

1B411020 公路路基防护与支挡

1B411021 防护工程类型和适用条件

1.坡面防护

(1) 植物防护：种草、铺草皮、客土喷播、植生袋、三维植物网、植树等。

(2) 骨架植物防护：浆砌片石（或混凝土）骨架植草、水泥混凝土空心块护坡、锚杆混凝土框架植草。



(3) 圬工防护：喷浆、喷射混凝土、干砌片石护坡、浆砌片（卵）石护坡、浆砌片石护面墙、锚杆钢丝网喷浆或喷射混凝土护坡、封面、捶面。

(4) 土工织物防护。



2.沿河路基防护

(1) 直接防护：植物、砌石、石笼、浸水挡土墙等。

(2) 间接防护：丁坝、顺坝等导流构造物以及改移河道。



二、常用防护工程施工技术要点

1.水泥混凝土骨架防护施工应符合下列规定：

- (2) 混凝土浇筑应从护脚开始，由下而上进行浇筑。浇筑过程中采用插入式振捣器振捣。
- (4) 混凝土浇筑完成后应及时养护。养护时间宜不少于 14d。



2.坡面喷射混凝土防护施工应符合下列规定：

- (2) 作业前应进行试喷，选择合适的水胶比和喷射压力。
- (4) 混凝土喷射每层应自下而上进行。当混凝土厚度大于 100mm 时，宜分两次喷射。
- (6) 喷射混凝土面层应在长度方向上每 30m 设伸缩缝，缝宽 10~20mm。



3.浆砌片石护坡施工应符合下列规定：

(2) 片石砌体应分层砌筑，2~3 层组成的工作面宜找平。

(4) 每 10~15m 应设置一道伸缩缝，缝宽宜为 20~30mm。

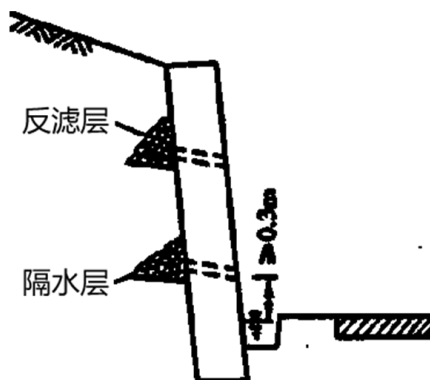


(6) 泄水孔的位置和反滤层的设置应符合下列规定：

②泄水孔间距宜为 2~3m，干旱地区可适当加大，渗水量大时应适当加密。上下排泄水孔应交错布置，左右排泄水孔应避开伸缩缝与沉降缝，与相邻伸缩缝间距宜不小于 500mm。

③泄水孔应向外倾斜，最下一排泄水孔出口应高出地面或边沟、排水沟及积水地区的常水位 0.3m。

④最下面一排泄水孔进水口周围 500mm×500mm 范围内应设置具有反滤作用的粗粒料，反滤层底部应设置厚度不小于 300mm 的黏土隔水层。



【2019 一建单选】不属于间接防护的是（ ）。

- A . 顺坝
- B . 石笼
- C . 丁坝
- D . 改移河道

【答案】B

1B411022 支挡工程的类型和功能

一、路基支挡工程的类型与功能

1.坡面防护加固

2.边坡支挡：包括路基边坡支挡和堤岸支挡。

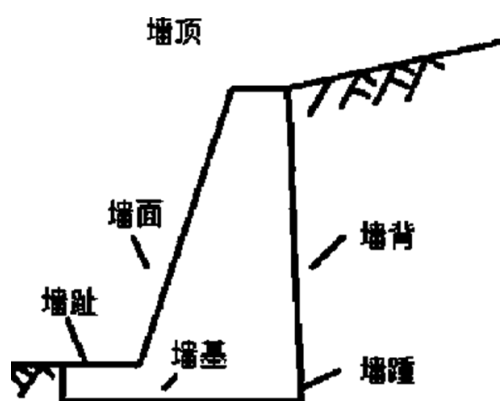
（1）路基边坡支挡：护肩墙、护坡、护面墙、护脚墙、挡土墙。

（2）堤岸支挡：驳岸、浸水墙、石笼、抛石、护坡、支垛护脚。

3.湿弱地基加固：碾压密实、排水固结、挤密、化学固结、换填土。

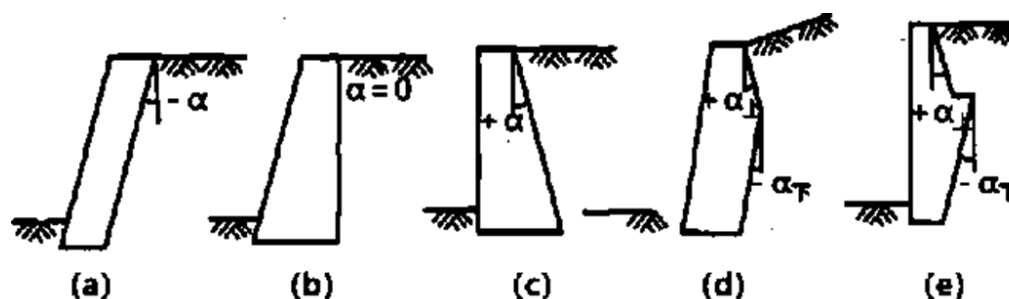
二、常用路基挡土墙工程施工技术

1.重力式挡土墙工程施工技术



重力式挡土墙依靠圬工墙体的自重抵抗墙后土体的侧向推力(土压力),以维持土体的稳定,是我国目前最常用的一种挡土墙形式,多用浆砌片(块)石砌筑。缺乏石料地区,有时可用混凝土预制块作为砌体,也可直接用混凝土浇筑,一般不配钢筋或只在局部范围配置少量钢筋。这种挡土墙形式简单、施工方便,可就地取材、适应性强,因而应用广泛。

重力式挡土墙墙背形式可分为仰斜、俯斜、垂直、凸形折线(凸折式)和衡重式五种。



重力式挡土墙的断面形式

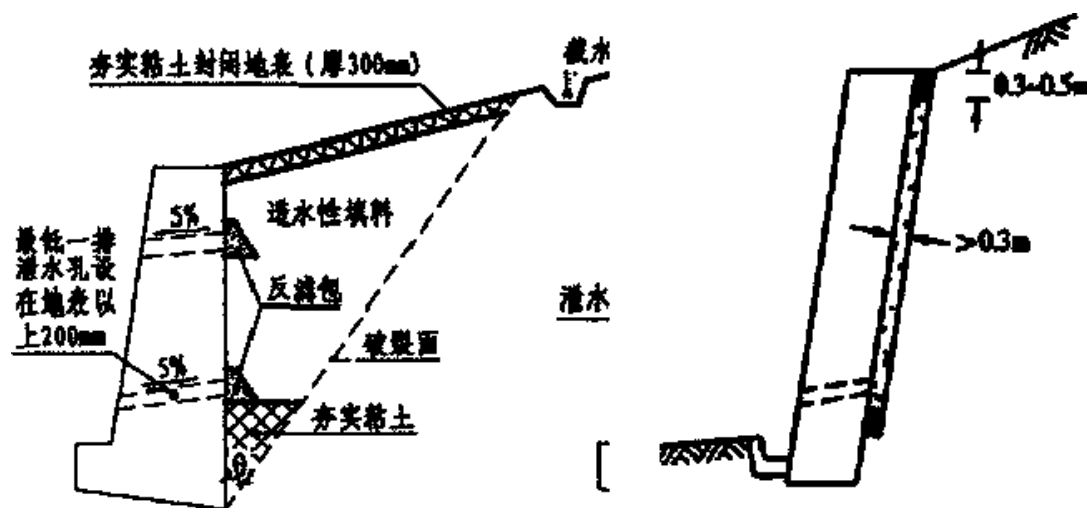
(a) 仰斜式; (b) 垂直式; (c) 俯斜式; (d) 凸形折线式; (e) 衡重式

2) 施工要求

(1) 基坑开挖：分段跳槽。

(7) 挡土墙混凝土或砂浆强度达到设计强度的 75%时,应及时进行墙背回填。距墙背 0.5~1.0m 内,不得使用重型振动压路机碾压。

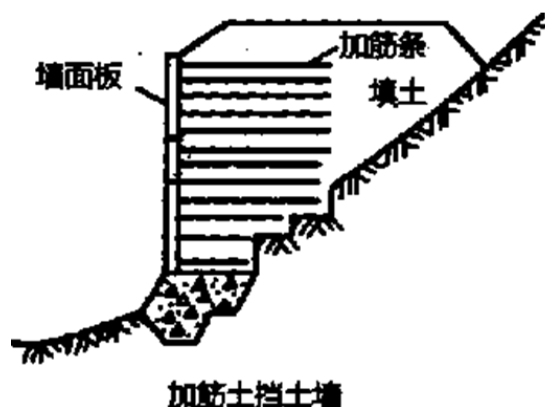
(8) 墙背填料：①宜采用砂性土、卵石土、砾石土或块石土等透水性好、抗剪强度高的材料。②采用黏质土作为填料时,应在墙背设置厚度不小于 300mm 的砂砾或其他透水性材料排水层。排水层顶部应采用黏质土层封闭,土层厚度宜不小于 500mm。



③填料中不得含有机物、冰块、草皮、树根及生活垃圾。不得使用腐殖土、盐渍土、淤泥、白垩土、硅藻土、生活垃圾及有机物等作为墙背填料。

2.加筋土挡土墙工程施工技术

加筋土挡土墙是在土中加入拉筋,利用拉筋与土之间的摩擦作用,改善土体的变形条件和提高土体的工程特性,从而达到稳定土体的目的。



加筋土挡土墙由填料、在填料中布置的拉筋以及墙面板三部分组成。

一般应用于地形较为平坦且宽敞的填方路段上,在挖方路段或地形陡峭的山坡,由于不利于布置拉筋,一般不宜使用。

加筋土挡土墙的拉筋应按设计采用抗拉强度高、延伸率和蠕变小、抗老化、耐腐蚀和化学稳定性好的材料,表面应有足够的粗糙度。(聚丙烯土工带)



工序：基槽（坑）开挖、地基处理、排水设施、基础浇（砌）筑、构件预制与安装、筋带铺设、填料填筑与压实、墙顶封闭等，其中现场墙面板拼装、筋带铺设、填料填筑与压实等工序是交叉进行的。

加筋土挡土墙墙身施工应符合下列规定：

（5）填料摊铺、碾压应从拉筋中部开始平行于墙面进行，不得平行于拉筋方向碾压。应先向拉筋尾部逐步摊铺、压实，然后再向墙面方向进行。



（6）路基施工分层厚度及每层碾压遍数，应根据拉筋间距、碾压机具和密实度要求，通过试验确定，不得使用羊足碾碾压。靠近墙面板 1m 范围内，应使用小型机具夯实或人工夯实，不得使用重型压实机械压实。严禁车辆在未经压实的填料上行驶。



3.锚杆挡土墙工程施工技术

锚杆一端与工程结构物连接，另一端通过钻孔、插入锚杆、灌浆、养护等工序锚固在稳定的地层中，以承受土压力对结构物所施加的推力，从而利用锚杆与地层间的锚固力来维持结构物的稳定。



锚杆挡土墙的优点是结构重量轻，节约大量的圬工和节省工程投资。

缺点是施工工艺要求较高，要有钻孔、灌浆等配套的专用机械设备，且要耗用一定的钢材。

锚杆挡土墙适用于缺乏石料的地区和挖基困难的地段，一般用于岩质路堑路段。

按墙面的结构形式可分为柱板式锚杆挡土墙和壁板式锚杆挡土墙。

(1) 柱板式锚杆挡土墙是由挡土板、肋柱和锚杆组成。(2020 II) 传力过程：土压力—挡土板——肋柱——锚杆——周围地层

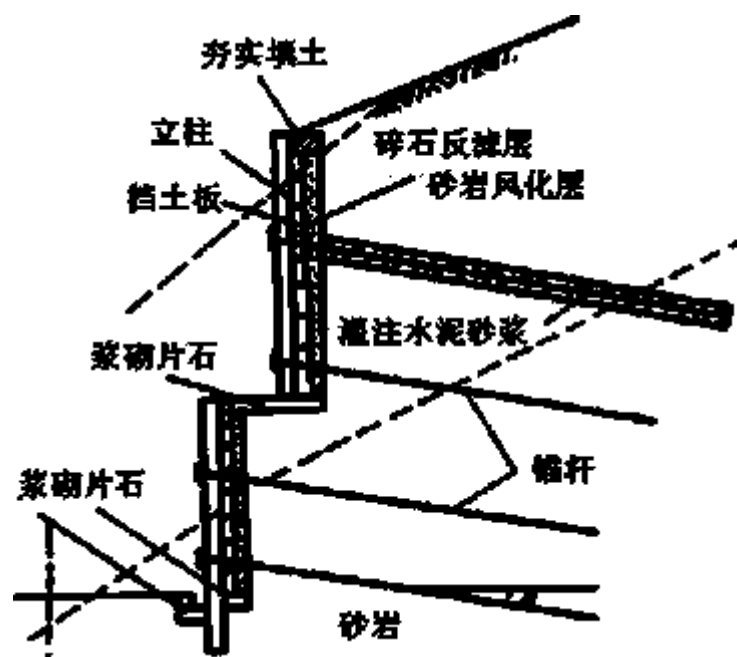


(2) 壁板式锚杆挡土墙是由墙面板（壁面板）和锚杆组成。传力过程：土压力——墙面板——锚杆——周围地层



3) 锚杆挡土墙施工

锚杆挡土墙施工工序主要有基坑开挖、基础浇（砌）筑、锚杆制作、钻孔、锚杆安放与注浆锚固、肋柱和挡土板预制、肋柱安装、挡土板安装、墙后填料填筑与压实等。



4.抗滑桩

1) 抗滑桩施工前，应采取卸载、反压、排水等措施使滑坡体保持基本稳定，严禁在滑坡急剧变形阶段进行抗滑桩施工。



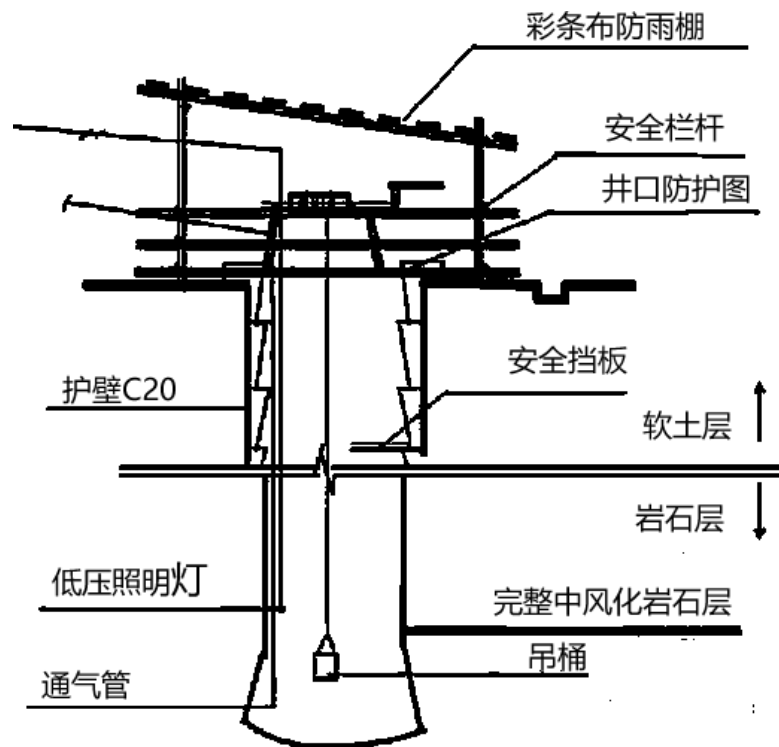
2) 开挖及支护应符合下列规定：

(1) 相邻桩不得同时开挖。开挖桩群应从两端沿滑坡主轴间隔开挖，桩身强度达到设计强度的 75%后方可开挖邻桩。

(2) 开挖应分节进行。分节不宜过长，每节宜为 0.5~1.0m。不得在土石层变化处和滑动面处分节。

(3) 应开挖一节、支护一节。围岩松软、破碎、有水时，护壁宜设泄水孔。

(4) 开挖应在上一节护壁混凝土终凝后进行，护壁混凝土模板支撑应在混凝土强度达到能保持护壁结构不变形后方可拆除。



6) 桩板式抗滑挡土墙施工应符合下列规定：

(1) 挡土板应在桩身混凝土达到设计强度后安装。挡土板应边安装边回填。



(2) 桩间采用土钉墙或喷锚支护时，桩间土体应分层开挖、分层加固。

7) 施工过程中应对地下水位、滑坡体位移和变形进行监测。

口诀：水变味



1B411030 公路工程施工综合排水

1B411031 路基地下水排水设置与施工要求

1B411032 路基地面水排水设置与施工要求

1B411030 公路工程施工综合排水

1B411031 路基地下水排水设置与施工要求

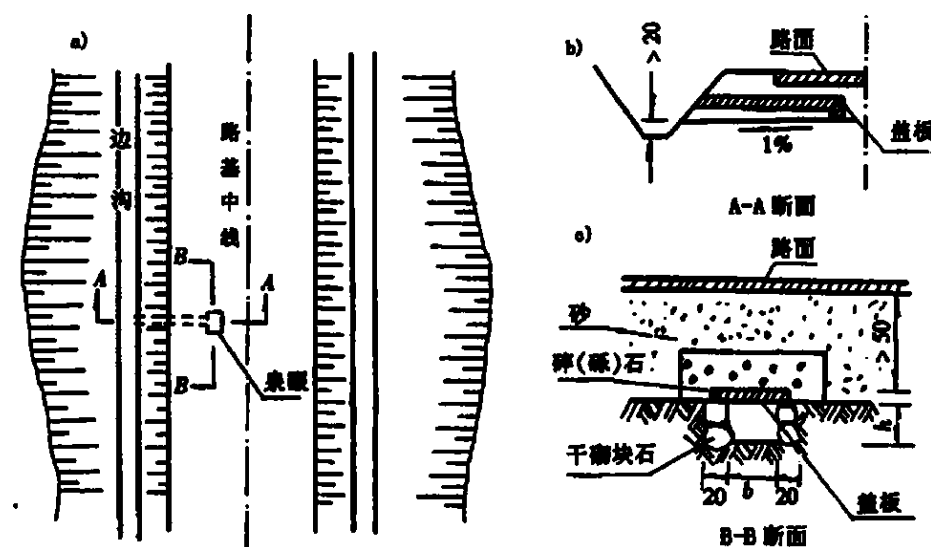
路基地下水排水设施有暗沟（管）、渗沟、渗井、仰斜式排水孔等设施。其作用是将路基范

围内的地下水位降低或拦截地下水并将其排除至路基范围以外。

一、暗沟、暗管

1.设置

路基基底范围有泉水外涌时，宜设置暗沟（管）将水引排至路堤坡脚外或路堑边沟内。



2.施工要求

(1) 沟底应埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底 200mm 以上。进口应采取截水措施。

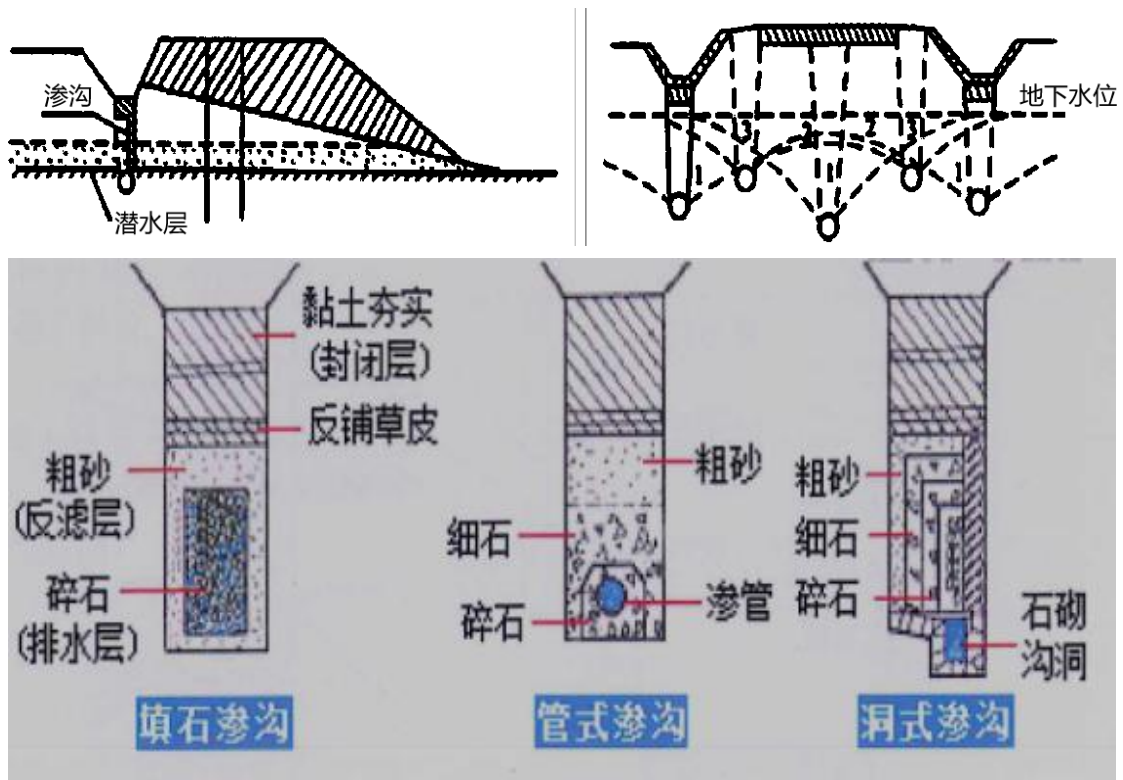
(5) 暗沟采用混凝土或浆砌片石砌筑时，在沟壁与含水层接触面应设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔，沟壁外侧应填筑粗粒透水性材料或土工合成材料形成反滤层。沿沟槽底每隔 10~15m 或在软、硬岩层分界处应设置沉降缝和伸缩缝。

(6) 暗沟顶面应设置混凝土盖板或石料盖板，板顶上填土厚度应不小于 500mm。

二、渗沟

1.设置

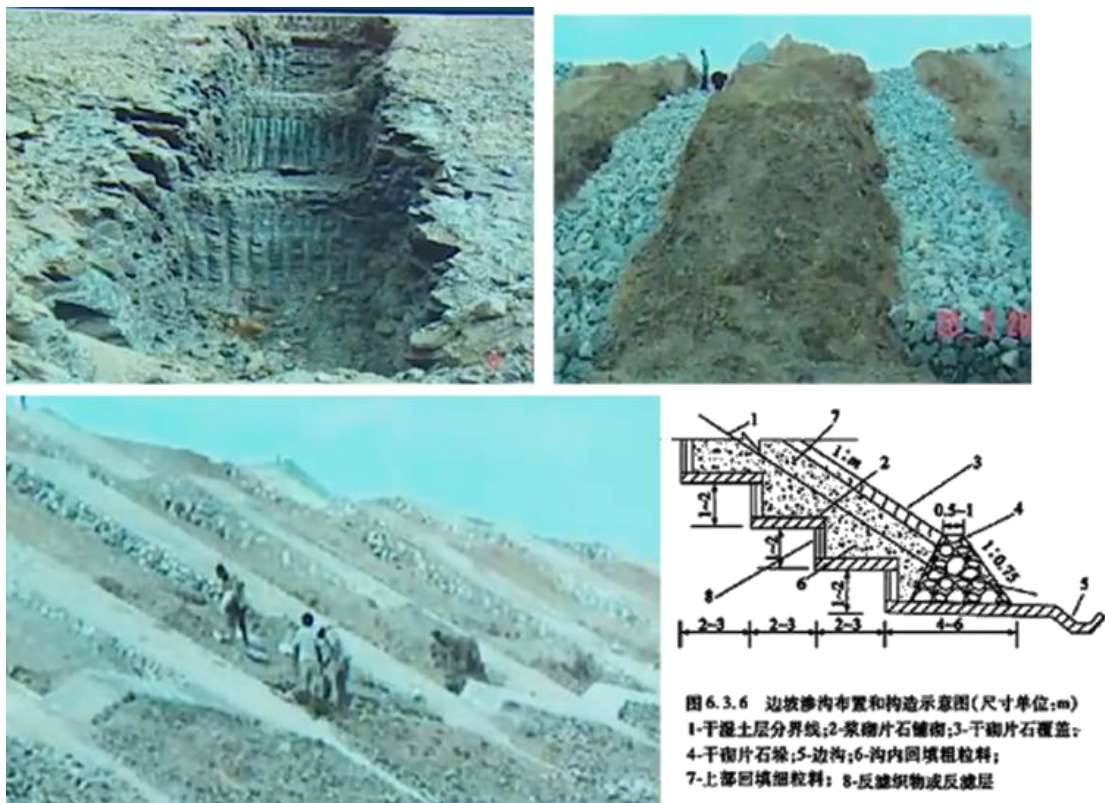
为降低地下水位或拦截地下水，可在地面以下设置渗沟。渗沟有填石渗沟、管式渗沟、洞式渗沟、边坡渗沟、支撑渗沟等。



管式渗沟适用于地下水引水较长、流量较大的地区。

洞式渗沟适用于地下水流量较大的地段，洞壁宜采用浆砌片石砌筑，洞顶应用盖板覆盖，盖板之间应留有空隙，使地下水流入洞内，洞式渗沟的高度要求同管式渗沟。

边坡渗沟用于疏干潮湿边坡和引排边坡上局部出露的上层滞水或泉水，并起支撑边坡作用。



支撑渗沟是指路堑边坡有滑动可能,在坡脚砌筑一个渗沟,此渗沟起排水和支撑坡体的作用。

支撑渗沟的基底埋入滑动面以下宜不小于 500mm,渗沟侧壁及顶面宜设反滤层。

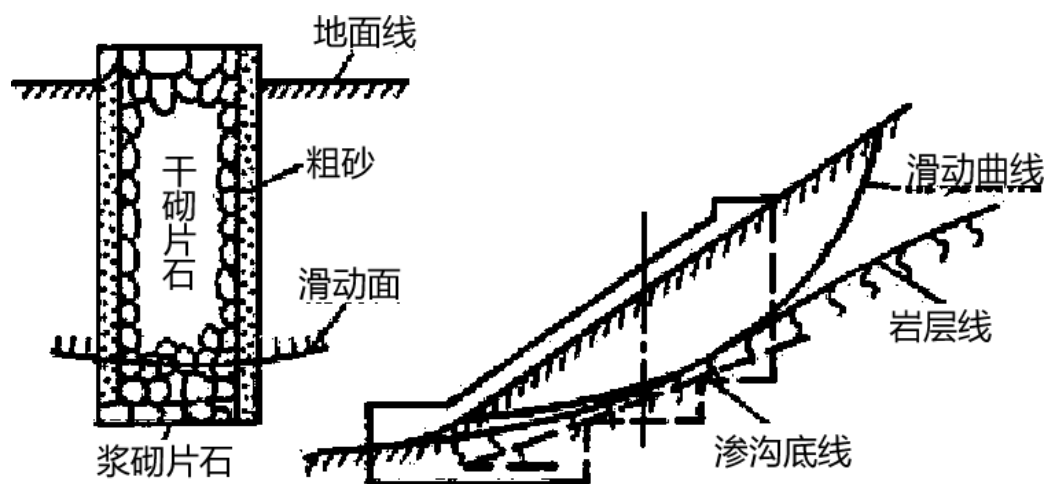


图9 支撑渗沟

2.施工要求

(1) 渗沟应设置排水层、反滤层和封闭层。

(2) 渗水材料应采用洁净的砂砾、粗砂、碎石、片石,其中粒径小于 2mm 的颗粒含量不

得大于 5%。渗沟沟壁反滤层应采用透水土工织物或中粗砂,渗水管可选用带孔的 HPPE 管、PVC 管、PE 管、软式透水管、无砂混凝土管等。

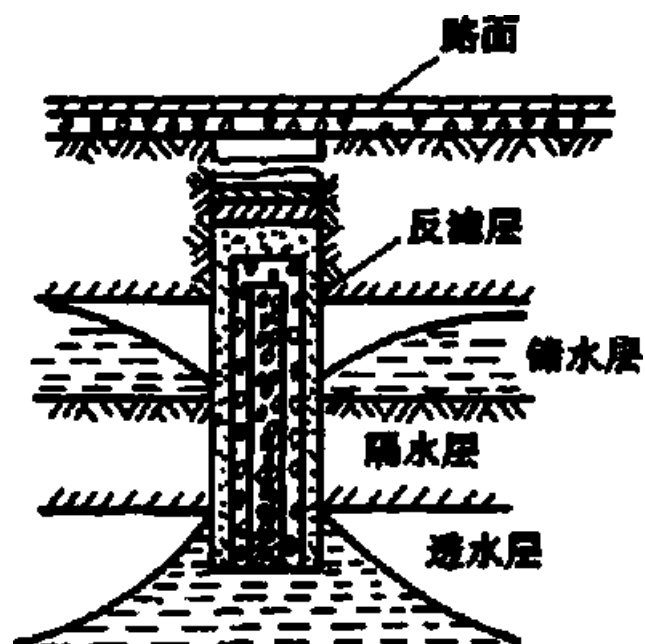
(3) 渗沟宜从下游向上游分段开挖,开挖作业面应根据土质选用合理的支撑形式,并应边挖边支撑,渗水材料应及时回填。

(5) 渗沟基底应埋入不透水层内不小于 0.5m,沟壁的一侧应设反滤层汇集水流,另一侧用黏土夯实或用浆砌片石拦截水流。渗沟沟底不能埋入不透水层时,两侧沟壁均应设置反滤层。

三、渗井

1.设置

渗井宜用于地下含水层较多,但路基水量不大,且渗沟难以布置的地段,将地面水或地下水经渗井通过下透水层中的钻孔流入下层透水层中排除。



四、仰斜式排水孔

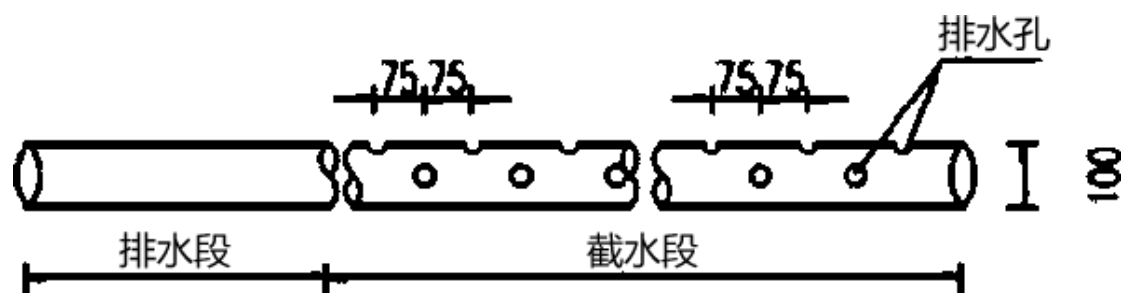
1.设置

当坡面有集中地下水时,可设置仰斜式排水孔。仰斜式排水孔排出的水宜引入路堑边沟排除。

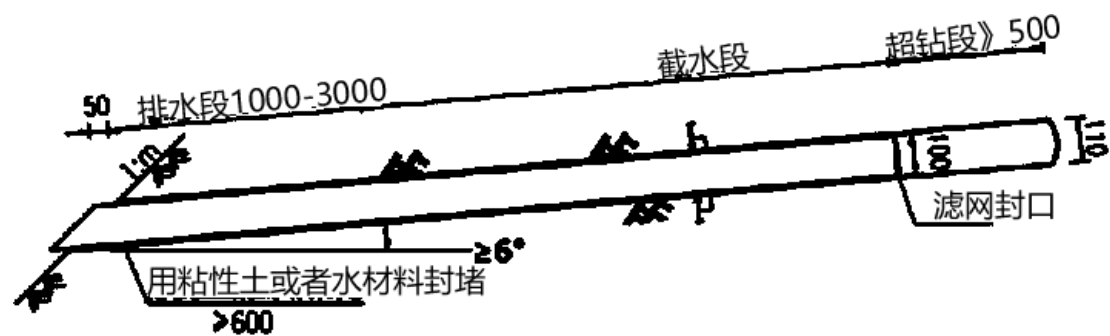


2.施工要求

(2) 排水管直径宜为 50~100mm (成孔直径 75~150mm), 渗水孔宜梅花形排列, 渗水段及渗水管端头宜裹 1~2 层透水无纺土工布。



(3) 排水管安装就位后, 应采用不透水材料堵塞钻孔与渗水管出水口段之间的间隙, 长度宜不小于 600mm。



排水管孔位布置示意图 1: 20

1B411032 路基地面水排水设置与施工要求

路基地面排水可采用边沟、截水沟（截水沟先行施工）、排水沟、跌水与急流槽、拦水带、蒸发池等设施。其作用是将可能停滞在路基范围内的地面水迅速排除，防止路基范围内的地面水流入路基内。



一、边沟

1.设置

挖方地段和填土高度小于边沟深度的填方地段均应设置边沟。路堤靠山一侧的坡脚应设置不渗水的边沟。

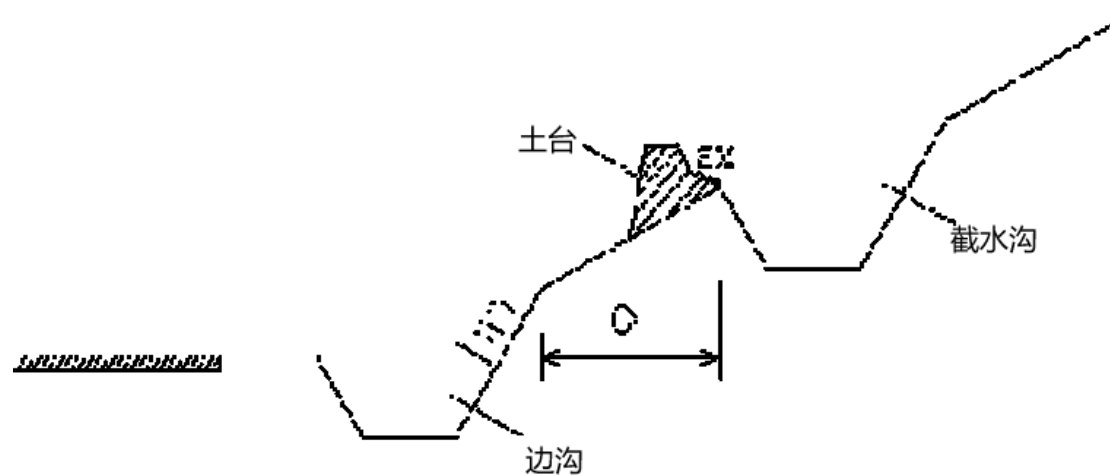


为了防止边沟漫溢或冲刷，在平原区和重丘山岭区，边沟应分段设置出水口，多雨地区梯形边沟每段长度不宜超过 300m，三角形边沟不宜超过 200m。

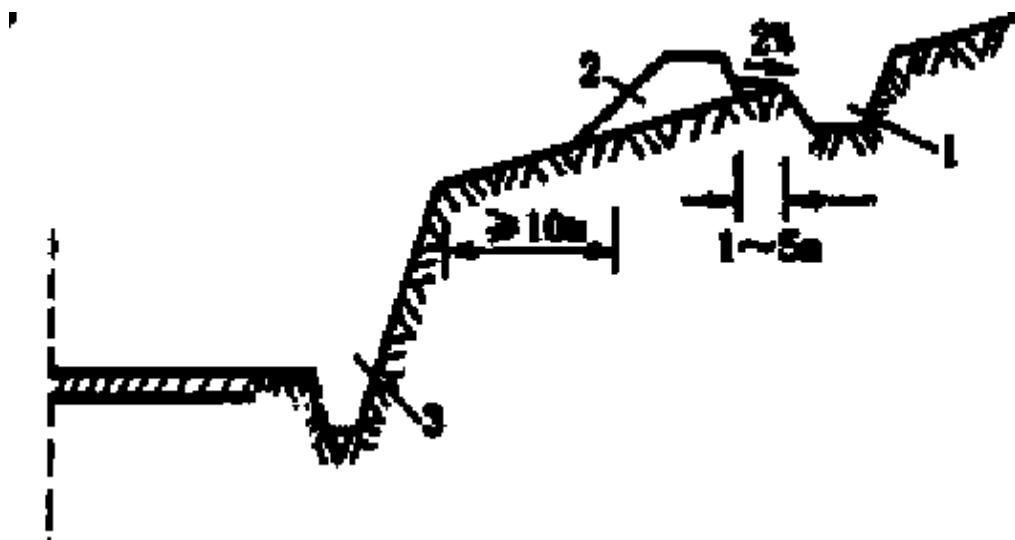


二、截水沟

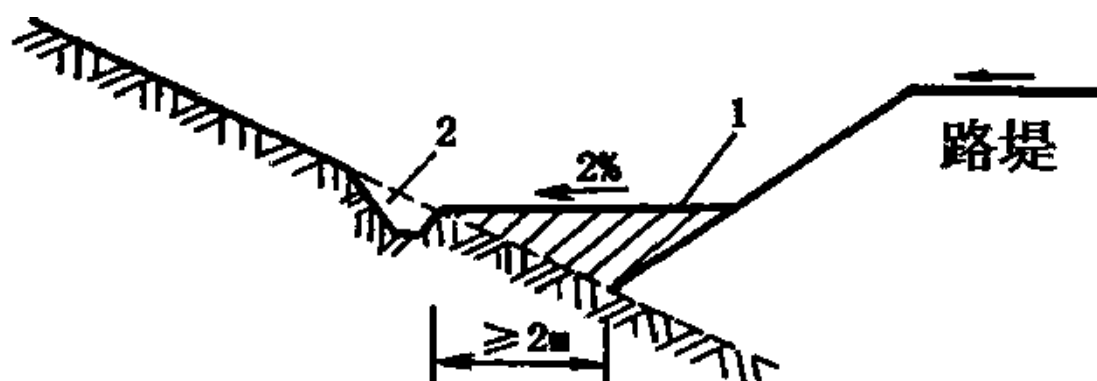
在无弃土堆的情况下，截水沟的边缘离开挖方路基坡顶的距离如是一般土质至少应离开 5m，对黄土地区不应小于 10m 并应进行防渗加固。截水沟挖出的土，可在路堑与截水沟之间修成土台并夯实，台顶应筑成 2% 倾向截水沟的横坡。



(2) 路基上方有弃土堆时，截水沟应离开弃土堆脚 1~5m，弃土堆顶部应设 2% 倾向截水沟的横坡。弃土堆坡脚离开路基挖方坡顶不应小于 10m。



山坡上路堤的截水沟与坡脚之间，要有不小于 2m 间距，并做成倾向沟内的 2% 的横坡。



2. 施工要求

截水沟长度超过 500m 时应选择适当的地点设出水口，将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵

进水口，截水沟必须有牢靠的出水口，必要时须设置排水沟、跌水或急流槽。



三、排水沟

排水沟的施工应符合下列规定：

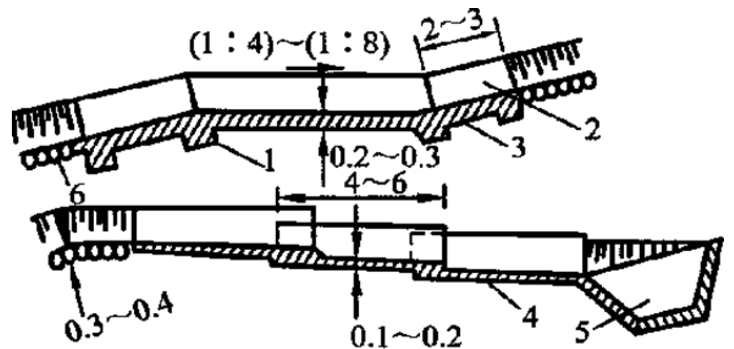
- 1.排水沟线形应平顺，转弯处宜为弧线形。
- 2.排水沟的出水口应设置跌水或急流槽，水流应引出路基或引入排水系统。

排水沟指的是将边沟、截水沟和路基附近的水引向路基以外的水沟。



四、急流槽

- 1.基础应嵌入稳固的基面内，底面应按设计要求砌筑抗滑平台或凸榫（耳墙）。



1—耳墙；2—消力池；3—混凝土槽底

4—钢筋混凝土槽底；5—横向沟渠；

6—砌石护底

- 3.急流槽应分节砌筑，分节长度宜为 5~10m，接头处应采用防水材料填缝。混凝土预制块

急流槽，分节长度宜为 2.5~5.0m，接头应采用榫接。

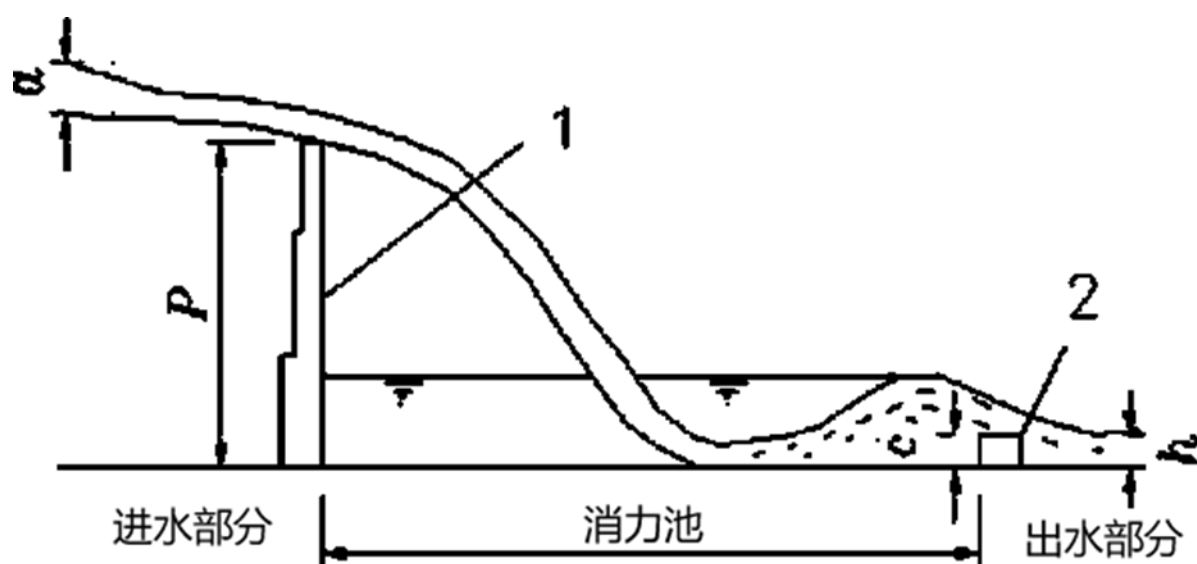


五、跌水

跌水施工应符合下列规定：

- 1.跌水槽施工应符合急流槽的有关规定。
- 2.无消力池的跌水，其台阶高度应小于 600mm，每个台阶高度与长度之比应与原地面坡度相协调。





跌水构造示意图
1-护墙, 2-消力坎

六、蒸发池



- 1.蒸发池与路基之间的距离应满足路基稳定要求。
- 2.底面与侧面应采取防渗措施。
- 3.池底宜设 0.5%的横坡，入口处应与排水沟平顺连接。

4.蒸发池应远离村镇等人口密集区，四周应采用隔离栅进行围护，高度应不低于 1.8m，并设置警示牌。

【20 I 单】路堑施工时，其路基地面排水设施包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水等，一般应先施工的排水设施是（ ）。

- A . 截水沟
- B . 边沟
- C . 排水沟
- D . 跌水与急流槽

【答案】A

【20 I 单】关于蒸发池设置的说法，错误的是（ ）。

- A . 池底宜设 0.5%的横坡
- B . 底面与侧面应采取防渗措施
- C . 蒸发池应紧邻路基设置
- D . 四周应采用隔离栅进行围护

【答案】C

1B411040 公路工程施工测量技术

1B411041 公路工程施工测量工作要求

1B411042 公路工程施工测量方法

1B411040 公路工程施工测量技术

1B411041 公路工程施工测量工作要求

施工期间，应保护好所有控制桩点，及时恢复被破坏的桩点，根据情况对控制桩点进行复测。

每项测量成果应进行复核，原始记录应存档。

一、平面控制测量

1.平面控制测量应采用卫星定位测量、导线测量、三角测量或三边测量方法进行。

3.导线复测规定

(3) 同一建设项目内相邻施工段的导线应闭合，并满足同等级精度要求。

(5) 导线桩点应进行不定期检查和定期复测，复测周期应不超过 6 个月。

二、高程控制测量

1.高程测量应采用水准测量或三角高程测量的方法。

2.水准点复测与加密规定

(3) 沿路线每 500m 宜有一个水准点，高速公路、一级公路宜加密，每 200m 有一个水准点。在结构物附近、高填深挖路段、工程量集中及地形复杂路段，宜增设水准点。临时水准点应符合相应等级的精度要求，并与相邻水准点闭合。

(5) 水准点应进行不定期检查和定期复测，复测周期应不超过 6 个月。

1B411042 公路工程施工测量方法

一、常用测量仪器及其作用

公路工程施工常用的测量仪器有水准仪、经纬仪、全站仪、卫星定位仪等。



1.水准仪分类及作用

水准仪按结构不同可分为微倾水准仪、自动安平水准仪、激光水准仪、数字水准仪；按工作

原理不同可分为电子水准仪和光学水准仪。

按精度不同可分为普通水准仪和精密水准仪。我国国家标准把水准仪分为 DS05、DS1、DS3 和 DS10 四个等级。DS 分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母，其后 05、1、3、10 等数字表示该仪器的精度。DS05 级和 DS1 级水准仪称为精密水准仪，用于国家一、二等精密水准测量及地震监测。DS3 级和 DS10 级水准仪称为普通水准仪，用于国家三、四等水准测量以及一般工程水准测量。公路工程测量中一般使用 DS3 级水准仪。

2.经纬仪分类及作用

经纬仪根据度盘刻度和读数方式的不同可分为游标经纬仪、光学经纬仪和电子经纬仪；按精度不同可分为 DJ07、DJ1、DJ2、DJ6 和 DJ10 等。DJ 分别为“大地测量”和“经纬仪”的汉语拼音第一个字母，数字 07、1、2、6、10 表示该仪器精度，07、1、2 的属于精密经纬仪，6 的属于普通经纬仪。

经纬仪是进行角度测量的主要仪器，它包括水平角测量和竖直角测量。

3.全站仪及其作用

全站型电子速测仪简称全站仪，它是一种集自动测距、测角、计算和数据自动记录及传输功能于一体的自动化、数字化及智能化的三维坐标测量与定位系统，是目前公路施工单位进行测量和放样的主要仪器。

全站仪的功能是测量水平角、竖直角和斜距。

全站仪具有水准仪及经纬仪和测距仪的功能，在工程应用中可以取代经纬仪使用。

4.卫星定位仪

卫星定位仪就是基于卫星定位系统的一种定位仪器，一般可用于对人、对物的位置定位。卫星定位仪在我国主要有 GPS 卫星定位仪和北斗卫星定位仪两大类。

二、中线放样

放样方法：

(1) 传统法放样

①切线支距法

②偏角法

(2) 坐标法放样

(3) GPS-RTK 技术放样

口诀：传做(坐)鸡(G)

三、路基放样

4.路基横断面边桩放样方法

(1) 图解法：一般用于较低等级的公路路基边桩放样。

(2) 计算法：本法比上述方法精度高，主要用于公路平坦地形或地面横坡较均匀一致地段的路基边桩放样。

(3) 渐近法：精度高，适用于各级公路。

(4) 坐标法：适用于高等级公路。

口诀：坐渐高

1B411050 路基工程质量通病及防治措施

1B411051 路基压实质量问题的防治

1B411052 路堤边坡病害的防治

1B411053 高填方路基沉降的防治

1B411054 路基开裂病害的防治

1B411050 路基工程质量通病及防治措施

1B411051 路基压实质量问题的防治

一、路基行车带压实度不足的原因及防治

1.原因分析

路基施工中压实度不能满足质量标准要求，甚至局部出现“弹簧”现象，主要原因是：

- (1) 压实遍数不合理。(机)
- (2) 压路机质量偏小。(机)
- (3) 填土松铺厚度过大。(料)
- (4) 碾压不均匀，局部有漏压现象。(机)
- (5) 含水率大于最佳含水率，特别是超过最佳含水率两个百分点，造成“弹簧”现象。(料)
- (6) 没有对上一层表面浮土或松软层进行处治。(料)
- (7) 土场土质种类多，出现异类土壤混填，尤其是透水性差的土壤包裹透水性好的土壤，形成了水囊，造成“弹簧”现象。(料)
- (8) 填土颗粒过大($>10\text{cm}$)，颗粒之间空隙过大，或采用不符合要求的填料(天然稠度小于1.1，液限大于40，塑性指数大于18)。(料)

2.治理措施

- (1) 清除碾压层下软弱层，换填良性土后重新碾压。
- (2) 对产生“弹簧”的部位，可将其过湿土翻晒，拌合均匀后重新进行碾压，或挖除换填含水量适宜的良性土壤后重新碾压。
- (3) 对产生“弹簧”且急于赶工的路段，可掺生石灰粉翻拌，待其含水量适宜后重新碾压。

二、路基边缘压实度不足的原因及防治

1.原因分析

- (1) 路基填筑宽度不足，未按超宽填筑要求施工。
- (2) 压实机具碾压不到边。

(3) 路基边缘漏压或压实遍数不够。

(4) 采用三轮压路机碾压时，边缘带(0~75cm)碾压频率低于行车带。

2.预防措施

(1) 路基施工应按设计要求进行超宽填筑。(超宽填)

(2) 控制碾压工艺，保证机具碾压到边。(满宽压)

(3) 认真控制碾压顺序，确保轮迹重叠宽度和段落搭接超压长度。(不漏压)

(4) 提高路基边缘带压实遍数，确保边缘带碾压频率高于或不低于行车带。(保边缘)

3.治理措施

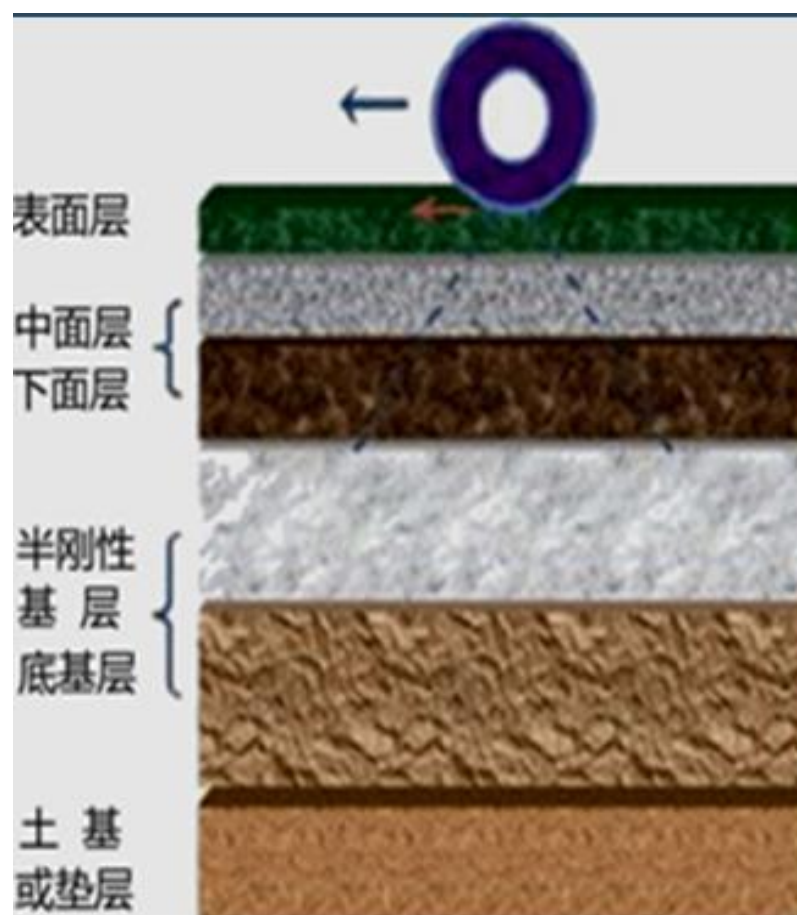
校正破脚线位置，路基填筑宽度不足时，返工至满足设计和规范要求。

1B411052 路堤边坡病害的防治

路堤边坡的常见病害有滑坡、塌落、落石、崩塌、堆塌、表层溜坍、错落、冲沟等。

1B411053 高填方路基沉降的防治

1B411054 路基开裂病害的防治



1B412010 路面基层（底基层）施工技术

1B412011 路面基层（底基层）用料要求

1B412012 路面粒料基层（底基层）施工

1B412013 路面沥青稳定基层（底基层）施工

1B412014 路面无机结合料稳定基层（底基层）施工

1B412010 路面基层（底基层）施工技术

1B412011 路面基层（底基层）用料要求

一、粒料基层原材料的技术要求

2.填隙碎石用作基层时，骨料的公称最大粒径应不大于 53mm；用作底基层时，应不大于 63mm。

填隙碎石，用单一尺寸的粗碎石做主骨料，形成嵌锁结构，起承受和传递车轮荷载的作用，

用石屑做填隙料，填满碎石间的孔隙，增加密实度和稳定性。

材料	特点
砂	粒径小于 2 毫米
砾石	平均粒径大于 2 毫米小于 64 毫米，有尖锐棱角的岩石或矿物碎屑物
碎石	破碎的小块岩石
填隙碎石	单一级配，石屑填满间隙
级配碎石	碎石+石屑，为连续级配、密级配
级配砾石	天然砾石+砂，为连续级配、密级配

三、无机结合料稳定基层原材料的技术要求

1.水泥及外加剂

(1) 强度等级为 32.5 或 42.5 普通硅酸盐水泥

(2) 所用水泥初凝时间应大于 3h，终凝时间应大于 6h 且小于 10h。

2.石灰

(3) 高速公路和一级公路的基层，宜采用磨细消石灰。

3.粉煤灰等工业废渣

(3) 煤矸石、煤渣、高炉矿渣、钢渣及其他冶金矿渣等工业废渣可用于修筑基层或底基层，使用前应崩解稳定，且宜通过不同龄期条件下的强度和模量试验以及温度收缩和干湿收缩试验等评价混合料性能。

口诀：强模两缩

(4) 水泥稳定煤矸石不宜用于高速公路和一级公路。

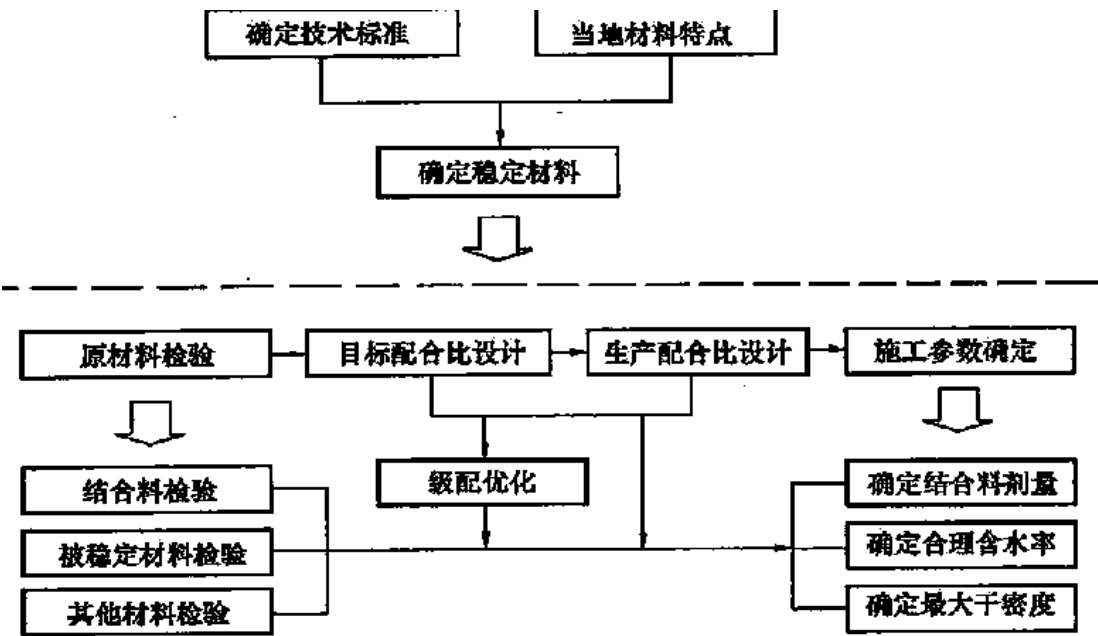
(5) 工业废渣类作为集料使用时，公称最大粒径应不大于 31.5mm，颗粒组成宜有一定级配，且不宜含杂质。

5.粗集料

(1) 用作被稳定材料的粗集料宜采用各种硬质岩石或砾石加工成的碎石，也可直接采用天然砾石。

(3)高速公路和一级公路极重、特重交通荷载等级基层的4.75mm以上粗集料应采用单一粒径的规格料。

8.混合料组成设计



口诀：挤水干

(1)无机结合料稳定材料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四部分。

(6)确定无机结合料稳定材料最大干密度指标时宜采用重型击实方法，也可采用振动压实方法。

【2018 二建】基层采用 18cm 厚水泥稳定碎石，基层宽度 9.5m；

事件三：施工单位试验室确定的基层水泥稳定碎石混合料的集料比例如表 2 所示，水泥剂量为 4.5%（外掺），最大干容重为 2.4t/m³，压实度 98%。

表 2 基层水泥稳定碎石混合料集料比例表

集料名称	1 号料	2 号料	3 号料	4 号料
比例（%）	25	35	25	15

问：列式计算事件三中 1km 基层需 1#料和水泥的用量（不考虑材料损耗，以 t 为单位，计

算结果保留到小数点后 2 位)

1 号料用量

$$1000 \times 9.5 \times 0.18 \times 2.4 \times 0.98 \times 25\% \times 100 / 104.5$$

$$= 962.18 \text{ (t)}$$

水泥用量

$$1000 \times 9.5 \times 0.18 \times 2.4 \times 0.98 \times 100 \times 4.5 / 104.5$$

$$= 173.19 \text{ (t)}$$

1B412012 路面粒料基层 (底基层) 施工

一、粒料分类及适用范围

1. 粒料分类

(1) 嵌锁型——包括泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石等。

(2) 级配型——包括级配碎石、级配砾石、符合级配的天然砂砾、部分砾石经轧制掺配而成的级配砾、碎石等。

2. 粒料类适用范围

(1) 级配碎石可用于各级公路的基层和底基层。级配碎石可用做较薄沥青面层与半刚性基层之间的中间层。

(2) 级配砾石、级配碎砾石以及符合级配、塑性指数等技术要求的天然砂砾，可适用于轻交通的二级和二级以下公路的基层以及各级公路的底基层。

(3) 填隙碎石可用于各等级公路的底基层和二级以下公路的基层。

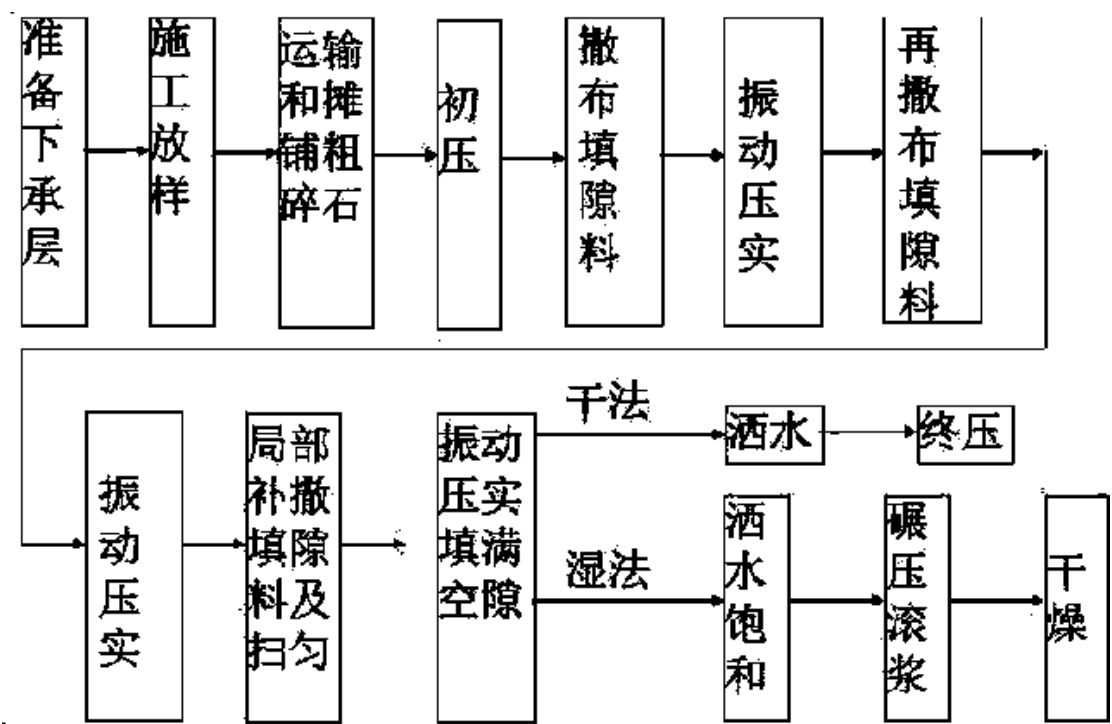
二、施工一般要求

1. 填隙碎石可采用干法或湿法施工。干旱缺水地区宜采用干法施工。单层填隙碎石的压实厚度宜为公称最大粒径的 1.5~2.0 倍。

填隙碎石用作基层时，骨料的公称最大粒径应不大于 53mm（单层压实厚度 79.5~106mm）；用作底基层时，应不大于 63mm。（单层压实厚度 94.5~126mm）

- （1）填隙料应干燥。
- （2）宜采用振动压路机碾压，碾压后，表面骨料间的空隙应填满，但表面应看得见骨料。
- （4）填隙碎石基层未洒透层沥青或未铺封层时，不得开放交通。

填隙碎石施工流程：



三、路面粒料基层施工方法

1.填隙碎石的干法施工应符合下列规定：

- （1）初压宜用两轮压路机碾压 3~4 遍，（静压）使骨料稳定就位，初压结束时，表面应平整。
- （2）填隙料应采用石屑撒布机或类似的设备均匀地撒铺在已压稳的骨料层上。松铺厚度宜为 25~30mm，必要时，可用人工或机械扫匀。
- （3）应采用振动压路机慢速碾压，将全部填隙料振入骨料间的空隙中。无振动压路机时，

可采用重型振动板。路面两侧宜多压 2~3 遍。

(6) 碾压后, 应对局部填隙料不足之处进行人工找补, 并用振动压路机继续碾压, 直到全部空隙被填满, 应将局部多余的填隙料扫除。

(7) 填隙碎石表面空隙全部填满后, 宜再用重型压路机碾压 1~2 遍。在碾压过程中, 不应有任何蠕动现象。在碾压之前, 宜在表面洒少量水, 洒水量宜不少于 $3\text{kg}/\text{m}^2$ 。

(8) 需分层铺筑时, 应将已压成的填隙碎石层表面骨料外露 5~10mm, 然后再其上摊铺第二层骨料。

2. 填隙碎石湿法施工应按下列要求操作:

(2) 骨料层表面空隙全部填满后, 宜立即用洒水车洒水, 直到饱和。

(3) 宜用重型压路机跟在洒水车后碾压。

(4) 应洒水碾压至填隙料和水形成粉浆, 粉浆应填塞全部空隙, 并在压路机轮前形成微波纹状。

(5) 碾压完成的路段应让水分蒸发一段时间, 结构层变干后, 应将表面多余的细料以及细料覆盖层扫除干净。

1B412013 路面沥青稳定基层(底基层)施工

一、沥青稳定类基层分类及适用范围

(一) 分类

沥青稳定基层(底基层)又称柔性基层(底基层), 包括热拌沥青碎石、贯入式沥青碎石、乳化沥青碎石混合料基层(底基层)等。

(二) 适用范围

柔性基层、底基层可用于各级公路。

1. 热拌沥青碎石宜用于中等交通及其以上的公路基层、底基层。

2.贯入式沥青碎石宜用于中、重交通的公路基层或底基层。

3.热拌沥青碎石、贯入式沥青碎石可用于改建工程的调平层。

二、施工一般要求

2.按施工规范规定的步骤进行热拌沥青碎石的配合比设计，即包括目标配合比设计阶段、生产配合比设计阶段、生产配合比验证阶段。

配合比设计采用马歇尔试验设计方法。

三、路面沥青稳定基层施工

（一）热拌沥青碎石基层施工

拌制→运输→摊铺→压实成型→接缝处理

4.热拌沥青混合料的压实及成型

（1）压实后的沥青混合料应符合压实度及平整度的要求，沥青混合料的分层压实厚度不得大于 10cm。

（3）沥青混合料的压实应按初压、复压、终压（包括成型）三个阶段进行。压路机应以慢而均匀的速度碾压，压路机的碾压速度应符合规定。

（4）初压应在混合料摊铺后较高温度下进行，应采用轻型钢筒式压路机或关闭振动装置的振动压路机碾压 2 遍。压路机应从外侧向中心碾压。相邻碾压带应重叠 $1/3 \sim 1/2$ 轮宽，最后碾压路中心部分，压完全幅为一遍。

（5）复压应紧接在初压后进行，复压宜采用重型的轮胎压路机，也可采用振动压路机或钢筒式压路机。碾压遍数应经试压确定，不宜少于 4~6 遍，达到要求的压实度，并无显著轮迹。

（6）终压应紧接在复压后进行。终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动压路机碾压，不宜少于两遍，并无轮迹。路面压实成型的终了温度应符合规范要求。

5.接缝

(1) 纵向接缝部分的施工,摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝。施工时应将已铺混合料部分留下 10~20cm 宽暂不碾压,作为后摊铺部分的高程基准面,再最后作跨缝碾压以消除缝迹。

(2) 半幅施工不能采用热接缝时,宜加设挡板或采用切刀切齐。铺另半幅前必须将缝边缘清扫干净,并涂洒少量粘层沥青。

(二) 贯入式沥青碎石基层施工方法

1.撒布主层集料。

2.主层集料撒布后应采用 6~8t 的钢筒式压路机进行初压,碾压速度宜为 2km/h。

3.主层集料碾压完毕后,应立即浇洒第一层沥青。

4.主层沥青浇洒后,应立即均匀撒布第一层嵌缝料。

5.嵌缝料扫匀后应立即用 8~12t 钢筒式压路机进行碾压。

记忆:粒(沥)料(嵌缝料)压

6.浇洒第二层沥青,撒布第二层嵌缝料,然后碾压,再浇洒第三层沥青。

7.撒布封层料。施工要求应与撒布嵌缝相同。

8.最后碾压,宜采用 6~8t 压路机碾压 2~4 遍。

记忆:粒(沥)料(封层料)压

【例 2015】沥青贯入碎石基层施工步骤包括:①撒布主层集料;②压路机碾压;③浇洒沥青;④撒布嵌缝料;⑤撒布封层料。正确的施工顺序是()。

A. ①→②→③→④→②→③→④→②→③→⑤→②

B. ①→③→④→②→③→④→②→③→⑤→②

C. ①→②→④→②→③→④→②→③→⑤→②→③

D . ①→③→②→④→②→③→④→②→③→⑤→②→③

【答案】A

1B412014 路面无机结合料稳定基层（底基层）施工

一、无机结合料稳定类（也称半刚性类型）基层分类及适用范围

1.分类

半刚性基层、底基层应具有足够的强度和稳定性、较小的收缩（温缩及干缩）变形和较强的抗冲刷能力，在中冰冻、重冰冻区应检验半刚性基层、底基层的抗冰冻性。

（1）水泥稳定土：包括水泥稳定级配碎石、未筛分碎石、砂砾、碎石土、砂砾土、煤矸石、各种粒状矿渣等。

（2）石灰稳定土：包括石灰稳定级配碎石、未筛分碎石、砂砾、碎石土、砂砾土、煤矸石、各种粒状矿渣等。

（3）石灰工业废渣稳定土：可分为石灰粉煤灰类与石灰其他废渣类两大类。除粉煤灰外，可利用的工业废渣包括煤渣、高炉矿渣、钢渣（已经过崩解达到稳定）及其他冶金矿渣、煤矸石等。

2.适用范围

（1）水泥稳定集料类、石灰粉煤灰稳定集料类材料适用于各级公路的基层、底基层。

冰冻地区、多雨潮湿地区，石灰粉煤灰稳定集料类材料宜用于高速公路、一级公路的下基层或底基层。

石灰稳定类材料宜用于各级公路底基层以及三、四级公路的基层。

（2）高速公路、一级公路的基层或上基层宜选用骨架密实型混合料。二级及二级以下公路的基层和各级公路底基层可采用悬浮密实型骨架混合料。均匀密实型混合料适用于高速公路、一级公路的底基层，二级及二级以下公路的基层。骨架空隙型混合料具有较高的空隙率，

适用于需要考虑路面内部排水要求的基层。

二、混合料生产、摊铺及碾压

(2) 稳定材料层宽 11~12m 时, 每一流水作业段长度以 500m 为宜; 稳定材料层宽大于 12m 时, 作业段宜相应缩短。

合理确定每日施工作业段长度考虑因素:

- ①**施工机械和运输车辆的生产效率和数量;**
- ②**施工人员数量及操作熟练程度;**
- ③**施工季节和气候条件;**
- ④**水泥的初凝时间和延迟时间;**
- ⑤**减少施工接缝的数量。**

总结: 人机料环+ 接缝

(3) 对水泥稳定材料或水泥粉煤灰稳定材料, 宜在 2h 之内完成碾压成型。

(4) 石灰稳定材料或石灰粉煤灰稳定材料层宜在当天碾压完成, 最长不应超过 4d。

2.混合料集中厂拌与运输

(3) 拌合厂场地应平整并具有足够的承载能力。高速公路和一级公路的拌合厂, 场地应采用混凝土硬化, 混凝土强度等级应不低于 C15, 厚度应不小于 200mm。



(15) 天气炎热或运距较远时，无机结合料稳定材料拌合时宜适当增加含水率。对稳定中、粗粒材料，混合料的含水率可高于最佳含水率 0.5~1 个百分点；对稳定细粒材料，含水率可高于最佳含水率 1~2 个百分点。

(16) 对高速公路和一级公路，应从拌合厂取料，每隔 2h 测定一次含水率，每隔 4h 测定一次结合料的剂量，并做好记录。

(20) 对高速公路和一级公路，水泥稳定材料从装车到运输至现场，时间宜不超过 1h，超过 2h 时应作为废料处置。

3.混合料人工拌合（路拌）

(1) 混合料人工拌合工艺应包括现场准备、布料拌合等流程。

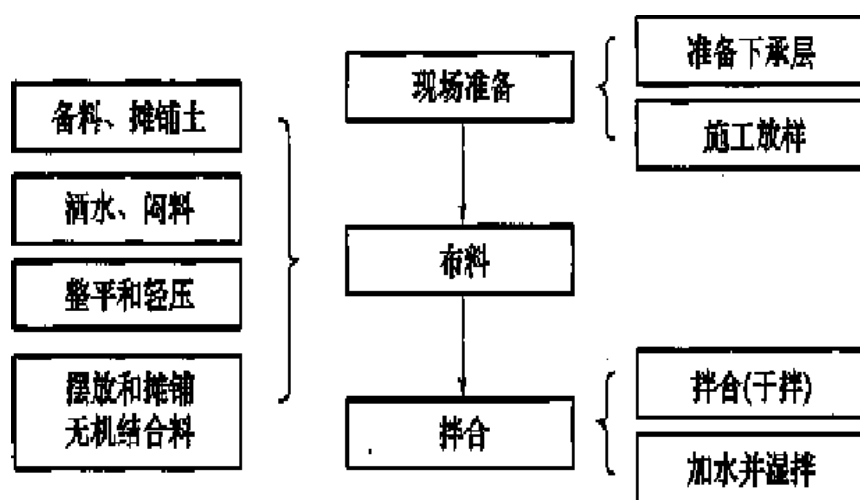


图1B412014-1 混合料人工路拌法施工的工艺流程图

(3) 下承层为路基时，宜用 12~15t 三轮压路机或等效的碾压机械碾压 3~4 遍，并应符合下列规定：

- ①在碾压过程中，发现表层松散时，宜适当洒水。
- ②发现“弹簧”现象时，宜采用挖开晾晒、换土、掺石灰或水泥等措施处理。

(4) 下承层为粒料底基层时，应检测弯沉值。

(26) 级配碎石或砾石施工应符合下列规定：

②采用不同粒级的碎石和石屑时，宜将大粒径碎石铺在下层，中粒径碎石铺在中层，小粒径碎石铺在上层，洒水使碎石湿润后，再摊铺石屑。

(30) 对石灰粉煤灰稳定中、粗粒材料，应先将石灰和粉煤灰拌合均匀，然后均匀地摊铺在材料层上，再一起拌合。

4. 摊铺机摊铺与碾压



(1) 碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm。

(4) 下承层是稳定细粒材料时，宜先将下承层顶面拉毛或采用凸块式压路机碾压，再摊铺上层混合料；下承层是稳定中、粗粒材料时，应先将下承层清理干净，并洒铺水泥净浆，再摊铺上层混合料。

(6) 在施工期间，两台摊铺机的前后间距宜不大于 10m，且两个施工段面纵向应有 300-400mm 的重叠。

(7) 对无法使用机械摊铺的超宽路段，应采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

(11) 二级以下公路没有摊铺机时，可采用摊铺箱摊铺混合料。

(12) 水泥稳定材料结构层施工时，应在混合料处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。

气候炎热干燥时，碾压时的含水率可比最佳含水率增加 0.5~1.5 个百分点。

(16) 采用钢轮压路机初压时，宜采用双钢轮压路机稳压 2~3 遍，再用激振力大于 35t 的

重型振动压路机、18~21t 三轮压路机或 25t 以上的轮胎压路机继续碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹。



(17) 采用胶轮压路机初压时，应采用 25t 以上的重胶轮压路机稳压 1~2 遍，错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度，再采用重型振动压路机碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹。



三、无机结合料基层（底基层）养护、交通管制、层间处理及其他

1.一般规定

(2) 无机结合料稳定材料的养护期宜不少于 7d，养护期宜延长至上层结构开始施工的前 2d。

(3) 养护可采取洒水养护、薄膜覆盖养护、土工布覆盖养护、铺设湿砂养护、草帘覆盖养护、洒铺乳化沥青养护等方式，宜结合工程实际情况选择适宜的方式。

2. 养护方式

(1) 洒水养护宜作为水泥稳定材料的基本养护方式，并应符合下列规定：

- ①每天洒水次数应视气候而定。高温期施工，宜上、下午各洒水 2 次。
- ②养护期间，稳定材料层表面应始终保持湿润。
- ③对于石灰稳定或石灰粉煤灰稳定材料层应注意表层情况，必要时，可用两轮压路机补充压实。

(3) 土工布养护应符合下列规定：



①宜采用透水式土工布全断面覆盖，也可铺设防水土工布。

②铺设过程中应注意缝之间的搭接，不应留有间隙。

③铺设土工布后，应注意洒水，每天洒水次数应视气候而定。高温期施工，上、下午宜各洒水一次。

④养护至上层结构层施工前 1~2d，方可将土工布掀开。

⑤在养护过程中应采取有效措施防止土工布破损。

(6) 对沥青面层厚度大于 20cm 的结构或二级及二级以下公路的无机结合料稳定材料的基层可采用洒铺乳化沥青方式养护，并应符合下列规定：

①表面干燥时，宜先喷洒少量水，再喷洒沥青乳液。

②采用稀释沥青时，宜待表面略干时再喷洒沥青。

③在用乳液养护前，应将基层清扫干净。

④沥青乳液的沥青用量宜采用 0.8~1.0kg/m²，分两次喷洒。

⑤第一次喷洒时，宜采用沥青含量约 35%的慢裂沥青乳液，第二次宜喷洒浓度较大的沥青乳液。

⑥不能避免施工车辆通行时，应在乳液破乳后撒布粒径 4.75~9.5mm 的小碎石，做成下封层。

3.交通管制

(1) 正式施工前宜建好施工便道。对高速公路和一级公路，无施工便道，不应施工。

(2) 无机结合料稳定材料养护期间，小型车辆和洒水车的行驶速度应小于 40km/h。

(3) 无机结合料稳定材料养护 7d 后，施工需要通行重型货车时，应有专人指挥，按规定车道行驶，且车速应不大于 30km/h。

4.无机结合料稳定材料层之间的处理

(2) 应采用人工、小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下层表面的浮浆清理干净。下承层局部存在松散现象时，也应彻底清理干净。

(3) 下承层清理后应封闭交通。在上层施工前 1~2h, 宜撒布水泥或洒铺水泥净浆。

(5) 稳定细粒材料结构层施工时, 根据土质情况, 最后一道碾压工艺可采用凸块式压路机碾压。

5.无机结合料稳定材料基层与沥青面层之间的处理

(1) 在沥青面层施工前 1~2d 内, 应清理基层顶面。

(4) 在基层表面干燥的状态下, 可洒铺透层油。透层油宜采用稀释沥青、煤沥青或乳化沥青, 沥青洒铺量宜为 $0.3\sim0.6\text{kg}/\text{m}^2$ 。

(5) 透层油施工后严禁一切车辆通行, 直至上层施工。

(6) 下封层或粘层应在透层油挥发、破乳完成后施工, 并封闭交通。

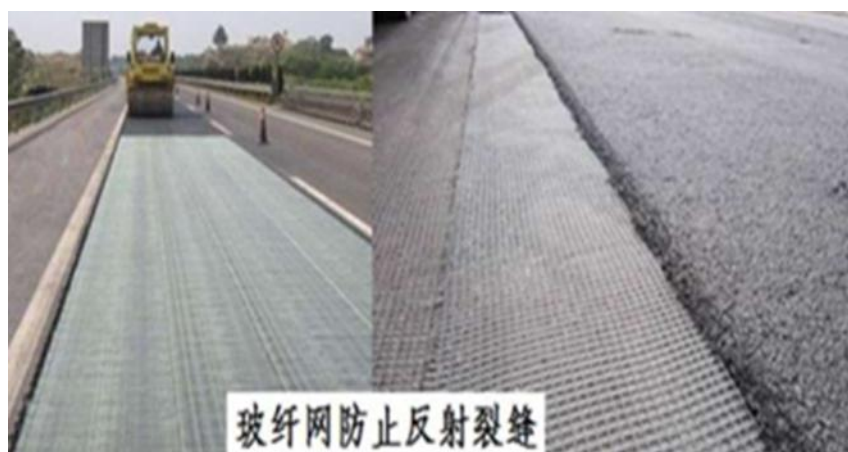
6.基层收缩裂缝的处理

可采取下列措施处理裂缝:

(1) 在裂缝位置灌缝。

(2) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅。

(3) 洒铺热改性沥青。



1B412020 沥青路面施工技术

1B412021 沥青路面结构及类型

1B412022 沥青路面用料要求

1B412023 沥青路面面层施工

1B412024 沥青路面透层、粘层、封层施工

1B412025 路面改建施工

1B412020 沥青路面施工技术

1B412021 沥青路面结构及类型

一、沥青路面结构组成

1.沥青路面结构层可由面层、基层、底基层、垫层组成。

3.基层是设置在面层之下，并与面层一起将车轮荷载的反复作用传布到底基层、垫层、土基，起主要承重作用的层次。当基层较厚需分两层施工时，可分别称为上基层、下基层。

4.底基层是设置在基层之下，并与面层、基层一起承受车轮荷载反复作用，起次要承重作用的层次。底基层较厚需分两层施工时，可分别称为上底基层、下底基层。

5.垫层是设置在底基层与土基之间的结构层，起排水、隔水、防冻、防污等作用。

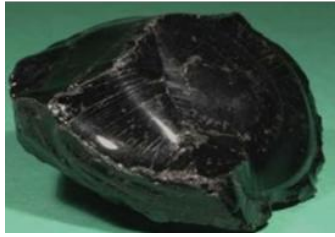
防冻：常采用砂砾石、中粗砂或风积砂等粗颗粒非冻胀性材料置换地基中冻胀性土。

防污：地处软土地带的潮湿路段，为了防止路基土侵入路面污染结构所设置的隔离层叫做防污垫层，用以保护路面结构。

二、沥青路面分类

1.按技术品质和使用情况分类

(1) 沥青混凝土路面：由适当比例的各种不同大小颗粒的集料、矿粉（石灰岩磨细）和沥青，加热到一定温度后拌合，经摊铺压实而成的路面面层。较高的粘结力使路面具有甚高的强度，要求强度较高的基层。沥青混凝土路面适用于各级公路面层。



(2) 沥青碎石路面：沥青用量少，且不用矿粉，造价低，但其孔隙较大，路面容易渗水和老化。热拌沥青碎石适宜用于三、四级公路。中粒式、粗粒式沥青碎石宜用作沥青混凝土面层下层、联结层或整平层。

(3) 沥青贯入式：用沥青贯入碎（砾）石作面层的路面，即把沥青浇洒在铺好的主层集料上，再分层撒布嵌缝石屑和浇洒沥青，分层压实，形成一个较致密的沥青结构层。贯入式路面的最上层应撒布封层料或加铺拌合层。沥青贯入式适用于三、四级公路，也可作为沥青混凝土面层的联结层。

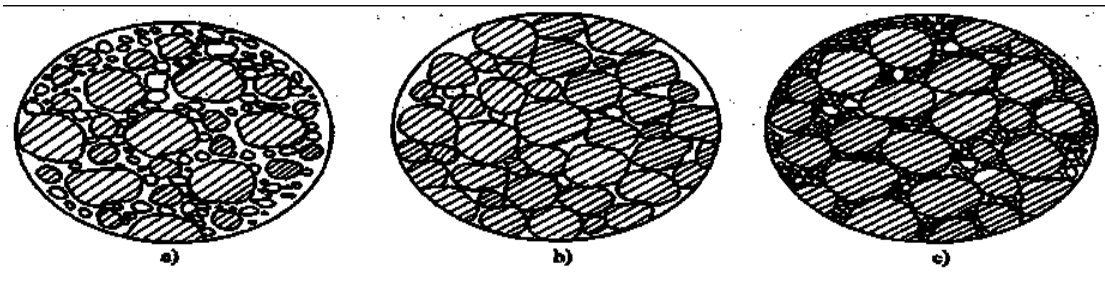
先石后油



(4) 沥青表面处治：用沥青和集料按层铺法或拌合法铺筑而成的厚度不超过 3cm 的沥青面层。其作用主要是对非沥青承重层起保护和防磨耗作用，沥青表面处治，一般用于三、四级公路，也可用作沥青路面的磨耗层、防滑层。

先油后石（石压油）

2.按组成结构分类



a) 密实—悬浮结构 b) 骨架—空隙结构 c) 骨架—密实结构



(1) 密实—悬浮结构：在采用连续密级配矿料配制的沥青混合料中，一方面矿料的颗粒由大到小连续分布，并通过沥青胶结作用形成密实结构。粗颗粒之间不能直接接触，也就不能相互支撑形成嵌挤骨架结构，而是彼此分离悬浮于较小颗粒和沥青胶浆中间，这样就形成了密实—悬浮结构的沥青混合料。工程中常用的 AC-I 型沥青混凝土就是这种结构的典型代表。

(2018 二建案例)

(2) 骨架—空隙结构：当采用连续开级配矿料与沥青组成沥青混合料时，但因很少含有细颗粒，粗颗粒形成的骨架空隙无法填充，从而压实后在混合料中留下较多的空隙，形成骨架—空隙结构。工程中使用的半开级配沥青稳定碎石混合料(AM)和排水沥青混合料(OGFC)是典型的骨架空隙型结构。



(3) 密实—骨架结构：当采用间断型密级配矿料与沥青组成沥青混合料时，由于矿料颗粒集中在级配范围的两端，缺少中间颗粒，所以一端的粗颗粒相互支撑嵌挤形成骨架，另一端较细的颗粒填充于骨架留下的空隙中间，使整个矿料结构呈现密实状态，形成密实—骨架结

构。沥青玛 脂碎石混合物（SMA）是一种典型的骨架密实型结构。

3.按矿料级配分类

（1）密级配沥青混凝土混合物：代表类型有沥青混凝土、沥青稳定碎石。

（2）半开级配沥青混合物：代表类型有改性沥青稳定碎石，半开级配沥青稳定碎石混合物（AM）。

（3）开级配沥青混合物：代表类型有排水式沥青磨耗层混合物，以 OGFC 表示；另有排水式沥青稳定碎石基层，以 ATPCZB 表示。

（4）间断级配沥青混合物：代表类型有沥青玛蹄脂碎石混合物（SMA）。

4.按矿料粒径分类

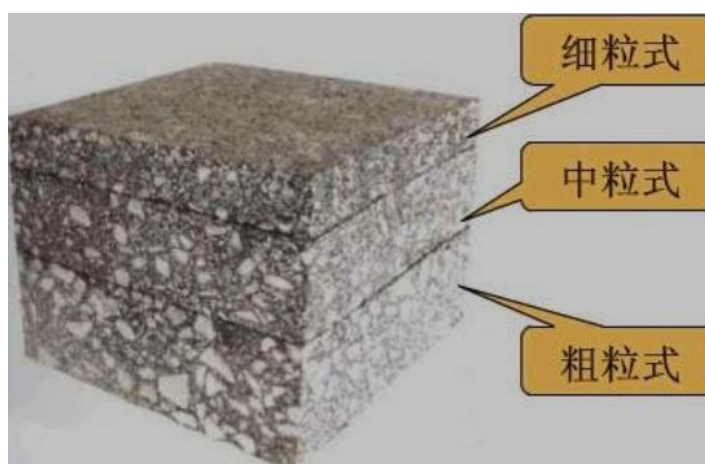
（1）砂粒式沥青混合物

（2）细粒式沥青混合物。

（3）中粒式沥青混合物

（4）粗粒式沥青混合物

（5）特粗式沥青混合物



5.按施工温度分类

（1）热拌热铺沥青混合物：沥青与矿料经加热后拌合，并在一定的温度下完成摊铺和碾压

施工过程的混合料。

(2) 常温沥青混合料：采用乳化沥青或稀释沥青在常温下（或者加热温度很低）与矿料拌合，并在常温下完成摊铺和碾压过程的混合料。

1B412022 沥青路面用料要求

二、道路石油沥青（2018 二建案例）

沥青等级	适用范围
A 级沥青	各个等级的公路，适用于任何场合和层次
B 级沥青	1.高速公路、一级公路沥青下面层及以下层次，二级及二级公路以下公路的各个层次； 2.用作改性沥青、乳化沥青、改性乳化沥青、稀释沥青的基质沥青
C 级沥青	三级及三级以下公路各个层次

2.对高速公路、一级公路，夏季温度高、高温持续时间长，重载交通、山区及丘陵区上坡路段、服务区、停车场等行车速度慢的路段，尤其是汽车荷载剪应力大的层次，宜采用稠度大、黏度大的沥青。

对冬季寒冷的地区或交通量小的公路、旅游公路宜选用稠度小、低温延度大的沥青；

对温度日温差、年温差大的地区宜注意选用针入度指数大的沥青。

荷载大：小标号（针入度小）；

温差大：大标号（针入度大）可掺配

三、乳化石油沥青

1.乳化沥青适用于沥青表面处治、沥青贯入路面、冷拌沥青混合料路面，修补裂缝，喷洒透层、粘层与封层等。

石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下经乳化加工制得的均匀的沥青产品。



四、液体石油沥青

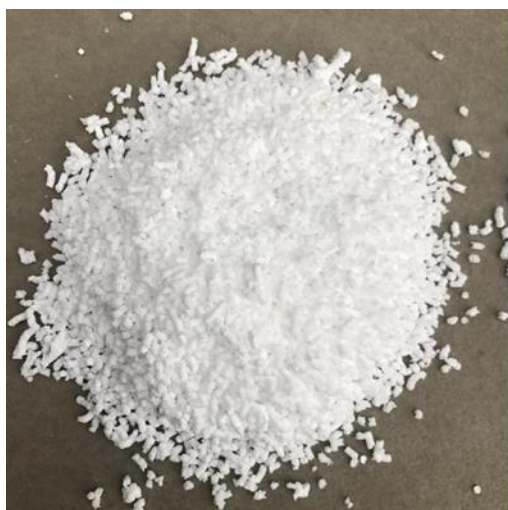
1.液体石油沥青适用于透层、粘层及拌制冷拌沥青混合料。

用汽油、煤油、柴油等溶剂将石油沥青稀释而成的沥青产品，也称轻制沥青或稀释沥青。



五、改性沥青

1.改性沥青可单独或复合采用高分子聚合物、天然沥青及其他改性材料制作。



SB

S 共聚物

SBR 橡胶

七、粗集料

1. 沥青面层使用的粗集料包括碎石、破碎砾石、筛选砾石、钢渣、矿渣等，但高速公路和一级公路不得使用筛选砾石和矿渣。

8. 筛选砾石仅适用于三级及三级以下公路的沥青表面处治路面。

9. 经过破碎且存放期超过 6 个月以上的钢渣可作为粗集料使用。

八、细集料

1. 沥青面层的细集料可采用天然砂、机制砂、石屑。细集料必须由具有生产许可证的采石场、采砂场生产。

2. 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，

3. 天然砂可采用河砂或海砂，通常宜采用粗、中砂，热拌密级配沥青混合料中天然砂的用量通常不宜超过集料总量的 20%，SMA 和 OGFC 混合料不宜使用天然砂。

九、填料

1. 沥青混合料的矿粉必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净。

3. 粉煤灰作为填料使用时，用量不得超过填料总量的 50%，高速公路、一级公路的沥青面层不宜采用粉煤灰做填料。



十、纤维稳定剂

- 1.在沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜选用木质素纤维、矿物纤维等。
- 2.纤维应在 250℃ 的干拌温度不变质、不发脆，使用纤维必须符合环保要求，不危害身体健康。纤维必须在混合料拌合过程中充分分散均匀。
- 3.矿物纤维宜采用玄武岩等矿石制造，易影响环境及造成人体伤害的石棉纤维不宜直接使用。

1B412023 沥青路面面层施工

一、热拌沥青混凝土路面施工工艺

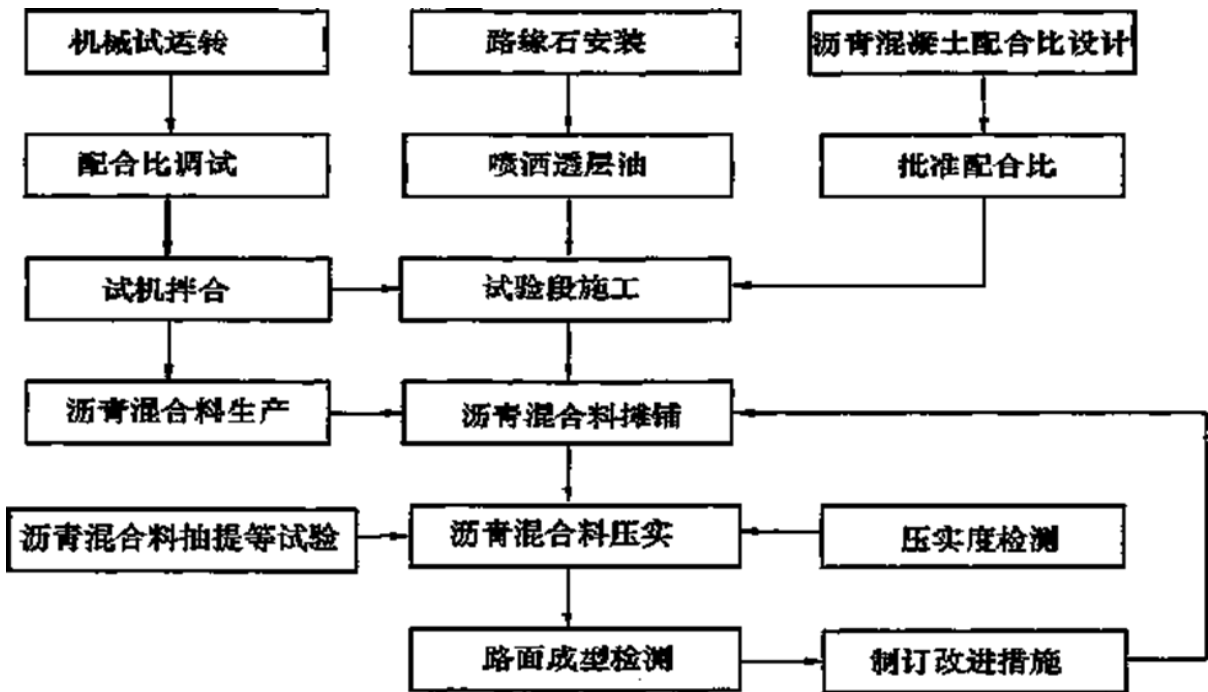


图1B412023 热拌沥青混凝土路面施工工艺流程图



二、施工准备

1.选购经调查试验合格的材料进行备料，矿料应分类堆放，矿粉必须是石灰岩磨细而成且不得受潮。

4.对下承层进行清扫，底面层施工前两天在基层上洒透层油。在中底面层上喷洒粘层油。

5.试验段开工前 28d 安装好试验仪器和设备，配备好的试验人员报请监理工程师审核。各层开工前 14d 在监理工程师批准的现场备齐全部机械设备进行试验段铺筑。

三、沥青混合料的拌合

4.沥青的加热温度控制在规范规定的范围之内，即 $150\sim 170^{\circ}\text{C}$ 。集料的加热温度控制在 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ ；混合料的出厂温度控制在 $140\sim 165^{\circ}\text{C}$ 。当混合料出厂温度过高时应废弃。混合料运至施工现场的温度控制在 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

5.出厂的混合料须均匀一致，无白花料，无粗细料离析和结块现象，不符合要求时应废弃。

五、混合料的摊铺

1.根据路面宽度选用 1~2 台具有自动调节摊铺厚度及找平装置、可加热的振动熨平板，并

且运行良好的高密度沥青混凝土摊铺机进行摊铺。

2.底、中、面层采用走线法施工，表面层采用平衡梁法施工。（2018 二建案例）

3.摊铺机均匀行驶，行走速度和拌合站产量相匹配，以确保所摊铺路面的均匀不间断摊铺。

在摊铺过程中不准随意变换速度，尽量避免中途停顿。



4.沥青混凝土的摊铺温度根据气温变化进行调节。一般正常施工控制在不低于 $110\sim 130^{\circ}\text{C}$ ，不超过 165°C ，在摊铺过程中随时检查并做好记录。

5.摊铺前将摊铺机的熨平板进行加热至不低于 100°C 。（2018 二建案例）

6.采用双机或三机梯进式施工时，相邻两机的间距控制在 $10\sim 20\text{m}$ 。两幅应有 $5\sim 10\text{cm}$ 宽度的重叠。

9.摊铺机无法作业的地方，在监理工程师同意后采取人工摊铺施工。



六、混合料的压实

2.初压：采用双轮双振压路机静压 1~2 遍，正常施工情况下，温度应不低于 110℃ 并紧跟摊铺机进行；

复压：采用胶轮压路机（AC）和双轮双振压路机（SMA）振压等综合碾压 4~6 遍，碾压温度多控制在 80~100℃；

终压：采用双轮双振压路机静压 1~2 遍，碾压温度应不低于 65℃。边角部分压路机碾压不到的位置，使用小型振动压路机碾压。

	初压	复压	终压
AC	钢轮静压	轮胎碾压	钢轮静压
SMA	钢轮静压 (可省略)	钢轮振压	钢轮静压
OGFC	钢轮静压	钢轮静压	钢轮静压

3.碾压顺纵向由低边向高边按规定要求的碾压速度均匀进行。相邻碾压重叠宽度大于 30cm。

4.采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。（2018 二建案例）

七、接缝处理

1.梯队作业采用热接缝，施工时将已铺混合料部分留下 20~30cm 宽暂不碾压，作为后摊铺

部分的高程基准面，后摊铺部分完成立即骑缝碾压，以消除缝迹。



2.半幅施工不能采用热接缝时,采用人工顺直刨缝或切缝。铺另半幅前必须将边缘清扫干净,并涂洒少量粘层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上 5 ~ 10cm,摊铺后将混合料人工清走。碾压时先在已压实路面行走,碾压新铺层 10 ~ 15cm,然后压实新铺部分,再伸过已压实路面 10 ~ 15cm,充分将接缝压实紧密。

刨、清、涂、铺、清、压

3.横接缝的处理方法：首先用 3m 直尺检查端部平整度。不符合要求时，垂直于路中线切齐清除。



清理干净后在端部涂粘层沥青接着摊铺。先用双轮双振压路机进行横压，再改为纵向碾压。

记忆：切、清、涂、铺、压

4.纵向冷接缝上、下层的缝错开 15cm 以上，横向接缝错开 1m 以上。

1B412024 沥青路面透层、粘层、封层施工

一、透层施工技术

（一）作用与适用条件

1.透层的作用：为使沥青面层与（非沥青材料）基层结合良好，在基层上浇洒乳化沥青、煤沥青或液体沥青而形成的透入基层表面的薄层。

口诀：爷没乳



2.适用条件

沥青路面各类基层都必须喷洒透层油，沥青层必须在透层油完全渗透入基层后方可铺筑。基层上设置下封层时，透层油不宜省略。



（二）一般要求

1.根据基层类型选择渗透性好的液体沥青、乳化沥青、煤沥青作透层油，喷洒后通过钻孔或挖掘确认透层油渗透入基层的深度宜不小于 5（无机结合料稳定集料基层）~10mm（无结合料基层），并能与基层联结成为一体。

4.用于半刚性基层的透层油宜紧接在基层碾压成型后表面稍变干燥、但尚未硬化的情况下喷洒。

5.在无结合料粒料基层上洒布透层油时，宜在铺筑沥青层前 1~2d 洒布。

6.透层油宜采用沥青洒布车一次喷洒均匀，使用的喷嘴宜根据透层油的种类和黏度选择并保证均匀喷洒，沥青洒布车喷洒不均匀时宜改用手工沥青洒布机喷洒。

7.喷洒透层油前应清扫路面，遮挡防护路缘石及人工构造物避免污染，透层油必须洒布均匀，有花白遗漏应人工补洒，喷洒过量的立即撒布石屑或砂吸油，必要时作适当碾压。

（三）注意事项

1.透层油布洒后应不致流淌，应渗入基层一定深度，不得在表面形成油膜。

2.气温低于 10℃ 或大风、即将降雨时不得喷洒透层油。

3.应按设计喷油量一次均匀洒布，当有漏洒时，应人工补洒。

5.在摊铺沥青前，应将局部尚有多余的未渗入基层的沥青清除。

二、粘层施工技术

（一）作用与适用条件

1.粘层的作用：使上下层沥青结构层或沥青结构层与结构物（或水泥混凝土路面）完全粘结成一个整体。



2.符合下列情况，必须喷洒粘层沥青：

- (1) 双层式或三层式热拌热铺沥青混合料路面的沥青层之间。
- (2) 水泥混凝土路面、沥青稳定碎石基层或旧沥青路面层上加铺沥青层。
- (3) 路缘石、雨水进水口、检查井等构造物与新铺沥青混合料接触的侧面。

沥青+沥青

沥青+水泥混凝土

沥青+防水



（二）一般要求

1.粘层沥青的技术要求

粘层油宜采用快裂或中裂乳化沥青、改性乳化沥青，也可采用快、中凝液体石油沥青，其规格和质量应符合规范的要求，所使用的基质沥青标号宜与主层沥青混合料相同。

（三）注意事项

（1）喷洒表面一定清扫干净，并表面干燥。用水洗刷后需待表面干燥后喷洒。

（2）气温低于 10°C 时不得喷洒粘层油。

（3）粘层油宜采用沥青洒布车喷洒，并选择适宜的喷嘴，洒布速度和喷洒量保持稳定。当采用机动或手摇的手工沥青洒布机喷洒时，必须由熟练的技术工人操作，均匀洒布。

（4）喷洒的粘层油必须成均匀雾状，在路面全宽度内均匀分布成一薄层，不得有洒花漏空或成条状，也不得有堆积。喷洒不足的要补洒，喷洒过量处应予刮除。

（5）粘层油宜在当天洒布，待乳化沥青破乳、水分蒸发完成，或稀释沥青中的稀释剂基本挥发完成后，紧跟着铺筑沥青层，确保粘层不受污染。

(6) 喷洒粘层油后，严禁运料车外的其他车辆和行人通过。

三、封层的施工技术

(一) 作用与适用条件

封层：为封闭表面空隙、防止水分侵入而在沥青面层或基层上铺筑的有一定厚度的沥青混合料薄层。铺筑在沥青面层表面的称为上封层，铺筑在沥青面层下面、基层表面的称为下封层。

1.封层的作用：一是封闭某一层起着保水防水作用（基层养护）；二是起基层与沥青表面层之间的过渡和有效联结作用；三是路的某一层表面破坏离析松散处的加固补强；四是基层在沥青面层铺筑前，要临时开放交通，防止基层因天气或车辆作用出现水毁。封层可分为上封层和下封层。就施工类型来分，可采用拌合法或层铺法的单层式表面处治，也可以采用乳化沥青稀浆封层。

稀浆封层用适当级配的石屑或砂、填料（水泥、石灰、粉煤灰、石粉等）与乳化沥青、外掺剂和水，按一定比例拌和而成的流动状态的沥青混合料，将其均匀地摊铺在路面上形成的沥青封层。



图 SBS 改性沥青碎石封层



2.适用条件

上封层的类型根据使用目的、路面的破损程度选用。

(1) 裂缝较细、较密的可采用涂洒类密封剂、软化再生剂等涂刷罩面。

(2) 对二级及二级以下公路的旧沥青路面可以采用普通的乳化沥青稀浆封层，也可在喷洒道路石油沥青后撒布石屑（砂）后碾压作封层。

(3) 对高速公路、一级公路有轻微损坏的宜铺筑微表处。

(4) 对用于改善抗滑性能的上封层可采用稀浆封层、微表处或改性沥青集料封层。

下封层宜采用层铺法表面处治或稀浆封层法施工。稀浆封层可采用乳化沥青或改性乳化沥青作结合料。下封层的厚度不宜小于 6mm，且做到完全密水。①多雨潮湿地区的高速公路、一级公路的沥青面层空隙率较大，有严重渗水可能，或②铺筑基层不能及时铺筑沥青面层而需通行车辆时，宜在喷洒透层油后铺筑下封层。

(三) 注意事项

1.稀浆封层施工前，应彻底清除原路面的泥土、杂物，修补坑槽、凹陷，较宽的裂缝宜清理灌缝。



2.稀浆封层施工时应应在干燥情况下进行。

3.稀浆封层铺筑后，必须待乳液破乳、水分蒸发、干燥成型后方可开放交通。

4.稀浆封层施工气温不得低于 10℃，严禁在雨期施工，摊铺后尚未成型混合料遇雨时应予铲除。

1B412025 路面改建施工

一、水泥路面改造加铺沥青面层

（一）直接加铺法

一般通过人工调查对旧水泥路的病害按段落桩号进行统计，采用探地雷达、弯沉仪对混凝土板的脱空和其结构层的均匀情况、路面承载能力进行检测评价。

1.对边角破碎损坏较深和较宽的路面，先用切割机切除损坏部分，然后浇筑同强度等级混凝土；

2.对发生错台或板块网状开裂的部位，应首先考虑是路基质量出现了问题，必须将整个板全部凿除，重新夯实路基及基层，对换板部位基层顶面进行清理维护，换板部分基层调平均由新浇筑的水泥混凝土面板一次进行，不再单独选择材料调平。



3.对于板块脱空、桥头沉陷、板的不均匀沉陷及弯沉较大的部位，应钻穿板块，然后用水泥浆高压灌注处理。

具体的工艺流程是：定位→钻孔→制浆→灌浆→灌浆孔封堵→交通控制→弯沉检测。

沥青碎石基层：热沥青

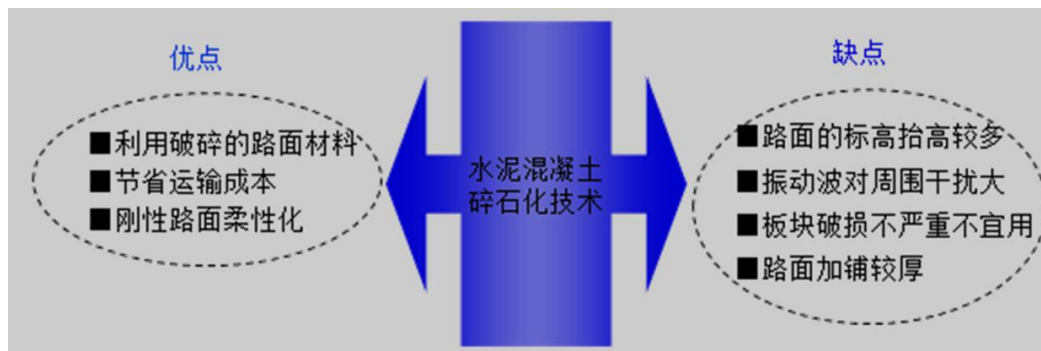
粒料、无机结合料基层：水泥浆

混凝土基层：水泥砂浆

4.对接缝的处理。对纵横缝清缝，清除缝内原有的填充物和杂物，再用手持式注射枪进行沥青灌缝，然后用改性沥青油毡等材料贴缝，必要时再加铺一层特殊沥青材料的过渡层，吸收或抵抗纵横缝向上扩展的能量，防止产生反射裂缝。

（二）碎石化法

【补充】所谓碎石化技术，就是将水泥混凝土路面破碎成一般小于 38 厘米混凝土块，用以限制新铺的热拌沥青（HMA）罩面上出现反射裂缝，并产生一个用与 HMA 罩面的均匀基层。



4.路面碎石化施工

开始之前，选择试验段，获取破碎参数。路面破碎时，先破碎路面侧边的车道，然后破碎中部的行车道。

清除路面中所有松散的填缝料、胀缝料、切除移除暴露的加强钢筋或其他类似物。

5.破碎后的路面采用 Z 型压路机振动压实 2~3 遍。

6.乳化沥青透层的洒布

作用：使表面较松散的粒径有一定的结合力，使用慢裂乳化沥青做透层。



二、旧沥青路面再生

（一）现场冷再生法

现场冷再生法是用大功率路面铣刨拌合机将路面混合料在原路面上就地铣刨、翻挖、破碎，再加入稳定剂、水泥、水（或加入乳化沥青）和骨料同时就地拌合，用路拌机原地拌合，最后碾压成型。现场冷再生工艺一般适用于病害严重的一级以下公路沥青路面的翻修、重建。



现场冷再生工艺的优点有：原路面材料就地实现再生利用，节省了材料转运费用；施工过程

能耗低、污染小；适用范围广。

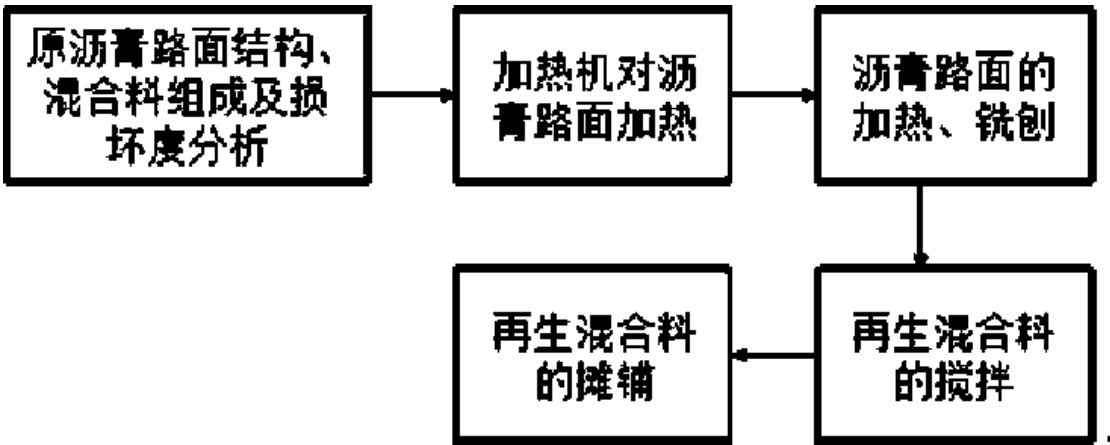
缺点是：施工质量较难控制；一般需要加铺沥青面层，再生利用的经济性不太明显。

现场冷再生中关键技术是添加的胶粘剂（如乳化沥青、泡沫沥青、水泥）与旧混合料的均匀拌合技术。旧沥青混合料的铣刨、破碎技术，胶粘剂配比性能也很关键。

（二）现场热再生法

现场热再生是一种就地修复破损路面的过程，它通过加热软化路面，铲起路面废料，再和沥青粘合剂混合，有时可能还需要添加一些新的骨料，然后将再生料重新铺在原来的路面上。

现场热再生法施工简单方便，多用于基层承载能力良好、面层因疲劳而龟裂的路段，特别适用于老化不太严重，但平整度较差的路面。



现场热再生工艺的优点是施工速度快，而且原路面材料就地实现再生利用，节省了材料转运费用。但这种工艺的缺点是再生深度通常在 2.5~6cm，难以深入。

就地热再生技术应用的施工工艺主要有三种。

1.整形再生法

整形再生法适合 2~3cm 表面层的再生。适合维修路面出现微型裂纹、磨耗层损坏及破损面积较小的路面。

2.重铺再生法

重铺再生法适合 4~6cm 面层的再生。

重铺再生法一般有两种工艺方法：

方法一：加热→旧料再生（翻松、添加再生剂、搅拌等）→摊铺整形→压入碎石工艺。

方法二：加热→旧料再生（翻松、添加再生剂、搅拌等）→摊铺整形→罩新面工艺。

3.复拌再生法

复拌再生法适合 4~6cm 面层的再生。

（三）厂拌热再生法

厂拌热再生法就是将旧沥青路面经过翻挖后运回拌合厂，再集中破碎，根据路面不同层次的质量要求，进行配比设计，确定旧沥青混合料的添加比例，再生剂、新沥青材料、新集料等在拌合机中按一定比例重新拌合成新的混合料，从而获得优良的再生沥青混凝土，铺筑成再生沥青路面。

厂拌热再生中的关键技术是必须解决旧沥青混合料中沥青的加热重熔问题与旧沥青混合料的精确计量问题。

1B412030 水泥混凝土路面施工技术

1B412031 水泥混凝土路面用料要求

1B412032 水泥混凝土路面的施工

1B412030 水泥混凝土路面施工技术

1B412031 水泥混凝土路面用料要求

一、水泥

1.极重、特重、重交通荷载等级公路面层水泥混凝土应采用旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，中、轻交通荷载等级公路面层水泥混凝土可采用矿渣硅酸盐水泥。高温期施工宜采用普通型水泥，低温期宜采用早强型水泥。

旋窑水泥是水泥生产的一种方法，是一种生产水泥的新技术，该技术生产的水泥质量好，性

能稳定，还可以减少环境污染。立窑已经淘汰。

5.当贫混凝土和碾压混凝土用作基层时，可使用各种硅酸盐类水泥。不掺入粉煤灰时，宜使用强度等级 32.5 级以下的水泥。掺入粉煤灰时，只能使用道路水泥、硅酸盐水泥、普通水泥。

二、粉煤灰和其他掺合料

1.面层水泥混凝土可单独或复配掺用符合规定的粉状低钙粉煤灰、矿渣粉或硅灰等掺合料，不得掺用结块或潮湿的粉煤灰、矿渣粉或硅灰。

3.路面和桥面混凝土中可使用硅灰或磨细矿渣，使用前应经过试配检验，确保路面和桥面混凝土弯拉强度、工作性、抗磨性、抗冻性等技术指标合格。

三、粗集料

1.粗集料应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、碎卵石和卵石。

四、细集料

1.细集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂或机制砂，不宜使用再生细集料。

五、水

饮用水可直接作为混凝土搅拌和养护用水。

六、外加剂

减水剂：高强混凝土、大流动性混凝土、水下施工混凝土；

早强剂：早强混凝土、冬季施工混凝土；

缓凝剂：大体积混凝土、夏季施工混凝土；

引气剂：抗渗混凝土、抗冻混凝土；

阻锈剂：钢筋阻锈要求；

速凝剂：喷射混凝土。

九、接缝材料

1.应选用能适应混凝土面板膨胀和收缩、施工时不变形、弹性复原率高、耐久性好的胀缝板。

高速公路、一级公路宜采用塑胶、橡胶泡沫板或沥青纤维板；其他公路可采用各种胀缝板。

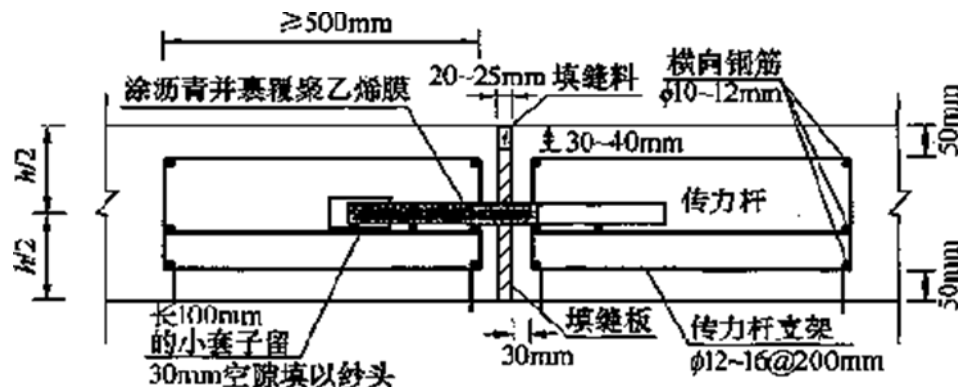


图1B412032-2 胀缝构造示意图

2.填缝料有常温施工式和加热施工式两种，其技术指标应分别符合相应技术要求。常温施工式填缝料主要有聚（氨）酯、硅树脂类，氯丁橡胶泥类，沥青橡胶类等。加热施工式填缝料主要有沥青玛蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类等。高速公路、一级公路应优选树脂类、橡胶类或改性沥青类填缝材料，并宜在填缝料中加入耐老化剂。

1B412032 水泥混凝土路面的施工

一、水泥混凝土路面的分类与特点

1.水泥混凝土路面的分类

水泥混凝土路面，包括普通混凝土（素混凝土）、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、预应力混凝土、装配式混凝土、钢纤维混凝土和混凝土小块铺砌等面层板和基（垫）层所组成的路面。

目前采用最广泛的是就地浇筑的普通混凝土路面，简称混凝土路面。

所谓普通混凝土路面，是指除接缝区和局部范围（边缘和角隅）外不配置钢筋的混凝土路面。

水泥混凝土路面适用于高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路。

2.水泥混凝土路面的优点

相对于沥青混凝土路面而言，水泥混凝土路面的优点有：使用寿命长；强度高；稳定性好；耐久性好；养护费用少、经济效益高；有利于夜间行车；有利带动当地建材业的发展。

3.水泥混凝土路面的缺点

相对于沥青混凝土路面而言，水泥混凝土路面的缺点有：对水泥和水的需要量大；有接缝；开放交通较迟；修复困难。

二、施工方法

目前通常采用的水泥混凝土面层铺筑的技术方法有小型机具铺筑、滑模摊铺机施工、三辊轴机组铺筑和碾压混凝土四种方法。

1.小型机具铺筑

小型机具施工工艺一般用在县乡公路，三、四级公路，等外公路，旅游公路，村镇内道路与广场建设中。

2.滑模摊铺机施工

滑模摊铺工艺是采用滑模摊铺机铺筑水泥混凝土面层的施工工艺。已经成为我国在高等级公路水泥混凝土路面施工中广泛采用的工程质量最高、施工速度最快、装备最现代化的高新成熟技术。



3.三辊轴机组铺筑

三辊轴机组施工比较适用于二、三、四级公路及县乡公路水泥混凝土路面的施工。



4.碾压混凝土

大多数公路工程技术人员认为,碾压混凝土仅适用于二级以下水泥混凝土路面或复合式路面下面层。

碾压混凝土是一种干硬性贫水泥的混凝土,使用硅酸盐水泥、火山灰质掺和料、水、外加剂、砂和分级控制的粗骨料拌制成无塌落度的干硬性混凝土

以上四种水泥混凝土路面铺筑方式中,滑模摊铺机施工的技术层次、装备水平和施工要求最高,是我国目前重点推广的施工技术。

三、水泥混凝土路面施工技术

(一) 模板及其架设与拆除

1.施工模板应采用刚度足够的槽钢、轨模或钢制边侧模板,不应使用木模板,塑料模板等易变形模板。

5.模板与混凝土拌合物接触表面应涂隔离剂。

6.模板拆除应在混凝土抗压强度不小于 8.0MPa 方可进行。



（二）混凝土拌合物搅拌

- 1.搅拌楼的配备，应优先选配间歇式搅拌楼（是加料、搅拌、出料反复进行），也可使用连续搅拌楼。
- 2.每台搅拌楼在投入生产前，必须进行标定和试拌。
- 3.应根据拌合物的黏聚性、均质性及强度稳定性试拌确定最佳拌合时间。



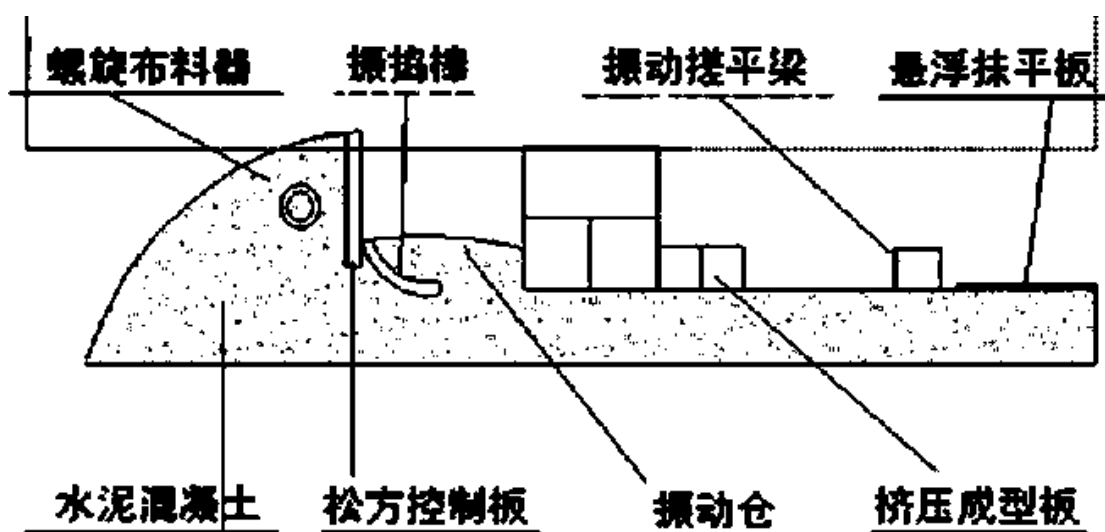
（三）混凝土拌合物的运输

- 1.应根据施工进度、运量、运距及路况，选配车型和车辆总数。总运力应比总拌合能力略有富余。确保新拌混凝土在规定时间内运到摊铺现场。



(四) 采用滑模摊铺机施工法进行混凝土面层铺筑

滑模摊铺机：不架设边缘固定模板，布料、摊铺、振捣密实、挤压成型、抹面装饰等施工流程在摊铺机行进过程中连续完成。





1.一般规定

(1) 滑模摊铺工艺宜用于高速、一级、二级公路普通水泥混凝土面层、配筋混凝土面层、纤维混凝土面层、钢筋混凝土桥面、隧道混凝土面层、混凝土路缘石、路肩石及护栏等的滑模施工。



(2) 采用滑模摊铺机在基层上行走的铺筑方案时，基层侧边缘到滑模摊铺面层边缘的宽度不宜小于 650mm。

(3) 传力杆和胀缝拉杆（传力杆）钢筋宜采用前置支架法施工，也可采用滑模摊铺机配备的自动插入装置（DBI）施工。

(4) 上坡纵坡大于 5%、下坡纵坡大于 6%、平面半径小于 50m 或超高横坡超过 7%的路

段，不宜采用滑模摊铺机进行摊铺。

记忆口诀：上 5 下 6 横 7 急转弯

(5) 滑模摊铺水泥混凝土路面时，摊铺机应配备自动抹平板装置。

(6) 滑模摊铺机械系统应配套齐全，可按下列要求进行配备：

①滑模铺筑无传力杆水泥混凝土路面时，布料可使用轻型挖掘机或推土机。

②滑模铺筑连续配筋混凝土路面、钢筋混凝土路面、桥面和桥头搭板，路面中设传力杆钢筋支架、胀缝钢筋支架时，布料应采用侧向上料的布料机或供料机。

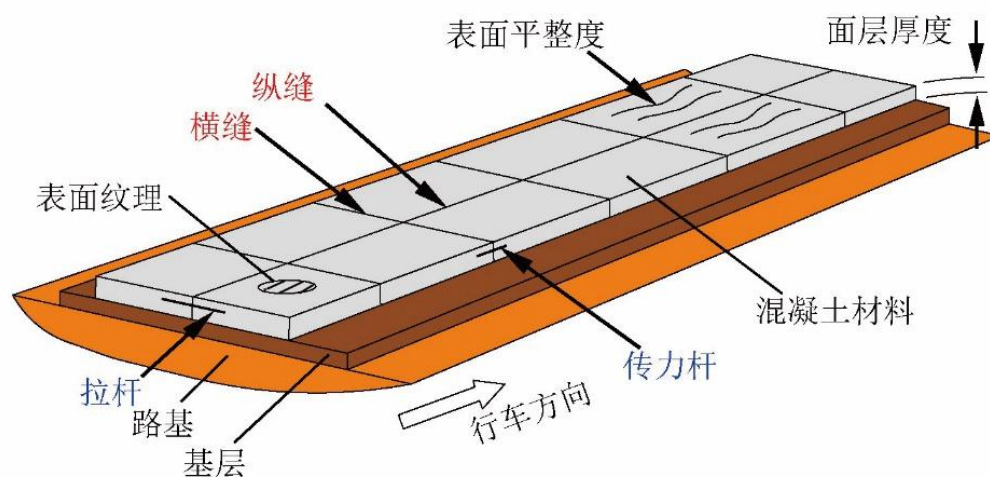
④面层切缝可使用软锯缝机、支架式硬锯缝机或普通锯缝机。

3.水泥混凝土面层滑模摊铺机铺筑

(4) 滑模摊铺应缓慢、匀速、连续不间断地作业。滑模摊铺速度应根据板厚、混凝土工作性、布料能力、振捣排气效果等确定，可在 $0.75\sim 2.5\text{m/min}$ 之间选择，宜采用 1m/min 。

(5) 滑模摊铺水泥混凝土面层时，严禁快速推进、随意停机与间歇摊铺。

(七) 纵缝设置与施工



胀缝的作用：混凝土板在温度升高时能自由伸展，补偿膨胀变形。

缩缝的作用：防止混凝土板收缩时不产生不规则的裂缝。

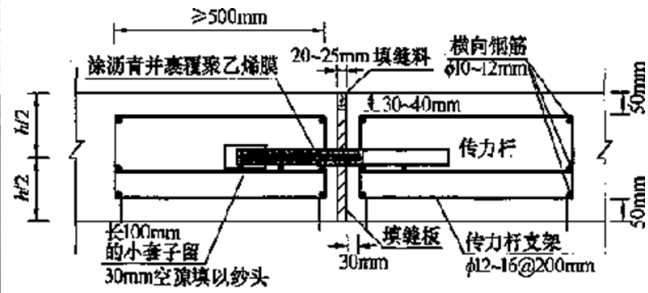


图1B412032-2 胀缝构造示意图

(七) 纵缝设置与施工

纵缝从功能上分为纵向施工缝和纵向缩缝两类；从构造上分为设拉杆平缝型和设拉杆假缝型。

拉杆：防止板块侧向位移和纵缝间隙过大



1.当一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置纵向施工缝，位置应避开轮迹，并重合或靠近车道线，构造可采用设拉杆平缝型。上部应锯切槽口，深度为 30~40mm，宽度为 3~8mm，槽内灌塞填缝料。

采用滑模施工时，纵向施工缝的拉杆可用摊铺机的侧向拉杆装置插入。采用固定模板施工方式时，应在振实过程中，从侧模预留孔中手工插入拉杆。



2.当一次铺筑宽度大于 4.5m 时，应设置纵向缩缝，构造可采用设拉杆假缝型，锯切的槽口深度应大于纵向施工缝的槽口深度。纵缝位置应按车道宽度设置，并在摊铺过程中用专用的拉杆插入装置插入拉杆。



3.钢筋混凝土路面、桥面和搭板的纵缝拉杆可由横向钢筋延伸穿过接缝代替。钢纤维混凝土路面切开的纵向缩缝可不设拉杆，纵向施工缝应设拉杆。

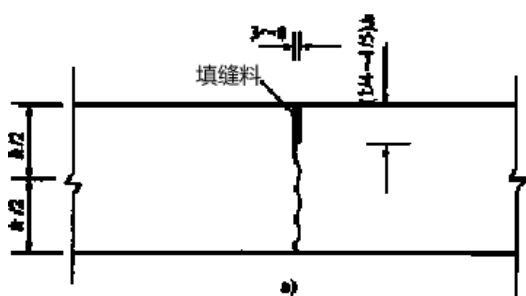
5.纵缝应与路线中线平行。纵缝拉杆应采用热轧带肋钢筋，设在板厚中央，并应对拉杆中部 100mm 进行防锈处理。



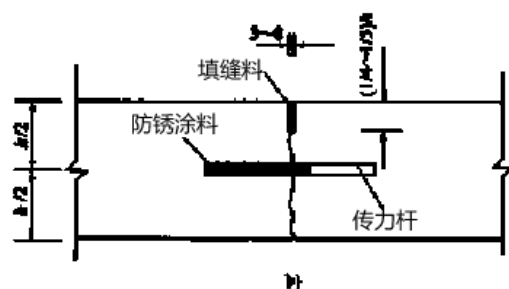
(八) 横缝设置与施工

横缝从功能上分为横向施工缝、横向缩缝和横向胀缝。横向缩缝从构造上分为设传力杆假缝型和不设传力杆假缝型。

传力杆：保证接缝的传荷能力，避免或减轻错台，保证路面的平整度



假缝型



假缝+传力杆型

1. 每日施工结束或因临时原因中断施工时，应设置横向施工缝，其位置应尽可能选在胀缝或缩缝处。横向施工缝设在缩缝处应采用设传力杆平缝型，如图 1B412032-1 所示。施工缝设在胀缝处其构造与胀缝相同。

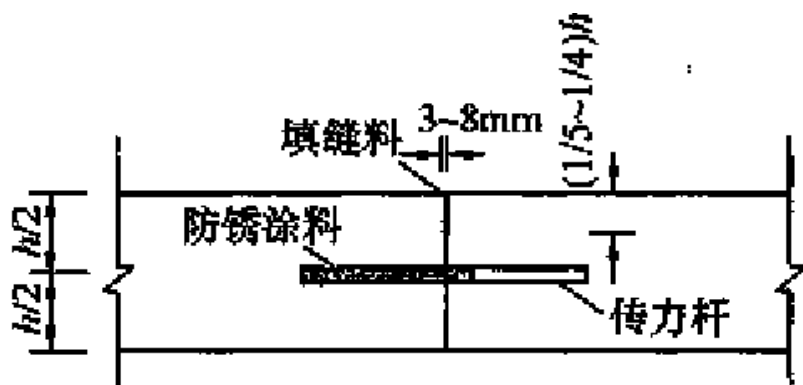


图1B412032-1 横向施工缝构造示意图

4.缩缝传力杆的施工方法可采用前置钢筋支架法或传力杆插入装置（DBI）法。传力杆应采用光面钢筋。

5.横向缩缝的切缝方式有全部硬切缝、软硬结合切缝和全部软切缝三种，切缝方式的选用，应由施工期间该地区路面摊铺完毕到切缝时的昼夜温差确定。

6.邻近桥梁或其他固定构造物处或与其他道路相交处，应设置横向胀缝（简称胀缝）。

7.普通混凝土路面的胀缝应包括补强钢筋支架、胀缝板和传力杆，胀缝构造如图

1B412032-2 所示。

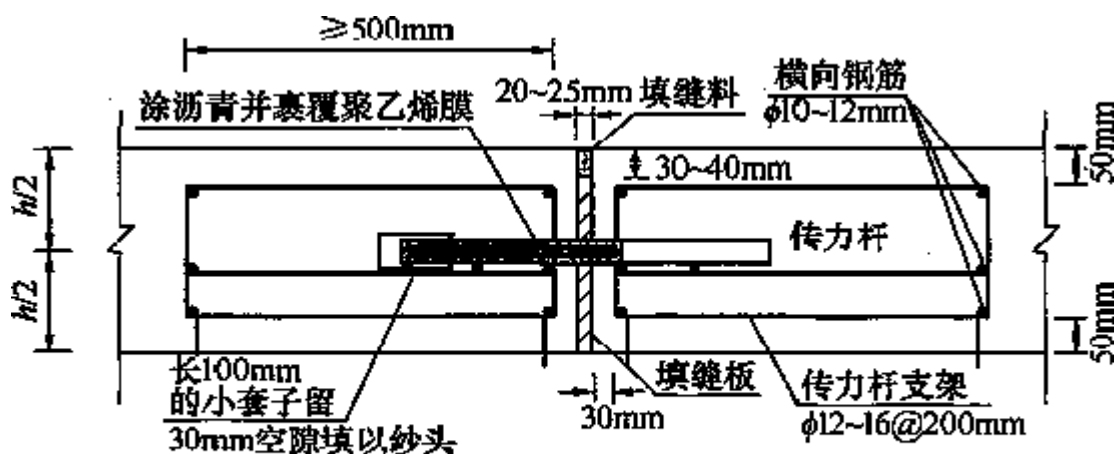


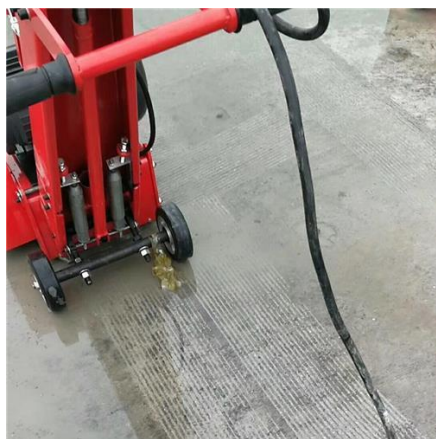
图1B412032-2 胀缝构造示意图

（九）抗滑构造施工

1.摊铺完毕或精整平表面后，宜使用钢支架拖挂 1~3 层叠合麻布、帆布或棉布，洒水湿润

后作拉毛处理。

2.当日施工进度超过 500m 时，抗滑沟槽制作宜选用拉毛机械施工，没有拉毛机时，可采用人工拉槽方式。



（十）混凝土路面养护

1.宜采用喷洒养护剂同时保湿覆盖的方式养护。在雨天或养护用水充足的情况下，也可采用覆盖保湿膜、土工毡、土工布、麻袋、草袋、草帘等洒水湿养护方式，不宜使用围水养护方式。



2.养护时间根据混凝土弯拉强度增长情况而定，不宜小于设计弯拉强度的 80%，应特别注重前 7d 的保湿（温）养护。一般养护天数宜为 14~21d，高温天不宜小于 14d，低温天不宜小于 21d。掺粉煤灰的混凝土路面，最短养护时间不宜少于 28d，低温天应适当延长。

3.混凝土板养护初期，严禁人、畜、车辆通行，在达到设计强度 40%后，行人方可通行。在路面养护期间，平交道口应搭建临时便桥。面板达到设计弯拉强度后，方可开放交通。

（十一）灌缝

1.应先采用切缝机清除接缝中夹杂的砂石，凝结的泥浆等，再使用压力大于等于 0.5MPa 的压力水和压缩空气彻底清除接缝中的尘土及其他污染物。

2.常温施工式填缝料的养护期，低温天宜为 24h，高温天宜为 12h。加热施工时填缝料的养护期，低温天宜为 12h，高温天宜为 6h。灌缝料养护期间应封闭交通。



1B412040 中央分隔带及路肩施工技术

1B412041 中央分隔带施工

1B412042 路肩施工

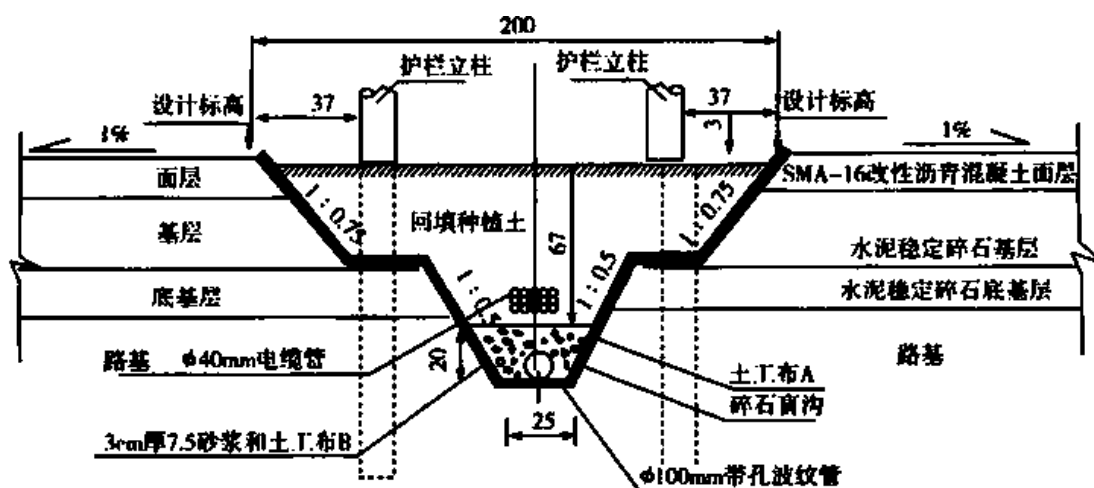
1B412040 中央分隔带及路肩施工技术

一、中央分隔带的开挖



一、中央分隔带的开挖

当路面基层施工完毕后，即可进行中央分隔带的开挖，先挖集水槽后挖纵向盲沟，一般采用人工开挖的方式。



二、防水层施工

沟槽开挖完毕并经验收符合设计要求后，即进行防水层施工，可喷涂双层防渗沥青。防水层也可铺设 PVC 防水板等，PVC 防水板铺设时两端应拉紧，不应有褶皱，PVC 板材纵横向应搭接，铺完后用铁钉固定。



三、纵向碎石盲沟的铺设

2.反滤层可用筛选过的中砂、粗砂、砾石等渗水性材料分层填筑，目前高等级公路多采用土工布作为反滤层。

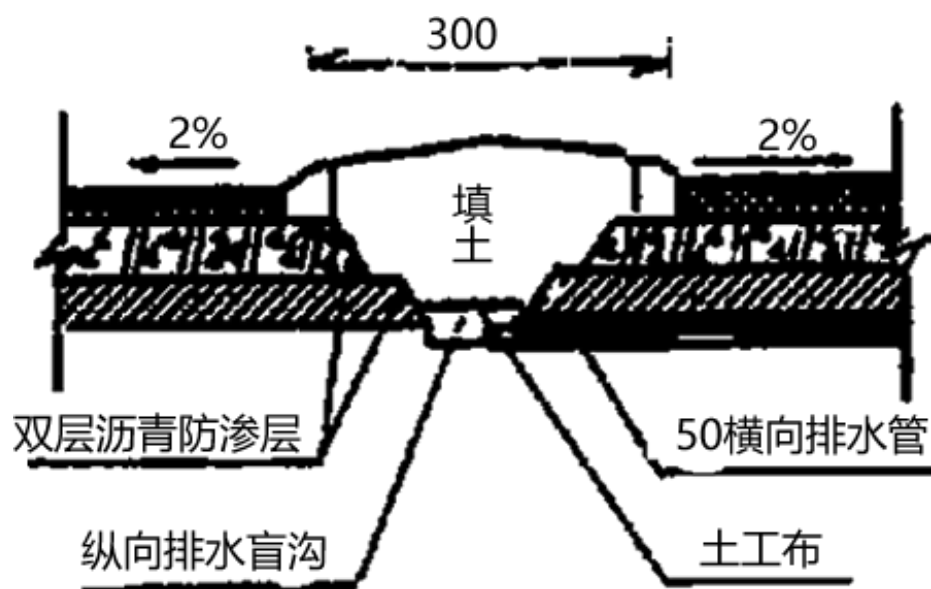
3.碎石盲沟上铺设土工布，使与回填土隔离，较之砂石料作反滤层，施工方便，有利于排水并可保持盲沟长期利用。

四、埋设横向塑料排水管

1.路基施工完毕后，即可进行埋设横向塑料排水管的施工。

2.基槽开挖。沟槽开挖深度及宽度应符合设计要求。沟底坡度应和路面横坡一致。

3.铺设垫层。



4.埋设塑料排水管。埋设要求：一端应插入中央分隔带范围内的纵向排水盲沟位置，另一端

应伸出路基边坡外。横向塑料排水管的进口须用土工布包裹，防止碎石堵塞。

5.沟槽回填。横向排水管埋设完毕并经验收合格后，方可进行沟槽回填。

五、缘石安装

2.路缘石应在路面铺设之前完成。

3.预制缘石应铺筑设在厚度不小于 2cm 的砂垫层上，砌筑砂浆的水泥与砂的体积比应为 1：

2。



1B412042 路肩施工

一、土路肩施工

先培路肩的优点是，已培好的路肩在结构层碾压时起支撑作用，可以减轻或避免结构层侧移

影响边缘的厚度和平整度；先培路肩的缺点是，横断面上易形成一个三角区。培土路肩的材

料，通常与填筑路堤的材料相同。（19 多选）



培土路肩施工方案：

1.准备下承层

2.施工流程：备料→推平→平整（基本平顺）→静压→切边→平整（精确平整）→碾压（18t压路机）。

（18 单选）

路堑段的路肩是开挖出来的，当开挖到设计标高时，路肩部分宜停止开挖，路面部分继续开挖直至路床顶面。

二、硬路肩施工

硬路肩的设计标高常见的有两种情况：一种是硬路肩与车行道连接处标高一致，横坡与沥青混合料的种类也相同时，可将硬路肩视为行车道的展宽，摊铺混合料时可与行车道一起铺筑，硬路肩的质量要求同相同的路面结构。



另一种是硬路肩的顶面标高低于相连的行车道，这种情况应先摊铺硬路肩部分，宽度应比要求的宽 5cm 左右，保证与行车间路面有一定的搭接，以免搭不上需人工找补。

1B412050 路面工程质量通病及防治措施

1B412051 无机结合料基层裂缝的防治

1B412052 沥青混凝土路面不平整的防治

1B412053 沥青混凝土路面接缝病害的防治

1B412054 水泥混凝土路面裂缝的防治

1B412055 水泥混凝土路面断板的防治

1B412050 路面工程质量通病及防治措施

1B412051 无机结合料基层裂缝的防治

一、原因分析（改错）

- 1.混合料中石灰、水泥、粉煤灰等比例偏大；集料级配中细料偏多，或石粉中性指数偏大。
- 2.碾压时含水量偏大。
- 3.成型温度较高，强度形成较快。
- 4.碎石中含泥量较高。
- 5.路基沉降尚未稳定或路基发生不均匀沉降。
- 6.养护不及时、缺水或养护时洒水量过大。
- 7.拌合不均匀。

三、治理措施

- 1.可采用聚合物加特种水泥压力注入法修补水泥稳定粒料的裂缝。
- 2.加铺高抗拉强度的聚合物网。
- 3.破损严重的基层，应将原破损基层整幅开挖维修。（返工）
- 4.在石灰稳定土施工结束后，要及早铺筑面层，使基层含水量不发生大的变化，以减轻干缩裂隙。

1B412052 沥青混凝土路面不平整的防治

三、治理措施

- 1.在摊铺层表面有个别超尺寸颗粒，被熨平板带动而在层面划出不规则的小沟，或在摊铺层表面有少数超尺寸颗粒因被熨平板带动而在其后形成小坑洞。

处理方法：人工及时用适量的细骨料沥青混合料填补，并及时碾压整平。

2.摊铺机后局部一片或一条较宽的带内沥青混合料中的大碎石被压碎。

处理方法：采用人工及时把被压碎的碎石混合料铲除，选用合适的沥青混合料补齐和整平。

3.表面层混合料有离析现象（大料集中）。

处理方法：人工及时补撒适量的细骨料沥青混合料。

1B412054 水泥混凝土路面裂缝的防治

（一）横向裂缝

1.混凝土路面切缝不及时。

2.切缝深度过浅。

3.混凝土路面基础发生不均匀沉陷。

4.板厚或强度不足产生的强度裂缝。

5.水泥干缩性大；混凝土配合比不合理，水胶比大；材料计量不准确；养护不及时。

6.混凝土施工时，振捣不均匀。

三、治理措施

（一）横向裂缝

1.当板块裂缝较大，咬合能力严重削弱时，应局部翻挖修补，先沿裂缝两侧一定范围画出标线，最小宽度不宜小于 1m，标线应与中线垂直，然后沿缝锯齐，凿去标线间的混凝土，浇筑新混凝土。

2.整块板更换。

3.用聚合物灌浆法封缝或沿裂缝开槽嵌入弹性或刚性粘合修补材料，起封缝防水作用。

（二）纵向裂缝（路基沉陷）

3.翻挖重铺是一个常用的有效措施，但基层必须稳定可靠，否则必须首先从加强、稳定基层

方面入手。



(三) 龟裂



(三) 龟裂

- 1.如混凝土在初凝前出现龟裂，可采用镬刀反复压抹或重新振捣的方法来消除，再加强湿润覆盖养护。
- 3.必要时应用注浆进行表面涂层处理，封闭裂缝。



1B412055 水泥混凝土路面断板的防治



三、治理措施

(一) 裂缝的修补

裂缝的修补方法有直接灌浆法、压注灌浆法、扩缝灌注法、条带罩面法、全深度补块法。(18

II 多选)

(二) 局部修补

(三) 整块板更换

1B413010 桥梁的构造

1B413010 桥梁的构造

1B413011 桥梁的组成与类型

1B413012 桥梁基础分类和受力特点

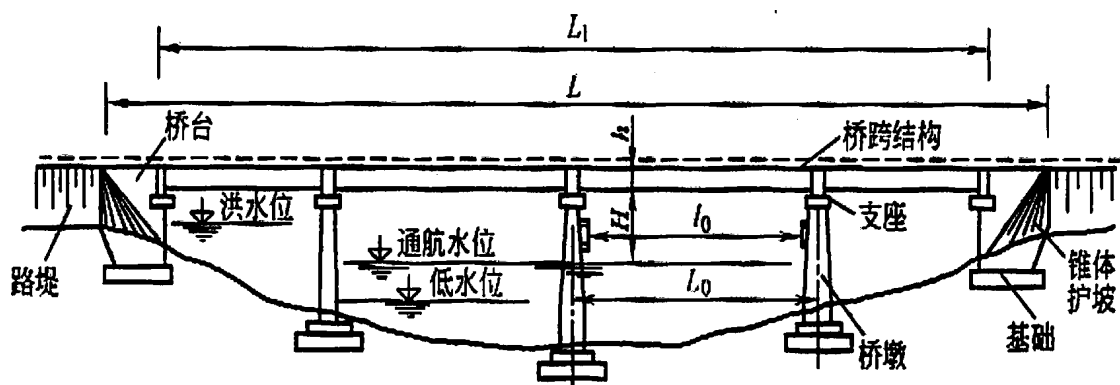
1B413014 桥梁上部结构分类和受力特点

1B413015 桥梁计算荷载

1B413011 桥梁的组成与类型

一、桥梁组成

桥梁一般由上部结构、下部结构、支座系统和附属设施四个基本部分组成。





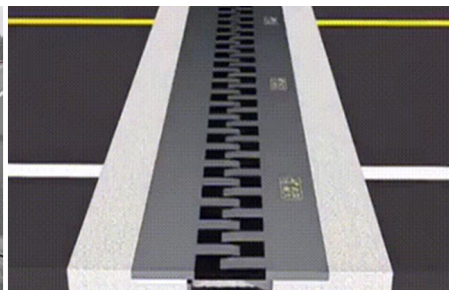
上部结构通常又称为桥跨结构，是在线路中断时跨越障碍的主要承重结构；



下部结构包括桥墩、桥台和基础；



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、排水防水系统、栏杆、灯光照明等。



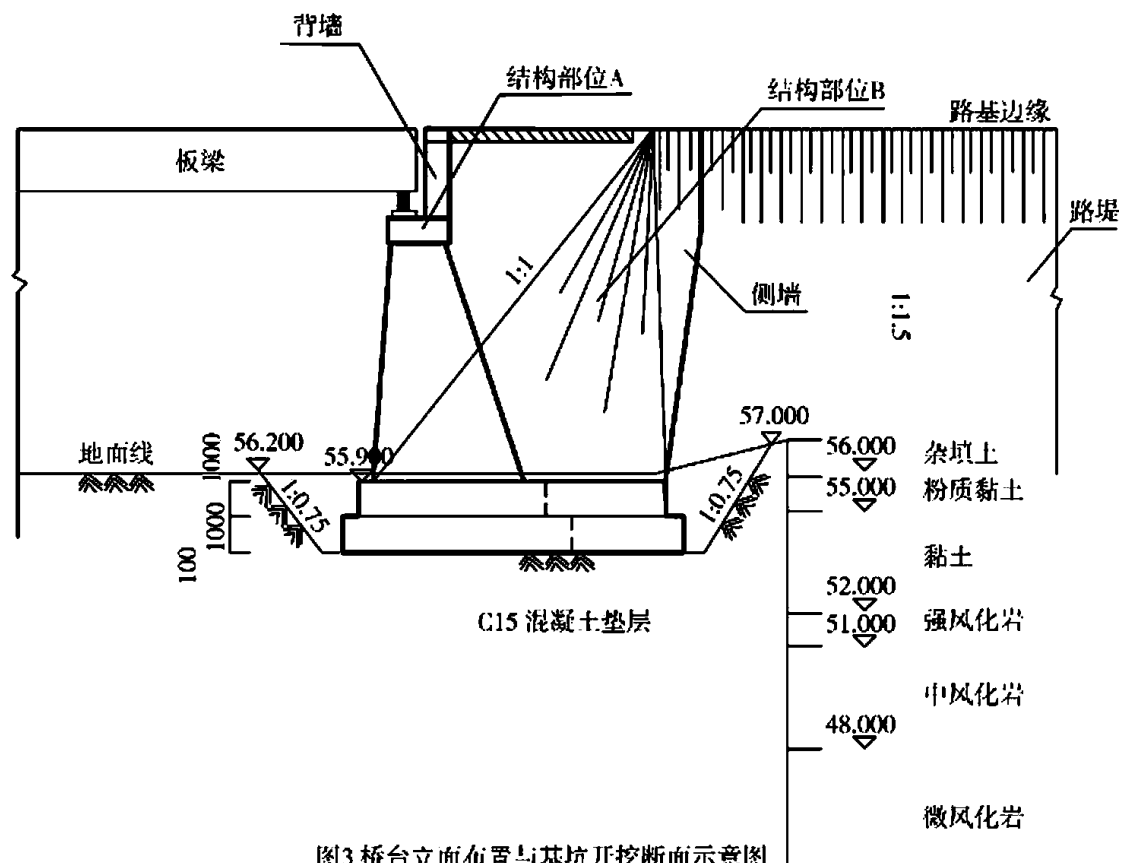
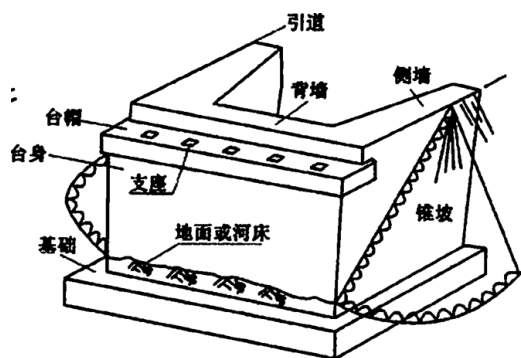


图3 桥台立面布置与基坑开挖断面示意图
(标高单位: m; 尺寸单位: mm)

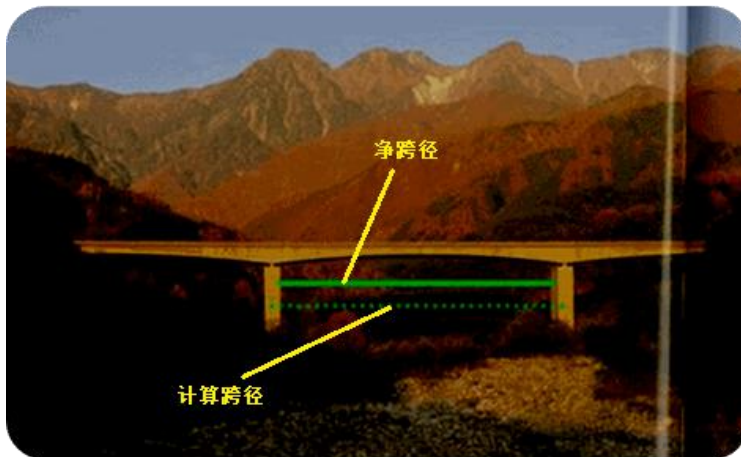




二、相关尺寸术语

1.梁式桥净跨径是设计洪水位上相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距。

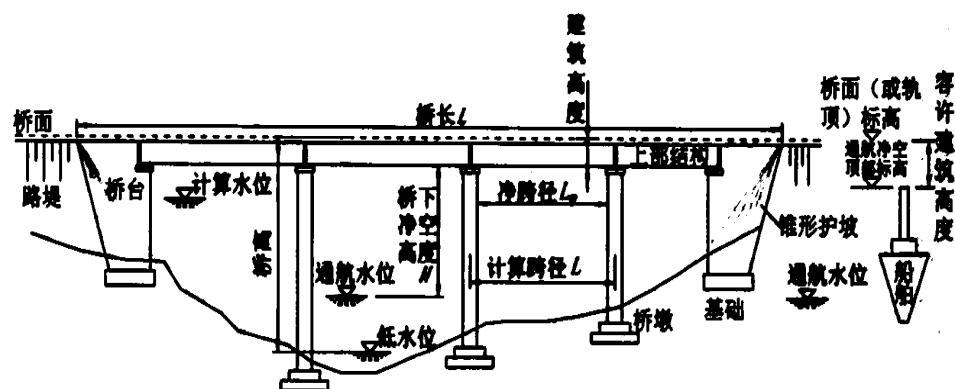
3.计算跨径对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离。



5.桥梁高度简称桥高，是指桥面与低水位（或地面）之间的高差，或为桥面与桥下线路路面之间的距离。

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。

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。



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 的结构物，均称为涵洞。



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。其他还有几种由基本体系组合而成的组合体系等。

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。梁分简支梁、悬臂梁、固端梁和连续梁等。



简支梁

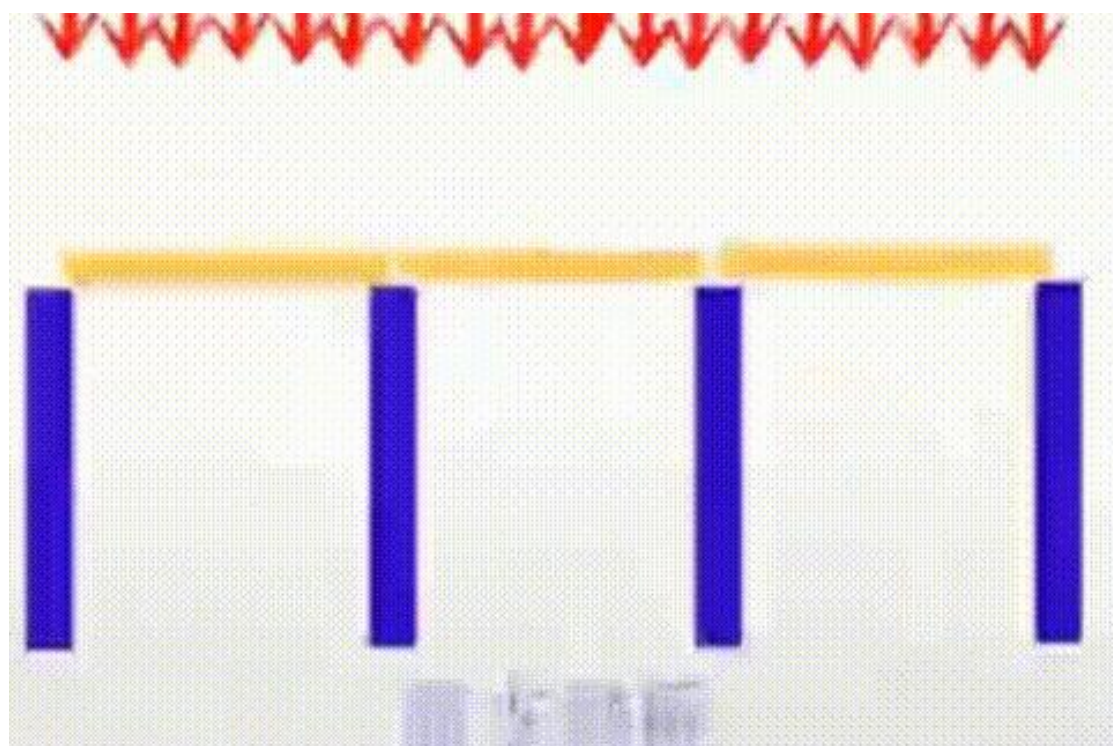


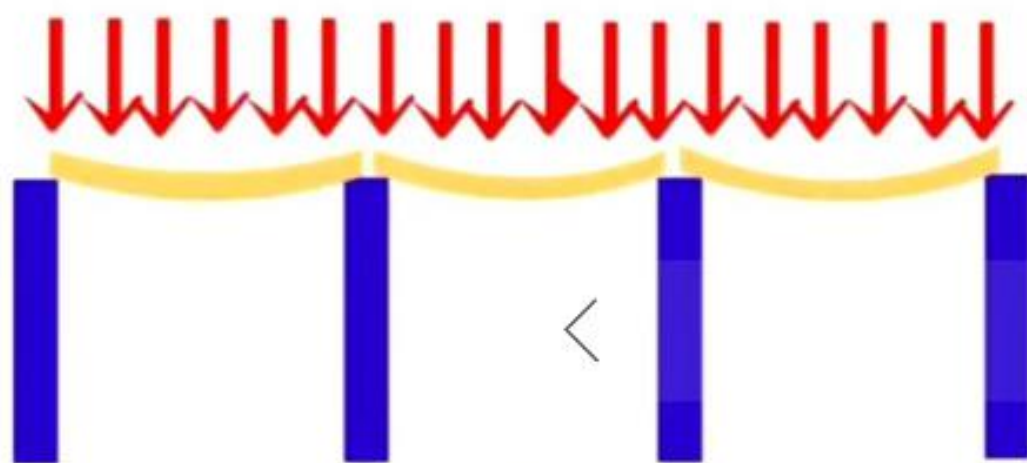
连续梁



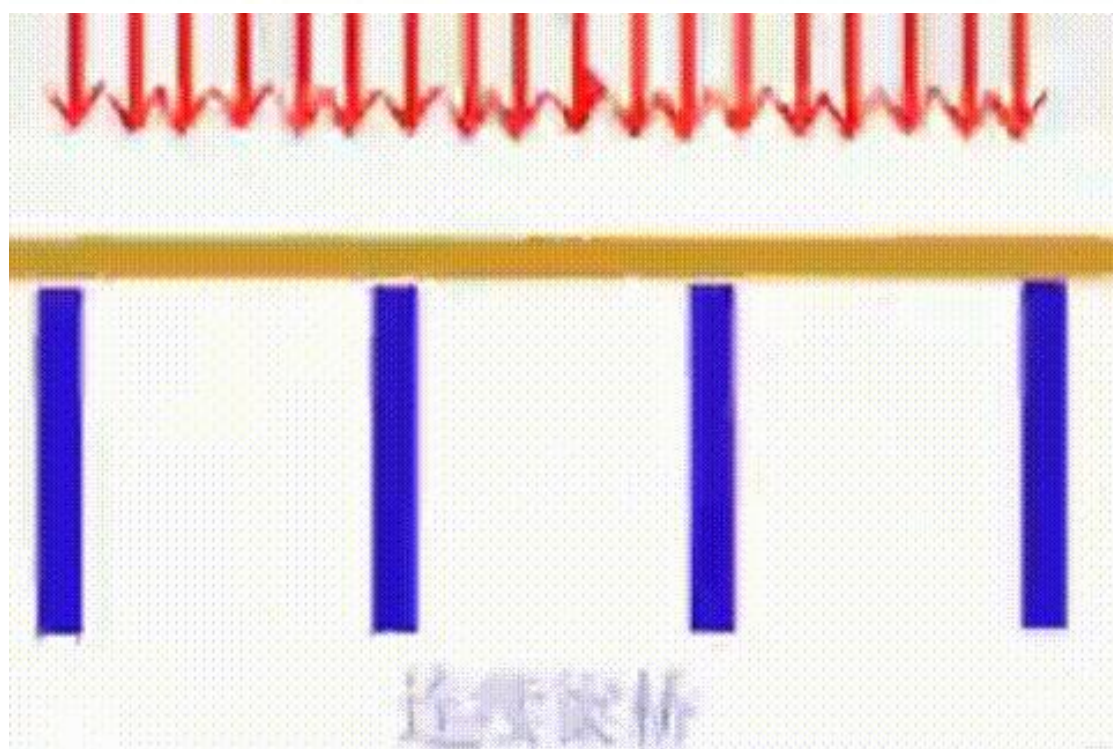
悬臂梁

梁式桥示意图

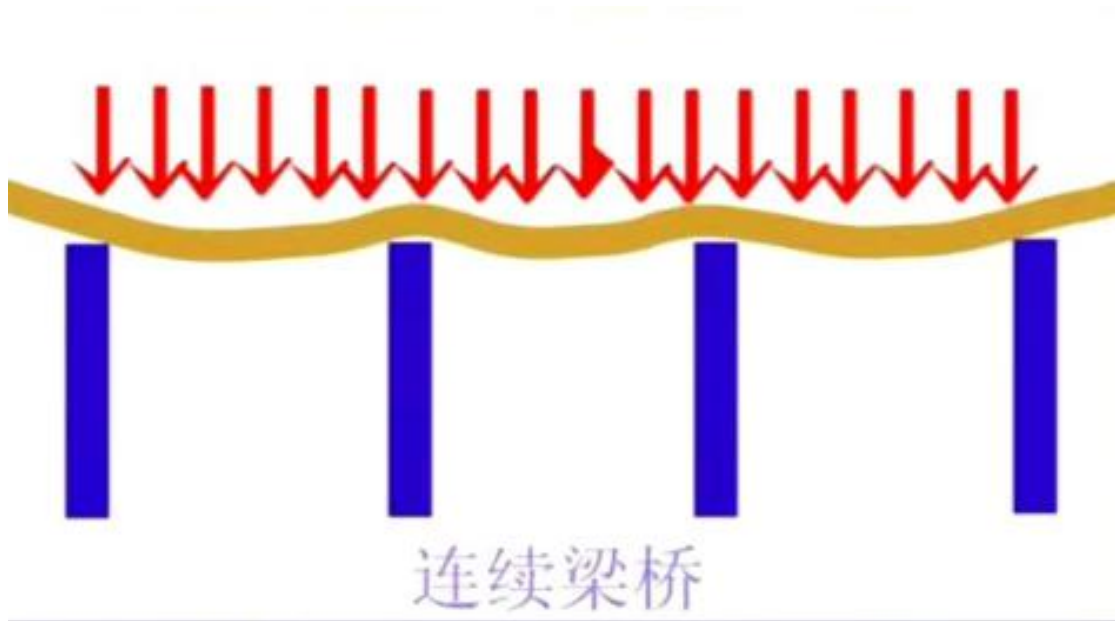




简支梁桥



连续梁桥



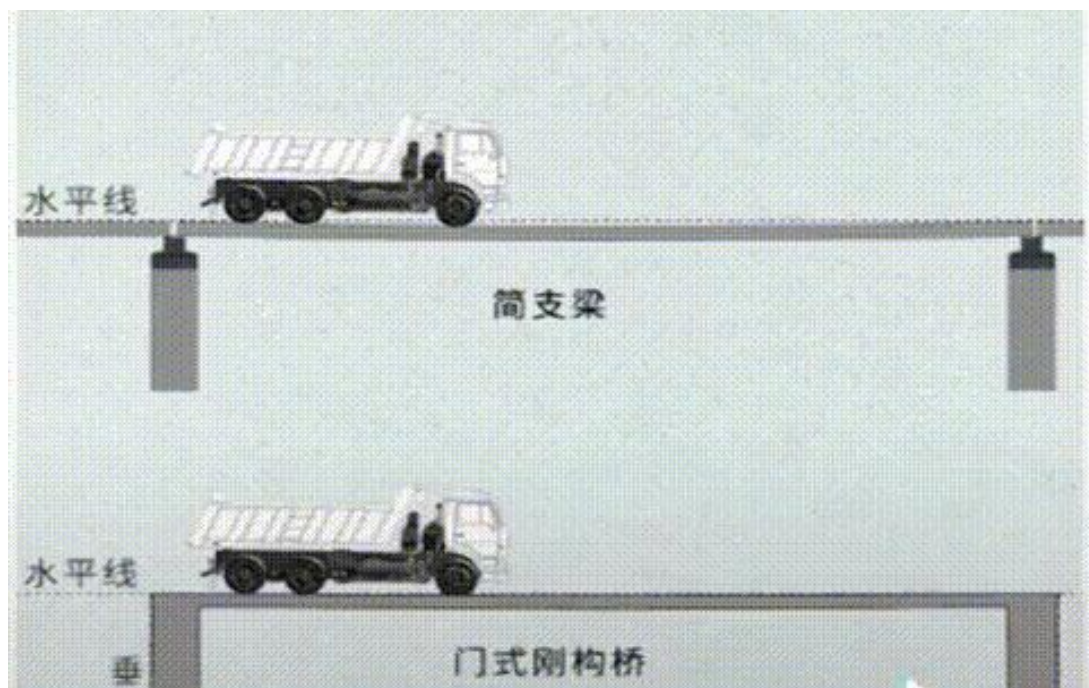
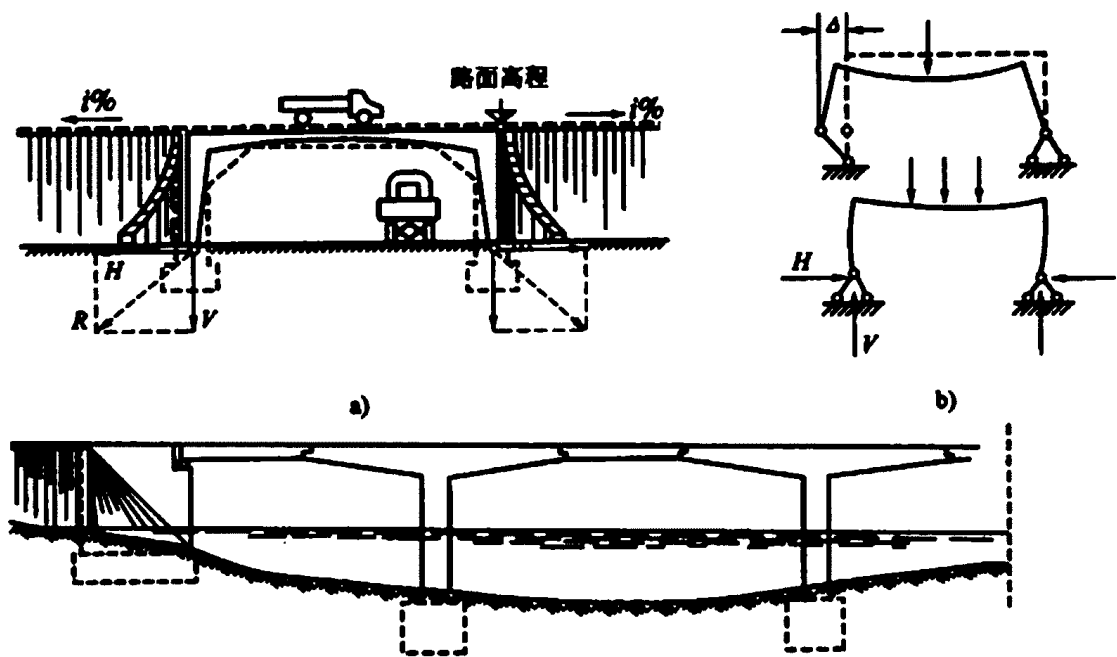
2.拱式体系

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。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。



4.悬索桥

悬索桥指以悬索为主要承重结构的桥。其受力特征是：荷载由吊索传至缆，再传至锚墩，传力途径简捷、明确。悬索桥的特点是：构造简单，受力明确；悬索桥的自重较轻，能经济合理地修建大跨度桥。



5.组合体系

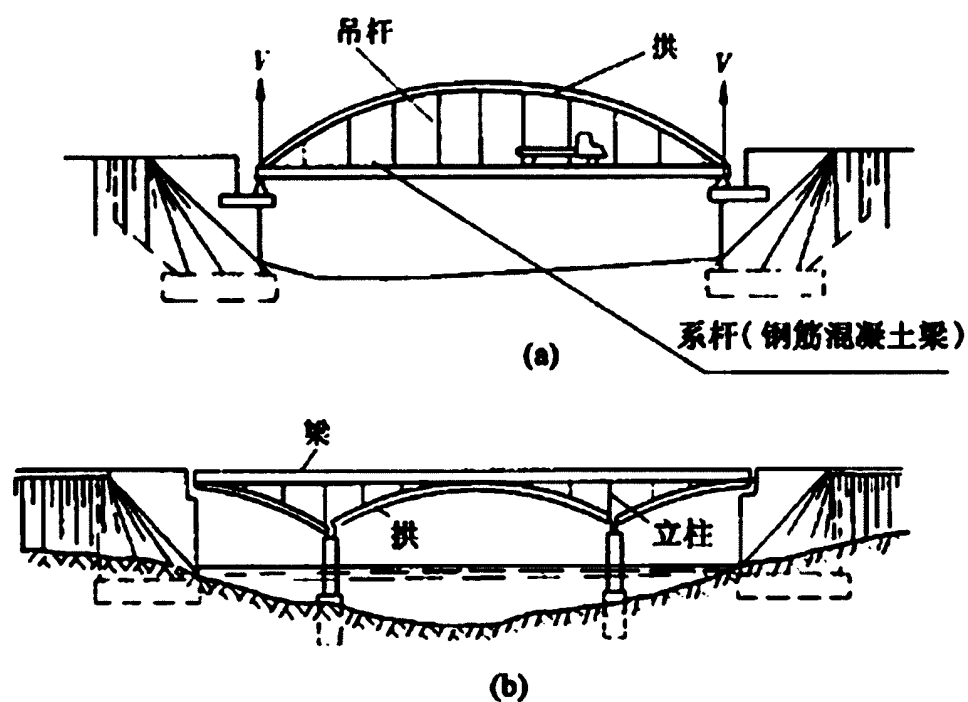
(1) 连续刚构

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。



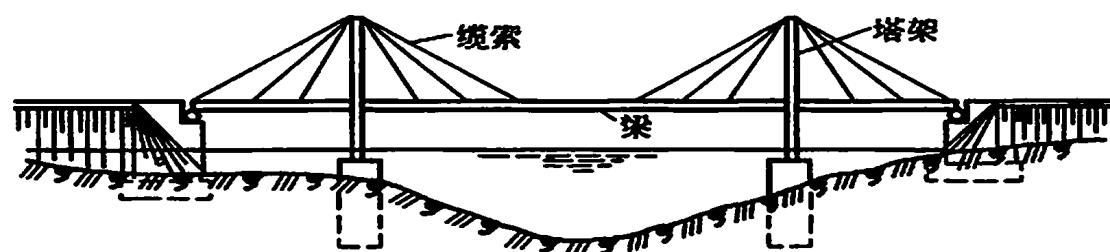
(2) 梁、拱组合体系

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

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。



(二) 桥梁的其他分类

分类标准	桥梁类型
用途	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（如通过管路、电缆等）。
桥梁全长和跨径	特大桥、大桥、中桥和小桥。
主要承重结构所用的材料	圬工桥（包括砖、石、混凝土桥）、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥和木桥等。
按跨越障碍的性质	跨河（海）桥、跨线（立体交叉）桥、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。

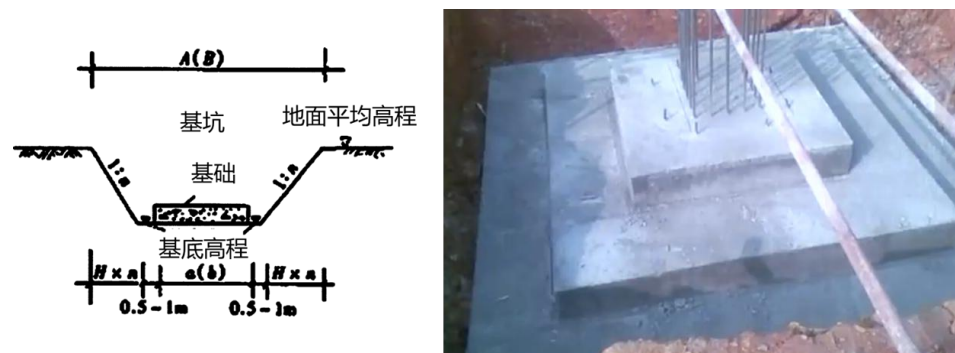


1B413012 桥梁基础分类和受力特点

桥梁基础按施工方法可分为扩大基础、桩基础、沉井、地下连续墙等。

一、扩大基础

所谓扩大基础，是将墩（台）及上部结构传来的荷载由其直接传递至较浅的支承地基的一种基础形式，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。

扩大基础主要承受压应力，一般用抗压性能好，抗弯拉、抗剪性能较差的材料（如混凝土、毛石、三合土等）建造，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。

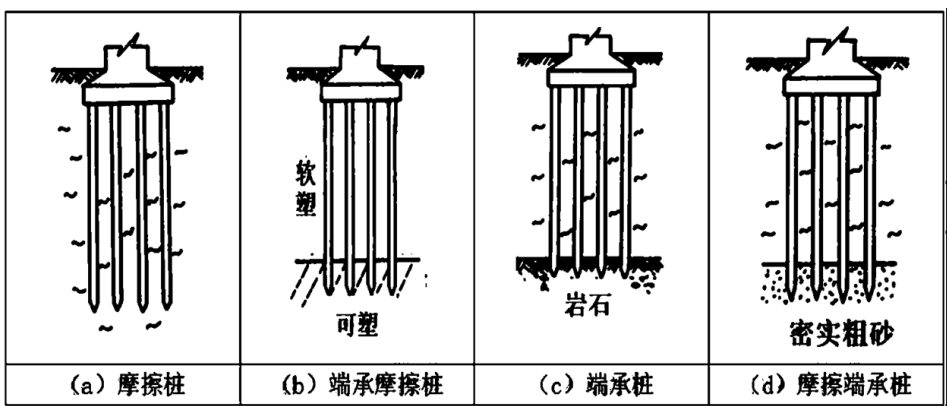
1.桩的分类

(1) 按桩的使用功能分类

分为竖向抗压桩；竖向抗拔桩；水平受荷桩；复合受荷桩。

(2) 按桩承载性能分类

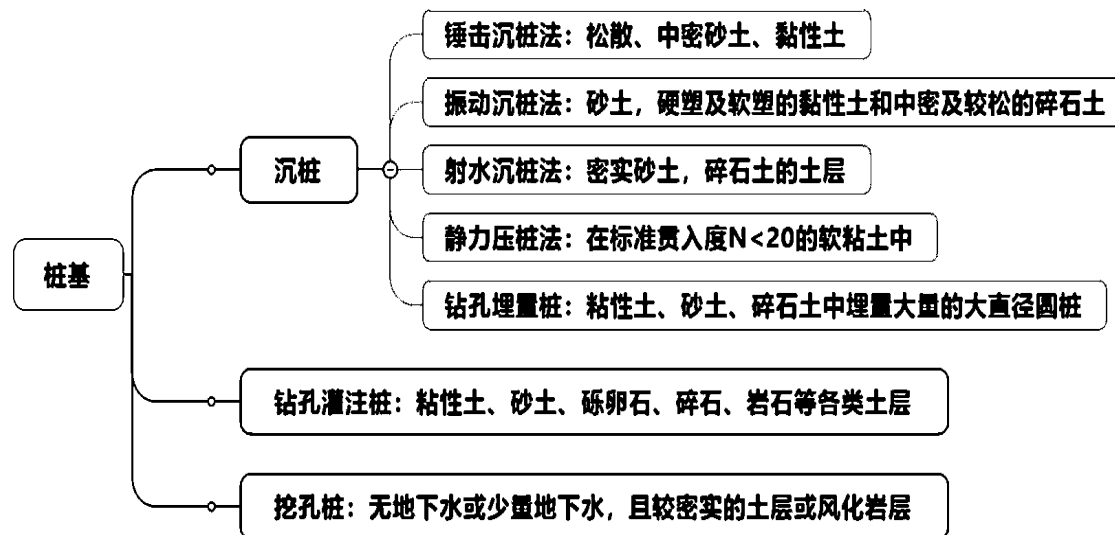
分为摩擦桩；端承桩；摩擦端承桩；端承摩擦桩。



(4) 按桩径大小分类

- ①小桩：桩径 $d \leq 250\text{mm}$ 。
- ②中等直径桩： $250\text{mm} < d < 800\text{mm}$ 。
- ③大直径桩：桩径 $d \geq 800\text{mm}$ 。

(5) 按施工方法分类



静力压桩



挖孔桩

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。



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。

1B413013 桥梁下部结构分类和受力特点

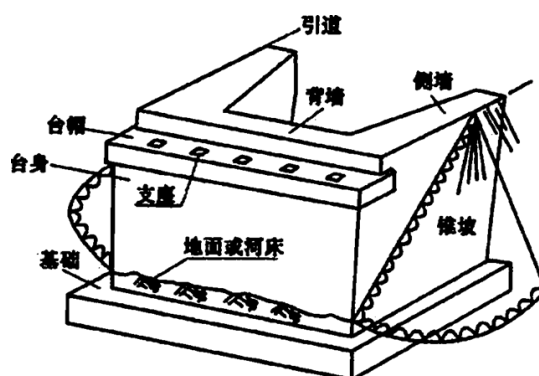
公路桥梁下部结构可分为重力式桥墩、重力式桥台、轻型桥墩、轻型桥台。

（一）重力式墩、台

1.重力式墩、台

主要特点：靠自身重量来平衡外力而保持其稳定，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。

梁桥和拱桥上常用的重力式桥台为 U 形桥台，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。

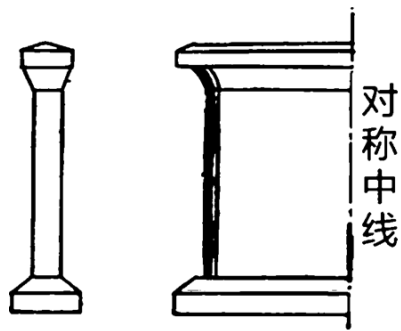


（二）轻型墩、台

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：施工简便，外形美观，过水性良好，适用于低级土软弱的地区。



②柱式桥墩：外形美观，圬工体积少，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。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。



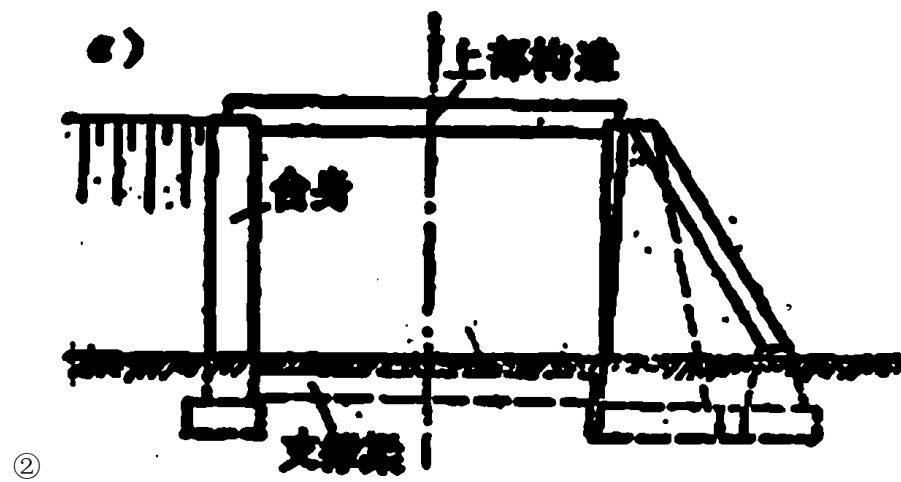
④柔性排架桩墩：优点是用料省、修建简便、施工速度快。主要缺点是用钢量大，使用高度和承载能力受到一定限制。因此它只适合于在低浅宽滩河流、通航要求低和流速不大的水网地区河流上修建小跨径桥梁时采用。



(2) 梁桥轻型桥台

利用钢筋混凝土结构的抗弯能力来减少圬工体积而使桥台轻型化。可分为薄壁轻型桥台和支撑梁轻型桥台。

① 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。

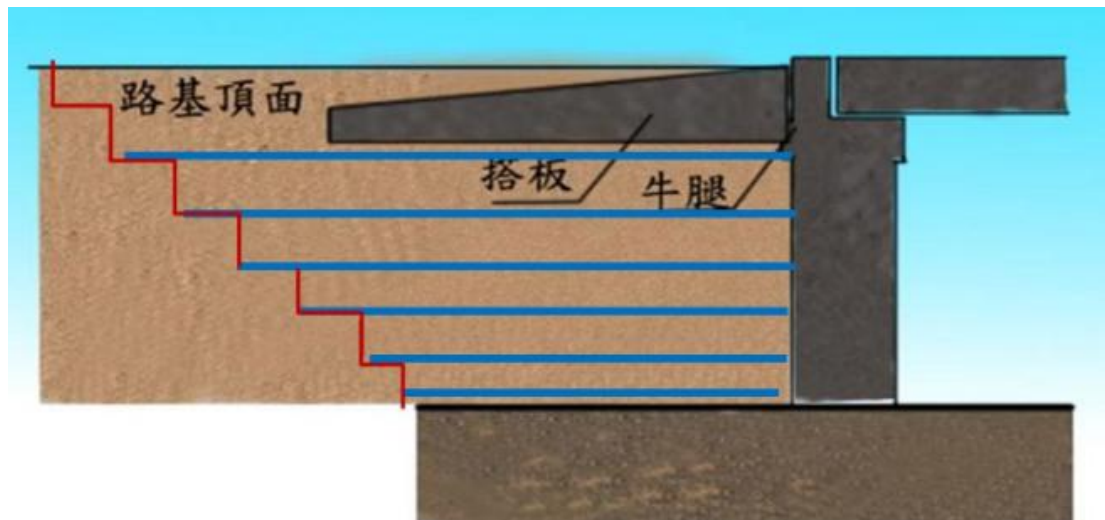


②埋置式桥台：桥台所受的土压力小，桥台的体积相应的减少。埋置式桥台是将台身埋在锥形护坡中，只露出台帽在外以安置支座及上部构造。



③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。

④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。

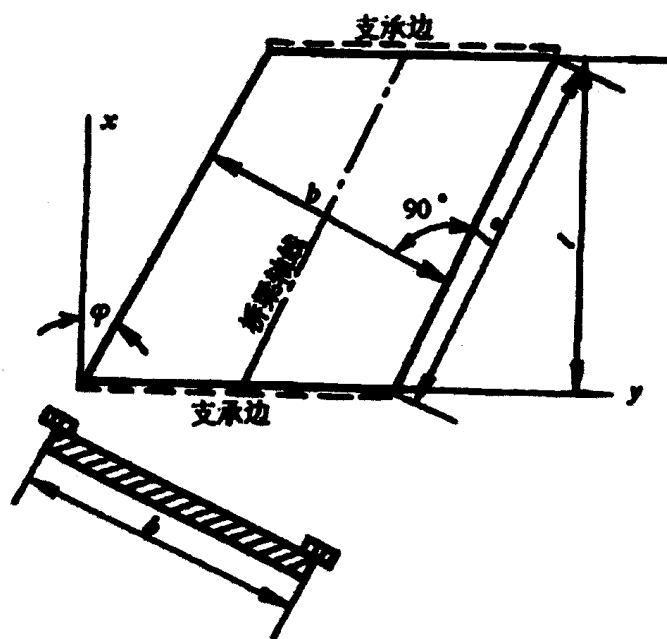


1B413014 桥梁上部结构分类和受力特点

1.斜交板桥

正交桥：桥梁的纵轴线与其跨越的河流流向或路线轴同相垂直的桥梁。

斜交桥：桥梁的纵轴线与其跨越的河流流向或路线轴向不相垂直的桥梁。



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。

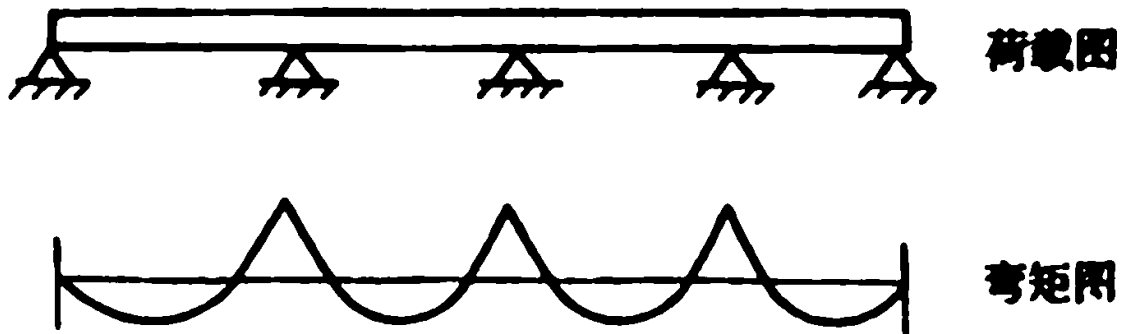
3.预应力混凝土简支 T 梁



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。

(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) 斜拉索相当于增大了偏心距的体外索,充分发挥抵抗负弯矩的能力,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

(1) 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，这样拱的弯矩比相同跨径的梁的弯矩小得多，而使整个拱主要承受压力。

1B413015 桥梁计算荷载

一、桥梁设计作用的分类

作用是公路桥涵设计专业术语，其定义为：施加在结构上的一组集中力或分布力，或引起结构外加变形或约束变形的原因，前者称为直接作用，亦称荷载，后者称间接作用。公路桥涵设计采用的作用分为永久作用、可变作用、偶然作用和地震作用四类。

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、徐变作用
6		水的浮力
7		基础变位作用
编号	作用分类	作用名称
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
编号	作用分类	作用名称
17	可变作用	冰压力
18		波浪力
19		温度作用
20		支座摩阻力

【例 2016-真题多选】下列桥梁设计计算荷载中，属于偶然作用的有（ ）。

- A．船舶的撞击作用
- B．汽车制动力
- C．汽车撞击作用
- D．地震作用
- E．冰压力

【答案】AC

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

1B413022 常用模板、支架和拱架的施工

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。

一、一般规定

1.模板宜采用钢材、胶合板或其他适宜的材料制作；支架宜采用钢材或常备式定型钢构件等

材料制作。

2.模板和支架应具有足够的强度、刚度和稳定性，应能承受施工过程中所产生的各种荷载。

4.模板的板面应平整，接缝处应严密且不漏浆；模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝。

6.支架不得与应急安全通道相连接。

7.在模板上设置的吊环应采用 HPB300 钢筋，严禁采用冷加工钢筋制作。每个吊环应按两肢截面计算，在模板自重标准值作用下，吊环的拉应力应不大于 65MPa。

二、模板、支架和拱架的设计

（一）一般要求

2.模板背面应设置主肋和次肋作为其支承系统，主肋和次肋的布置应根据模板的荷载和刚度要求进行。



次肋的配置方向应与模板的长度方向相垂直，应能直接承受模板传递的荷载，其间距应按荷载数值和模板的力学性能计算确定；主肋应承受次肋传递的荷载，且应能起到加强模板结构的整体刚度和调整平直度的作用，支架或支撑的着力点应设置在主肋上。

3.支架的立杆之间应根据其受力要求和结构特点设置水平和斜向等支撑连接杆件，增强支架

的整体刚度和稳定性。



(二) 设计与验算

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：

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撑板、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)

- (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。

2. 拱架设计荷载应根据结构特点和施工荷载特性分析取用，拱圈的自重荷载宜乘以 1.2 倍系数。在计算荷载作用下，应按可能产生的最不利荷载组合验算拱架的强度、刚度和稳定性。



3. 验算模板、支架的刚度时，其变形值不得超过下列允许值：

(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 ;

4.验算模板、支架在自重和风荷载等作用下的抗倾覆稳定性时,其抗倾覆稳定系数应不小于 1.3。

5.对拱架各截面的强度进行验算时,应根据拱架的结构形式和所承受的荷载大小,按分环分段浇筑或砌筑施工的工况,分别验算其拱顶、拱脚和 $1/4$ 跨等特征截面的应力,并应对特征拱架节点进行受力分析。

7.稳定性的验算应包括拱架的整体稳定和局部稳定,抗倾覆稳定系数应不小于 1.5。对拱架在拼装过程中的稳定性亦应进行验算,当不能满足拼装要求时,应采取必要的辅助稳定措施。

1B413022 常用模板、支架和拱架的施工

一、模板的制作及安装



模板安装完成后需通过验收合格后,方可进入下一工序。模板制作与安装施工工艺流程如下:

选择模板及支撑材料→模板设计与绘图→构件基础平整及支撑系统施工→模板加工制作与

安装→模板表面及接缝处理→模板安装质量检验→钢筋安装及质量检验→混凝土浇筑→混凝土养护→拆除模板。

二、支架、拱架的制作及安装

3.支架宜根据其结构形式、所用材料和地基情况的不同，在施工前确定是否对其进行预压，并应符合下列规定：

（1）对位于刚性地基上的刚度较大且非弹性变形可确定控制在一定范围内的支架，在经计算并通过一定审核程序，确认其满足强度、刚度和稳定性等要求的前提下，可不预压；但在施工过程中应对支架的材料和安装施工质量采取严格的管控措施。

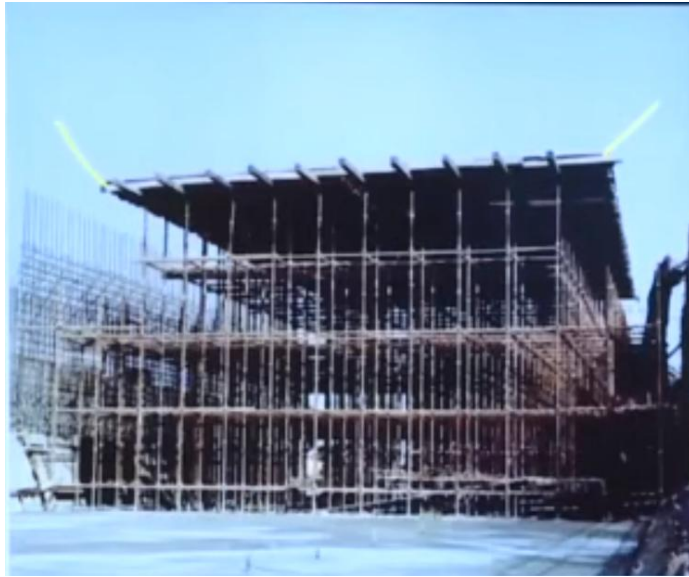
（2）对位于软土地基或软硬不均地基上的支架，宜通过预压的方式，消除地基的不均匀沉降和支架的非弹性变形。



（3）对支架进行预压时，预压荷载宜为支架所承受荷载的 1.05~1.10 倍，预压荷载的分布宜模拟需承受的结构荷载及施工荷载。

4.支架应结合模板的安装一并考虑设置预拱度和卸落装置，并应符合下列规定：

（1）设置的预拱度值，应包括结构本身需要的预拱度和施工需要的预拱度两部分。



(2) 施工预拱度应考虑下列因素：模板、支架承受施工荷载引起的弹性变形；受载后由于杆件接头的挤压和卸落装置压缩而产生的非弹性变形；支架地基在受载后的沉降变形。

(3) 专用支架应按其产品的要求进行模板的卸落；自行设计的普通支架应在适当部位设置相应的木楔、木马、砂筒或千斤顶等卸落模板的装置，并根据结构形式、承受的荷载大小确定卸落量。

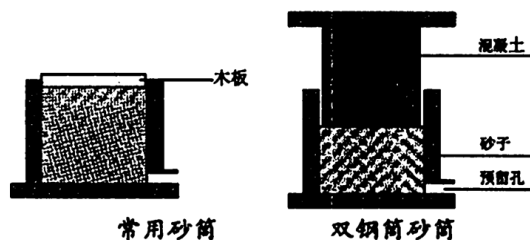


图 1 砂筒结构图

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。

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

3. 芯模和预留孔道的内模，应在混凝土强度能保证其表面不发生塌陷或裂缝现象时，方可拆

除。

5.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。

6.模板、支架的拆除应遵循后支先拆、先支后拆的原则顺序进行。墩、台的模板宜在其上部结构施工前拆除。

7.拆除梁、板等结构的承重模板时，在横向应同时、在纵向应对称均衡卸落。简支梁、连续梁结构的模板宜从跨中向支座方向依次循环卸落；悬臂梁结构的模板宜从悬臂端开始顺序卸落。

9.拱架的拆卸应符合下列规定：

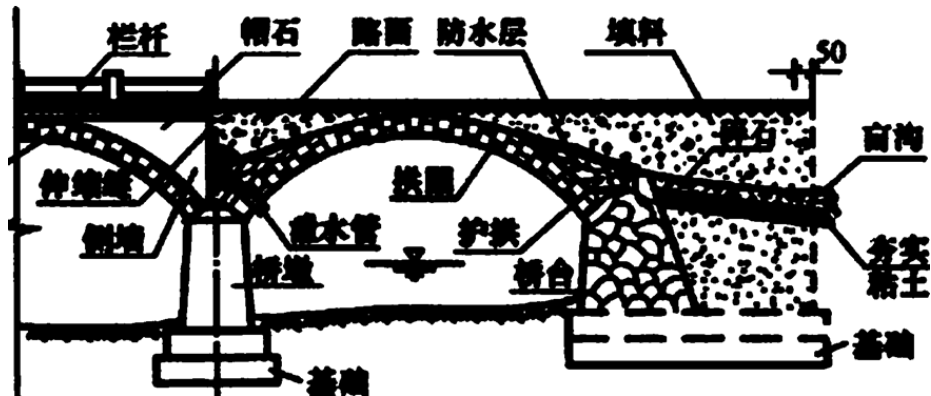
（1）现浇混凝土拱圈的拱架，其拆除期限应符合设计规定；设计未规定时，应在拱圈混凝土强度达到设计强度的 85%后，方可卸落拆除。

（2）卸落拱架应按提前拟定的卸落程序进行，且宜分步卸落；在纵向应对称均衡卸落，在横向应同时一起卸落。满布式落地拱架卸落时，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；多孔拱桥卸架时，若桥墩允许承受单孔施工荷载，可单孔卸落，否则应多孔同时卸落，或各连续孔分阶段卸落。

（3）石拱桥的拱架卸落时间应符合下列要求：

①浆砌石拱桥，应待砂浆强度达到设计强度的 85%后方可卸落；设计另有规定时，应从其规定。

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。



【19 一建单选】关于预应力钢筋混凝土拆模说法错误的是（ ）。

- A．承包人应在拟定拆模时间的 12h 以前，并应取得监理工程师同意
- B．非承重侧模板应在混凝土强度，设计未规定达到 2.5MPa 时方可拆除侧模板
- C．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
- D．预应力混凝土结构，其侧模、底模及支架应在结构建立预应力后方可拆除

【答案】D

1B413030 钢筋与混凝土施工技术

1B413031 钢筋工程施工

1B413032 混凝土工程施工

1B413033 预应力混凝土工程施工

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，检验试验方法应符合现行国家标准的规定。在工地存放时，应按不同品种、规格，分批分别堆置整齐，不得混杂，并应设立识别标志，存放的时间不宜超过 6 个月。

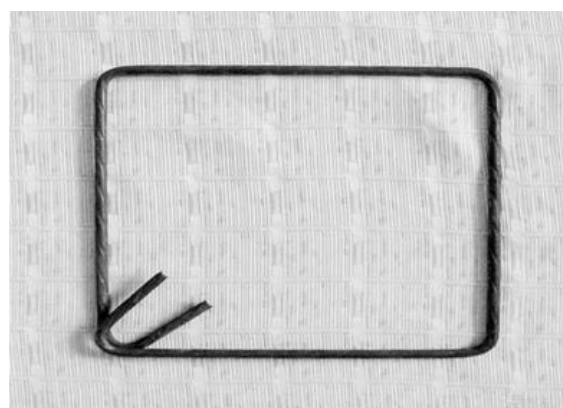
钢筋的级别、种类和直径应按设计规定采用，当需要代换时，应得到设计人员的书面认可。

预制构件的吊环，必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，且其使用时的计算拉应力应不大于 65MPa。



二、普通钢筋的加工制作

3. 箍筋的末端应做弯钩，弯钩的弯曲直径应大于被箍受力主钢筋的直径，且 HPB300 级钢筋应不小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB400 级钢筋应不小于箍筋直径的 5 倍。弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍，有抗震要求的结构，不应小于箍筋直径的 10 倍。



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。



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。电弧焊接头的焊缝长度，对双面焊缝不应小于 $5d$ ，单面焊缝不应小于 $10d$ （ d 为钢筋直径）。



10.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：

（2）骨架焊接时，不同直径钢筋的中心线应在同一平面上，较小直径的钢筋在焊接时，下面宜垫以厚度适当的钢板。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。相邻的焊缝应采用分区对称跳焊，不得顺方向一次焊成。

12.灌注桩钢筋骨架的制作、运输与安装应符合下列规定：

（1）大直径长桩的钢筋骨架宜在胎架上分段制作，且宜编号，安装时应按编号顺序连接。

（2）应在骨架外侧设置控制混凝土保护层厚度的垫块，垫块的间距在竖向不应大于 2m ，在横向圆周不应少于 4 处。



三、预应力钢筋的加工制作

(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。如检查不合格，则应对该批钢丝逐盘检查。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) 螺纹钢筋：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. 预应力筋制作时的下料应符合下列规定：

(1) 预应力筋的下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、辙头预留量、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。



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，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。



同条件养护



标准条件养护

二、混凝土的配合比

3.在混凝土中掺入外加剂时，应符合下列规定：

- (1) 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。
- (2) 减水剂宜采用聚羧酸类减水剂。
- (3) 各种外加剂中的氯离子总含量宜不大于混凝土中胶凝材料总质量的 0.02%，硫酸钠含量宜不大于减水剂干重的 15%。

三、混凝土的拌制与运输

2.混凝土拌合物应搅拌均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象。

3.混凝土搅拌完毕后，应检测混凝土拌合物的坍落度及其损失，宜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应不少于两次，评定时应以浇筑地点的测值为准。

当混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时，其坍落度可仅在搅拌地点取样检测。



5.混凝土采用泵送方式时应符合下列规定：

(1) 混凝土的供应宜使输送混凝土的泵能连续工作，泵送的间歇时间宜不超过 15min。在泵送过程中，受料斗内应具有足够的混凝土，应防止吸入空气产生阻塞。



(2) 输送管应顺直，转弯处应圆缓，接头应严密不漏气。

(3) 向低处泵送混凝土时，应采取必要措施，防止混凝土离析或堵塞输送管。

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 外加剂并保持其原水胶比不变；二次搅拌仍不符合要求时，则不得使用。



四、混凝土的浇筑

2.自高处向模板内倾卸混凝土时，为防止混凝土离析。(1) 从高处直接倾卸时，其自由倾落高度不宜超过 2m。(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。



4.采用振动器振捣混凝土时，应符合下列规定：

(4) 每一振点的振捣延续时间宜为 20~30s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。



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:

(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。

(凿、清、润、刷)

(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。



五、混凝土的养护及修饰

- 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°C 时，应覆盖保温，不得向混凝土面上洒水。
- 4.混凝土的养护严禁采用海水。
- 5.混凝土的洒水养护时间一般为 7d，可根据空气的湿度、温度和水水泥品种及掺用的外加剂等情况，酌情延长或缩短。

六、大体积混凝土施工

- 1.大体积混凝土在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。粗集料宜采用连续级配，细集料宜采用中砂。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和掺合料，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，宜采取改善粗集料级配、提高掺合料和粗集料的含量、降低水胶比等措施，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) 应使其内部最高温度不大于 75°C 、内表温差不大于 25°C 。
- (2) 大体积混凝土可分层、分块浇筑。
- (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，后浇段宜采用微膨胀混凝土，并应一次浇筑完成。
- (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通循环水冷却，对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。



- (7) 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 级的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，不得使用立窑水泥。
- (2) 高强度混凝土的配合比应有利于减少温度收缩、干燥收缩和自身收缩引起的体积变形，避免早期开裂，高强度混凝土的水泥用量不宜大于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ ，胶凝材料总量不宜大于 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- (3) 高强度混凝土的设计配合比确定后，尚应采用该配合比进行不少于 6 次的重复试验进行验证，其平均值应不低于配制强度。

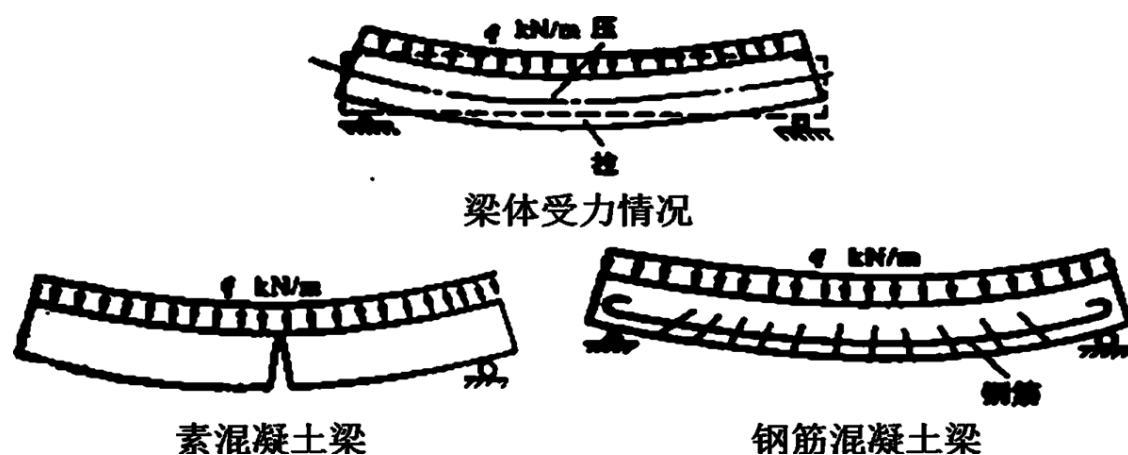
(4) 高强度混凝土的施工应采用强制式搅拌机拌制，不得采用自落式搅拌机搅拌。搅拌混凝土时高效减水剂宜采用后掺法，且宜制成溶液后再加入，并应在混凝土用水量中扣除溶液用水量。加入减水剂后，混凝土拌合料在搅拌机中继续搅拌的时间不宜少于 30s。

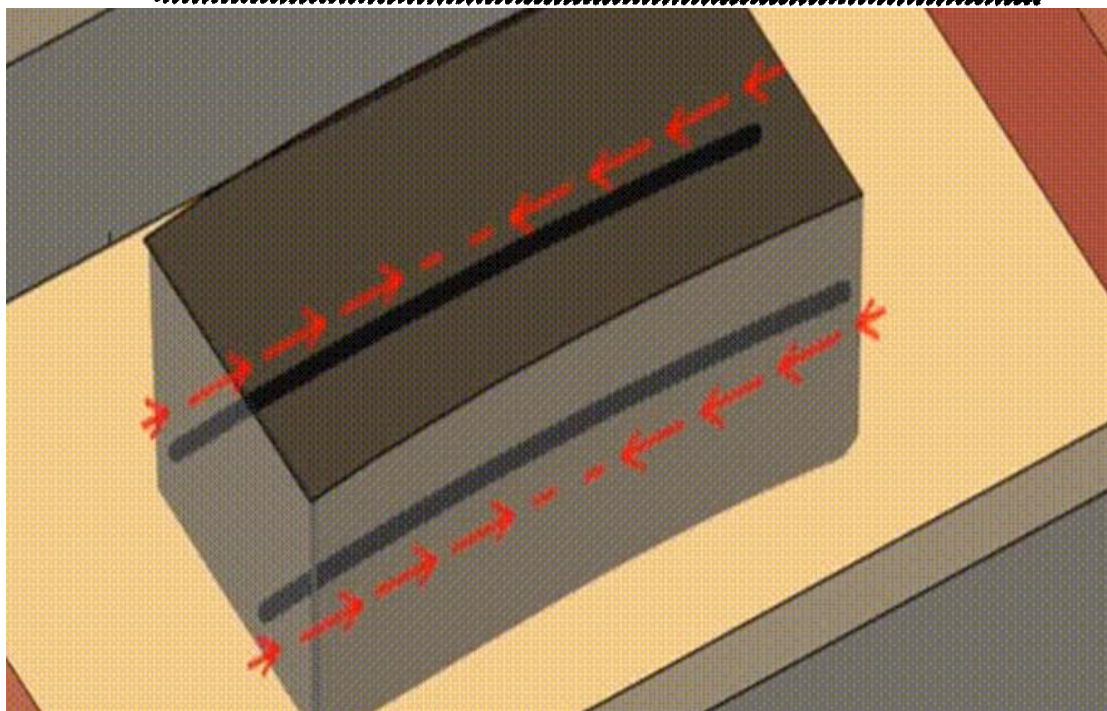
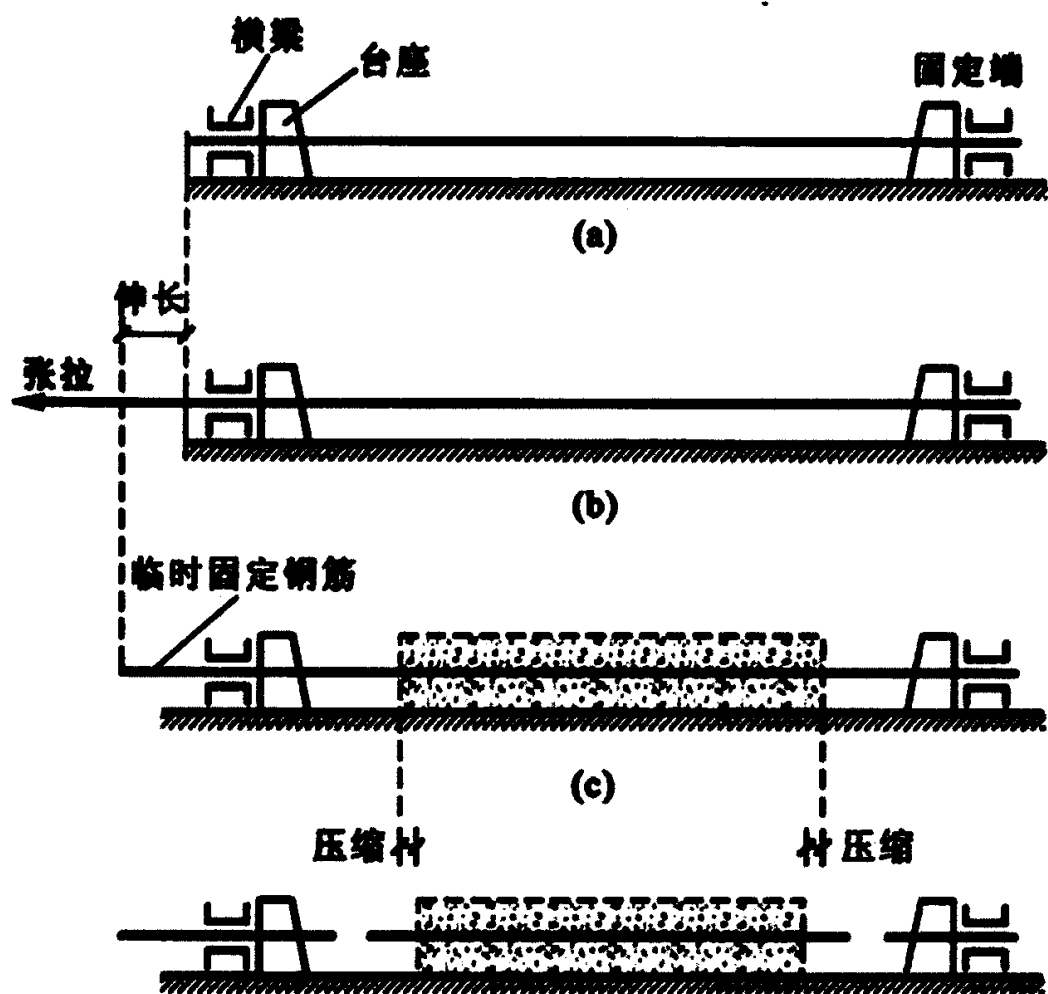
2.高性能混凝土 (HPC)

(1) 配制高性能混凝土时，应选用优质水泥和级配良好的优质集料，同时应掺加与水泥相匹配的高效减水剂及优质掺合料。

(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 级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、粉煤灰硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，亦不宜采用早强水泥。

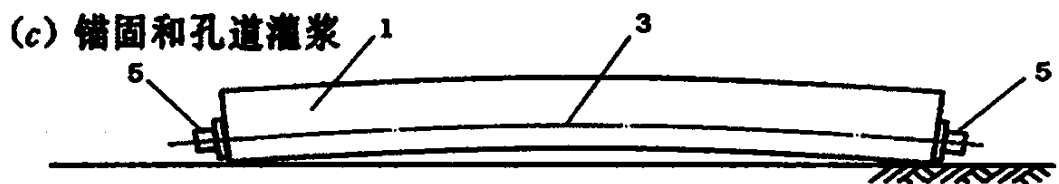
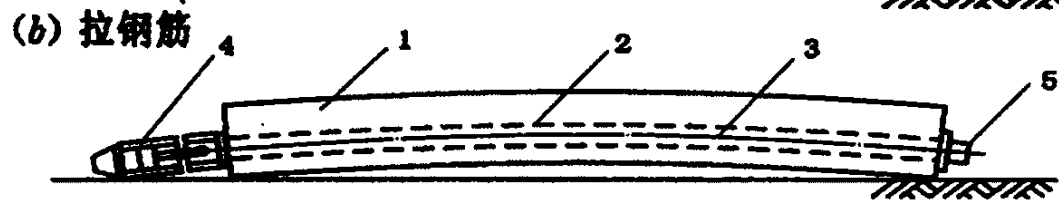
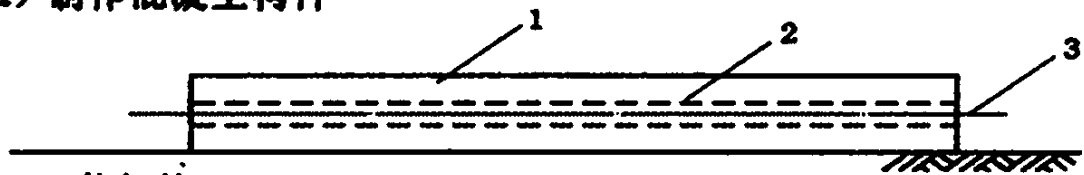
1B413033 预应力混凝土工程施工







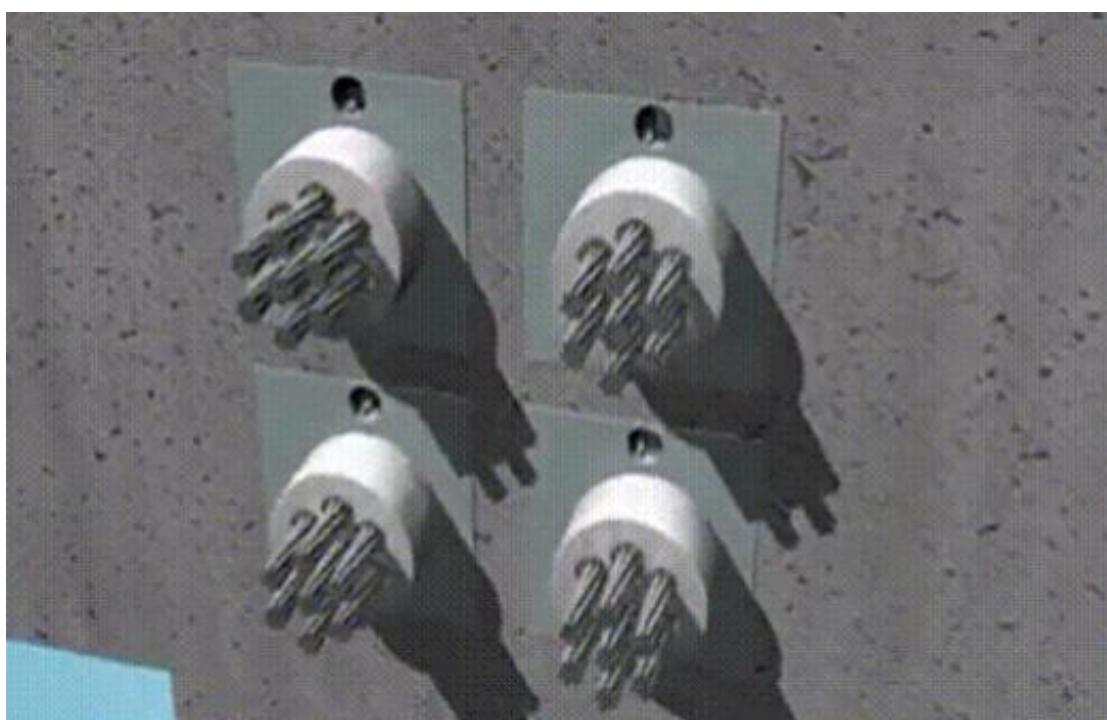
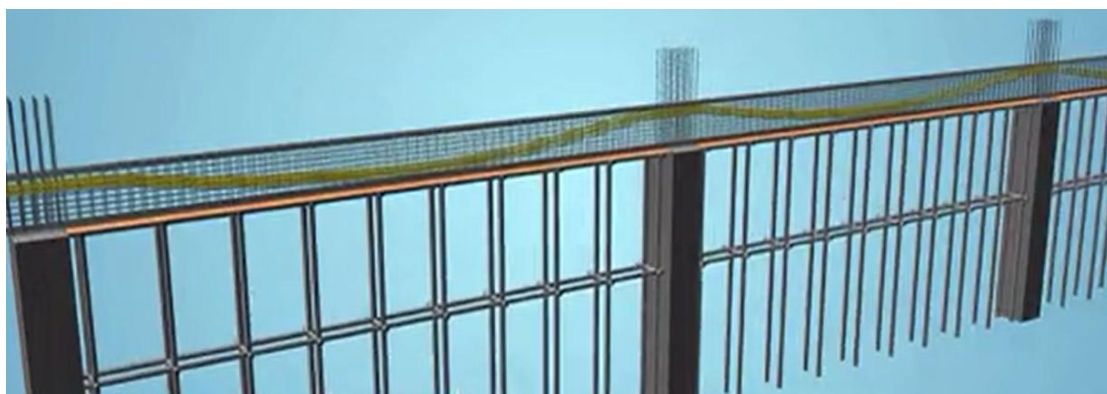
(a) 制作混凝土构件



预应力混凝土后张法生产示意图

1—混凝土构件；2—预留孔道；3—预应力筋；4—千斤顶；5—锚具







一、预应力材料及预应力管道

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

4.预应力筋锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的使用性。

6.夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和安全的重复使用性能，主要锚固零件应具有良好的防锈性能，可重复使用的次数不应少于 300 次。需敲击才能松开的夹具，必须保证其对预应力筋的锚固没有影响，且对操作人员的安全不造成危险。

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：

（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。

（2）尺寸检验：应从每批产品中抽取 2%且不少于 10 套样品，检验其外形尺寸。外形尺寸应符合产品质保书所示的尺寸范围。

(3) 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）。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 锚具的每个验收批不宜超过 2000 套；夹具、连接器的每个验收批不宜超过 500 套。

三、施加预应力

(一) 机具及设备要求

1. 预应力筋的张拉宜采用穿心式双作用（张拉和顶压锚固两种功能）千斤顶，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶；张拉千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍。张拉机具设备应与锚具产品配套使用，并应在使用前进行校正、检验和标定。



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，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

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%~25%，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_S

(mm)，可按式 (1B413033-2) 计算：

(1B413033-2)

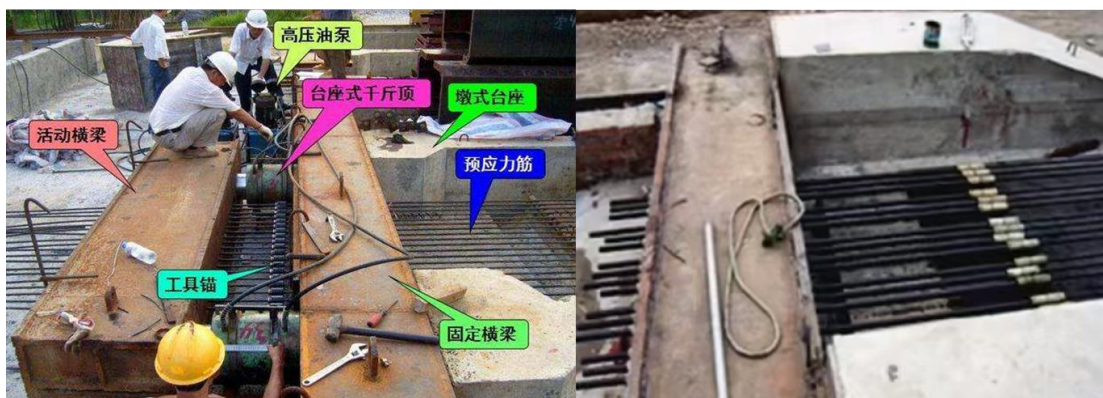
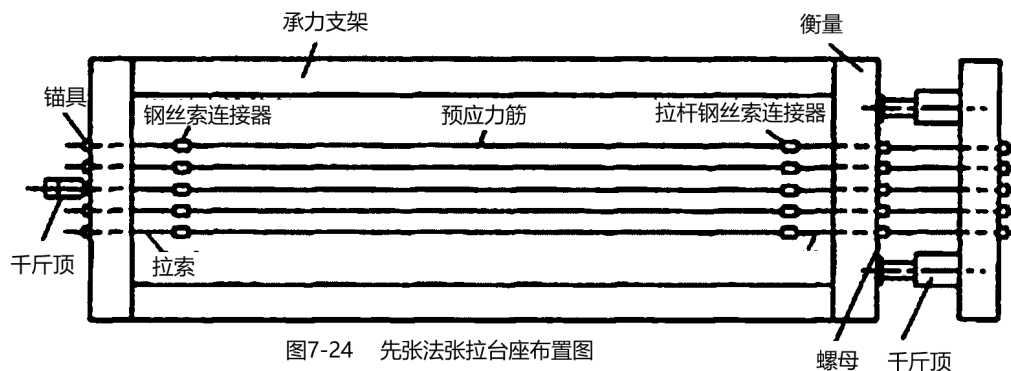
式中 ΔL_1 ——从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值 (mm)；

ΔL_2 ——初应力以下的推算伸长值 (mm)，可采用相邻预应力筋级的伸长值。

四、先张法

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 1.3。
- (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。预应力筋与锚固横梁间的连接，宜采用张拉螺杆。

3. (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%。

(3) 预应力筋的张拉应符合设计要求，设计无规定时，其张拉程序可按表 1B413033-2 的规定进行。

超张拉是主要是为了弥补钢筋松弛引起的应力损失

预应力筋种类		张拉程序
钢丝、钢绞线	夹片式等具有自锚性能的锚具	普通松弛预应力筋：0→初应力→ $1.03\sigma_{con}$ (锚固) (规范取消) 低松弛预应力筋：0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)
	其他锚具	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) →0→ σ_{con} (锚固)
热轧带肋钢筋		0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) → $0.9\sigma_{con}$

	→ σ_{con} (锚固)
--	-------------------------

(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%，同时对于热轧带肋钢筋不容许断筋。

(5) 预应力筋张拉完毕后，其位置与设计位置的偏差不得大于 5mm，同时不应大于构件最短边长的 4%，且宜在 4h 内浇筑混凝土。当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于 5d。

4.先张法预应力筋的放张应符合下列规定：

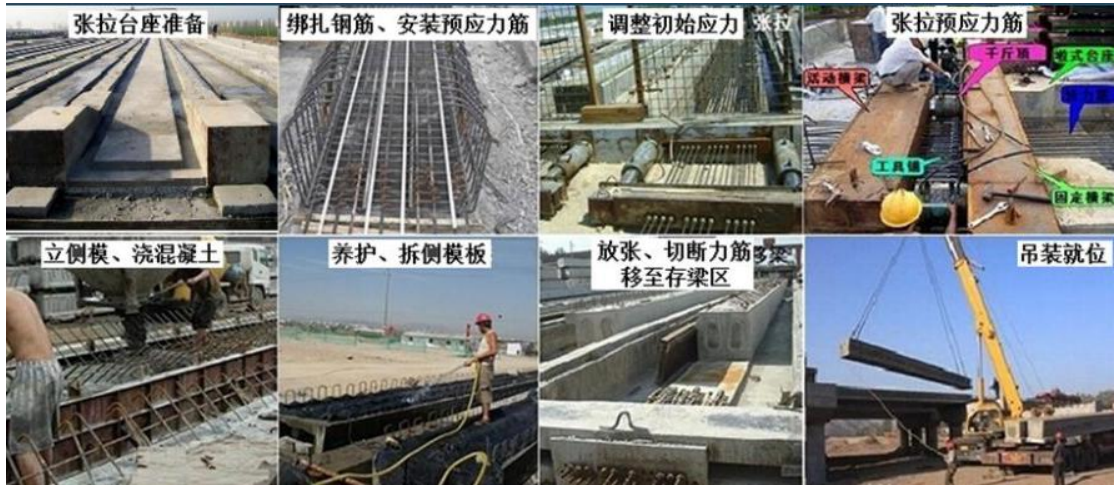
(1) 预应力筋放张时构件混凝土的强度和弹性模量 (或龄期) 应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的 80%，弹性模量应不低于混凝土 28d 弹性模量的 80%。

(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。

弹性模量：单向应力状态下应力除以该方向的应变，是衡量物体抵抗弹性变形能力大小的尺度。

(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



五、后张法

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。

(2) 管道应按设计规定的坐标位置进行安装，并应采用定位钢筋固定，使其能牢固地置于模板内的设计位置，且在混凝土浇筑期间不产生位移。

(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。



(6) 后张预应力管道安装的允许偏差应符合表 1B413033-3 的规定。

项目		允许偏差 (mm)
管道坐标	梁长方向	30
	梁高方向	10
管道间距	同排	10
	上下层	10

5.后张法预应力筋的张拉和锚固应符合下列规定：

(2) 张拉时，结构或构件混凝土的强度、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%。

(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 1B413033-4 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→ $1.03\sigma_{con}$ (锚固) (规范取消)
		低松弛力筋：0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min 锚固)
其他锚具	钢绞线束钢丝束	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) → σ_{con} (锚固)
		0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ (持荷 5min) →0→ σ_{con} (锚固)
螺母锚固锚具	螺纹钢筋	0→初应力→ σ_{con} (持荷 5min) →0→ σ_{con} (锚固)

(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。



(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。

(9) 压浆时，每一工作班应制作留取不少于 3 组尺寸为 40mmx40mmx160mm 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。

(12) 对后张预制构件压浆后，应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

六、质量控制与检验

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。

1B413040 桥梁基础工程施工技术

1B413041 明挖扩大基础施工

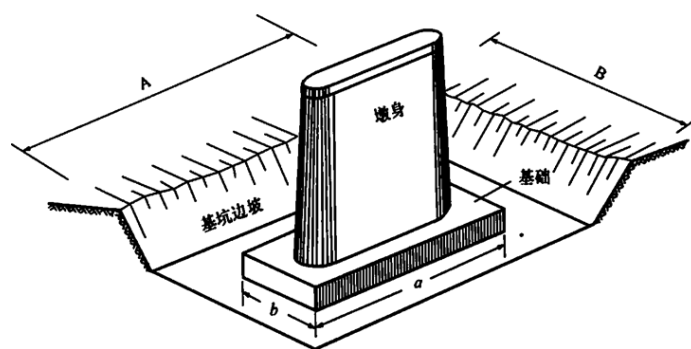
1B413042 桩基础施工

1B413043 沉井施工

1B413044 地下连续墙施工

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、基坑开挖施工

1. 基坑开挖的一般要求

(1) 基坑边缘的顶面应设置截水沟等防止地面水流入基坑的设施。

(2) 深基坑四周距基坑边缘不小于 1m 处应设立钢管护栏、挂密目式安全网，靠近道路侧应设置安全警示标志和夜间警示灯带。

(3) 基坑开挖时，应对基坑边缘顶面的各种荷载进行严格限制，基坑周边 1m 范围内不得堆载和停放设备。在基坑边缘与荷载之间应设置护道，基坑深度小于或等于 4m 时护道的宽度应不小于 1m；基坑深度大于 4m 时护道的宽度应按边坡稳定计算的结果进行适当加宽，水文和地质条件较差时应采取加固措施。

2. 不支护坑壁进行开挖的基坑施工

(2) 当有地下水时，地下水位以上的基坑部分可放坡开挖；地下水位以下部分，若土质易坍塌或水位在基坑底以上较高时，应采用加固土体或降低地下水位等方法开挖。

(3) 基坑为渗水性的土质基底时，坑底的平面尺寸应根据排水要求（包括排水沟、集水井、排水管网等）和基础模板所需基坑大小确定。

3. 对坑壁采取挡板支护措施进行基坑开挖时应符合的规定：

(1) 基坑较浅且渗水量不大时，可采用竹排、木板、混凝土板或钢板等对坑壁进行支护；基坑深度小于或等于 4m 且渗水量不大时，可采用槽钢、H 型钢或工字钢等进行支护；地下水位较高，基坑开挖深度大于 4m 时，宜采用锁口钢板桩或锁口钢管桩围堰进行支护，在条件许可时亦可采用水泥土墙、混凝土围圈或桩板墙、钢筋混凝土挡板等支护方式。



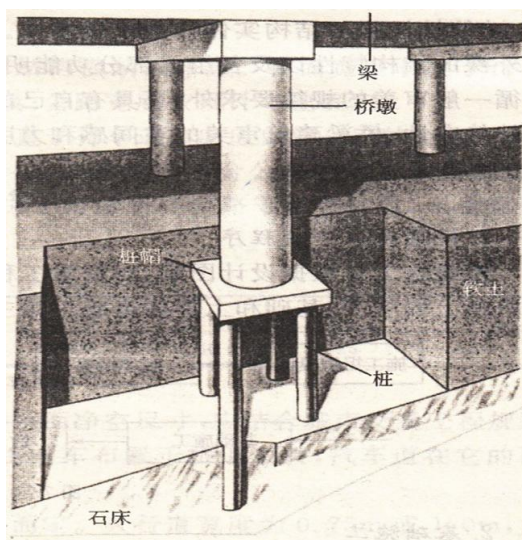
五、基底检验

1.地基基底的检验内容

地基基底的检验应包括下列内容：

- (1) 基底的平面位置、尺寸和基底高程。
- (2) 基底的地质情况和承载力是否与设计资料相符。
- (3) 基底处理和排水情况是否符合规范要求。
- (4) 施工记录及有关试验资料等。

1B413042 桩基础施工



一、沉入桩施工

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。断面形式常用的有实心方桩和空心管桩两种。沉入桩的施工方法主要有：锤击沉桩、振动沉桩、射水沉桩等。

1.锤击沉桩

锤击沉桩施工应符合下列规定：

（2）桩锤的选择宜根据地质条件、桩身结构强度、单桩承载力、锤的性能并结合试桩情况确定，且宜选用液压锤和柴油锤。其他辅助装备应与所选用的桩锤相匹配。

（3）开始沉桩时，宜采用较低落距，且桩锤、送桩与桩宜保持在同一轴线上；在锤击过程中，应采用重锤低击。

（4）沉桩过程中，若遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、移位或有严重回弹，桩顶出现严重裂缝、破碎，桩身开裂等情况时，应暂停沉桩，查明原因，采取有效措施后方可继续沉桩。

2.振动沉桩

（2）开始沉桩时，宜利用桩自重下沉或射水下沉，待桩身入土达一定深度确认稳定后，再采用振动下沉。每一根桩的沉桩作业，宜一次完成，不宜中途停顿过久，避免土的阻力恢复，使继续下沉困难。

3.射水沉桩

(1) 在砂类土层、碎石类土层中，锤击沉桩困难时，可采用射水锤击沉桩，以射水为主，锤击配合；在黏性土、粉土中采用射水锤击沉桩时，应以锤击为主，射水配合；在湿陷性黄土中采用射水沉桩时，应按设计要求完成。

(2) 射水锤击沉桩时，应根据土质情况随时调节射水压力、控制沉桩速度。当桩尖接近设计高程时，应停止射水，改用锤击，保证桩的承载力。

二、钻孔灌注桩施工

2.钻孔灌注桩施工的主要工序与要求

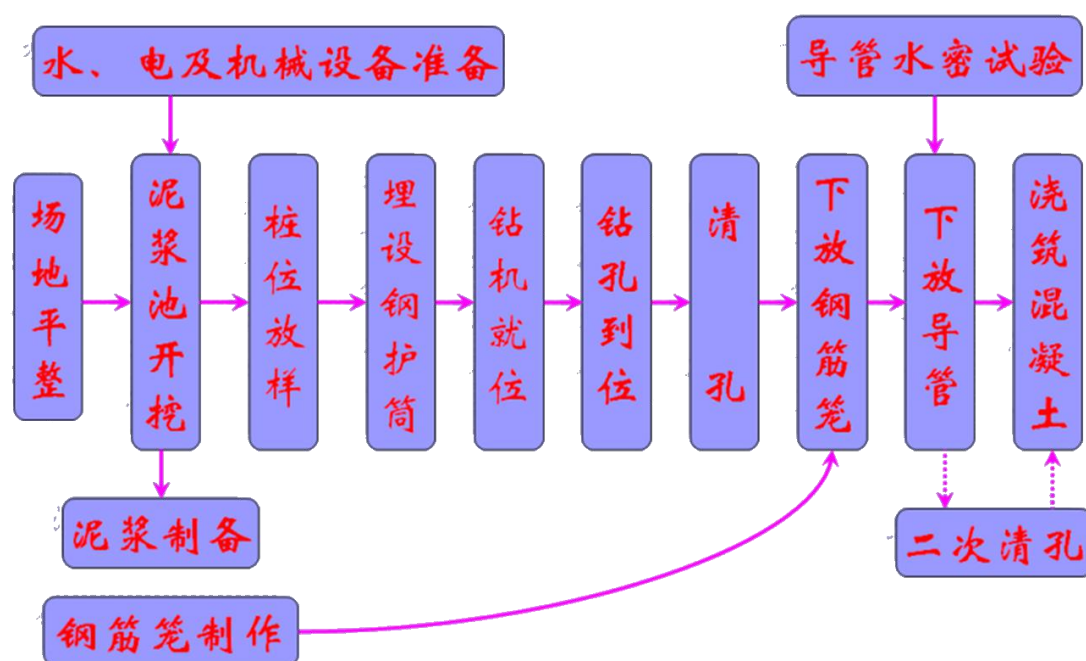
钻孔前应先布置施工平台。桩位位于旱地时，可在原地适当平整并填土压实形成工作平台；桩位位于浅水区时，宜采用筑岛法施工。



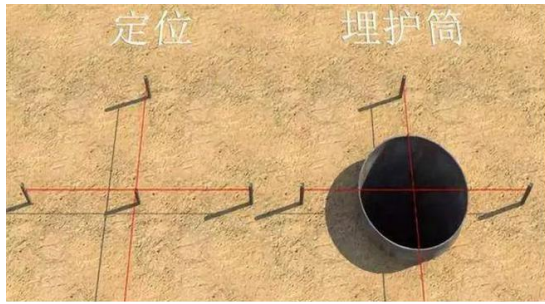
桩位位于深水区时，宜搭设钢制平台，当水位变动不大时，亦可采用浮式工作平台，但在水流满急或潮位涨落较大的水域，不应采用浮式平台。各类施工平台的平面面积大小，应满足钻孔成桩作业的需要；其顶面高程应高于桩施工期间可能的最高水位 1.0m 以上，在受波浪影响的水域，尚应考虑波高的影响。



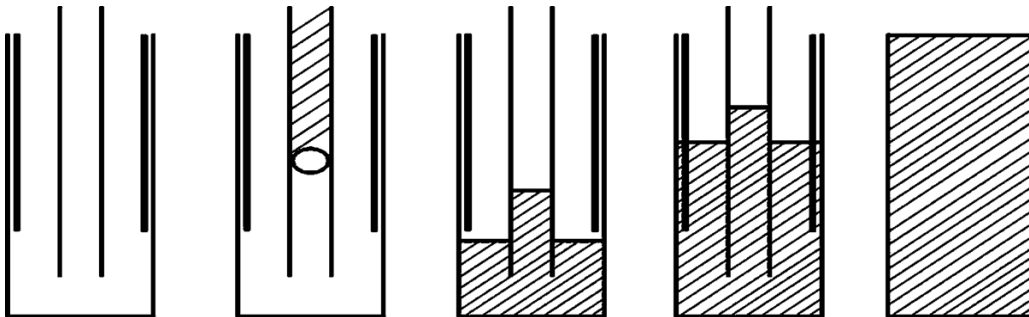
二、钻孔灌注桩施工



二、钻孔灌注桩施工



二、钻孔灌注桩施工



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。

在陆上或浅水筑岛处的护筒，其内径应大于桩径至少 200mm。

护筒高度宜高出地面 0.3m 或水面 1.0~2.0m，同时应高于桩顶设计高程 1.0m。

护筒埋置深度应根据设计要求或桩位的水文地质情况确定，一般情况埋置深度宜为 2~4m。

2) 制备泥浆

钻孔泥浆由水、黏土（或膨润土）和添加剂按适当配合比配制而成，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。钻孔泥浆具有悬浮钻渣、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，防止塌孔的作用。



3) 钻孔

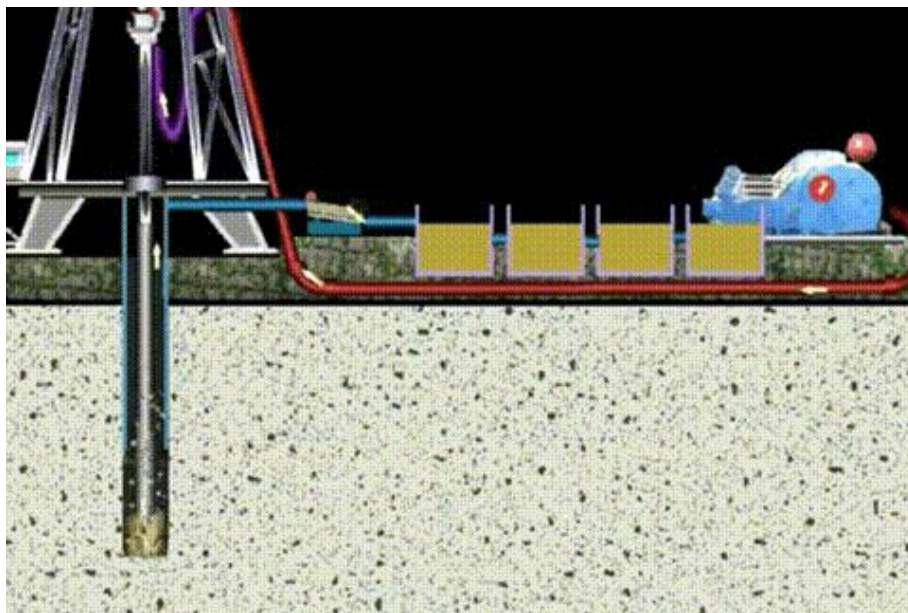
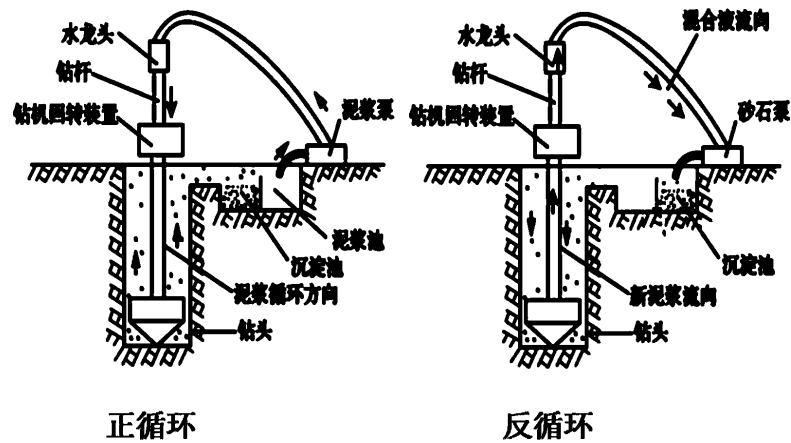
根据井孔中土（钻渣）的取出方法不同，常用的方法有：螺旋钻孔、正循环回转钻孔、反循环回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲抓钻孔、冲击钻孔、旋挖钻机钻孔。

（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。（浮渣）



正循环钻机

反循环钻机



(2) 反循环回转钻孔：与正循环法不同的是，泥浆输入钻孔内，然后泥浆挟带钻渣从钻头的钻杆下口吸进，通过钻杆中心排出至沉淀池内。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。(吸渣)



(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：钻进施工过程中应保证泥浆面始终不得低于护筒底部，保证孔壁稳定性。通过钻斗的旋转、削土、提升、卸土和泥浆撑护孔壁，反复循环直至成孔。



旋挖钻机特殊的桶型钻斗直接取土出渣，不需接长钻杆，钻孔时孔口注浆以保持孔内泥浆高度即可，因而能大大缩短成孔时间，提高施工效率。

旋挖钻机一般适用黏土、粉土、砂土、淤泥质土、人工回填土及含有部分卵石、碎石的地层。

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) 成孔检查

①钻孔灌注桩在终孔后，应对桩孔的孔位、孔径、孔形、孔深和倾斜度进行检验；清孔后，应对孔底的沉淀厚度进行检验。

②孔径、孔形、倾斜度和孔底沉淀厚度宜采用专用仪器检测，孔深可采用专用测绳检测。

(2) 清孔

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。

5) 钢筋笼制作与吊装

安装钢筋骨架时，不得直接将钢筋骨架支承在孔底，应将其吊挂在孔口的钢护筒上，或在孔口地面上设置扩大受力面积的装置进行吊挂，且不应采用钢丝绳或其他容易变形的材料进行吊挂。

6) 灌注水下混凝土

(1) 灌注水下混凝土前的准备工作

②水下混凝土宜采用钢导管灌注，导管内径宜为 200~350mm。导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁采用压气试压。

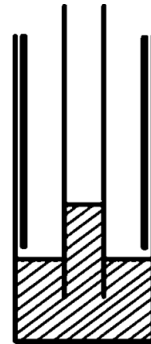


(3) 灌注水下混凝土

③首批灌注混凝土的数量应能满足导管首次埋置深度 1.0m 以上的需要。

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

$$h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c$$



式中 V ——灌注首批混凝土所需数量 (m^3);

D ——桩孔直径 (m);

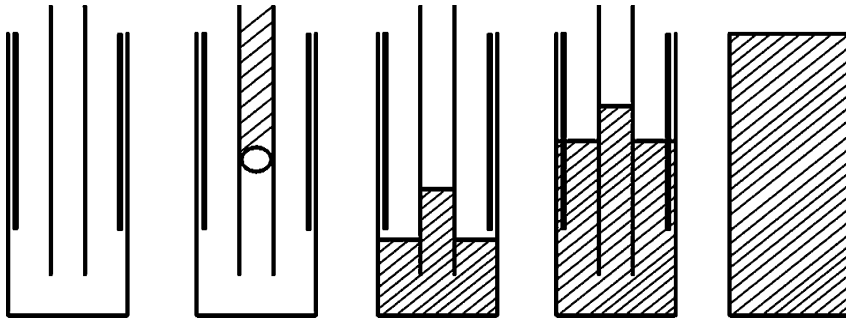
H_1 ——桩孔底至导管底端间距 (m), 一般为 0.3~0.4m;

H_2 ——导管初次埋置深度 (m);

d ——导管内径 (m);

h_1 ——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 时, 导管内混凝土柱平衡导管外 (或泥浆) 压力所需的高度 (m)

⑤在灌注过程中, 应保持孔内的水头高度。导管的埋置深度宜控制在 2~6m, 并应随时测探桩孔内混凝土面的位置, 及时调整导管埋深。



3.灌注桩的混凝土质量检验要求

(2) 对桩身的完整性进行检验时，检测的数量和方法应符合设计或合同的规定。设计有规定或对无损法检测和桩的质量有疑问时，应采用钻取芯样法对桩进行检测；当需检验柱桩的桩底沉淀与地层的结合情况时，其芯样应钻至桩底 0.5m 以下。

三、挖孔桩施工



岩溶地区和采空区不宜采用人工挖孔施工。

挖孔桩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，现场应至少备用 1 套通风设备。无通风措施时，不得采用人工挖孔施工。

1.挖孔桩施工的技术要求

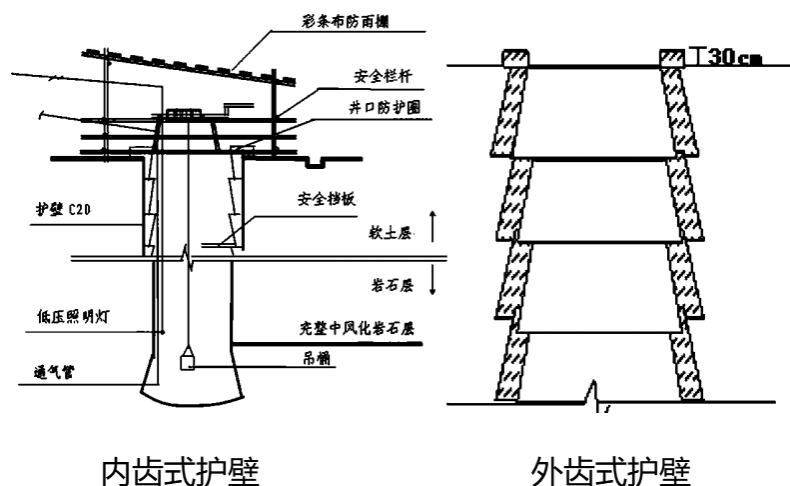
(2) 孔口处应设置高出地面不小于 300mm 的护圈，并应设置临时排水沟，防止地表水流入孔内。

(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，护壁混凝土的强度等级，当桩径小于或等于 1.5m 时应不小于 C25，桩径大于 1.5m 时应不小于 C30。挖孔作业时必须挖一节浇筑一节护壁，护壁的节段高度必须按专项施工方案执行，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

(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) 人工挖孔作业时，应始终保持孔内空气质量符合相关要求；孔深大于 10m 时或空气质量不符合要求时，孔内作业必须采取机械强制通风措施。

(6) 孔深不宜超过 15m。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 设一处休息平台。孔深超过 30m 的应配备作业人员升降设备。

(7) 孔口应设专人看守，孔内作业人员应检查护壁变形、裂缝、渗水等情况，并与孔口人员保持联系，发现异常应立即撤出。

(8) 桩孔内遇岩层需爆破作业时，应进行爆破的专门设计，且宜采用浅眼松动爆破法，并应严格控制炸药用量，在炮眼附近应对孔壁加强防护或支护。孔深大于 5m 时，必须采用电雷管引爆。桩孔内爆破后应先通风排烟 15min 并经检查确认无有害气体后，施工人员方可进入孔内继续作业。

1B413043 沉井施工



二、沉井制作

1.就地制作

沉井位于浅水或可能被水淹没的岸滩上时，宜就地筑岛制作；位于无水的陆地时，若地基承载力满足设计要求，可就地整平夯实形成平台制作，地基承载力不足时应在地基采取加固措施；

制作沉井的岛面、平台面和开挖基坑的坑底高程，应比施工期可能的最高水位（包括波浪影响）高出 0.5~0.7m。

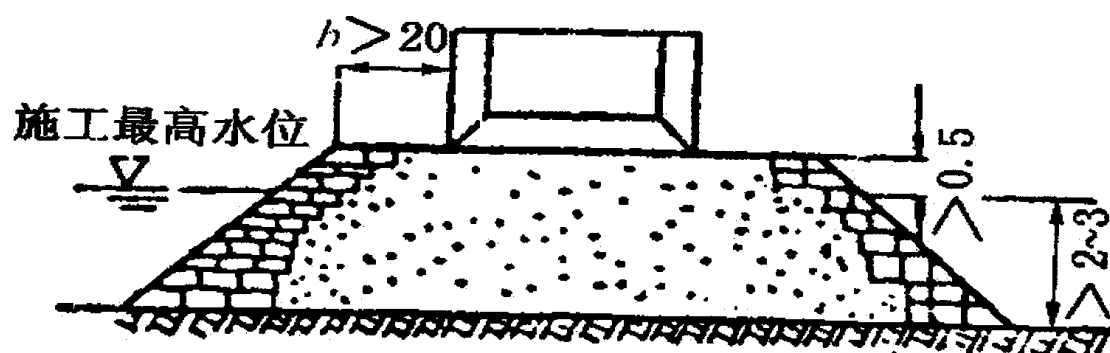
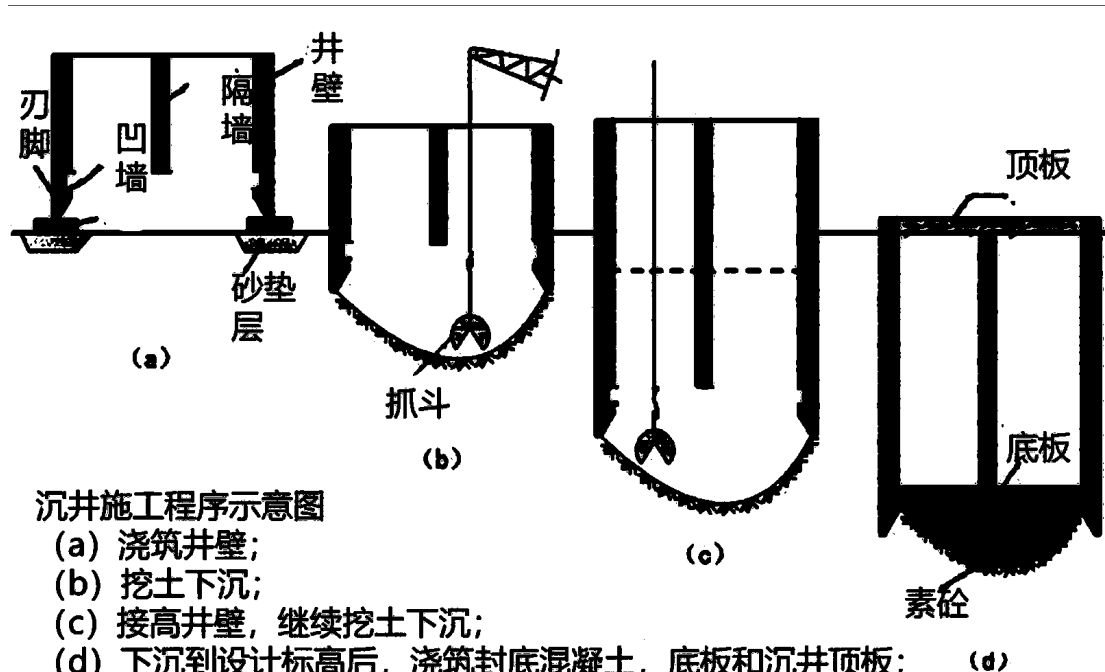


图 5 - 9 水上筑岛下沉沉井

在水中筑岛应符合明挖扩大基础与基坑施工相关要求，尚应符合下列规定：

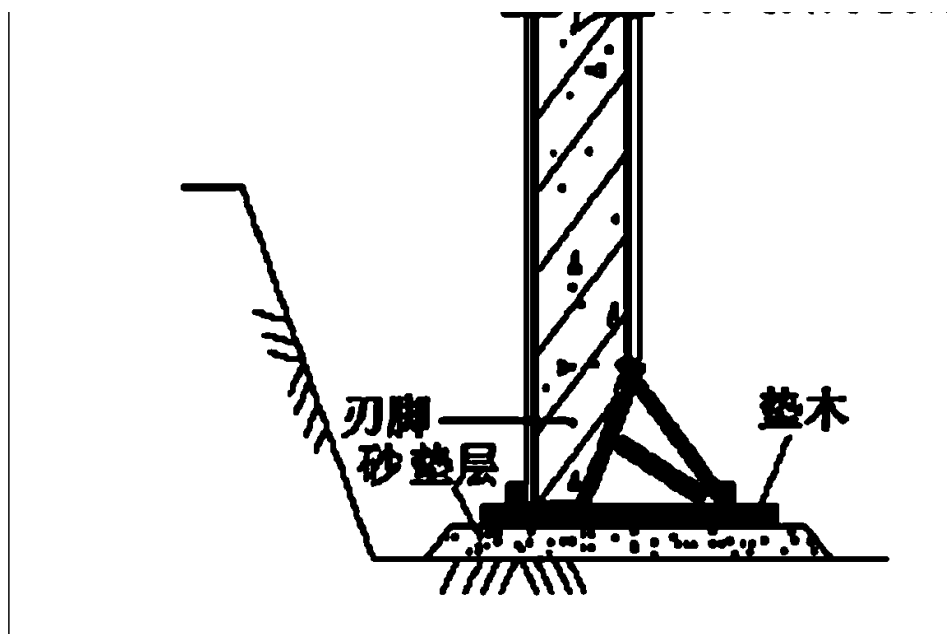
（1）筑岛的尺寸应满足沉井制作及抽垫等施工的要求，对无围堰的筑岛，应在沉井周围设置不小于 1.5m 宽的护道；有围堰的筑岛其护道宽度需经设计计算确定。

（2）筑岛材料应采用透水性好、易于压实的砂性土或碎石土等，且不应含有影响岛体受力及抽垫下沉的块体。在淤泥等软土上筑岛时，应将软土挖除，换填或采取其他加固措施。

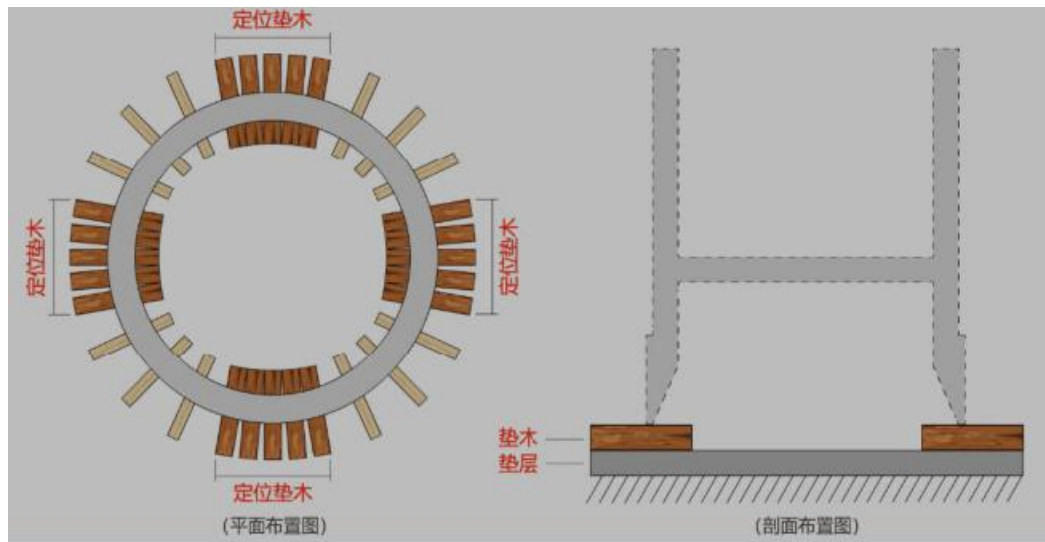


2. 在支垫上立模制作

(1) 支垫的布置应满足设计要求并使抽垫方便。支垫顶面应与钢刃脚底面紧贴，应使沉井重力均匀分布于各支垫上。



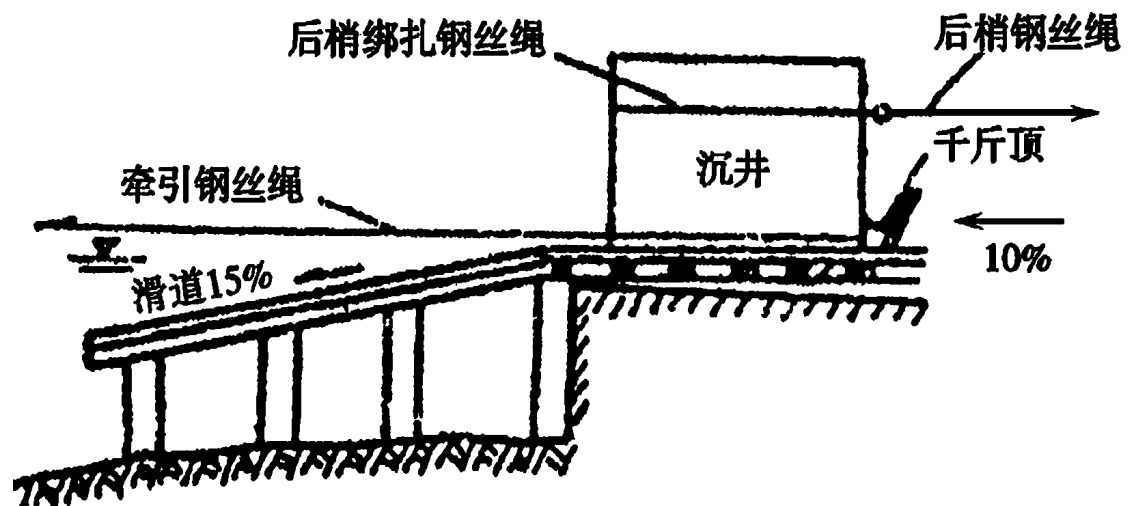
(2) 沉井的混凝土强度满足抽垫后受力的要求时方可将支垫抽除。支垫应分区、依次、对称、同步地向沉井外抽出，并应随抽随用砂土回填捣实；抽垫时应防止沉井偏斜。定位支点处的支垫，应按设计要求的顺序尽快地抽出。



三、沉井浮运与就位

1.沉井在浮运、就位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；
- 当沉井的实际重力与设计重力不符时，应对其重新进行验算。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。



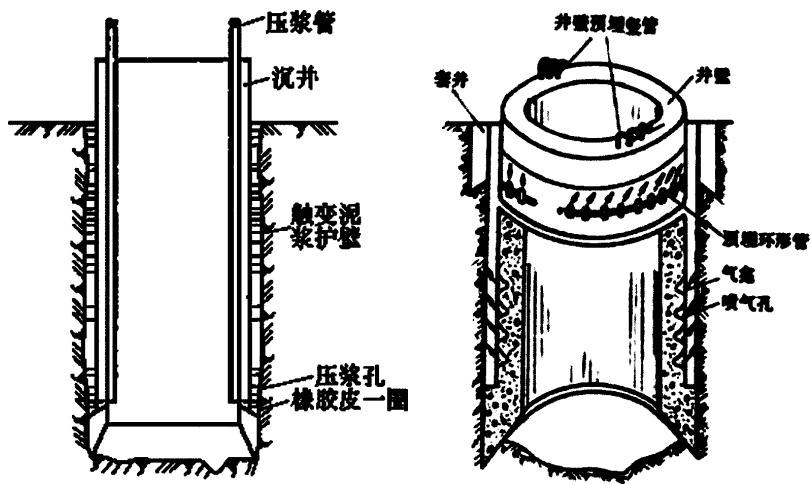


四、沉井下沉与着床

1.沉井下沉

(1) 宜采用不排水的方式除土下沉。在稳定的土层中,可采用排水方式除土下沉,但应有安全措施,防止发生事故。下沉沉井时,不宜采用爆破方法除土;在特殊情况下必须采用爆破方法时,除应得到批准外,还应严格控制药量。

(2) 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) 由数个井室组成的沉井，应控制各井室之间除土面的高差，使下沉不发生倾斜。

(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。下沉至设计高程以上 2m 左右时，应适当放慢下沉速度。



2.沉井着床

(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 $\frac{2}{3}$ 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

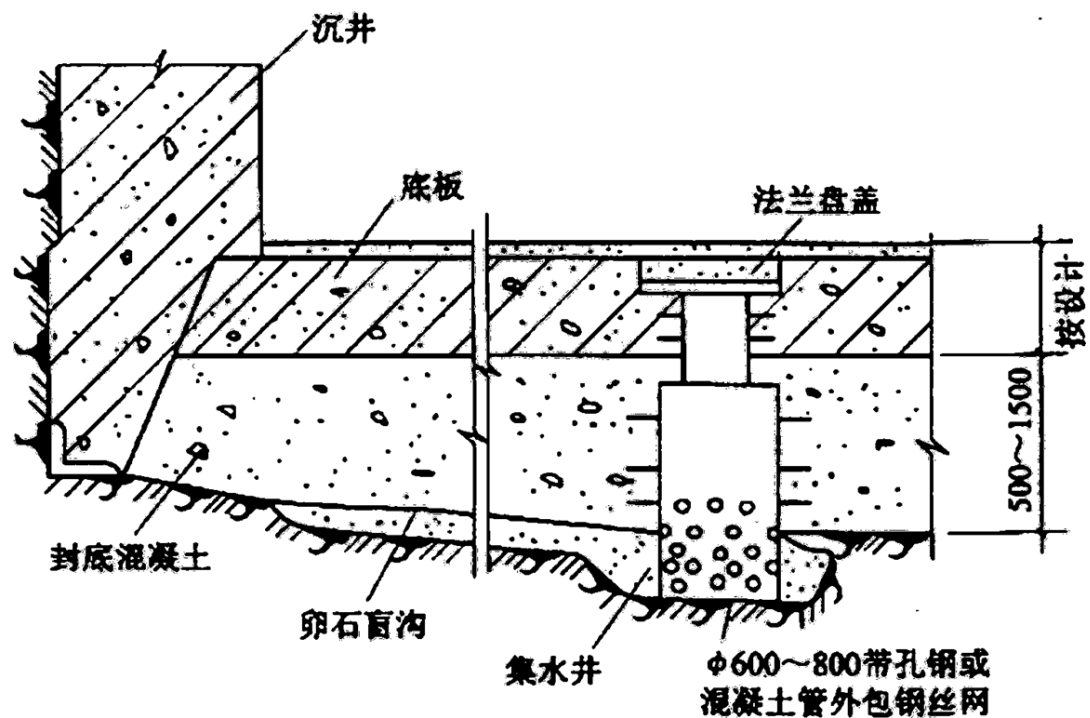
(2) 沉井在地面上接高时，井顶露出地面不应小于 0.5m。水上沉井接高时，井顶露出水面不应小于 1.5m。



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;对排水下沉的沉井,基底渗水的上升速度不大于 $6\text{mm}/\text{min}$ 时,可按普通混凝土的浇筑方法进行封底,但应设置引流排水设施,及时排除明水,且应采取可靠措施使混凝土强度在达到 5MPa 前不受到压力水的作用;渗水上升速度大于上述规定时,宜采用水下混凝土进行封底。



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。封底混凝土的强度等级不应低于 C25。

2.导管法水下混凝土封底

(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;待混凝土强度达到设计要求后,再抽水凿除表面松弱层。



1B413044 地下连续墙施工

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。

地下挡土墙墙体刚度大，主要承受竖向和侧向荷载，通常既要作为永久性结构的一部分，又要作为地下工程施工过程中的防护结构。 P119



导墙施工



导墙施工完



泥浆系统--泥浆池



成槽施工



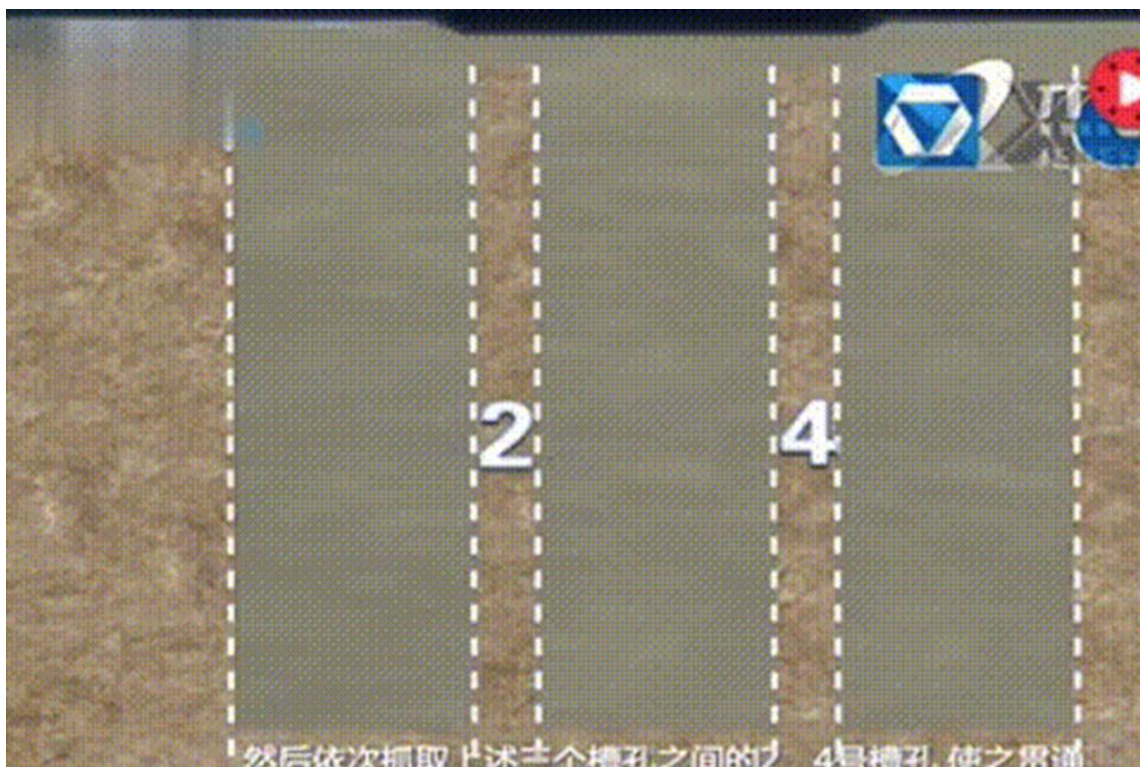
接头管安装

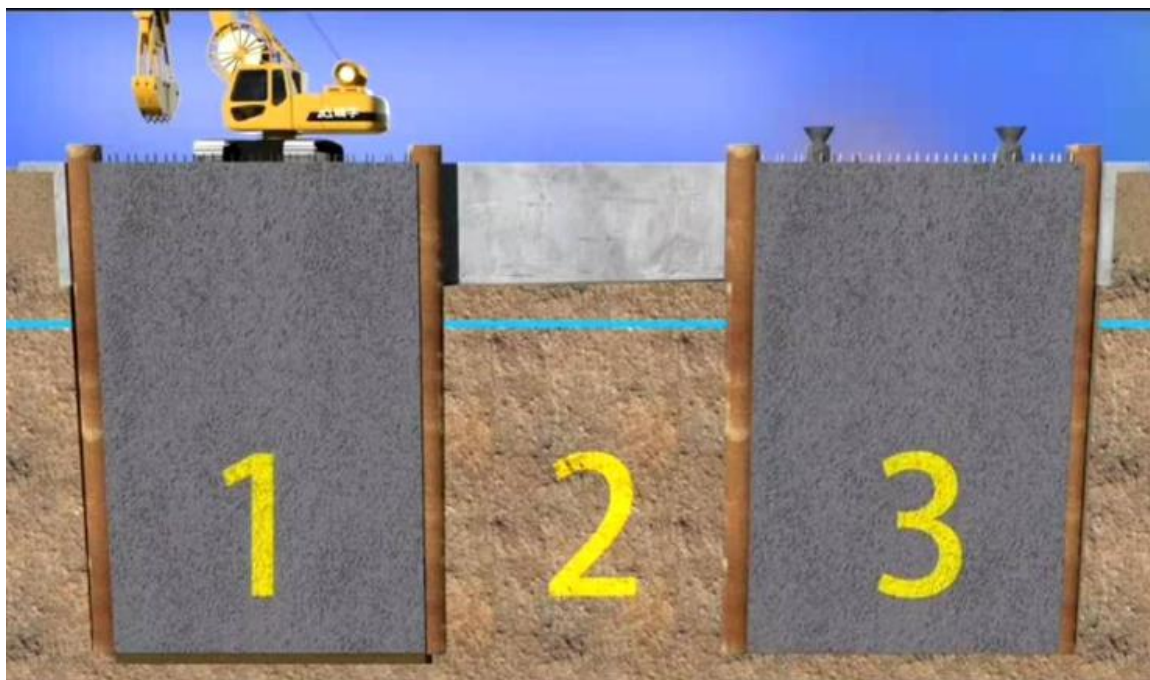


钢筋笼吊装



砼浇筑





二、施工平台与导墙

2.导墙

(1) 导墙宜采用钢筋混凝土构筑，混凝土强度等级不宜低于 C20。



(2) 导墙的平面轴线应与地下连续墙轴线平行，两导墙的内侧间距宜比地下连续墙墙体的厚度大 40~60mm。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；基底土层应夯实，如地基土较松散或较软弱时，构筑导墙前应采取加固措施；导墙顶端应高出地面，遇地下水位较高时，导墙顶端应高于稳

定后的地下水位 1.5m 以上。

三、地下连续墙施工

（一）槽孔施工

可采用的成槽方法有钻劈法、钻抓法、抓取法、铣削法。

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，开挖前应按已划分的单元槽段，决定各段开挖的先后次序，且相邻槽孔之间设留有足够的安全距离。挖槽施工开始后应连续进行，直到槽段完成。

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



（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。施工接头所用的材料包括：钢管、钢板、钢筋、各种型钢和铸钢；预制混凝土结构；人造纤维布和橡胶等；其他材料（如工程塑料、玻璃钢等）。



(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；导管内径不宜小于 200mm。



1B413050 桥梁下部结构施工技术

1B413051 桥梁承台施工

1B413052 桥梁墩台施工

1B413051 桥梁承台施工

一、围堰及开挖方式的选择

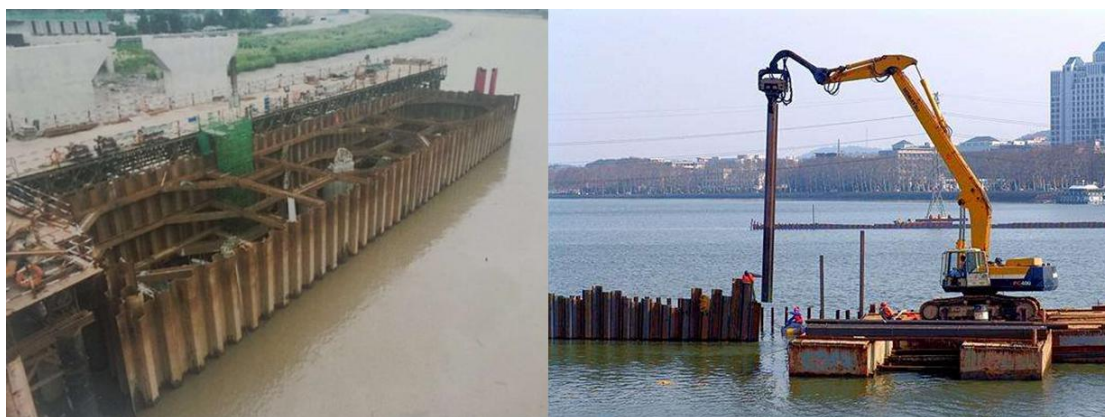
1.当承台处于干处时，一般直接采用明挖基坑，并根据基坑状况采取一定措施后，在其上安装模板，浇筑承台混凝土。



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

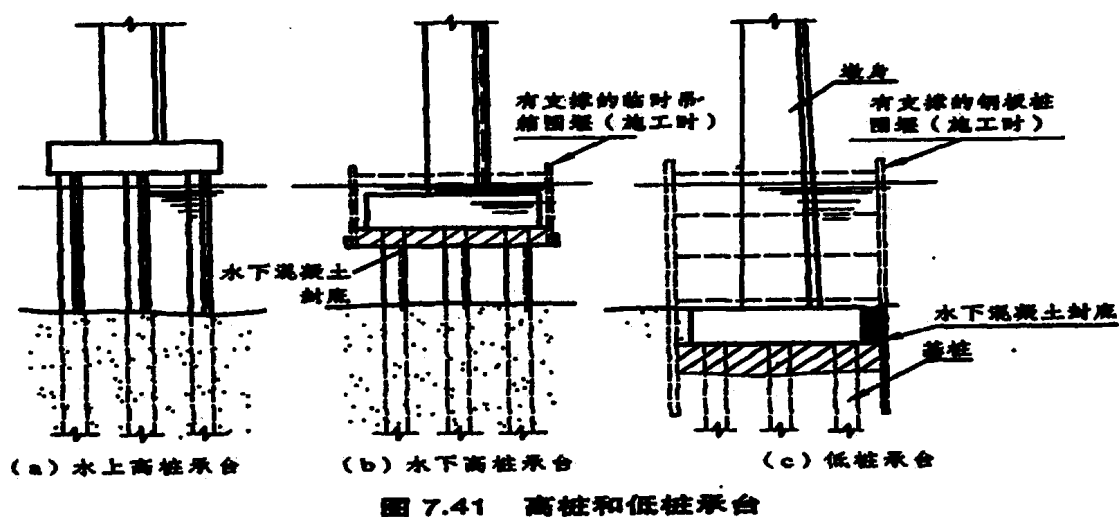


(1) 钢板桩围堰

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。

低桩承台是指承台底面在地基表面或其以下的桩基承台

高桩承台是指承台底面在地基表面以上的桩基承台。



施打前，钢板桩的锁口应用止水材料捻缝，以防漏水；施打钢板桩必须有导向设备，以保证钢板桩的正确位置；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。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



(2) 套箱围堰

套箱围堰可采用有底套箱或无底套箱。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。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。施工中根据具体施工情况，可在钢护筒上设悬吊或支撑结构作为套箱的承重系统，无底套箱可以河床为支撑。



(3) 双壁钢围堰



(3) 双壁钢围堰

双壁钢围堰适用于深水基础施工。

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。

双壁钢围堰拼焊后应进行焊接质量检验及水密试验；各节、块拼焊时，应按预先安排的顺序对称进行。

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，使其符合基底的设计标高并整平，再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.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。

七、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。

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。

1B413052 桥梁墩台施工

一、桥墩施工

钢筋混凝土桥墩施工一般在现场就地整体浇筑或分节段浇筑。

1.高度小于 40m 的桥墩施工

(1) 桥墩施工前，应对其施工范围内基础顶面的混凝土进行凿毛处理，并应将表面的松散层、石屑等清理干净；对分节段施工的桥墩，其接缝亦应作相同的凿毛和清洁处理。

(2) 应尽量缩短首节桥墩墩身与承台之间浇筑混凝土的间隔时间，间歇期宜不大于 10d，

当不能满足间歇期要求时，应采取防止墩、台身混凝土开裂的有效措施。墩身平面尺寸较大时，首节墩身可与承台同步施工。

(3) 桥墩高度小于或等于 10m 时可整体浇筑施工；高度超过 10m 时，可分节段施工，节段的高度宜根据施工环境条件和钢筋定尺长度等因素确定。上一节段施工时，已浇节段的混凝土强度应不低于 2.5MPa。各节段之间浇筑混凝土的间歇期宜控制在 7d 以内。

2.高度大于或等于 40m 的高墩施工

高度大于或等于 40m 的高墩施工，除应符合上述高度小于 40m 的桥墩施工要求之外，尚应符合下列规定：

(2) 宜设置塔式起重机或其他可靠的起重设备，用于施工期间钢筋或其半成品材料以及其他材料的垂直起吊运输。

(3) 宜设置施工电梯作为运送作业人员和小型机具、操作工具的垂直运输设施。

(7) 混凝土的垂直输送宜采用泵送方式，泵管可沿已施工完成的墩身或搭设专用支架进行布设，而不应布设在塔式起重机和施工电梯上。

(8) 混凝土的浇筑施工应符合相关规定，每一节段混凝土的养护时间应不少于 7d。养护用的水管可布设在墩身上，且应与电缆分开设置。

1B413060 桥梁上部结构施工技术

1B413061 桥梁上部结构装配式施工

1B413062 桥梁上部结构支架及逐孔施工

1B413063 桥梁上部结构悬臂施工

1B413064 桥梁上部结构顶推施工

1B413065 桥梁上部结构转体施工

1B413066 桥梁上部结构缆索吊装施工

1B413067 桥梁改建施工

1B413068 桥梁施工监控

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

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%。



（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。简支梁的安装应采取措施保证梁体的稳定性，防止倾覆。

（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。

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：

（1）预制台座的地基应具有足够的承载能力和稳定性。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。



(3) 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。

(4) 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。

6. 构件的场内移运应符合下列规定：

(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。
- ③ 吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞。
- ④ 不得将构件安装就位后再进行预应力孔道压浆。

(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° 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：

(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足的，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。

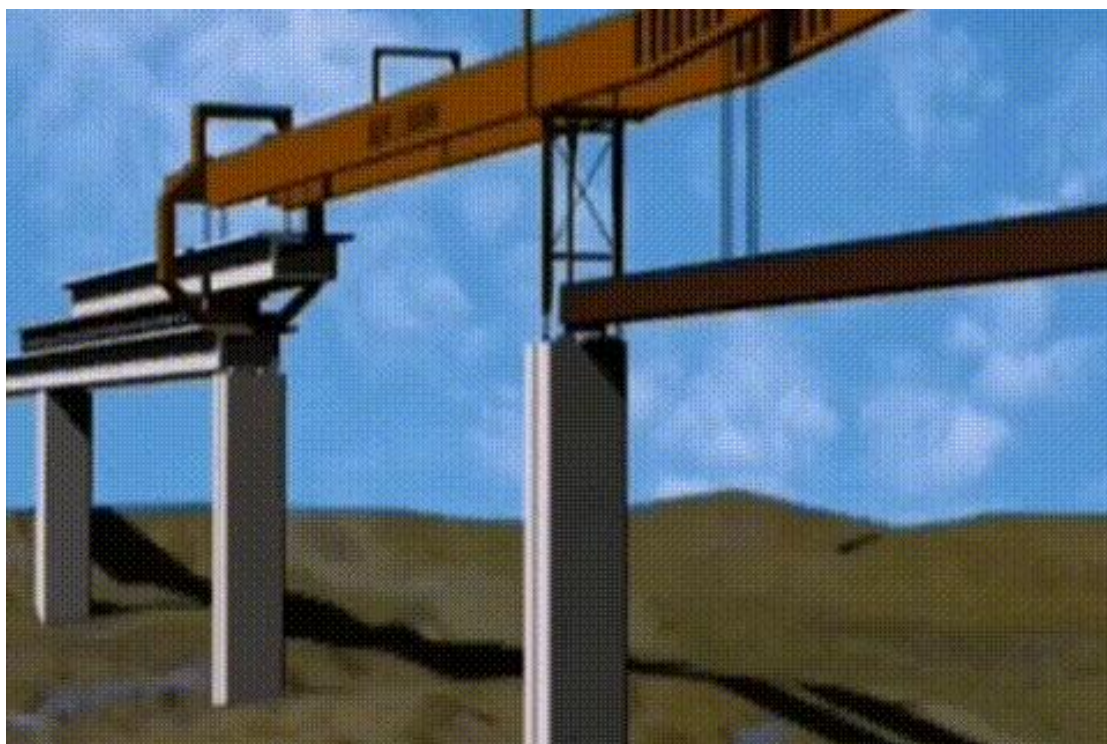
大型构件宜为 2 层，不应超过 3 层，小型构件宜为 6~10 层。



9.简支梁、板的安装应符合下列规定：

(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；不得采用将梁、板吊挂在架桥机后部配重的方式进行过孔作业。

双导梁架桥机施工工艺流程主要包括：①梁体预制及运输、铺设轨道→②架桥机及导梁拼装→③试吊→④架桥机前移至安装跨→⑤支顶前支架→⑥运梁、喂梁→⑦吊梁、纵移到位→⑧降梁、横移到位→⑨安放支座、落梁→⑩重复第⑤~⑨步，架设下一片梁→⑪铰缝施工，完成整跨安装→⑫架桥机前移至下一跨，直至完成整桥安装。



(8) 安装在同一孔跨的梁、板,其预制施工的龄期差不宜超过 10d,特殊情况应不超过 30d。

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。

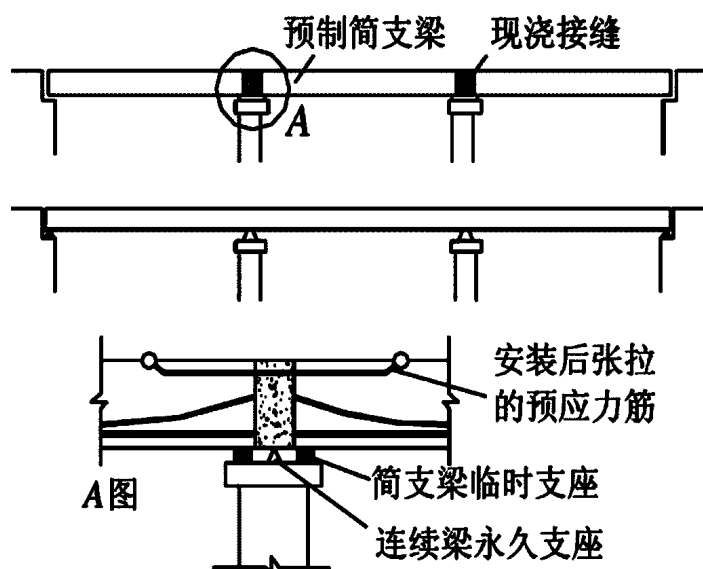


10.先简支后连续的梁,其施工应符合下列规定:



10.先简支后连续的梁，其施工应符合下列规定：

- (1) 先简支安装的梁，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。



(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。



(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



二、预应力混凝土箱梁施工

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。

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。

1B413062 桥梁上部结构支架及逐孔施工

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护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，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。

二、逐孔施工

（一）用移动支架逐孔现浇施工（移动模架法）

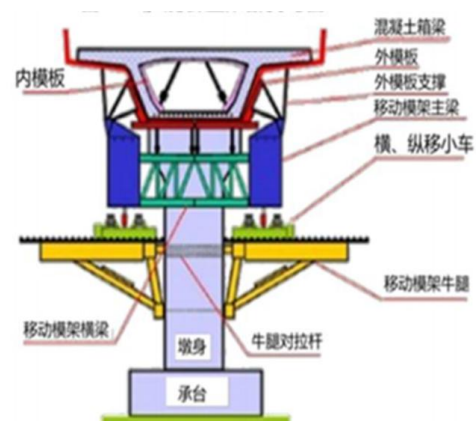
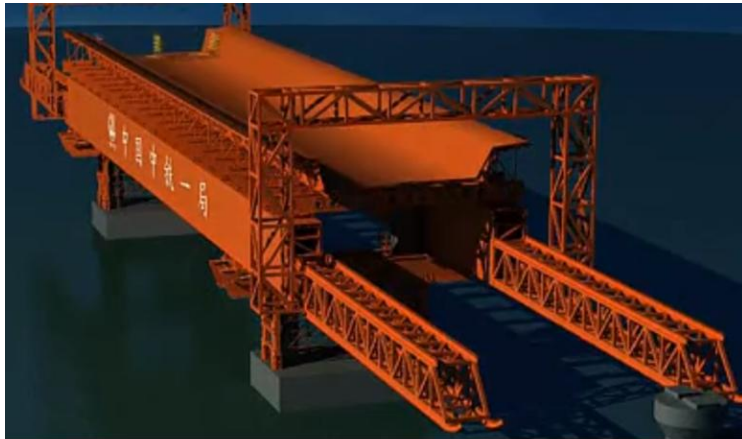
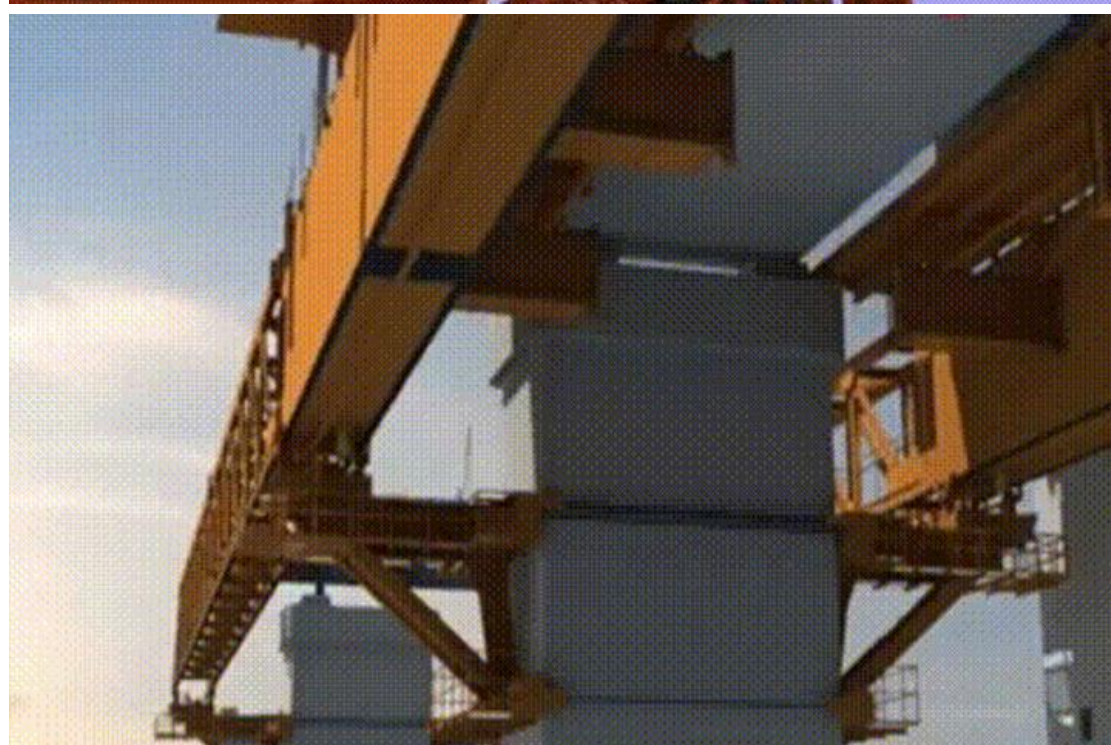
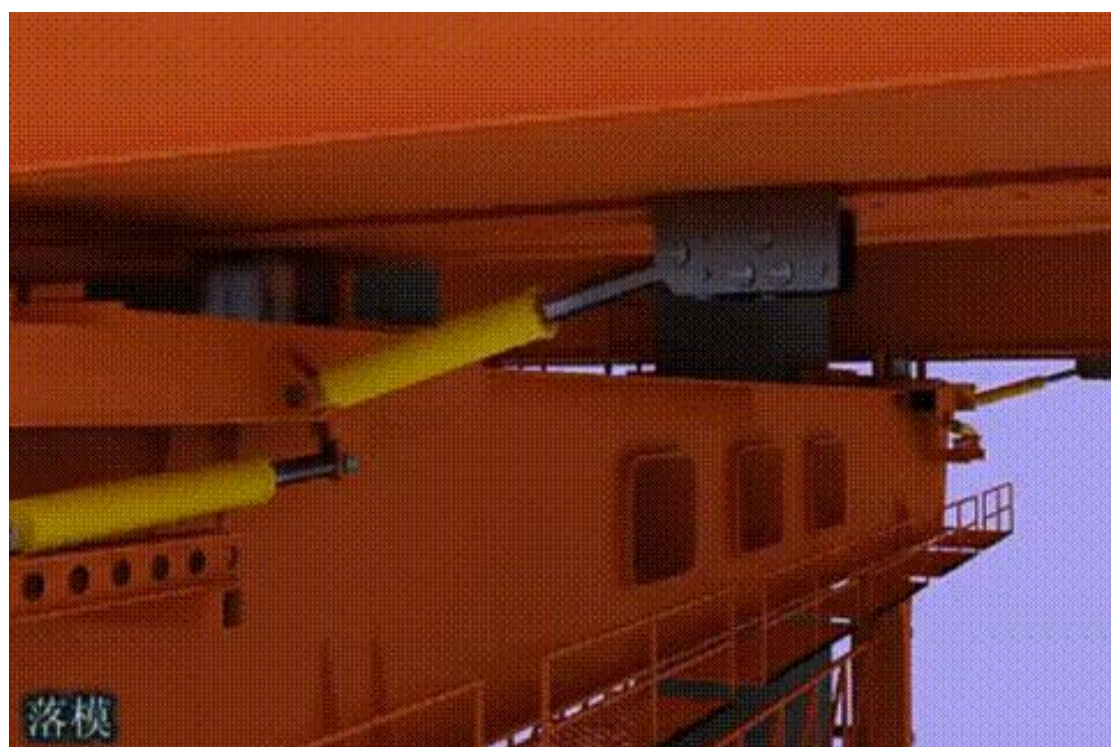


图5.53 移动模架断面结构示意图









【2015 案例】首跨施工完成后，开始移动模架，移动程序包括：①主梁（横梁）横向内移；②主梁（横梁）横向外移；③主梁（导梁）纵移过孔；④主梁（横梁）及模板系统就位；⑤解拆模板、降下主梁。

写出首跨施工完成后模架移动的正确顺序（用编号表示）。

正确顺序：⑤→②→③→①→④

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。

移动模架是混凝土的直接支承体系，既是施工作业平台，也是梁体混凝土的模具。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。

主梁在待制梁体上方，借助已成梁体和桥墩移位的称为上行式移动模架；主梁在待制梁体下方，完全借助桥墩移位的称为下行式移动模架。上行式、下行式移动模架特征见表 1B413062。

上行式、下行式移动模架特征			表1B413062
序号	项目	上行式	下行式
1	承重支承方式	一般通过支腿支撑，后端支撑在已成梁上，前端支撑在前方墩上	一般通过墩旁托架支撑，两端均支撑在桥墩上
2	模板支承方式	通过吊件吊挂在主梁上	通过千斤顶直接或间接支撑在主梁上
3	外模开合方式	旋转张开或横向滑移	横向滑移
4	过孔方式	借助下导梁滑移或立柱迈步	借助墩旁托架滑移
5	施工安全性	施工时主梁支承安全可靠，但整机重心较高	施工时主梁支承的可靠性受摩擦力及锚固力的影响大，但整机重心较低
6	施工方便性	主梁下可设起重设备、雨棚，作业空间相对封闭，过孔速度快	主梁上不宜设置起重设备、雨棚，墩旁托架倒装相对复杂，过孔速度慢
7	施工适应性	使用不受墩的高度限制，可方便地完成首末跨箱梁施工，但不易在桥中部拼装	使用受墩的高度限制，墩高矮于4m时不宜采用，首末跨箱梁施工需要设置临时支墩
8	制梁周期	制梁周期长	制梁周期短
9	制造费用	用钢量大，自重大	用钢量少，自重小

1.施工过程的主要工序

主要工序有：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

移动模架现浇施工主要包括模架的拼装、运行、拆除三个关键环节，拼装是施工准备阶段的

重点，运行是施工过程中的关键，拆除是施工收尾阶段的难点。

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

（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）模架在移动过孔时的抗倾覆稳定系数应不小于 1.5 。

1B413063 桥梁上部结构悬臂施工

一、悬臂拼装施工



(二) 悬拼施工方法

1. 梁段预制方法分长线法及短线法。

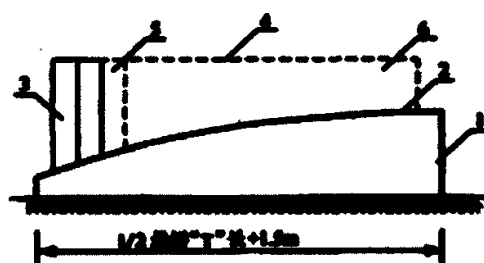
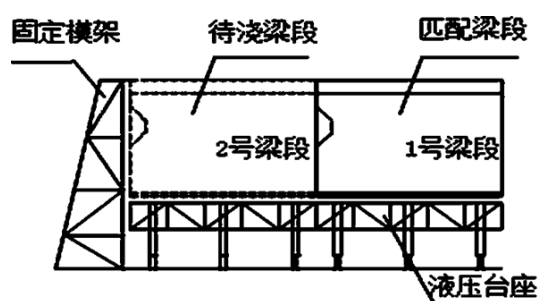
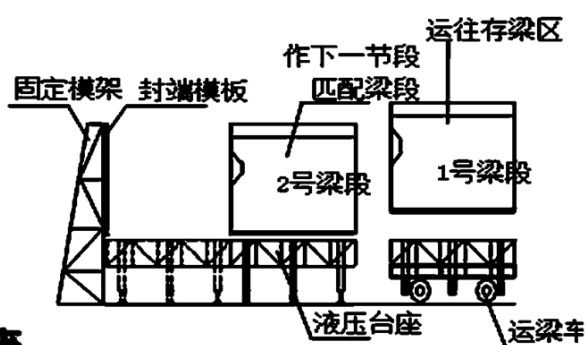


图13-170 a) 长线法台座



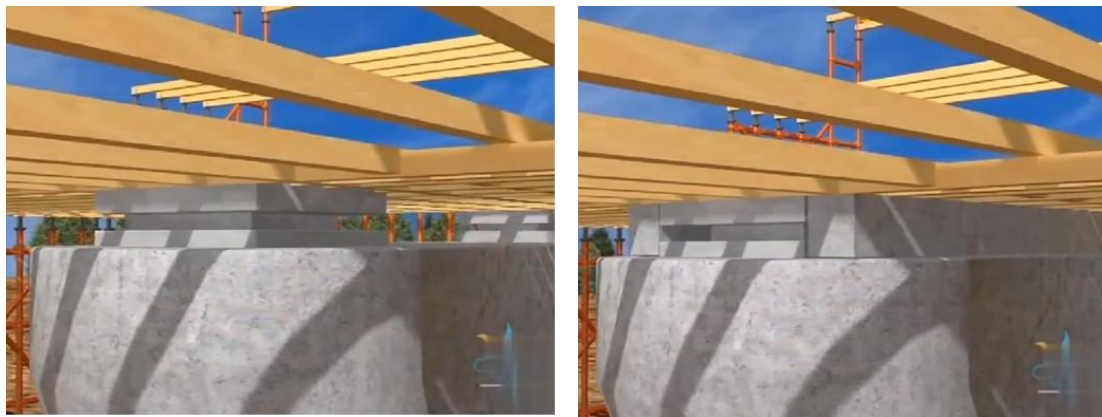
短线法台座



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。

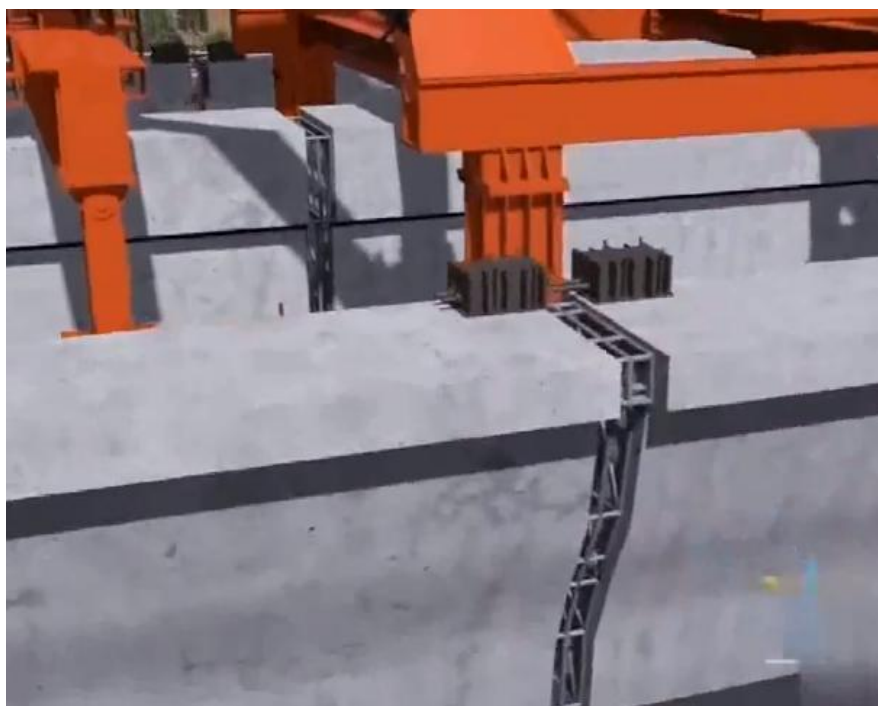
3.短线法，优点是场地较小，浇筑模板及设备基本不需要移机，可调的底、侧模便于平竖曲线梁段的预制；缺点是精度要求高，施工要求严，施工周期相对较长。



（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：1 号块是紧邻 0 号块两侧的第一箱梁节段，也是悬拼构件的基准梁段，是全跨安装质量的关键，一般采用湿接缝连接。



湿接缝拼装梁段施工程序包括：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。



3.其他梁段拼装

(1) 移动式导梁架桥机施工

悬臂节段拼装工艺流程图 架桥机安装及调试→运梁就位→架桥机落钩起吊箱梁至桥面→节段胶结层涂抹→临时预应力张拉→胶结层养护至固化→悬拼预应力钢束张拉→架桥机解钩，前移至下一个节段施工。

(2) 悬拼吊机法施工

悬拼吊机法节段拼装工艺流程图：吊机安装及调试→梁端就位→起吊梁段、试拼→节段胶结层涂抹→临时预应力张拉→胶结层养护至固化→悬拼预应力钢束张拉→吊机解钩，前移至下一个节段施工。

(3) 浮吊悬拼法施工



（五）悬臂拼装合龙段施工

悬臂拼装合龙段施工工艺流程图 :合龙段起吊就位→合龙段临时锁定→湿接缝预应力管道连接→穿合龙预应力束→安装湿接缝模板→现浇湿接缝,养护,脱模→张拉预应力束→解除临时锁定。

二、悬臂浇筑施工

（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形刚构桥、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。





(二) 施工准备

1. 挂篮设计及加工

(1) 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。挂篮由主桁架、锚固、平衡系统及吊杆、纵横梁等部分组成，由工厂或现场根据挂篮设计图纸精心加工而成。挂篮试拼后，必须进行荷载试验。



(2) 挂篮与悬浇梁段混凝土的重量比不宜大于 0.5，且挂篮的总重应控制在设计规定的限重之内。

(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。

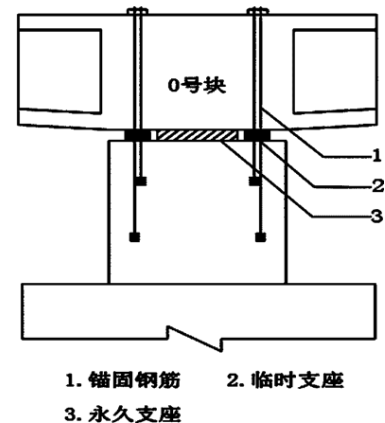
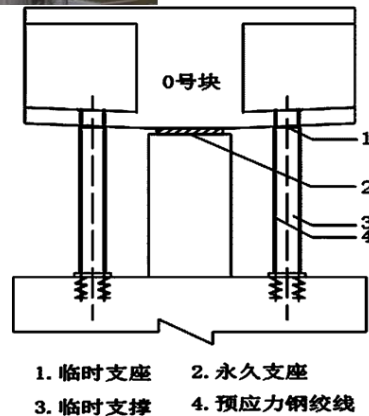
(7) 挂篮制作加工完成后应进行试拼装。挂篮在现场组拼后，应全面检查其安装质量，并进行模拟荷载试验，符合挂篮设计要求后方可正式投入使用。



2.对于 0 号、1 号块挂篮没有支撑点或支撑长度不够，需采用其他方式浇筑。一般采用扇形托架浇筑，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：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。并应进行必要的施工验算。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

1.连续刚构桥悬臂浇筑施工流程图：0号块支架搭设、预压→0号块混凝土浇筑→0号块预应力钢束张拉→组拼挂篮→挂篮预压→对称悬臂浇筑1号块→1号块预应力钢束张拉→挂篮分离，前移就位→悬臂浇筑2号块（下一块段施工）→边跨合龙（边跨现浇混凝土浇筑）→中跨合龙。

2.连续梁桥悬臂浇筑施工流程图：0号块支架搭设、预压→0号块混凝土浇筑→0号块预应力钢束张拉→墩梁临时固结→组拼挂篮→挂篮预压→对称悬臂浇筑1号块→1号块预应力钢束张拉→挂篮前移就位→悬臂浇筑2号块（下一块段施工）→边跨合龙（边跨现浇混凝土浇筑）→解除临时固结→中跨合龙。

(四) 悬臂浇筑施工中应注意的要点

1.主梁各部分的长度应充分考虑主梁的形式、跨径、墩宽、挂篮的形式以及施工周期来确定。

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。



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。

挂篮试压通常采用水箱加压法、试验台加压法及砂袋法。



5.悬臂浇筑施工应符合下列规定：

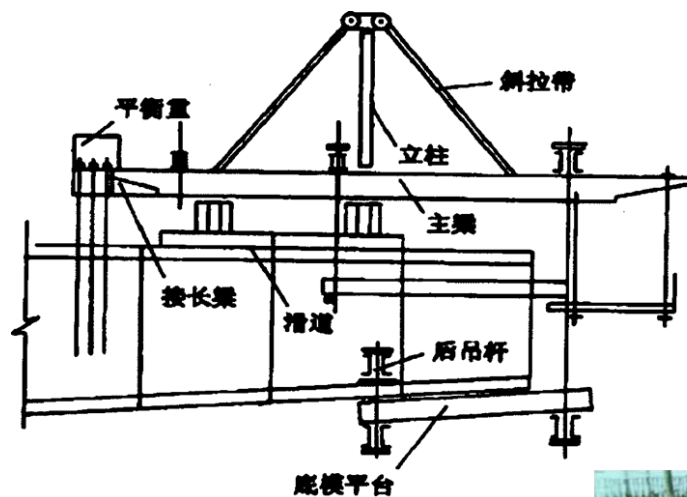
（1）悬臂浇筑施工应对称、平衡地进行，两端悬臂上荷载的实际不平衡偏差不得超过设计规定值；设计未规定时，不宜超过梁段重的 $1/4$ 。悬臂梁段应全断面一次浇筑完成，并应从悬臂端开始，向已完成梁段推进分层浇筑。

（2）悬臂浇筑的施工过程控制宜遵循变形和内力双控的原则，且宜以变形控制为主。

（五）混凝土梁的合龙和体系转换应符合的规定。

1.合龙的程序和顺序应符合设计规定，边跨、中跨合龙段施工可参照如下流程图：

（1）悬臂浇筑边跨合龙施工流程图：施工准备及模架安装→设置平衡重→普通钢筋及预应力管道安装→合龙锁定→浇筑合龙段混凝土→预应力施工→拆模、落架。



(2) 悬臂浇筑中跨合龙施工流程图：吊架及模板安装→设置平衡重→普通钢筋及预应力管道安装→合龙锁定→解除连续梁墩顶临时固结，完成体系转换→浇筑合龙段混凝土→预应力施工→拆除模板及吊架。

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后，再浇筑合龙段混凝土。

宜在合龙口两侧的梁体顶面设置等重压载水箱，并在浇筑合龙段混凝土时同步卸载。





5.合龙段的混凝土宜在一天中气温最低且稳定的时段内浇筑，浇筑后应及时覆盖洒水养护，养护时间宜不少于 14d。

6.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



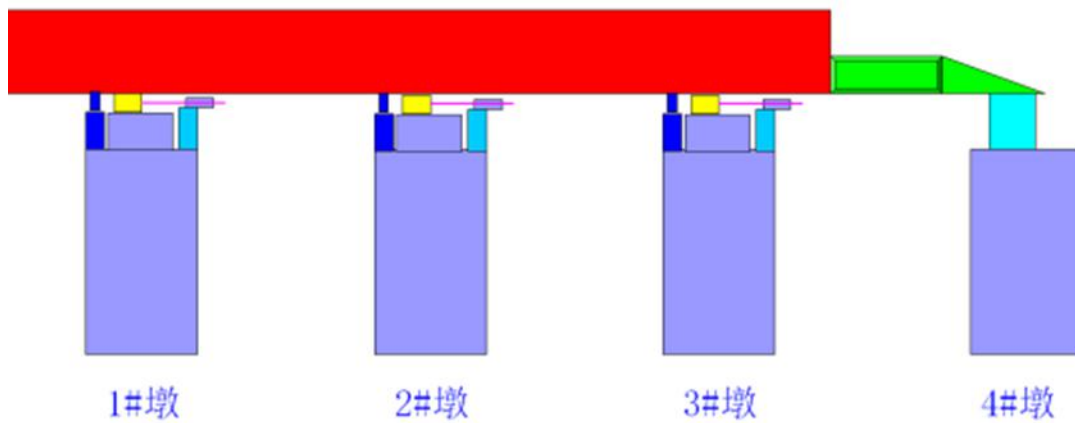
一、概述

顶推法多应用于预应力钢筋混凝土等截面连续梁桥和斜拉桥梁的施工。顶推施工是在桥台的后方的引道或引桥上设置预制施工场地，分节段浇筑梁体，并用纵向预应力筋将浇筑节段与已完成的梁体连成整体，在梁体前端安装钢导梁，用千斤顶纵向顶推，使梁体通过各墩顶的临时滑动支座面就位，这样分段预制，逐段顶推，待全部顶推就位后，落梁、结构体系转换、更换正式支座，完成桥梁施工。

顶推施工主要临时设施及机具设备有：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。



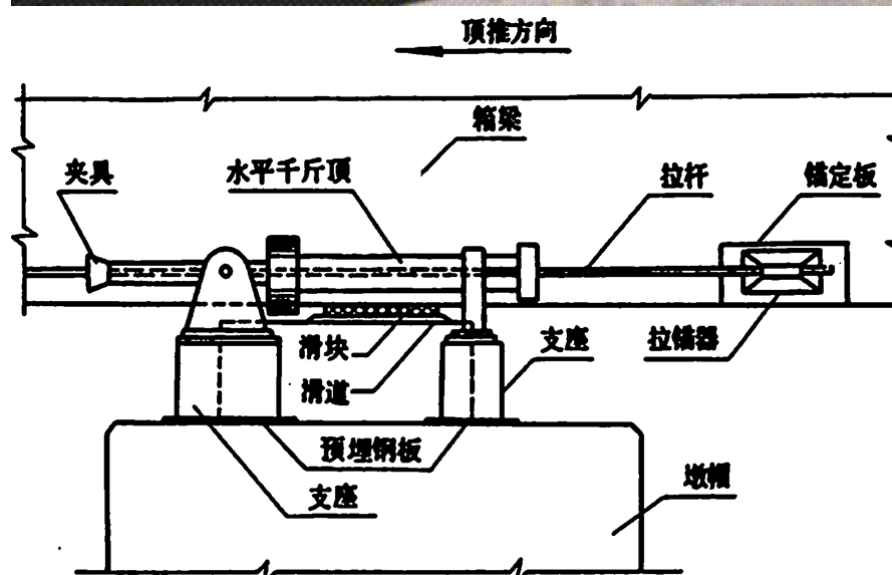
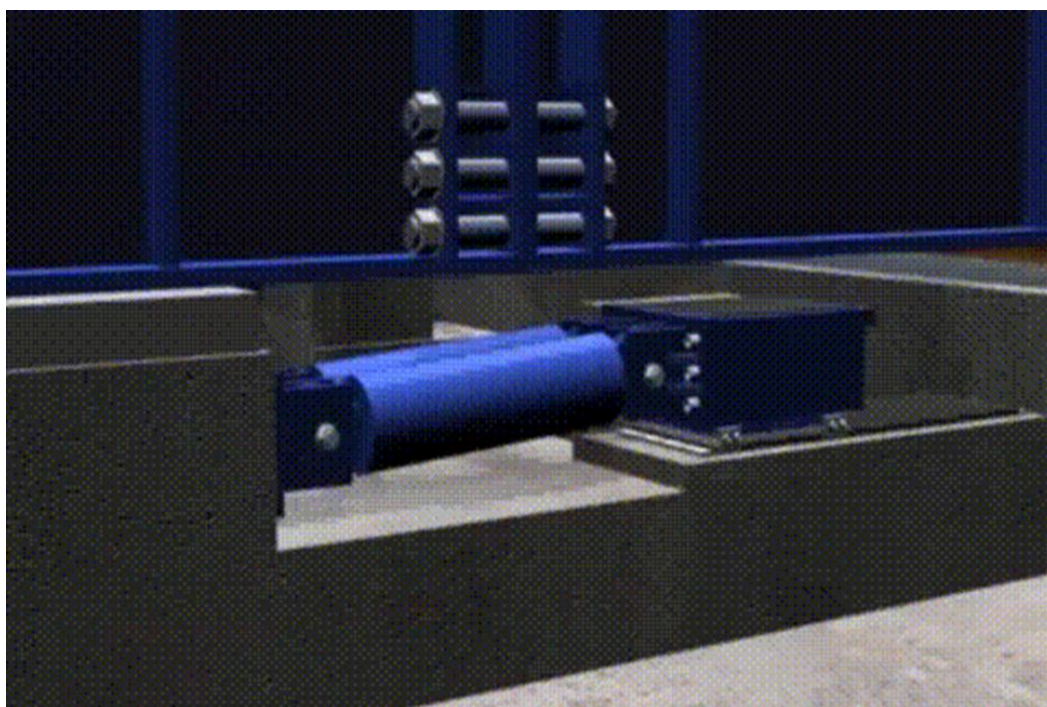
多点连续顶推作业示意图

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。

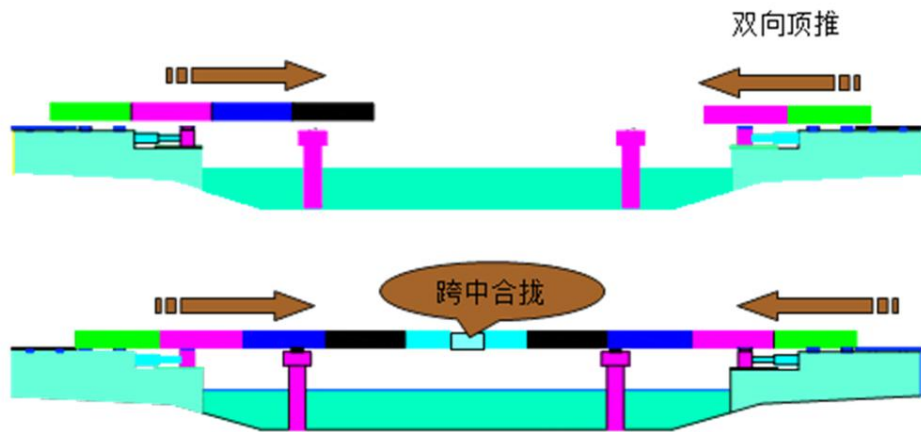
4.按支承系统可分临时滑道支承装置顶推施工和永久支承装置顶推施工。





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

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~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

1. 导梁的长度宜为顶推跨径的 0.6~0.8 倍, 刚度宜为主梁的 $1/15 \sim 1/9$, 导梁与主梁梁体连接处的刚度应协调, 预埋件的连接强度应满足梁体顶推时的受力要求, 导梁前端的最大挠度应不大于设计规定。

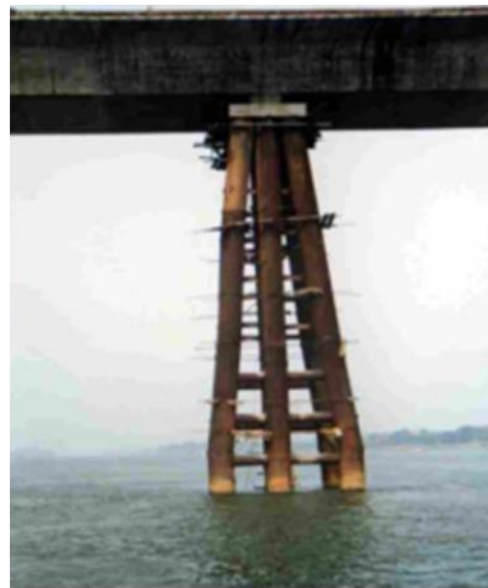
3. 钢梁顶推施工时, 导梁与钢梁之间宜采用焊接连接或采用螺栓连接。

4. 对于跨径大于 50m 的梁桥宜设置临时墩, 设置时应综合桥下交通、通航、工程量、施工难易程度、拆除方案等加以考虑。



8.临时墩一般只设置滑道而不设顶推装置，若必须加设顶推装置，应通过计算确定。

10.各联主梁顶推作业完成并落梁到正式支座上以后，应将临时墩拆除。



(三) 梁段顶推施工

1.顶推施工宜根据梁体长度、顶推跨度、桥墩所能承受的水平推力等条件，选择适宜的顶推方式。

3.采用单点或多点水平千斤顶方式顶推时，实际总顶推力应不小于计算顶推力的 2 倍；

4.宜在墩台上设置导向装置防止梁体在顶推过程中产生偏移。

5.顶推时至少应在两个墩上设置保险千斤顶。

(四) 落梁

1.落梁前应按设计规定的顺序,对预应力钢束进行张拉、锚固、压浆。

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

1.台座和滑道组的中线必须在桥轴线或其延长线上;导梁应在地面试装后,再在台座上安装,导梁与梁身必须牢固连接。

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

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。



平转法施工在桥台处设置转盘，将预制的整跨或半跨悬臂桥体置于其上，待混凝土达到设计强度后脱架，以桥台和锚碇体系或锚固桥体重力平衡，再用牵引系统牵引转盘，待桥体上部结构平转至对岸成跨中合龙，而后浇灌合龙段接头混凝土，待其达到设计强度后，封固转盘，完成全桥施工。

平转施工主要适用于刚

构梁式桥、斜拉桥、钢筋混凝土拱桥及钢管拱桥。

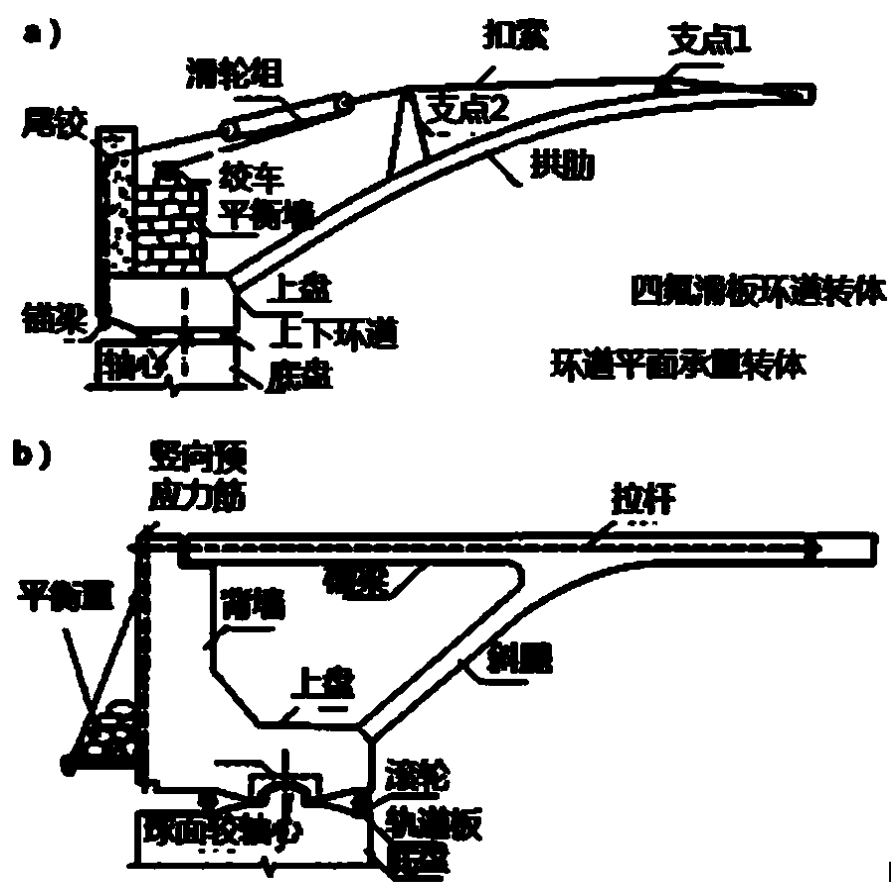
竖转施工主要适用于转体重量不大的拱桥（混凝土肋拱、刚架拱、钢管混凝土拱）或某些桥梁预制部件（塔、斜腿、劲性骨架）。其转动系统由转动铰、提升体系（动、定滑轮组，牵引绳等）、锚固体系（锚索、锚碇顶）等组成。



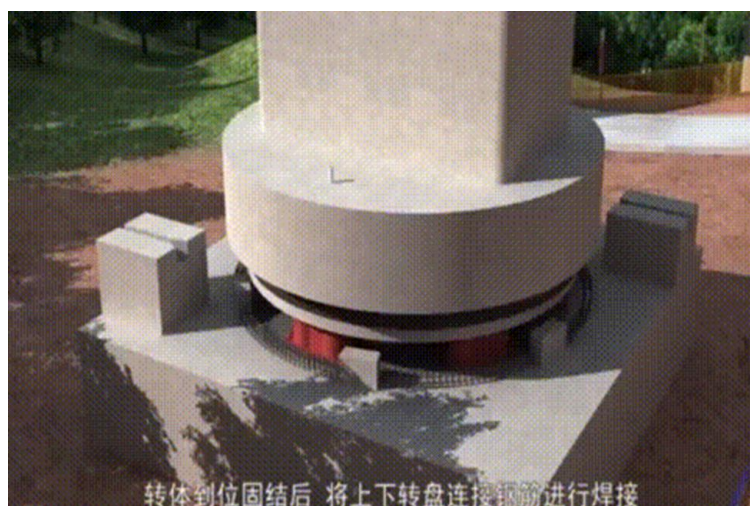
三、平转法施工

（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，要将转动体系顺利、稳妥地转到设计位置，主要依靠以下措施实现：正确的转体设计；制作灵活可靠的转体装置，并布设牵引驱动装置。



- 1.对跨径较大、转动体系重心较高的拱桥，宜采用环道与中心支承相结合的转盘结构；对中、小跨径的拱桥，可采用中心支承的转盘结构。平衡重宜视情况利用桥台或设置临时配重。
- 2.拱圈混凝土达到设计规定的强度后，方可分批、分级张拉扣索，对扣索的索力应进行检测，其允许偏差应为 $\pm 3\%$ 。
- 8.转体合龙应在当日最低温度时进行，当合龙温度与设计计算温度相差较大时，应考虑温度差带来的影响，修正合龙高程。



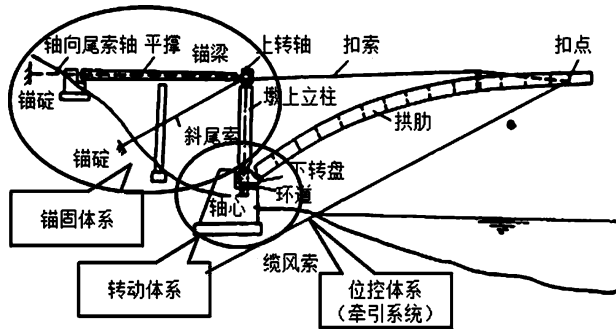
转体到位固结后 将上下转盘连接钢筋进行焊接



（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，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。

1. 转体系统宜由锚固体系、转动体系和位控体系等构成。对尾索张拉、扣索张拉、拱体平转、合龙卸扣等工序，施工时应进行索力、轴线、高程等监测。



5.两岸拱体平转至桥轴线位置就位后，应对其高程和轴线进行测量，不符合设计要求时应进行调整，且宜按设计要求的合龙温度或修正后的合龙温度进行合龙施工。

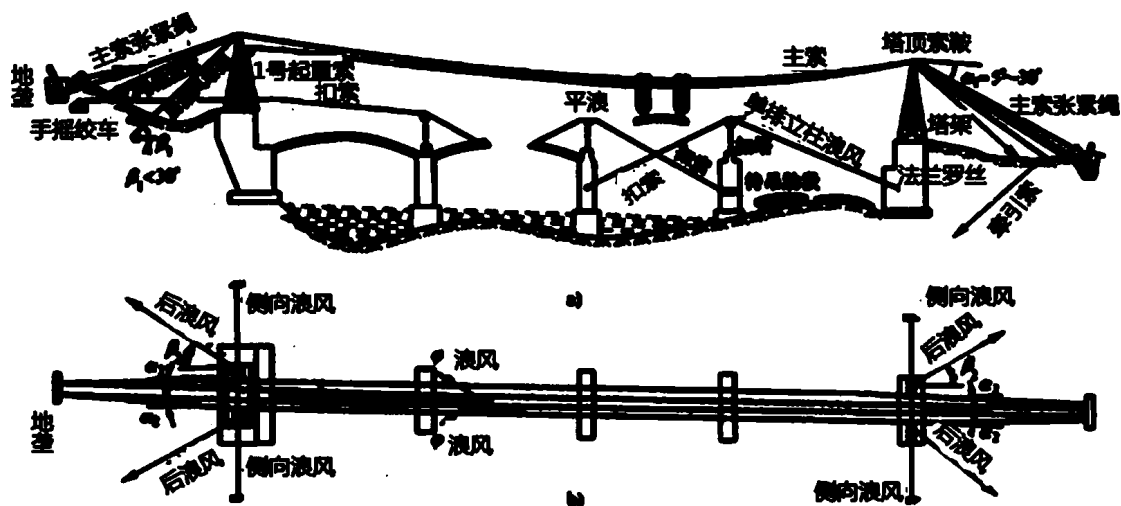
6.合龙口混凝土符合设计规定的强度或达到设计强度的 85%后，应按对称均衡的原则，分级卸除扣索，卸除过程中应对拱体的拱轴线和高程以及扣索的内力进行监测；全部扣索卸除后，应测量拱体的最终轴线位置和高程。

1B413066 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，在拱桥施工中被广泛采用。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。



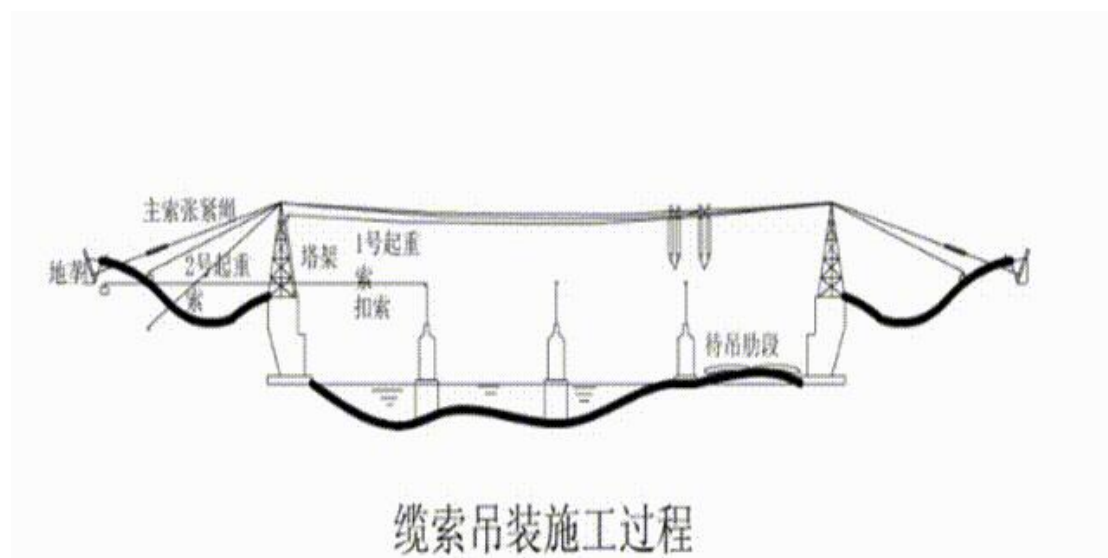


承重索：用于承载跑车、供跑车行驶于其上的一根或一组钢丝绳，在桥梁施工领域一般称为主索。

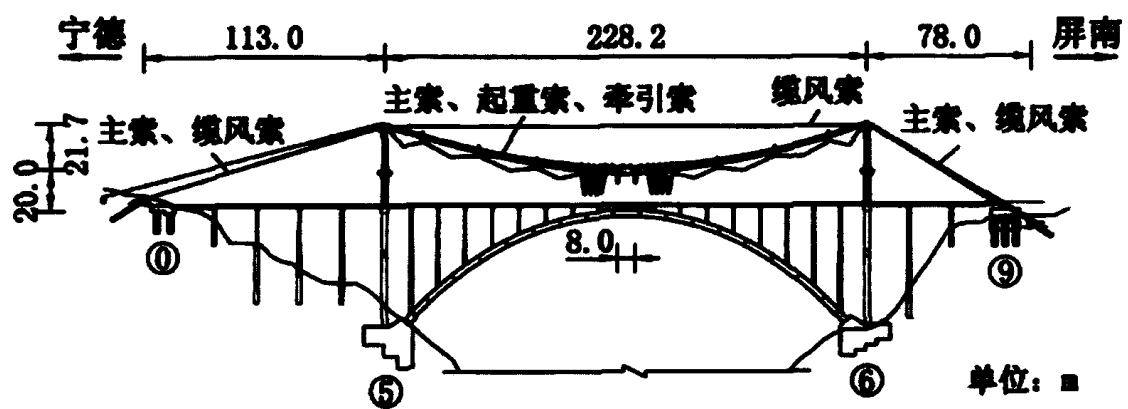
起重索：用于承受被吊物重力、使被吊物得以升降的钢丝绳，又称起升索。一端与卷扬机相连，另一端固定于对岸的地锚上。

牵引索：用于牵引跑车沿主索往返行驶的钢丝绳。

扣索：一端系在拱箱（肋）接头附近的扣环上，另一端通过扣索排架或塔架固定于地锚上。



缆风索：用于限制塔顶或拱肋位移，确保其稳定性的钢丝绳。对塔架而言，一般有塔架前缆风索、后缆风索或通缆风索；对拱肋而言，一般有拱肋侧缆风索。



塔架：用于支承主索、提高主索高度从而提高缆索式起重机跨越能力的高耸结构，一般采用钢管、贝雷片或万能杆件拼装。

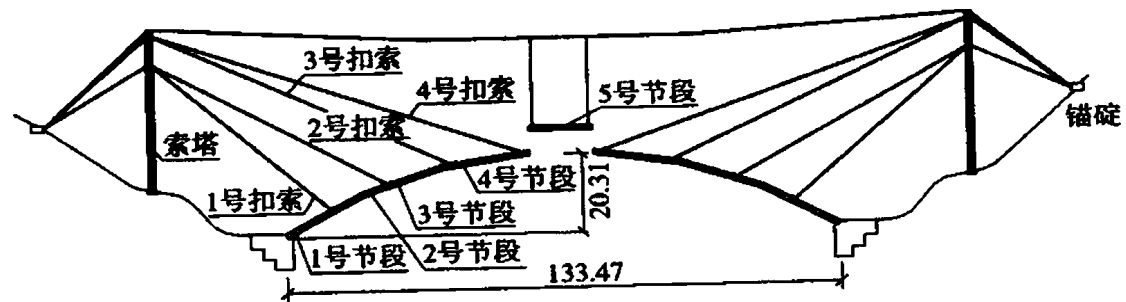
索鞍：安装于塔架顶部，用于支承主索的滑轮组结构。



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。



(二) 施工中的注意要点

1.采用缆索吊装法进行拱桥的无支架安装施工时，缆索吊装系统应符合下列规定：

(1) 主塔和扣塔宜采用常备式定型钢构件在墩、台顶上拼装，其基础应牢固可靠，周围应设置防排水设施；塔的纵横向宜设置风缆，且风缆的安全系数应不小于2，当塔自身能满足横向受力及抗风要求时，可不设横向风缆；塔顶部应设置可靠的避雷装置。

(3) 主缆宜采用钢丝绳，其直径和数量应根据吊装构件的重量通过计算确定，安全系数应不小于3，且每根主缆应受力均匀；抗风钢丝绳的安全系数应不小于2；起吊绳的安全系数应不小于5；牵引绳的安全系数应不小于3；钢丝绳扣索的安全系数应不小于3；钢绞线扣索的安全系数应大于2。

(4) 缆索吊装系统设计时，应对可能出现的各种工况进行强度、刚度和稳定性验算；吊装前应对吊装系统进行检查验收，并按设计荷载进行试吊，检验其安全性和可靠性，检验合格后方可用于正式吊装。

4.拱肋安装时，各段拱肋的高程和线形应根据施工控制的要求确定，且宜从拱脚段开始，依次向拱顶分段吊装就位。扣索的扣挂应稳妥可靠，应使拱肋断面不产生扭斜，且各段拱肋的

上端头均应通过扣索的调整使其略高于设计高程。多跨拱桥安装时，应根据桥墩承受不平衡水平推力的能力，经计算确定相邻孔拱肋的安装顺序。

5.各段拱肋在松索过程中，应符合下列规定：

（1）松索的流程应根据施工控制的要求经计算确定，松索前应校正拱轴线位置及各接头高程，使之符合要求。松索应按拱脚段扣索、次拱脚段扣索、起重索三者的先后顺序，并按比例定长、对称、均匀地松卸。

1B413068 桥梁施工监控

一、桥梁监测

（二）监测方式

- 1.人工监测：配备简单的仪器，用人工作地毯式监测，用模糊分级描述桥梁状况。
- 2.自动监测：用固定在桥梁上的专用设备，实时地监测桥梁的工作参数。自动化程度高，但是难度大，目前使用尚少。
- 3.联合监测：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。

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、预测控制法、自适应控制法和最大宽容度控制法几种。

（二）各种桥梁的施工控制特点

- 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。二期恒载施工时，为了保证结构的内力和变形处于理想状态，拉索再次张拉时以索力控制为主。
- 2.悬索桥：在施工过程中，除了主索和加劲梁外，对桥塔受力、索鞍偏移、吊杆和主索索股受力均匀性等应严加跟踪控制，保证应力和线形的双控实现。

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。

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。

1B413070 大跨径桥梁施工

1B413071 刚构桥施工

1B413072 拱桥施工

1B413073 钢桥施工

1B413074 斜拉桥施工

1B413075 悬索桥施工

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

胶为接缝料。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、拱（支）架上现浇混凝土拱圈



一、拱（支）架上现浇混凝土拱圈

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；各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽，其宽度宜为 0.5~1.0m。

分段浇筑时，各分段内的混凝土宜一次连续浇筑完成，因故中断时，应浇筑成垂直于拱轴线的施工缝；如已浇筑成斜面，则凿成垂直于拱轴线的平面或台阶式结合面。

二、无支架和少支架预制安装

2.采用无支架方法安装拱圈时，宜根据桥梁规模、构件重力、施工环境条件等，选用适宜的

吊装方式和吊装机具。

三、劲性骨架拱



1.劲性骨架的安装宜采用无支架或少支架法进行节段拼装，拱轴线及桥轴线的控制标准可按钢管混凝土拱的要求执行。

2.劲性骨架拱圈的浇筑施工应符合下列规定：

（1）施工前，应在分析计算劲性骨架或劲性骨架与混凝土组合结构受力行为的基础上，进行混凝土浇筑程序设计；在施工过程中应对结构的应力和变形进行监控。

（2）采用分环多工作面均衡浇筑法。

（3）采用水箱压载分环浇筑法。

（4）采用斜拉扣挂分环连续浇筑法施工。

（5）分阶段浇筑拱圈时，应严格控制每一施工阶段劲性骨架及劲性骨架与混凝土形成组合结构的变形形态、位置、拱圈高程和轴线横向偏位，其变形值、高差和偏位等应符合设计要求，否则应采取纠正措施。

四、钢管混凝土拱



3.混凝土的施工应符合下列规定：

(1)混凝土应采用泵送顶升压注施工，混凝土输送泵的性能应能满足顶升压注施工的需要；混凝土应具有低含气量、大流动性、收缩补偿、延后初凝和早强等性能，其配合比应经试验确定。

(2)压注前应先对管内进行清洗，润湿管壁并泵入适量水泥浆，然后再正式压注混凝土。

(3)混凝土应由拱脚至拱顶对称、均衡地压注，有腹箱的断面应先管后腹，除拱顶外不宜在拱肋内的其他部位设置横隔板。压注应连续进行，不得中断，直至拱顶端的溢流管排出正常混凝土时方可停止，溢流管的高度应为 1.5~2.0m。压注时尚应考虑上、下游拱肋的对称性和均衡性，并应将施工时间控制在混凝土初凝时间内。混凝土压注完成后应及时关闭设于压注口的倒流截止阀。

1B413073 钢桥施工

一、概述

按照力学体系分类，钢桥有梁、拱、索三大基本体系和组合体系桥；按照主梁结构形式，可

分为钢板梁、钢箱梁、钢桁梁和结合梁。



二、钢桥架设方法

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。

(二) 焊接

3. 焊接工作宜在室内进行，焊接环境的相对湿度应小于 80%；焊接环境的温度，对低合金高强度结构钢应不低于 5℃，普通碳素结构钢应不低于 0℃。主要钢构件应在组装后 24h 内焊接。

4. 钢构件在露天焊接时，必须采取防风 and 防雨措施；主要钢构件应在组装后 12h 内焊接，当钢构件的待焊部位结露或被雨淋后，应采取相应措施去除水分和浮锈。

(七) 工地连接

(3) 高强度螺栓连接副组装时，应在板束外侧各设置一个垫圈，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，铰孔前应将该孔四周的螺栓全部拧紧，使板层密贴，防止钢屑或其他杂物掉入板层缝隙中，铰孔的位置应做施工记录。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。

2. 桥梁钢结构在工地焊接连接时应符合下列规定：

(1) 钢构件的工地施焊连接应按设计规定的顺序进行。

(2) 箱形梁梁段间的焊接连接，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。

(3) 当桥梁钢结构为焊接与高强度螺栓合用连接时，栓接结构应在焊缝检验合格后再终拧高强度螺栓连接副。



四、钢桥质量检查与检验

在钢桥质量检查与检验实测项目中，标注(△)的项目为关键项。

1. 钢板梁制作实测项目

钢板梁制作实测项目：梁高；跨度；梁长；纵、横梁旁弯；拱度；平面度；主梁、纵横梁盖板对腹板的垂直度；焊缝尺寸；焊缝探伤(△)；高强度螺栓扭矩(△)。

2.钢桁梁节段制作实测项目

钢桁架节段制作实测项目：节段长度；节段高度；节段宽度；节间长度；对角线长度差；桁片平面度；拱度；焊缝尺寸；焊缝探伤（ Δ ）；高强度螺栓扭矩（ Δ ）。

3.钢箱梁制作实测项目

钢箱梁制作实测项目：梁高（ Δ ）；跨度；全长；腹板中心距（ Δ ）；横断面对角线差；旁弯；拱度；腹板平面度；扭曲；对接错边；焊缝尺寸；焊缝探伤（ Δ ）；高强度螺栓扭矩（ Δ ）。

4.钢梁防护涂装实测项目

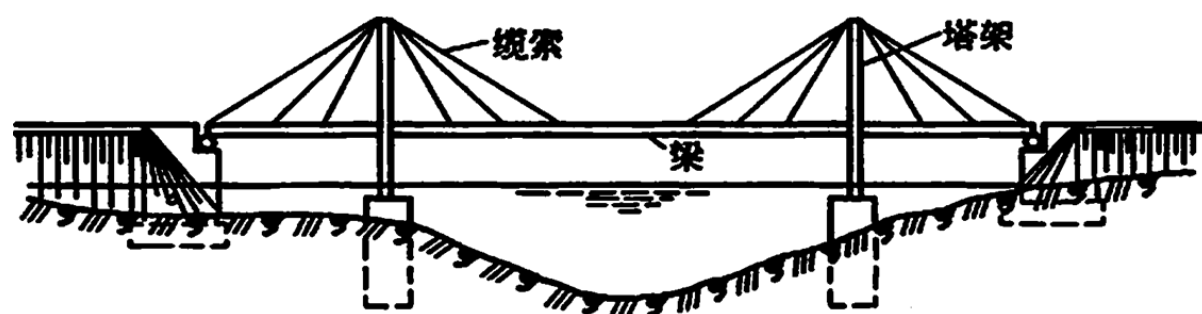
钢梁防护涂装实测项目：除锈等级（ Δ ）；粗糙度（ Δ ）；总干膜厚度；附着力。

5.钢梁安装实测项目

钢梁安装实测项目：轴线偏位；高程；固定支座处支承中心偏位；对接错边；焊缝尺寸；焊缝探伤（ Δ ）；高强度螺栓扭矩（ Δ ）。

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。



斜拉桥又称斜张桥，是将主梁用斜拉索直接锚固在索塔上的一种桥梁，是由承压的塔、受拉的索和承弯的梁组合起来的一种结构体系，可看作是用拉索代替支墩的多跨弹性支承连续梁。这种布置形式可使梁体内弯矩减少，降低建筑高度，减轻结构自重，节省材料。斜拉桥作为一种拉索体系，比梁式桥的跨越能力更大，是大跨度桥梁的主要桥型。

一、索塔

索塔的构造材料主要有钢结构、混凝土结构、预应力混凝土结构等。

（一）索塔施工方法及主要设备

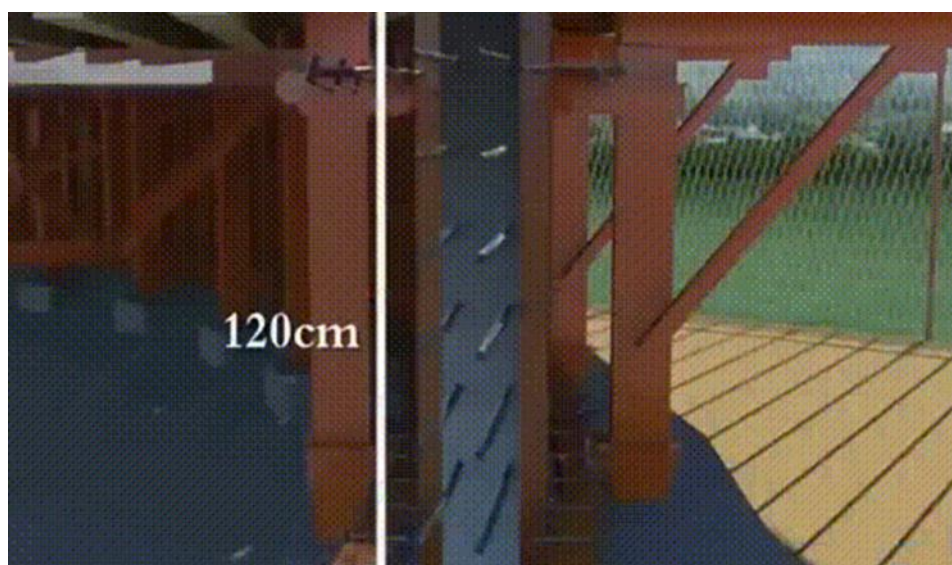
1.索塔的施工可视其结构、体形、材料、施工设备和设计综合考虑选用合适的方法。裸塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔宜用劲性骨架挂模提升法。裸塔现浇施工主要采用翻模、滑模、爬模施工方法：



（1）翻模：应用较早，施工简单，能保证几何尺寸（包括复杂断面），外观整洁。但模板高空翻转，操作危险，沿海地区不宜用此法。

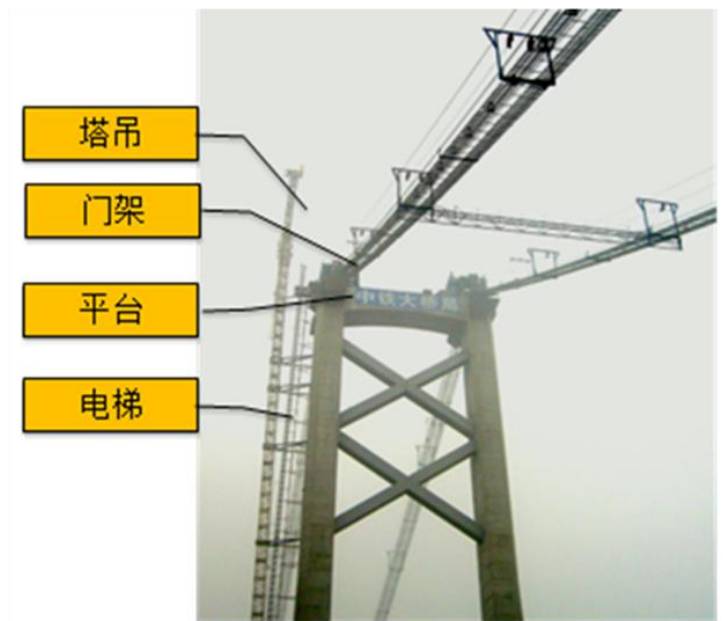
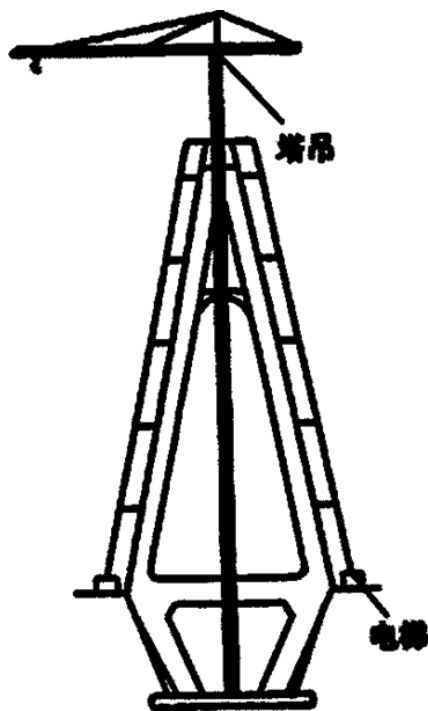


(2) 滑模：施工速度快，劳动强度小，但技术要求高，施工控制复杂，外观质量较差，且易污染。一般倾斜度较大，预留孔道及埋件多的索塔不宜用此法。



(3) 爬模：爬模兼有滑模和翻模的优势，使用斜拉桥一般索塔的施工。施工安全，质量可靠，修补方便。国内外大多采用此法。

2.索塔施工主要机械设备一般设置起重设备、施工电梯和安全通道，还有混凝土浇筑设备、供水设备及混凝土养护设备等。塔式起重机可安装在两柱中间。混凝土的垂直运输一般采用泵送。泵管一般设在施工电梯旁，便于接管、拆管和采取降温或保温措施，或处理堵管等。



(二) 索塔施工要点

1. 混凝土索塔的施工应符合下列规定：

(1) 塔柱节段施工长度的划分，宜根据索塔结构形式、钢筋定尺长度和施工条件等因素确定；塔柱模板系统应具有足够的强度、刚度和稳定性，且宜进行抗风稳定性验算。

(2) 塔座及塔柱实心段施工时，除应控制好模板的平面位置和倾斜度外，尚应对混凝土采取降低水化热和温度控制的措施；同时宜采取适当措施缩短塔座与承台、塔柱与塔座之间浇筑混凝土的间隔时间，间歇期宜不大于 15d。

(3) 索塔与主梁不宜同时交叉施工，必须交叉施工时应采取保证质量和施工安全的措施。

索塔塔柱施工时宜设置劲性骨架，所设置的劲性骨架应能起到保证钢筋架立、模板安装和拉索预埋导管空间定位精度的作用；劲性骨架宜采用型钢制作。

二、主梁

(一) 主梁的特点及施工方法

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

2.混凝土主梁采用悬臂浇筑法施工时，除应符合 1B413063 的有关规定外，尚应符合下列规定：

（1）主梁 0 号梁段及相邻梁段浇筑施工时，应设置可靠的支架系统。支架系统应进行专门设计，其强度、刚度和稳定性应满足使用要求，同时应考虑变形、地基的不均匀沉降和日照温差等因素对支架系统的不利影响；施加在支架上的临时施工荷载应包括悬浇挂篮的重力。

辅助跨梁段的现浇支架亦应符合上述规定。



（2）用于悬浇施工的挂篮应进行专门设计，挂篮应满足使用期的强度和稳定性要求，同时应考虑主梁在浇筑混凝土时抗风振的刚度要求。挂篮的全部构件制作完成后应进行检验和试拼，合格后再运至现场整体组装，并按设计荷载及技术要求进行预压。挂篮在预压时应测定其弹性挠度的变化、高程调整的性能及其他技术性能。

5.主梁的合龙施工应符合下列规定：

（2）对合龙前最后若干个悬臂施工梁段的高程、线形、轴线偏差及索力应进行严格控制，

使合龙口两侧主梁的自然相对偏差满足合龙的误差要求。

(3) 混凝土主梁和全焊钢主梁在合龙时，应按设计要求设置临时刚性连接，控制合龙口长度及主梁轴线与高程的变化；栓接钢主梁合龙时，应提前调整合龙口两侧钢主梁的姿态，并应对两侧钢主梁螺栓孔之间的间距进行控制。

(5) 主梁中跨合龙后，应按设计要求的程序在规定时间内拆除塔梁临时固结装置，保证结构体系的安全转换。边跨合龙应根据主梁的结构特点按本条的相关要求进行施工。

三、拉索施工

(一) 拉索的构造与防护

拉索按材料和制作方式的不同可分为以下几种形式：

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。

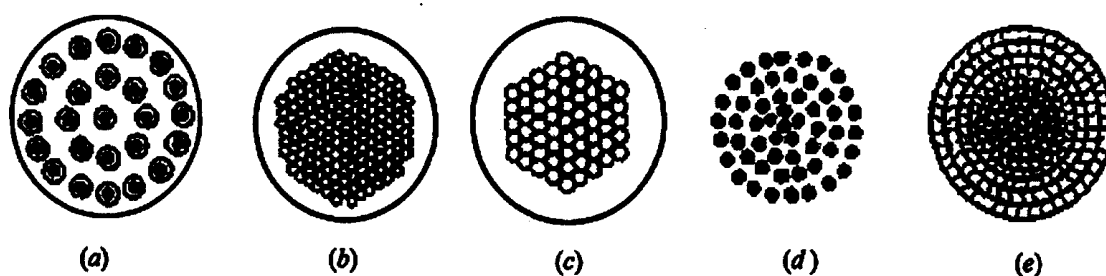


图1B413074 斜拉索截面形式

(a) 钢筋索；(b) 钢丝索；(c) 钢绞线索；(d) 单股钢绞缆；(e) 封闭式钢缆

2. 拉索防护

斜拉索防护可分为临时防护和永久防护两种，防护类型主要有以下几种：

(1) 封闭索防护。

(2) 平行索用塑料罩套保护。

(3) 套管压浆法。

(4) 预应力混凝土索套防护。

(5) 直接挤压护套法。



(二) 拉索安装

1.拉索及其附件应符合设计规定,进场后应进行质量验收。成品拉索在出厂前应做放索试验,同时应做 1.2~1.4 倍设计索力的超张拉检验,检验后冷铸锚板的内缩值宜不大于 5mm。

2.拉索在安装施工前,应按设计要求及拉索结构的不同制定相应的专项施工方案和施工工艺。

4.拉索可在塔端或梁端单端进行张拉,张拉时应按索塔的顺桥向两侧及横桥向两侧对称同步进行。

6.钢绞线拉索的安装施工应符合下列规定:

(3) 钢绞线的下料长度应计入牵引、张拉时的工作长度;下料时对钢绞线的切割应采用砂轮锯,不得采用电弧焊或氧乙炔进行切断。

(4) 牵引安装钢绞线时,其牵引装置必须安全可靠,牵引过程中钢绞线不得产生弯折,转向时应通过导向轮实现。每根钢绞线安装就位后,均应及时采用夹片锁定。

7.钢绞线拉索的张拉施工应符合下列规定:

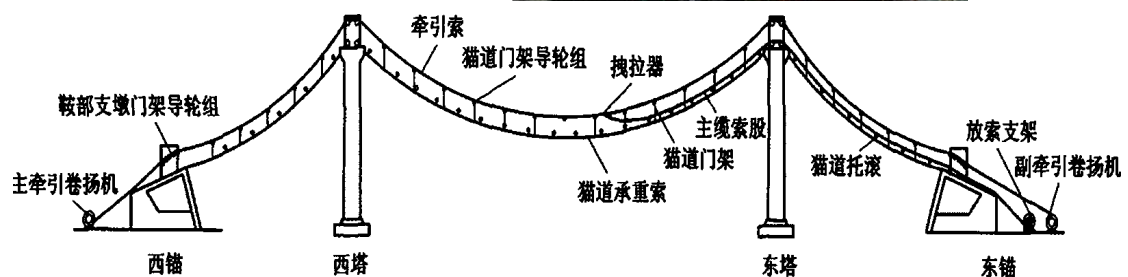
(1) 钢绞线拉索宜采用单根安装，单根张拉，最后再整体张拉的施工方法。单根钢绞线的张拉应按分级、等值的原则进行，整体张拉时应以控制所有钢绞线的延伸量相同为原则。拉索整体张拉完成后，宜对各个锚固单元进行顶压，并安装防松装置。

(3) 拉索的张拉工作全部完成后，应及时对塔、梁两端的锚固区进行最后的组装以及抗震防护与防腐处理。

8. 拉索索力实测值与设计值的偏差宜为 $\pm 5\%$ ，超过时宜进行调整。调整索力时应对索塔和相应的主梁梁段进行变形和应力的监测，并做记录。

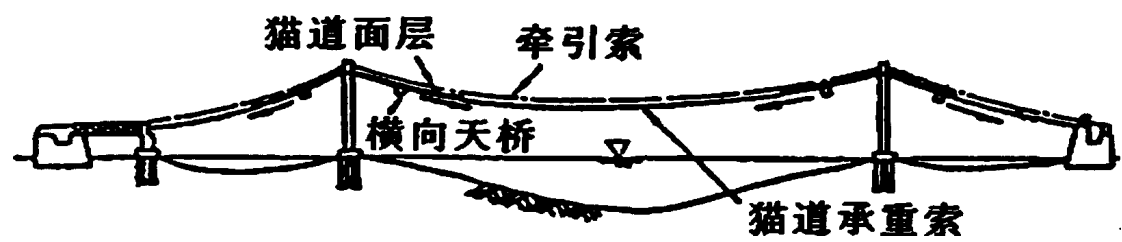
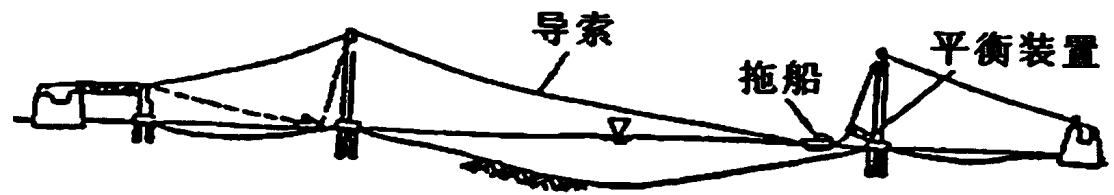
9. 拉索安装施工期间，应及时将索塔内张拉工作面处的油污和各种杂物清理干净，并应有可靠的防火措施。

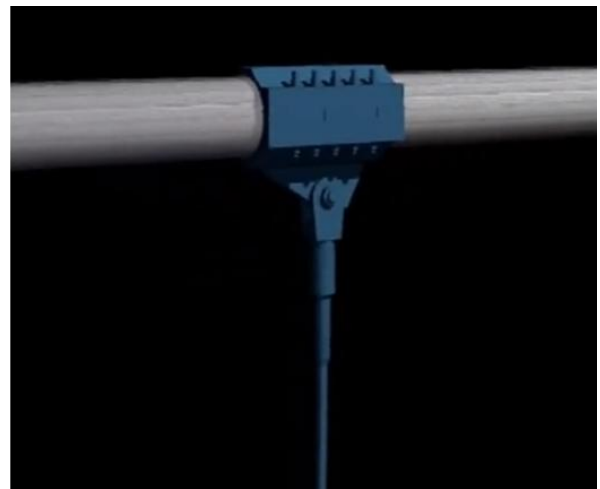
1B413075 悬索桥施工

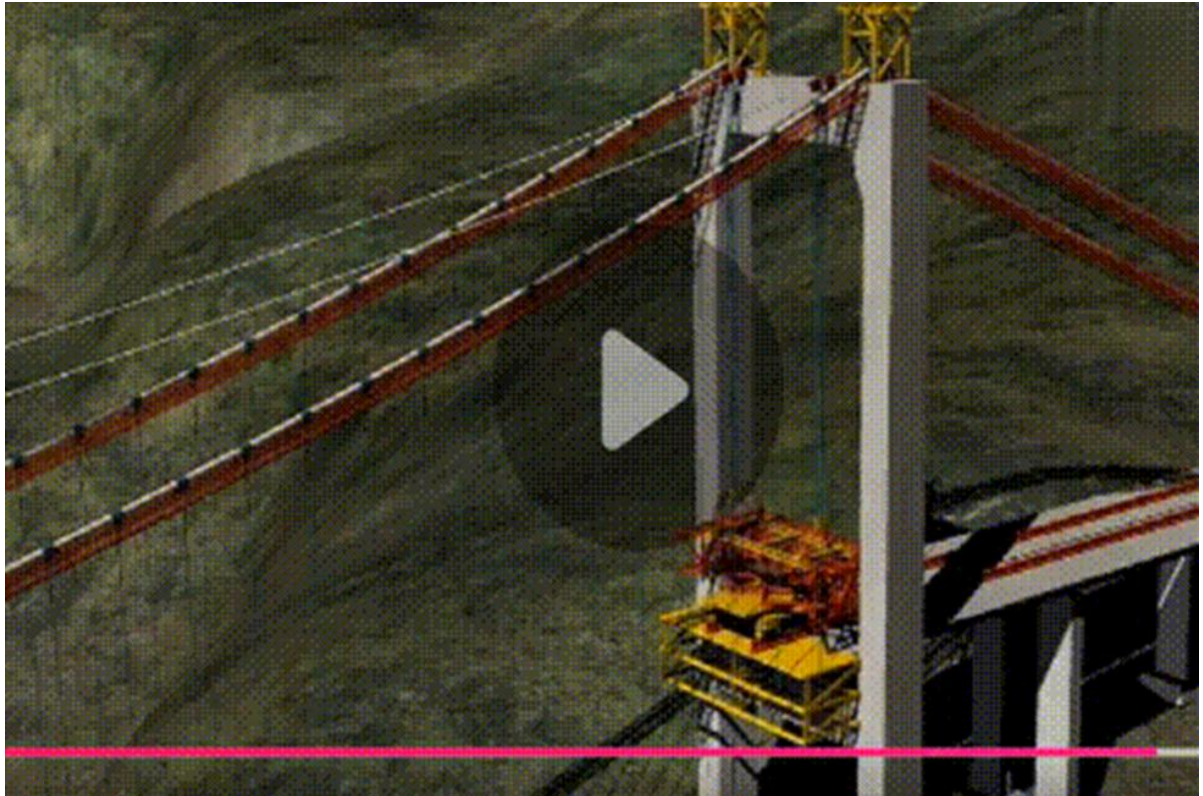


悬索桥施工主要工序包括：基础施工→塔柱和锚碇施工→先导索渡海工程→牵引系统和猫道

系统→猫道面层和抗风缆架设→索股架设→索夹和吊索安装→加劲梁架设和桥面铺装施工。







（二）悬索桥的施工内容

悬索桥下部工程包括锚碇基础、锚体和塔柱基础等施工，上部工程包括主塔、主缆、吊索和加劲梁的施工。

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，同时加工制造上部施工所需构件。
- (2) 索塔、锚碇施工及上部施工准备。包括塔身及锚体施工、上部施工技术准备、机具和物资准备、预埋件等上部施工准备工作。
- (3) 上部结构安装。即缆索系统安装，包括主、散索鞍安装，先导索施工，猫道架设，主缆架设，紧缆，索夹安装，吊索安装，主缆缠丝防护等。
- (4) 桥面系施工。即加劲梁和桥面系施工，包括加劲梁节段安装，工地连接，桥面铺装，桥面系及附属工程施工，机电工程等。

二、锚碇施工

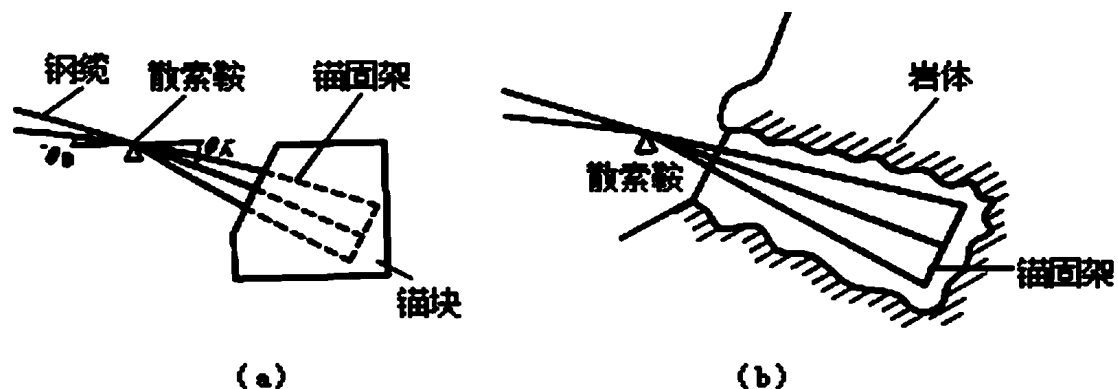
按受力形式的不同可分为重力式锚碇、隧道式锚碇和岩锚等。

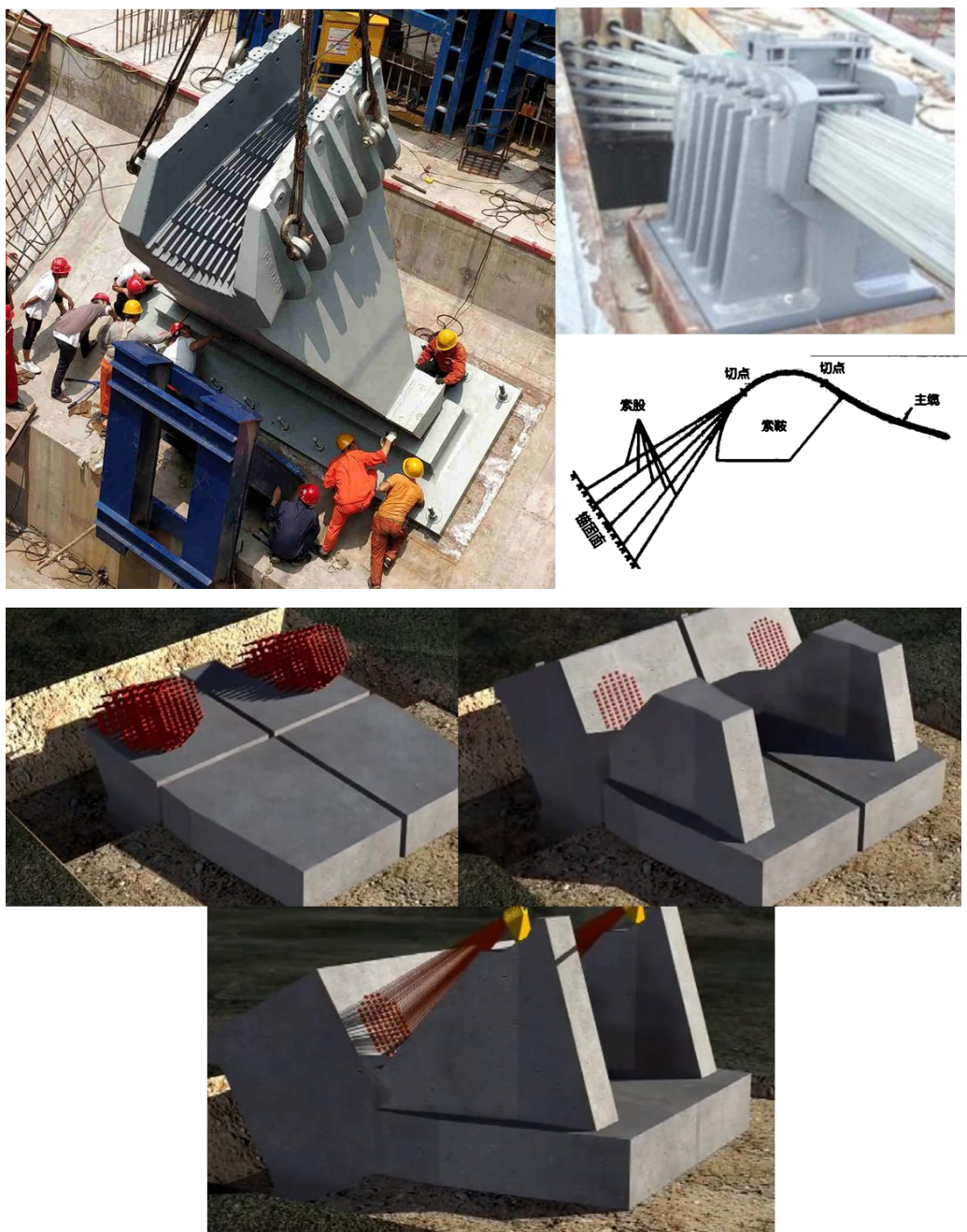
重力式锚碇依靠自身巨大的重力抵抗主缆拉力，重力式锚碇由基础、锚体及锚固系统三部分组成。

隧道式锚碇的锚体嵌入地基基岩内，借助基岩抵抗主缆拉力。隧洞内浇筑混凝土形成锚塞体。

岩锚是通过锚固钢绞线或锚杆直接锚固于岩体，将荷载传递至基岩。预应力筋分散设置在单个岩孔中锚固。

重力式锚碇隧道式锚碇





三、索塔施工

索塔按材料分有钢索塔、钢筋混凝土索塔和钢—混凝土组合索塔，一般由基础、塔柱、横梁等组成。

索塔在施工过程中应对其施工状况进行监测和控制，施工完成后，应测定裸塔的倾斜度、塔顶高程及塔的中心线里程，并做好沉降、变位观测点标记。

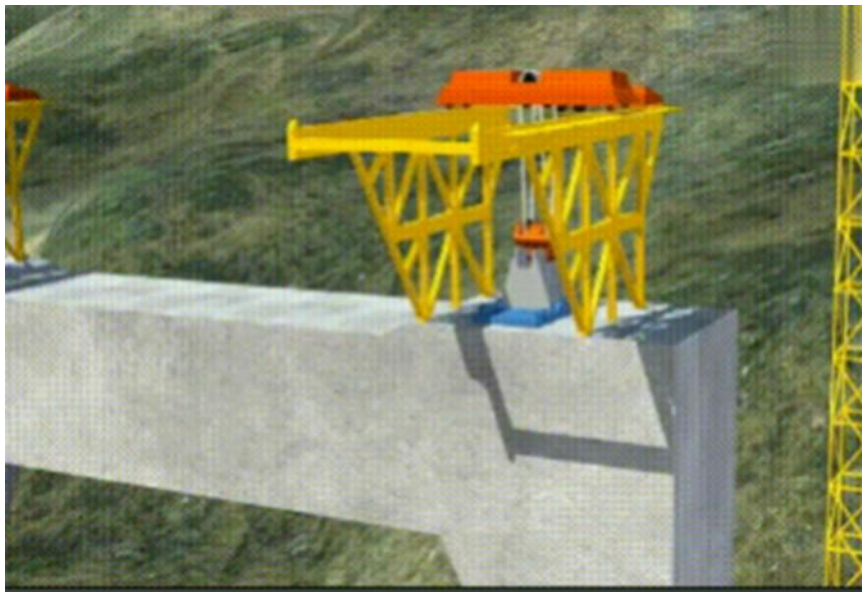
（一）塔身施工

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

1.主索鞍施工程序

主索鞍施工程序包括：安装塔顶门架→钢框架安装→吊装上下支承板→吊装鞍体等。



2.索鞍应由专业单位加工制造。制造完成后应在厂内进行试装配和防腐涂装，并应对各部件的相对位置作出永久性定位标记，经检验合格后方可运至工地现场安装。

3.索鞍在安装前，应根据鞍体的形状和重力、施工环境条件、起吊高度等因素选用吊装设备；对设置在塔顶的起重支架及附属起重装置等应进行专门设计，其强度、刚度和稳定性应满足使用的要求，并应有足够的安全系数。

4.起重安装的所有准备工作完成后，应对起重设备和设施进行全面检查。索鞍在正式起吊前，应先将鞍体吊离地面 0.1~0.2m 并持荷 10min 以上，检验起重设备和设施各部位的受力和变形状况；并应在离地面 1~3m 范围内将鞍体提升起降两次，检验提升系统的性能。

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

1.牵引系统

牵引系统有循环式和往复式两种。



2.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。猫道的线形宜与主缆空载时的线形平行。



1.猫道应根据悬索桥的跨径、主缆线形、施工环境条件等因素进行专门设计，其结构形式及各部尺寸应满足主缆工程施工的需要。

(1) 猫道的线形宜与主缆空载时的线形基本平行，猫道对索塔产生的纵桥向变位应小于索塔高度的 $1/5000$ 。猫道面层宜由阻风面积小的两层大、小方格钢丝网组成，面层顶部与主缆下沿的净距宜为 $1.3\sim 1.5\text{m}$ ；猫道的净宽宜为 $3\sim 4\text{m}$ ，扶手高宜为 1.5m 。猫道在桥纵向

应左右对称于主缆中心线布置，猫道间宜设置若干条横向人行通道。

(2) 承重索在设计时应充分考虑猫道的恒载及可能作用于其上的其他荷载。

2.承重索和抗风缆采用钢丝绳时，架设前应对钢丝绳进行预张拉处理，消除其非弹性变形，预张拉的荷载应不小于其破断荷载的 0.5 倍，且应持荷 60min，并进行两次；

5.主缆的防护工程及检修道安装施工完成后，可进行猫道的拆除工作。拆除前应利用锚固调节系统适当收紧承重索，减小猫道改挂绳的受力；猫道拆除时，宜分节段拆除其面层和底梁，拆除宜按中跨从塔顶向跨中方向、边跨从塔顶向锚碇方向的顺序进行；在拆除过程中，应采取措施保证改挂绳的受力在允许范围内，并应采取适当措施保护主缆、吊索和桥面附属设施等已施工完成的结构。



3.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）。

主缆架设方法主要有空中纺丝法（AS法）：将主缆钢丝逐根或几根牵引然后编束，设备投资

大，制缆质量差，空中作业时间长。

预制平行索股法（PPWS法）：在工厂将钢丝作成束，卷筒运至桥一侧，通过卷扬机拽拉，对牵引系统所需动力要求较大。

2. 预制平行钢丝索股的架设施工应符合下列规定：

（1）索股的牵引系统宜结合工程特点、施工安全、工艺水平及环境条件等因素综合确定。

索股滚筒的间距宜为8m左右，在索鞍或坡度变化较大的位置应适当加密。

（2）索股的放索工艺应与索股的包装工艺相匹配，并应采取适当措施防止索股在索盘上突然释放。

（3）架设时对前3根索股宜低速牵引，对牵引系统进行试运转，在保证运转正常后方可进行正式的索股架设工作。

6. 主缆的紧缆应分为预紧缆和正式紧缆两阶段进行，并应符合下列规定：

（1）预紧缆应在温度稳定的夜间且应将主缆全长分为若干区段分别进行。预紧缆完成处应采用不锈钢带捆紧，并保持主缆的形状，不锈钢带的间距可为5~6m，外缘索股上的绑扎带宜边紧缆、边拆除。预紧缆的目标空隙率宜为26%~28%。



（2）正式紧缆时，应采用紧缆机将主缆挤压整形成圆形，其作业可在白天进行。紧缆的顺

序宜从跨中向两侧方向进行，紧缆挤压点的间距宜为 1m。

（四）索夹与吊索施工

1.索夹的安装应符合下列规定：

（1）安装前，应测定主缆的空缆线形，并在对设计规定的索夹位置进行确认后，方可于温度稳定时在空缆上放样定出各索夹的具体位置并编号。安装前尚应清除索夹内表面及索夹位置处主缆表面的油污及灰尘，涂上防锈漆。

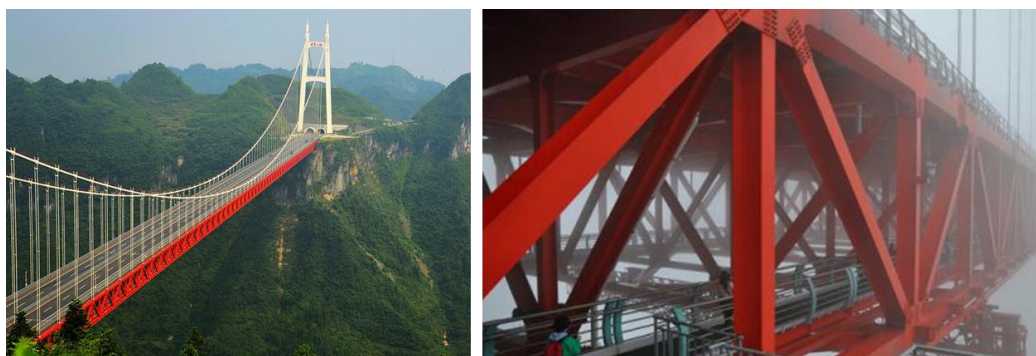


（3）索夹在主缆上精确定位后，应立即紧固螺栓，且在紧固同一索夹的螺栓时，应保证各螺栓的受力均匀。索夹安装位置的纵向误差应不大于 10mm。

（4）索夹螺栓的紧固应按安装时、加劲梁吊装后、全部二期恒载完成后三个荷载阶段分步进行，对每次紧固的数据应进行记录并存档。

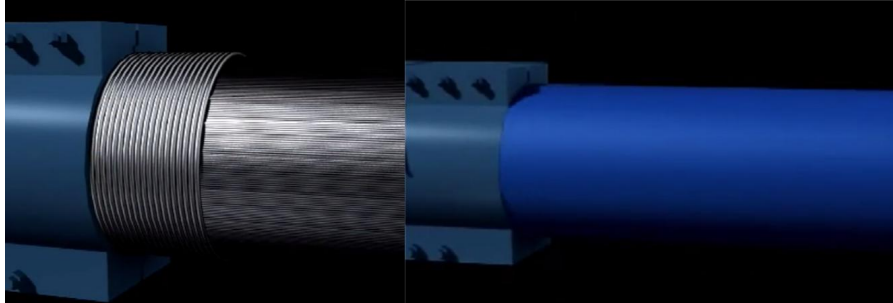
五、加劲梁施工

加劲梁分为钢桁架、钢箱梁和预应力混凝土箱梁等形式，钢桁架一般采用工厂焊接、工地高强度螺栓连接施工。



七、防腐涂装

悬索桥主缆防护措施主要有：主缆腻子钢丝缠绕涂层法；合成护套防护法；主缆内部通干燥空气除湿法等。



防护与涂装要点：

- 1.主缆防护应在桥面铺装完成后进行，主缆涂装应按涂装设计进行。
- 2.缠丝工作宜在二期恒载作用于主缆之后进行，缠丝材料以选用软质镀锌钢丝为宜，缠丝工作应由电动缠丝机完成。
- 4.工地焊接的表面补涂油漆应在表面除锈 24h 内进行，分层补涂底漆和面漆，并达到设计的漆膜总厚度。

八、施工控制

2.悬索桥上部构造施工时，应对下列部位或项目进行监测和控制：

- (1) 索塔、锚碇的沉降和位移。
- (2) 在主索鞍的钢格栅定位前，应对索塔裸塔进行 36h 连续变形观测；在主缆架设安装前，应进行索塔和锚碇的联测。
- (3) 在主缆架设安装过程中，对基准索股的连续监测应不少于 3d，对索塔和锚碇的沉降及位移监测应不少于 3 次。
- (4) 在索夹安装前，对主缆的线形以及两侧主缆的相对误差，应进行不少于 3d 的连续观测。

(5) 每一节段加劲梁吊装后,均应对索塔和锚碗的沉降及变位、主缆的线形、加劲王圈后

1B413080 桥梁工程质量通病及防治措施

1B413081 钻孔灌注桩断桩的防治

1B413082 钢筋混凝土梁桥预拱度偏差的防治

1B413083 箱梁两侧腹板混凝土厚度不均的防治

1B413084 钢筋混凝土结构构造裂缝的防治

1B413085 悬臂浇筑钢筋混凝土箱梁的施工(挠度)控制

1B413086 桥面铺装病害的防治

1B413087 桥梁伸缩缝病害的防治

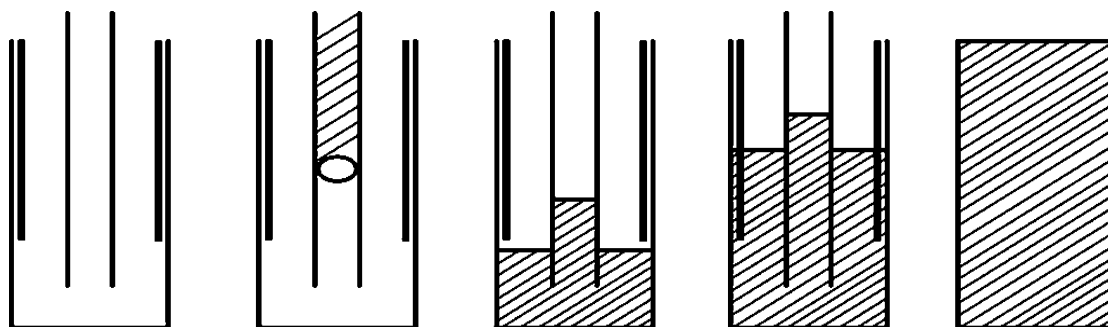
1B413088 桥头跳车的防治

1B413081 钻孔灌注桩断桩的防治

一、原因分析

1.骨料级配差,混凝土和易性差而造成离析卡管;混凝土坍落度小;石料粒径过大,导管直径较小(导管内径一般为20~35cm),在混凝土灌注过程中堵塞导管,且在混凝土初凝前未能疏通好,中断施工,形成断桩。

2.由于测量及计算错误,致使导管底口距孔底距离较大,使首批灌注的混凝土不能埋住导管,从而形成断桩。



3.在导管提拔时,由于测量或计算错误,或盲目提拔导管使导管提拔过量,从而使导管拔出

混凝土面，或使导管口处于泥浆或泥浆与混凝土的混合层中，形成断桩。

4.提拔导管时，钢筋笼卡住导管，在混凝土初凝前无法提起，造成混凝土灌注中断，形成断桩。

5.导管接口渗漏致使泥浆进入导管内，在混凝土内形成夹层，造成断桩。

6.导管埋置深度过深，无法提起或将导管拔断，灌注中断造成断桩。

7.由于其他意外原因（如机械故障、停电、塌孔、材料供应不足等）造成混凝土不能连续灌注，中断间歇时间过长超过混凝土初凝时间，致使导管内混凝土初凝堵管或孔内顶面混凝土初凝不能被新灌注混凝土顶升而被顶破，从而形成断桩。

二、防治措施

1.关键设备（混凝土搅拌设备、发电机、运输车辆）要有备用，材料（砂、石、水泥等）要准备充足，以保证混凝土能连续灌注。

2.混凝土要求和易性好，坍落度要控制在 18~22cm。对混凝土数量大，浇筑时间长的大直径长桩，混凝土配合比中宜掺加缓凝剂，以防止先期灌注的混凝土初凝，堵塞导管。

3.在钢筋笼制作时，一般要采用对焊，以保证焊口平顺。当采用搭接焊时，要保证焊缝不要在钢筋笼内形成错台，以防钢筋笼卡住导管。

4.导管的直径应根据桩径和石料的最大粒径确定，尽量采用大直径导管；对每节导管进行组装编号，导管安装完毕后要建立复核和检验制度。导管使用前，要对导管进行检漏和抗拉力试验，以防导管渗漏。

5.认真测量和计算孔深与导管长度，下导管时，其底口距孔底的距离控制在 25~40cm 之间（注意导管口不能埋入沉淀的回淤泥渣中），同时要能保证首批混凝土灌注后能埋住导管至少 1.0m。在随后的灌注过程中，导管的埋置深度一般控制在 2.0~6.0m 的范围内。

6.在提拔导管时要通过测量混凝土的灌注深度及已拆下导管的长度，认真计算提拔导管的长

度，严禁不经测量和计算而盲目提拔导管。

7.当混凝土堵塞导管时，可采用拔插抖动导管（注意不可将导管口拔出混凝土面），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。

8.当钢筋笼卡住导管时，可设法转动导管，使其脱离钢筋笼。

1B413088 桥头跳车的防治

二、防治措施

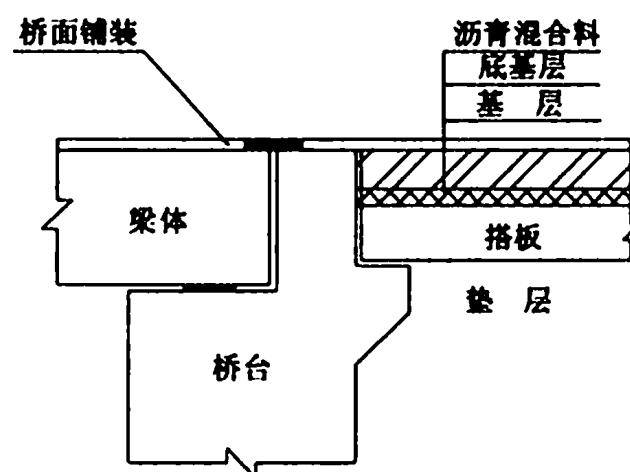
1.重视桥头地基处理，采用先进的台后填土施工工艺。选用合适的压实机具，确保台后及时回填，回填压实度达到要求。

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、变形小的填充材料处理桥头填土。

4.做好桥头路堤的排水、防水工程，设置桥头搭板。

5.优化设计方案、采用新工艺加固路堤。



7、设置桥头搭板。用与防止桥端连接部分的沉降而采取的措施。它搁置在桥台或悬臂梁板端部和填土之间，随着填土的沉降而能够转动。车辆行驶时可起到缓冲作用，即使台背填土沉降也不至于产生凹凸不平。