计	116	72	持证

主要机具、材料计划投入见下表：

序号	名称	规格型号	单位	数量
1	发电机	250GF	台	2
2	电动压风机	L-6/7, 6m <sup>3</sup> /min	台	3/2
3	挖掘机	PC200, 0.8m <sup>3</sup>	台	2
4	推土机	T180A, 132KW	台	2
5	装载机	ZL50, 3.1m <sup>3</sup>	台	2
6	吊车	QY20, 20T	台	2
7	抽水机	6 " 多级泵	台	6
8	高架缆索吊	3 × 500m	套	1
9	砼输送泵	HBT60	台	2
10	工业电梯	SCD200, 2T	台	2
11	塔吊	QTZ80, 最大 8T	台	2
12	混凝土拌合站	(25m <sup>3</sup> /h)	台	2
序号	名称	规格型号	单位	数量
13	混凝土输送车	6m <sup>3</sup> , XZJ5270	台	2
14	钢筋对焊机	100 型	台	2
15	钢筋调直机	TQ4-14	台	2
16	电弧焊机	BX1-400, 400A	台	12
17	挂篮	自制	套	4
18	卷扬机	JK-2T/JK-5T	台	2/4

19	弯筋机	GW40	台	2
20	切筋机	GQ40	台	2
21	水泵	4 "	台	2
22	张拉千斤顶	YCW350/YCW250	台	8/4
23	张拉千斤顶	YCW100/YC-60A	台	4/4
24	钻机	CJF-20, 2m	台	6
25	翻模	三级	套	2
26	电动油泵	ZBF-4-50	台	4
27	拼装式桁梁			100
28	捣固器	插入式	台	20
29	空压机	20m <sup>3</sup>	台	2
30	风镐		把	5
31	风枪		把	5
32	型钢		T	100



3 XXX 江特大桥施工方案与施工方法

3.1 施工方案

根据设计、地形、水文和工期要求，XXX 江大桥拟采用如下施工方案：

部位	方 案	施工要点
基础	采用草袋围堰隔水，构成开挖施工场地，切槽爆破法开挖嵌固式基础基坑，钢筋混凝土护壁，分层分次灌注混凝土 采用冲击反循环钻机在基岩中成孔 扩大基础采用明挖法施工。	利用枯水期进行主墩基础施工 草袋围堰设置高度应能抵抗冬汛，抗冲刷。 钻孔桩泥浆不流入乌江。
墩身	自升式平台翻模法施工墩身 搭施工栈桥和空中平台，保证汛期进行墩身上部施工 塔吊配合翻模施工 人员上下使用工业电梯。	在汛期到来之前，完成常年洪水位以下墩身 栈桥利用地形，尽量减小长度；考虑抗洪，采用轻型结构 注意高墩作业安全。
连续刚构	托架法完成 0 <sup>#</sup> 块现浇施工 为防止托架变形，采取钢绞线等效预压 菱形挂篮施工标准段施工 刚性锁定后，进行合拢段施工 托架灌注边跨不平衡段。	预应力张拉要双控 对称平衡施工 合拢段施工要压重 保障航道、公路交通畅通，及高空作业安全
起重运输方式	采用缆索吊 采用塔吊 采用渡船 采用工业电梯 采用栈桥。	混凝土由输送泵沿栈桥至墩顶和悬灌梁段 人员经栈桥至工业电梯，过江时乘船 翻模由塔吊配合施工

## 3.2 关键施工技术

本桥同黄草跨乌江大桥一样跨越乌江和 319 国道，施工期间，乌江河道、319 国道运输的安全畅通也是制订本桥施工方案要考虑的一个重要方面。

施工方案在实施前要与公路管理部门、河道运输部门共同研究此方案的可行性，对不能确保安全畅通的方案、工艺、工序要进行改进和完善；并且要和这两家管理部门达成协议，在施工期间共同对河道、公路的交通进行管制，以确保施工期间的运输安全、畅通。

乌江洪水位和枯水位相差 30m，临时设施布置时要考虑。

### (1)、基础施工技术

#### ①、嵌固式基础施工技术

XXX 江特大桥主墩基础设计为嵌固式基础，每个墩身下有两座，每座嵌固式基础平面尺寸为  $3\text{m} \times 12\text{m}$ ，相距 7.0m，净距 4.0m，7<sup>#</sup>墩基础深 16m，8<sup>#</sup>墩基础深 25m。

基础地质为泥岩，采取钢筋混凝土护壁开挖，拟在枯水期施工。开挖前，须进行草袋围堰控制地表水和可能的水位上涨。

开挖方法拟采用切槽预裂爆破法，配合风镐开挖，基坑土石采用专用提升架提升。

对于基础大体积混凝土，采取分层多次浇注，可以避免一次浇注产生的水化热问题。

#### ②、其他基础施工技术

其它墩台设计为明挖扩大基础、挖孔桩基础和钻孔桩基础。墩台身基础的开挖遇到横坡较陡时（如 0<sup>#</sup>台、1<sup>#</sup>墩、2<sup>#</sup>墩），必须先挂网喷锚防护；16<sup>#</sup>墩的基础在施工前，先在 319 国道侧施工衡重式挡墙保证国道的正常运营。

基础混凝土施工是要注意以下几个事项：1、当开挖到底时，要设积水井，并不断抽水，防止积水浸泡基底，要尽快灌注混凝土，最下层基础满灌混凝土封闭。2、基础混凝土为大体积混凝土时，采取分层法灌注。若基坑涌水较强，要预埋井管与积水井连接，在灌注混凝土时，不停的抽水直至混凝土初凝。

### (2)、墩身施工技术

7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>主墩为双壁式钢筋混凝土主墩，墩身高度分别为 54m 和 56m，采用自升式平台翻模进行墩台施工。9<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>为园端形空心墩，墩身高度分别为 51m 和 42m，也采用自升式平台翻模法施工。

其它墩身采用拼装式钢模板，碗扣式脚手架，缆索吊起重、泵送混凝土的施工方法。

### (3)、主跨梁部施工技术

梁部 0<sup>#</sup>段施工采用墩身预埋牛腿，墩顶搭设托架，立模灌注；在 0<sup>#</sup>块梁顶拼装挂篮，利用挂篮悬灌施工标准段，利用吊篮合拢中跨，边墩搭设支架施工边跨不平衡段，最后合拢边跨。

### 3.3 现场布置

#### (1)、缆索吊布置

本桥沿纵轴线设置  $3 \times 750\text{m}$  缆索吊作为主要的物资起重和过江运输设备，每组最大净吊重 15 吨，可采用三抬一、二抬一或单组起吊的形式进行吊运。缆索吊机的总体布置见图 YH6.7-3。

#### (2)、施工便道与施工栈桥及平台

渝岸和怀化岸，分别修筑施工便道，为适应坡形，采取依山盘旋降坡的方法布置施工便道，宽度为 2.5m。引入便道总长为 1000m。便道通过栈桥连接到施工平台。搭设位置：渝岸为 6<sup>#</sup>墩搭设至 7<sup>#</sup>墩，怀化岸 11<sup>#</sup>墩搭设至 8<sup>#</sup>墩，栈桥总长 150m。栈桥采用军用梁和钢管立柱组拼，方木与圆木铺面，上述便道宽度按 2.5 m 施工。施工栈桥结构见图 YH6.7-8。考虑能够在一般水位时能够进行墩身上部施工，计划修筑施工平台，以便施工人员和小型机具靠近墩位，平台采用钢管桩和型钢搭设。

#### (3)、拌合站及砼输送设备

计划在怀化岸 10<sup>#</sup>墩与 11<sup>#</sup>墩之间的路基范围内设拌合能力为  $25\text{m}^3/\text{h}$  的拌合站一座，重庆岸在 5<sup>#</sup>墩与 6<sup>#</sup>墩之间的路基范围内设拌合能力为  $25\text{m}^3/\text{h}$  的拌合站一座。混凝土输送泵二台，完成混凝土的生产和运输。

#### (4)、施工用电用水设施

在怀化端挂接一台 315KVA 变压器，采用网电，重庆端施工采用电缆过江，现场备两台 250KW 发电机作备用电源。变电、配电房设计为  $20\text{m}^2$ 。

#### (5)、净化水池

在江两岸各修建  $200\text{m}^2$  净化水池一座，施工、生活废水经净化水池净化后排入乌江。

#### (6)、塔吊、工业电梯

在每个主墩的承台上安装塔吊和电梯的底座，塔吊的能力不小于 80 T-M。

#### (7)、其他临时设施见图 YH6.7-15。

### 3.4 基础施工工艺

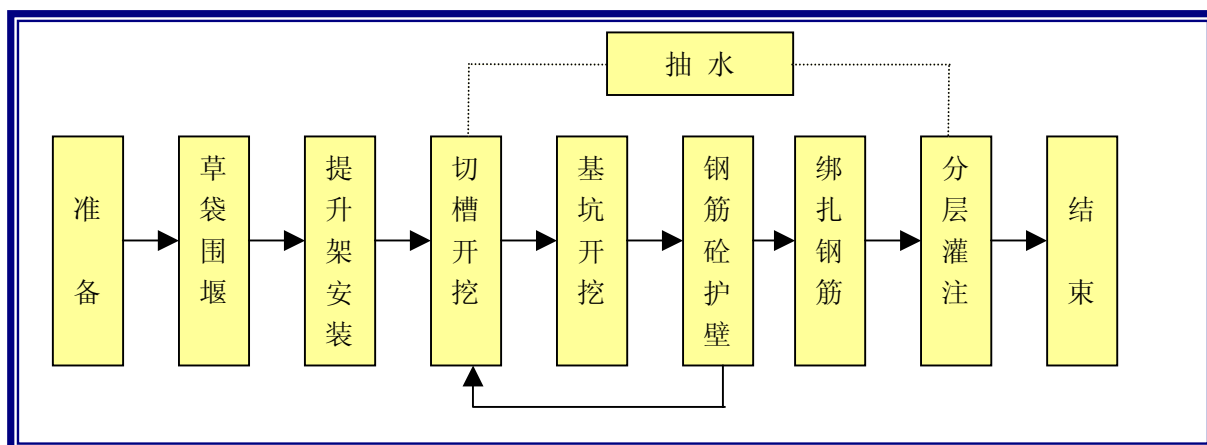
#### (1)、钻孔桩施工工艺

钻孔桩施工方法及施工工艺见 6.7.2.4 节。

#### (2)、嵌固式基础施工工艺

根据该桥主墩的地质水位情况，拟利用枯水季节进行基础工程施工。因该位置主要为裸露基岩，清理场地时，尽量把基础顶面的软弱土覆盖层全部清除掉，以利于挖井及后续墩身施工。

## 嵌固式基础施工工艺流程



上述工艺要求是：

### ①、草袋围堰施工

采用草袋装土，按定位线绳分层码放，内外层草袋之间填粘土并捣实。施工高度根据基础施工水位及可能发生的短汛水位具体确定，施工宽度根据水压力情况作施工设计。施工时注意围堰底部清理，防止底部漏水。

### ②、开挖施工

采用切槽预裂爆破法开挖，配合风镐施工。爆破钻眼采用风镐钻眼，预裂法爆破；提升基础土石方采用专用提升架。施工时注意保护坑壁。

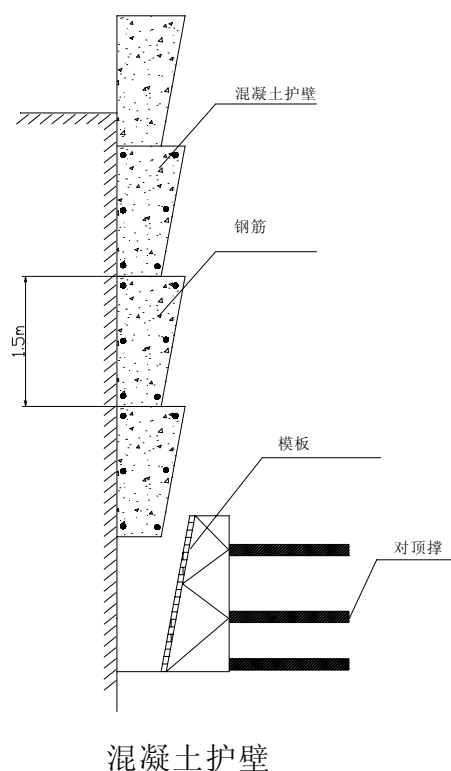
### ③、钢筋混凝土护壁

基坑开挖时，开挖一段防护一段，每次防护高度控制在 1~1.5m 范围内，防护厚度严格按设计要求控制。护壁混凝土采用组合钢模，利用提升架供应混凝土，插入振捣。护壁呈倒刺状，以便混凝土入模。施工时注意抽水和人员上下的安全。

### ④、基础钢筋绑扎

混凝土施工按普通钢筋绑扎方法施工。因分层分次浇注混凝土，可以分层绑扎钢筋；绑扎时需搭设钢管脚手架，并对钢筋作稳定加固。混凝土分层分次浇注，可以避免一次浇注产生的水化温度，有效防止大体积混凝土易产生温度裂缝。混凝土采用提升架输送，人工手持震动棒振捣。施工时注意分层时接缝质量，防止泥浆聚积形成夹层，分层厚度不超过 3m，底部混凝土达到 80%强度后，便可浇注上一层混凝土。

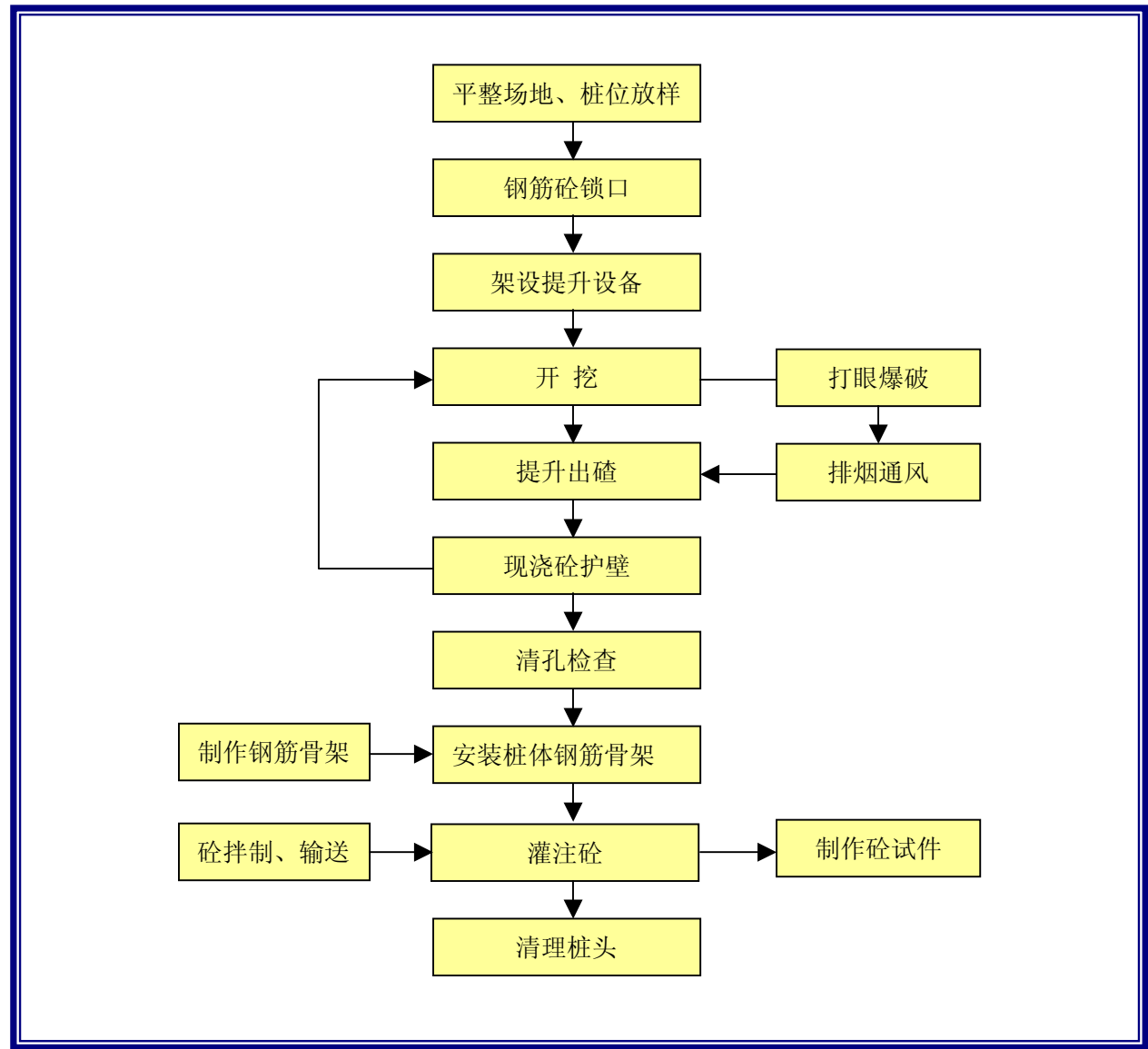
嵌固式基础施工中还必须控制地表水侵入及地下水的排水；注意施工中的护壁安全和上下作业安全。



(3)、挖孔桩施工工艺

桩位的开挖按先开挖中孔，后四周各孔，交错或对角线的顺序进行施工。挖土时以人工开挖为主，辅以风镐。挖石时采用内空压机供风，风枪打眼，潜眼小药量松动爆破，眼深视地质情况而定，硬岩时不超过 0.4m，软岩时不超过 0.8m，电雷管起爆，并做好通风、排烟工作。挖孔时，先做好 1m 深 30cm 厚 C<sub>20</sub> 钢筋砼锁口，然后再随挖随护，护壁采用 20cm 厚 C<sub>20</sub> 砼，护壁直至基岩面。开挖过程中经常检查桩孔的尺寸和平面位置，挖孔至设计标高后，清理孔底，经检查符合设计要求后及时安装桩体钢筋笼，灌注桩身砼。灌注砼采用串筒，砼自由跌落高严格控制在 2m 以内。

挖 孔 桩 施 工 工 艺 流 程 图



(4)、明挖扩大基础、承台施工工艺

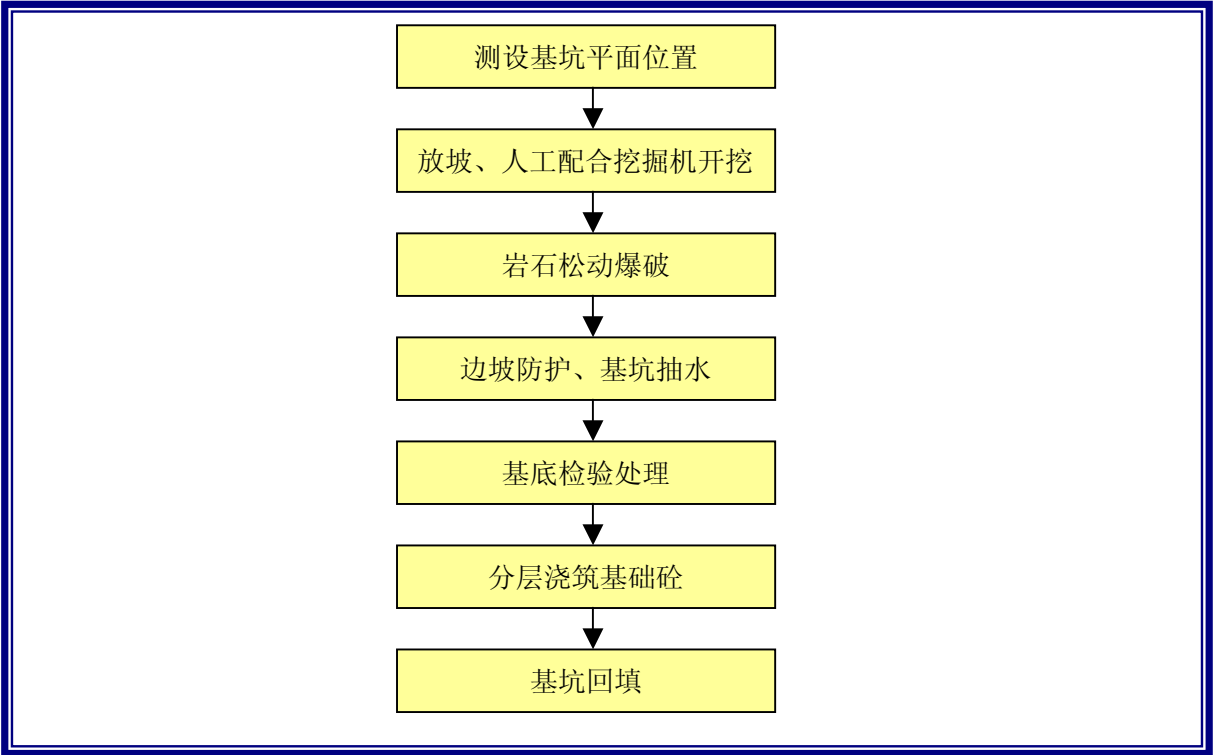
基坑开挖前，先做好场地平整，并做好弃土规划，四周做好防排水沟。当基坑开挖深度超过 5m 时，采取中间加设 2.0m 宽的平台减载措施。

根据设计资料，基坑地层多为卵石土和砂粘土。基坑开挖时，主要以机械开挖，挖至设计基底以上 0.2m 处，剩余部分由人工挖除。如地质坚硬时，采用小炮爆配合开

挖，但不能扰动基底。基坑开挖好后加强排水，可设集水井抽水机抽水。边坡不稳定的基坑采用挡板支撑。处于陡坡上的基坑为防止边坡滑塌，采取挂网喷砼防护，或砌片石挡墙防护。

基坑开挖好后及时进行基础砼的浇筑。砼采取水平分层浇筑，最下层混凝土要满灌封闭。基础砼浇筑完毕，及时回填基坑。回填前先抽干基坑内积水，再对称分层夯填。混凝土的数量较大，施工时要采取一些措施避免水泥水化热的影响，如降低水灰比，采用“双掺”工艺，减少水泥用量；用水化热低的矿渣水泥，用冷水冲粗骨料，布置降温循环管及利用夜间施工等措施。

明挖扩大基础、承台施工工艺流程图



### 3.5 墩身施工工艺

XXX 江大桥主墩为混凝土双壁墩，拟采用液压式自升平台翻动模板双壁同时进行施工。模板采用自制的大块钢模。

除了模板的几何尺寸外，本桥的自升平台翻动模板与 XX 江大桥的完全相同，有关的施工方法、施工工艺均参见 XX 江大桥有关部分。

#### 横系梁施工

横系梁采用预埋牛腿进行施工。待翻模平台提升超过横系梁位置后，清理预埋件，安装牛腿和横系梁底模桁架，同时拆除翻模直线段部分吊架和模板，利用横系梁底模桁架搭设作业平台，安装横系梁侧模，绑扎钢筋，然后灌注砼。待横系梁施工过后，再将翻模上拆除的吊架和模板安装就位，进入正常循环。

### 3.6 连续刚构施工工艺



本桥主跨为三跨连续刚构，采用悬臂现浇法施工。在两主墩顶部各搭设托架立模灌注梁部 0<sup>#</sup>块，在 0<sup>#</sup>段梁体上拼装挂篮，利用挂篮悬臂对称灌注施工各梁段，形成 T 构，合拢中跨，边墩顶部搭设托架施工边跨不平衡段，最后合拢边跨。本桥梁部的施工方法施工工艺基本同于 XX 江大桥的相关方法和工艺。

(1)、0<sup>#</sup>块施工工艺

通过预埋在墩身的牛腿、拆装式桁梁拼成 0<sup>#</sup>块施工托架，每侧 I40 工字钢做分配梁（见图 YH6.7-17）。0<sup>#</sup>块施工的其他方法和工艺见 XX 江大桥 0<sup>#</sup>块施工。

(2)、梁体标准段施工工艺

方法和工艺见 XX 江大桥梁体标准段施工。

(3)、中跨合拢段施工工艺

首先将 T 构挂篮退后一个节段，利用边跨挂篮的外模、底模作边跨合拢段的外模、底模，模板通过精轧螺纹钢锚固于既有梁体上。对合拢段进行锁定，利用边跨梁段上的配重水箱，在砼灌注过程中逐渐压重，以平衡中跨合拢段混凝土重量。

合拢段的锁定方案和灌注工艺见 XX 江大桥相关部分。

(4)、边跨不平衡段、边跨合拢段施工

拆除边跨压重，利用挂篮悬灌边跨 17<sup>#</sup>梁段，同时在两个 T 构的中跨逐渐压重至 85T，以平衡边跨的砼灌注。在两边跨 6、9<sup>#</sup>墩安设橡胶支座，利用预压后的托架灌注 19<sup>#</sup>段。

拆除挂篮，边跨挂篮模板用做合拢段的外模和底模，在 17、19<sup>#</sup>梁段上安装体外锁定装置，绑扎钢筋，灌注砼。灌注同时在中跨逐渐拆除压重。

(5)、刚构连续梁的线形控制详见 XX 江大桥相关部分。

3.7 动静载试验

为了检测施工质量，并为设计和科研单位提供一手资料，在桥梁施工完成后，要对桥梁进行动静载试验。有关详细试验方法同 XX 江大桥。

3.8 施工进度计划

序号	施工项目	开工时间	完工时间	备注
1	施工准备	2001.1.1	2001.3.31	工期未包括桥面系和附属工程
2	缆索吊	2001.4.1	2001.6.30	
3	边墩、桥台基础	2001.4.1	2001.11.30	
4	边墩、桥台身	2001.6.1	2002.3.30	
5	主墩基础	2001.9.1	2002.2.28	
6	主墩墩身	2002.3.1	2002.10.30	
7	连续刚构梁	2003.4.1	2004.2.28	



### 3.9 劳动力、机具、材料配备

劳力组织：由刚构连续梁桥梁一队施工，基础、墩台身由桥梁三队施工。

序号	工种	桥梁一队（人）	桥梁三队（人）	备注
1	钢筋工	24	12	持证
2	架子工	20	16	持证
3	电焊工	20	12	持证
4	混凝土工	32	12	持证
5	起重工	10	10	持证
6	测量工	2	2	持证
7	机械司机	6	6	持证
8	电工	2	2	持证
9	合计	116	72	持证

主要施工机具、材料如下表：

序号	名称	规格型号	单位	数量
1	发电机	250(KW)	台	2
2	内燃/电动压风机	(12/6m <sup>3</sup> )	台	3/2
3	挖掘机	CAT-320L	台	2
序号	名称	规格型号	单位	数量
4	推土机	T180A	台	2
5	装载机	ZL40D	台	2
6	吊车	QY20/QY16	台	1/1
7	抽水机	6 级电动	台	6
8	索道塔架	钢材	T	70
9	高架缆索吊	3X750m	套	1
10	砼输送泵	(60m <sup>3</sup> /h)	台	2
11	工业电梯/塔吊		台	2/2
12	混凝土拌合站	(25m <sup>3</sup> /h)	台	2
13	混凝土运输车	6m <sup>3</sup>	台	2
14	钢筋对焊机	100 型	台	2
15	钢筋调直机	XF4-14	台	2
16	电弧焊机	400 型	台	12
17	挂篮	LQ-200	套	4

18	卷扬机	JK-2T/JK-ST	台	2/4
19	弯筋机	40 型	台	2
20	切筋机	40-2 型	台	2
21	污水泵		台	2
22	张拉千斤顶	YCW350/YCW250	台	8/4
23	张拉千斤顶	YCW100/YC-60A	台	4/4
24	钻机	CJF-15 =1.5m	台	4
25	翻模	三级	套	2
26	电动油泵	ZBF-4-50	台	4
27	拼装式桁梁			100
28	捣固器	插入式	台	20
29	空压机	20m <sup>3</sup>	台	2
30	风枪		把	5
31	风镐		把	5
32	型钢		T	100

## 4 一般特大桥、大桥施工方案与方法

### 4.1 XX 线特大桥施工

#### (1)、工程概况

XX 线特大桥中心里程为 DK237+470, 设计跨径为  $17 \times 32\text{m}$ , 下部结构为多线刚架墩、T 形桥台, 墩高  $8 \sim 43\text{m}$ ; 基础除怀化台为扩大基础外均为钻孔桩基础。该桥设计有  $\Phi 1.5\text{m}$  的钻孔桩 196 根, 桩长  $9 \sim 19\text{m}$  不等, 桩基嵌岩深度约  $3 \sim 9\text{m}$ 。工程地质主要为人工碎石土、砂粘土、卵石土、砂粘土, 下伏泥质砂岩。

#### (2)、资源配备

##### ①、施工劳动力组织

XX 线特大桥由桥梁三队施工。

##### ②、主要机械配备

XX 线特大桥施工机械大部分与 XXX 江特大桥配合使用, 详见机械设备配备表。

#### (3)、施工场地布置

施工便道同 XXX 江特大桥重庆侧便道连通,  $8^\#$ 、 $9^\#$ 、 $10^\#$ 墩处设置便桥一座, 同时本桥地处乌江水系, 雨季洪水期间存在着乌江江水倒灌现象, 临时设施布置时注意。

各种临时设施布置见图 YH6.3-2。

#### (4)、施工进度计划

根据招标文件要求, 同时考虑到当地水文、气候的影响, XX 线特大桥计划于 2002 年 10 月 1 日开工, 全部工程于 2004 年 3 月 30 日完成。

2002 年底至 2003 年汛期前突击  $8^\#$ 、 $9^\#$ 、 $10^\#$ 墩, 以  $9^\#$ 墩为中心向两侧展开, 避免雨季洪水影响, 做到均衡生产。

#### (5)、砼供应

本桥所需砼采用 XXX 江特大桥重庆侧自动计量拌合站拌合, 砼搅拌运输车运输, 砼输送泵运输浇注。

#### (6)、施工方案

①、钻孔桩主要采用 CZ-30 型冲击钻进行钻孔作业, 钢护筒泥浆护壁法进行施工。水中采取草袋围堰、筑岛修筑钻孔作业平台, 进行钻孔桩施工。

②、水中  $8^\#$ 、 $9^\#$ 、 $10^\#$ 墩桩基础安排在旱季进行施工, 以减少施工投入。

③、双柱刚架墩施工时对墩高大于  $25\text{m}$  的桥墩采用液压式自升平台翻模进行施工, 钢筋及施工用各种小机具采用塔吊进行垂直运输, 塔吊位于两墩柱中间, 并与墩柱附着连接, 下部混凝土基础, 塔吊与翻模工作平台最外侧边净间距  $20\text{cm}$ , 塔吊上端安装摇头扒杆, 塔吊一侧设工业电梯以供人员上下。墩高小于  $25\text{m}$  的墩柱采用大块定型钢模板、脚手架围护作业等常规方法进行施工, 钢筋及施工用各种小机具采

用提升架或吊车进行垂直运输，脚手架一侧设爬梯以供人员上下。

#### (7)、施工工艺

钻孔桩、承台施工工艺参见 XX 江大桥施工工艺 6.7.2.4 节。

墩台施工工艺参见 XX 江大桥施工工艺 6.7.2.5 节。

横系梁施工工艺参见 XXX 江特大桥施工工艺 6.7.3.5 节。

#### (8)、台背回填

见 6.8.3.1 台背回填。

## 4.2 XX 双线大桥施工

#### (1)、工程概况

XX 双线大桥中心里程为 DK216+852, 设计跨径为  $2 \times 24 + 3 \times 32\text{m}$ , 下部结构为双柱式刚架墩、T 形桥台，墩高 12~18m，基础为：0<sup>#</sup>台、3<sup>#</sup>墩挖孔桩，其余为扩大基础。工程地质主要为碎石土、砂粘土，下伏叶岩及灰岩。

#### (2)、资源配备

##### ①、施工劳动力组织

本桥由桥梁二队施工。

##### ②、主要机械配备

XX 双线大桥施工机械大部分与 XX 江大桥配合使用，详见机械设备表 6.4-1。

#### (3)、施工场地布置

各种临时设施布置见图 YH6.3-1。

#### (4)、施工进度计划

根据招标文件要求，同时考虑到当地水文、气候的影响，计划于 2001 年 4 月 1 日开工，全部工程于 2001 年 10 月 30 日完成。

#### (5)、施工方案

##### ①、挖孔桩

挖孔桩、明挖扩大基础、承台施工主要施工工艺详见 XXX 江特大桥施工工艺 6.7.3.4 节；0<sup>#</sup>台、3<sup>#</sup>墩挖孔桩通过岩溶地段，注意及时采用钢筋混凝土护壁。

②、墩台施工工艺均参见 XX 江大桥有关部分。

#### (6)、台背回填

见 6.8.3.1 节台背回填。

5 桥梁综合施工安排

本标段四座桥梁综合安排如下：

5.1 人员、机具配备

人员配备：

单位	人数（人）	施工任务
桥梁一队	150	XX 江大桥及 XXX 江特大桥的连续刚构施工
桥梁二队	120	XX 江大桥和 XX 双线桥梁部以下的施工任务
桥梁三队	320	XXX 江特大桥和 XX 线特大桥梁部以下的施工

主要机械配备：

	名 称	单位	XX 江大桥	XXX 江特大桥	XX 线特大桥	XX 双线桥	合计
1	缆索吊	座	1	1			2
2	拌合站	座	2	2	与 XXX 江大桥 共用	与 XX 江大桥 共用	4
3	工业电梯	座	2	2			4
4	塔吊	座	2	2			4
5	平台翻模	套	2	2	1		5
6	菱形挂篮	套	4	与 XX 江大桥 共用			4
7	砼输送泵	台	2	2	与 XXX 江特大 桥共用	与 XX 江大桥 共用	4

备注：挂篮在乌江大桥连续刚构施工完毕，挂篮的内外模板需重新制作，部分构件要改变。

5.2 施工顺序

进场后, 尽快完成便道、便桥、水、电等临时工程的施工，缆索吊、混凝土输送泵、混凝土拌合站等设备要尽快引入，为施工创造条件。XX 江大桥和 XXX 江特大桥两主墩的基础施工会受到汛期洪水的严重影响，要首先开工，而且必须在本年度的枯水期内完成基础施工，两座桥主墩墩身也要施工到乌江常年洪水位以上，以保证连续刚构的施工不再受洪水的影响。

下面结合施工队伍施工流向说明施工顺序：

桥一队：XX 江大桥连续刚构施工→XXX 江特大桥连续刚构施工。

桥二队：XX 江大桥主墩基础→XX 江大桥主墩墩身→XX 江大桥 0<sup>#</sup>台、1<sup>#</sup>墩、4<sup>#</sup>台基础→XX 双线桥基础→XX 双线桥墩身。

桥三队：XXX 江特大桥主墩基础→XXX 江特大桥主墩墩身→XX 线特大桥基础→XX 线特大桥墩身。

### 5.3 施工工期安排

序号	施工项目	开工时间	完工时间	备注
1	施工准备	2001.1.1	2001.3.31	四座桥
2	缆索吊	2001.4.1	2001.6.30	黄草、下塘口
3	XX 江大桥	2001.10.1	2003.6.30	不含桥面系
4	XXX 江特大桥	2001.10.1	2004.2.28	不含桥面系
5	XX 双线大桥	2001.3.1	2001.10.30	不含桥面系
6	XX 线特大桥	2002.10.1	2004.3.30	不含桥面系

## 6 不良气候条件下的桥涵施工措施

### 6.1 雨季施工措施

本地区平均气温较高、降雨天气较多，集中在 6-9 月份，对桥涵施工有一定的影响，施工中我们将采取如下措施保证工程质量：

(1)、编制雨季施工方案和技术设计，为雨季施工提供技术保证。水中、水边墩台避开汛期施工；

(2)、做好防洪、排水措施，做好低洼地面的挡水墙，备好排水机具，防止雨水流入基坑淹泡地基。在傍山、沿河地段采取挖截水沟和防洪墙的方法防止山洪冲刷；

(3)、主要施工便道路基要碾压坚实，必要时铺垫碎石、片石，并做好路拱，疏通道路两旁排水沟，保证雨后通行不陷；

(4)、注意防潮，水泥、外加剂等物资要存放置屋内、棚内，垫高码放并保证通风良好，以防受潮；

(5)、基坑开挖好后，及时浇筑混凝土；

(6)、进入雨季施工，对电焊工、电工、外架工以及吊车司机等持证上岗人员，进行雨季施工安全技术交底。工地用电机具、配电盘、配电箱做好防雨措施，做好接地，防止雨淋。

(7)、遇特大汛时，拆除栈桥，加固塔吊、电梯，暂停施工，汛走后迅速

恢复施工。

## 6.2 冬季施工措施

本标段冬季不安排基础以上砼施工，若在冬期施工基础时，采取如下措施：

(1)、安排专人观测汇总气温,及时反馈到施工现场，供施工参考。

(2)、编写冬季施工技术措施或方案，指导施工生产；

(3)、混凝土配合时，优化选用硅酸盐水泥，水灰比不宜大于 0.6，水泥用量不少于  $300\text{Kg}/\text{m}^3$ ，用于拌制砼的各项材料的温度，要满足砼拌合物拌合成后所需的温度。当材料原有温度低于需要时，首先考虑对拌合用水进行加热，再考虑对骨料加热，水泥要保温，不加热。

各种材料加热的最高温度控制如下：标号小于 525<sup>#</sup>的普通水泥及矿渣水泥，拌合水最高温度  $80^{\circ}\text{C}$ ，骨料  $60^{\circ}\text{C}$ ，标号等于或大于 525<sup>#</sup>的硅酸盐水泥及普通水泥时，拌合水最高温度为  $60^{\circ}\text{C}$ ，骨料最高为  $40^{\circ}\text{C}$ 。搅拌时间应较常温时延长 50%。混凝土浇筑完毕后及时进行覆盖保温。

(4)、锥体护坡砌体工程施工中，砂浆采用温水拌制，加适量抗冻剂，适当延长搅拌时间，基础砌体应随砌随回填，每天施工结束后，清除表面剩余砂浆，覆盖保温材料。

(5)、不在强冻胀土路基上施工。

(6)、施工机具采取防冻措施，确保施工机具正常安全运行。

## 6.3 夜间施工措施

为保证桥涵施工进度，不可避免的要安排夜间施工。其措施如下：

(1)、做好现场的照明工作，保证施工现场有足够的照明亮度和照明范围。交通路段的线路两端一定范围内，设置警戒标志，保证交通安全；

(2)、管理人员跟班作业，保证各种材料、设备供应及时，技术指导和试验检测工作到位；

(3)、做好后勤保障工作；

(4)、加强现场电路、机具设备和施工安全的管理工作。