

1B413010 桥梁的构造

1B413011 掌握桥梁的组成与类型

一、桥梁组成

概括地说，桥梁由上部结构、下部结构、支座系统和附属设施四个基本部分组成。

桥梁由五个“大部件”与五个“小部件”所组成。

1. 五大部件包括：桥跨结构、支座系统、桥墩、桥台、墩台基础。
2. 五小部件包括：桥面铺装（或称行车道铺装）、排水防水系统、栏杆（或防撞栏杆）、伸缩缝、灯光照明。

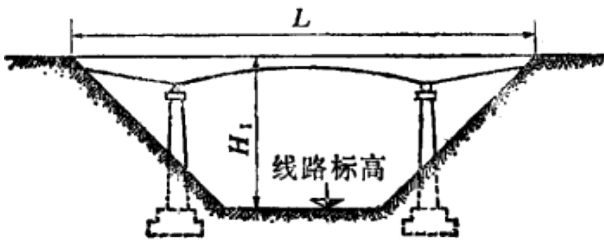


图1-1-18 带悬臂的桥梁

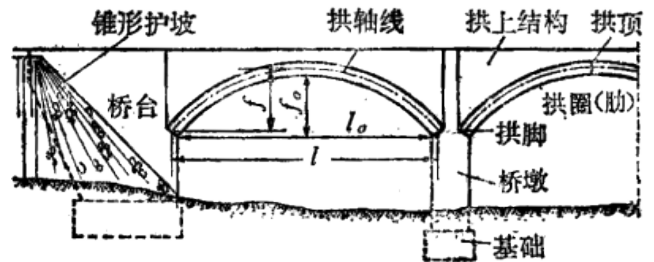
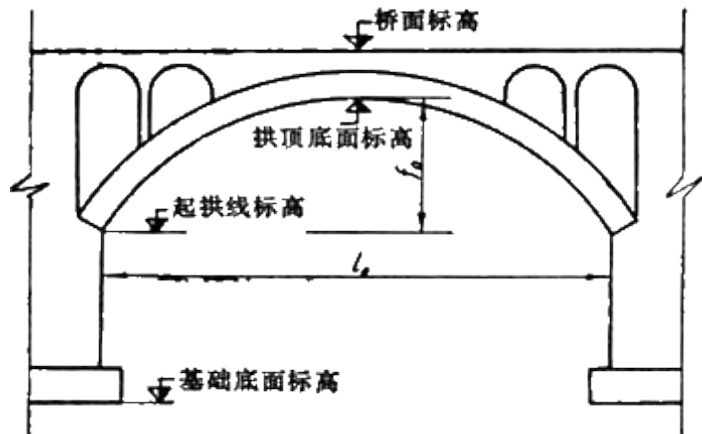


图1-1-19 拱桥概貌

二、相关尺寸术语

1. **净跨径**：梁式桥是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距，用 L 表示。对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。
2. **总跨径**：是多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径，它反映了桥下宣泄洪水的能力。
3. **计算跨径**：对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离，用 l 表示。拱圈（或拱肋）各截面形心点的连线称为拱轴线，计算跨径为拱轴线两端点之间的水平距离。
4. **桥梁全长简称桥长**，是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，以 ΣL 表示。对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。
5. **桥梁高度简称桥高**，是指桥面与低水位之间的高差，或为桥面与桥下线路路面之间的距离。桥高在某种程度上反映了桥梁施工的难易性。
6. **桥下净空高度**是设计洪水位或计算通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离，以 H 表示，它应保证能安全排洪，并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。
7. **建筑高度**是桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离，它不仅与桥梁结构的体系和跨径的大小有关，而且还随行车部分在桥上布置的高度位置而异。**公路（或铁路）定线中所确定的桥面（或轨顶）标高，对通航净空顶部标高之差，又称为容许建筑高度。**桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度，否则就不能保证桥下的通航要求。
8. **净矢高**是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下线最低点之连线的垂直距离；**计算矢高**是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离，以 f 表示。
9. **矢跨比**是拱桥中拱圈（或拱肋）的计算矢高 f 与计算跨度之比，也称**拱矢度**，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。
10. **涵洞**是用来宣泄路堤下水流的构造物。通常在建造涵洞处路堤不中断。为了区别于桥梁，**单孔跨径不到 5m 的构造物，均称为涵洞。**



例题：公路定线中确定的桥面标高与通航净空顶部标高之差称为（ ）。（2009年真题）

A. 桥梁高度 B. 桥梁建筑高度 C. 桥梁容许建筑高度 D. 桥梁净空高度

☞ [答疑编号 502077103101] 『正确答案』 C

例题. 采用重力式 U 型桥台的单跨拱桥全长是指（ ）之间的距离。2010

A. 两个拱脚截面最低点 B. 设计洪水水位上两个桥台 C. 两个桥台的侧墙后端点 D. 拱轴线两端点

☞ [答疑编号 502077103102] 『正确答案』 C

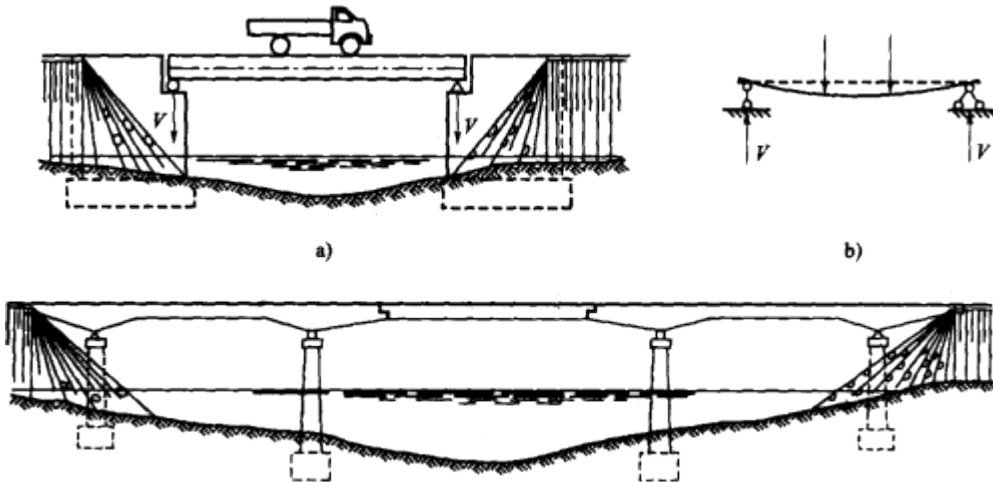
三、桥梁的分类

一、桥梁的基本体系

按结构体系划分，有梁式桥、拱桥、刚架桥、悬索桥等**四种基本体系**。其他还有几种由基本体系组合而成的**组合体系**等。

（一）梁式体系

梁式体系是古老的结构体系。**梁作为承重结构**是以它的抗弯能力来承受荷载的。**梁分简支梁、悬臂梁、固端梁和连续梁等**。悬臂梁、固端梁和连续梁都是利用支座上的卸载弯矩去减少跨中弯矩，使梁跨内的内力分配更合理，以同等抗弯能力的构件断面就可建成更大跨径的桥梁。



（二）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。**拱分单铰拱、双铰拱、三铰拱和无铰拱**。拱是有推力的结构，对地基要求较高，一般常建于地基良好的地区。**混凝土拱桥一般采用无铰拱体系**。

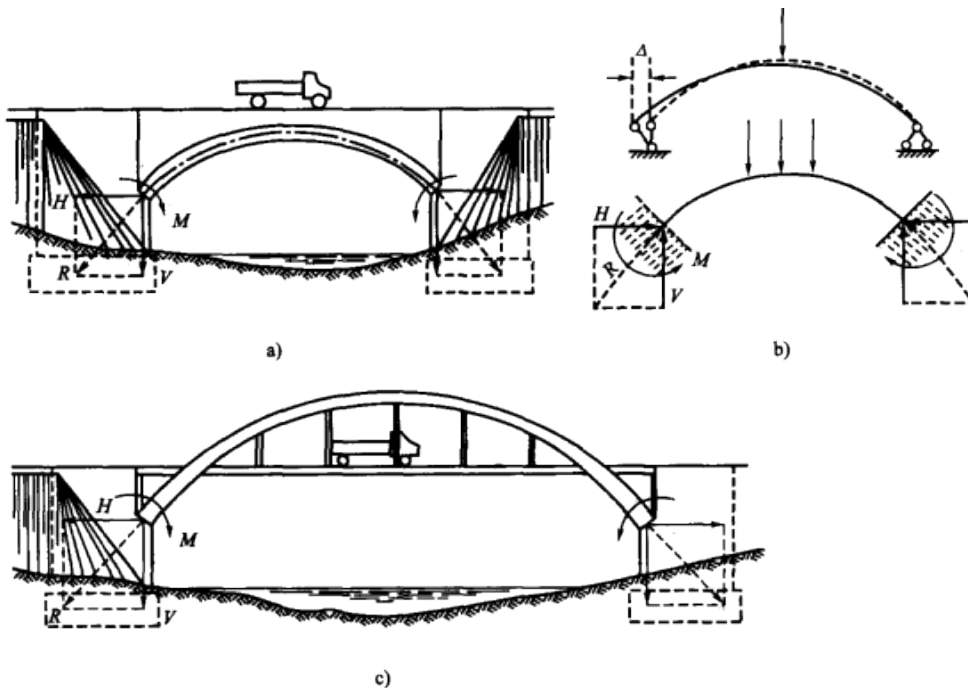


图 1-2 拱式桥

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。由于梁与柱的刚性连接，梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用，**整个体系是压弯结构，也是有推力的结构**。刚架桥的桥下净空比拱桥大，在同样净空要求下可修建较小的跨径。刚架桥施工较复杂，一般用于跨径不大的城市桥或公路高架桥和立交桥。

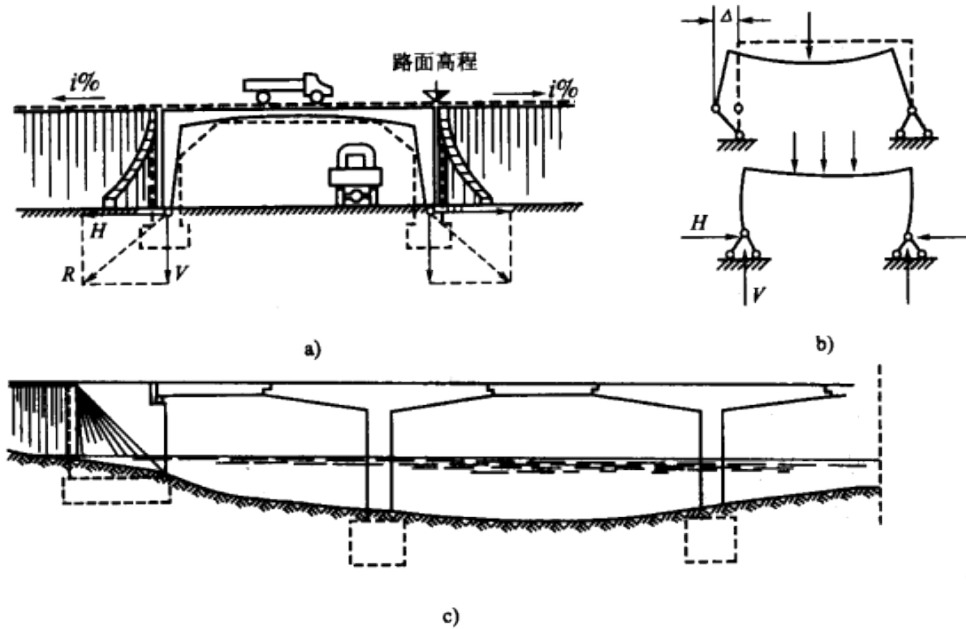


图 1-3 刚架桥

4. 悬索桥

就是指以悬索为主要承重结构的桥。其主要构造是：缆、塔、锚、吊索及桥面，一般还有加劲梁。**悬索桥是大跨桥梁的主要形式**，在刚度满足使用要求的情况下，能充分显示出其优越性，使其比其他形式的桥梁更能经济合理地修建大跨度桥。

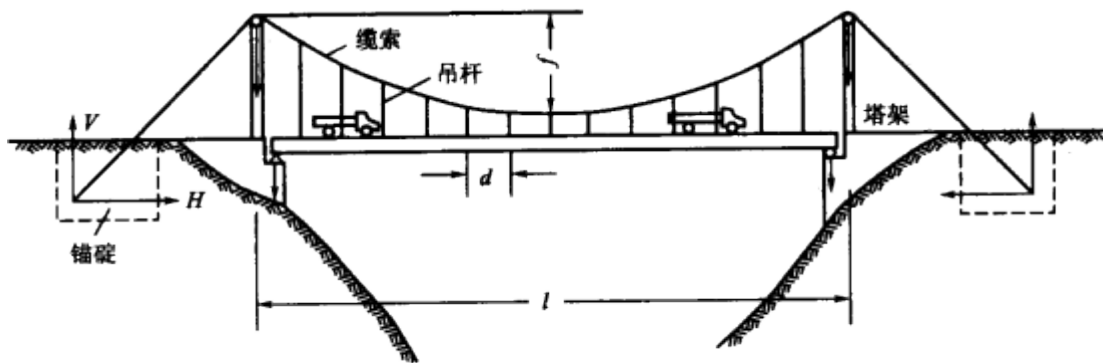


图 1-4 吊桥

5. 组合体系

(1) 连续刚构

连续刚构都是由梁和刚架相结合的体系，它是预应力混凝土结构采用悬臂施工法而发展起来的一种新体系。



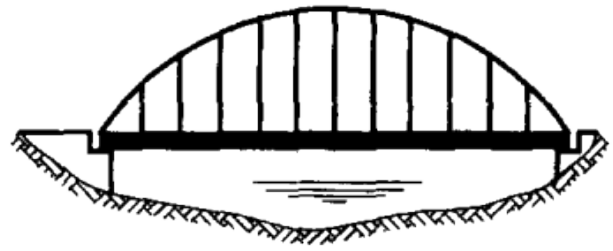
(h) 连续刚构桥

(2) 梁、拱组合体系

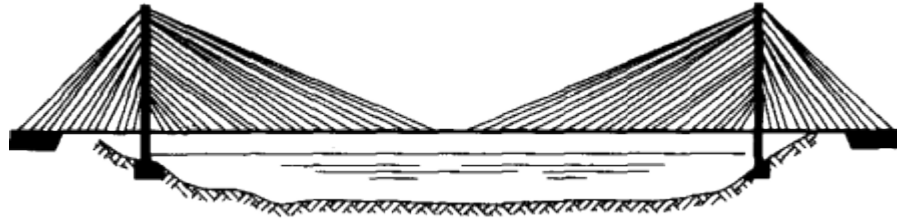
这类体系中有系杆拱、桁架拱、多跨拱梁结构等。它们利用梁的受弯与拱的承压特点组成联合结构。

(3) 斜拉桥

它是由承压的塔、受拉的索与承弯的梁体组合起来的一种结构体系。梁体用拉索多点拉住，好似多跨弹性支承连续梁，使梁体内弯矩减小，降低了建筑高度；又因栓焊连接与正交异性板的箱形断面构造的应用，使结构充分利用材料的受力特性，从而减小了结构自重，节省了材料。



(j) 下承式拱桥



(i) 斜拉桥

(二) 桥梁的其他分类

| 分类方式 | 包括内容 |
|-------------|---------------------------------------|
| 按用途划分 | 公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农桥、人行桥、运水桥（渡槽）及其他专用桥梁 |
| 按桥梁全长和跨径的不同 | 特殊大桥、大桥、中桥和小桥 |
| 按主要承重结构用的材料 | 圬工桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和木桥等 |
| 跨越障碍的性质 | 跨河桥、跨线桥（立体交叉）、高架桥和栈桥 |
| 上部结构的行车道位置 | 上承式桥、下承式桥和中承式桥 |

例题. 桥梁按结构体系划分，有梁式桥、拱桥、悬索桥和（ ）四种基本体系。（2007年真题）

A. 斜拉桥 B. 刚架桥 C. 连续刚构桥 D. 梁、拱组合体系桥

🔍 [答疑编号 502077103103] 【正确答案】 B

1B413012 掌握桥梁基础分类和受力特点

桥梁基础按施工方法可分为扩大基础、桩基础、管柱、沉井、地下连续墙等。

一、扩大基础

一般采用**明挖基坑**的方法进行施工，故又称为明挖扩大基础或浅基础。扩大基础按其施工方法分为**机械开挖基坑浇筑法**、**人工开挖基坑浇筑法**、**土石围堰开挖基坑浇筑法**、**板桩围堰开挖基坑浇筑法**。扩大基础按其材料性能特点可分为**配筋与不配筋的条形基础和单独基础**。无筋扩大基础常用的有混凝土基础、片石混凝土基础等，抗拉、抗剪强度不高。钢筋混凝土扩大基础的抗弯和抗剪性能良好，可在竖向荷载较大、地基承载力不高以及承受水平力和力矩荷载下使用。

适用于地基承载力较好的各类土层，根据土质情况分别采用铁镐、十字镐、挖掘机、爆破等设备与方法开挖。

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：

(3) 按**桩身材料**分类

可分为木桩，混凝土桩，钢桩，组合桩等。

(4) 按**桩径大小**分类

• 小桩： 桩径 $d \leq 250\text{mm}$ 。

• 中等直径桩： $250\text{mm} < d < 800\text{mm}$ 。

• 大直径桩： 桩径 $d \geq 800\text{mm}$ 。此类桩除大直径钢管桩外，多数为钻、冲、挖孔灌注桩。

(5) 按**施工方法**分类

可分为沉桩、钻孔灌注桩、挖孔桩，其中沉桩又分为锤击沉桩法、振动沉桩法、射水沉桩法、静力压桩法。

• **沉桩：**

锤击沉桩法一般适用于松散、中密砂土、黏性土，可根据土质情况选用适用的桩锤；

振动沉桩法一般适用于砂土，硬塑及软塑的黏性土和中密及较松的碎石土；

射水沉桩法适用在密实砂土，碎石土的土层；

静力压桩法在标准贯入度 $N < 20$ 的软黏土；

钻孔埋置桩为钻孔后，将预制的钢筋混凝土圆形有底空心桩埋入，并在桩周压注水泥砂浆固结而成，适用于在黏性土、砂土、碎石土中埋置大量的大直径圆桩。

• **钻孔灌注桩适用于黏性土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层。**

• 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。

2. 桩基础的受力计算

• 承台底面以上的**竖直荷载**假定全部由基桩承受；

• 桥台土压力可按填土前的原地面起算。

在一般情况下，桩基不需进行抗倾覆和抗滑动的验算；

• 在软土层较厚，持力层较好的地基中算应考虑路基填土荷载或地下水位下降所引起的负摩阻力的影响。

三、管柱——实际上就是一种端承桩

它是一种深基础，埋入土层一定深度，柱底尽可能落在坚实土层或锚固于岩层中，作用在承台的全部荷载，通过管柱传递到深层的密实土或岩层上。

管柱基础因其施工方法和工艺较为复杂，所需机械设备较多，所以较少采用。如大型的深水或海中基础，特别是深水岩面不平、流速大或有潮汐影响等自然条件下，不宜修建其他类型基础时，可采用管柱基础。**管柱基础主要适用于岩层、紧密黏土等各类紧密土质的基底，不适用于有严重地质缺陷的地区，如断层挤压破碎带或严重的松散区域。**

管柱按材料分类有由钢筋混凝土管柱、预应力混凝土管柱及钢管柱三种。

(1) 为支承式管柱基础；

(2) 摩擦式或支承及摩擦式管柱基础。

四、沉井

当桥梁结构上部荷载较大在一定深度下有好的持力层，扩大基础开挖工作量大，施工围堰支撑有困难，此时采用沉井基础与其他深基础相比，经济上较为合理。

沉井是桥梁墩台常用的一种深基础型式，有较大的承载面积。

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**。

五、地下连续墙

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**。

地下连续墙分类如下：

按成墙方式可分为桩排式、壁板式、组合式；

按墙的用途可分为临时挡土墙、用作主体结构一部分兼作临时挡土墙的地下连续墙、用作多边形基础兼作墙体的地下连续墙；

按挖槽方式大致可分为抓斗式、冲击式、回转式。

1B413013 掌握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

1. 重力式墩、台：这类墩、台的主要特点是靠自身重量来平衡外力而保持其稳定，因此，墩、台身比较厚实，用天然石材或片石混凝土砌筑。**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。**主要缺点是圬工体积较大，因而其自重和阻水面积也较大。

拱桥重力式桥墩分为普通墩与制动墩。梁桥和拱桥上**常用的重力式桥台为U型桥台**，它适用于填土高度在8~10m以下或跨度稍大的桥梁。缺点是桥台体积和自重较大，也增加了对地基的要求；此外，桥台的两个侧墙之间填土容易积水，结冰后冻胀，使侧墙产生裂缝。所以宜用渗水性较好的土夯填，并做好台后排水措施。

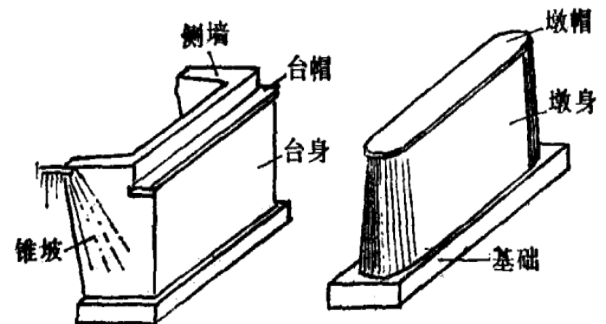


图4-1-1 梁桥重力式墩台

(二) 轻型墩、台

1. 梁桥轻型桥墩、台

(1) 梁桥轻型桥墩

• 钢筋混凝土薄壁桥墩：施工简便，外形美观，过水性良好，**适用于低级土软弱的地区。**

• 柱式桥墩：外形美观，圬工体积少，而且重量较轻。

• 钻孔桩柱式桥墩：**适合于多种场合和各种地质条件。**通过增大桩径、桩长或用多排桩加建承台等措施，也能适用于更复杂的软弱地质条件以及较大的跨径和较高的桥墩。

• **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。

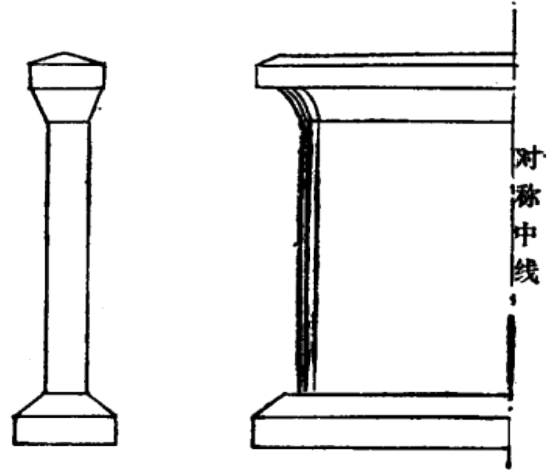


图4-1-13 钢筋混凝土薄壁桥墩

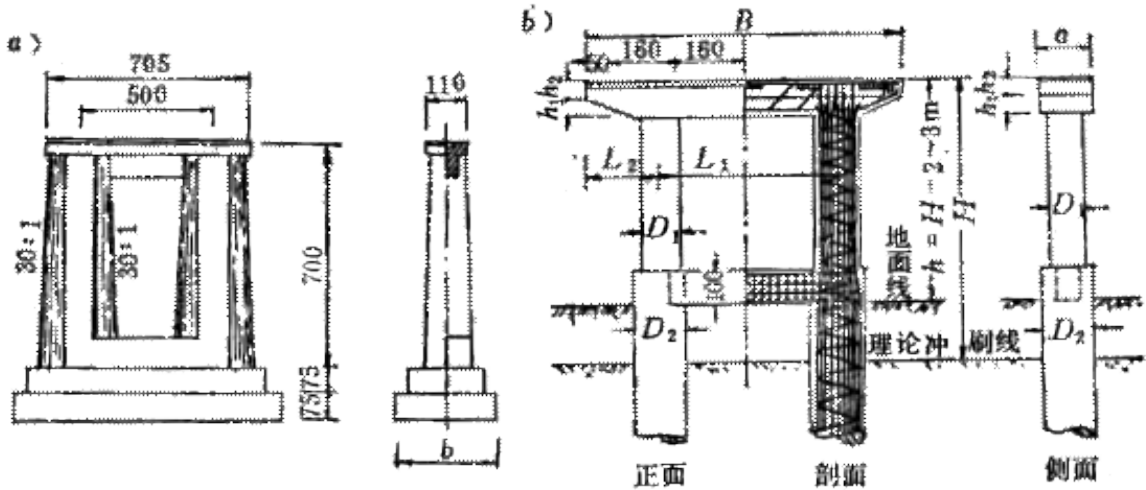


图4-1-14 柱式桥墩

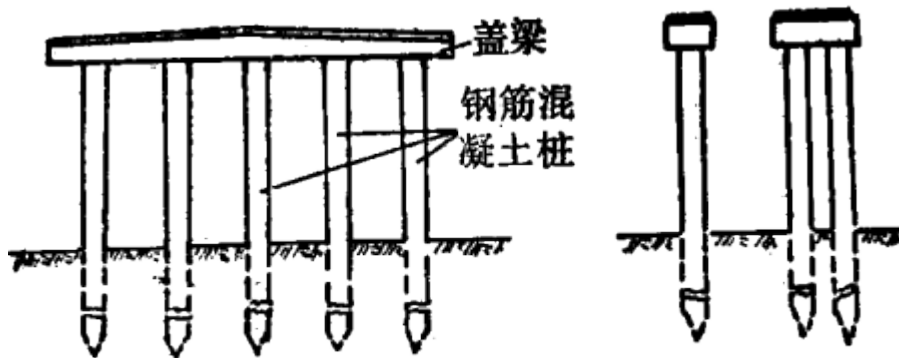


图4-1-15 柔性排架桩墩

(2) 梁桥轻型桥台

- 设有支撑梁的轻型桥台：**适用于单跨桥梁**，桥孔跨径 6~10m，台高不超过 6m。

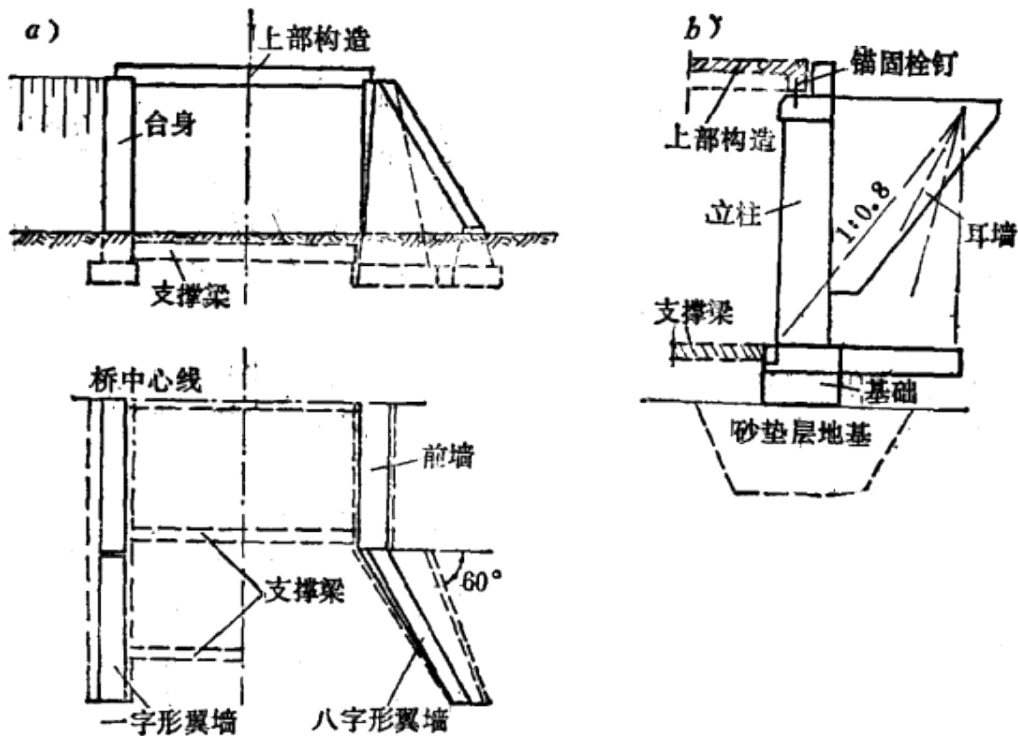


图4-1-22 设置地下支撑梁的轻型桥台

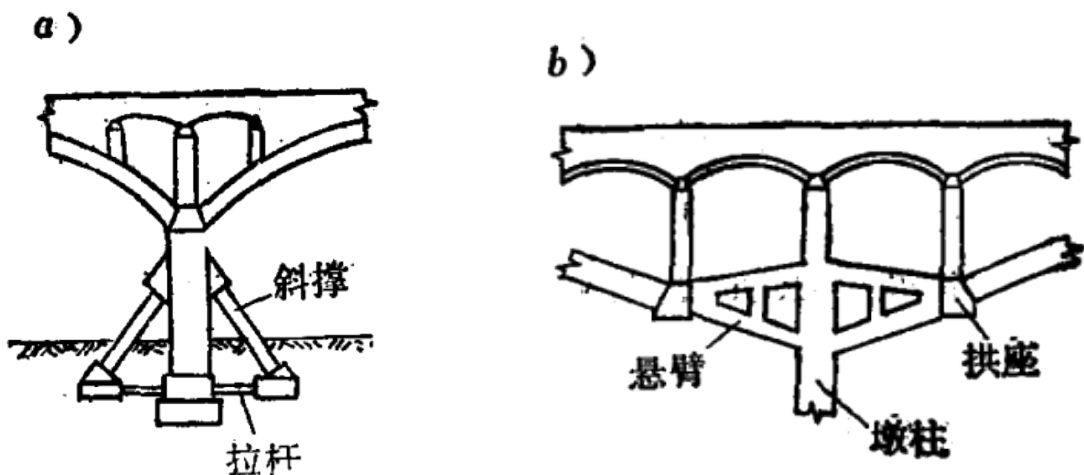
- 埋置式桥台：分为后倾式、肋形埋置式、双柱式、框架式等类型。其中**桩柱式桥台**对于各种土壤地基都适宜。其适用范围是：桥孔跨径 8—20m，填土高度 3—5m。**当填土高度大于 5m 时宜采用框架式埋置式桥台。**

- 钢筋混凝土薄壁桥台：**适用于软弱地基的条件**，但其构造和施工比较复杂，并且钢筋用量也较多。
- 加筋土桥台：在台后路基填土不被冲刷的中、小跨径桥梁，台高 3~5m 时，可采用加筋土桥台。

2. 拱桥轻型桥墩、台

(1) 拱桥轻型桥墩

- 带三角杆件的单向推力墩：只在桥不太高的旱地上采用。
- 悬臂式单向推力墩：适用于两铰双曲拱桥。



(2) 拱桥轻型桥台

拱桥轻型桥台适用于 13m 以内的小跨径拱桥和桥台水平位移量很小的情况。

- 八字形桥台：适用于桥下需要通车或过水的情况；
- U 字形桥台：适用于较小跨径的桥梁；
- 背撑式桥台：适用于较大跨径的高桥和宽桥；
- 靠背式框架桥台：适用于在非岩石地基上修建拱桥桥台。拱桥的其他形式桥台；
- 组合式桥台：适用于各种地质条件；
- 空腹式桥台：一般是在软土地基、河床无冲刷或冲刷轻微、水位变化小的河道上采用；
- 齿槛式桥台：适用于软土地基和路堤较低的中小跨径拱桥。

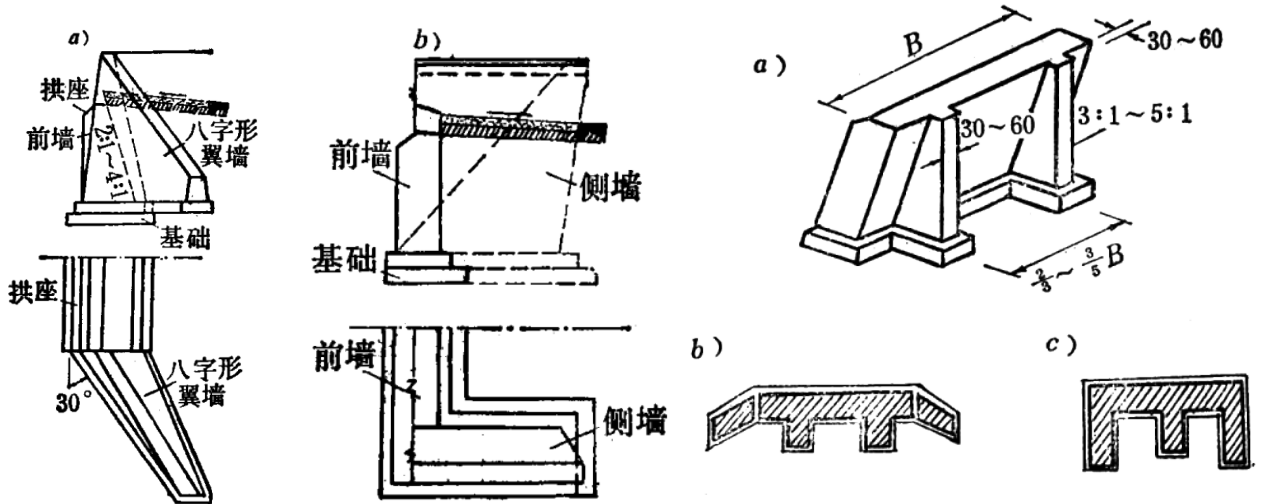


图4-1-29 背撑式桥台

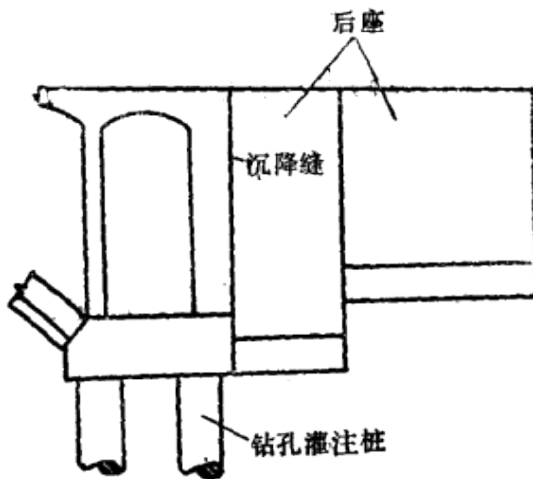


图4-1-31 组合式桥台

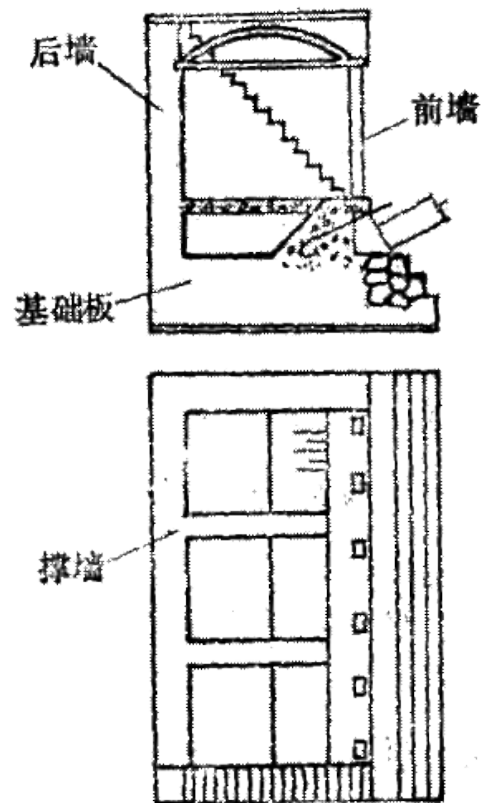


图4-1-32 空腹式桥台

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，拱桥重力式桥墩具有拱座等构造设施，且制动墩要比普通墩尺寸更厚实，能承受单向较大的水平推力，防止倾坍。

2. **重力式桥台 (U型桥台)**：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。

3. 梁桥轻型桥墩

(1) 钢筋混凝土薄壁桥墩：圬工体积小、结构轻巧，比重力式桥墩可节约圬工量 70%左右。

(2) **柱式桥墩**：由分离的 2 根或多根立柱 (或桩柱) 组成，是公路桥梁中采用较多的桥墩形式之一。

(3) 柔性排架桩墩：其主要特点是，可以通过一些构造措施，将上部结构传来的水平力 (制动力、温度影响力等) 传递到全桥的各个柔性墩台，或相邻的刚性墩台上，以减少单个柔性墩所受到的水平力，从而达到减小桩墩截面的目的。

4. 梁桥轻型桥台

(1) 设有支撑梁的轻型桥台：台身为直立的薄壁墙，台身两侧有翼墙，在两桥台下部设置支撑梁，上部结构与桥台锚栓连接，构成四绞框架。

(2) 埋置式桥台：只露出台帽在外以安置支座及上部结构。

(3) 钢筋混凝土薄壁桥台：由扶壁式挡土墙和两侧的薄壁侧墙构成。

(4) 加筋土桥台：一般由台帽和由竖向面板、拉杆、锚定板及其间填料共同组合的台身组成。

5. 拱桥轻型桥墩

(1) 带三角杆件的单向推力墩：在普通墩的墩柱上，从两侧对称地增设钢筋混凝土斜撑和水平拉杆，用来提高抵抗水平推力的能力。

(2) 悬臂式单向推力墩，墩柱顶部向两桥跨处伸出悬臂段，当该墩的一侧桥孔遭到破坏以后，可以通过另一侧拱座上的竖向分力与悬臂长所构成的稳定力矩来平衡由拱的水平推力所导致的倾覆力矩。

6. 拱桥轻型桥台

(1) 八字形桥台：台身由前墙和两侧的八字翼墙构成。

(2) U 字形桥台：与 U 型重力式桥台比较，桥台侧墙是拱上侧墙的延伸。

(3) 背撑式桥台：在八字形桥台或 U 字形桥台的前墙背后加一道或几道背撑，稳定性好。

(4) 靠背式框架桥台：用三角形框架把台帽、前壁、耳墙和设置在不同标高且具有不同斜度的分离式基础连接而成。水平和仰斜的基底能满足施工期间的稳定性，且能合理承受主拱作用力。

(二) 桥梁下部结构的受力特点

桥梁墩台起着“承上启下”的作用。

桥墩要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力、冰压力、船只和漂流物的撞击力。

桥台设置在桥梁两端；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。

桥梁墩台不仅自身应有足够的强度、刚度和稳定性，而且对地基的承载能力、沉降量、地基与基础之间的摩阻力等也都提出一定的要求。

1B413014 掌握桥梁上部结构分类和受力特点

1. 斜交板桥

(1) 荷载有向两支承边之间最短距离方向传递的趋势；

(2) 各角点受力情况可用比拟连续梁的工作来描述，钝角处产生较大的负弯矩，反力也较大，锐角点有向上翘起的趋势；

(3) 在均布荷载作用下，当桥轴向的跨长相同时，斜板桥的最大跨内弯矩比正桥要小；

(4) 在均布荷载作用下，当桥轴向的跨长相同时，斜板桥的跨中横向弯矩比正桥要小。

2. 装配式钢筋混凝土简支 T 梁：既充分利用扩展的桥面板的抗压能力，又有效地发挥了梁肋下部受力钢筋的抗拉作用。

3. 预应力混凝土简支 T 梁：配合梁内正弯矩的分布，防止出现拉应力，纵向预应力筋须在梁端弯起或中间截断张拉。但弯起可增强支点附近的抗剪能力。

4. 连续体系桥梁

(1) 由于支点存在负弯矩，使跨中正弯矩显著减少，可以减少跨内主梁的高度，提高跨径；

(2) 由于是超静定结构，产生附加内力的因素包括预应力、混凝土的收缩徐变、墩台不均匀沉降、截面温度梯度变化等；

(3) 配筋要考虑正负两种弯矩的要求，顶推法施工要考虑截面正负弯矩的交替变化。

5. 斜拉桥

(1) 节约钢材； (2) 斜拉索的水平分力相当于混凝土的预压力；

(3) 主梁多点弹性支承，高跨比小，自重轻，提高跨径。

6. 悬索桥 主缆为主要承重结构，其巨大的拉力需要牢固的地锚承受，对于连续吊桥，中间地锚的两侧拉索水平推力基本平衡，主要利用自重承受向上的竖向力；

7. 拱桥 拱桥的拱圈是桥跨结构的主要承载部分，在竖直荷载作用下，拱端支撑处不仅有竖向反力，还有水平推力。

1B413015 了解桥梁计算荷载

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**三类，

| 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 | | 混凝土收缩及徐变作用 |
| 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 | | 人群荷载 |
| 13 | | 汽车制动力 |
| 14 | | 风荷载 |
| 15 | | 流水压力 |
| 16 | | 冰压力 |
| 17 | | 温度（均匀温度和梯度温度）作用 |
| 18 | 偶然作用 | 地震作用 |
| 19 | | 船舶或漂流物的撞击作用 |
| 20 | | 汽车撞击作用 |
| 21 | | |

二、桥梁工程作用取值方法

（一）公路桥涵设计时，对不同作用应采用不同的代表值

1. **永久作用**应采用**标准值**作为代表值。
2. **可变作用**应根据**不同的极限状态**分别采用**标准值**、**频遇值**或**准永久值**作为其代表值。
3. **偶然作用**取其**标准值**作为代表值。

（二）作用的代表值按下列规定取用

1. 永久作用的标准值，对结构自重（包括结构附加重力），可按结构构件的设计尺寸与材料的重力密度计算确定。
2. 可变作用的标准值应符合下列规定。
 - （1）汽车荷载分为公路-I级和公路-II级；**汽车荷载由车道荷载和车辆荷载组成**。车辆荷载与车道荷载的作用不重叠。
 3. 偶然作用应根据调查、试验资料，结合工程经验确定其标准值。

三、作用组合效应

（一）公路桥涵结构设计应考虑结构上可能同时出现的作用，按**承载能力极限状态**和**正常使用极限状态**进行作用效应组合，取其**最不利效应组合（即最大的）**进行设计：

1. 在结构上可能**同时出现**的作用，才进行其效应的**组合**。
2. 可变作用的出现对结构或结构构件产生**有利影响**时，该作用**不应参与组合**。
3. 施工阶段作用效应的组合，应按计算需要及结构所处条件而定。**组合式桥梁，当把底梁作为施工支撑时，作用效应宜分两个阶段组合，底梁受荷为第一个阶段，组合梁受荷为第二个阶段。**

（二）公路桥涵结构按承载能力极限状态设计时，应采用以下两种作用效应组合

1. **基本组合**。永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相结合。
2. **偶然组合**。永久作用标准值效应与可变作用某种代表值效应、**一种**偶然作用标准值效应相组合。

（三）公路桥涵结构按正常使用极限状态设计时，应根据不同的设计要求，采用以下两种效应组合：

1. 作用**短期效应组合**。永久作用标准值效应与**可变作用频遇值**效应相组合。
2. 作用**长期效应组合**。永久作用标准值效应与**可变作用准永久值**效应相组合。

例題. 下列属于桥梁工程设计中偶然作用的有（ ）。(09年真题)

- A. 温度作用 B. **汽车撞击作用** C. **地震作用**
D. 混凝土收缩及徐变作用 E. **船舶或漂流物的撞击作用**

【答疑编号 502077103104】 【正确答案】 BCE

1B413020 常用模板、支架和拱架的设计与施工

1B413021 掌握常用模板、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**。

一、模板、支架和拱架的设计原则

- (一) 宜优先使用胶合板和钢模板。
- (二) 在计算荷载作用下, 验算其强度、刚度及稳定性。
- (三) 模板板面之间应平整, 接缝严密。
- (四) 结构简单, 制作、装拆方便。

二、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

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

| 项目 | 要求内容 | | |
|------------------------|--|-----|-----------|
| 设计原则 | <ul style="list-style-type: none"> • 宜优先使用胶合板和钢模板 • 在计算荷载作用下, 对模板、支架及拱架结构按受力程序分别验算其强度, 刚度及稳定性 • 模板板面之间应平整, 接缝严密, 不漏浆, 保证结构物外露面美观, 线条流畅, 可设倒角 • 结构简单, 制作、装拆方便 | | |
| 计算荷载组合 | 模板构件名称 | | 荷载组合 |
| | | | 计算强度用 |
| | | | 验算刚度用 |
| | 梁、板和拱的底模以及支承板、拱及支架等 | | 1+2+3+4+7 |
| 缘石、人行道、栏杆、柱、梁、板、拱等的侧模板 | | 4+5 | 5 |
| 基础、墩台等厚大建筑物的侧模板 | | 5+6 | 5 |

3. 设于水中的支架, 尚应考虑水流压力、流冰压力和船只漂流物等冲击力荷载。

(三) 稳定性要求

当验算模板及其支架在自重和风荷载等作用下的抗倾倒稳定时, 验算倾覆的稳定系数不得小于 1.3。

(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;
- (4) 钢模板的面板变形为 1.5mm;
- (5) 钢模板的钢棱和柱箍变形为 L / 500 和 B / 500 (其中 L 为计算跨径, 8 为柱宽)。

2. 受压杆件的长细比不得超过下列数值: 主要受压杆件 (立柱) 的长细比为 100, 次要受压杆件的长细比为 150。

3. 拱架验算倾覆稳定系数不得小于 1.3。

1B413022 掌握常用模板、支架和拱架的施工

一、模板的制作及安装

模板板面应平整光洁, 接缝严密, 尺寸准确, 有强度刚度和稳定性。外露面混凝土模板的脱模剂应采用同一品种。

模板的安装与钢筋工作配合进行, 妨碍绑扎钢筋的模板应待钢筋安装完毕后安设。

(一) 钢模板制作

- 1. 钢模板宜采用**标准化的组合模板**。
- 2. 钢模板及其配件应按批准的加工图加工, 成品经检验合格后方可使用。

(二) 木模板制作

- 1. 木模可在**工厂或施工现场制作**, 木模与混凝土接触的表面应平整、光滑。
- 2. 重复使用的模板应始终保持其表面平整、形状准确, 不漏浆, 有足够的强度和刚度。

(三) 模板安装的技术要求

2. 安装侧模板时, 应防止模板移位和凸出。基础侧模可在模板外设立支撑固定, 墩、台、梁的侧模可设拉杆固定。

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。

4. 模板在安装过程中，必须设置防倾覆设施。

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

6. 后张法预应力梁、板，应注意预应力、自重和汽车荷载等综合作用下所产生的**上拱或下挠**，应设置适当的预挠或预拱。

（四）中小跨径的空心板制作时所使用的**芯模**应符合下列要求：

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

五）滑升、提升、爬升及翻转模板的技术要求

1. 滑升模板**适用于**较高的墩台和吊桥、斜拉桥的索塔施工。

（1）滑升模板的结构应有足够的强度、刚度和稳定性，

（3）滑升模板施工应连续进行。中断期间模板仍应继续缓慢地提升，直到混凝土与模板不至粘住时为止。

2. **大块模板应用整体钢模板**，加劲肋在满足刚度需要的基础上应进行加强，以满足使用要求。

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。

（一）重支架、拱架制作的强度和稳定

1. 支架

应根据设计图进行制作和安装，应尽可能采用**标准化、系列化、通用化**的构件拼装。

2. 木拱架

木拱架的强度和刚度应满足**变形**要求。

3. 钢拱架

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

（2）钢管拱架排架的纵、横距离应按承受拱圈自重计算，各排架顶部的标高要符合拱圈底的轴线。

（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：（要关注）

（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；**

（6）**承受推力的墩台，由于墩台水平位移所引起的拱圈挠度。**

（三）支架、拱架制作安装

支架、拱架制作安装一般要求：

1. 支架和拱架宜采用标准化、系列化、通用化的构件拼装。

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。

（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。

（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。

7. 现浇混凝土的梁（板）结构，在支架架设后，应按图纸要求或监理工程师指示，**对支架进行预压**，加在支架上的预压荷载应不小于梁（板）自重。

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。

（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）一般应在**混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时方可拆除侧模板。**

（3）**当构件跨度不大于 4m 时，在混凝土强度符合设计强度标准值的 50% 的要求后，方可拆除；当构件跨度大于 4m 时，在混凝土强度符合设计强度标准值的 75% 的要求后，方可拆除。**

2. 石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

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

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

（二）拆除时的技术要求

1. 模板拆除应按设计的顺序进行，应遵循**先支后拆，后支先拆**的顺序。

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. 在拟定卸落程序时应注意以下几点：

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

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

4. 墩、台模板宜在其上部结构施工前拆除。

5. 模板、支架和拱架拆除后，应维修整理，分类妥善存放。

1B413030 桥梁工程施工技术

1B413031 掌握钢筋和混凝土施工

一、钢筋施工

(一) 一般规定

钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收。钢筋应具有出厂质量证明和试验报告单。对桥涵所用的钢筋应抽取试样做力学性能试验。

重要结构中的主钢筋在代用时，应由原设计单位做变更设计。预制构件的吊环，应采用未经冷拉的HPB 235级热轧钢筋制作。

(二) 普通钢筋的加工制作

1. 钢筋的表面应洁净。

2. 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求。

3. 弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的5倍，有抗震要求的结构，不应小于箍筋直径的10倍。

4. 轴心受拉和小偏心受拉构件中的钢筋接头，普通混凝土中直径大于25mm的钢筋，宜采用焊接。

5. 钢筋的纵向焊接应采用闪光对焊。

6. 焊工必须持考试合格证上岗。

7. 接头双面焊缝的长度不应小于5d，单面焊缝的长度不应小于10d。

8. 帮条长度，如用双面焊缝不应小于5d，如用单面焊缝不应小于10d。

9. 焊条、焊剂应有合格证。

10. 对于绑扎接头，两接头间距离不小于1.3倍搭接长度。对于焊接接头，在接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头，配置在接头长度区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面面积的百分率应符合表1B413031-1的规定。

接头长度区段内受力钢筋接头面积的最大百分率 表 1B413031-1

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

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

12. 低于-20℃时，不得施焊。

14. 带肋钢筋套筒挤压接头（以下简称挤压接头）适用直径为16~40mm的HRB335、HRB400牌号带肋钢筋的径向挤压连接。

15. 钢筋骨架的焊接拼装应在坚固的工作台上进行，操作时应符合下列要求

(5) 施焊顺序宜由中到边对称地向两端进行，先焊骨架下部，后焊骨架上部。相邻的焊缝采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成。

16. 钢筋安设、支承及固定要求：

(2) 桥面板钢筋的所有交叉点均应绑扎，以避免在浇混凝土时钢筋移位。但两个方向的钢筋中距均不小于300mm时，则可隔一个交叉点进行绑扎。

(3) 用于保证钢筋固定于正确位置的预制混凝土垫块，其形状大小应为监理工程师所接受。不得用卵石、碎石或碎砖、金属管及木块作为钢筋的垫块。

(4) 钢筋的垫块间距在纵横向均不得大于1.2m

17. 钢筋机械连接接头（简称机械接头）要求：

(1) 常用钢筋机械接头（套筒挤压接头、锥螺纹接头、镦粗直螺纹接头等）。

(2) 接头用设备及产品应具备有符合规范要求的、经监理工程师认可的、具有法人资格的质量检验单位签具的质量检验合格证。

(三) 预应力钢筋的加工制作

2. 按下列规定进行检查：

(1) 钢丝：应分批检验形状、尺寸和表面，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：每批钢绞线进行表面质量、直径偏差和力学性能试验。

(3) 热处理钢筋：每批钢筋进行表面质量和尺寸偏差的检查。并进行力学性能试验。

(4) 冷拉钢筋：

(5) 冷拔低碳钢丝：应逐盘进行抗拉强度、伸长率和弯曲试验。

(6) 精轧螺纹钢：应分批进行检验。

6. 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。
8. 锚具、夹具和连接器进场时按下列规定进行验收：
- (1) 外观检查：应从每批中抽取 10% 的锚具且不少于 10 套。
 - (2) 硬度检验：应从每批中抽取 5% 的锚具且不少于 5 套。
 - (3) 静载锚固性能试验：对大桥等重要工程，当质量证明书不齐全、不正确或质量有疑点时，经上述两项试验合格后，应从同批中抽取 6 套锚具（夹具或连接器）组成 3 个预应力筋锚具组装件，进行静载锚固性能试验
10. 预应力筋锚具、夹具和连接器验收批的划分：在同种材料和同一生产工艺条件下，锚具、夹具应以不超过 1000 套组为一个验收批；连接器以不超过 500 套组为一个验收批。
11. 预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、焊接接头或镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。
12. 宜采用切断机或砂轮锯，不得采用电弧切割。
13. 冷拉钢筋的接头，焊接后其轴线偏差不得大于钢筋直径的 1 / 10，且不得大于 2mm，轴线曲折的角度不得超过 4°。
14. 在结构受拉区及在相当于预应力筋直径 30 倍长度的区段（不小于 500mm）范围内，对焊接头的预应力筋截面面积不得超过该区段预应力筋总截面面积的 25%。
15. 预应力筋镦头锚固时，对于高强钢丝，宜采用液压冷镦；对于冷拔低碳钢丝，可采用冷冲镦粗；对于钢筋，宜采用电热镦粗。
16. 预应力筋的冷拉，可采用控制应力或控制冷拉率的方法。但对不能分清炉批号的热轧钢筋，不应采取控制冷拉率的方法
- 18：预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，同束内应采用强度相等的预应力钢材。

二、混凝土施工

（一）一般规定

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

2. 混凝土抗压强度应为标准尺寸试件在温度为 20±3℃ 及相对湿度不低于 90% 的环境中养护后做抗压试验时所测得的抗压强度值（单位 MPa），在进行混凝土强度试配和质量评定时，取其保证率为 95%。

（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。
2. 配制混凝土时，应根据结构情况和施工条件确定混凝土拌合物的坍落度。
3. 混凝土的最大水灰比和最小水泥用量应符合表 1B413031-2 的规定。

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

注：1. 本表中的水灰比，系指水与水泥（包括外掺混合材料）用量的比值。

2. 本表中的最小水泥用量，包括外掺混合材料。

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

5. 在混凝土中掺入外加剂时符合下列规定：

- (1) 在钢筋混凝土中不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐。
- (2) 位于温暖或严寒地区、无侵蚀性物质影响及与土直接接触的钢筋混凝土构件，混凝土中的氯离子含量不宜超过水泥用量的 0.30%；位于严寒和海水区域、受侵蚀环境和使用除冰盐的桥梁，氯离子含量不宜超过水泥用量的 0.5%
- (3) 无筋混凝土的氯化钙或氯化钠掺量，以干质量计，不得超过水泥用量的 3%。
- (4) 掺入加气剂的混凝土的含气量宜为 3.5%~5.5%。
- (5) 对由外加剂带入混凝土的碱含量应进行控制；当处于受严重侵蚀的环境，不得使用有碱活性反应的骨料。

6. 泵送混凝土的配合比应符合下列规定：

- (1) 砂率宜控制在 40%~50%。
- (2) 最小水泥用量 280~300kg / m³（输送管径 100~150mm）。
- (3) 混凝土拌合物的坍落度宜为 80~180mm。
- (4) 宜掺用适量的外加剂或混合材料。

7. 通过设计和试配确定配合比后，应填写试配报告单，提交施工监理工程师或有关方面批准。

(三) 混凝土的拌制与运输

1. 每一工作班正式称量前，应对计量设备进行**重点校核**。计量器具应定期检定，经大修、中修或迁移至新的地点后，也应进行检定。

2. 对于在施工现场集中搅拌的混凝土，应检查混凝土拌合物的均匀性。

(3) 检查混凝土拌合物均匀性时，应在搅拌机的卸料过程中，从**卸料流的 1/4~3/4 之间部位采取试样，进行试验**，其检测结果应符合下列规定：

3. 混凝土搅拌完毕后，应按下列要求检测混凝土拌合物的各项性能：

(1) 混凝土拌合物的**坍落度，每一工作班或每一单元结构物不应少于 2 次**。

5. 采用泵送混凝土应符合下列规定：

(3) **泵送间歇时间不宜超过 15min**。

6. **混凝土的装载量约为搅拌筒几何容量的 2/3**。

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**。

(四) 混凝土的浇筑

1. 浇筑混凝土前，应对支架、模板、钢筋和预埋件进行检查，并做好记录，符合设计要求后方可浇筑。

2. 自高处向模板内倾卸混凝土时，为防止混凝土离析，应符合下列规定：

(1) 从高处直接倾卸时，其**自由倾落高度不宜超过 2m**，以不发生离析为度。

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

(3) 在串筒出口口下面，**混凝土堆积高度不宜超过 1m**。

3. 应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。上下层同时浇筑时，上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，保持水平分层。

4. 浇筑混凝土时，宜采用振动器振实。用振动器振捣时，应符合下列规定：

(1) 使用**插入式振动器时，移动间距不应超过振动器作用半径的 1.5 倍；与侧模应保持 50~100mm 的距离；插入下层混凝土 50~100mm**。

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

(4) 密实的标志是混凝土停止下沉，**不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆**。

5. 混凝土的浇筑应连续进行，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。

6. **施工缝宜留置在结构受剪力和弯矩较小且便于施工的部位**，并按下列要求进行处理：

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

用水冲洗凿毛时，须达到 0.5MPa；用人工凿除时，须达到 2.5MPa；用风动机凿毛时，须达到 10MPa。

(2) 对垂直施工缝宜刷一层水泥净浆，对水平缝宜铺一层厚为 10~20mm 的 1:2 的水泥砂浆。

(3) 应在施工缝处补插锚固钢筋或石榫；有抗渗要求的施工缝宜做成凹形、凸形或设置止水带。

(4) 施工缝为斜面时应浇筑成或凿成台阶状。

(5) **施工缝处理后，需要达到的强度，一般最低为 1.2MPa，当结构物为钢筋混凝土时，不得低于 2.5MPa**。

11. 采用滑升模板浇筑墩台混凝土时，应符合下列规定：

(1) 宜采用低流动度或半干硬性混凝土。

(2) 浇筑应分层分段进行，各段应浇筑到距模板上口不小于 10~150mm 的位置为止。

(3) 应采用插入式振动器振捣。

(6) 每一整体结构的浇筑应连续进行，若因故中途停工，应按施工缝处理。

(7) **混凝土脱模时的强度宜为 0.2~0.5MPa**。

12. **大体积混凝土的浇筑应在一天中气温较低时进行。应参照下述方法控制水化热温度（重点）**

(1) **用改善骨料级配、降低水灰比、掺加混合料、掺加外加剂等方法减少水泥用量**。

(2) **采用水化热低的大坝水泥、矿渣水泥、粉煤灰水泥或低强度水泥**。

(3) **减小浇筑层厚度，加快混凝土散热速度**。

(4) **混凝土用料要遮盖，避免日光暴晒，并用冷却水搅拌混凝土，以降低入仓温度**。

(5) **在混凝土内埋设冷却管通水冷却**。

(6) **在遇气温骤降的天气或寒冷季节浇筑混凝土后，应注意覆盖保温，加强养护**。

(五) 混凝土的养护及修饰

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。

(3) **当气温低于 5℃ 时，应覆盖保温，不得向混凝土面上洒水**。

(5) 混凝土的洒水养护时间一般为 7d，可根据空气的湿度、温度和水泥品种及掺用的外加剂等情况，酌情延长或缩短。

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

(7) 对大体积混凝土的养护，当设计无要求时，温差不得超过 25℃。

(8) **混凝土强度达到 2.5MPa 前，不得使其承受荷载**。

(六) 高强度混凝土 (重点)

1. 配制用的材料要求

- (1) 配制用的**细骨料**宜使用级配良好的**中砂**，**细度模数不小于 2.6**，**含泥量应小于 2%**。
- (2) 配制用的粗骨料应使用质地坚硬、级配良好的碎石，**骨料的抗压强度应比所配制的混凝土强度高 50% 以上**，**含泥量应小于 1%**，**针片状颗粒含量应小于 5%**，**骨料的粒径宜小于 25mm**。
- (3) 配制高强度混凝土必须使用高效减水剂。配制时宜外掺的混合材料为磨细粉煤灰、磨细矿渣粉、沸石粉、硅粉。

2. 配合比要求

- (1) **混凝土的施工配制强度 (平均值) 对于 C50~C60 应不低于强度等级的 1.15 倍**，**对于 C70~C80 应不低于强度等级值的 1.12 倍**。
- (2) 所用水胶比 (水与胶结料的重量比，后者包括水泥及矿物掺合料的重量) 宜控制在 **0.24~0.38** 的范围内。
- (3) 所用水泥重量不宜超过 $500\text{kg}/\text{m}^3$ ，水泥与掺合料的总量不超过 $550\sim 600\text{kg}/\text{m}^3$ 。粉煤灰掺量不宜超过胶结料重量的 **30%**，沸石粉不宜超过 **10%**，硅粉不宜超过 **8%~10%**。
- (4) **混凝土的砂率宜控制在 28%~34% 的范围内**。
- (5) 高效减水剂的掺量宜为胶结料的 **0.5%~1.8%**。

3. 施工技术要求

- (1) 高强度混凝土的施工技术符合以下规定：
 - 配制高强度混凝土必须准确控制用水量，砂石中的含水量应仔细测定后从用水量中扣除。
 - 高效减水剂宜采用后掺法，如制成溶液加入，应在用水量中扣除这部分溶液用水。**加入减水剂后，混凝土拌合料在搅拌机中继续搅拌的时间，当用粉剂时不得少于 60s，当用溶液时不得少于 30s。**
- (2) 拌制高强度混凝土必须使用强制式搅拌机，宜采用二次投料法拌制。
- (3) 混凝土的浇筑应连续进行。

(七) 暑期、雨期混凝土的施工

1. 暑期混凝土配制和搅拌

- (2) 水泥、砂、石料应遮阴防晒，以降低骨料温度，可在砂石料堆上喷水降温。
- (3) 配合比设计应考虑坍落度损失。可掺加减水剂以减少水泥用量和提高混凝土的早期强度。
- (4) 掺用活性材料粉煤灰取代部分水泥，减少水泥用量。

2. 暑期混凝土的运输及浇筑

- (2) 不得在运输过程加水搅拌。
- (4) 混凝土的浇筑温度应控制在 32°C 以下，宜选在一天温度较低的时间内进行。
- (6) 应加快混凝土的修整速度，修整时可用**喷雾器洒少量水**，**防止表面裂纹**，但不准直接往混凝土表面洒水。

3. 暑期混凝土的养护

- (1) 不宜单独使用专用养护膜覆盖法养护高强度混凝土，除非当地无足够的清洁水用于养护混凝土。
- (2) 洒水养护宜用自动喷水系统和喷雾器，湿养护应不间断，不得形成干湿循环。
- (3) 混凝土浇筑完，表面应立即覆盖清洁的塑料膜，初凝后撤去塑料膜，用浸湿的粗麻布覆盖，经常洒水，保持潮湿状态最少 7d。

4. 建立安全用电措施，防漏电、触电。

5. 雨期施工准备

- (2) 工程材料特别是水泥、钢筋应防水、防潮；施工机械防洪水淹没。

6. 雨期施工方法及技术措施

- (1) 雨期施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片分期施工；
- (2) 雨期施工应加强地基不良地段沉陷的观测。
- (3) 施工前对排水系统应进行检查、疏通或加固，必要时增加排水措施。
- (4) 雨后模板及钢筋上的淤泥、杂物，在浇筑混凝土前应清理干净。

三、预应力混凝土

(一) 预应力材料保护及预应力管道

1. 预应力材料必须保持清洁，在存放和搬运过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀。
2. **在室外存放时，时间不宜超过 6 个月**，**不得直接堆放在地面上**，必须采取垫以枕木并用苫布覆盖等有效措施，防止雨露和各种腐蚀性气体、介质的影响。
3. 锚具、夹具和连接器均应设专人保管。
4. 在后张有粘结预应力混凝土结构中，**张拉钢筋的孔道宜由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成**，刚性管道应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁；半刚性管道应是波纹状的金属螺旋管。
5. 制作半刚性波纹状金属螺旋管的钢带应附有合格证书。
6. 浇筑在混凝土中的管道应不允许有漏浆现象。
7. 一般情况下，**管道的内横截面积至少应是预应力筋净截面积的 2.0~2.5 倍**。
8. 制孔采用胶管抽芯法时，胶管内应插入芯棒或充以压力水，以增加刚度；**抽芯时间应通过试验确定，以混凝土抗压强度达到 0.4~0.8MPa 时为宜**，抽拔时不应损伤结构混凝土。

(二) 混凝土的浇筑

1. 从各种组成材料引进混凝土中的氯离子总含量 (折合氯化物含量)，不宜超过水泥用量的 **0.6%**，当超过 **0.6%** 时，
2. **混凝土的水泥用量不宜超过 $500\text{kg}/\text{m}^3$** ，特殊情况下不应超过 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3. 浇筑混凝土时，宜根据结构的不同型式选用插入式、附着式或平板式等振动器进行振捣。
4. 浇筑混凝土时，对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋；
5. 浇筑箱形梁段混凝土时，应尽可能一次浇筑完成；梁身较高时也可分两次或三次浇筑；梁身较低时可分为两次浇筑。**分次浇筑时，宜先底板及腹板根部，其次腹板，最后浇顶板及翼板。**
6. 混凝土浇筑完成并初凝后，应立即开始养护。

(三) 施加预应力

1. 机具及设备要求

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

(2) 张拉机具设备应与锚具配套使用，并应在进场时进行检查和校验。对长期不使用的张拉机具设备，应在使用前进行全面校验。使用期间的校验期限应视机具设备的情况确定，当**千斤顶使用超过6个月或200次或在使用过程中出现不正常现象或检修以后应重新校验**。弹簧测力计的校验期限不宜超过2个月。

2. 施加预应力的准备工作

对力筋施加预应力之前，必须完成或检验以下工作：

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

实施张拉时，应使千斤顶的张拉力作用线与预应力筋的轴线重合一致。

3. 张拉应力控制

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

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

(3) 预应力筋的理论伸长值 ΔL (mm) 计算：
$$\Delta L = P_p L / A_p E_p$$

(4) 预应力筋张拉时，应先调整到初应力，该初应力宜为张拉控制应力 σ_{con} 的10%~15%，**伸长值应从初应力时开始量测。**

预应力筋张拉的实际伸长值 ΔL (mm)，可按式(1B413031—2)计算：
$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

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。

(5) 必要时，应对锚圈口及孔道摩擦损失进行测定，张拉时予以调整。

(6) 预应力筋的锚固，应在张拉控制应力处于稳定状态下进行。

(7) 预应力筋张拉及放松时，均应填写施工记录。

1B413032 掌握桥梁基础施工

一、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。

(一) 准备工作

基坑底部的尺寸较设计平面尺寸每边各增加0.5~1.0m的富余量，以便于支撑、排水与立模板(如果是坑壁垂直的无水基坑坑底，可不必加宽，直接利用坑壁做基础模板亦可)。

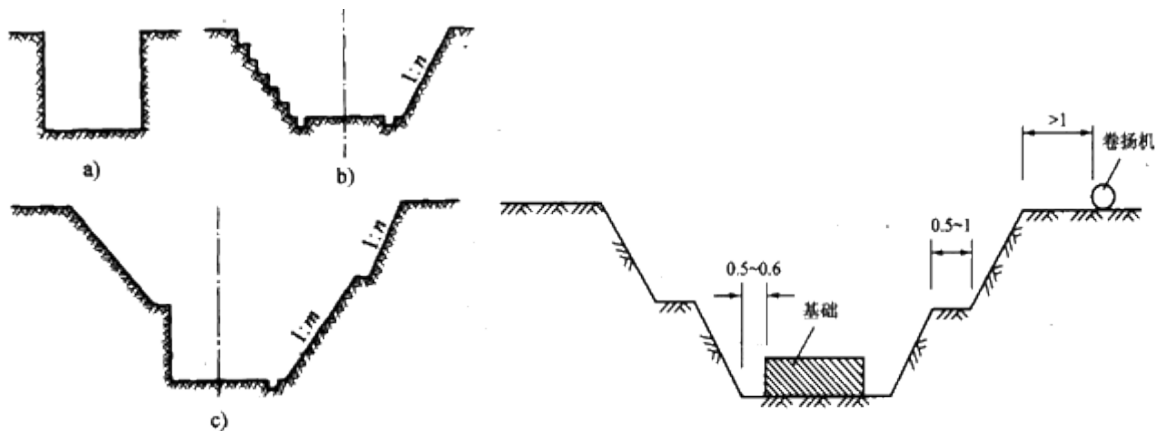


图 5-1 坑壁形式示意

图 4-6 基坑布置图(尺寸单位:m)

a)垂直坑壁;b)斜坡和阶梯形坑壁;c)变坡度坑壁

(二) 基坑开挖

1. 坑壁不加支撑的基坑

(1) 对于在干涸无水河滩、河沟中，或有水经改河或筑堤能排除地表水的河沟中，在地下水位低于基底，或渗透量少，不影响坑壁稳定；以及基础埋置不深，施工期较短，挖基坑时，不影响邻近建筑物安全的施工场所，可考虑选用**坑壁不加支撑的基坑**。

(2) 黏土在半干硬或硬塑状态，基坑顶缘无活荷载，稍松土质基坑深度不超过 0.5m，中等密实（锹挖）土质基坑深度不超过 1.25m，密实（镐挖）土质基坑深度不超过 2.0m 时，均可采用**垂直坑壁基坑**。基坑深度在 5m 以内。土的湿度正常时，采用**斜坡坑壁**开挖或按坡度比值挖成**阶梯形坑壁**，每梯高度为 0.5~1.0m 为宜，可作为人工运土出坑的台阶。

当基坑的上层土质适合敞口斜坡坑壁条件，下层土质为密实黏土或岩石可用垂直坑壁开挖，在坑壁坡度变换处，应保留有至少为 **0.5m 的平台**。

2. 坑壁有支撑的基坑

(1) 当**基坑壁坡不易稳定并有地下水，或放坡开挖场地受到限制，或基坑较深、放坡开挖工程数量较大，不符合技术经济要求时**，可根据具体情况，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。

(2) 喷射混凝土护壁。根据经验，一般喷护厚度为 **5~8cm**，一次喷护约需 1~2h。一次喷护如达不到设计厚度，应等第一次喷层终凝后再补喷，直至要求厚度为止。**喷护的基坑深度一般不宜超过 10m**。

三) 基坑排水

桥梁基础施工中常用的基坑排水方法有：

1. 集水坑排水法。除**严重流沙外，一般情况下均可适用。**

2. 井点排水法。当**土质较差有严重流沙现象，地下水位较高，挖基较深，坑壁不易稳定，用普通排水方法难以解决时**，可采用井点排水法。

3. 其他排水法。

此外，视工程特点、工期及现场条件等，还可采用帷幕法

(四) 基底检验和基底处理

1. 基底检验：主要内容应包括：检查基底平面位置、尺寸大小，基底标高；检查基底土质均匀性、地基稳定性及承载力等；检查基底处理和排水情况；检查施工日志及有关试验资料等等。

(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。对经加固处理后的特殊地基，一般采用触探或作密实度检验等。

(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。

2. 基底处理

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：石灰桩、碎石桩

(3) 胶结土法：

(4) 土工聚合物法：土工布、土工格栅

(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**，并防止渗水，以避免地表水冲刷坑壁，影响坑壁稳定性。

2. **坑壁边缘应留有护道，静荷载距坑边缘不小于 0.5m，动荷载距坑边缘不小于 1.0m；**垂直坑壁边缘的护道还应适当增宽；

3. 应经常**注意观察**坑边缘顶面土有无裂缝，坑壁有无**松散坍塌现象**发生。

4. 基坑施工不可延续时间过长，自开挖至基础完成，应**抓紧时间连续施工**。

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**，在基础浇筑圬工前用人工挖至基底标高。

6. 基坑应尽量在**少雨季节施工**。

7. 基坑宜用**原土及时回填**，对桥台及有河床铺砌的桥墩基坑，则应分层夯实。

(六) 基坑开挖边坡失稳的主要原因

1. 基坑**深度过大**，而坑壁**坡度较陡**。

2. 对于湿土而言，坑壁**坡度陡于该湿度下的天然坡度**。

3. 地下水以下部分开挖，土质易坍塌却**没有增设加固措施**。

4. 基坑四周**没有设置截水沟、排水沟拦截地表径流**。

5. **弃土位置距基坑太近**甚至放在基坑四周。

6. 在粗、细砂质土层中，水的渗流会挟带**细砂颗粒流动**，破坏土体结构，引起基坑壁坍塌。

7. **施工延续时间过长**。

8. 施工所用**大型设备在坑周边重复作业或振动较大**等。

(七) 边坡失稳的预防及处理措施

1. 基坑开挖之前，应先做好地面排水系统，在基坑顶外缘四周应向**外设置排水坡或设置防水梁**、并在适当距离设截水沟，且应防止水沟渗水，避免影响坑壁稳定。

2. 坑顶边缘应有一定的距离作护道，堆载距坑缘不小于 0.5m，动载（包括机械及机来通道）距坑缘不小于 1.0m，垂直坑壁坑缘边的护道还应适当增宽，**堆置弃土的高度不得超过 1.5m**。

8. 基坑应尽量安排在**少雨期施工**。

其**处理方法主要是增设抗滑桩或木板支护、钢板桩支护、锚桩式支护、锚锭板支护、喷锚支护等**；待**边坡稳定后，进行清理或继续施工**，并尽快完成基础施工。

二、桩基础

(一) 沉入桩

沉入桩所用的基桩主要为预制的钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩。**沉入桩的施工方法主要有：锤击沉桩、振动沉桩、射水沉桩以及静力压桩等。**这里介绍**锤击沉桩**的施工方法。

1. 概述

锤击沉桩一般适用于中密砂类土、黏土。由于锤击沉桩依靠桩锤的冲击能量将桩打入土中，因此**一般桩径不能太大（不大于 0.6m），入土深度在 40m 左右。**

2. 施工要点

(1) 沉桩前，应对桩架、桩锤、动力机械等主要设备部件进行检查；开锤前应再次检查桩锤、桩帽或送桩与桩的中轴线是否一致；锤击沉桩开始时，应严格控制各种桩锤的动能；**用坠锤和单动气锤时，提锤高度不宜超过 0.5m；**沉桩时，如遇到沉入度突然发生急剧变化；桩身突然发生倾斜、移位；桩不下沉，桩锤有严重的回弹；桩顶破碎或桩身开裂、变形，桩侧地面有严重隆起等现象时，应立即停止锤击，查明原因，采取措施后方可继续施工。

(2) **沉桩过程中应注意：桩帽与桩周围应有 5~10mm 间隙，**以便锤击时桩在桩帽内可作微小的自由转动，避免桩身产生超过许可的扭转应力；打桩机的导向杆应予固定；以便施打时稳定桩身导向杆设置应保证桩锤上、下活动自由；

3. 锤击沉桩的停锤控制标准

(1) 设计桩尖标高处为硬塑黏土、碎石土、中密以上的砂土或风化岩等土层时，根据贯入度变化并对照地质资料，确认桩尖已沉入该土层，贯入度达到控制贯入度。

(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；若桩尖标高比设计标高高得多时，应报有关部门研究确定。

(3) **设计桩尖标高处为一般黏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。

从沉桩开始时起，应**严格控制桩位及竖桩的竖直度或斜桩的倾斜度。**在沉桩过程中，不得采用顶、拉桩头或桩身办法来纠偏，以防桩身开裂并增加桩身附加弯矩。

(二) 钻孔灌注桩施工

1. **钻孔灌注桩的特点**钻孔灌注桩桩长可以根据持力土层的起伏面变化，并按使用期间可能出现的最不利内力组合配置钢筋，钢筋用量较少，便利施工，故应用较为普遍。

2. 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、清底、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。**

护筒要求坚固耐用，不漏水，其内径应比钻孔直径大（旋转钻约大 20cm，潜水钻、冲击或冲抓锥约大 40cm），每节长度约 2~3m。一般常用钢护筒，在陆上与深水中均能使用，钻孔完成，可取出重复使用。在深水中埋设护筒时，先打入导向架，再用锤击或振动加压沉入护筒。护筒深度视土质与流速而定。护筒平面位置的偏差不得大于 5cm，倾斜度不得大于 1%。

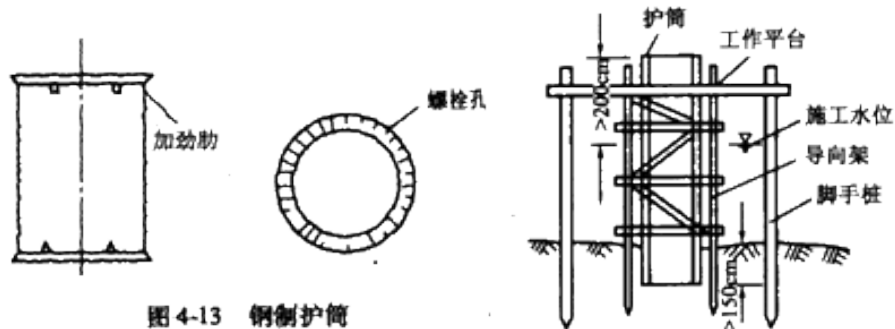


图 4-13 钢制护筒

(2) **泥浆制备：具有悬浮钻渣、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。**通常采用**塑性指数大于 25，粒径小于 0.005mm 的黏土颗粒含量大于 50% 的黏土**，通过泥浆搅拌机或人工调和，贮存在泥浆池内，再用泥浆泵输入钻孔内。

(3) 钻孔：一般采用**螺旋钻头或冲击锥**等成孔，或用旋转机具辅以高压水冲成孔，常用的方法是：**正循环回转法、反循环回转法、潜水电钻法、冲抓锥法、冲击锥法。**

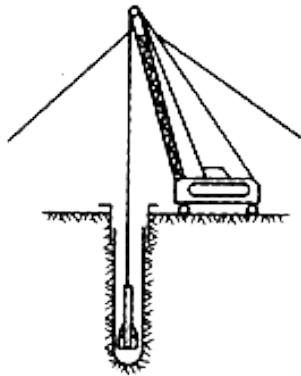


图 3-1-2 冲击钻孔

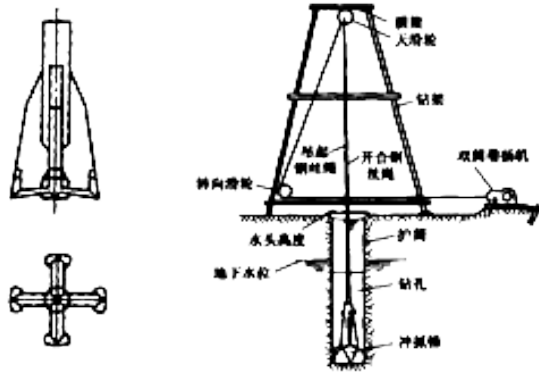
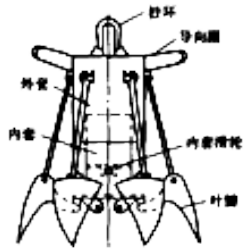


图 3-1-1 冲抓钻孔



正循环回转法：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。其特点是**钻进与排渣同时连续进行**，在适用的土层中**钻进速度较快**，但**需设置泥浆槽、沉淀池**等，**施工占地较多**，且机具设备较复杂。

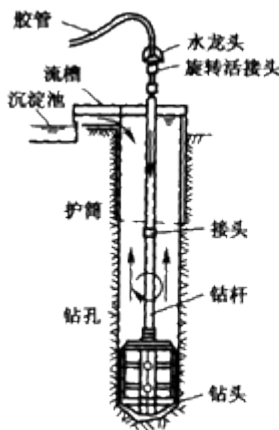


图 3-1-3 正循环钻进

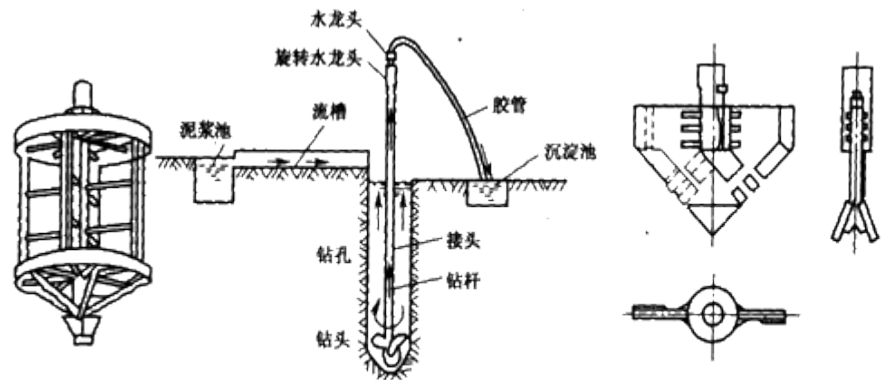


图 3-1-4 反循环钻进

反循环回转法：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。

(4) 孔径检查与清孔：钻孔的直径、深度和孔形直接关系到成桩质量，是钻孔桩成败的关键。为此，除了钻孔过程中严谨操作、密切观测监督外，在钻孔达到设计要求深度后，应采用**适当器具对孔深、孔径、孔形等认真检查**，符合设计要求后，填写“终孔检查证”。

• **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**，应根据设计要求、钻孔方法、机具设备和土质条件决定。其中**抽浆法清孔较为彻底，适用于各种钻孔方法的灌注桩**。对孔壁易坍塌的钻孔，清孔时操作要细心，防止塌孔。

• **清孔的质量要求**：对**支承桩（柱桩、嵌岩桩）**，宜用抽浆法清孔，并宜清理至吸泥管出清水为止。**灌注混凝土前，孔底沉淀土厚度不得大于 500mm**。若孔壁易坍塌，必须在泥浆中灌注混凝土时，建议采用**砂浆置换钻渣清孔法**，**清孔后的泥浆含砂率不大于 4%**。沉淀土厚度测量方法可在清孔后用取样盒（开口铁盒）吊到孔底，待到灌注混凝土前取出，直接量测沉淀在盒内的沉渣厚度。

(5) 灌注混凝土

3. 灌注桩质量检验与质量标准

检测应符合下列规定：其一、宜对各墩台有代表性的桩用**无损法进行检测**，重要工程或重要部位的桩宜逐根检测；其二，对质量有怀疑的桩及因灌注故障处理过的桩，均应进行检测。

4. 钻孔桩水下混凝土的质量要求

(1) 除检查**灌注过程中预留试块**的抗压强度外，**凿取桩头混凝土试块**做抗压强度试验。

(2) 应仔细检查分析所有各桩径的混凝土灌注记录,并用**无破损方法检验桩身**,认为其中某些桩的质量可疑,则应以地质钻机钻通全桩取芯样。

5. 施工中易出现的问题及预防和处理方法

(1) 钢筋笼上浮

• 原因分析

混凝土在进入钢筋笼底部时浇筑速度太快;钢筋笼未采取固定措施。

• 防治措施

当混凝土上升到接近钢筋笼下端时,应放慢浇筑速度。当钢筋笼被埋入混凝土中有一定深度时,再提升导管,减少导管埋入深度,使导管下端高出钢筋笼下端有相当距离时再按正常速度浇筑,在通常情况下,可防止钢筋笼上浮。

(2) 断桩

断桩是成桩后经探测,桩身局部没有混凝土,存在泥夹层,或截面断裂的现象,是最严重的一种成桩缺陷,直接影响结构基础的承载力。

原因分析

(a) 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,致使导管堵塞,疏通堵管再浇筑混凝土时,中间就会形成夹泥层。

(b) 计算导管埋管深度时出错,或盲目提升导管,使导管脱离混凝土面,再浇筑混凝土时,中间就会形成夹泥层。

(c) 钢筋笼将导管卡住,强力拔管时,使泥浆混入混凝土中。

(d) 导管接头处渗漏,泥浆进入管内,混入混凝土中。

(e) 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。

• 预防措施

(a) 混凝土配合比应严格按照有关水下混凝土的规范配制。

(b) 严禁不经测算盲目提拔导管,防止导管脱离混凝土面。

(c) 钢筋笼主筋接头要焊平,以免提升导管时,法兰挂住钢筋笼。

(d) 浇筑混凝土应使用经过检漏和耐压试验的导管。

• 治理方法

(a) 当导管堵塞而混凝土尚未初凝时,可吊起导管,再吊起一节钢轨或其他重物在导管内冲击,把堵管的混凝土冲散或迅速提出导管,用高压水冲掉堵管混凝土后,重新放入导管浇筑混凝土。

(b) 当断桩位置在**地下水位以上**时,如果桩的直径较大(一般在1m以上),可抽掉桩孔内泥浆,在钢筋笼的保护下,人下到桩孔中,对先前浇筑的混凝土面进行**凿毛处理并清洗钢筋**,然后继续浇筑混凝土。

(c) 当断桩位置在**地下水位以下**时,可用直径较原桩直径稍小的钻头,在原桩位处钻孔,钻至断桩部位以下适当深度时,重新清孔,并在断桩部位增设一节钢筋笼,笼的下半截埋入新钻的孔中,然后继续浇筑混凝土。

(d) 当导管被钢筋笼挂住时,转动导管,使导管脱离。如果钢筋笼埋入混凝土中很深,只好放弃导管。

(e) 灌注桩因严重塌方而断桩或导管拔出后重新放入导管时均形成断桩,是否需要**在原桩外侧补桩**,需经检测后与有关单位商定。

(3) 桩身混凝土质量差

桩身混凝土质量差是指桩身出现蜂窝、空洞、夹泥层或级配不均的现象。

• 原因分析

(a) 浇灌混凝土时未边灌边振捣,

(b) 浇灌混凝土时或上部放钢筋笼时,孔壁土坍落在混凝土中。

(c) 混凝土配合比坍落度掌握不严。

• 防治措施

(a) 浇灌混凝土时应**边灌边振捣**。

(b) 浇灌混凝土时或上部放钢筋笼时,注意**不要碰撞土壁**,造成土体坍落。

(c) 认真控制混凝土的配合比和坍落度,浇灌混凝土时设置串筒下料,防止混凝土产生离析现象,使混凝土强度均匀。

例题. 钻孔灌注桩施工中,制备泥浆的主要作用有()。2009年

A. 冷却钻头 B. 润滑钻具 C. 悬浮钻渣 D. 防止坍孔 E. 减小孔内静水压力

【答疑编号 502077103301】 【正确答案】 ABCD

例题. 在钻孔灌注桩施工中,埋设护筒的主要作用有()。2010

A. 提高桩基承载力 B. 保护孔口地面 C. 钻头导向 D. 防止坍孔 E. 隔离地表水

【答疑编号 502077103302】 【正确答案】 BCDE

【答案解析】 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。

1B413033 掌握桥梁下部结构施工

一、承台施工

(一) 围堰及开挖方式的选择

1. 当承台位置处于干处时，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. 当承台位置位于水中时，一般先设围堰（钢板桩围堰或吊箱围堰）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。

3. 对于承台底标高位于河床以上的水中，采用有底吊箱或其他方法在水中将承台模板支撑和固定。

(二) 围堰

围堰的形式根据地质情况、水深、流速、设备条件等因素综合考虑。

(三) 开挖基坑

1. 基坑开挖一般采用机械开挖，并辅以人工清底找平。

2. 基坑的开挖坡度以保证边坡的稳定为原则，根据地质条件、开挖深度、现场的具体情况确定，当基坑壁坡不易稳定或放坡开挖受场地限制，或放坡开挖工作量大不经济时，可按具体情况采取加固坑壁措施，如挡板支撑、混凝土护壁、钢板桩、锚杆支护、地下连续壁等。

3. 基坑顶面应设置防止地面水流入基坑的措施，如截水沟等。

4. 当基坑地下水采用普通排水方法难以解决，可采用井点法降水。

(四) 承台底的处理

1. **低桩承台**：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，使其符合基底的设计标高并整平，即立模灌注承台混凝土。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。

2. **高桩承台**：当承台底以下河床为松软土时，可在板桩围堰内填入砂砾至承台底面标高。可抽干水填入或静水填入，要求能承受灌注封底混凝土的重量。

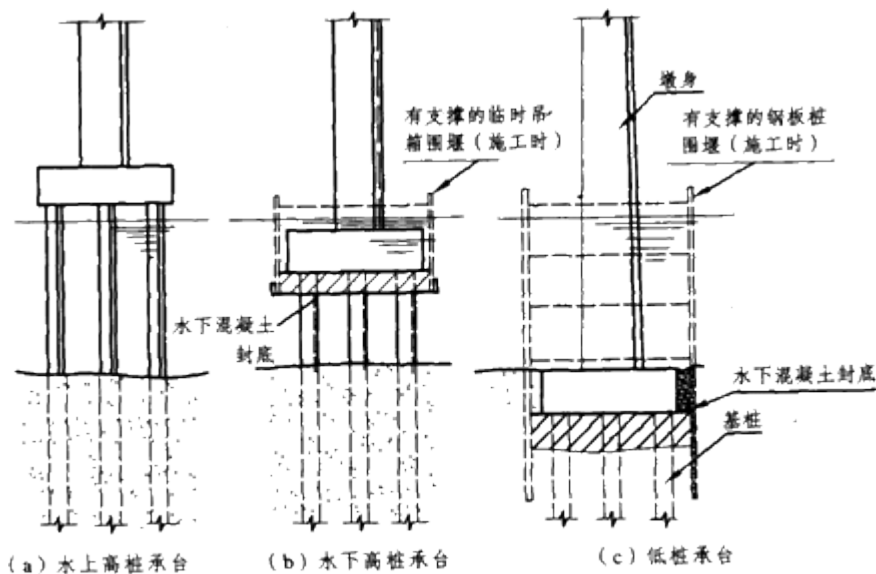


图 7.41 高桩和低桩承台

(五) 模板及钢筋

1. 在设置模板前应按前述做好承台底的处理，破除桩头，调整桩顶钢筋，做好喇叭口。(1) **模板**一般采用**组合钢模**，纵、横楞木采用型钢，以保证使模板有足够的强度、刚度和稳定性。(2) 保证结构各部形状、尺寸的准确。(3) 模板要求平整，接缝严密，拆装容易，操作方便。

2. 钢筋的制作严格按技术规范及设计图纸的要求进行，墩身的预埋钢筋位置要准确、牢固。

(六) 混凝土的浇筑

2. 混凝土的拌合采用拌合站集中拌合，混凝土罐车通过便桥或船只运输到浇筑位置。采用流槽、漏斗或泵车浇筑。也可由混凝土泵直接在岸上泵入。

3. 混凝土浇筑时要分层。

4. **大体积混凝土的浇筑**。大体积混凝土的施工除遵照一般砼的要求外，施工时还**应注意以下几点**：
(1) 水泥：选用**水化热低**，初凝时间长的矿山水泥，并控制水泥用量。
(2) 砂、石：砂选用**中、粗砂**，石子选用 0.5~3.2cm 的碎石和卵石。夏季砂、石料堆可设简易遮阳棚，必要时可向骨料喷水降温。

(3) 外加剂：可选用**复合型外加剂和粉煤灰**以减少绝对用水量和水泥用量，延缓凝结时间。

(4) 按设计要求敷设冷却水管，冷却水管应固定好。

(5) 如**承台厚度较厚，分层厚度以 1.5m 左右为宜，层间间隔时间 5~14d 之间**。

(七) 混凝土养护和拆模

混凝土浇筑后要适时进行养护，尤其是体积较大，气温较高时要尤其注意，防止混凝土开裂。混凝土强度达到拆模要求后再进行拆模。

(八) **深水承台施工的注意要点**

1. 深水桩基础的承台一般均为大体积钢筋混凝土施工，必须进行**温控防裂措施**。

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。

3. 处于最低水位以下的承台，特别是设计将围堰作为模板时，必须在施工时考虑相应的控制措施。

4. 浇筑可以按灌注水下混凝土的**导管法**进行。**对于重要的、大体积的承台最好不要采用普通泵送混凝土，应采用水下不离析混凝土较宜**。采用导管法时要注意扩散范围，经验值可取 6m。

5. **对围堰封底应全断面一次连续浇筑完成**。

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，使拌合物具有和易性好、可泵性好、初凝时间长、坍落度损失小等特性。

7. 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。分层浇筑时，上下层浇筑间隔不能过长，以免后浇的混凝土出现裂缝。

(九) 施工中常见的承台吊模缺陷原因分析及防治措施

就采用吊模的办法，常发生**吊杆松弛，底模下沉的现象**。

1. **原因分析**

(1) 模板设计的安全系数不够，支承系统不能承受承台混凝土和施工作业的全部重量。

(2) 底模搁栅未采用纵、横两道与基桩夹紧。

(3) 吊杆紧固不够或电焊强度不足。

2. **防治措施**

(1) 合理的模板设计是确保模板安全使用的关键。

(2) 杆宜与基桩主筋电焊，并确保焊接质量。

(3) 杆的直径与根数应经过计算。

二、**墩台施工**

(一) **钢筋混凝土墩台**

1. **在承台顶面准确放出墩台中线和边线，标出主钢筋位置**。

3. 条件许可时，可事先加工成钢筋网片或骨架，整体吊装焊接就位。

5. 用夹具将 I 字钢立柱和板片竖向连接，横向用销钉和槽钢横肋，将整个模板连成整体，安装就位。

6. 端头模板要和墙面模板牢固连接，防止跑模、漏浆。

9. 安装直坡式墩台模板，为便于提升，宜有 **0.5%~1%**模板高度的**锥度**。

14. 墩台身高度不大时，可搭设木板坡道，中间钉设防滑木条，用手推车运输混凝土浇筑。当墩台身高度较大，**混凝土下落高度超过 2m 时，要使用溜管、串筒**。

15. 拼装式模板用于高墩台时，应分层支撑、分层浇筑，在浇筑第一层混凝土时，于墩台身内预埋支承螺栓，以支承第二层模板的安装和混凝土的浇筑。

16. 浇筑空心高墩台混凝土宜搭设内脚手，并兼作提升吊架。

17. **混凝土应分层、整体、连续浇筑，逐层振捣密实**，**轻型墩台需设置沉降缝**时，缝内要填塞沥青麻絮或其他弹性防水材料并。

19. 混凝土浇筑完成应适时覆盖洒水养护，预松模板拉杆透水养护，拆模后也可采用喷洒养护剂、圈套塑料养护。

20. 浇筑轻型薄壁墩台，为防止出现混凝土裂缝，施工时应认真进行混凝土配合比设计，严格计量投料，精心施工，重视养护。为保持其墙体的稳定，混凝土浇筑后，要抓紧安排支撑梁混凝土的施工，以及上部构件的吊装，使整个构件造物早日形成受力框架。

21. 高大的后仰桥台，为平衡偏心，应在浇筑台身混凝土之后，及时填筑台后路堤土方，防止桥台后倾或前滑。**未经填土的台身露出地面的高度不得超过 4m，以防因偏心造成基底的不均匀沉降**。

(二) **石砌墩台施工**

1. 石料与砂浆

石砌墩台系用片石、块石及粗料石以水泥砂浆砌筑，石料与砂浆的规格要符合有关规定。**浆砌片石一般适用于高度小于 6m 的墩台身、基础、镶面以及各式墩台身填腹；浆砌块石一般用于高度大于 6m 的墩台身、镶面或应力要求大于浆砌片石砌体强度的墩台；浆砌粗料石**则用于磨耗及冲击严重的分水体及破冰体的镶面工程以及有整齐美观要求的桥墩台身等。

2. 墩台砌筑施工要点

(1) 挂线砌筑。

(2) 砌筑基础的第一层砌块时，如**基底为土质**，只在已砌石块的侧面**铺上砂浆即可**，不需坐浆；如**基底为石质**，应将其表面清洗、润湿后，**先坐浆再砌石**。

(4) 砌块间用砂浆粘结并保持一定的缝厚，所有砌缝要求砂浆饱满。

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。**

圆端、尖端及转角形砌体的砌石顺序，应自顶点开始，按丁顺排列接砌镶面石。圆端形桥墩的圆端顶点不得有垂直灰缝，砌石应从顶端开始先砌，然后依丁顺相间排列，按砌四周镶面石；

4. 砌体质量应符合以下规定

(1) 砌体所用各项材料类别、规格及质量符合要求；

(2) 砌缝砂浆或小石子混凝土铺填饱满、强度符合要求；

(3) 砌缝宽度、错缝距离符合规定，勾缝坚固、整齐，深度和型式符合要求；

(4) 砌筑方法正确；

(5) 砌体位置、尺寸不超过允许偏差。

1B413034 掌握桥梁上部结构装配式施工

一、先张法预制梁板

(一) 先张法预制梁板工序

1. 按预制需要，**整平场地，完善排水系统**，统筹规划混凝土的供应及水电管路的布设安装。

2. 根据梁的尺寸、数量、工期确定预制台座的长度、数量、尺寸，**台座应坚固、平整、不沉陷，表面压光。**

3. 承力台座由混凝土筑成，应有足够的强度、刚度和稳定性，**钢横梁受力后，挠度不能大于 2mm。**

4. 多根钢筋同时张拉时，其**初应力要保持一致**，活动横梁始终和固定横梁保持平行。

5. 在台座上注明每片梁的具体位置、方向和编号。

6. 将预应力筋（钢绞线）按计算长度切割，在失效段套上塑料管，放在台座上，线两端穿过定位钢板，卡上锚具，用液压千斤顶单束张拉，**先张拉中间束，再向两边对称张拉。**

7. 按技术规范或设计图纸规定的张拉强度进行**张拉**，一般为**0→初应力→1.05σ_K（持荷 2min）→σ_K（锚固）**。如端横梁刚度大，每根梁可采用同一张拉值。

8. 钢绞线张拉后 8h，开始绑扎除面板外的普通钢筋。

10. 用龙门吊机吊运混凝土，先浇底板并振实，振捣时注意不得触及钢绞线，当底板浇至设计标高，将经检查合格的充气胶囊安装就位，用定位箍筋与外模联系，上下左右加以固定，防止上浮，同时绑扎面板钢筋，然后对称、均匀地浇胶囊两侧混凝土，从混凝土开始浇筑到胶囊放气时为止，其充气压力要始终保持稳定，最后浇筑面板混凝土，振平后，表面作拉毛处理。

11. 适时安排混凝土的养生。

12. **混凝土浇完 6~8h**，将**胶囊放气抽走**，洗净灰浆以备再用。

13. 混凝土达到规定强度时开始放张，**放张时宜对称、同步**。可采用砂箱法或千斤顶法，分数次完成。用砂箱法时，放砂速度要均匀一致。

(二) 先张法预应力筋的张拉操作时的施工要点

1. 同时张拉多根预应力筋时，应预先调整其**初应力**，使相互之间的应力一致；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%**。

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

3. 预应力筋的张拉应符合设计要求，设计无规定时，先张法预应力筋张拉程序可按表 1B413034-1 的规定进行。

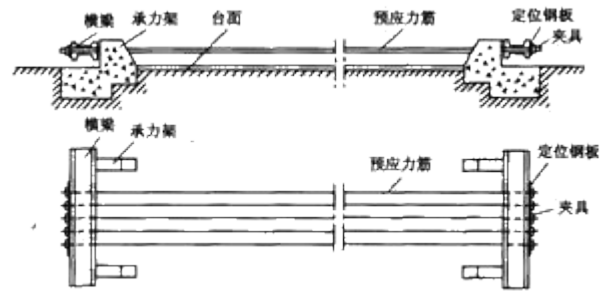


图 7-21 重力式台座构造示意图

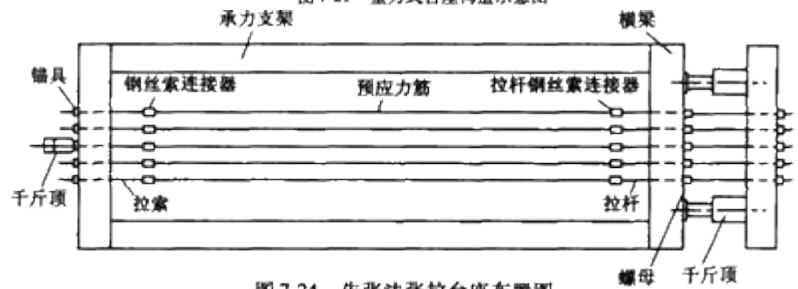


图 7-24 先张法张拉台座布置图

| 预应力筋种类 | 先张法预应力筋张拉程序 | |
|----------------------|--|--|
| 钢筋 (不允许断筋) | 0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2 分钟)→0.9 σ_{con} → σ_{con} (锚固) | |
| 钢丝、钢绞线 (断丝量不超 1%) | 0→初应力→1.05 σ_{con} (持荷 2 分钟)→0→ σ_{con} (锚固) | |
| | 对于夹片式等具有自锚性能的锚具: | 普通松弛力筋 0→初应力→1.03 σ_{con} (锚固) 低松弛力筋 0→初应力→ σ_{con} (持荷 2 分钟锚固) |

注: 1. 表中 σ_{con} 为张拉时的控制应力值, 包括预应力损失值;

4. 张拉时, 同一构件内预应力钢丝、钢绞线的断丝数量不得超过 1%, 同时对于预应力钢筋不允许断筋。

5. 横梁须有足够的刚度, 受力后挠度应不大于 2mm。

6. 应先张拉靠近台座截面重心的预应力钢筋, 防止台座承受过大的偏心压力。

8. 用横梁整批张拉时, 千斤顶应对称布置, 防止活动横梁倾斜。

11. 台座两端应设置防护措施。张拉时, 沿台座长度方向每隔 4~5m 应放一防护架。工作人员不得站在台座两端或进入台座。

12. 当预应力钢筋张拉到控制张拉力后, 宜停 2~3min 再打紧夹具或拧紧螺母, 操作员应站在侧面。

二、预制梁(板)的吊装

(一) 概述

1. 构件达到规定强度时, 用吊机移运至堆放场, 在吊点位置下承垫横枕木, 放置稳固。

2. 堆放构件的场地应平整压实, 不沉陷、不积水。

3. 构件应按吊装次序、方向水平分层堆放, 标志向外, 板梁平放, 一般不宜超过三层, 要逐层支撑牢固, 层与层间要以垫木隔开, 相邻构件间要留出适当宽度的通道。

4. 起吊梁板可用吊钩钩住吊环或通过预留孔用钢丝绳起吊, 起吊时注意不得损伤混凝土。

7. 构件吊装前, 在每片梁板两端要标出竖向中心线, 并在墩台面上放出梁的纵向中心线、支座纵横中心线、梁板端位置横线以及每片梁板的具体位置。

(二) 吊装方法

根据施工现场具体情况, 选用不同的安装方法。

1. 自行式吊机架设法。适用条件: 平坦无水桥孔的中小跨径预制梁板安装。

(1) 一台吊机架设法: 吊装时, 一般将吊机置于待吊装的桥孔中间, 如果起吊能力足够也可以将吊机置于台后或者已经吊装完成的桥孔上。吊装应注意起吊绳与梁面的夹角不能太小, 一般以 45° — 60° 为宜, 否则, 应使用扁担梁。

(2) 两台吊机架设法: 吊装时, 根据情况, 可以将两台吊机置于一孔或分别置于两孔。吊装应注意两台吊机相互配合, 有专职起吊工统一指挥。

2. 简易型钢导梁架设法: 将用型钢组拼成的导梁移运到架设桥孔, 在简易钢导梁上铺设轻轨, 将混凝土梁用轨道平车运到桥孔, 再用墩顶龙门吊机将梁横移就位, 之后随着架梁的需要, 移动导梁和龙门架。适用条件: 地面有水, 孔数较多的中小跨径预制梁板安装。

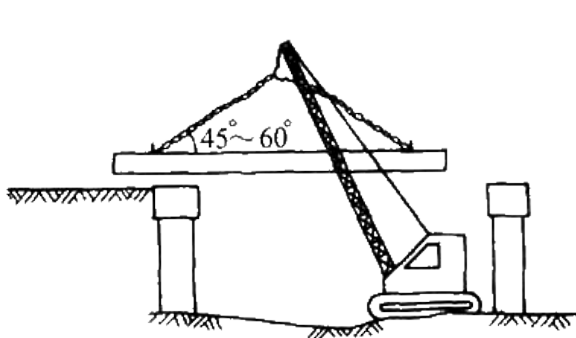


图 18-148 一台自行式吊机架设法

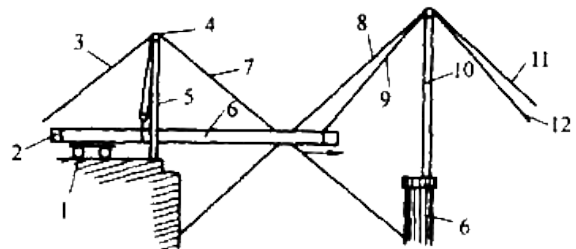


图 18-150 简易型钢导梁纵向移运

1-平车;2-牵引绳至 2 号绞车;3、7、8、11-风缆;

4-牵引绳至 3 号绞车;5-木门架;6-导梁;9-牵引钢丝绳;

10-人字扒杆;12-牵引绳至 1 号绞车

3. 联合架桥机架设法：采用钢导梁配合墩顶龙门、托架等完成预制梁的安装。

该法的特点是**不受桥下支架、洪水威胁，架设过程中不影响桥下通车、通航**。预制梁的纵移、横移、起吊、就位都比较方便，便于施工单位自行制造。缺点是架设设备用钢材较多，设备组件多，操作相对复杂一些。

适用条件：**孔数较多的中型梁板吊装**。

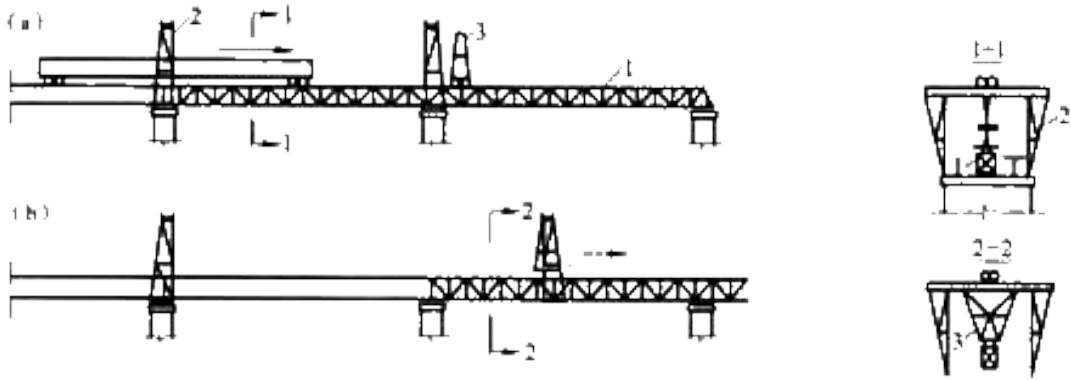


图 5.35 联合架桥机架梁

1—钢导梁；2—门式吊车；3—托架（运送门式吊车）

4. 双导梁架桥机架设法

本法具备了联合架桥机的一切优点，并且**不需要托架及墩顶龙门**，整机性能好，设备更简洁，便于操作，使用更方便。

适用条件：**孔数较多的重型梁吊装**。

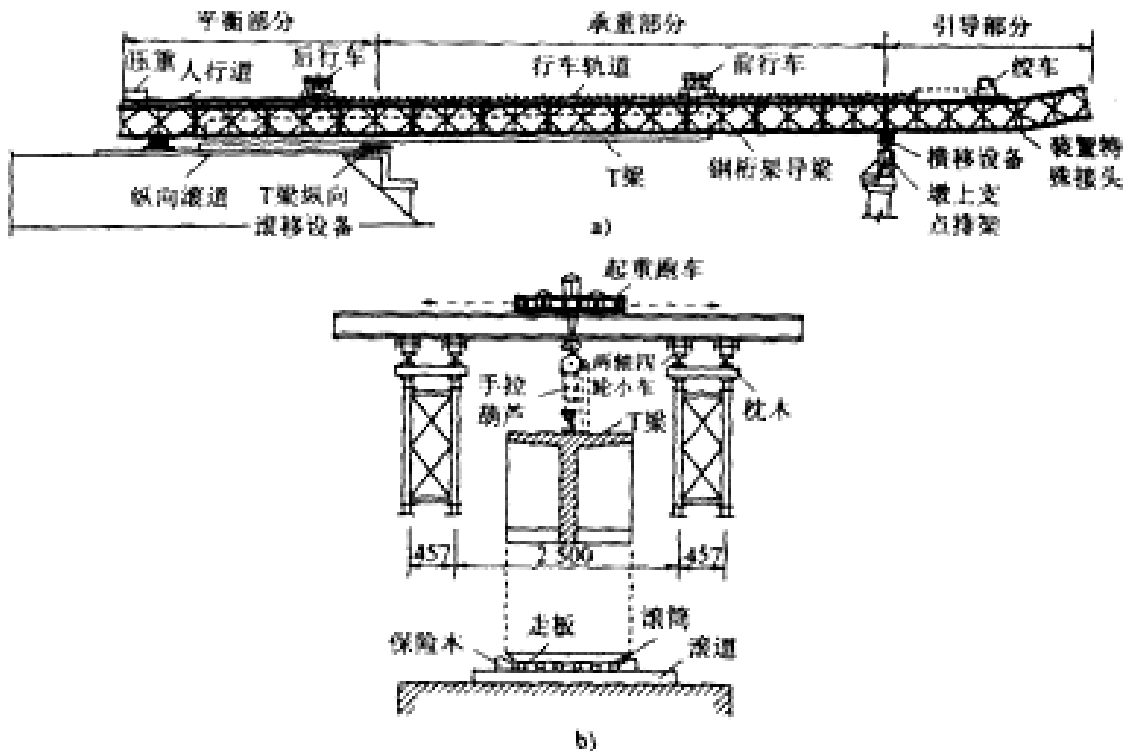


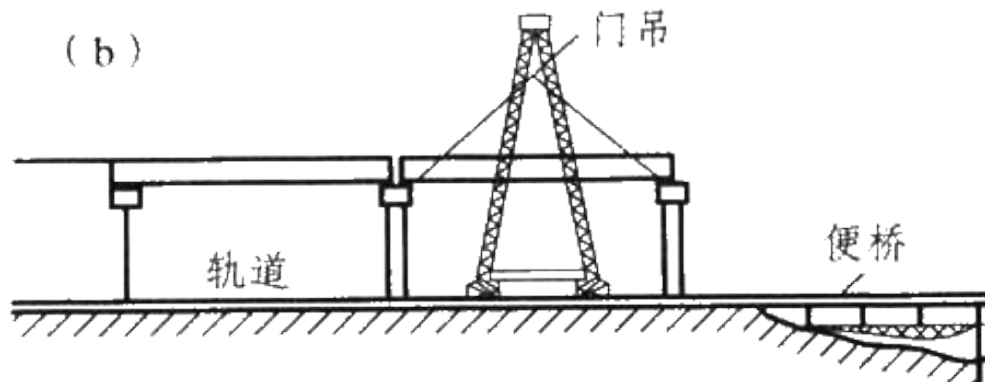
图 6-69 双导梁穿行式架梁法(尺寸单位:mm)

a) 导梁纵断面;b) 导梁横断面

5. **跨墩龙门架架设法**：预制梁由轨道平车或者平板拖车运至桥孔一侧，用两台同步运行的跨墩龙门吊将梁吊起再横移到设计位置落梁就位。

此法的特点是**桥跨较少时，架设速度快**，架设时不需要特别复杂的技术工艺，作业人员用得也较少。缺点是**桥下地形条件要求较高**，当桥墩较高时稳定性较差。

适用条件：**无水或浅水河滩，地形相对平坦，孔数较多的中型梁板安装。**



6. **浮运、浮吊架梁**：将预制梁用各种方法移装到浮船上，浮运到架设孔以后就位安装。

此法要求**河流须有适当的水深**，以浮运预制梁时不搁浅为准。

(1) 浮运架设的方法有：

将预制大梁装船浮运至架设孔起吊就位安装法。

(2) 预制梁装船的方法有：

用大吨位、大伸幅的吊车将梁从岸上吊装至浮船上。用大吨位、大伸幅的浮式吊机将梁从岸上吊至浮船上。用栈桥码头将预制梁纵向拖拉上船。用栈桥码头横移大梁上船。

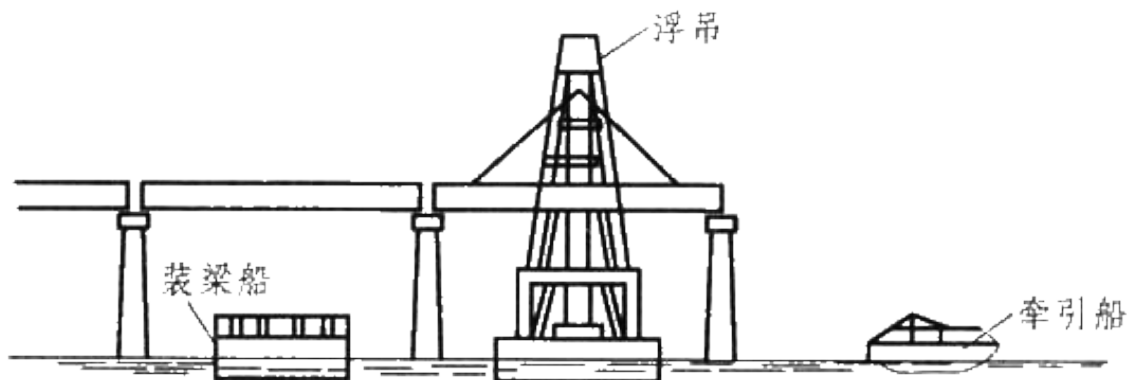


图 5.34 浮吊架梁法

例题. 某桥梁桥跨布置为 $9 \times 30\text{m}$ ，桥下**地形起伏变化较大**，墩身较高，该桥预制品吊装施工不宜选用 () 架设法。09 年

A. 简易型钢导梁 B. 联合架桥机 C. 双导梁架桥机 D. 跨墩龙门架

❓ [答疑编号 502077103401] 『正确答案』 D

三、后张法预制梁板

(一) 后张法预制梁板工序

1. 按施工需要规划预制场地，预制场地应整平压实，完善排水系统，确保场内不积水。

2. 根据预制梁的尺寸、数量、工期，确定预制台座的数量、尺寸，台座用表面压光的梁（板）筑成，应坚固不沉陷，确保底模沉降 $\leq 2\text{mm}$ ，台座上铺钢板底模或用角钢镶边代作底模。当预制梁跨大于 20m 时，要按规定设置反拱。

3. 根据施工需要及设备条件，选用塔吊或跨梁龙门吊作吊运工具，并铺设其行走轨道。

4. 统筹规划梁（板）拌合站及水、电管路的布设安装。

5. 预制模板由钢板、型钢组焊而成，应有足

够的强度、刚度和稳定性，尺寸规范、表面平整光洁、接缝紧密、不漏浆，试拼合格后，方可投入使用。

7. 用龙门吊机将钢筋骨架吊装入模，绑扎隔板钢筋，埋设预埋件，在孔道两端及最低处设置压浆孔，在最高处设排气孔，安设锚垫板后，先安装端模，再安涂有脱模剂的钢侧模，统一紧固调整和必要的支撑后交验。

8. 将质量合格的梁（板）用梁（板）拌合车运输，卸入吊斗，由龙门吊从梁的一端向另一端，水平分层，先下部捣实后再腹板、翼板，浇至接近另一端时改从另一端向相反方向顺序下料，在距梁端 3~4m 处浇筑合龙，一次整体浇筑成型。梁体梁（板）数量较大时，采用斜向分段，水平分层方法连续浇筑。

9. 梁（板）的振捣以紧固安装在侧模上的附着式为主，插入式振捣器为辅

10. 梁（板）成活后要将表面抹平、拉毛，收浆后适时覆盖，洒水湿养不少于 7d，蒸汽养生恒温不宜超过 80℃，也可采用喷洒养生剂养生。

15. 张拉使用的张拉机及油泵、锚、夹具配套使用，配套定期校验，以准确标定张拉力与压力表读数间的关系曲线。

16. 按设计要求在两端同时对称张拉，张拉时千斤顶的作用线必须与预应力轴线重合，二端各项张拉操作必须一致。

17. 预应力张拉采用应力控制，同时以伸长值作为校核。实际伸长值与理论伸长值之差应满足 $\pm 6\%$

19. 预应力筋锚固要在张拉控制应力处于稳定状态时进行，其钢筋内缩量不得超过设计规定。

20. 预应力筋张拉后，将孔道冲洗干净，吹除积水，尽早压注水泥浆，水泥浆的强度、稠度、水灰比、泌水率、膨胀剂掺量等必须符合设计或规范规定。

21. 压浆使用压浆泵从梁最低点开始，在梁两端压浆孔各压浆一次，直至规定稠度的水泥浆充满整个孔道为止。

22. 用龙门吊机将梁移运至存放场。

(二) 后张法张拉时的施工要点

1. 张拉时，构件混凝土强度不应低于设计强度等级值的 75%。当块体拼装构件的竖缝采用砂浆接缝时，砂浆强度不低于 15MPa。

2. 对预留孔道应用通孔器或压气、压水等方法进行检查。端部预埋铁板与锚具和垫板接触处的焊渣、毛刺、混凝土残渣等应清除干净。当采用先穿束的方法时用压气、压水较好。

3. 钢筋穿束前，螺丝端杆的丝扣部分应用水泥袋纸等包缠 2~3 层，并用细铁丝扎牢；钢丝束、钢绞线束、钢筋束等穿束前，将一端找齐平，顺序编号。对于短束用人工从一端向另一端穿束；对于较长束，应套上穿束器，由引线及牵引设备从另一端拉出。

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

7. 预应力筋张拉端的设置应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合：对于曲线预应力筋或长度大于等于 25m 的直线预应力筋，宜在两端张拉；对长度小于 25m 的直线预应力筋，可在一端张拉；曲线配筋的精轧螺纹钢应在两端张拉，直线配筋的精轧螺纹钢可在一端张拉；当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别设置于构件的两端。应力筋采用两端张拉时，可先在一端张拉锚固后，再在另一端补足预应力值进行锚固。

8. 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 1B413034—2 的规定进行。

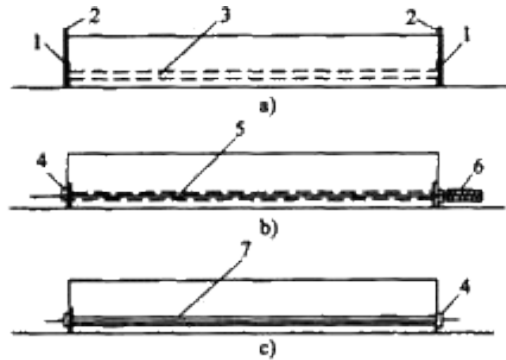


图 7-2 后张法的施工程序示意图

a) 制作混凝土构件；b) 张拉钢筋；c) 封端和孔道压浆
1-预埋钢板；2-模板；3-预留孔道；4-锚具；5-预应力钢筋；6-张拉千斤顶；7-孔道压浆

| 预应力筋种类 | 后张法预应力筋张拉程序 | |
|---|--|--|
| 钢筋、钢筋束 (不允许断筋、滑移) | 0→初应力→1.05σ _{con} (持荷2分钟)→σ _{con} (锚固) | |
| 钢绞线束 (每束1根或1丝; 每断面之和不超过1%) | 对于夹片式等具有自锚性能的锚具: | 普通松弛力筋 0→初应力→1.03σ _{con} (锚固) 低松弛力筋 0→初应力→σ _{con} (持荷2分钟锚固) |
| | 其他锚具 | 0→初应力→1.05σ _{con} (持荷2分钟)→σ _{con} (锚固) |
| 钢丝束 (每束1根或1丝; 每断面之和不超过1%) | 对于夹片式等具有自锚性能的锚具: | 普通松弛力筋 0→初应力→1.03σ _{con} (锚固) 低松弛力筋 0→初应力→σ _{con} (持荷2分钟锚固) |
| | 其他锚具 | 0→初应力→1.05σ _{con} (持荷2分钟)→0→σ _{con} (锚固) |
| 精轧螺纹钢 (不允许断筋、滑移) | 直线配筋时 | 0→初应力→σ _{con} (持荷2分钟锚固) |
| | 曲线配筋时 | 0→σ _{con} (持荷2分钟)→0(以上程序可重复多次)→初应力→σ _{con} (持荷2分钟锚固) |

9. 后张预应力筋断丝及滑丝不得超过表 1B413034_3 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 | 1% |
| 单根钢筋 | 断筋或滑移 | 不容许 |

10. 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。预应力筋锚固后的外露长度不宜小于 300mm，锚具应用封端混凝土保护。一般情况下，锚固完毕并经检验合格后即可切割端头多余的预应力筋，严禁用电弧焊切割，强调用砂轮机切割。一般防锈措施为砂浆封堵。

11. 张拉完后即封堵。完成后，即对外露多余钢绞线、钢筋进行切割，封堵的方法是用素灰将锚头封住，然后用塑料布将其裹住进行养护，以防止裂缝而使锚头漏浆、漏气，影响压浆质量。

此外，张拉时，应注意夹片的回缩量，并做好记录予以减除。用自锚式锚头时，夹片的回缩量即钢绞线回缩量，一般为限位板限位槽深减去夹片外露量。夹片外露量由张拉完毕后量得。

12. 压浆用水泥浆的强度应符合设计规定，设计无具体规定时，应不低于 30MPa。对截面较大的孔道，水泥浆中可掺入适量的细砂。

13. 压浆时，对曲线孔道和竖向孔道应从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气和泌水。压浆顺序宜先压注下层孔道。

15. 对掺加外加剂泌水率较小的水泥浆，通过试验证明能达到孔道内饱满时，可采用一次压浆的方法；不掺外加剂的水泥浆，可采用二次压浆法，两次压浆的间隔时间宜为 30~45min。

16. 梁体竖向预应力筋孔道的压浆最大压力可控制在 0.3~0.4MPa。压浆应达到孔道另一端饱满和出浆，并应达到排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆为止。为保证管道中充满灰浆，关闭出浆口后，应保持不小于 0.5MPa 的一个稳压期，该稳压期不宜少于 2min。

17. 压浆时，每一工作班应留取不少于 3 组的 70.7mm×70.7mm×70.7mm 立方体试件，标准养护 28d，检查其抗压强度，作为评定水泥浆质量的依据。

18. 对需封锚的锚具，压浆后应先将其周围冲洗干净并对梁端混凝土凿毛，然后设置钢筋网浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度应符合设计规定，一般不宜低于构件混凝土强度等级值的 80%。必须严格控制封锚后的梁体长度。长期外露的锚具，应采取防锈措施。

19. 对后张预制构件，在管道压浆前不得安装就位，在压浆强度达到设计要求后方可移运和吊装。孔道压浆应填写施工记录。

1B413035 掌握桥梁上部结构支架及逐孔施工

一、支架施工工序（以现浇箱梁为例叙述）

（一）地基处理与支架模板施工

1. 地基处理：地基处理应根据箱梁的断面尺寸及支架的型式对地基的要求而决定。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。地基处理时要做好地基的排水，防止雨水或混凝土浇筑和养生过程中滴水对地基的影响。

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，

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。

4. 支架的卸落设备可根据支架形式选择使用木楔、砂筒、千斤顶、U型顶托等，卸落设备尤其要注意有足够的强度。

5. 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。模板的楞木采用方钢、槽钢或方木组成。对拉性杆宜采用塑料套管，以便拉杆取出，不得用气割将拉杆割断。箱梁混凝土是外露混凝土，要注意混凝土外观，各种接缝要紧密封浆，必要时在接缝间加密缝条。混凝土的脱模剂应采用清洁的机油、肥皂水或其他质量可靠的脱模剂，不得使用废机油。

(三) 普通钢筋、预应力筋施工

1. 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。

3. 预应力管道采用镀锌钢带制作，预应力管道的位置按设计要求准确布设，并采用每隔50cm一道定位筋进行固定，接头要平顺，外用胶布缠牢，在管道的高点设置排气孔。

4. 锚垫板安装前，要检查锚垫板的几何尺寸是否符合设计要求，锚垫板要牢固地安装在模板上。锚下螺旋筋及加强钢筋要严格按图纸设置，喇叭口与波纹管要连接平顺、密封。对锚垫板上的压浆孔要妥善封堵，防止浇筑混凝土时漏浆堵孔。

5. 预应力筋的下料长度要通过计算确定，计算应考虑孔道曲线长，锚夹具长度，千斤顶长度及外露工作长度等因素，预应力筋的切割宜用砂轮锯切割，预应力筋编束时，应梳理顺直，绑扎牢固，防止相互缠绞，束成后，要统一编号、挂牌，按类堆放整齐，以备使用。

6. 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。如钢束较长时，可采用金属网套法，先用孔道内预留铅丝将牵引网套的钢丝绳牵入孔道，再用人工或慢卷扬机牵引钢束缓慢引进。

(三) 混凝土的浇筑

2. 混凝土浇筑时要安排好浇筑顺序，其浇筑速度要确保下层混凝土初凝前覆盖上层混凝土。一般为防止桥墩与支架发沉降差而导致墩顶处梁体混凝土产生裂缝，应自跨中向两边墩台连续浇筑。混凝土分次浇筑时，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。

(3) 混凝土的振捣采用插入式振捣器进行，振捣器的移动间距不超过其作用半径的1.5倍，并插入下层混凝土5~10cm。对于每一个振动部位，必须振动到该部位混凝土密实为止，也不得超振。振捣时要避免振捣棒碰撞模板、钢筋，尤其是波纹管，不得用振捣棒运送混凝土。对于锚下混凝土及预应力管道下的混凝土振捣要特别仔细，保证混凝土密实，由于该处钢筋密、空隙小，振捣棒一般要选用小直径的。

(四) 预应力张拉

(1) 在进行张拉作业前，必须对千斤顶、油泵进行配套标定，并每隔一段时间进行一次校验。有几套张拉设备时，要进行编组，不同组号的设备不得混合。

(2) 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生的试件）时，方可进行张拉。

(3) 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。

(4) 张拉的程序按技术规范的要求进行，一般为：持荷5min $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03\sigma_k \rightarrow \sigma_k$

(6) 张拉顺序按图纸要求进行，无明确规定时按分段、分批、对称的原则进行张拉

(五) 压浆、封锚

(1) 张拉完成后要尽快进行孔道压浆和封锚，压浆所用灰浆的强度、稠度、水灰比、泌水率、膨胀剂挤量按施工技术规范及试验标准中要求控制。一般宜采用52.5级普通硅酸盐水泥。

(2) 压浆使用活塞式压浆泵缓慢均匀进行，压浆的最大压力一般为0.5~0.7MPa，当孔道较长或输浆管较长时，压力可大些，反之可小些。每个孔道压浆到最大压力后，应有一定的稳定时间。压浆应使孔道另一端饱满和出浆。并使排气孔排出与规定稠度相同的水泥浓浆为止。

(3) 压浆完成后，应将锚具周围冲洗干净并凿毛，设置钢筋网，浇筑封锚混凝土。

二. 逐孔施工

(一) 概述

1. 用临时支承组拼预制节段逐孔施工

它是将每一桥跨分成若干节段预制完成后在临时支承上逐孔组拼施工。

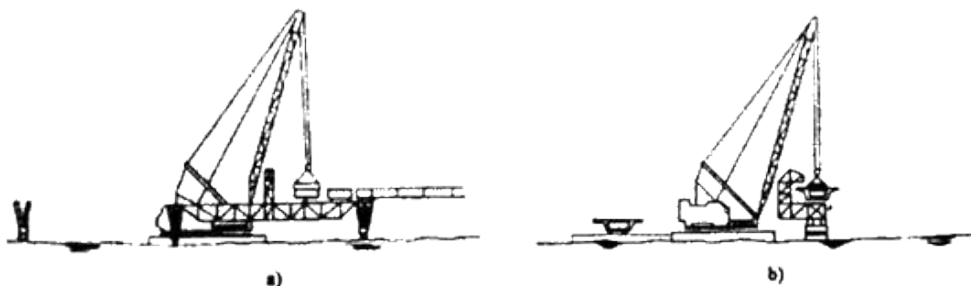


图 2-1-64 在桁梁上组拼预制节段

2. 使用移动支架逐孔现浇施工→

此法亦称**移动模架法**，它是在可移动的支架、模板上完成一孔桥梁的全部工序。由于此法是在桥位上**现浇施工**，可免去大型运输和吊装设备，**桥梁整体性好**；同时它具有在桥梁预制厂生产的特点，可提高机械设备的利用率和生产效率。

3. 采用整孔吊装或分段吊装逐孔施工↓

这种施工方法是**早期连续梁桥采用逐孔施工的唯一方法**。近年来，由于起重能力增强，使桥梁的预制构件向大型化方向发展，从而更能体现逐孔施工速度快的特点，**可用于混凝土连续梁和钢连续梁桥**的施工中。

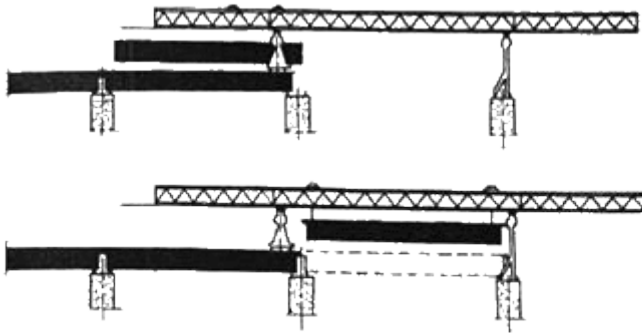


图 2-1-66 用桁式吊逐孔吊装施工

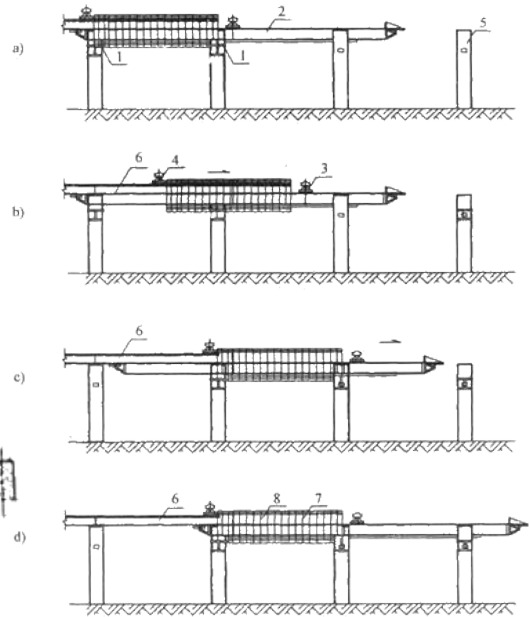


图 13-158 承托式移动模架移动程序
a) 脱模、解拆模板; b) 主桁梁前进; c) 导梁前进; d) 导梁及模板就位
1-托架; 2-导梁; 3-前方台车; 4-后方台车; 5-桥墩; 6-已浇梁段; 7-模板系统; 8-待浇梁段

(二) 用临时支承组拼预制节段逐孔施工的要点

1. 节段划分

在组拼长度内，可根据起重能力沿桥梁纵向划分节段。**对于桥宽在 10~12m，采用单箱截面的桥梁，分节段时在横向不再分隔。节段长一般取 4—6m**，每跨内的节段通常可分两种类型。

(1). 桥墩顶节段

由于桥墩节段要与前一跨连接，需要张拉钢索或钢索接长，为此对墩顶节段构造有一定要求。此外，在墩顶处桥梁的负弯矩较大，梁的截面还要符合受力要求。

(2). 标准节段

前一跨墩顶节段与安装跨第一节段间可以设置就地浇筑混凝土封闭接缝，用以调整安装跨第一节段的准确程度。

2. 支承梁

(1) 钢桁架导梁

钢梁应设置预拱度，要求每跨箱梁节段全部组拼之后，钢导梁上弦应符合桥梁纵断面标高要求。同时还需准备一些附加垫片，用于临时调整标高。

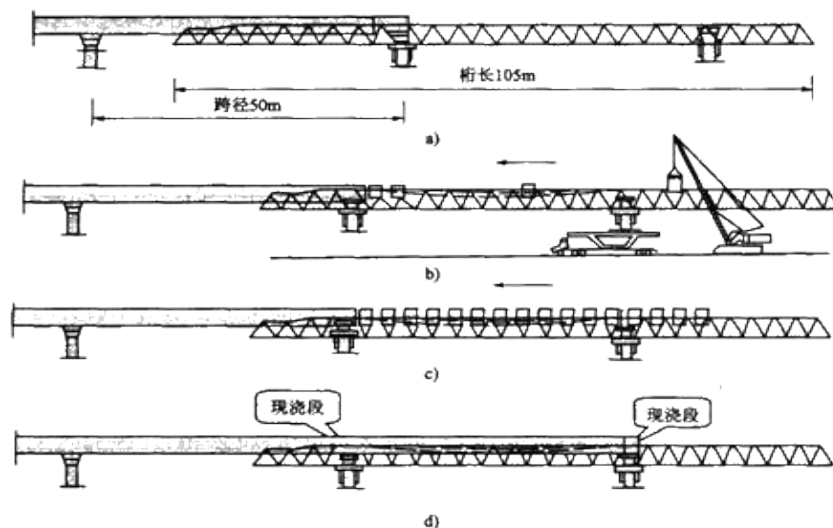


图 8-46 某桥梁施工顺序图

a) 导梁移动; b) 节段吊装; c) 节段拼合; d) 张拉预应力钢筋

(2) 下挂式高架钢桁架
在节段组拼过程中，架桥机前臂必然下挠，**安装桥跨第一块中间节段的挠度倾角调整是该跨架设的关键**，因此要求当一跨节段全部由架桥机空中吊起后，第一个中间节段与墩上节段的接触面应全部吻合。如在吊装中心出现节段横向偏移而不相吻合的现象时，应在节段下方利用**手拉葫芦调整**；对于竖直上下方的调整，可借助架桥机下方的钢缆吊索油缸调整。

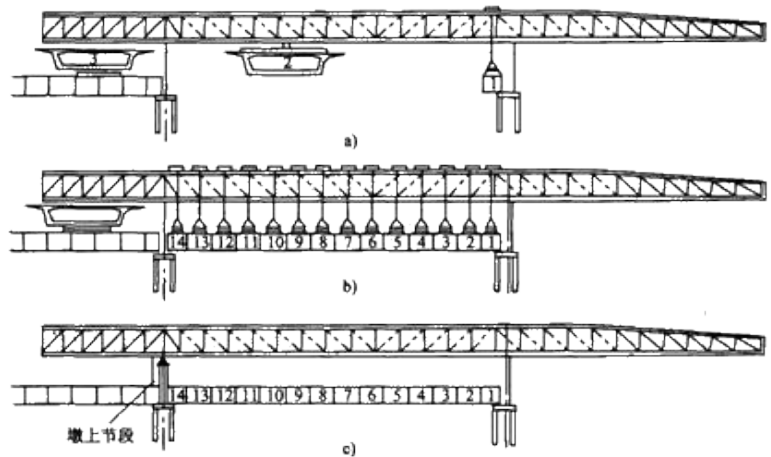


图 8-47 用下挂式高架钢桁架架桥机逐孔组拼施工

(三) 用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 50m，使用一套设备可多次移动周转使用。

1. 施工过程的主要工序

侧模安装就位、安装底模、安装支座、设置预拱度及调整模板、绑扎底板及腹板钢筋、安装预应力系统、内模就位、绑扎顶板钢筋、浇筑箱梁混凝土、内模脱模、施加预应力和管道压浆、落模拆底模及滑膜纵移。

2. 模架的安装

模架主要由两根主桁梁和一根导梁构成，先安装导梁，再安装主桁梁，导梁可先拼装成数节，运到现场后再组拼。

3. 模板安装注意要点

- (1) 模板与钢筋安装工作应配合进行，妨碍绑扎钢筋的模板应待钢筋安装完毕后安设。
- (2) 安装侧模板时，应防止模板移位和凸出。浇筑在混凝土中的拉杆，应按拉杆拔出或不拔出的要求，采取相应的措施。
- (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。

(4) 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。**

(5) 后张法预应力梁、板，应注意预应力、自重力和汽车荷载等综合作用下所产生的上拱或下挠，应设置适当的反拱或预拱。预拱应按设计计算或按经验设置。

4. 梁体施工

模架安装后，依次安装钢筋、预应力筋及内模，浇筑梁体混凝土及张拉预应力，施工方法与满堂式支架施工相同。

5. 模架移动

模架移动程序包括：**脱模、解拆模板→主桁梁前进→导梁前进→导梁及模板就位。**

(四) 整孔吊装或分段吊装逐孔施工

1. 整孔吊装或分段吊装逐孔施工的吊装机具

吊装的机具有桁式吊、浮吊、龙门起重机、汽车吊等多种，可根据起吊物重力、桥梁所在的位置以及现有设备和掌握机具的熟练程度等因素决定。

2. 整孔吊装和分段吊装施工的注意事项

(1) 采用**分段组拼逐孔施工**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。在接头位置处可设有 $0.5 \sim 0.6\text{m}$ 现浇混凝土接缝，当混凝土达到足够强度后张拉预应力筋，完成连续。

(2) 桥的横向是否分隔，主要根据起重能力和截面形式确定。

(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。

(4) 在梁的反弯点附近设置接头，在有可能的情况下，可在临时支架上进行接头。结构各截面的恒载内力根据各施工阶段进行内力叠加计算。

一、悬臂拼装施工

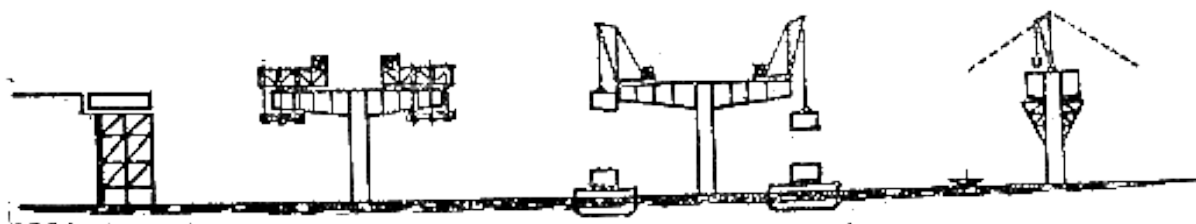


图2-8-33 悬臂施工法概貌

(一) 概述

悬臂拼装施工包括块件的预制、运输、拼装及合龙。它与悬浇施工具有相同的优点，不同之处在于悬拼以吊机将预制好的梁段逐段拼装。此外还具备以下优点：

1. 梁体的预制可与桥梁下部构造施工同时进行，平行作业缩短了建桥周期。
2. 预制梁的混凝土龄期比悬浇法的长，从而减少了悬拼成梁后混凝土的收缩和徐变。
3. 预制场或工厂化的梁段预制生产利于整体施工的质量控制。

(二) 悬拼法施工方法

1. 梁段预制方法分长线法及短线法。

2. 长线法。优点是台座固定可靠，成桥后梁体线性较好，缺点是占地较大，地基要求坚实，混凝土的浇筑和养护移动分散。

3. 短线法，梁段在固定台座能纵移的模内浇筑。待浇梁段一端设固定模架，另一端为已浇梁段（配筑梁段），浇毕达到强度后运出原配筑梁段，达到要求强度梁段为下待浇梁段配筑，如此周而复始，台座仅需3个梁段长。优点是场地较小，浇筑模板及设备基本不需要移机，可调的底、侧模便于平竖曲线梁段的预制。缺点是精度要求高，施工要求严，施工周期相对较长。

4. 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T构支座临时固结，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：1号块是紧邻0号块两侧的第一箱梁节段，也是悬拼T构的基准梁段，是全跨安装质量的关键，一般采用湿接缝连接，便于精度调整。

3. 其他梁段拼装：采用胶接缝拼装。

(四) 预制梁块悬臂拼装时应注意的要点

1. 梁段的存放场地应平整，承载力应满足要求，支垫位置应与吊点一致。

2. 预制梁块的测量要求：

- (1) 箱梁基准块出坑前必须对所有梁块进行测量，详细记录，并根据其在桥上的设计位置进行校正；
- (2) 箱梁标高控制点和挠度观测点，在箱梁顶面埋置4~6个；
- (3) 在预制梁段上标出梁号、中轴线、横轴线。

3. 预制块件的悬臂拼装可依据设备和现场条件选用。若方便在陆地上或在便桥上施工时，可采用自

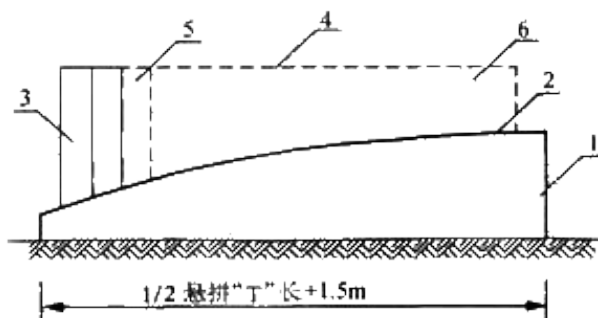


图 13-170a) 长线法台座

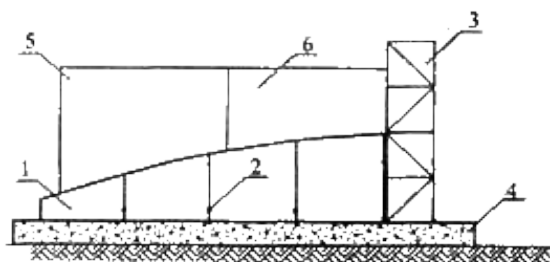


图 13-170b) 短线法台座

1-短线台座；2-可调底模；3-封闭式端模；4-基础；5-配筑梁段；6-待浇梁段

行式吊车、门式吊车进行拼装；对于水中桥跨，可采用水上浮吊进行安装；对于高墩身的桥跨，可利用各种吊机进行高空悬拼施工。

4. 桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段施工时，可采用托架或膺架为支架就地浇筑混凝土。

5. **应保证拼装的第一个梁块（基准块）的预制精度**，安装时应**对纵、横轴线、高程**进行精确定位测量，为以后的拼装创造条件。

6. 采用悬臂拼装法修建预应力悬臂梁桥时，应先将梁、墩临时锚固或在墩顶两侧设立临时支承，待全部块件安装完毕后，再撤除临时锚固或支承。

7. 采用悬臂吊机、缆索、浮吊悬拼安装时，应按施工荷载进行强度、刚度、稳定性验算，使**安全系数大于 2.0**。施工中还应注意：

(1) 块件起吊安装前，并按照设计荷载的 60%、100% 和 130% 分别进行起吊试验。

(4) 桥墩两侧块件宜对称起吊，以保证桥墩两侧平衡受力。

(5) 移动吊机时应沿箱梁纵轴线对称地向两端推进。

(6) 墩侧相邻的 1 号块件提升到设计标高初步定位后，应立即测量、调整 1 号块件的纵轴线，使之与梁顶块件纵轴线的延伸线重合，其他各个块件连接时，均应按本条规定测量调整其位置。

(7) 应在**施工前绘制主梁安装挠度变化曲线**，悬臂拼装过程中应随时观测桥轴线安装挠度曲线的变化情况，并与设计值进行对比。

8. **对于非 0 号、1 号块件的拼装，一般应在接缝上设置定位桦齿或钢定位器。**

9. 采用胶接缝拼装的块件，涂胶前应就位试拼。胶粘剂一般采用环氧树脂，使用前应经过试验，符合设计要求方可使用。

10. **湿接缝块件应待混凝土强度达到设计强度等级的 70% 以上时**（设计文件如有要求，则按设计文件要求处理，但不能低于设计强度等级的 70%），**才能张拉预应力束。**

11. 体系转换应按设计顺序进行。

二、悬臂浇筑施工法

（一）概述

适用于大跨径的预应力混凝土悬臂梁桥、连续梁桥、T 型刚构桥、连续刚构桥。其特点是无须建立落地支架，无须大型起重与运输机具，主要设备是一对能行走的挂篮。

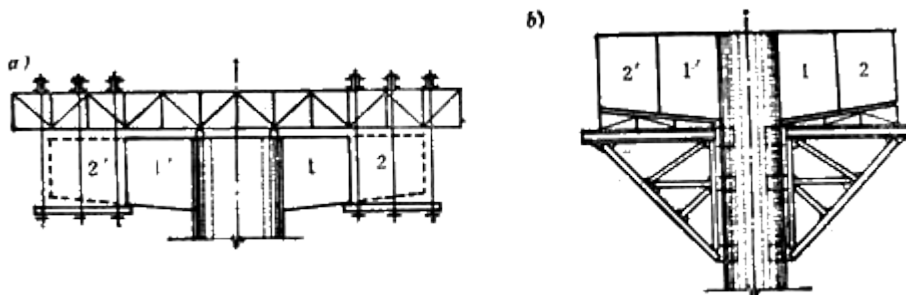


图 2-2-36 墩侧几对梁段的浇筑

（二）施工准备

1. 挂篮设计及加工：**挂篮是悬浇箱梁的主要设备**，它是沿着轨道行走的活动脚手架及模板支架。除必须满足**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**。

2. 0 号、1 号块的施工：挂篮是利用已浇筑的箱梁段作为支撑点，通过桁架等主梁系统、底模系统，人为创造一个工作平台。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**。扇形托架可用万能杆件、贝雷片或其他装配式杆件组成，托架可支撑在桥墩基础承台上或墩身上。

3. 临时固结：对于连续箱梁，梁与墩未固结在一起，施工时，两侧悬浇施工难以保持绝对平衡，必须在施工中采取临时固结措施，使梁具有抗弯能力。**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。

（四）悬臂浇筑施工中应注意要点

1. **0 号段长度一般为 5~20m，悬浇分段长度一般为 3~5m。**

2. 桥墩顶梁段及桥墩顶附近梁段施工时，可采用托架或膺架为支架就地浇筑混凝土。托架或膺架应经过设计，计算弹性及非弹性变形。

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，固结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。临时固结支承可采用如下措施：

(1) 将 0 号块梁段与桥墩钢筋或预应力筋临时固结，待解除固结时再将其切断。

- (2) 在桥墩一侧或两侧设置临时支承或支墩。
- (4) **临时支承可用硫磺水泥砂浆块、砂筒或混凝土块等卸落设备。**
5. 挂篮安装时应保证安全、稳定、可靠。
- (3) 挂篮桁架在已完成的梁段上行走时，应于后端压重稳定。
- (4) **挂篮桁架行走和浇筑混凝土时的稳定系数，均不得小于 1.50。**
- (5) 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. 桥墩两侧梁段悬臂施工进度应对称、平衡，实际不平衡偏差不得超过设计要求值。
7. 悬臂浇筑前端底板和桥面的标高，应根据挂篮前端的垂直变形及预拱度设置，施工过程中要对实际高程进行监测，如与设计值有较大出入时，应会同有关部门查明原因进行调整。
8. 安装模板后，应严格核准中心位置及标高、校正中线。
9. 安装**预应力预留管道**时，应保证管道连接紧密、管道定位准确。**定位钢筋的纵向水平间距不大于 100cm，曲线段间距不大于 50cm。**
11. 箱梁梁段混凝土浇筑，可视箱梁截面高度情况采用一次或二次浇筑法。无论采用何种方法浇筑，**梁段自重误差应在±3%范围内。**
12. 箱梁截面混凝土浇筑顺序应按设计要求进行，若设计无明确要求，一般应按下列顺序进行浇筑：
- (1) **浇筑混凝土时，必须从悬臂端开始**，两个悬臂端应对称均衡地进行浇筑
13. 为提高混凝土早期强度，以加快施工速度，在设计混凝土配合比时，一般加入早强剂或减水剂。
14. 梁段拆模后，应对梁端的混凝土表面进行**凿毛处理，以加强接头混凝土的连接**。悬浇梁段分次浇筑混凝土时，如处理不当，由于后浇筑混凝土的重力的影响会引起挂篮变形，导致先浇筑的混凝土开裂，因此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。
15. 分期浇筑混凝土时，新旧混凝土的结合面应凿毛洗净，还应严格控制相邻两次混凝土浇筑的**龄期差，一般在任何情况下不得大于 20d。**
17. 混凝土浇筑完毕后应进行养护，待**养护达到设计强度的 75%**，并经过孔道检查、修理管口弧度后，**即可进行穿束、张拉、压浆和封锚等工作。**

(五) 施工中易出现的问题及预防措施

1. 箱梁腹板出现斜向裂缝

一种是有规律地出现于与底板约呈 45° 的斜裂缝。另一种为沿预应力索管方向的斜向裂缝，往往是靠近锚头处裂缝开展较宽，逐渐变窄而至消失。

(1) 原因分析

- 出现与底板呈 45° 斜裂缝的原因极大可能是该区域的主拉应力，超过了该处的预应力索和普通钢筋的抗剪力及混凝土的抗拉强度。或混凝土拆模时间过早，混凝土尚未达到其设计抗拉强度。
- 出现沿预应力索管方向的裂缝的原因往往是由于预应力索张拉时，索管及其周边混凝土受到较集中的压应力。

(2) 预防措施

- 布置有弯起预应力筋部位，往往能有效地克服主拉应力。
- 加密普通钢筋间距以增强抗裂性。
- 在预应力束张拉集中的近锚头区域，增设钢筋网片，提高抗压能力和分散集中力。
- 混凝土未到期或强度，不能拆除模板。

2. 箱梁拆模后在腹板与底板承托部位出现空洞、蜂窝、麻面

箱梁浇筑混凝土拆模后，在底板与腹板连接处的承托部位，**部分腹板离底板 1m 高范围内出现空洞、蜂窝、麻面。**

(1) 原因分析

- 腹板混凝土浇筑时不易振实，也有漏振情况，易造成蜂窝。
- 若箱梁设置横隔板，一般会设**预留入孔**，浇筑混凝土时从预留入孔两边同时进料，易造成预留孔下部空气被封堵，形成空洞。
- 浇筑混凝土时，若气温较高；混凝土坍落度小，模板湿水不够，局部钢筋太密，振捣困难，易使混凝土出现蜂窝，不密实。
- 箱梁混凝土浇筑量较大，若供料不及时，易造成混凝土振捣困难，出现松散或冷缝。

(2) 防治措施

- 浇筑层次清楚，相互重复振捣长度应取 50cm 左右，一边下料。
- 合理组织混凝土供料。
- 当箱梁腹板较高时，模板上应预留入孔处，使得振捣棒可达到各部位。

1B413037 熟悉桥梁上部结构转体施工

一、转体施工方法概述

上部结构转体施工是跨越深谷、急流、铁路和公路等特殊条件下的有效施工方法，具有不干扰运输、不中断交通、不需要复杂的悬臂拼装设备和技术等优点，转体施工分为竖转法、平转法和平竖结合法。

平转法分为有平衡重转体施工和无平衡重转体施工两种方法，平转施工主要适用于刚构梁式桥、斜拉桥、钢筋混凝土拱桥及钢管拱桥。

竖转施工主要适用于转体重量不大的拱桥或某些桥梁预制部件（塔、斜腿、劲性骨架）。竖转施工对混凝土拱肋、刚架拱、钢管混凝土拱，当地形、施工条件适合时，可选择竖转法施工。

二、桥体预制及拼装

预制时应符合下列规定：

（一）应充分利用地形，合理布置桥体预制场地，使支架稳固，工料节省，易于施工和安装。

三、平转法施工

（一）有平衡重转体施工

有平衡重转体施工的特点是转体重量大，施工关键是转体。转体施工工艺包括脱架—转动—转盘封固—撤锚合龙。

1. 有平衡重平转施工工艺，可以采用不同的锚扣体系。箱形拱、肋拱宜采用外锚扣体系；桁架拱、刚架拱宜采用内锚扣（上弦预应力钢筋）体系；刚构梁式桥、斜拉桥为不需另设锚扣的自平衡体系。

2. 桥体混凝土达到设计规定强度或者设计强度的80%后，方可分批、分级张拉扣索。

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，误差符合要求，合龙接口允许相对偏差为±10mm。

（2）应控制合龙温度。合龙时应选择当日最低温度进行。

5. 平转转盘有双支承式转盘和单支承式转盘两种，除大桥和重心较高的桥体外，宜采用构造简单实用的中心单支承式转盘。

（二）无平衡重平转施工

无平衡重转体主要是针对大跨度拱桥施工，是把有平衡重转体施工中的拱圈扣索拉力由在两岸岩体中锚碇平衡，从而节省了庞大的平衡重。无平衡重转体施工具有锚固、转动、位控三大体系。

7. 当两岸拱体旋转至桥轴线位置就位后，两岸拱顶高程超差时，宜采用千斤顶张拉、松卸扣索的方法调整拱顶高差。

8. 当台座和拱顶合龙口混凝土达到设计强度的75%后，可按下述要求卸除扣索：

（1）按对称均衡原则，分级卸除扣索，同时应复测扣索内力、拱轴线和高程。

（2）全部扣索卸除后，再测量轴线位置和高程。

四、竖转法施工

（一）对混凝土肋拱、刚架拱、钢管混凝土拱，当地形、施工条件适合时，可选择竖转法施工。

（二）宜采用横向连接为整体的双肋为一个转动单元。

1B413038 熟悉桥梁上部结构缆索吊装施工

一、概况

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，缆索吊装由于具有跨越能力大，水平和垂直运输机动灵活，适应性广，施工比较稳妥方便等优点，在拱桥施工中被广泛采用。

二、吊装方法和要点

（二）施工中的注意要点

1. 缆索设备的检查项目及检查方法

缆索设备虽不属于永久工程，但其质量的好坏直接影响着工程的进展及工程和工程人员的安全，因此在施工中应对以下内容作严格的检查。

（2）索扣

试拉扣索是悬挂拱肋的主要设备，因此必须通过试拉来确保其可靠性。

（3）主索系统试吊

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

（7）在每孔拱肋全部合龙、横系梁或横隔板达到一定强度后，方可拆除风缆。

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，每次松索量以控制各接头标高变化不超过1cm为限。

1B413039 熟悉桥梁改建施工

一、桥梁改建设计施工要求

影响桥梁改扩建的制约因素：桥梁扩建期间不允许因桥梁的施工而中断交通，保证原结构与新建结构之间的变形协调和共同受力；桥梁扩建必须与路基、路面拼接、互通、附属设施改造同步完成：

(二) 采用改扩建后的荷载标准对原有桥梁、涵洞进行结构验算的主要结论；

(三) 为了便于新旧桥梁的拼接，扩建桥梁与相应的原桥孔径相同或相近。

(四) 考虑到公路扩建后拓宽桥梁因桥面横坡的延续**对桥下净空的影响**，对于拼宽部分上部结构为**T梁或箱梁**的情况应采取**降低通行孔上部结构建筑高度的措施**予以保证；对于拼宽部分上部结构为**板梁**的应采取**降低地方道路标高等措施**解决。

(五) 病害严重经加固又能利用但又不宜拼接或拼接难度大而技术上又较难克服的特大桥不做横向拼接方案，采用线位分离方案建新桥。

(七) 基本采用桩柱式桥墩；新旧桥台也应采用匹配一致的桥台型式。

(八) 新旧桥基础**沉降差**应控制在计算值**5mm以内**，新拓宽桥梁基础宜采用**桩基础**型式。

三、桥梁改建方案

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

(一) 新旧桥梁的上部结构与下部结构互不连接方式

桥梁加宽部分与原桥的上部结构与下部结构互不连接，新旧结构之间留工作缝，桥面沥青混凝土铺装层采用连续铺装。

在具体构造方面，主要采用两种处理形式：**一种是用纵向伸缩装置连接；另一种形式是在新旧结构间留一条纵缝，或用钢板包边**，需要采用刚性路面，可以解决啃边问题，但不能解决新旧桥挠度差的问题，且高速行驶时容易打滑，降低了行车的安全性。这种连接方式一般要求桥梁结构**跨径较小，相对挠度差较小**，否则桥面容易开裂。

(二) 新、旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接方式

下部构造需采用植筋连接技术，工程成本高。因此该连接方案有一定的适用条件，需要采用相应技术措施。采取的技术措施有：

1. 加强新拓宽桥梁基础，**减少**新、旧桥梁基础的**不均匀沉降差**。

2. 为尽量减小新、旧桥梁的基础沉降差及尽量缩短施工工期，控制新拓宽桥梁预制梁（板）的安装龄期，先施工拓宽部分桥梁的基础，墩（台）身及台帽（盖梁）并安装部分预制梁（板），在封闭高速公路的交通后再进行下部结构拼接。

3. **新拓宽桥梁的梁（板）安装至桥上后宜放置一段时间，再与旧桥上部结构拼接。**

(三) 新、旧桥梁的上部结构连接而下部结构分离方式

与新旧桥梁上、下部结构采用相互连接方式相比，可以减少混凝土结构连接施工工程量，加快进度，与新旧桥梁上、下部结构采用互不连接方式相比，也**可以提高公路桥梁工程的适用性和耐久性**要求。

原桥采用扩大基础时要注意新旧基础间的协调性，必要时对原有基础进行加固。另外针对上部结构自身产生的较大附加内力，可通过连接部位增大配筋并改善连接构造形式来解决。

三、新旧桥梁上部结构拼接的构造要求

刚性连接和铰接连接是**新旧桥梁上部结构拼接的两种连接方式**。根据桥梁上部结构不同类型一般采用以下的拼接连接方式：

(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。

1B413040 大跨径桥梁施工

1B413041 熟悉刚构桥的施工特点

一、平衡悬臂施工

平衡悬臂施工可分为：悬臂浇筑法与悬臂拼装法施工

二、悬臂梁起步段施工

为拼装挂篮或吊机，需在墩柱两侧先采用支撑托架浇筑一定长度的梁段。

三、箱梁混凝土的浇筑（悬臂浇筑）

可视箱梁截面高度情况采用一次或两次浇筑法。

浇筑肋板混凝土时，两侧肋板应同时分层进行。浇筑顶板及翼板混凝土时，应从外侧向内侧一次完成，以防发生裂缝。

当箱梁截面较大（或靠近悬臂根部梁段），节段混凝土数量较多，每个节段可分两次浇筑，先浇底板到肋板的倒角以上，再浇筑肋板上段和顶板，其接缝按施工缝要求处理。

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胶为接缝料。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。

1B413042 熟悉拱桥的施工特点

一、劲性骨架浇筑拱圈

劲性骨架混凝土拱桥的外包拱圈以钢管混凝土劲性骨架为依托，利用吊挂模板浇筑，并按照横向分块、纵向分环和分段的原则外包混凝土。这种施工方法的关键是：

- (一) 大跨度大吨位缆索吊机的设计、安装及操作；
- (二) 长距离、大落差的混凝土两级泵送和压注工艺；
- (三) 拱圈混凝土浇筑的“多点平衡法”浇筑程序设计；
- (四) 劲性骨架安装及拱圈施工过程中的拱轴线控制；
- (五) 浇筑拱圈外包混凝土期间的结构强度和稳定性分析。

二、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（以下均称箱形拱）的少支架或无支架施工。

(一) 无支架安装拱圈

2. 拱肋吊装时，除拱顶段以外，各段应设一组扣索悬挂。

(二) 转体施工安装方法

1. 平转施工主要适用于刚构梁式桥、斜拉桥、钢筋混凝土拱桥及钢管拱桥。竖转施工主要适用于转体重量不大的拱桥或某些桥梁预制部件（塔、斜腿、劲性骨架）。

2. 竖转施工对混凝土拱肋、刚架拱、钢管混凝土拱，当地形、施工条件适合时，可选择竖转法施工。

(三) 缆索吊装施工

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，**缆索吊装由于具有跨越能力大，水平和垂直运输机动灵活，适应性广，施工比较稳妥方便等优点，在拱桥施工中被广泛采用。**

(四) 钢管拱肋（桁架）施工

1. 钢管拱肋（桁架）安装

(1) 安装方法

钢管混凝土拱肋施工中最重要的工序之一就是拱肋安装。

(2) 拱圈形成

采用斜拉扣索悬臂拼法施工时，扣索与钢管拱肋的连接件应进行设计计算。**扣索**根据扣力计算采用多根钢绞线或高强钢丝束，其**安全系数应大于2**。

2. 钢管内混凝土浇筑

(1) 浇筑方法与工艺流程

一般采用**自拱脚一次对称浇（压）筑至拱顶**的方案。

(2) 管内混凝土质量要求：

管内混凝土不能与管壁分离；

管内混凝土的配料强度比设计强度高10%~15%；

新灌入钢管的混凝土，3d内承载量不宜高于30%设计强度；7d承载量不宜高于80%设计强度；

钢管混凝土的质量检测办法应以超声波检测为主，人工敲击为辅。

1B413043 熟悉斜拉桥的施工特点

斜拉桥由梁、塔、索三种基本构件组成桥梁结构体系。

一、索塔

(一) 索塔施工方法及主要设备

1. **索塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔宜用劲性骨架挂模提升法。**索塔现浇施工主要采用翻模、滑模、爬模施工方法；

(二) 索塔施工要点

1. **索塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔宜用劲性骨架挂模提升法。**

5. 斜塔柱施工时，必须对各施工阶段塔柱的强度和变形进行计算，应分高度设置横梁，使其线形、应力、倾斜度满足设计要求并保证施工安全。

(三) 索塔的施工测量 1. 建立平面控制网； 2. 塔底高程测定； 3. 塔柱基础沉降观测；

二、混凝土主梁

(一) 主梁的特点及施工方法

主梁施工方法与梁式桥基本相同，大体分四种：

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

1. 一般要求：

(2) 施工监控测试的主要内容：

- 变形：主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移；
- 应力：拉索索力、支座力以及梁塔应力在施工过程中的变化；
- 温度：温度场及指定测量时间塔、梁、索的变化。

2. 混凝土主梁施工：

(1) 主梁零号段及其两旁的梁段，在支架和塔下托架上浇筑时，应**消除温度、弹性和非弹性变形及支承等因素对变形和施工质量不良影响**。

(2) 采用挂篮悬臂浇筑主梁时，除应符合梁桥挂篮施工的有关规定外，还应按下列规定执行：

• 挂篮的悬臂梁及挂篮全部构件制作后均应进行检验和试拼，合格后再于现场整体组装检验，并按设计荷载及技术要求进行预压。

(3) 为防止合龙梁段施工出现的裂缝, 应采用以下方法改善受力状况:
(4) 主梁采用悬拼时, 除应遵守连续梁及斜拉桥主梁悬浇的有关规定外, 还应按下列规定施工:
• 预制梁段, 如设计无规定, 宜选用长台座(可分段设置), 亦可采用多段的联线台座, 每联宜多于5段, 先预制顺序中的1、3、5段, 脱模后再在其间浇2、4段, 使各端面啮合密贴, 端面不应随意修补。

• 应在底模上调整主梁分段形体所受竖曲线的影响。**拼装中多段积累的超误差, 可用湿接缝调整。**
• **梁段拼合前应试拼**, 以便及时调整。

(4) 湿接缝拼合面应进行表面凿毛和清扫, 干接缝应保持结合面清洁, 粘合料应涂刷均匀。

(5) 采用垫片调整梁段拼装线形时, 每次垫片调整的高程不应大于20mm。

三、拉索施工

(二) 索体制作、防护与安装

1. 斜拉索制作

2. 斜拉索防护

3. 斜拉索的安装

(1) **放索及索的移动**

施工过程中必须采取措施予以保护, **主要方法有滚筒法、移动平车法、导索法和垫层法等。**

(2) 斜拉索的安装

对于两端均为张拉端的斜拉索, 可选用其中适宜的方法。梁部斜拉索的安装有吊点法和拉杆接长法, 步骤与塔部安装相同。

(三) 拉索施工要点

2. 拉索的安装与张拉:

(5) 斜拉桥拉索的张拉应按下列各项执行:

索塔顺桥向两侧的拉索(组)和桥横向对称的拉索(组)必须对称同步张拉; 同步张拉的不同步索力的相差值不得超出设计规定; 两侧不对称的或设计拉力不同的拉索, 应按设计规定的索力分级同步张拉。

例题. 斜拉桥主塔的受力性质主要是()。2010

A. 承压 B. 受扭 C. 受拉 D. 受剪

【答疑编号 502077103501】 【正确答案】 A

【答案解析】斜拉桥是由承压的塔、受拉的索与承弯的梁体组合起来的一种结构体系。

1B413044 了解悬索桥的施工特点

一、悬索桥分类及施工内容

(一) 悬索桥分类

大跨径悬索桥的结构形式**按吊索和加劲梁的形式可分为**以下几种形式:

1. 竖直吊索, 钢桁架作加劲梁;

2. 三角形布置的斜吊索, 以扁平流线形钢箱梁作加劲梁;

3. 竖直吊索和斜吊索的混合型, 流线形钢箱梁作加劲梁;

4. 除了具有一般悬索桥的缆索体系外, 还设有若干加强用的斜拉索。

按照加劲梁的支承结构不同悬索桥可分为单跨两铰加劲梁、三跨两铰加劲梁和三跨连续加劲梁悬索桥。

(二) 悬索桥的施工内容

悬索桥的施工主要分四部分:

1. 锚碇施工; 2. 主塔和索鞍施工; 3. 加劲梁施工; 4. 主缆施工。

二、锚碇施工

(二) 主缆锚固体系

根据主缆在锚块中的锚固位置不同主缆锚固体系可分为后墙式和前墙式。前墙式的索股锚头在锚块前锚固, 通过锚固系统将缆力作用到锚体; 后墙式是将索股直接穿过锚块锚固于锚块后面, **前墙式由于具有主缆锚固容易、检修保养方便等优点而广泛运用于大跨径悬索桥中。**

2. 预应力锚固系统

锚固系统的加工件必须进行**超声波**和**磁粉探伤**检查。

(三) 锚碇体施工

水化热的控制是锚碇混凝土施工的关键。

锚碇大体积混凝土施工需采取下列措施进行温度控制, 防止混凝土开裂:

1. 采用低水化热品种的水泥。

2. 降低水泥用量、减少水化热, 掺入质量符合要求的粉煤灰和缓凝型外掺剂。

3. 降低混凝土入仓温度。

4. 在混凝土结构中布置冷却水管, 混凝土终凝后开始通水冷却降温。水温与混凝土内部温差不大于20℃。

5. 大体积混凝土应采用分层施工, 每层厚度可为1~1.5m。

6. 混凝土浇筑完后应按照规定覆盖并洒水进行养护。

(五) 散索鞍安装

1. 底座板定位

底座板通过在散索鞍混凝土基础中精确预埋螺栓而固定在基础上, 调整好板面标高与位置, 在底板和四周浇筑高强度膨胀混凝土。

三、索塔施工

索塔按材料分有钢塔和钢筋混凝土塔, **钢筋混凝土索塔一般为门式刚架结构, 钢塔主要有桁架式、刚架式和混合式等结构形式。**

(一) 混凝土塔身施工

混凝土塔柱施工工艺与斜拉桥塔身基本相同，施工用的模板工艺主要有**滑模、爬模和翻模**等类型。

(二) 主索鞍施工

选择在白天晴朗时连续完成工作。

2. 主索鞍施工要点：

(1) 吊装及所有吊具均要经过验算，符合起重要求；

(2) 吊装过程必须设专人指挥，中途要防止扭转、摆动和碰撞；

(3) 所有构件接触面销孔系精加工表面，必须清理干净，不得留有砂粒、纸屑等，并且在四周两层接缝处涂以黄油，以防水气侵入锈蚀构件。

四、主缆施工

其主要施工程序如下：

一) 牵引系统

牵引系统的架设以简单经济，并尽量少占用航道为原则。

(二) 猫道

猫道是供主缆架设、紧缆、索夹安装、吊索安装以及主缆防护用的空中作业脚手架。**猫道的主要承重结构为猫道承重索**，一般按三跨分离式设置，边跨的两端分别锚于锚碇与索塔的锚固位置上，中跨两端分别锚于两索塔的锚固位置上。

猫道承重索可采用钢丝绳或钢绞线，采用钢丝绳时须进行预张拉消除其非弹性变形，预张拉荷载不得小于各索破断荷载的 $1/2$ ，保持60min，并进行两次。

猫道架设时总的原则：

做到对称施工，边跨与中跨作业平衡，减少对塔的变位的影响。

主缆防护工程完成以后，可进行猫道拆除工作，拆除时严禁伤及吊索、主索和桥面。

(三) 主缆架设

锚碇和索塔工程完成、主索鞍和散索鞍安装就位、牵引系统架设完成后，即可进行主缆架设施工，**主缆架设方法主要有空中纺丝法(AS法)和预制平行索股法(PPWS法)。中国和日本等亚洲国家主要采用PPWS法。**

(四) 紧缆

正式紧缆宜用专用的紧缆机把主缆整成圆形。其作业可以在白天进行，正式**紧缆宜向塔柱方向进行。**

(五) 索夹安装与吊索架设

索夹在运输和安装过程中应注意保护，防止碰伤及损坏表面。

吊索运输、安装过程中应保证吊索不受损伤，安装时须采取措施防止吊索扭转。

113413045 了解桥梁施工监控

一、桥梁监测

监测系统对以下几个方面进行监控：桥梁结构在正常环境与交通条件下运营的物理与力学状态；桥梁重要非结构构件（如支座）和附属设施（如振动控制元件）的工作状态；结构构件耐久性；桥梁所处环境条件等。

(一) 监测范围 1. 敏感部位监测。 2. 总体监测

(二) 监测方式 1. 人工监测； 2. 自动监测；

3. 联合监测：考虑到前两种方法的实际情况，用各种小型的自动化程度较高的仪器，配合人工监测，是一个比较可行的方案。

(三) 监测的状态

1. 静态：**静态监测**比较困难，**一般都是加载检测**。但是静态参数比较直观地反映了桥梁的工作状态。

2. 动态：**动态监测适于运营监测**。

(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。如风速(向)、空气(或桥体)温度、地震、交通量(和荷载)。

2. 桥梁监测系统与手段

桥梁监测系统由传感器、信号调理模块、传输模块、数据采集系统、健康监测模型、预警模块等组成。

二、桥梁施工控制

(一) 桥梁施工控制方法

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

4. 最大宽容度控制法是误差的容许值法，即在设计时给予主梁标高和内力最大的宽容度，这种做法减少了控制的难度。

(二) 各种桥梁的施工控制特点

施工控制最基本的要求是保证施工中的安全和结构恒载内力及结构线形符合设计要求。

1. **斜拉桥施工时**，在主梁悬臂浇筑或悬臂拼装过程中，确保主梁线形和顺、正确是第一位的，施工中**以标高控制为主**。

2. **悬索桥的主要承重结构是主索**，主索在施工中又是悬索桥吊装的主要承重结构，主索一经架好，它的长度和线形调整甚小，为了**确保悬索内力和线形符合设计要求**。

3. **大跨度混凝土拱桥**同样按安全、线形和恒载内力的要求进行施工控制。

4. **预应力混凝土连续梁或连续刚构**相对斜拉桥而言，没有斜拉索，其**施工控制与斜拉桥主梁相同**。

凡是以悬臂浇筑或悬臂拼装施工的桥梁，都是逐节段向前推进的，**施工控制中常采用逐节段跟踪控制的方法**。