

1B413000 桥梁工程

城市桥梁工程

桥梁的定义：

桥梁是在道路路线遇到江河湖泊、山河深谷以及其他线路（铁路或公路）等障碍时，为了保证道路的连续性而专门建造的人工构造物。桥梁既要保证桥上的交通运行，也要保证桥下水流的宣泄、船只的同行或车辆的通行。



1B413000 桥梁工程

1B413010 桥梁构造

1B413020 常用模板、支架和拱架的设计与施工

1B413030 钢筋与混凝土施工技术

1B413040 桥梁基础工程施工技术

1B413050 桥梁下部结构施工技术

1B413060 桥梁上部结构施工技术

1B413070 大跨径桥梁施工

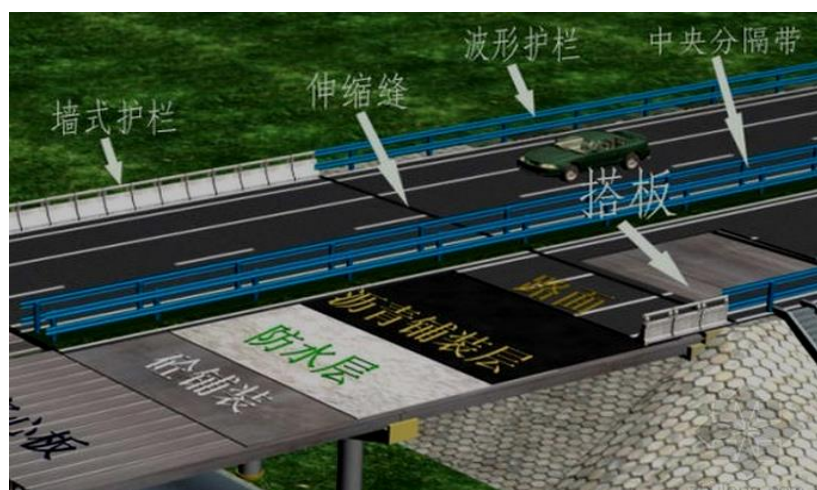
1B413011 桥梁的组成与类型

一、桥梁组成

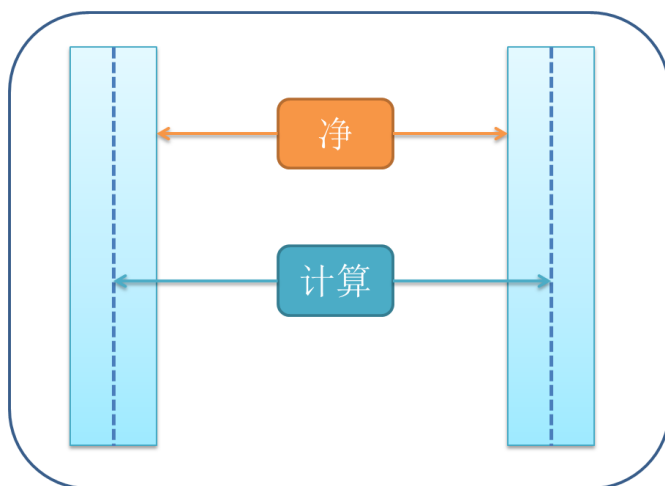
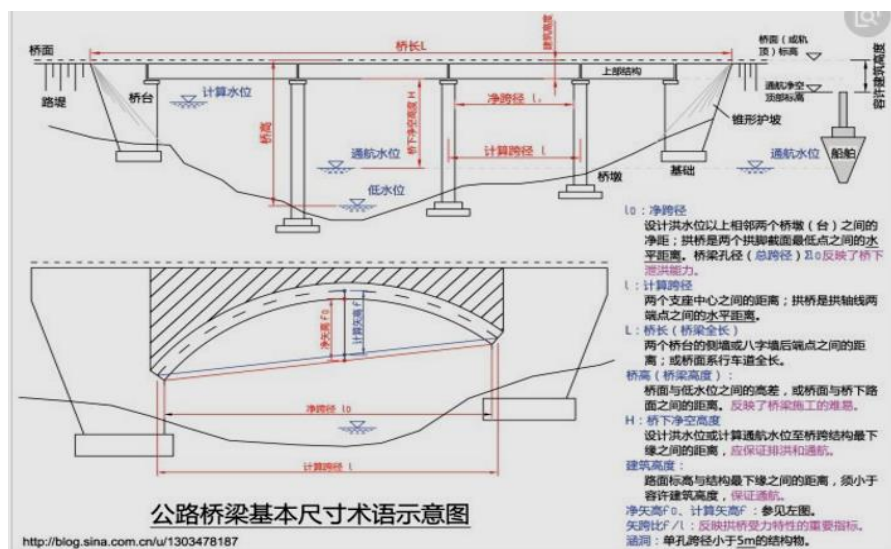
桥梁由上部结构、下部结构（桥墩、桥台、基础）、支座系统和附属设施四个基本部分组成。



桥梁附属设施包括桥面系、伸缩缝、桥头搭板和锥形护坡等，桥面系包括桥面铺装（或称行车道铺装）、排水防水系统、栏杆（或防撞栏杆）、灯光照明等。



二、相关尺寸术语



三、桥梁的分类

(一) 按桥梁的结构分类

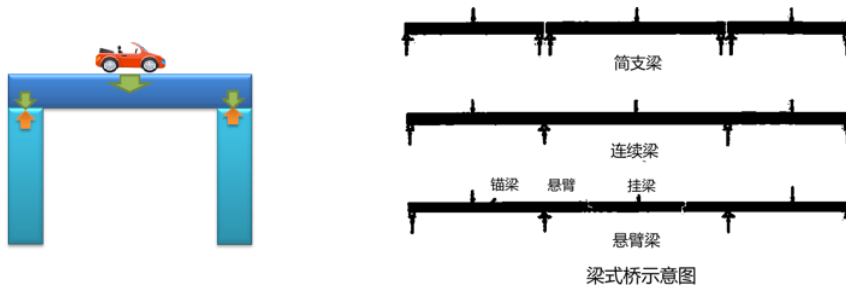
按结构体系划分, 有梁式桥、拱桥、刚架桥、悬索桥四种基本体系。

组合体系: 连续刚构; 梁、拱组合体系; 斜拉桥。



1.梁式体系

梁式体系的承重结构是以梁的抗弯能力来承受荷载的。



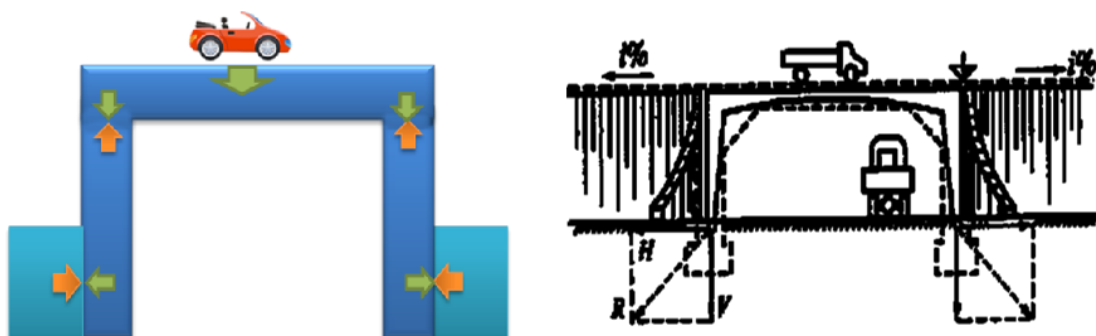
2.拱式体系

拱式体系的主要承重结构是拱肋(或拱箱),以承压为主,可采用抗压能力强的圬工材料(石、混凝土与钢筋混凝土)来修建。



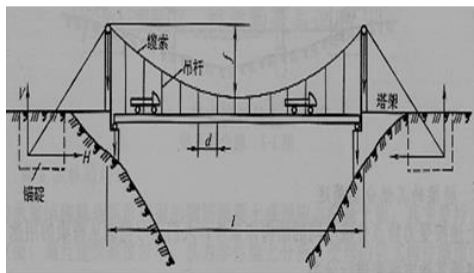
3.刚架桥

刚架桥是介于梁与拱之间的一种结构体系,它是由受弯的上部梁(或板)结构与承压的下部柱(或墩)整体结合在一起的结构。



4.悬索桥

悬索桥指以悬索为主要承重结构的桥。



5.组合体系

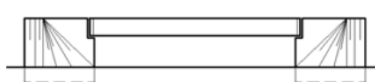
(1) 连续刚构

(2) 梁、拱组合体系

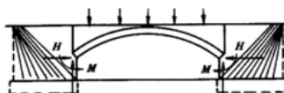
(3) 斜拉桥



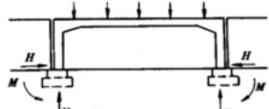
(h) 连续刚构桥



梁桥简图



拱桥简图



刚架桥简图



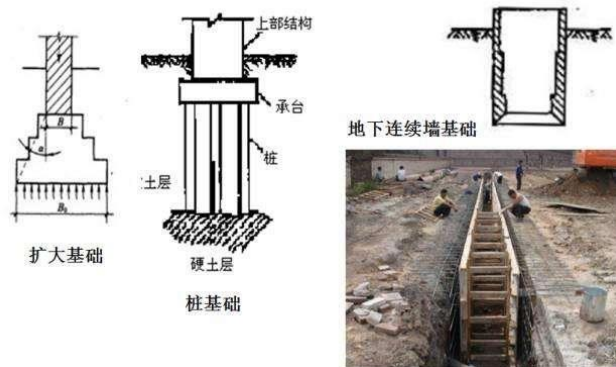
悬索桥简图



斜拉桥简图

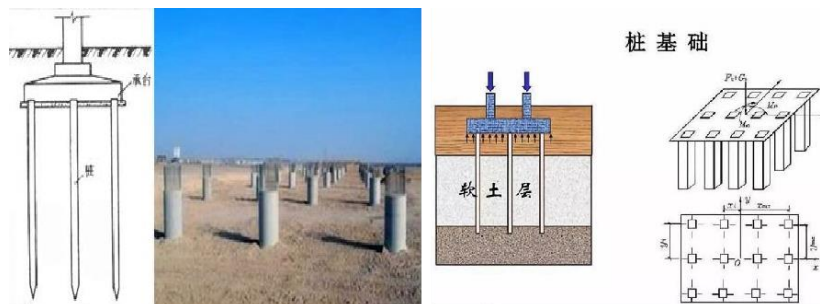
一、扩大基础

适用于地基承载力较好的各类土层。



二、桩基础

桩基础是深入土层的柱形结构,其作用是将作用于桩顶以上的结构物传来的荷载传到较深的地基持力层中去。



1. 桩的分类

(1) 按桩的使用功能分类

竖向抗压桩、竖向抗拔桩、水平受荷桩、复合受荷桩。

(2) 按桩承载性能分类

摩擦桩、端承桩、摩擦端承桩、端承摩擦桩

(5) 按施工方法分类

可分为沉桩（锤击沉桩法、振动沉桩法、射水沉桩法、静力压桩法）、钻孔灌注桩、挖孔桩。

(1) 按桩的使用功能分类

①竖向抗压桩：主要承受竖向下压荷载（简称竖向荷载）的桩，应进行竖向承载力计算，必要时还需计算桩基沉降，验算软弱下卧层的承载力以及负摩阻力产生的下拉荷载。

②竖向抗拔桩：主要承受竖向上拔荷载的桩。

③水平受荷桩：主要承受水平荷载的桩，应进行桩身强度和抗裂验算以及水平承载力和位移验算。

④复合受荷桩：承受竖向、水平荷载均较大的桩，应按竖向抗压（或抗拔）桩及水平受荷桩的要求进行验算。

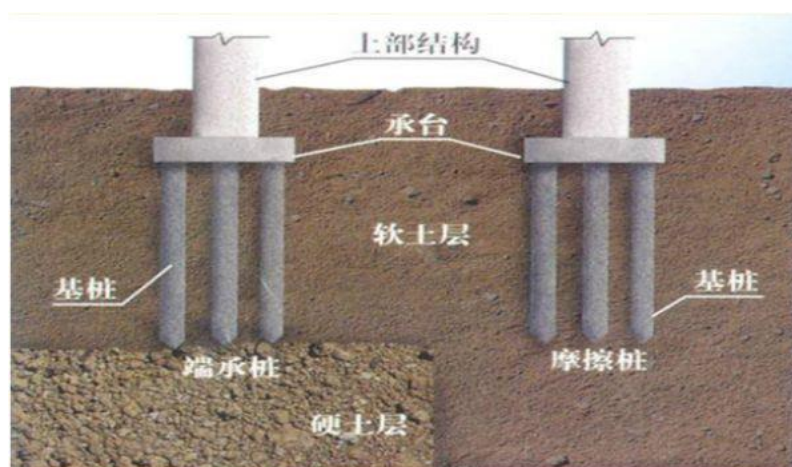
(2) 按桩承载性能分类

①摩擦桩：当软土层很厚，桩端达不到坚硬土层或岩层上时，则桩顶的极限荷载主要靠桩身与周围土层之间的摩擦力来支承。

②端承桩：桩穿过软弱土层，桩端支承在坚硬土层或岩层上时，则桩顶极限荷载主要靠桩尖处坚硬岩土层提供的反力来支承。

③摩擦端承桩：桩顶的极限荷载由桩侧阻力和桩端阻力共同承担，但主要由桩端阻力承受。

④端承摩擦桩：桩顶的极限荷载由桩侧阻力和桩端阻力共同承担，但主要由桩侧阻力承受。



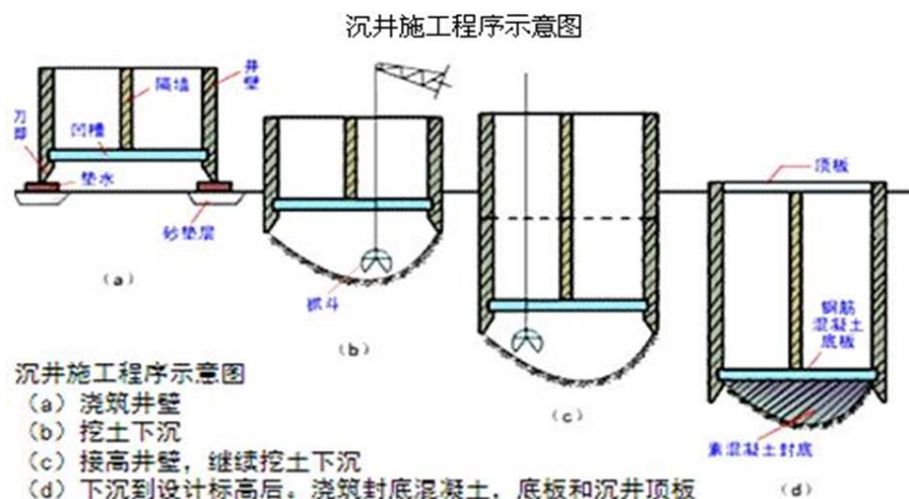
三、沉井

沉井基础是一种断面和刚度均比桩要大得多的井筒状结构，是依靠在井内挖土，借助井体自重及其他辅助措施而逐步下沉至预定设计标高，最终形成的一种结构深基础形式。

沉井基础刚度大，有较大的横向抗力，抗振性能可靠，尤其适用于竖向和横向承载力大的深基础。

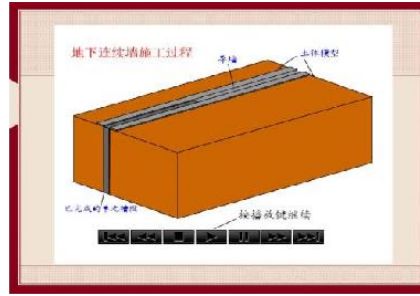


三、沉井



四、地下连续墙

地下连续墙是采用膨润土泥浆护壁，用专用设备开挖出一条具有一定宽度与深度的沟槽，在槽内设置钢筋笼，采用导管法在泥浆中浇筑混凝土，筑成一单元墙段，依次顺序施工，以某种接头方法连接成的一道连续的地下钢筋混凝土墙。



地下连续墙具有多功能性，可适用于各种用途，通常可作为基坑开挖时防渗、挡土，或挡水围堰，或邻近建筑物基础的支护，或直接作为承受上部荷载的基础结构。地下连续墙可用于除岩溶和地下承压水很高处的其他各类土层中施工。



1B413013 桥梁下部结构分类和受力特点

一、桥梁下部结构分类

公路桥梁下部结构可分为重力式桥墩、重力式桥台、轻型桥墩、轻型桥台。

(一) 重力式墩、台

重力式桥墩与重力式桥台的主要特点是靠自身重量来平衡外力而保持其稳定。它适用于地基良好的大、中型桥梁，或流冰、漂浮物较多的河流中。

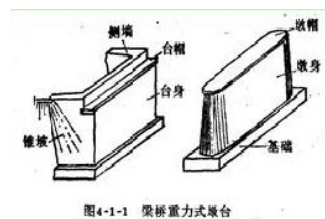
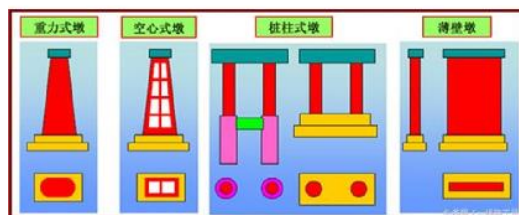


图4-1-1 梁桥重力式墩台

(二) 轻型墩、台

1. 梁桥轻型桥墩、台

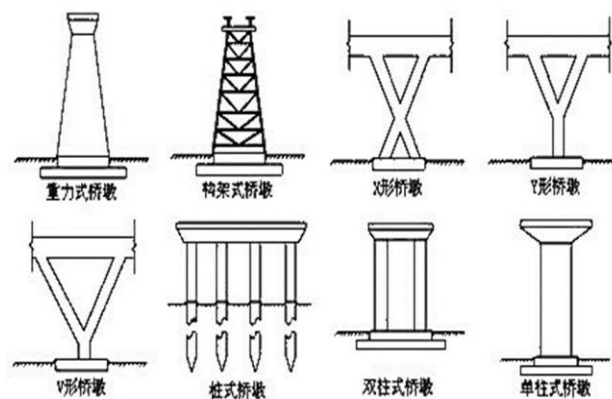
(1) 梁桥轻型桥墩

① 钢筋混凝土薄壁桥墩

② 柱式桥墩

③ 钻孔桩柱式桥墩

④ 柔性排架桩墩



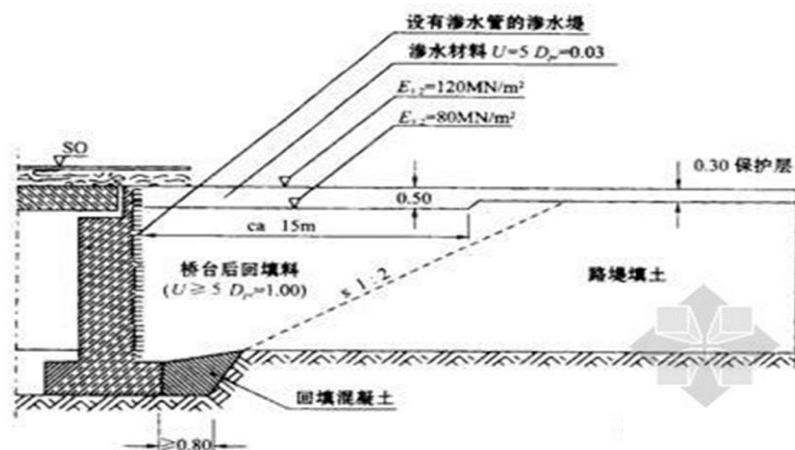
① 钢筋混凝土薄壁桥墩：施工简便，外形美观，过水性良好，适用于地基土软弱的地区。

② 柱式桥墩：外形美观，均工体积小，而且重量较轻。

③ 钻孔桩柱式桥墩：适合于多种场合和各种地质条件。

④ 柔性排架桩墩：优点是用料省、修建简便、施工速度快。主要缺点是用钢量大，使用高度和承载能力受到一定限制。因此它只适合于在低浅宽滩河流、通航要求低和流速不大的水网地区河流上修建小跨径桥梁时采用。

桥台：



(2)梁桥轻型桥台

①设有支撑梁的轻型桥台

②埋置式桥台

③钢筋混凝土薄壁桥台

④加筋土桥台

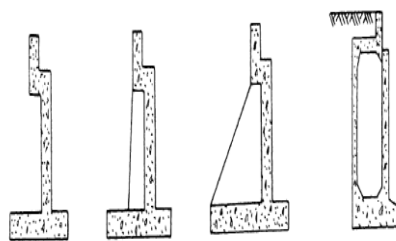


图 7-31 薄壁轻型桥台

2.拱桥轻型桥墩、台

(1)拱桥轻型桥墩

①带三角杆件的单向推力墩

②悬臂式单向推力墩

(2)拱桥轻型桥台

①八字形桥台

②U 字形桥台

③背撑式桥台

④靠背式框架桥台

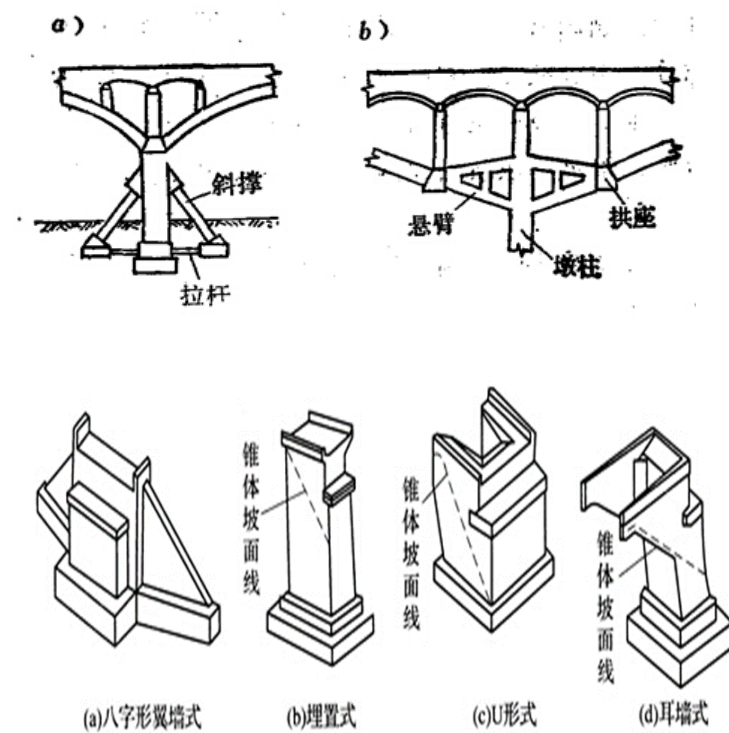


图 2.2.12 桥台形式示意图

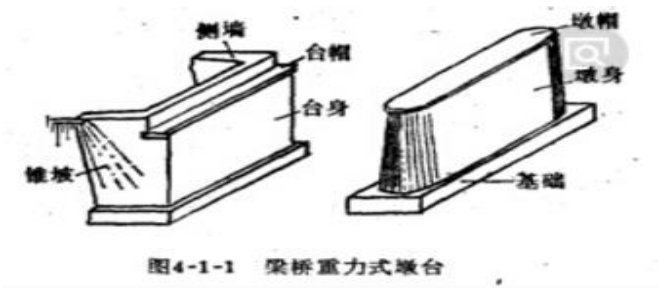
二、桥梁下部结构的构造特点与受力特点

(一) 桥梁下部结构的构造特点

1.重力式桥墩：梁桥重力式桥墩由墩帽、墩身、基础等组成。

2.重力式桥台 (U 形桥台)：由台帽、背墙、台身（前墙、侧墙）、基础、锥坡等几部分组成。

背墙、前墙与侧墙结合成一体，兼有挡土墙和支撑墙的作用。



(二) 桥梁下部结构的受力特点

- 1、桥墩为多跨桥梁中的中间支承结构物，除承受上部结构产生竖向力、水平力和弯矩外，还承受风力、流水压力及可能发生的地震作用、冰压力、车辆和船只或漂流物的撞击力。
- 2、桥台设置在桥梁两端，除了支承桥跨结构外，又是衔接两岸接线路堤的构筑物；它既要能挡土护岸，又能承受台背填土及填土上车辆荷载所产生的附加土侧压力。

1B413015 桥梁计算荷载

一、桥梁设计作用的分类

公路桥涵设计采用的作用分为永久作用、可变作用和偶然作用和地震作用四类，规定于表 1B413015-1。

(二) 桥梁下部结构的受力特点

编号	作用分类	作用名称
1	永久作用	结构重力（包括结构附加重力）
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩、徐变作用
6		水的浮力
7		基础变位作用

8	可变作用	汽车荷载
9		汽车冲击力
10		汽车离心力
11		汽车引起的土侧压力
12		汽车制动力
13		人群荷载
14		疲劳荷载
15		风荷载
16		流水压力
17		冰压力
18		波浪力
19		温度（均匀温度和梯度温度）作用
20		支座摩阻力

21	偶然作用	船舶的撞击作用
22		漂流物的撞击作用
23		汽车撞击作用
24	地震作用	地震作用

1B413020 常用模板、支架和拱架的设计与施工

1B413021 常用模板、支架和拱架的设计

承包人应在制作模板、拱架和支架前 14d，向监理工程师提交模板、拱架和支架的施工方案，施工方案应包括工艺图和强度、刚度与稳定性等的计算书。经监理工程师批准后才能制作和架设。监理工程师的批准及制作、架设过程中的检查，并不免除承包人对此应 负的责任。



一、模板、支架和拱架的设计

(二) 设计荷载

1.计算模板、支架和拱架时，应考虑下列荷载并按表 1B413021-1 进行荷载组合：

(1) 模板、支架自重和拱架自重；

(2) 新浇筑混凝土、钢筋、预应力筋或其他圬工结构物的重力；

(3) 施工人员及施工设备、施工材料等荷载；



(4) 振捣混凝土时产生的振动荷载；

(5) 新浇筑混凝土对模板侧面的压力；

(6) 混凝土入模时产生的水平方向的冲击荷载；

(7) 设于水中的支架所承受的水流压力、波浪力、流冰压力、船只及其他漂浮物的撞击力；

(8) 其他可能产生的荷载，如风荷载、雪荷载、冬季保温设施荷载等。

模板结构名称	荷载组合	
	计算强度用	验算刚度用
梁、板和拱的底模板以及支承板、支架及拱等	(1) + (2) + (3) + (4) + (7) + (8)	(1) + (2) + (7) + (8)
缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱等的侧模板	(4) + (5)	(5)
基础、墩台等厚大建筑物的侧模板	(5) + (6)	(5)

(四) 强度及刚度要求

1.验算模板、支架及拱架的刚度时，其变形值不得超过下列数值：

- (1) 结构表面外露的模板，挠度为模板构件跨度的 $1/400$ ；
- (2) 结构表面隐蔽的模板，挠度为模板构件跨度的 $1/250$ ；
- (3) 支架、拱架受载后挠曲的杆件（盖梁、纵梁），其弹性挠度为相应结构跨度的 $1/400$ 。

1B413022 常用模板、支架和拱架的施工

一、模板的制作及安装

- 1.模板不应与脚手架连接（模板与脚手架整体设计时除外），避免引起模板变形。
- 2.基础侧模可在模板外设立支撑固定，墩、台、梁的侧模可设拉杆固定。
- 3.模板安装完毕后，应对其平面位置、顶部标高、节点联系及纵横向稳定性进行检查，签认后方可浇筑混凝土。
- 5.当结构自重和汽车荷载（不计冲击力）产生的向下挠度超过跨径的 $1/1600$ 时，钢筋混凝土梁、板的底模板应设预拱度，预拱度值应等于结构自重和 $1/2$ 汽车荷载（不计冲击力）所产生的挠度。纵向预拱度可做成抛物线或圆曲线。
- 6.后张法预应力梁、板，应注意预应力、自重和汽车荷载等综合作用下所产生的上拱或下挠，应设置适当的预挠或预拱。

一、模板的制作及安装

(五) 滑升、提升、爬升及翻转模板的技术要求（2020 年新增）

- 1.采用提升模板施工时，应设置脚手平台、接料平台、挂吊脚手及安全网等辅助设施。
- 2.采用翻转模板和爬升模板施工时，其结构应满足强度、刚度及稳定性要求。液压爬模应由专业单位设计和制造，并应有检验合格证明及操作说明书。施工应符合下列规定：
 - (1) 混凝土的强度应达到规定的数值后方可拆模并进行模板的翻转或爬架爬升。作用于爬

模上接料平台、脚手平台和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。

一、模板的制作及安装

(五) 滑升、提升、爬升及翻转模板的技术要求 (2020 年新增)

(2) 模板沿墩身周边方向应始终保持顺向搭接。在施工过程中，应随时检查爬模中线、水平位置和高程等，发现问题应及时纠正。



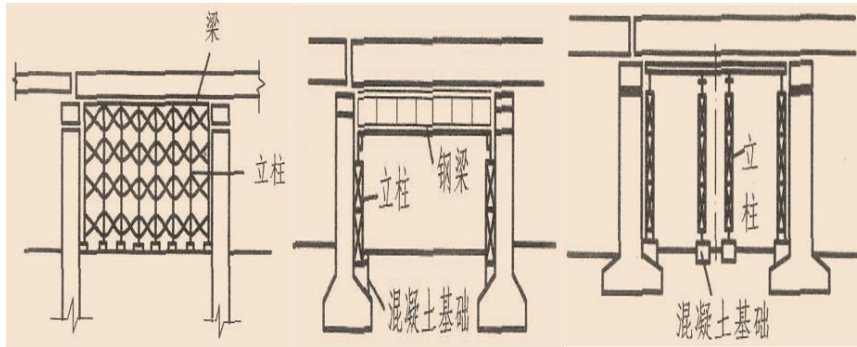
3.采用滑升模板时，除应遵守现行国家标准《滑动模板工程技术规范》GB 50113- 2005 的规定外，尚应符合下列规定：

(1) 模板的高度宜根据结构物的实际情况确定；模板的结构应具有足够的强度、刚度和稳定性；

(2) 模板的滑升速度宜为 100 - 300mm/h，滑升时应检测并控制其位置。滑升模板的施工宜连续进行，因故中断时，宜在中断前将混凝土浇筑齐平，中断期间模板仍应继续缓慢地滑升，直到混凝土与模板不致粘住时为止。

二、支架、拱架的制作及安装

支架按其构造分为立柱式、梁式和梁—柱式支架。

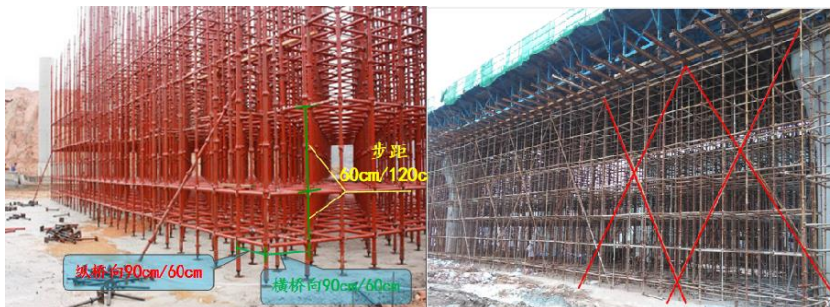
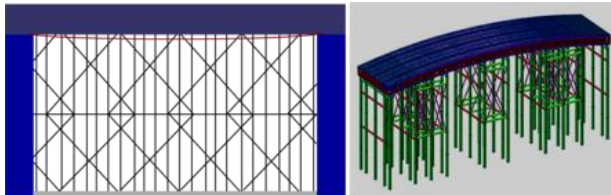


1B413022 常用模板、支架和拱架的施工

(二) 施工预拱度

支架和拱架应预留施工拱度，在确定施工拱度值时，应考虑下列因素：

- (1) 支架和拱架拆除后上部构造本身及活载 1/2 所产生的挠度；
- (2) 支架和拱架在荷载作用下的弹性压缩；
- (3) 支架和拱架在荷载作用下的非弹性压缩；
- (4) 支架和拱架基底在荷载作用下的非弹性沉陷；
- (5) 由混凝土收缩及温度变化而引起的挠度。



(三) 支架、拱架制作安装

4.安装时应注意以下几点：

- (1) 支架立柱必须安装在有足够承载力的地基上，立柱底端应设垫木来分布和传递压力，

并保证浇筑混凝土后不发生超过允许的沉降量。

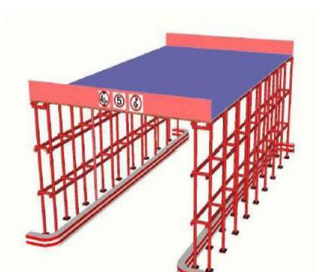
(2) 施工用的脚手架和便桥，不应与结构物的模板支架相连接，以避免施工振动时影响浇筑混凝土质量。

(3) 船只或汽车通行孔的两边支架

应加设护桩，夜间应用灯光标明行驶方向。



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



7. 应通过预压的方式，消除支架地基的不均匀沉降和支架的非弹性变形并获取弹性变形参数，或检验支架的安全性。预压荷载宜为支架需承受全部荷载的 1.05 ~ 1.10 倍，预压荷载的分布应模拟需承受的结构荷载及施工荷载。



三、模板、支架和拱架的拆除

承包人应在拟定拆模时间的 12h 以前，向监理工程师报告拆模建议，并应取得监理工程师同意。

（一）拆除期限的原则规定

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

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

（3）钢筋混凝土结构的承重模板、支架，应在混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载时，方可拆除。

（4）对预应力混凝土结构，其侧模应在预应力钢束张拉前拆除；底模及支架应在结构建立预应力后方可拆除。

2.现浇混凝土拱圈的拱架，拆除期限应符合设计规定；设计未规定时，应在拱圈混凝土强度达到设计强度的 85%后，方可卸落拆除。



（二）拆除时的技术要求

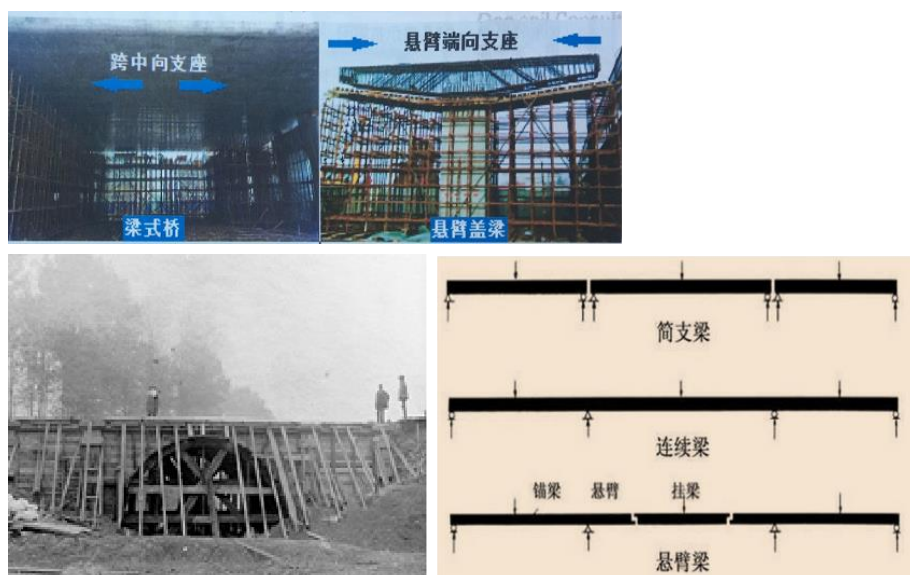
1.模板拆除应按设计的顺序进行，设计无规定时，应遵循先支后拆，后支先拆的顺序，拆时严禁抛扔。

2.在支架和拱架适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等落模设备。

3.卸落支架和拱架应按拟定的卸落程序进行，分几个循环卸完，卸落量开始宜小，以后逐渐增大。在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。

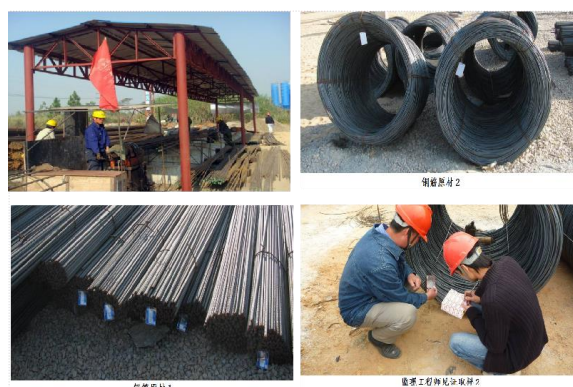
(2) 满布式拱架卸落时，可从拱顶向拱脚依次循环卸落。

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



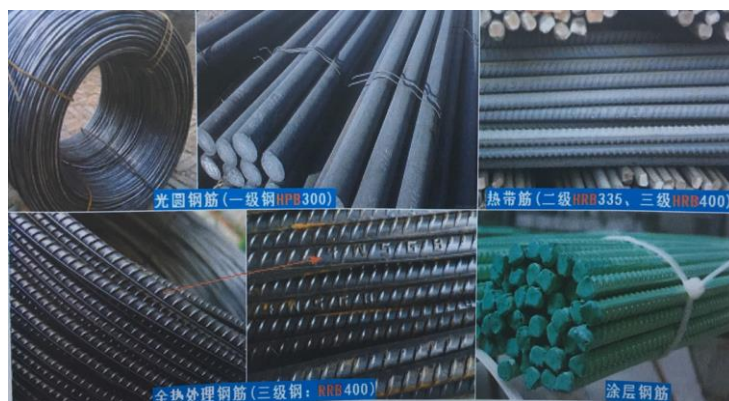
1B413030 钢筋与混凝土施工技术

1B413031 钢筋工程施工



一、一般规定

钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，尚应按不同的钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批抽取试样进行力学性能检验。

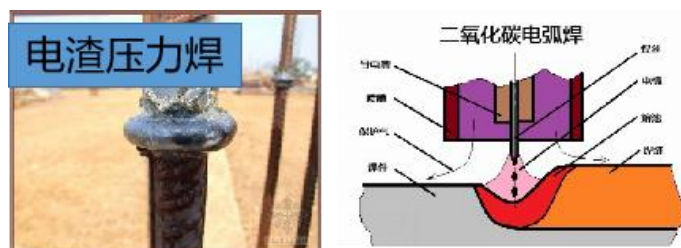


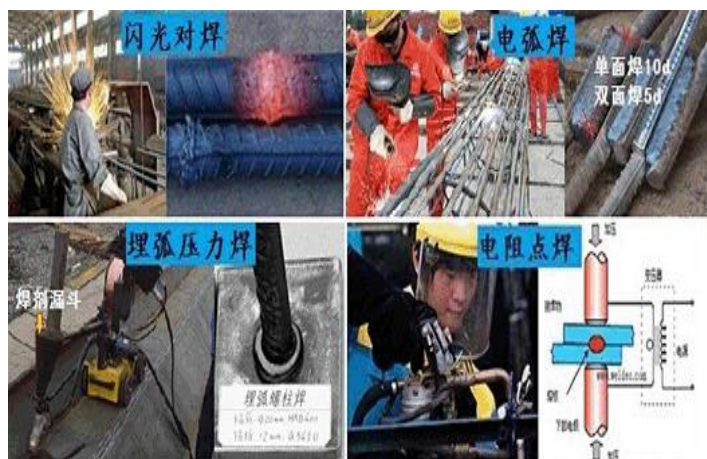
二、普通钢筋的加工制作

4、钢筋的连接宜采用焊接接头或机械连接接头。

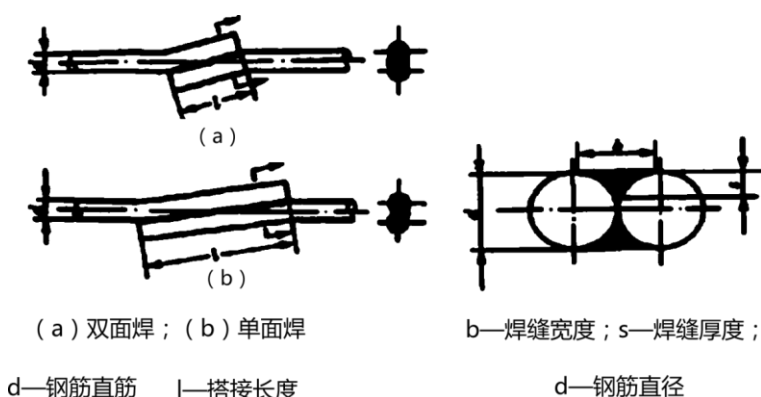
5.钢筋的焊接接头宜采用闪光对焊，或采用电弧焊、电渣压力焊或气压焊，但电渣压力焊仅可用于竖向钢筋的连接，不得用作水平钢筋和斜筋的连接。（2020 年变化）

6.每批钢筋焊接前，应先选定焊接工艺和焊接参数，按实际条件进行试焊，并检验接头外观质量及规定的力学性能，试焊质量经检验合格后方可正式施焊。焊接时，对施焊场地应有适当的防风、防雨、防雪、防严寒的设施。（2020 年变化）





7.电弧焊宜采用双面焊缝，仅在双面焊无法施焊时，方可采用单面焊缝。（2020 年变化）



三、预应力钢筋的加工制作

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

(1) 钢丝：钢丝分批检验时每批质量应不大于 60t，检验时应先从每批中抽查 5%且不少于 5 盘，进行表面质量检查。在每盘钢丝的两端取样进行抗拉强度、弯曲和伸长率的试验。

(2) 钢绞线：钢绞线分批检验时每批质量应不大于 60t，检验时应从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线端部正常部位截取一组试样进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。

(3) 热轧带肋钢筋：分批检验时每批质量应不大于 100t，对表面质量应逐根目视检查，外观检查合格后在每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验。

4、预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹

具厚度、千斤顶长度、焊接接头或锚头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和张拉工作长度等因素。

5、预应力筋的下料，应采用切断机或砂轮锯，不得采用电弧切割。

1B413032 混凝土工程施工

一、一般规定

1、在进行混凝土强度试配和质量评定时，混凝土的抗压强度应以边长为 150mm 的立方体尺寸标准试件测定。试件以同龄期者三块为一组，并以同等条件制作和养护，每组试件的抗压强度应以三个试件测值的算术平均值为测定值。



混凝土工程施工

一般规定：

如有一个测值与中间值的差值超过中间值的 15%时，则取中间值为测定值；如有两个测值与中间值的差值均超过 15%时，则该组试件无效。(B 为中间值)

$$\left\{ \begin{array}{l} A \\ B \times 15\% = \text{误差判定值} \\ C \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} A - B < B \times 15\% \\ C - B < B \times 15\% \end{array} \right.$$

这组用ABC算数平均值作为测定值

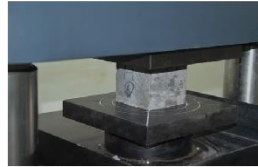
$$\begin{cases} A \\ B \times 15\% = \text{误差判定值} \\ C \end{cases} \begin{cases} A-B < B \times 15\% \\ C-B > B \times 15\% \end{cases}$$

用B中间值作为最终测定值



$$\begin{cases} A \\ B \times 15\% = \text{误差判定值} \\ C \end{cases} \begin{cases} A-B > B \times 15\% \\ C-B > B \times 15\% \end{cases}$$

这组试块作废



2、混凝土抗压强度应为标准方式成型的试件，置于标准养护条件下（温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 及相对湿度不低于 95%）养护 28d 所测得的抗压强度值（MPa）进行评定。采用蒸汽养护的混凝土抗压强度，试件应先随构件同条件蒸汽养护，再转入标准条件下养护，累计养护时间应为 28d。



二、混凝土的配合比

1、混凝土的配合比，应以质量比计，并应通过设计和试配选定。

4、在钢筋混凝土和预应力混凝土中，均不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐。掺引气剂或引气减水剂混凝土的含气量宜为 3.5%~5.5%。宜用卧式、行星式或逆流式搅拌机搅拌，搅拌时间宜控制在 3~5min。

三、混凝土的拌制与运输

3、混凝土搅拌完毕后，应按下列要求检测混凝土拌和物的各项性能：

(1) 混凝土拌和物的坍落度，应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一

单元结构物不应少于 2 次。评定时应以浇筑地点的测值为准。

7、混凝土运至浇筑地点后发生离析、严重泌水或坍落度不符合要求时，应进行第二次搅拌。

二次搅拌时不得任意加水，确有必要时，可同时加水、相应的胶凝材料 and 外加剂以保持其原水胶比不变。

四、混凝土的浇筑

1.浇筑混凝土前应进行以下准备工作（2020 年）

（1）应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑量等制订合理的浇筑工艺方案，工艺方案应对施工缝设置、浇筑顺序、浇筑工具、防裂措施、保护层等的控制等作出明确规定。

（2）应对支架、模板、钢筋和预埋件等进行检查，模板内的杂物、积水及钢筋上的污物应清理干净。模板如有缝隙或孔洞时，应堵塞严密且不漏浆。

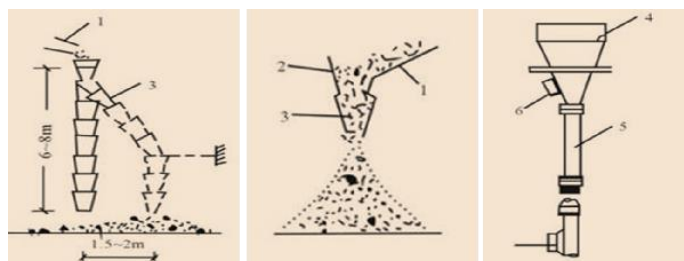
（3）应对混凝土的均匀性和坍落度等性能进行检测。

四、混凝土的浇筑

2、应防止混凝土离析

（2）当倾落高度超过 2m 时，应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落；倾落高度超过 10m 时，应设置减速装置。

（3）在串筒出料口下面，混凝土堆积高度不宜超过 1m。并严禁用振动棒分摊混凝土。



3、混凝土应按一定厚度、顺序和方向分层浇筑，应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成

上层混凝土。上下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5m 以上。

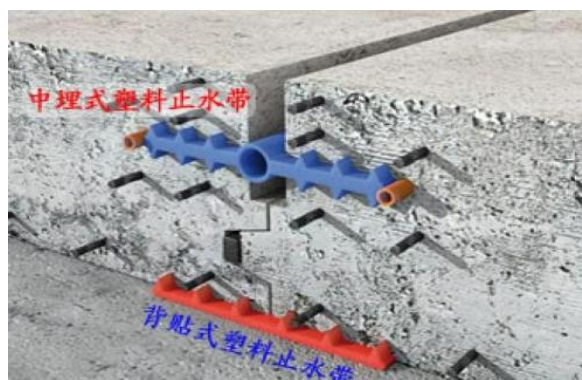
4、使用插入式振动器时，插入下层混凝土 50~100mm。对每一振动部位，必须振动到该部位混凝土密实为止。密实的标志是混凝土停止下沉，不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆。

6.施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定，且宜留置在结构受剪力和弯矩较小并便于施工的部位，施工缝宜设置成水平面或垂直面。对施工缝的处理应符合下列规定（2020 年变化）

（1）处理层混凝土表面的松弱层应予以凿除。对处理层混凝土的强度，当采用水冲洗凿毛时，应达到 0.5MPa；人工凿毛时，应达到 2.5MPa；采用风动机凿毛时，应达到 10MPa。

（2）经凿毛处理后的混凝土面，应采用洁净水冲洗干净。

（3）重要部位及有抗震要求的混凝土结构或钢筋稀疏的钢筋混凝土结构，宜在施工缝处补插锚固钢筋；有抗渗要求的混凝土，其施工缝宜做成凹形、凸形或设置止水带；施工缝为斜面时宜浇筑或凿成台阶状。



7.在环境相对湿度较小、风速较大的条件下浇筑混凝土时，应采取适当措施防止混凝土表面过快失水。浇筑混凝土期间，应随时检查支架、模板、钢筋、预应力管道和预埋件等的稳固情况，并应及时填写混凝土施工记录。新浇筑混凝土的强度达到 2.5MPa 之前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。（2020 年变化）

五、混凝土的养护与修饰

1、混凝土的养护要求

（2）一般混凝土浇筑完成后，应在收浆后尽快予以覆盖和洒水养护。

(5) 混凝土的洒水养护时间一般为 7d。

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

六、大体积混凝土施工

1、大体积混凝土选用原材料和进行配合比设计时，应按照降低水化热温升的原则进行，并应符合下列规定：

(1) 宜选用低水化热和凝结时间长的水泥品种。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和矿物掺合料，外加剂宜采用缓凝剂、减水剂；掺合料宜采用粉煤灰、矿渣粉等。



(2) 进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，减少单方混凝土的水泥用量。

(3) 大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可按 60d 龄期的抗压强度控制。

2、大体积混凝土的浇筑、养护和温度控制应符合下列规定：

(1) 对大体积混凝土进行温度控制时，应使其内部最高温度不大于 75℃、内表温差不大于 25℃。

(3) 分层浇筑时，在上层混凝土浇筑之前应对下层混凝土的顶面作凿毛处理。

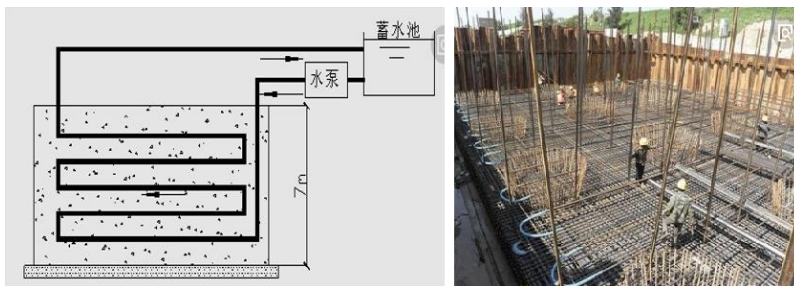




(4) 分块浇筑时，块与块之间的竖向接缝面应平行于结构物的短边，并应在浇筑完成拆模后按施工缝的要求进行凿毛处理。后浇段宜采用微膨胀混凝土，并应一次浇筑完成。

(5) 大体积混凝土的浇筑宜在气温较低时进行。

(6) 大体积混凝土的温度控制宜按照“内降外保”的原则，对混凝土内部采取设置冷却水管循环水冷却，对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。



(7) 大体积混凝土采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其浇筑后的养护时间不宜少于 14d，采用其他品种水泥时不宜少于 21d。

七、高强度混凝土、高性能混凝土

1、高强度混凝土

(1) 高强度混凝土水泥宜选用强度等级不低于 52.5 的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，不得使用立窑水泥。

(2) 高强度混凝土的水泥用量不宜大于 500kg/m³，胶凝材料总量不宜大于 600kg/m³。

(4) 高强度混凝土的施工应采用强制式搅拌机拌制，不得采用自落式搅拌机搅拌。

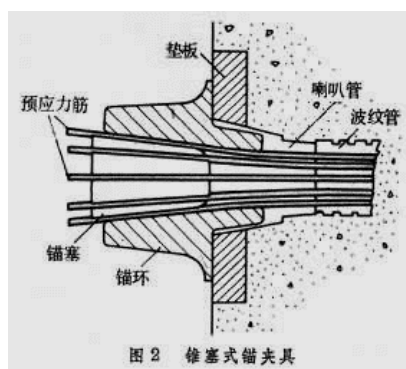
2、高性能混凝土

(2) 高性能混凝土水泥宜选用品质稳定、标准稠度低、强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,不宜采用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。外加剂应选用高效减水剂或复合减水剂;用于提高混凝土抗冻性的引气剂、减水剂和复合外加剂中均不得掺有木质硫酸盐组分,并不得采用含有氯盐的防冻剂。

1B413033 预应力混凝土工程施工

一、预应力材料保护及预应力管道

- 5、锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力的要求。
- 6、夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。
- 7.混凝土结构或构件中的永久性预应力筋连接器,应符合锚具的性能要求;用于先张法施工且在张拉后还需进行放张和拆卸的连接器,应符合夹具的性能要求。(2020 年变化)
- 8.锚垫板应具有足够的强度和刚度,且设置锚具对中止口以及压浆孔或排气孔,压浆孔的内径不宜小于 20mm。与后张预应力筋用锚具或连接器配套的锚垫板和局部加强 钢筋,在规定的局部承压试件尺寸及混凝土强度下,应满足传力性能要求。(2020 年新增)



- 9.锚具、夹具和连接器进场时,除应按出厂合格证和质量证明书核查锚固性能类别、型号、规格及数量外,还应按下列规定进行验收:(2020 年变化)

(1) 外观检查:应从每批产品中抽取 2%且不少于 10 套样品,检查其外形尺寸、表面裂 纹

及锈蚀情况。外形尺寸应符合产品质保书所示的尺寸范围，且表面不得有裂纹及锈蚀。

(2) 硬度检验：应从每批产品中抽取 3%且不少于 5 套样品（对多孔夹片式锚具的夹片，每套抽取 6 片），对其中有硬度要求的零件进行硬度检验，每个零件测试 3 点，其硬度应符合产品质保书的规定。当有 1 个零件不合格时，则应另取双倍数量的零件重做检验；如仍有 1 个零件不合格，应对本批产品逐个检验，合格者方可使用或进入后续检验。

(3) 静载锚固性能试验：应在外观检查和硬度检验均合格的同批产品中抽取样品与相应规格和强度等级的预应力筋组成 3 个预应力筋—锚具组装件，进行静载锚固性能试验。如有 1 个试件不符合要求，则应另取双倍数量的样品重做试验；仍有 1 个试件不符合要求，则该批锚具为不合格。

(4) 对特大桥、大桥和重要桥梁工程中使用的锚具产品，应进行上述 3 项检查和检验；对锚具用量较小的一般中、小桥梁工程，如生产厂能提供有效的静载锚固性能试验合格的证明文件，则仅需进行外观检查和硬度检验。

(2020 年变化)

12.在后张有黏结预应力混凝土结构或构件中，预应力筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成，或采取钢管抽芯、胶管抽芯及金属伸缩套管抽芯等方法进行预留。设置于混凝土中的刚性或半刚性管道不应有漏浆现象，且应具有足够的强度和刚度，应能在浇筑混凝土重力的作用下保持原有的形状，并能按要求传递粘结应力。



(2020 年变化)

14.管道的进场检验应符合下列规定:

(1) 进场时除应按合同检查出厂合格证和质量保证书, 核对其类别、型号、规格及数量外, 尚应对其外观、尺寸、集中荷载下的径向刚度、荷载作用后的抗渗漏及抗弯曲渗漏等进行检验。

(2) 管道应按批进行检验。金属波纹管每批应由同一钢带生产厂生产的同一批钢带所制造的产品组成。

(3) 检验时应先进行外观质量的检验, 合格后再进行其他指标的检验。当其他指标中有不合格项时, 应取双倍数量的试件对该不合格项进行复验; 复验仍不合格时, 则该批 产品为不合格。

(2020 年变化) 15.波纹管在搬运时应采用非金属绳捆扎, 或采用专用框架装载, 不得抛摔或在地面上拖拉。波纹管在存放时应远离热源及可能遭受各种腐蚀性气体、介质影响的地方, 存放时间不宜超过 6 个月, 在室外存放时不得直接堆于地面, 应支垫并遮盖。

二、混凝土的浇筑 (2020 年变化)

1.浇筑混凝土前, 除应符合现行《公路桥涵施工技术规范》JTG/F50 - 2011 的有关规定外, 尚应对预埋于混凝土中的锚具、管道和钢筋等进行全面检查验收, 符合要求后方可开始浇筑。

2.浇筑混凝土时, 宜根据结构或构件的不同形式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。对箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区及其他预应力钢束与钢筋密集的部位, 应采取有效措施加强振捣; 对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋; 对后张结构应避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。浇筑过程中应随时检查模板、管道、锚固端垫板等的稳固性, 保证其位置及尺寸符合设计要求。

3.用于判断现场预应力混凝土结构或构件强度的混凝土试件, 应置于现场与结构或 构件同

环境、同条件养护。

三、施加预应力

(一) 机具及设备要求

2、张拉用的千斤顶与压力表应配套标定、配套使用，标定应在经国家授权的法定计量技术机构定期进行，标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

当处于下列情况之一时，应重新进行标定。

- ①使用时间超过 6 个月；
- ②张拉次数超过 300 次；
- ③使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况；
- ④千斤顶检修或更换配件后。

(三) 张拉应力控制

2.预应力筋采用应力控制方法张拉时，应以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 6%以内。

3.预应力筋的理论伸长值 ΔL (mm) 计算：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p}$$

式中 P_p ——预应力筋的平均张拉力 (N)；

L ——预应力筋的长度 (mm)；

A_p ——预应力筋的截面面积 (mm²)；

E_p ——预应力筋的弹性模量 (N/mm²)。

4.预应力筋张拉的实际伸长值 ΔL (mm)

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

式中：

ΔL_1 ——从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值 (mm)；

ΔL_2 ——初应力以下的推算伸长值 (mm)，可采用相邻级的伸长值。

先介绍预应力施工

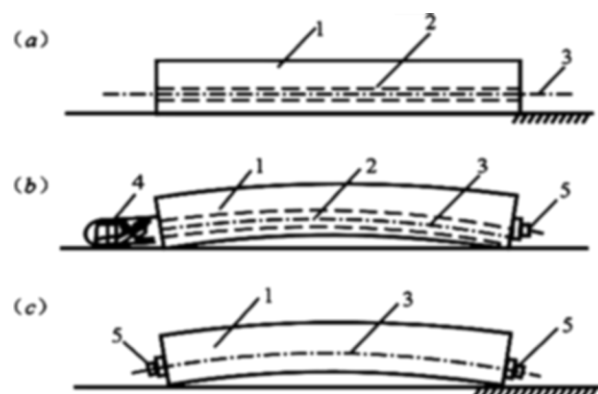
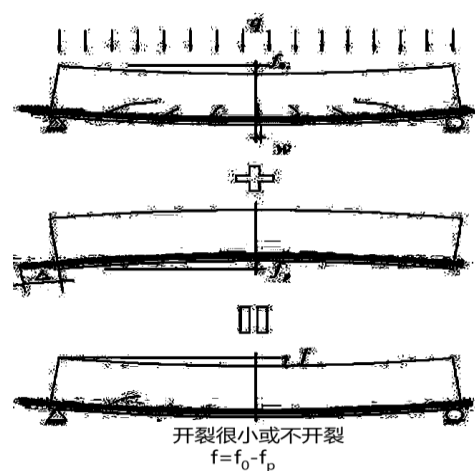


图5.17 预应力混凝土后张法生产示意图

(a) 制作混凝土构件；(b) 张拉钢筋；(c) 锚固和孔道灌浆

1-混凝土构件；2-预留孔道；3-预应力筋；4-千斤顶；5-锚具

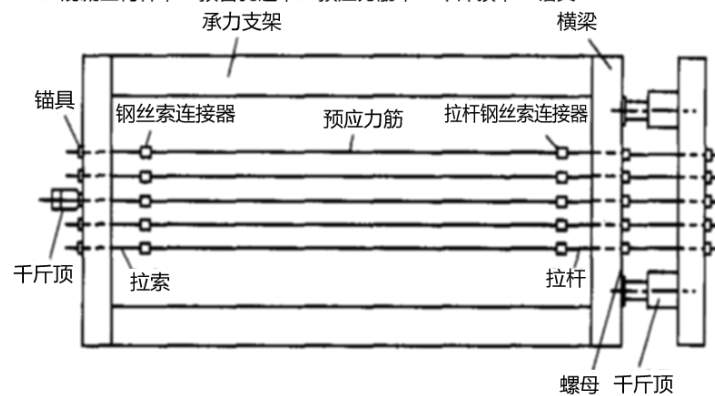
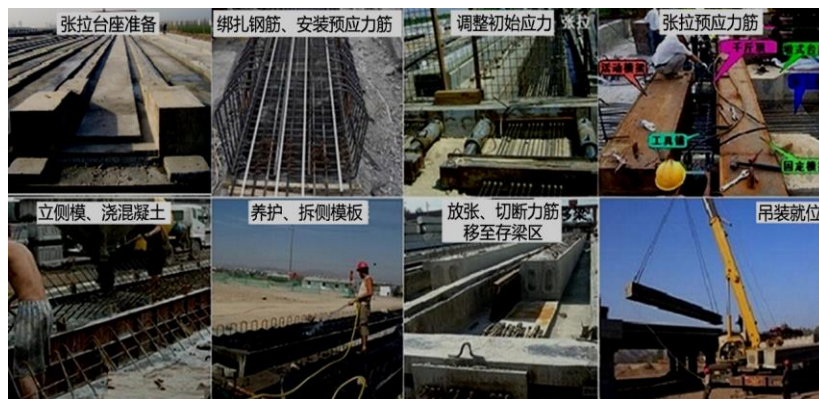


图 7-24 先张法张拉台座布置图

先张法施工工艺



后张法施工工艺



四、先张法（2020 年新增）

1.墩式台座结构应符合下列规定：

(1) 承力台座应进行专门设计，并应具有足够的强度、刚度和稳定性，其抗倾覆安全系数应不小于 1.5，抗滑移系数应不小于 1.30

(2) 锚固横梁应有足够的刚度，受力后挠度应不大于 2mm。

2. 预应力筋的安装宜自下而上进行，并应采取措施防止其被台座上涂刷的隔离剂污染。

3.先张法预应力筋的张拉除应符合上述第三点的相关规定外，尚应符合下列规定：

(1) 张拉前，应对台座、锚固横梁及各项张拉设备进行详细检查，符合要求后方可进行操作。

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

4.先张法预应力筋的放张应符合下列规定：

(1) 预应力筋放张时构件混凝土的强度和弹性模量（或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80%，弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。

(2) 在预应力筋放张之前，应将限制位移的侧模、翼缘模板或内模拆除。

(3) 预应力筋的放张顺序应符合设计规定；设计未规定时，应分阶段、均匀、对称、相互交错地放张。

(4) 多根整批预应力筋的放张，

当采用砂箱放张时，放砂速度应均匀一致；

采用千斤顶放张时，放张宜分数次完成；

单根钢筋采用拧松螺母的方法放张时，宜先两侧后中间，并不得一次将一根预应力筋松完。

(5) 预应力筋放张后，对钢丝和钢绞线，应采用机械切割的方式进行切断；对螺纹钢筋，可采用乙炔—氧气切割，但应采取必要措施防止高温对其产生不利影响。

5.先张法预制梁板施工工艺流程：

张拉台座准备→穿预应力筋、调整初应力→张拉预应力筋→钢筋骨架制作→立模→浇筑混凝土→混凝土养护→拆模→放松预应力筋→成品 存放、运输。

五、后张法（2020 年新增）

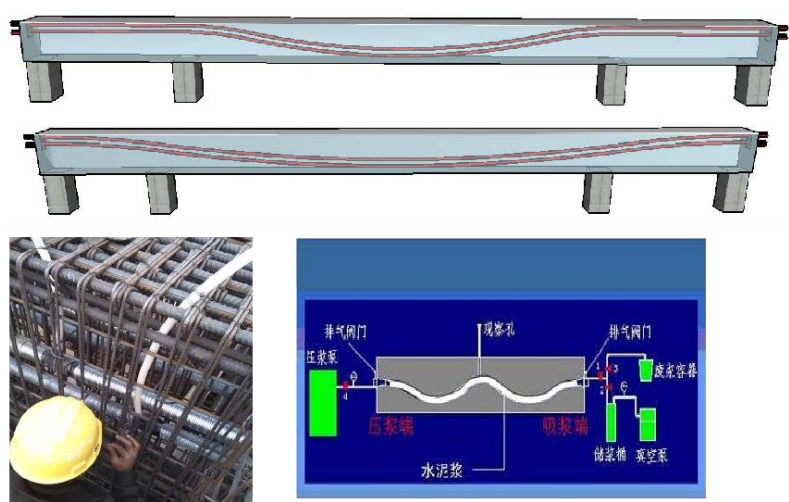
1.采用金属或塑料管道构成后张预应力混凝土结构或构件的孔道时，应符合下列 规定：

(1) 管道的规格、尺寸应符合设计规定，且其内横截面积应不小于预应力筋净截面积的 2

倍；对长度大于 60m 的管道，宜通过试验确定其面积比是否可以进行正常的压浆 作业。

(4) 所有管道均应在每个顶点设排气孔及需要时在每个低点设排水孔。压浆管、排 气管和排水管应是最小内径为 20mm 的标准管或适宜的塑性管,与管道之间的连接应采用 金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物以外。

(5) 管道安装完毕后，其端口应采取可靠措施临时封堵，防止水或其他杂物进入。



5.后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

(1) 预应力张拉之前，宜对不同类型的孔道进行至少一个孔道的摩阻测试，通过测试所确定的 μ 值和 k 值宜用于对设计张拉控制应力的修正。

(3) 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定；设计未规定时，可采取分批、分阶段的方式对称张拉。

(6) 张拉程序按设计文件或技术规范的要求进行。设计无规定时，其张拉程序可按 表 18413033-4 的规定进行。

预应力筋种类		张拉程序
夹片式等具有 自锚性能的锚具	钢绞线束钢丝束	普通松弛力筋：0→初应力→1.03 $\sigma =$ (锦固)
		低松弛力筋：0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)
	钢绞线束钢丝束	0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷

其他锚具		5min) $\rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
		0 $\rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
螺母锚固锚具	热轧带肋钢筋	0 $\rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \sigma_{con}$ (持荷 5min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)

(7)后张预应力筋断丝及滑丝不得超过表 18413033-5 中规定的控制数。

类别	检查项目	控制数
钢丝束和钢绞线束	每束钢丝断丝或滑丝	1 根
	每束钢绞线断丝或滑丝	1 丝
	每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的百分比	1%
热轧带肋钢筋	断筋或滑移	不容许

(8) 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。对夹片式锚具，锚固后夹片顶面应平齐，其相互间的错位不宜大于 2mm，且露出锚具外的高度不应大于 4mm。锚固完毕并经检验确认合格后方可切割端头多余的预应力筋，切割时应采用砂轮锯，严禁采用电弧进行切割，同时不得损伤锚具。

(9) 切割后预应力筋的外露长度不应小于 30mm，且不应小于 1.5 倍预应力筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。

6.后张法预应力孔道压浆及封锚

(1) 预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。压浆用水泥浆的强度应符合设计规定。

(2) 外加剂应与水泥具有良好的相容性，且不得含有氯盐、亚硝酸盐或其他对预应力筋有腐蚀作用的成分。

(4) 压浆前应在工地试验室对压浆材料加水进行试配。

(5) 压浆前应对孔道进行清洁处理；应对压浆设备进行清洗，清洗后的设备内不应有残渣和积水。

(6) 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入；对结构或构件中以 上下分层设置的孔道，应按先下层后上层的顺序进行压浆。同一管道的压浆应连续进行，一次完成。压浆应缓慢、均匀地进行，不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次打开和关闭，使孔道内排气通畅。

(7) 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不宜超过 40min，且在使用前和压注过程中应连续搅拌，对因延迟使用所致流动度降低的水泥浆，不得通过额外加水增加其流动度。

(9) 压浆时，每一工作班应制作留取不少于 3 组尺寸为 40mm×40mm×160mm 的试件，标准养护 28d，进行抗压强度和抗折强度试验，作为质量评定的依据。

(10) 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构或构件混凝土的温度及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。当环境温度高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

(11) 压浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在压浆完成后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；封锚应采用与结构或构件同强度的混凝土并应严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。

(12) 对后张预制构件，在孔道压浆前不得安装就位；压浆后，应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

(13) 孔道压浆应填写施工记录。记录项目应包括：压浆材料、配合比、压浆日期、搅拌时间、出机初始流动度、浆液温度、环境温度、稳压压力及时间，采用真空辅助压浆工艺时尚应包括真空度。

六、质量控制与检验（2020 年新增）

1.预应力工程在施工过程中应对其施工的质量进行控制和检验。控制和检验宜按照原材料进场、制作与安装、施加预应力、先张法放张或后张孔道压浆、锚具防护及封锚等阶段进行。

2.对预应力筋施加预应力时，宜对多台千斤顶张拉时的同步性、持荷时间、锚下的有效预应力及其均匀度等进行质量控制，并应符合下列规定：

(1) 在采用两台以上千斤顶实施对称和两端张拉时，各千斤顶之间同步张拉力的允许误差宜为 $\pm 2\%$ 。

(2) 张拉至控制应力时，应按先张法和后张法的有关规定，保证千斤顶具有足够的持荷时间。

(3) 张拉锚固后，预应力筋在锚下的有效预应力应符合设计张拉控制应力，两者的相对偏差应不超过 $\pm 5\%$ ，且同一断面中的预应力束其有效预应力的不均匀度应不超过 $\pm 2\%$ 。

3.先张法预应力筋放张后，预应力筋在构件端部的内缩值不宜大于 2.0mm。

4.后张法预应力孔道压浆所采用的水泥、外加剂、矿物掺合料、膨胀剂和水等原材料的质量，以及所配制浆液的性能应符合设计文件或技术规范的规定。孔道内的结硬浆体应饱满、密实，充盈度应满足要求。

5.锚具防护及封锚的质量应符合下列规定：

(1) 锚固端的混凝土保护层厚度应不小于 50mm 或符合设计规定。

(2) 封锚混凝土应密实、无裂纹。

1B413040 桥梁基础工程施工技术

1B413041 明挖扩大基础施工

明挖扩大基础施工的主要内容包括：基础的定位放样、基坑开挖、基坑排水、基底处理以及砌筑（浇筑）基础结构物等。

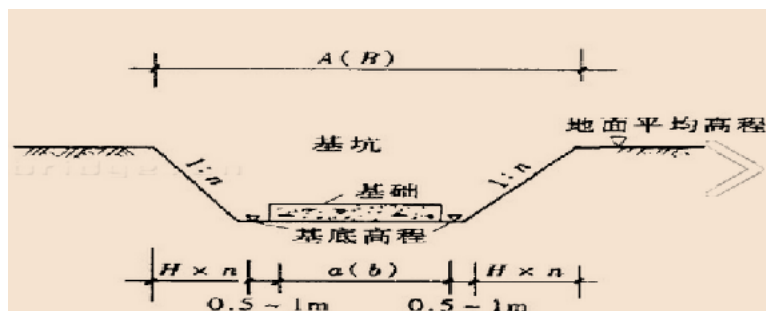


二、基坑开挖

1. 坑壁不加支撑的基坑

① 基坑尺寸应满足施工要求。一般基底应比基础的平面尺寸增宽 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 。

② 基坑坑壁坡度应按地质条件、基坑深度、施工方法等情况确定。



2. 坑壁有支撑的基坑

采取加固坑壁措施，如挡板支撑、钢木结合支撑、混凝土护壁及锚杆支护等。

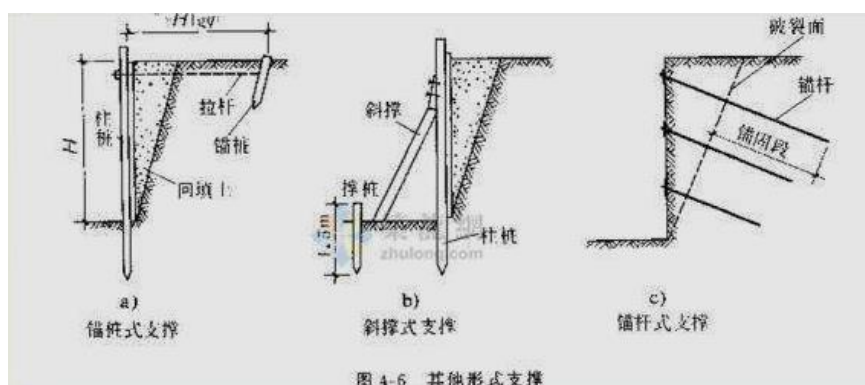
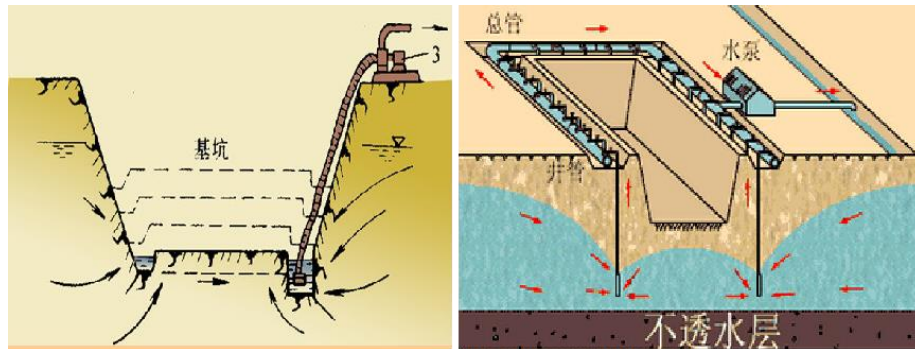


图 4-6 其他形式支撑

三、基坑排水

1. 集水坑排水法。除严重流砂外，一般情况下均可适用。

2.井点降水法。井点降水法适用土质较差且有严重流砂现象、细（粉）砂、地下水位较高、有承压水、挖基较深、坑壁不易稳定的土质基坑，在无砂的粘质土中不宜使用。



3.其他排水法。对于土质渗透性较大、挖掘较深的基坑，可采用板桩法或沉井法。此外，视工程特点、工期及现场条件等，还可采用帷幕法，即将基坑周围土层用硅化法、深层搅拌桩隔水墙、压力注浆、高压喷射注浆、冻结帷幕法等处理成封闭的不透水的帷幕。

四、基底检验和基底处理

1.基底检验

- ①基底平面位置、尺寸大小
- ②基底标高
- ③检查基底土质均匀性
- ④地基稳定性及承载力
- ⑤基底处理和排水情况
- ⑥施工日志及有关试验资料

基底检验根据桥涵大小、地基土质复杂情况及结构对地基有无特殊要求等，按以下方法进行：

- (1) 小桥涵的地基，一般采用直观或触探方法，必要时进行土质试验。
- (2) 大、中桥和填土 12m 以上涵洞的地基，一般由检验人员用直观、触探、挖试坑或钻探（钻深至少 4m）试验等方法，确定土质容许承载力是否符合设计要求。

2.基底处理

基底处理的主要方法有：换填土法、桩体挤密法、砂井法、袋装砂井法、预压法加固地基、强夯法、电渗法、振动水冲法、深层搅拌桩法、高压喷射注浆法、化学固化剂等。对于一般软弱地基土层加固处理方法可归纳为四种类型，即

- (1) 换填土法 (2) 挤密土法
- (3) 胶结土法 (4) 土工聚合物法

五、基坑施工过程中注意要点

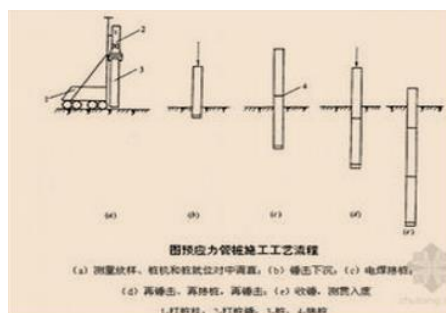
- 1.在基坑顶缘四周适当距离处设置截水沟；
- 2.坑顶边缘应有一定的距离作护道，静荷载距坑缘不小于 0.5m，动荷载距坑边缘不小于 1.0m 宽。
- 5.如用机械开挖基坑，挖至坑底时，应保留不小于 30cm 厚度的底层，在基础浇筑圪工前用人工挖至基底标高；
- 6.基坑应尽量在少雨季节施工。

1B413042 桩基础施工

一、沉入桩施工

3.锤击沉桩的停锤控制标准

- (2) 当贯入度已达到控制贯入度，而桩尖标高未到达设计标高时，应继续锤入 0.10m 左右 (或锤击 30~50 次)，如无异常变化即可停锤。



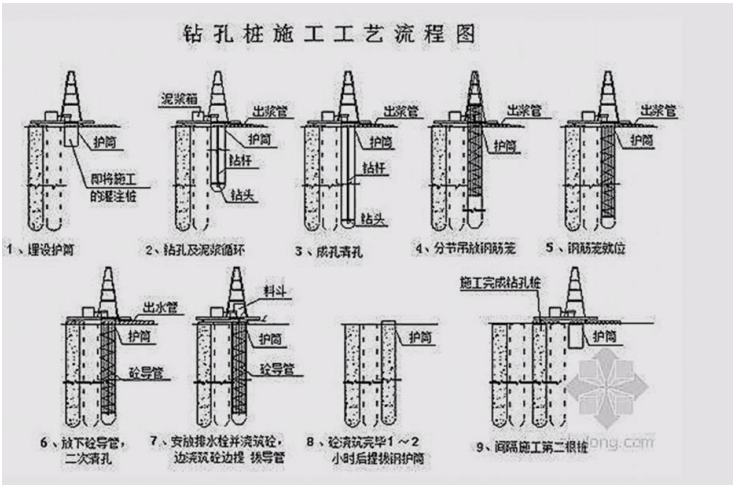
(3) 设计桩尖标高处为一般粘土或其他松软土层时，应以标高控制，贯入度作为校核。当桩尖已达设计标高，而贯入度仍较大时，应继续锤击，使其接近控制贯入度。

(4) 在同一桩基中，各桩的最终贯入度应大致接近，而沉入深度不宜相差过大，避免基础产生不均匀沉降。如因土质变化太大，致使各桩贯入度或沉桩深度相差过大时，应报有关部门研究，另行制定停锤标准。

二、钻孔灌注桩施工

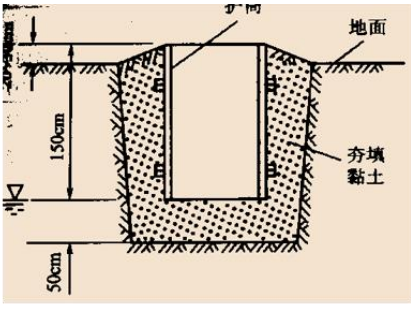
1. 钻孔灌注桩施工的主要工序

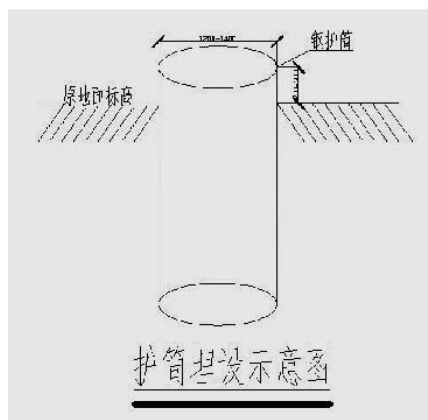
钻孔灌注桩施工的主要工序有：埋设护筒、制备泥浆、钻孔、成孔检查与清孔、钢筋笼制作与吊装以及灌注水下混凝土等。



(1) 埋设护筒

护筒能稳定孔壁、防止坍孔，还有隔离地表水、保护孔口地面、固定桩孔位置和起到钻头导向作用等。





(2) 泥浆制备

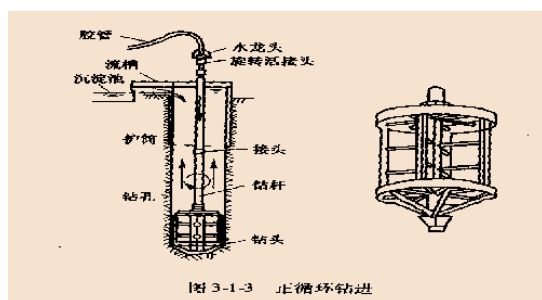
具有浮悬钻渣、冷却钻头、润滑钻具，增大静水压力，并在孔壁形成泥皮，隔断孔内外渗流，防止坍孔的作用。

(3) 钻孔

常用的方法有：螺旋钻孔、正循环回转钻孔、反循环回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。

①正循环回转钻孔

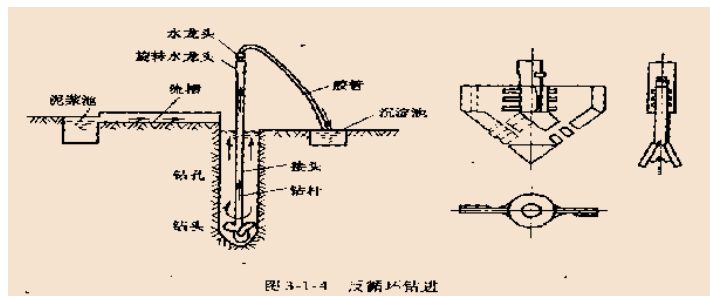
系利用钻具旋转切削土体钻进，泥浆泵将泥浆压进泥浆笼头，通过钻杆中心从钻头喷入钻孔内，泥浆挟带钻渣沿钻孔上升，从护筒顶部排浆孔排出至沉淀池，钻渣在此沉淀而泥浆流入泥浆池循环使用。其特点是钻进与排渣同时连续进行。



②反循环回转钻孔

与正循环法不同的是泥浆输入钻孔内，然后从钻头的钻杆下口吸进，通过钻杆中心排出至沉淀池内。其钻进与排渣效率较高，但接长钻杆时装卸麻烦，钻渣容易堵塞管路。另外，因泥

浆是从上向下流动,孔壁坍塌的可能性较正循环法的大,为此需用较高质量的泥浆。



③冲击钻孔

冲击钻成孔灌注桩适用于黄土、黏性土或粉质黏土和人工杂填土层,特别适合于在有孤石的砂砾石层、漂石层、硬土层、岩层中使用。



④旋挖钻机钻孔

对于具有大扭矩动力头和自动内锁式伸缩钻杆的钻机，可适用微风化岩层的钻孔施工。



(4) 成孔检查与清孔

①清孔的方法：有抽浆法、换浆法、掏渣法、喷射清孔法以及用砂浆置换钻渣清孔法等。其中抽浆法清孔较为彻底，适用于各种钻孔方法的灌注桩。

②清孔的质量要求

对摩擦桩，孔底沉淀厚度应符合设计规定，设计未规定时，对于直径小于 1.5m 的桩， $\leq 200\text{mm}$ ；对桩径大于 1.5m 或桩长大于 40m 或土质较差的桩， $\leq 300\text{mm}$ ；

对支承桩，孔底沉淀厚度不大于设计规定，设计未规定时， $\leq 50\text{mm}$ 。

(6) 灌注水下混凝土

①水下混凝土一般用钢导管灌注。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用压气试压。



②首批混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度 ($\geq 1.0\text{m}$) 和填充导管底部的需要。首批混凝土拌和物下落后，混凝土应连续灌注，导管的埋置深度宜控制在 2~6m。

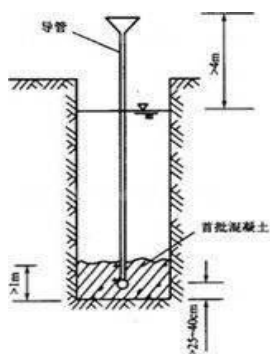


图 4-17 导管位置

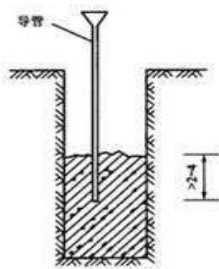


图 4-18 导管位置(尺寸单位:m)

③为防止钢筋骨架上浮，当灌注的混凝土顶面距钢筋骨架底部 1m 左右时，应降低混凝土的灌注速度。灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度，一般不小于 0.5m，以保证混凝土强度，多余部分接桩前必须凿除，桩头应无松散层。



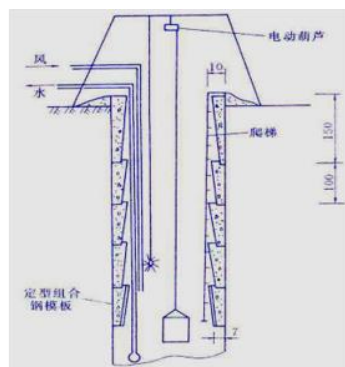
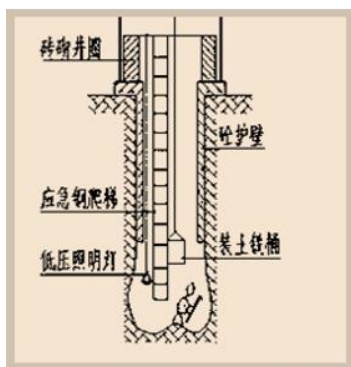
3.灌注桩质量检验

每根灌注桩应留取混凝土抗压强度试件应各为 3 ~ 4 组。宜选择有代表性的桩采用无破损法进行检测。设计有规定或对桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测。

在质量检查中，如发现断桩或其他重大质量事故，应会同有关部门（施工单位、监理单位、业主、设计等）共同研究提出处理方案。

三、挖孔灌注桩施工

挖孔灌注桩适用于无地下水或少量地下水，且较密实的土层或风化岩层。挖孔桩直径不应小于 120cm，挖孔的深度不宜大于 15m，孔深大于 10m 时必须强制采取机械通风措施。



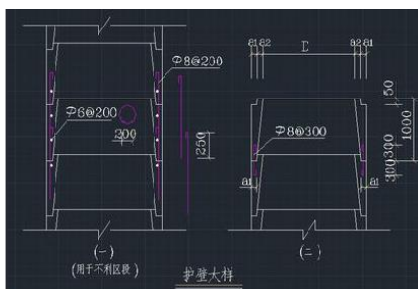
1.挖孔桩施工的技术要求

- (2) 孔口处应设置高出地面至少 300mm 的护圈。
- (3) 挖孔施工时相邻两桩孔不得同时开挖，宜间隔交错跳挖。



(4) 采用混凝土护壁支护的桩孔必须挖一节浇筑一节护壁，护壁的节段高度必须按施工技术方案执行，严禁只挖、不及时浇筑护壁的冒险作业。护壁外侧与孔壁间应填实，不密实或有空洞时，应采取措施进行处理。

(6) 挖孔的弃土应及时转运，孔口四周作业范围内不得堆积弃土及其他杂物。



2.挖孔桩施工的安全要求

(1) 施工前应制订专项安全技术方案并应对作业人员进行安全技术交底。

(3) 桩孔内的作业人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋，安全绳必须系在孔口。作业人员应通过带护笼的直梯进出，人员上下不得携带工具和材料。作业人员不得利用卷扬机上下桩孔。

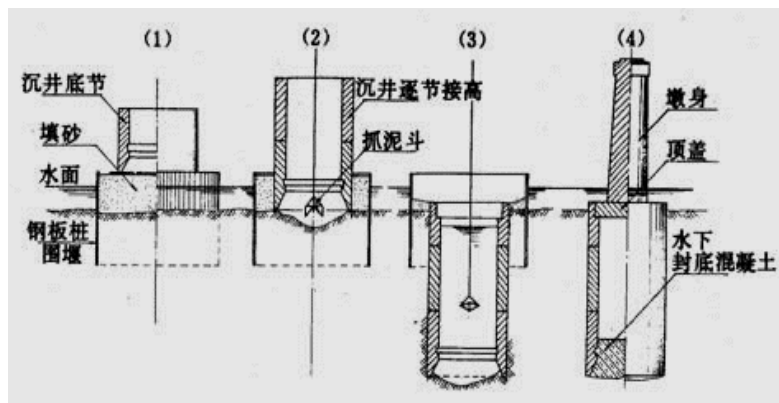
(4) 桩孔内应设防水带罩灯泡照明，电压应为安全电压，电缆应为防水绝缘电缆，并应设置漏电保护器。

(5) 施工现场应配备气体浓度检测仪器，进入桩孔前应先通风 15min 以上。人工挖孔作业时，应持续通风，始终保持孔内空气质量符合相关要求；孔深大于 10m 时，必须采取机械强制通风措施。

(6) 孔深不宜超过 15m，孔径不宜小于 1.2m。孔深超过 15m 的桩孔内应配备有效的通信器材，作业人员在孔内连续作业不得超过 2h；桩周支护应采用钢筋混凝土护壁，护壁上的爬梯应每间隔 8m 设二处休息、平台。孔深超过 30m 的应配备作业人员升降设备。

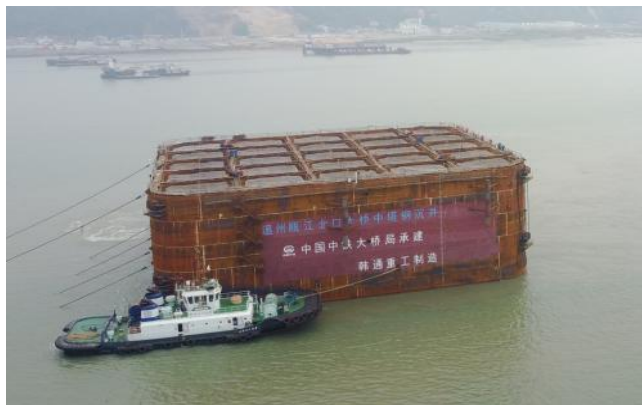
1B413043 沉井施工

1B413043 沉井施工



三、沉井浮运与就位

位于深水中的沉井，宜采用浮式沉井。



1. 沉井浮运准备

沉井在浮运前应做好以下准备工作：

(1) 应制订专项施工技术方案，并应对沉井的定位系统以及浮运、就位的稳定性进行验算。

各类浮式沉井在下水、浮运前，均应进行水密性检查，对底节尚应根据其工作压力进行水压试验，合格后方可下水。

(5)浮式沉井的底节可采用滑道、涨水自浮或直接起吊等方法下水。

沉井的浮运、就位应符合下列规定：

(1)沉井的浮运宜在气象和水文条件有利于施工时，以拖轮拖运或绞车牵引进行。在浮运、就位的任何时间内，沉井露出水面的高度均不应小于 1m。

(2)就位前应对所有缆绳、锚链、锚碇和导向设备进行检查调整。

四、沉井下沉与着床

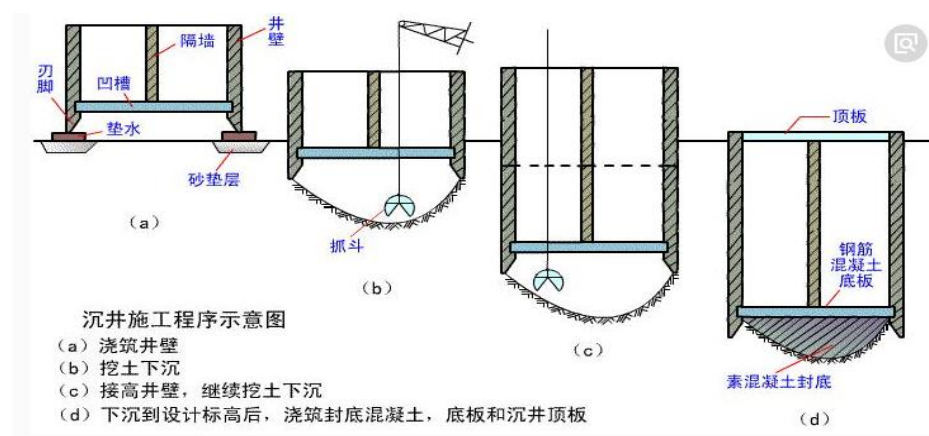
1.沉井下沉

(1)宜采用不排水的方式除土下沉。下沉沉井时，不宜采用爆破方法除土。

(2)下沉过程中，下沉通过黏土胶结层或沉井自身重力偏轻下沉困难时，可采用井外高压射水、降低井内水位等方法助沉；在结构受力容许的条件下，亦可采用压重或接高沉井等方法助沉；在土层条件适宜的情况下，可采用空气幕、泥浆润滑套等方法助沉。

(3)正常下沉时，应自井孔中间向刃脚处均匀对称除土。

(4)下沉时应随时进行纠偏，保持竖直下沉，每下沉 1m 至少应检查 1 次；当沉井出现倾斜时，应及时校正。



2.沉井着床

浮式沉井在水中下沉时，除应充分考虑风力、浮力、水流压力、波浪力、冰压力等对沉井的

作用外，尚应符合下列规定：

- (1)浮运准确定位并接高后，应向井壁腔格内对称、均衡地灌水，使沉井迅速落至河床着床。
- (3)沉井下沉到倾斜岩层上时，应将岩层表面的松软层或风化层凿去并整平，沉井刃脚的 2/3 以上宜嵌搁在岩层上，嵌入深度最小处不宜小于 0.25m，其余未到岩层的刃脚部分，可采用袋装混凝土等填塞缺口。对刃脚以内井底岩层的倾斜面，应凿成台阶或榫槽后，清渣封底。

3.沉井接高

- (1)接高加重应均匀、对称地进行。
- (2)沉井在地面上接高时，井顶露出地面不应小于 0.5m。水上沉井接高时，井顶露出水面不应小于 1.5m。



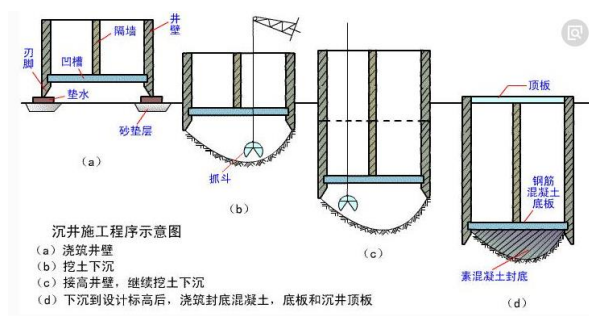
五、基底检验与沉井封底

1.一般要求

沉井基底检验合格及沉降稳定后，应及时封底。不排水下沉的沉井应采用水下混凝土进行封底；排水下沉的沉井，可按普通混凝土的浇筑方法进行封底。

沉井的混凝土封底厚度应根据基底的水压力和地基土的向上反力经计算确定，且封底混凝土的顶面高度应高出刃脚根部 0.5m 及以上。

沉井的水下混凝土封底宜全断面一次连续灌注完成。



2.导管法水下混凝土封底

(1)每根导管开始灌注时所用的混凝土坍落度宜采用下限,首批混凝土需要数量应通过计算确定。

(3)在灌注过程中,导管应随混凝土面升高而逐步提升,导管的埋深宜与导管内混凝土下落深度相适应。

(4)水下混凝土面的最终灌注高度,应比设计值高出 150mm 以上。

不同灌注深度导管的最小埋深 表 1B413043-1

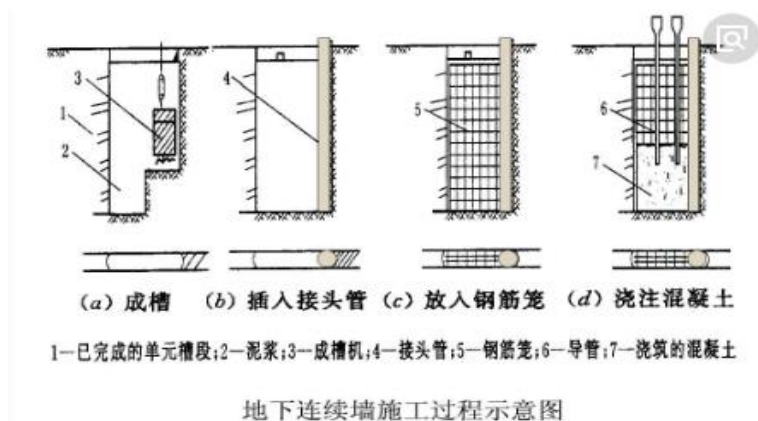
灌注深度 (m)	≤ 10	10-15	15 -20	>20
导管最小埋深 (m)	0.6 ~0.8	1.1	1.3	1.5

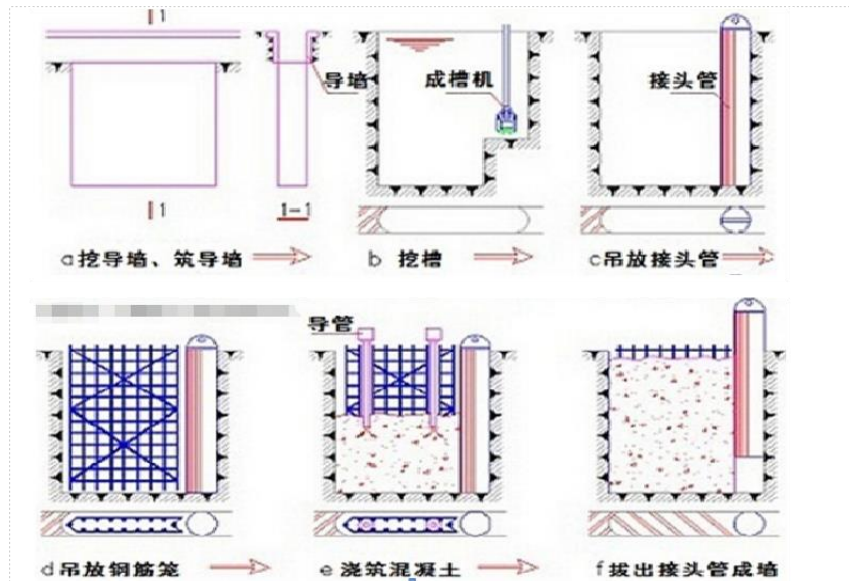
导管不同间距的最小埋深 表 1B413043-2

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

1B413044 地下连续墙施工

地下连续墙施工一般包括挖槽、下放钢筋笼、浇注混凝土、和槽段间的连接四个主要工序。



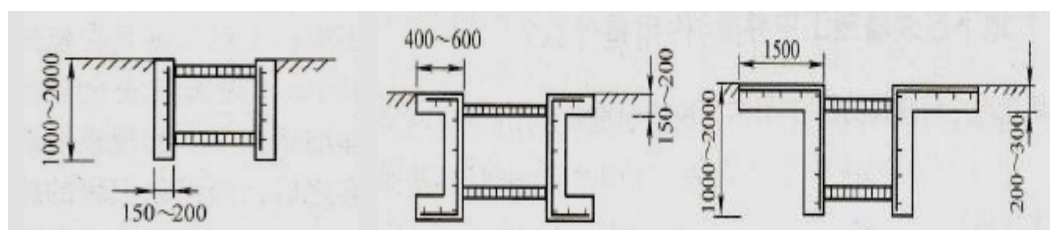


二、施工平台与导墙

2.导墙



(1)导墙的形式根据土质情况可采用板墙形、□形或倒L形，墙体的厚度应满足施工需要。



(2)导墙应每隔 1 ~ 1.5m 距离设置 1 道支撑。

(3)导墙底端埋入土内的深度宜大于 1m。

(4)导墙分段施工时，段落的划分应与地下连续墙划分的节段错开。



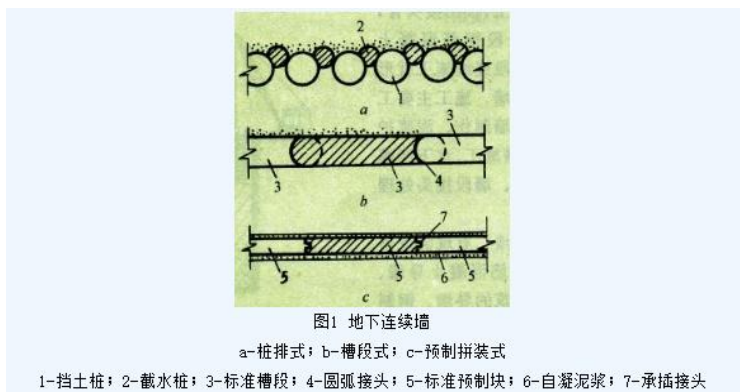
三、地下连续墙施工

(一) 槽孔施工

地下连续墙的槽孔施工可采用的成槽方法：钻劈法、钻抓法、抓取法、铣削法。



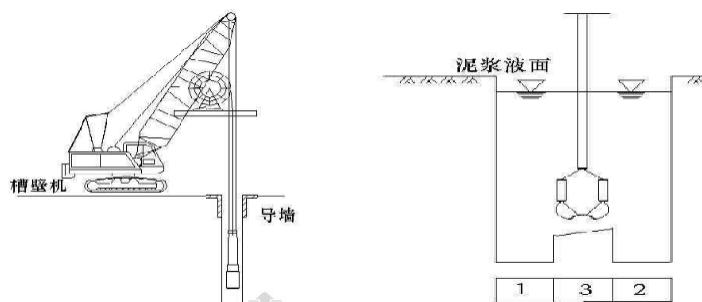
1.桩排式地下连续墙的施工可按钻（挖）孔灌注桩的施工要求进行；桩排间的土层如采用压力注浆法予以加固和防渗透时，可按明挖地基施工的相关规定进行。



2.槽壁式地下连续墙的槽孔开挖应符合下列规定

(1)槽孔宜分段施工。

(2)成槽机械开挖一定深度后，应立即输入调制好的泥浆，并宜保持槽内的泥浆面不低于导墙顶面 300mm。



7.槽孔的清底工作应在吊放接头装置之前进行。清底工序应包括清除槽底沉淀的泥渣和置换槽中的泥浆。清底应符合下列规定：

- (1)清底之前应检测槽段的平面位置、横截面和竖面。
- (2)清底的方法施工可参照钻孔灌注桩施工相关规定执行。

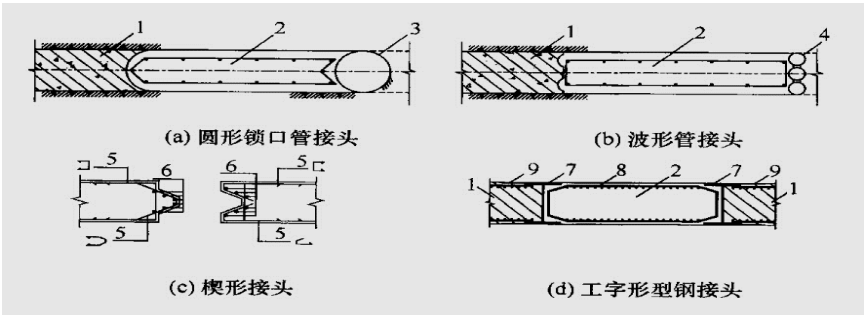
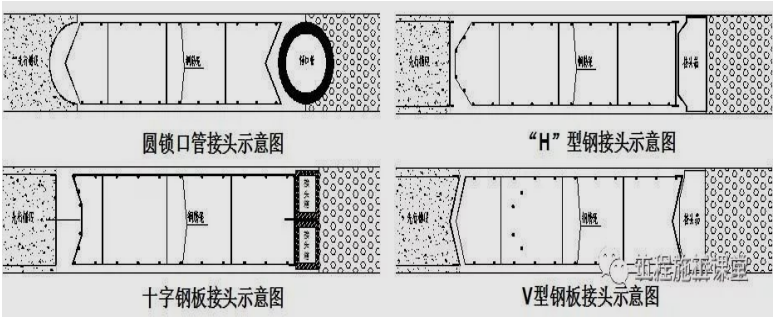
（二）槽段间接头（缝）施工

槽段接头一般采用预埋钢筋、钢板、设置剪力键等连接方式。

1.对接头管式接头，当初期的单元槽段开挖完成并清底后，应将钢制接头管竖直吊放入槽内，紧靠单元槽段两端。接头管的底端应插入槽底以下 100 ~ 150mm，管长应略大于地下连续墙设计值。



2.对接头箱式和隔板式接头，在其吊放的钢筋骨架一端应带堵头钢板，堵头钢板向外伸出的水平钢筋应插入接头箱管中。



地下连续墙柔性接头

1—先行槽段；2—后续槽段；3—圆形锁扣管；4—波形管；5—水平钢筋；6—端头纵筋；

7 工字钢接头；8—地下连续墙钢筋；9—止浆板

(三) 钢筋骨架施工

- 1.钢筋骨架主筋的接长宜采用机械连接，骨架中间应留出上下贯通的导管位置。
- 2.吊放钢筋骨架时，应使其中心对准单元槽段中心。
- 3.全部钢筋骨架入槽后，应固定在导墙上，并应使骨架顶端高程符合设计要求。



(四) 混凝土灌注

水下混凝土应采用导管法灌注。

单元槽段长度小于 4m 时，可采用 1 根导管灌注；

单元槽段长度超过 4m 时，宜采用 2 或 3 根导管同时灌注；

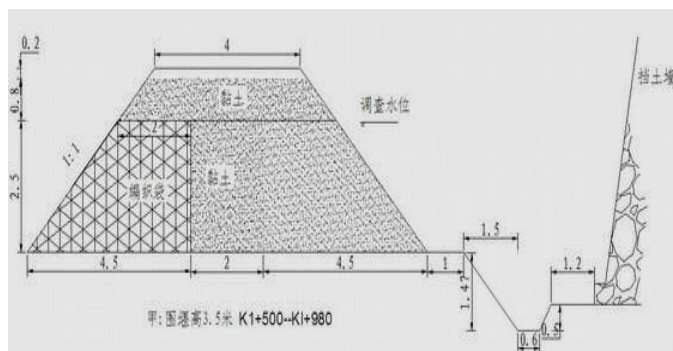
采用多根导管灌注时，导管间净距不宜大于 3m，导管距节段端部不宜大于 1.5m；各导管灌注的混凝土表面高差不宜大于 0.3m。

1B413050 桥梁下部结构施工技术

1B413051 桥梁承台施工

一、围堰及开挖方式的选择

1.当承台处于干处时，一般直接采用明挖基坑，并根据基坑状况采取一定措施后，在其上安装模板，浇筑承台混凝土。



2.当承台位于水中时，一般先设围堰（钢板桩围堰、套箱围堰、双壁钢围堰等）将群桩围在堰内，然后在堰内河底灌注水下混凝土封底，凝结后，将水抽干，使各桩处于干处，再安装承台模板，在干处灌注承台混凝土。



(1) 钢板桩围堰

钢板桩围堰适用于各类土（包括强风化岩）的水中低桩承台基坑。



①施打前，钢板桩的锁口应用止水材料捻缝，以防漏水；



②施打钢板桩必须有导向设备，以保证钢板桩的正确位置；



③施打顺序按施工组织设计进行，一般由上游分两头向下游合龙。

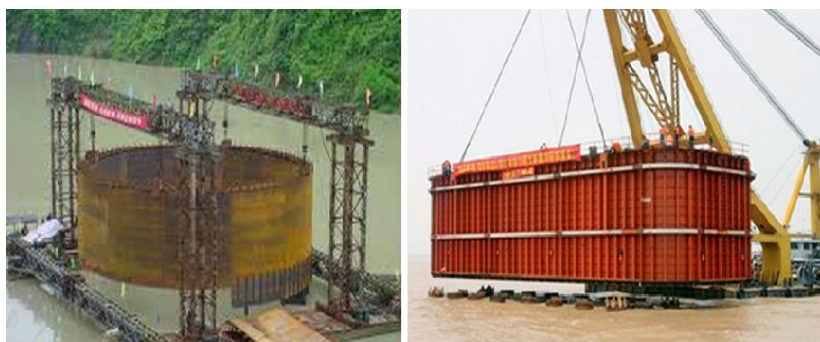
④钢板桩可用锤击、振动、射水等方法下沉，接长的钢板桩，其相邻两钢板桩的接头位置应

上下错开；



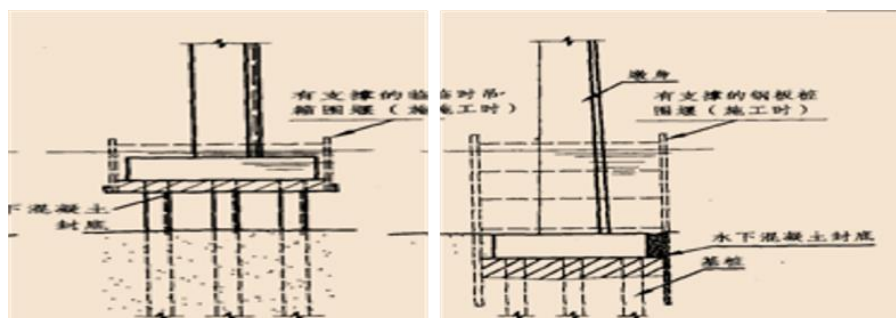
(2) 套箱围堰

套箱围堰可采用有底套箱或无底套箱。



①当承台底与河床之间距离较大时，一般采用有底套箱，承台模板安装完毕后抽水，堵漏，即可在干处灌筑承台混凝土。

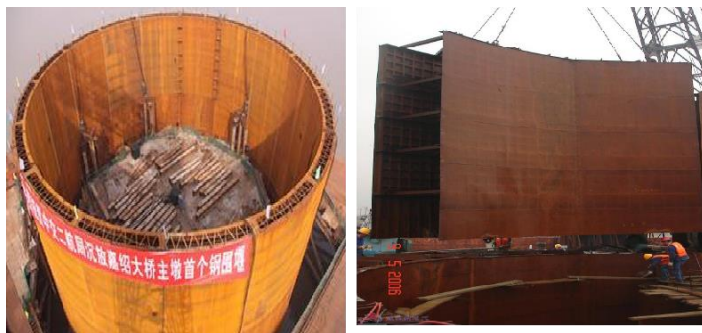
②当承台标高较低，承台底距离河床较近或已进入河床时，宜采用无底套箱。



③套箱围堰应采用刚性导管进行水下混凝土封底，封底混凝土厚度应根据桩周摩擦阻力、浮力、套箱及混凝土重力等计算确定。



(3) 双壁钢围堰



双壁钢围堰



1. 双壁钢围堰应进行专门设计，其强度、刚度及结构稳定性，定位系统等应满足施工要求；
双壁钢围堰本身应分设多个对角的横向互不通水的隔水仓，以便在下沉过程中分仓对称灌水、砂砾石或混凝土。双壁钢围堰拼焊后应进行焊接质量检验及水密试验。
2. 钢围堰按要求浮运定位，下沉至设计标高。灌注封底混凝土前，应采用高压水枪对河床面

进行清理，整平，同时潜水员应采用高压水枪将桩身和箱壁上附着的泥浆冲洗干净，以保证封底混凝土与桩身、箱壁的良好结合，达到止水效果。

三、承台底的处理

1.当承台底层土质有足够的承载力，又无地下水或能排干时，可按天然地基上修筑基础的施工方法进行施工。当承台底层土质为松软土，且能排干水施工时，可挖除松软土，换填 10~30cm 厚砂砾土垫层。如不能排干水时，用静水挖泥方法换填水稳性材料，立模灌注水下混凝土封底后，再抽干水灌注承台混凝土。

七、深水承台施工的注意要点

2.混凝土中可掺入粉煤灰，当加入粉煤灰后其强度龄期可按 60d 或 90d 计，这样更合理。

4.浇筑水下封底混凝土可以直接泵送，亦可以按灌注水下混凝土的导管法进行。

5.对围堰封底应全断面一次连续浇筑完成，并在整个封底混凝土初凝前浇筑完成。



6.承台混凝土浇筑采用低热水泥和良好的粗、细骨料，掺加合格的粉煤灰和适当的外加剂，使拌和物具有和易性好、可泵性好、初凝时间长、坍落度损失小等特性。

7.混凝土浇筑应一次连续完成。对于二次浇筑的施工缝，除凿毛外还应增设凹型桦槽，并埋设槽钢或工字钢，以增强其整体性。

1B413052 桥梁墩台施工

一、钢筋混凝土墩台

2.钢筋施工除应符合规范相关规定外，尚应符合下列规定：

(2) 钢筋施工时其分节高度不宜大于 9m, 以确保施工安全。

(3) 下一节段钢筋绑扎时, 上一级混凝土强度应达到 2.5MPa 以上。



3.模板制作安装与脚手架施工除应符合规范相关规定外,尚应符合下列规定:

(5) 模板在安装过程中, 必须设置防倾覆设施, 对高度大于 30m 的桥墩或风力较大地区, 应设置风缆。

(6) 墩台身施工时应搭设脚手架工作平台，上铺木板，下挂安全网，周围设扶手栏杆。



5.采用滑升模板浇筑桥墩混凝土时, 还应符合下列规定:

(2)浇筑应分层分段进行，各段应浇筑到距模板上口不小于 100~150mm 的位置为止。若为排柱式墩台，各立柱应保持进度一致。

(3)应采用插入式振动器振捣。

(7)混凝土脱模时的强度宜为 $0.2 \sim 0.5\text{MPa}$ ，脱模后如表面有缺陷时，应及时予以修补。

二、石砌墩台施工

2.石砌墩台施工一般要求

(2) 砌筑基础的第一层砌块时,如基底为岩层或混凝土基础,应先将基底表面清洗、湿润,再坐浆砌筑;如基底为土质,可直接坐浆砌筑。

(3) 砌体应分层砌筑,砌体较长时可分段分层砌筑,但两相邻工作段的砌筑差一般不宜超过 1.2m;分段位置尽量设在沉降缝、伸缩缝处,各段水平砌缝应一致。

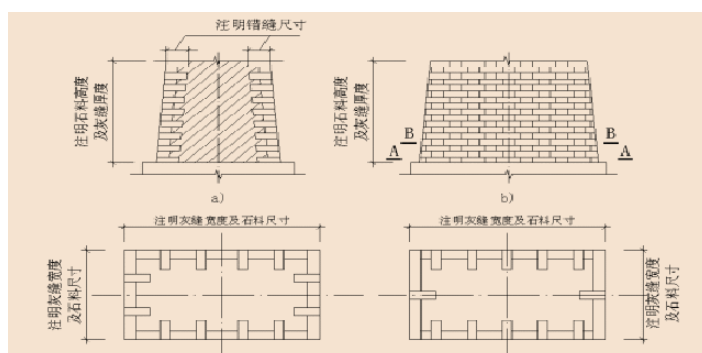


(4) 各砌层应先砌外圈定位行列,然后砌筑里层,外圈砌块应与里层砌块交错连成一体。

3.砌筑方法

同一层石料及水平灰缝的厚度要均匀一致,每层按水平砌筑,丁顺相间,砌石灰缝互相垂直。

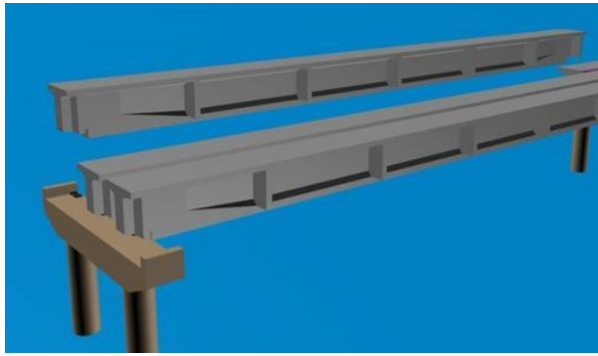
砌石顺序为先角石,再镶面,后填腹。



1B413060 桥梁上部结构施工技术

1B413060 桥梁上部结构施工技术

桥梁上部结构装配式施工



1B413061 桥梁上部结构装配式施工

一、钢筋混凝土和预应力混凝土梁（板）桥施工（2020 年新增变化）

1.一般要求

（1）装配式桥的构件在脱底模、移运、存放和吊装时，混凝土的强度应不低于设计规定的吊装强度；设计未规定时，应不低于设计强度的 80%。

（2）构件安装前应检查其外形、预埋件的尺寸和位置，允许偏差不得超过设计规定。

（3）安装构件时，支承结构（墩台、盖梁）的混凝土强度和预埋件（包括预留锚栓孔、锚栓、支座钢板等）的尺寸、高程及平面位置应符合设计要求。

（4）构件安装就位完毕并经检查校正符合要求后，方可焊接或浇筑混凝土固定构件。跨径 25m 以上预应力混凝土简支梁的安装应验算裸梁的稳定性。

（5）对分层、分段安装的构件，应在先安装的构件可靠固定且受力较大的接头混凝土达到设计要求的强度后，方可继续安装；设计未规定时，应达到设计强度的 80%后方可继续安装。

2.构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求；场地应平整、坚实，应根据地基情况和气候条件，设置必要的防排水设施，并应采取有效措施防止场地沉陷。

砂石料场的地面宜进行硬化处理。（2020 年新增变化）

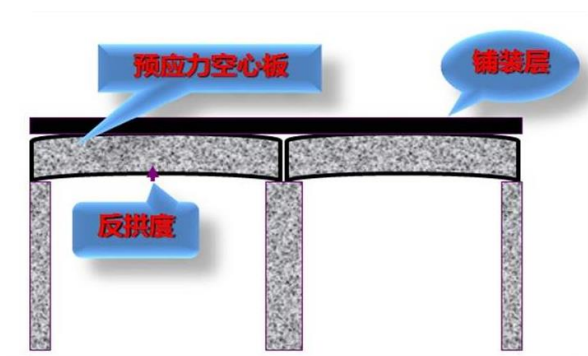


3.构件预制台座的地基应具有足够的承载能力，并应符合下列规定：（2020 年新增变化）

（1）预制台座应采用适宜的材料和方式制作，且应保证其坚固、稳定、不沉陷；当用于预制后张预应力混凝土梁、板时，宜对台座两端及适当范围内的地基进行特殊加固处理。

（2）预制台座的间距应能满足施工作业的要求；台座表面应光滑、平整，在 2m 长度上平整度的允许偏差应不超过 2mm，且应保证底座或底模的挠度不大于 2mm。

（3）对预应力混凝土梁、板，应根据设计提供的理论拱度值，结合施工的实际情况，正确预计梁体拱度的变化情况，在预制台座上按梁、板构件跨度设置相应的预拱度。当后张预应力混凝土梁预计的上拱度值较大时，可考虑在预制台座上设置反拱。



4.各种构件混凝土的浇筑除应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/F50 - 2011 的有关规定外，尚应符合下列规定：（2020 年新增变化）

（1）腹板底部为扩大断面的 T 形梁，应先浇筑扩大部分并振实后，再浇筑其上部腹板。

（2）U 形梁可上下一次浇筑或分两次浇筑。

①一次浇筑时，宜先浇筑底板至底板承托顶面，待底板混凝土振实后再浇筑腹板；

②分两次浇筑时，宜先浇筑底板至底板承托顶面，按施工缝处理后，再浇筑腹板混凝土。

(3) 小型构件宜在振动台上振动浇筑。混凝土砌块、小型盖板、路缘石等小型构件，可在移动式底模上浇筑。

(4) 采用平卧重叠法支立模板、浇筑构件混凝土时，下层构件顶面应设临时隔离层；上层构件必须待下层构件混凝土强度达到 5MPa 后方可浇筑。

(5) 中小跨径的空心板浇筑混凝土时，对芯模应有防止上浮和偏位的可靠措施。

5.对高宽比较大的预应力混凝土 T 形梁和 I 形梁，应对称、均衡地施加预应力，并应采取有效措施防止梁体产生侧向弯曲。



6.构件的场内移运应符合下列规定：(2020 年新增变化)

(1) 对后张预应力混凝土梁、板，在施加预应力后可将其从预制台座吊移至场内的存放台座再进行孔道压浆，但必须满足下列要求：

①从预制台座上移出梁、板仅限一次，不得在孔道压浆前多次倒运。

②吊移的范围必须限制在预制场内的存放区域，不得移往他处

③吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞。

(2) 后张预应力混凝土梁、板在孔道压浆后进行移运的，其压浆浆体强度应不低于设计强度的 80%。

(3) 梁、板构件移运时的吊点位置应符合设计规定；设计未规定时，应根据计算决定。构件

的吊环必须采用未经冷拉的 HPB300 钢筋制作，且吊环应顺直。吊绳与起吊构件的交角小于 60 度时，应设置吊架或起吊扁担，使吊环垂直受力。吊移板式构件时，不得吊错上、下面。



7. 构件的存放应符合下列规定：(2020 年新增变化)

(1) 存放台座应坚固稳定，且宜高出地面 200mm 以上。存放场地应有相应的防排水设施，并应保证梁、板等构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏。

(2) 梁、板构件存放时，其支点应符合设计规定的位置，支点处应采用垫木和其他适宜的材料进行支承，不得将构件直接支承在坚硬的存放台座上；存放时混凝土养护期未满的，应继续养护。

(3) 构件应按其安装的先后顺序编号存放，预应力混凝土梁、板的存放时间不宜超过 3 个月，特殊情况下不应超过 5 个月。

(4) 当构件多层叠放时，层与层之间应以垫木隔开，各层垫木的位置应设在设计规定的支点处，上下层垫木应在同一条竖直线上；叠放的高度宜按构件强度、台座地基的承载力、垫木强度及叠放的稳定性等经计算确定，大型构件宜为 2 层，不应超过 3 层，小型构件宜为 6-10 层。

(5) 雨季或春季融冻期间，应采取有效措施防止因地面软化下沉而造成构件断裂及损坏的情况。

8. 构件的运输应符合下列规定：(2020 年新增变化)

(1) 板式构件运输时, 宜采用特制的固定架稳定构件。对小型构件, 宜顺宽度方向侧立放置, 并应采取措施防止倾倒; 如平放, 在两端吊点处必须设置支搁方木。

(2) 梁的运输应按高度方向竖立放置, 并应有防止倾倒的固定措施; 装卸梁时, 必须在支撑稳妥后, 方可卸除吊钩。

9.简支梁、板的安装应符合下列规定: (2020 年新增变化)

(1) 安装前应对墩台的施工质量进行检验, 并应对支座或临时支座的平面位置和高程进行复测, 合格后方可进行梁、板等构件的安装。

(2) 安装的方法和安装设备宜根据构件的结构特点、重量及施工环境条件等综合确定, 并应制订专项施工技术方案、安装工艺及安全技术方案, 对安装设备的强度、刚度和稳定性应进行必要的验算。

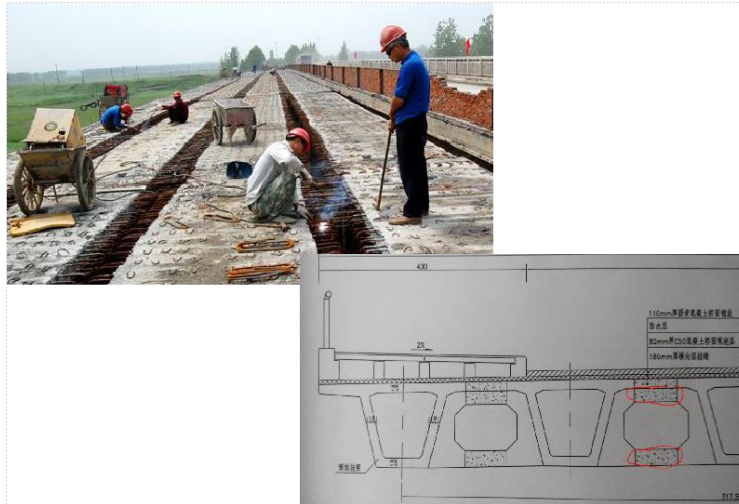
(3) 采用架桥机进行安装作业时, 其抗倾覆稳定系数应不小于 1.3; 架桥机过孔时, 应将起重小车置于对稳定最有利的位置, 且抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。

(4) 采用吊机吊装构件时, 如采用 1 台吊机起吊, 应在吊点位置的上方设置吊架或起吊扁担; 如采用两台吊机抬吊, 应统一指挥, 协调一致, 使构件的两端同时起吊、同时就位。

(5) 梁、板安装施工期间及架桥机移动过孔时, 严禁行人、车辆和船舶在作业区域的桥下通行

(6) 梁、板就位后, 应及时设置保险垛或支撑将构件临时固定, 对横向自稳性较差的 T 形梁和 I 形梁等, 应与先安装的构件进行可靠的横向连接, 防止倾倒。

(7) 安装在同一孔跨的梁、板, 其预制施工的龄期差不宜超过 10d, 梁、板上有预留孔道的, 其中心应在同一轴线上, 偏差应不大于 4mm。梁、板之间的横向湿接缝, 应在一孔梁、板全部安装完成后方可进行施工。



10.先简支后连续的梁，其施工应符合下列规定：（2020 年新增变化）

（1）先简支安装的梁，除应符合上述第 9 条的规定外，尚应设置临时支座进行支承。在一片梁中，临时支座顶面的相对高差不应大于 2mm。

（2）简支变连续的施工程序应符合设计规定，且应在一联梁全部安装完成后方可进行湿接头混凝土的浇筑。

（3）对湿接头处的梁端，应按施工缝的要求进行凿毛处理。永久支座应在设置湿接头底模之前安装。

湿接头处的模板应具有足够的强度和刚度，与梁体的接触面应密贴并具有一定的搭接长度，各接缝应严密不漏浆。负弯矩区的预应力管道应连接平顺，与梁体预留管道的接合处应密封；预应力锚固区预留的张拉齿板应保证其外形尺寸准确且不被损坏。



(4) 湿接头的混凝土宜在一天中气温相对较低的时段浇筑，且一联中的全部湿接头 应一次浇筑完成。湿接头混凝土的养护时间应不少于 14d。

(5) 湿接头按设计要求施加预应力、孔道压浆且浆体达到规定强度后，应立即拆除临时支座，按设计规定的顺序完成体系转换。同一片梁的临时支座应同时拆除。

二、预应力混凝土箱梁施工（2020 年新增变化）

1.箱梁预制场地的建设除应符合上述第一条一般要求的规定外，尚应符合下列规定：

(1) 预制场地应进行专门设计，其布置应有利于制梁、存梁、运梁和架梁的施工作业；制梁台座、存梁台座及运梁线路的地基应具有足够的承载能力，并应有防排水设施； 场地内的道路、料场等应硬化处理。

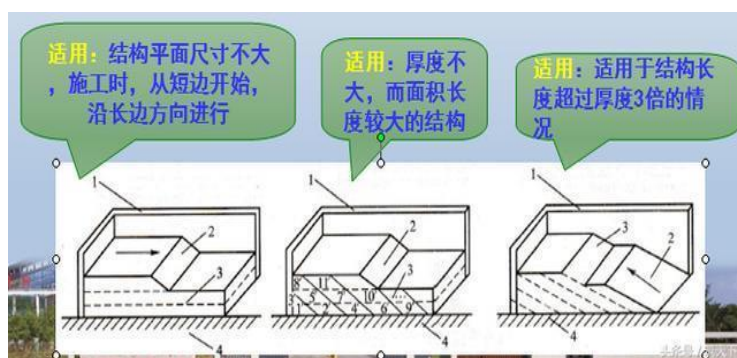
(2) 对在水域中架设安装的箱梁，应在预制场地设置箱梁的出运码头；从岸的一侧开始延伸至水域中或在陆上架设安装的箱梁，应设置必要的提梁设施和装置。

3.箱梁的预制宜采用定型钢模板，模板应具有足够的强度和刚度，并应能满足多次重复使用不变形的要求。模板的制作、安装与拆除应符合 1B413020 的有关规定外，尚应符合下列规定：（2020 年新增变化）

(1) 钢模板在加工制作时，模板的全长和跨度应考虑箱梁反拱度的影响及预留压缩量。附着式振捣器的支座应交错布置，安设牢固，并应使振动力先传向模板的骨架，再由骨架传向面板。

(2) 模板的拆除期限除应符合 1B413020 的有关规定外, 对外侧模和端模, 尚应满足箱梁混凝土的表层温度与环境温度之差不大于 15°C 的要求; 当气温急剧变化时, 不宜进行拆模作业。

4. 箱梁混凝土宜一次连续浇筑完成, 且宜采取水平分层、斜向推进的方式浇筑, 水平分层的厚度不得大于 300mm , 各层间混凝土的间隔浇筑时间不应超过其初凝时间。



5. 箱梁混凝土浇筑完成后, 应按《公路桥涵施工技术规范》JTG/F50 - 2011 的有关 规定及时进行覆盖和养护, 并应符合下列规定: (2020 年新增变化)

(1) 当采取蒸汽养护时, 尚宜分为静停、升温、恒温、降温及自然养护五个阶段。静停期间应保持蒸养棚内的温度不低于 5°C ; 混凝土浇筑完成 4h 后方可升温, 且升温的速度不应大于 $10^{\circ}\text{C} / \text{h}$; 恒温时应将温度控制在 50°C 以下, 恒温时间宜由试验确定; 降温的速度不应大于 $5^{\circ}\text{C} / \text{h}$; 蒸汽养护结束后, 应立即进入自然养护阶段, 且养护时间不宜少于 7d 。蒸养期间、拆除保温设施及模板时, 梁体混凝土表层的温度与环境温度之差不得大于 15°C 。

(2) 当采取自然养护时, 对暴露于大气环境中的混凝土表面应采用适宜的材料进行覆盖, 并洒水养护; 拆模后尚未达到养护时间的梁体混凝土表面, 宜采用喷淋方式或采用养护剂喷洒养护。当环境相对湿度小于 60% 时, 自然养护的时间不宜少于 28d ; 相对湿度大于或等于 60% 时, 不宜少于 14d 。

8. 箱梁的场内移运及存放应符合下列规定: (2020 年新增变化)

(1) 箱梁在场内的移运可采用龙门吊机或轮胎式移梁机, 且应预设相应的移运通道。

(4) 箱梁的存放台座应坚固稳定, 且应有相应的防排水设施, 应保证箱梁在存放期间不致因台座下沉受到损坏。箱梁在存放时, 其支点距梁端的距离应符合设计规定。

9.箱梁的运输应符合下列规定: (2020 年新增变化)

(1) 当采用运梁车运输箱梁时, 运梁线路的路面应平坦, 地基应有足够的承载能力, 纵向坡度应不大于 3%, 横向坡度(人字坡)应不大于 4%, 最小曲率半径应不小于运梁车的允许转弯半径。在运梁车通过的限界内, 不得有任何障碍物。

(2) 运梁车装载箱梁时, 其支承应牢固, 起步和运行应缓慢, 平稳前进, 严禁突然加速或紧急制动。当运梁车接近卸梁地点或架桥机时, 应减速徐停。

(3) 当采用水运方式运输箱梁时, 除支承应符合结构受力及运输要求外, 尚应对梁体进行固定, 并采取防止船体摆动的有效措施, 保证其在风浪颠簸中不移位。

(4) 不论采取何种方式运输箱梁, 均不得使其在装卸和运输过程中产生任何形式的损伤及变形。

10.箱梁的架设安装应符合下列规定:

(1) 箱梁应采用通过技术质量监督部门产品认证的专用架桥机, 或由海事部门颁发船舶证书及起重检验证书的起重船进行架设安装, 且起重参数应能满足架梁的要求, 起重船的锚泊系统应能满足作业水域的条件。吊架和吊具应专门设计。起重设备、吊架和吊具等应经试吊确认安全后方可用于正式施工, 吊具应定期进行探伤检查。

(2) 采用架桥机安装作业时, 其抗倾覆稳定系数不应小于 1.3; 架桥机过孔时, 起重小车应位于对稳定最有利的位置, 且抗倾覆稳定系数不应小于 1.5。

(3) 采用起重船安装作业时, 起重船在进入安装位置后应根据流速、流向、风向和浪高等情况抛锚定位, 定位时不得利用桥墩墩身带缆; 在起重船定位和箱梁架设安装过程中, 船体和梁体均不得对桥墩或承台产生碰撞。

(4) 架设安装时，箱梁在起落过程中应保持水平；顶落梁时梁体的两端应同步缓慢起落，并不得冲击临时支座。箱梁就位时，应设置必要的装置对梁体的空间位置进行精确调整。

(5) 在墩顶设置的临时支座，其形式和位置应符合设计规定，梁底与支座应密贴；4个临时支座的顶面相对高差不得超过4mm。

(6) 箱梁架设安装后的吊梁孔应采用收缩补偿混凝土封填。

11. 箱梁简支变连续时的体系转换除应符合设计要求和上述第一条的有关规定外，尚应符合下列规定：

(1) 需浇筑湿接头的箱梁端部的形状应符合设计规定，预应力钢束及其他预留孔道的位置偏差应不大于4mm。

(2) 宜先将一联箱梁采用型钢在纵向予以临时固结，且宜在一天中气温最低且温度场均匀稳定的时段浇筑湿接头混凝土。

1B413062 桥梁上部结构支架及逐孔施工

一、支架现浇施工

支架现浇梁单个施工单元施工工艺流程主要包括：地基处理→支架搭设→模板系统安装→支架加载预压→钢筋、预应力安装→内模安装→混凝土浇筑→混凝土养护→预应力张拉→预应力孔道压浆→落架、模板支架拆除。



(一) 地基处理与支架模板施工

1.地基处理

地基处理形式有：地基换填压实；混凝土条形基础；桩基础加混凝土横梁等。



2. 支架

支架的布置根据梁截面大小并通过计算确定以确保强度、刚度、稳定性满足要求，对高度超过 8m 的支架，应对其稳定性进行安全论证，确认无误后方可施工。

3. 支架应根据技术规范的要求进行预压，以收集支架、地基的变形数据，作为设置预拱度的依据。预拱度设置时要考虑张拉上拱的影响，预拱度一般按二次抛物线设置。



3. 模板：模板由底模、侧模及内模三个部分组成，一般预先分别制作成组件，在使用时再进行拼装，模板以钢模板为主，在齿板、堵头或棱角处采用木模板。



（二）普通钢筋、预应力筋施工（2020 年变化）

- 1.在安装并调好底模及侧模后，开始底、腹板普通钢筋绑扎及预应力管道的预设，混凝土一次浇筑时，在底、腹板钢筋及预应力管道完成后，安装内模，再绑扎顶板钢筋及预应力管道。混凝土采用二次浇筑时，底、腹板钢筋及预应力管道完成后，浇筑第一次混凝土，混凝土终凝后，再支内模顶板，绑扎顶板钢筋及预应力管道，进行混凝土的第二次浇筑。
- 2.预应力筋穿束前要对孔道进行清理。钢束较短时，可采用人工从一端送入即可。

（三）混凝土的浇筑（2020 年变化）

2. 梁桥现浇施工时，梁体混凝土在顺桥向宜从低处向高处进行浇筑，在横桥向宜对称进行浇筑。混凝土如采用分次浇筑，第二次混凝土浇筑时，应将接触面上第一次混凝土凿毛，清除浮浆。

（四）预应力张拉

- 1.当梁体混凝土强度达到设计规定的张拉强度（试压与梁体同条件养护的试件）时，方可进行张拉。
- 2.箱梁预应力的张拉采用双控，即以张拉力控制为主，以钢束的实际伸长量进行校核，实测伸长值与理论伸长值的误差不得超过规范要求，否则应停止张拉，分析原因，在查明原因并加以调整后，方可继续张拉。

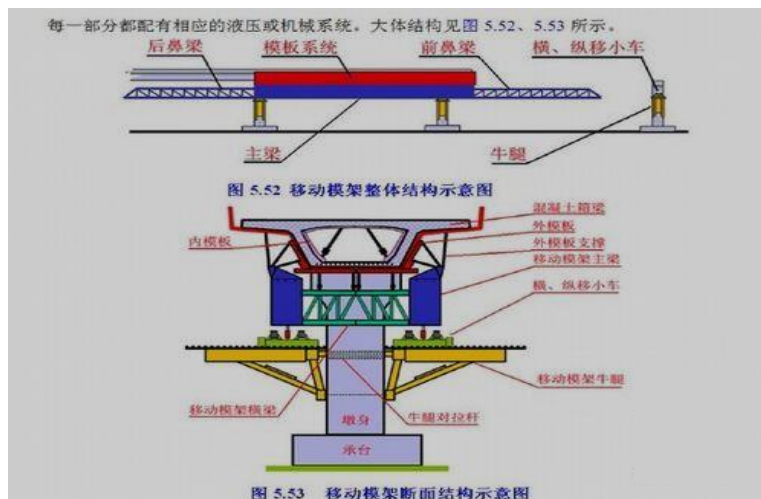
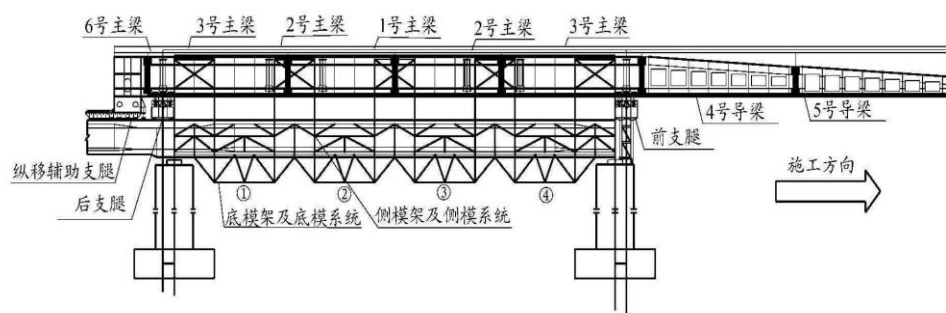
二、逐孔施工

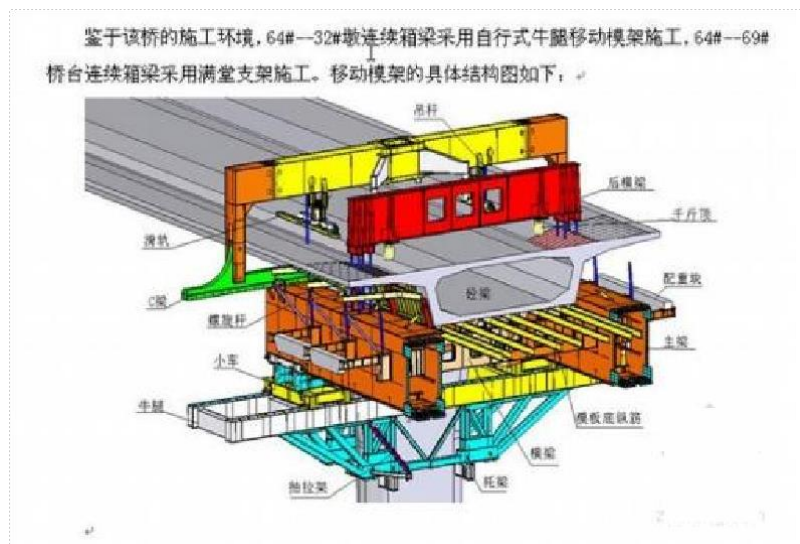
（一）移动支架逐孔现浇施工（移动模架法）

当桥墩较高，桥跨较长或桥下净空受到约束时，可以采用非落地支承的移动模架逐孔现浇施工，称为移动模架法。移动模架法适用在多跨长桥，桥梁跨径可达 20 ~ 70m，使用一套设备可多次移动周转使用。



移动模架主要由主梁导梁系统、吊架支撑系统、模板系统、移位调整系统、液压电气系统及辅助设施等部分组成。





移动模架结构按行走方式分为自行式和非自行式;

按导梁的形式分为前一跨式导梁、前半跨式导梁、前后结合导梁等;

按底模的安拆方式为平开合式、翻转式等;

按与箱梁的位置和过孔方式为上行式(上承式)、下行式(下承式)三种形式。



1. 施工过程的主要工序

支腿或牛腿托架安装、主梁安装、导梁安装、模板系统与液压电气系统及其他附属设施安装、加载试验、支座安装、预拱度设置与模板调整、绑扎底板及腹板钢筋、预应力系统安装、内模就位、顶板钢筋绑扎、箱梁混凝土浇筑、内模脱模、施加预应力和管道压浆、落模拆底模及滑模纵移。

2. 模架的安装

整套移动模架的拼装分为支承托架(牛腿)拼装、钢主梁(导梁)拼装、横梁拼装、模板系

统及其他附属部件拼装四大部分，移动模架拼装完成后，应对其拼装质量进行检验，并应在首孔梁的浇筑位置就位后进行荷载加载试验，检验和试压合格后方可正式使用。

3.移动模架施工要点

(1)模架应具有足够的承载能力、刚度和稳定性。

(2)首孔梁的混凝土在顺桥向宜从桥台(或过渡墩)开始向悬臂端进行浇筑，中间孔宜从悬臂端开始向已浇梁段推进浇筑，末孔宜从一联中最后一个墩位处向已浇梁段推进浇筑，最终与已浇梁段接合；梁体混凝土在横桥向应对称浇筑。连续梁逐孔现浇的纵向分段接缝位置应符合设计规定；设计未规定时，宜设在 $1/5$ 跨的弯矩零点附近。

(3)一孔梁的混凝土浇筑施工完成后，内模中的侧向模板应在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 后，顶面模板应在混凝土抗压强度达到设计强度等级的 75% 后，方可拆除；外模架应在梁体建立预应力后方可卸落。

(4)纵向移动时两侧的承重钢梁应保持基本同步。模架在移动过孔时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5 。

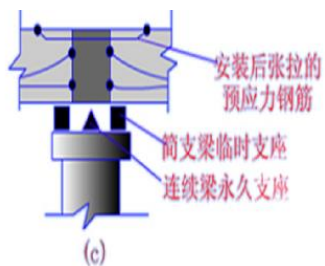
(二) 整孔吊装或分段吊装逐孔施工

2. 整孔吊装和分段吊装施工应注意的问题

(1) 采用分段组装逐孔施工的接头位置可以设在桥墩处也可设在梁的 $1/5$ 附近，前者多为由简支梁逐孔施工连接成连续梁桥；后者多为悬臂梁转换为连续梁。

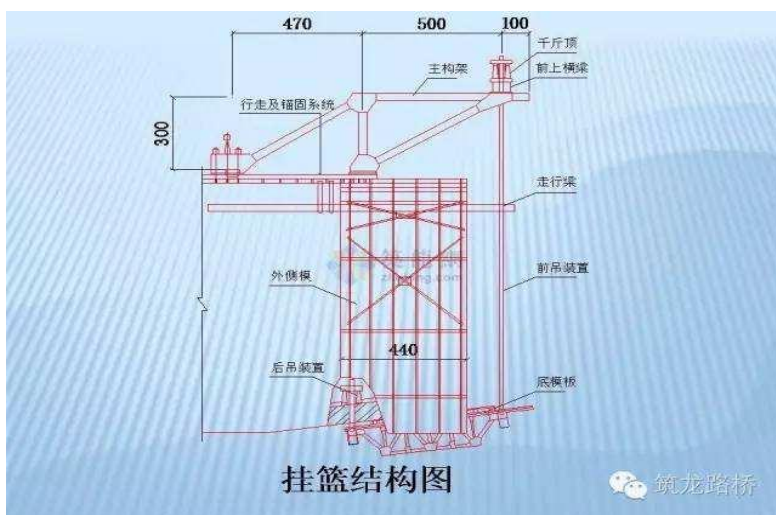
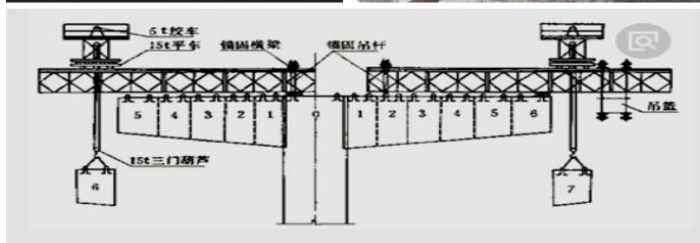
(2) 为了加强桥梁的横向刚度，常采用梁间翼缘板有 0.5m 宽的现浇接头。

(3) 对于先简支后连续的施工方法，通常在简支梁架设时使用临时支座，待连接和张拉后期钢索完成连续时拆除临时支座，放置永久支座。为使临时支座便于卸落，可在橡胶支座与混凝土垫块之间设置一层硫磺砂浆。



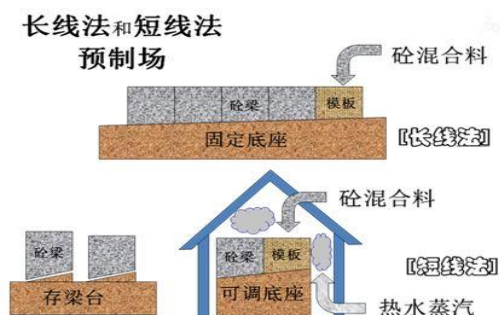
1B413063 桥梁上部结构悬臂施工

一、悬臂拼装施工



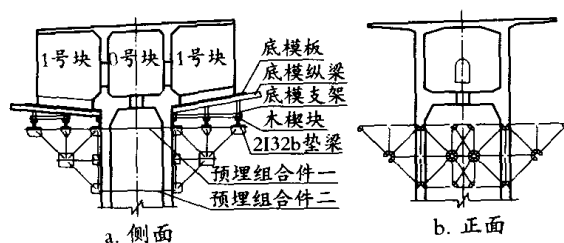
(二) 悬拼法施工方法

梁段预制方法分长线法及短线法。长线法施工工序：预制场、存梁区布置→梁段浇筑台座准备→梁段浇筑→梁段吊运存放、修整→梁段外运→梁段吊拼。



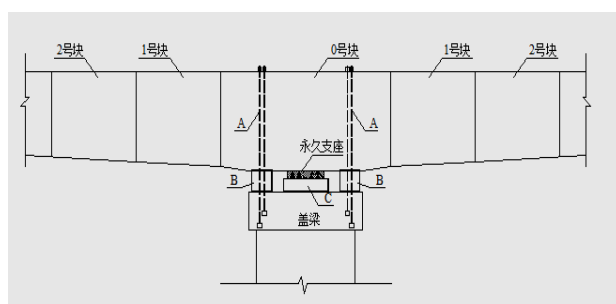
(三) 梁段的拼接施工

1、0号块：为了确保连续梁分段悬拼施工的平衡和稳定，常与悬浇方法相同。将构件支座临时固结，必要时在墩两侧加设临时支架以满足悬拼的施工需要。

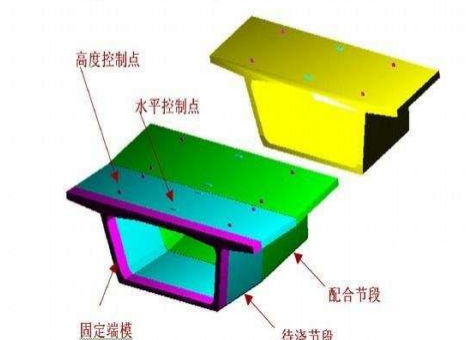


2、1号块

湿接缝拼装梁段施工程序：吊机就位→提升、起吊1号梁段→安设铁皮管→中线测量→丈量湿接缝的宽度→调整铁皮管→高程测量→检查中线→固定1号梁段→安装湿接缝的模板→浇筑湿接缝混凝土→湿接缝养护、拆模→张拉预应力筋→下一梁段拼装。

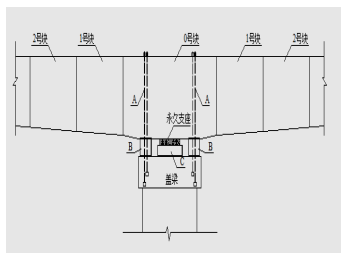


端则为已浇好的前一梁段（匹配梁）的前端面，通过调整匹配梁的相对位置来控制待浇梁段的线形，并以两者之间形成的匹配接缝来确保相邻节段的拼接精度。



3.其他梁段拼装

采用胶接缝拼装。拼装施工程序：吊机就位→起吊梁段→初步定位试拼→检查并处理管道接头→移开梁段→穿临时预应力筋入孔→接缝面上涂胶接材料→正式定位、贴紧梁段→张拉临时预应力筋→放松起吊索→穿永久预应力筋→张拉预应力筋后移挂篮→下一梁段拼装。



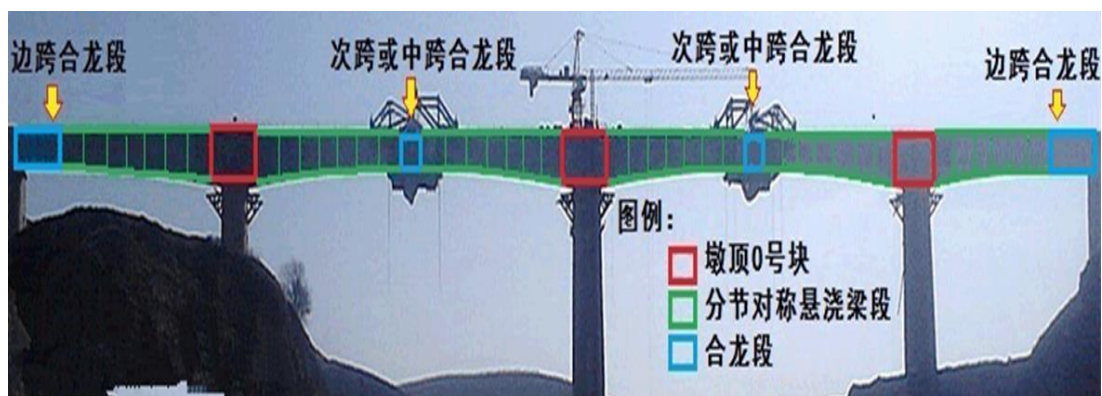
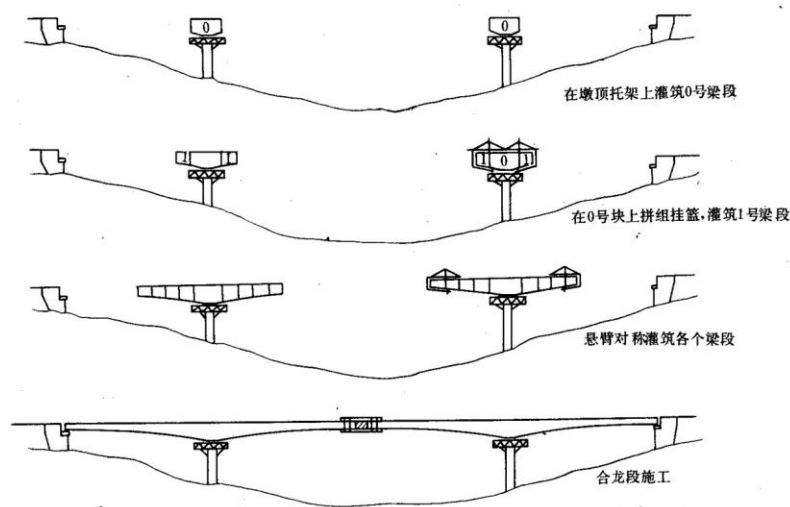
（四）预制梁块悬臂拼装时应注意的要点

- 4.桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段施工时，托架或膺架应经过设计，计算其弹性及非弹性变形。
- 8.施工前应按施工荷载对起吊设备进行强度、刚度和稳定性验算，其安全系数应不小于 2.0，节段起吊安装前，应对起吊设备进行全面安全技术检查，并应分别进行 1.25 倍设计荷载的静荷和 1.1 倍设计荷载的动荷起吊试验。
11. 胶粘剂宜采用机械拌合，且在使用过程中应连续搅拌并保持其均匀性，胶粘剂应涂抹均匀，覆盖整个匹配面，涂抹厚度不宜超过 3mm。对胶接缝施加临时预应力进行挤压时，挤

压力宜为 0.2MPa，胶粘剂应在梁体的全断面挤出，且胶接缝的挤压应在 3h 以内完成；当施工时间超过明露时间的 70%时，在固化之前应清除被挤出的胶结料。胶粘剂在涂抹和挤压时，应采取措施对预应力孔道的端口处进行防护，防止胶粘剂进入孔道内。

12. 采用胶接缝的节段，在拼装工作结束并经检查符合要求后，应立即施加预应力对接缝进行挤压。湿接缝块件应待混凝土强度达到设计强度等级的 80% 以上时，才能张拉预应力束。

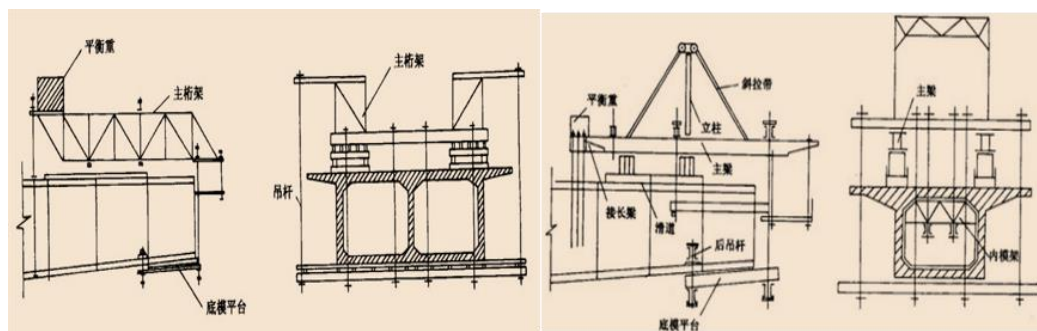
二、悬臂浇筑施工



(二) 施工准备

1、挂篮设计及加工

(1) 挂篮按结构形式可分为桁架式、三角斜拉带式、预应力束斜拉式、斜拉自锚式；挂篮按行走方式可分为滑移式和滚动式；挂篮按平衡方式可分为压重式和自锚式。必须满足强度、刚度、稳定性要求外，还要使其行走、锚固方便可靠，重量不大于设计规定。挂篮由主桁架、锚固、平衡系统及吊杆、纵横梁等部分组成。挂篮试拼后，必须进行荷载试验。



(3) 挂篮的最大变形（包括吊带变形的总和）应不大于 20mm。

(4) 挂篮在浇筑混凝土状态和行走时的抗倾覆安全系数、自锚固系统的安全系数、斜拉水平限位系统的安全系数及上水平限位的安全系数均不应小于 2。

2、0 号、1 号块的施工

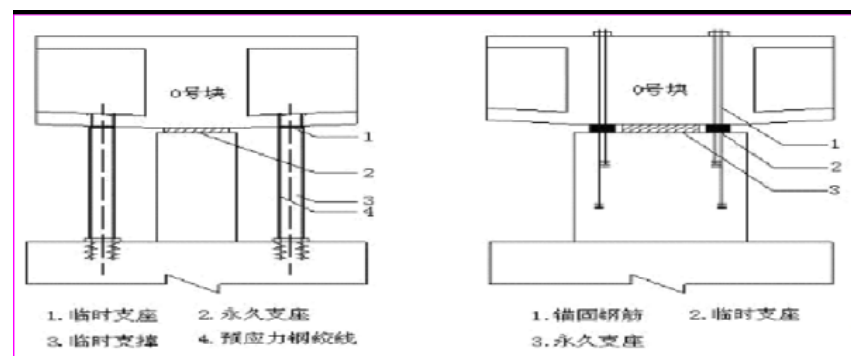
对于 0 号、1 号块挂篮没有支撑点或支撑长度不够，一般采用扇形托架浇筑。托架可支撑在桥墩基础承台上或墩身上。托架除须满足承重强度要求外，还须具有一定的刚度。



3、临时固结

临时固结一般采用在支座两侧临时加预应力筋，梁和墩顶之间浇筑临时混凝土垫块。将梁固

结在桥墩上，使梁具有一定的抗弯能力。在条件成熟时，再采用静态破碎方法，解除固结。



(三) 悬臂浇筑施工工艺流程

悬臂浇筑梁段混凝土分次浇筑施工工艺流程：

挂篮前移就位→挂篮静载试验→安装梁段底模及侧模→安装底板及腹板钢筋→梁段底板混凝土浇筑及养生→安装内模、顶模及腹板内预应力管道→安装顶板钢筋及顶板预应力管道→接缝混凝土处理→浇筑腹板及顶板混凝土→检查并清洁预应力管道→梁段混凝土养生→拆除端模板→穿预应力钢筋→张拉预应力钢筋→管道压浆→封锚。

(四) 悬臂浇筑施工中应注意要点

4.悬臂施工过程中，若梁身与墩身采用非刚性连接，为保证结构的稳定性，悬臂梁桥和连续梁桥应实施 0 号块梁段与桥墩间临时固结支承措施；对于刚性连接的 T 型刚构、连续刚构梁，因结构本身已具有一定的抗弯能力，可根据设计和施工要求在墩旁架设临时托架等方法进行施工。

5.挂篮安装时应保证安全、稳定、可靠。

(4) 挂篮组拼后，应全面检查安装质量，并对挂篮进行试压，以消除结构的非弹性变形。

挂篮试压的最大荷载一般可按最大悬浇梁段重量的 1.3 倍考虑。挂篮试压通常采用水箱加压法、试验台加压法及砂袋法。



6.悬臂浇筑施工应对称、平衡。设计未规定时，不宜超过梁段重的 $1/4$ 。悬臂梁段应全断面一次浇筑完成，并应从悬臂端开始，向已完成梁段推进分层浇筑。

9.悬臂浇筑段前端底板和桥面的标高，应根据挂篮前端的垂直变形及预拱度设置，施工过程中要对实际高程进行监测，如与设计值有较大出入时，应会同有关单位（监控单位、设计单位和监理单位）查明原因进行调整。

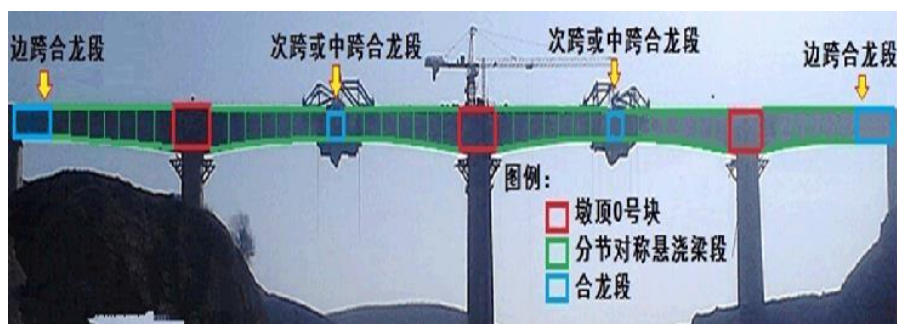
13.悬浇梁段分次浇筑混凝土时，应采取措施消除后浇筑混凝土引起的挂篮变形，一般可采用下列方法：

- (1) 水箱法。
- (2) 混凝土一次浇筑法。
- (3) 浇筑混凝土时，可根据混凝土重量的变化，随时调整吊带高度。
- (4) 抬高挂篮的后支点法。

(五) 连续梁的合龙、体系转换和支座反力调整

1. 合龙施工前应对两端悬臂梁段的轴线、高程和梁长受温度影响的偏移值进行观测，并应根据实际观测值进行合龙的施工计算，确定准确的合龙温度、合龙时间及合龙程序。

2.合龙顺序应按设计要求办理，设计无要求时，一般先边跨，后次中跨，再中跨。多跨一次合龙时，必须同时均衡对称地合龙。合龙时，桥面上设置的所有临时荷载均应与监控单位和设计单位协商决定。



4. 合龙时，宜采取措施将合龙口两侧的悬臂端予以临时刚性连接，再浇筑合龙段混凝土。

合龙段的混凝土宜在一天中气温最低且稳定的时段内提筑，浇筑后应及时覆盖洒水养护。

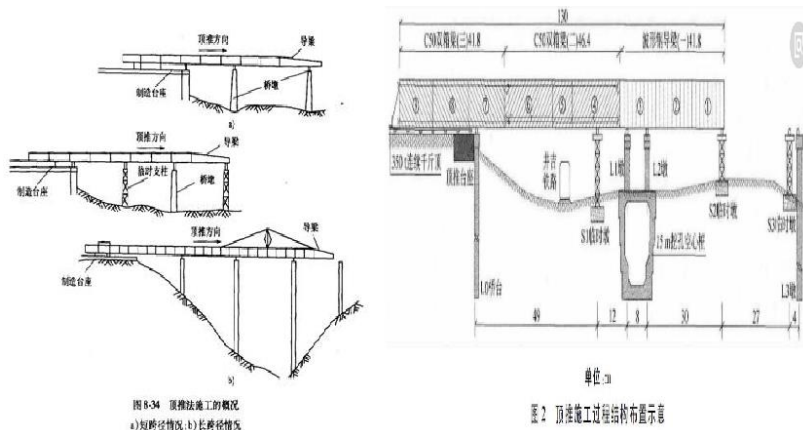
5. 合龙时在桥面上设置的全部临时施工荷载应符合施工控制的要求。对预应力混凝土连续梁，合龙后应在规定的时间内尽快拆除墩梁临时固结装置，按设计规定的程序完成体系转换和支座反力调整。

1B413064 桥梁上部结构顶推施工

一、概述

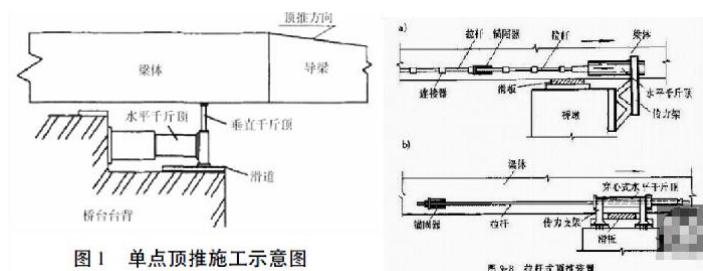
顶推施工主要临时设施及机具设备：起重机、顶推平台（预制台座）、混凝土拌合楼、混凝土输送泵、导梁（鼻梁）、横向导向（纠偏装置）、辅助墩（临时墩）、顶推设备（顶推千斤顶）、滑动装置等。





(二) 顶推施工分类

1. 按顶推动力装置的多少分为单点顶推和多点顶推。
2. 按动力装置的类别可分为步距式顶推和连续顶推。
3. 按施加水平力的方法可分水平 + 竖向千斤顶法和拉杆千斤顶法。



4. 按支承系统可分临时滑道支承装置顶推施工和永久支承装置顶推施工。
5. 按顶推方向可分单向顶推和双向（相对）顶推。
6. 按箱梁节段的成形方式可分为分段顶推（预制组装、分段顶推）和阶段顶推（逐段制梁、逐段顶推）。

(三) 顶推法施工工序

预制场准备工作→制作模板与安装钢导梁→顶推设备安装→预制节段→张拉预应力筋→顶推预制节段→管道压浆（循环第四至第七步骤）→顶推就位→放松临时预应力筋及拆除辅助设备→张拉后期预应力筋→管道压浆→落梁与更换支座→桥面工程→验收。

二、顶推施工中的施工要点

(二) 导梁和临时墩的施工

2. 钢梁顶推施工时，导梁与钢梁之间宜采用焊接连接或采用螺栓连接。

3. 对于跨径大于 50m 的梁桥宜设置临时墩。

7. 临时墩一般只设置滑道而不设顶推装置。



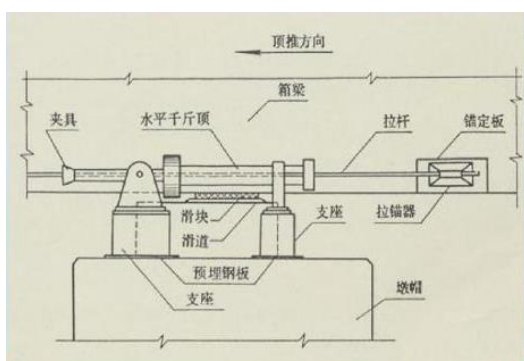
(三) 梁段顶推施工

1. 顶推施工前，应根据梁体长度、顶推跨度、桥墩能承受的水平推力、顶推设备和滑动装置等条件，选择适宜的顶推方式。

(1) 按顶推动力装置的多少，顶推的方法可分为单点顶推和多点顶推，单点顶推适用于桥台刚度较大、梁体较轻的施工条件，多点顶推适用于桥墩较高、截面尺寸较小的柔性墩的施工条件。

(2) 多点顶推又分为多点间断顶推和多点自动连续顶推，一般情况下，宜采用多点自动连续顶推。

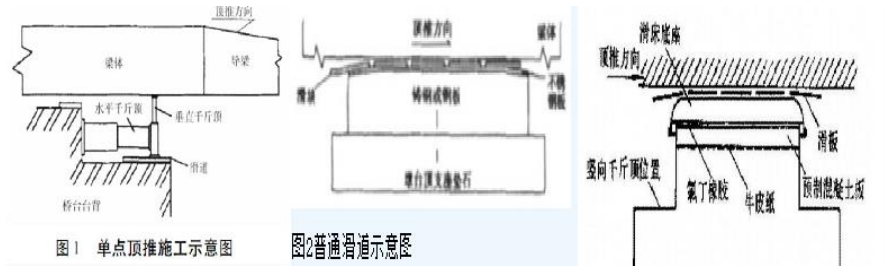
(3) 按施加水平力的方法，顶推施工可分为水平 + 竖向千斤顶法和拉杆千斤顶法。



2.顶推滑道的长度应大于水平千斤顶行程加滑块的长度，宽度应为滑板宽度的 1.2 ~ 1.5 倍，

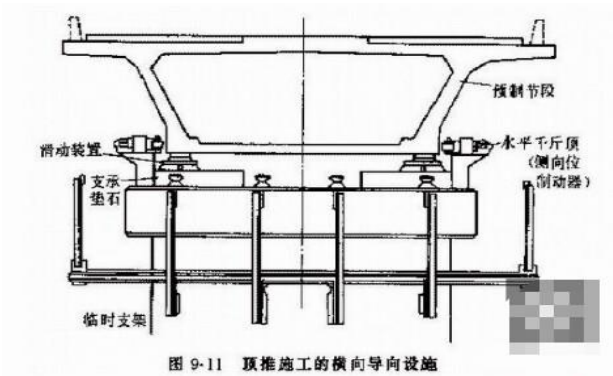
滑动装置的摩擦系数宜经试验确定。滑动装置设置要求如下：

(1)水平+竖向千斤顶顶推方式的滑动装置，一般应由摩擦垫、滑块（支承块）、滑板和滑道组成。



4.采用单点或多点水平千斤顶方式顶推时，实际总顶推力不应小于计算顶推力的 2 倍。

5.宜在墩顶上设置导向装置，防止梁体在顶推过程中产生偏移。



(四) 落梁

2.落梁时，应根据设计规定的顺序和每次下落量进行，同一墩、台的千斤顶应同步运行。

3.永久支座应在落梁前进行安装。

三、顶推施工梁的质量要点及主要检验内容

(2) 千斤顶及其他顶推设备在施工前应仔细检查校正，多点顶推必须确保同步；顶推过程中，要设专人观测墩台沉降、墩台纵向位移及梁体的偏位、导梁和主梁挠度等项目，提供观测数据。

(4) 顶推施工梁质量检验项目主要包括梁体轴线偏位、落梁反力和支点高差等内容。

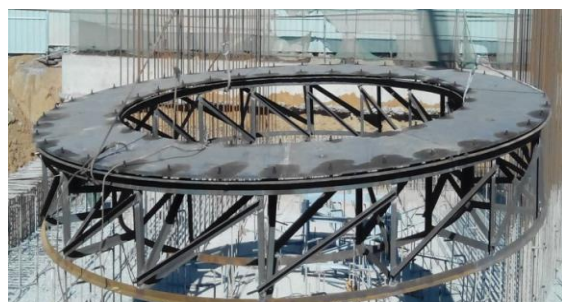
1B413065 桥梁上部结构转体施工

一、转体施工方法概述

转体施工分为竖转法、平转法和平竖结合法。



1.滑道及其劲性骨架安装



2.下球铰安装（安装精度在 1mm 以内，采用电子水准仪予以控制）



2.下球铰滑块安装（按照出厂前上下球铰试拼时的滑块编号进行安装，保证上下球铰精密咬合），完成后满铺黄油聚四氟乙烯粉。滑块抗压强度需达到 100Mpa 以上。



3.上球铰安装



4.撑脚安装

上盘撑脚即为转体时支撑转体结构平稳的保险腿，转体时撑脚可在滑道内滑动，同时也能承受转体过程中的不平衡力，以保持转体结构平稳。

对应上转盘的撑脚，下转盘设有下滑道及千斤顶反力座，撑脚与下滑道的间隙为 12mm，

千斤顶反力座用于转体的启动、止动、姿态微调等。



临时砂箱准备（采用零含水标准砂）



5.上转盘预应力系统及 JL32 精轧螺纹临时固结系统



承台预埋一对 P 锚牵引系统（管道不压浆）



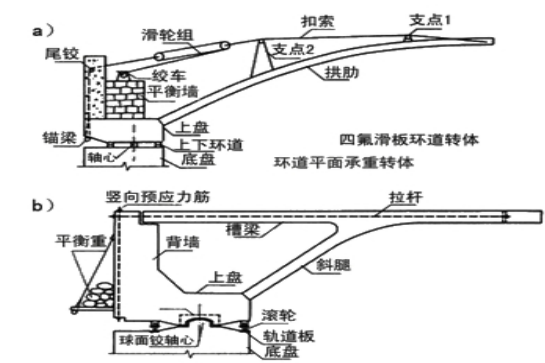
薄壁墩及悬浇施工



三、平转法施工

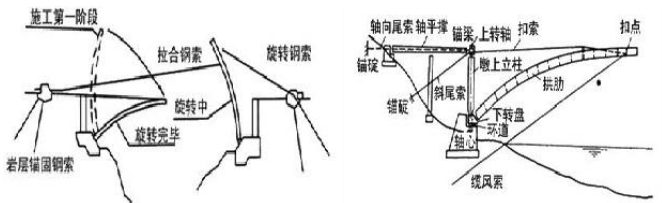
(一) 有平衡重转体施工

转体施工工艺包括：脱架→转动→转盘封固→撤锚合龙。



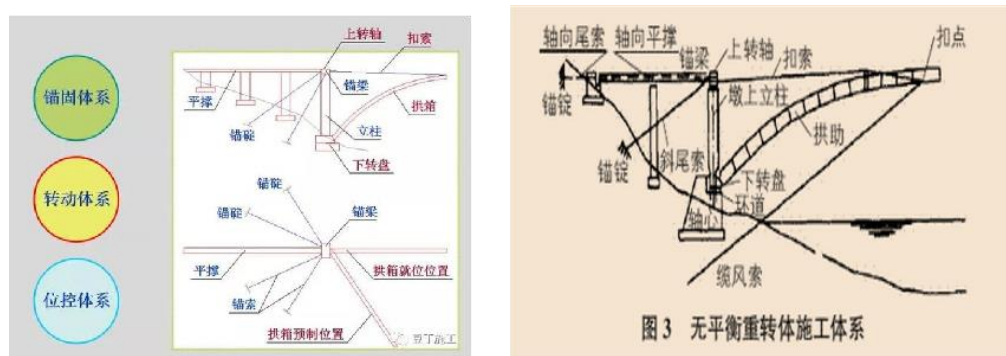
4.转体合龙时应符合下列规定：

- (1) 应严格控制桥体高程和轴线。
- (2) 合龙时应选择当日最低温度进行。
- (3) 合龙时，宜先采用钢楔刹尖等瞬时合龙措施。在混凝土达到设计强度的 85%后，再分批、分级松扣，拆除扣、锚索。



（二）无平衡重平转施工（针对大跨度桥梁）

无平衡重转体施工具有锚固、转动、位控三大体系，包括转动体系施工、锚碇系统施工、转体施工、合龙卸扣施工工艺。



1B413066 桥梁上部结构缆索吊装施工

缆索吊装施工

一、概述

在峡谷或水深流急的河段上,或在通航的河流上需要满足船只的顺利通行时可选用缆索吊装施工。

主要施工设备包括缆索吊机塔架、缆索吊机主索（承重索）、起重索、牵引索、扣索、工作索、风缆、横移索、跑车（天车、骑马滑车）、索鞍和锚碇等。

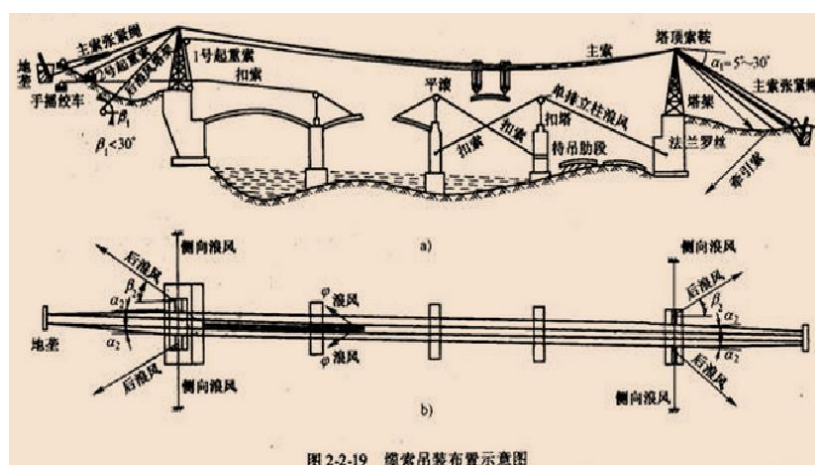


图 2-2-19 纜索吊裝布置示意图

二、吊装方法和要点

(一) 缆索吊装施工工序

预制拱肋（箱）和拱上结构→运输缆索吊装位置→吊运至安装位置→扣索临时固定→对各段拱肋进行轴线调整→主拱圈合龙→拱上结构安装。

大跨径拱桥吊装, 由于每段拱肋较长, 重量较大, 为使拱肋吊装安全, 应尽量采用正吊、正落位、正扣, 因此索塔的宽度应与桥宽相适应。

（二）施工中的注意要点

1. 缆索设备的检查项目及检查方法

(1) 地锚试拉

(2) 索扣

(3) 主索系统试吊

主缆宜采用钢丝绳，安全系数应不小于 3。主索系统试吊分跑车空载反复运转、静载试吊和吊重运行三步。吊重一般为设计荷载的 60%、100%、130%。

2.设置风缆时应注意的要点

(1) 风缆可以布置在岸上、水中或桥墩上。

(2) 风缆应成对称布置, 且上、下游风缆的长度相差不宜过大。风缆与拱肋轴线夹角宜大于 45° ; 与地平面夹角宜为 30° , 距离宜小于 100m。

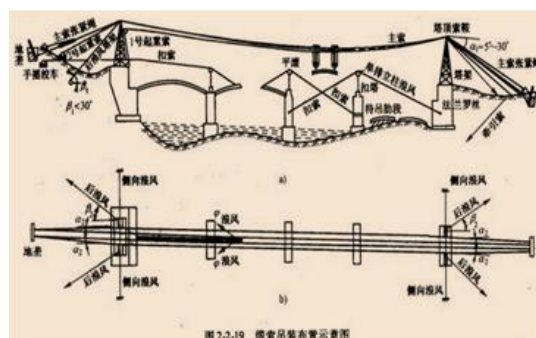


图 2-2-19 经常吊挂布置示意图

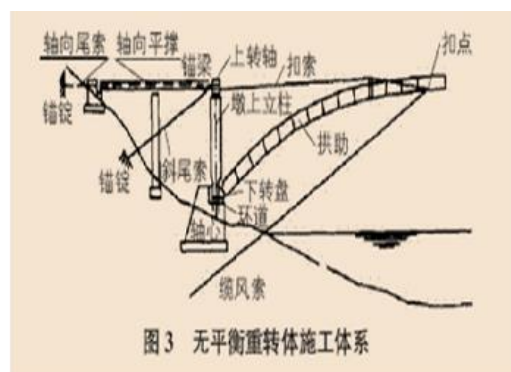


图3 无平衡重转体施工体系

3.松索过程中必须注意下列事项:

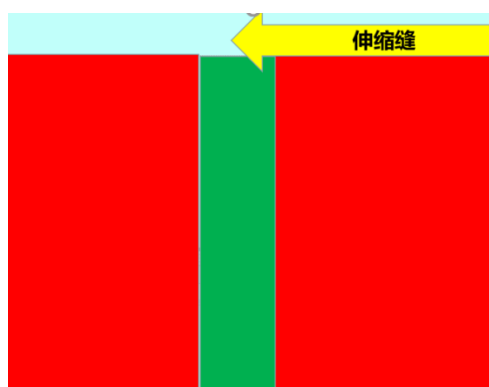
- (1) 松索时应按边扣索、次边扣索、起重索三者的先后顺序对称均匀地进行。

1B413067 桥梁改建施工

二、桥梁改建方案

目前公路桥梁改建加宽按位置可分为单侧加宽和双侧加宽两种方案,按上部结构与下部结构的连接处理主要有以下三种方案:

- (1) 新旧桥梁的上部结构与下部结构互不连接;
- (2) 新、旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接;
- (3) 新、旧桥梁的上部结构连接而下部结构分离。



三、新旧桥梁上部结构拼接的构造要求

(一) 钢筋混凝土实心板和预应力混凝土空心板桥,新旧板梁拼接之间宜采用铰接或近似于铰接连接。

(二) 预应力混凝土 T 梁或组合 T 梁桥, 新旧 T 梁之间拼接宜采用刚性连接。

(三) 连续箱梁桥, 新旧箱梁之间拼接宜采用铰接连接。

1B413068 桥梁施工监控

一、桥梁监测

(四) 常规监测的工作参数及桥梁监测系统与手段

1.常规监测的工作参数

(1)位移(2)变形(3)力(4)动力参数(5)外观和完整率

(6)物理化学现象(7)环境

二、桥梁施工控制

(一) 桥梁施工控制方法

桥梁施工控制方法: 事后控制法、预测控制法、自适应控制法和最大宽容度控制法几种。

1B413070 大跨径桥梁施工

1B413071 刚构桥施工

五、块件拼装接缝

块件拼装接缝一般为湿接缝与胶接缝两种。湿接缝用高强细石混凝土, 胶接缝则采用环氧树脂为接缝料。由于 1 号块的安装对控制该跨节段的拼装方向和标高非常关键, 故 1 号块与 0 号块之间的接缝多以采用湿接缝以利调整 1 号块位置。

1B413072 拱桥施工

一、现浇混凝土拱圈

跨径较小的拱圈或拱肋, 应按拱圈的全宽从两端拱脚向拱顶对称地连续浇筑混凝土, 并应在拱脚混凝土初凝前全部完成。

跨径较大的拱圈或拱肋, 应沿拱跨方向分段对称浇筑, 分段的位置应以拱架受力对称、均匀

和变形小为原则，且宜设置在拱顶、L/4 部位、拱脚及拱架节点等处。

二、劲性骨架浇筑拱圈

劲性骨架混凝土拱桥施工程序包括：劲性骨架安装；灌注管内混凝土；灌注钢管管外包混凝土。

大跨径劲性拱圈混凝土拱圈（拱肋）的浇筑，可采用分环多工作面均衡浇筑法、水箱压载分环浇筑法和斜拉扣挂分环连接浇筑法。



三、装配式混凝土、钢筋混凝土拱圈

装配式混凝土、钢筋混凝土拱圈适用于箱形拱、肋拱及箱肋组合拱的少支架或无支架施工。

（二）转体施工安装方法

平转施工主要适用于刚构梁式桥、斜拉桥、钢筋混凝土拱桥及钢管拱桥。

（三）缆索吊装施工

缆索吊装法是在架设好的缆索吊装设备上设置两个跑车，下面连接起吊滑车组，跑车上安装前后牵引钢丝绳，牵吊预制构件到架设安装孔上空，下落、横移、就位、安装。

1B413073 钢桥施工

二、钢桥安装

（二）架设方法

1.钢桥架设安装主要方法

(1)自行吊机整孔架设法：适宜于架设短跨径的钢板梁；

(2)门架吊机整孔架设法：适于地面或河床无水、少水，现场能修建低路堤、栈桥、上铺轨道的条件；

(3)浮吊架设法：适于河水较深、备有大吨位浮吊的条件；

(4)支架架设法：适于桥下净空不高、水深较浅的条件，可用于架设各种跨径、各种类型的钢桥；

(5)缆索吊机拼装架设法：适于各种地形、地质、水文条件，可架设各类梁桥、拱桥、刚构桥和加劲钢梁等；

(6)转体架设法：适于地形相宜、桥下有交通通行的条件，可用于中等跨径的梁桥；

(7)顶推滑移架设法：适于桥头路基或引桥上能够拼装钢梁的条件，宜于短距离纵向桥梁或横移法架梁以及横移更换旧梁，可架设单孔或多孔梁桥；

(8)拖拉架设法：适于河滩无水或水深较浅、易于建立支墩或桥头路基或引桥上能够拼装钢梁及平移梁的条件；

(9)浮运架设法：适于深水河流或滨海河流处，可架设各类大跨径钢桥；

(10)浮运拖拉架设法与浮运平转架设法：适于深水河流或滨海河流处，可架设各类大跨径钢桥；

(11)悬臂拼装架设法：适于各类地形、水文、通航、墩高等条件，是架设钢桥的主要方法之一。

2.架设安装基本作业程序

杆件预拼、杆件拼装、高强度螺栓栓接、工地焊接、顶落钢梁、墩面移梁与临时支座及其转换、钢梁定位与支座安装等工序。

(三) 钢桥安装要点

1.钢桥的工地安装要求

(2)在支架上拼装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的 $\frac{1}{3}$ ，其中冲钉不得多于 $\frac{2}{3}$ ；孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓总数不少于 6 个或将全部孔眼插入冲钉或粗制螺栓。

2.钢桥安装时的高强度螺栓连接施工要求

(3)高强度螺栓连接副组装时，应在板束外侧各置一个垫圈，有内倒角的一侧应分别朝向螺栓头和螺母支承面。高强度螺栓的长度应与安装图一致，安装时其穿入方向应全桥一致，且应自由穿入孔内，不得强行敲入；对不能自由穿入螺栓的孔，应采用铰刀进行铰孔修整。严禁采用气割方法扩孔。

(4)安装施工时，高强度螺栓不得作为临时安装螺栓使用，亦不得采用塞焊对螺栓孔进行焊接。

(7)施拧高强度螺栓时，应按一定顺序，从板束刚度大、缝隙大之处开始，对大面积节点板应从中间部分向四周的边缘进行施拧，并应在当天终拧完毕；施拧时，不得采用冲击拧紧和间断拧紧方式作业。

3.钢桥工地焊接连接要求

(1)杆件的工地施焊连接应按设计规定的顺序进行；设计未规定的，纵向宜从跨中向两端，横向宜从中线向两侧对称进行。

(2)箱形梁梁段间的焊接连接，应在梁段就位、固定并经检查合格后再进行施焊。施焊应按顶板、底板、纵隔板的顺序对称进行；梁段间的焊缝经检验合格后，应按先对接后角接的顺序焊接 U 形肋嵌补件。



(5)工地焊接时应设立防风、防雨设施，遮盖全部焊接处，工地焊接环境要求为：风力应小于 5 级；温度应高于 5℃；相对湿度应小于 85%；在箱梁内焊接时应有通风防护安全措施。

四、钢桥质量检查与检验

5.钢梁安装实测项目

钢梁安装实测项目：轴线偏位；梁底高程；连接（△）。

1B413074 斜拉桥施工

斜拉桥由梁、塔、索三种基本构件组成桥梁结构体系。



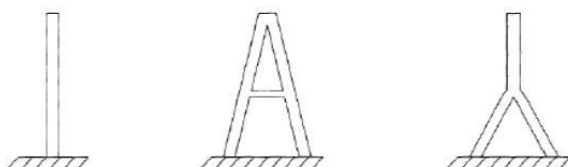
斜拉桥按主梁的受力状态分为漂浮体系、支承体系、塔梁固结体系和刚构体系。

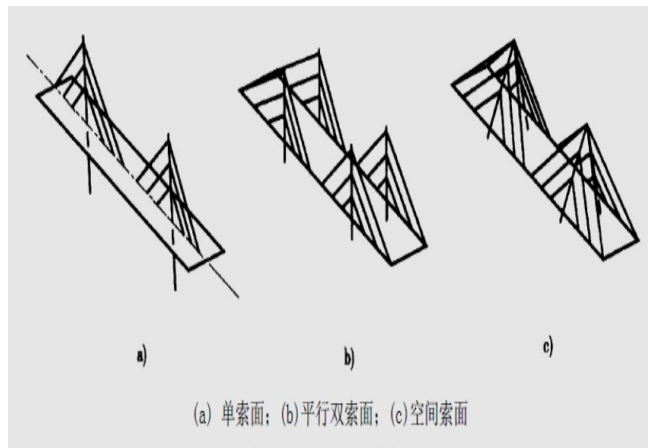
按主梁材料分为钢斜拉桥、混凝土斜拉桥、结合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥和钢管混凝土斜拉桥。

按拉索的特征分为双索面、单索面、稀索体系、密索体系以及无背索体系斜拉桥。

按拉索的锚固体系分为自锚、地锚及部分地锚斜拉桥。

按塔形分为门形、独柱形、钻石形、A形、H形、倒V形、倒Y形等，还有斜塔、矮塔、折线塔和曲线形塔等。





一、索塔

1.裸塔现浇施工主要采用翻模、滑模、爬模施工方法。

2.索塔施工主要机械设备一般安装一台塔吊，一台施工电梯，还有混凝土浇筑设备、供水设备及混凝土养护设备等。

二、主梁

(一) 主梁施工方法

1.顶推法;

2.平转法;

3.支架法 (临时支墩拼装、支架上现浇);

4.悬臂法 (悬臂拼装、悬臂浇筑)。



(二) 主梁的施工要点

6.上部结构施工控制

施工监控测试的主要内容：

①变形

②应力

③温度

斜拉桥的施工控制宜遵守以下原则:在主梁悬臂施工阶段以高程控制为主;二期恒载施工阶段以控制索力为主。

三、拉索施工

(一) 拉索的构造

- 1.平行钢筋索;
- 2.平行(半平行)钢丝索;
- 3.平行(半平行)钢绞线索;
- 4.单股钢绞缆;
- 5.封闭式钢缆。

(二) 索体防护与安装

2.斜拉索的安装

(1) 放索及索的移动

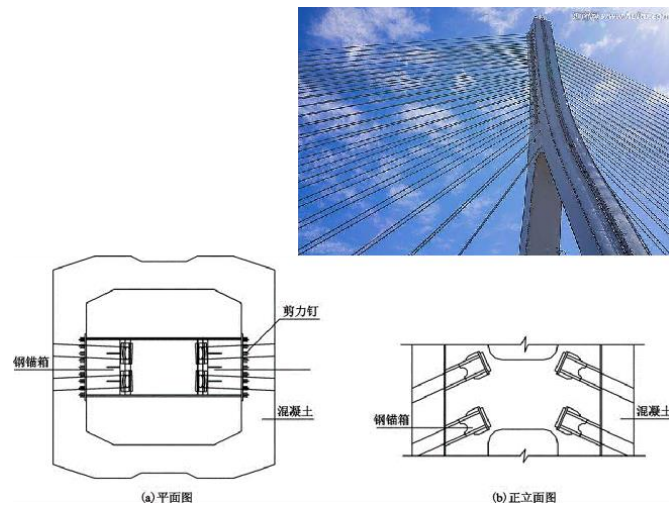
放索方法主要有立式转盘和水平转盘放索。

(2) 斜拉索的安装

①塔部安装锚固端时,斜拉索的安装方法主要有吊点法、吊机安装法、脚手架法、钢管法。

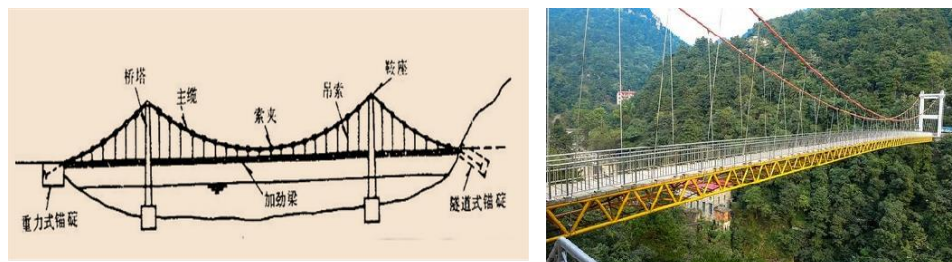
②塔部安装张拉端时,斜拉索的安装方法有分步牵引法和桁架床法。

2.斜拉索的安装



1B413075 悬索桥施工

悬索桥主要结构由主缆、索塔、锚碇、吊索和加劲梁组成。



一、悬索桥分类及施工内容

(一) 悬索桥分类

按主缆锚固方式分为地锚式和自锚式悬索桥。

按主缆线形分为双链式和单链式悬索桥。

按悬吊方式分为竖直吊索、三角斜吊索、竖直和斜吊索混合式、悬吊-斜拉组合体系悬索桥。

按加劲梁的支承结构分为单跨两铰、三跨两铰和三跨连续悬索桥。

(二) 悬索桥的施工内容

1.悬索桥施工一般包括以下四大步骤：

(1)索塔、锚碇的基础工程施工。

(2)索塔、锚碇施工及上部施工准备。

(3)上部结构安装。即缆索系统安装。

(4)桥面系施工。

(二) 悬索桥的施工内容



2.悬索桥主要施工机具设备

(1)下部结构施工主要机具设备：起重设备、混凝土拌合及输送设备、钢筋加工设备、模板、测量及试验仪器设备等。

(2)上部结构施工主要机具设备：常用机具设备、牵引系统专用设备及机具、紧缆机、缠丝机、索股架设小型机具、加劲梁吊装设备等。其中常用机具设备包括塔吊、电梯、卷扬机、千斤顶、交通船、驳船、手拉葫芦、滑车组、卸扣、测量及试验仪器等。

二、锚碇施工

锚碇是悬索桥的主要承重构件，主要抵抗来自主缆的拉力，并传递给地基基础，按受力形式的不同可分为重力式锚碇、隧道式锚碇和岩锚等。



（一）主缆锚固体系

1.型钢锚固系统

施工程序：锚杆、锚梁制作→现场拼装锚支架（部分）→安装后锚梁→安装锚杆于锚支架→安装前锚梁→精确定位→浇筑锚体混凝土。

2.预应力锚固系统

预应力锚固系统施工程序：基础施工→安装预应力管道→浇筑锚体混凝土→穿预应力筋→安装锚固连接器→预应力筋张拉→预应力管道压浆→安装与张拉索股。

（二）锚碇体施工

1.重力式锚碇基坑开挖应沿等高线自上而下分层进行，在坑外和坑底应分别设置截水沟和排水沟。采用机械开挖时，应在基底高程以上预留 150 ~ 300mm 土层采用人工清理，且不得破坏基底岩土的原状结构；采用爆破方法施工时，宜使用预裂光面爆破等小型爆破法，避免对边坡造成破坏。

4.岩锚施工时的钻孔宜采用破碎法施工。锚索下料时宜采用砂轮机切割，穿束时应设置定位环，保证锚索在孔中位于对中位置，同时应避免锚索扭转。

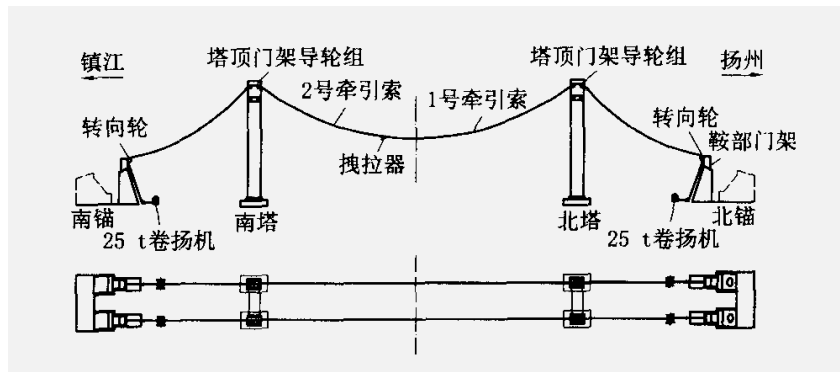
三、索塔施工

（一）混凝土塔身施工

施工用的模板工艺主要有滑模、爬模和翻模等类型。

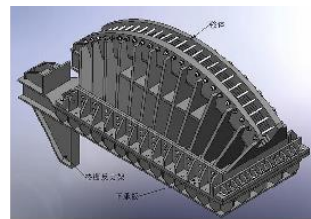
塔柱竖向主钢筋的接长可采用冷压套管连接、电渣焊、气压焊等方法。





(二) 主索鞍施工

主索鞍施工程序：安装塔顶门架→钢框架安装→吊装上下支承板→吊装鞍体等。



四、主缆施工

主要施工程序：牵引系统→猫道→主缆架设→紧缆→索夹安装与吊索架设



1B413081 钻孔灌注桩断桩的防治

一、钻孔灌注桩断桩的防治

1、原因及预防措施

- (1) 混凝土坍落度太小，骨料太大，运输距离过长，混凝土和易性差。(预防：坍落度 18—22cm)

- (2) 钢筋笼将导管卡住。(预防: 钢筋接长采用对焊)
- (3) 导管接头处渗漏 (预防: 检漏试验和抗拉试验)
- (4) 导管埋深过深 (预防: 1m 或 2-6m)
- (5) 混凝土供应中断, 不能连续浇筑, 中断时间过长, 造成堵管事故。(预防: 中断不能超过混凝土初凝时间)
- (6) 设备故障, 混凝土中断 (预防: 备用机械)

2、治理方法

- (1) 当混凝土堵塞导管时, 可采用拔插抖动导管, 当所堵塞的导管长度较短时, 也可以用型钢插入导管内来疏通, 也可以在导管上固定附着式振捣器进行振动来疏通导管内的混凝土。
- (2) 当钢筋笼卡住导管时, 可设法转动导管, 使之脱离钢筋笼。

1B413084 钢筋混凝土结构构造裂缝的防治

一、原因分析

- 1.混凝土搅拌时间和运输时间过长
- 3.基础与支架的强度、刚度、稳定性不够
- 7.大体积混凝土未采用缓凝和降低水泥水化热的措施、使用了早强水泥的混凝土。
- 8.水灰比大的混凝土

二、防治措施

- 2.合理设计混凝土的配合比, 改善骨料级配、降低水灰比、掺加粉煤灰等掺和料、掺加缓凝剂; 在工作条件能满足的情况下, 尽可能采用较小水灰比及较低坍落度的混凝土。
- 3.避免混凝土搅拌很长时间后才使用。
- 5.基础与支架应有较好的强度、刚度、稳定性并应采用预压措施。

6.混凝土浇筑时要振捣充分，混凝土浇筑后要及时养护并加强养护工作。

7.大体积混凝土应优选矿渣水泥等低水化热水泥；采用遮阳凉棚的降温措施、布置冷却水管等措施。

1B413088 桥头跳车的防治

二、防治措施

2.改善地基性能，提高地基承载力，减少差异沉降。保证足够的台前预压长度。

3.有针对性地选择台后填料，提高桥头路基压实度。如采用砂石料等固结性好、变形小的筑材料处理桥头填土。

4.做好桥头路堤的排水、防水工程，设置桥头搭板。