

1K410000 市政公用工程施工技术

1K411000 城镇道路工程

1K412000 城市桥梁工程

1K413000 城市轨道交通工程

1K414000 城镇水处理场站工程

1K415000 城市管道工程

1K416000 生活垃圾填埋处理工程

1K417000 施工测量与监控量测

1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412011 城市桥梁结构组成与类型



a、简支梁



b、连续梁



c、斜拉桥



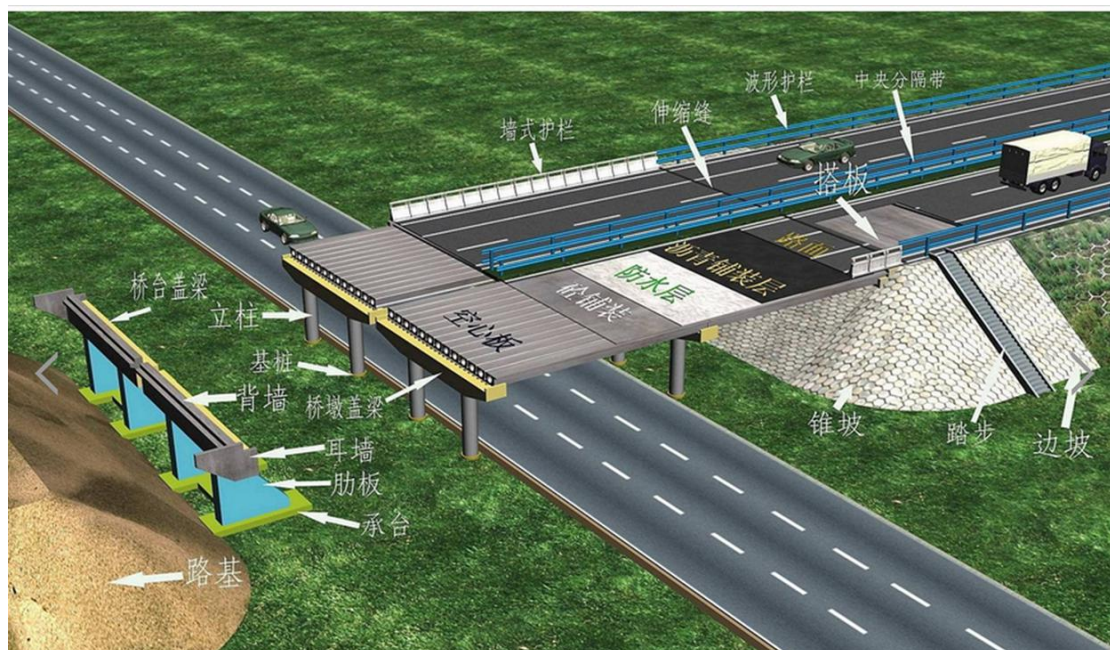
d、悬索桥



e、拱桥



f、拱桥



1K412010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K412030 城市桥梁上部结构施工

1K412040 管涵和箱涵施工

一、桥梁基本组成与常用术语

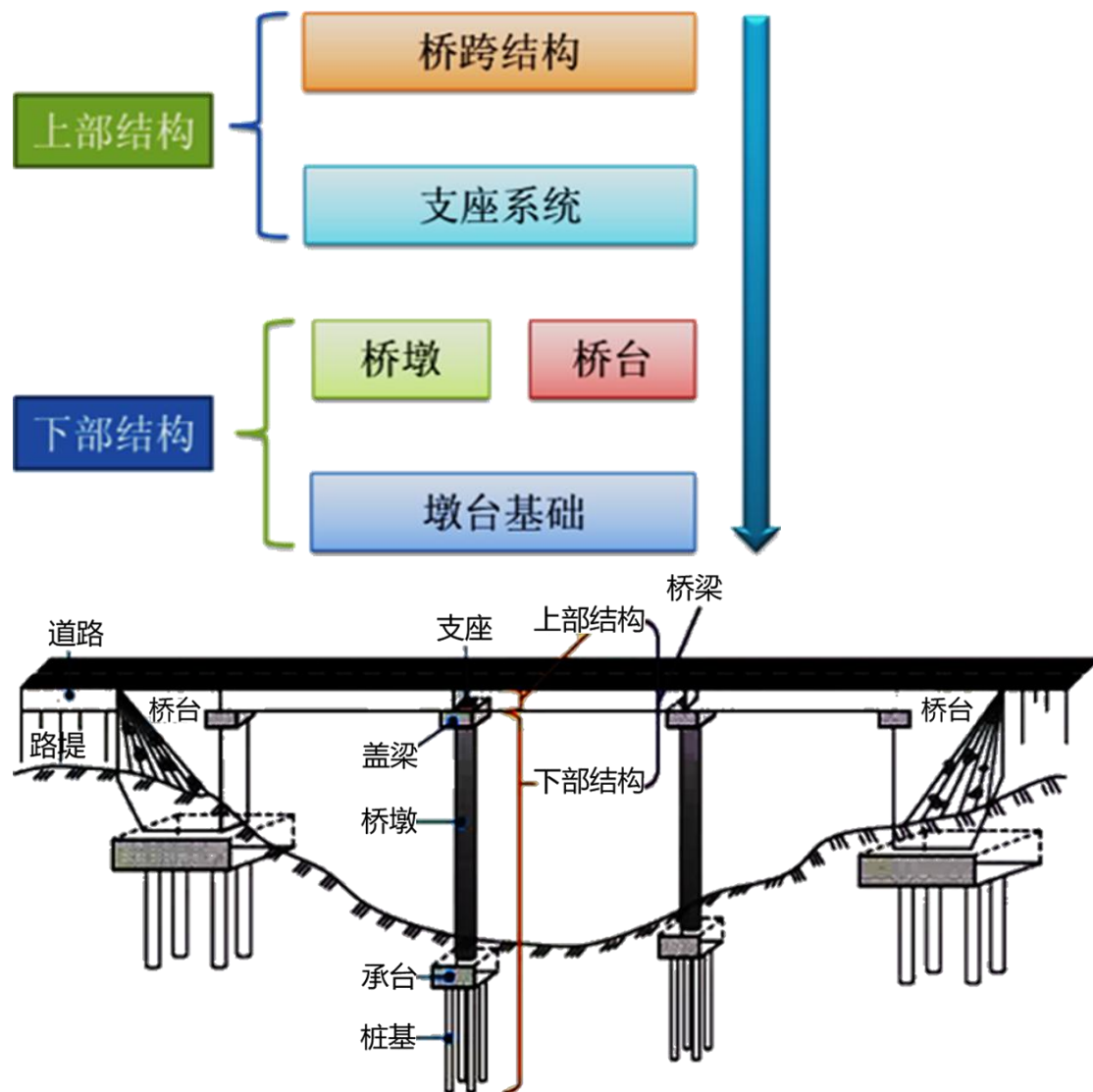
(二) 桥梁的基本组成

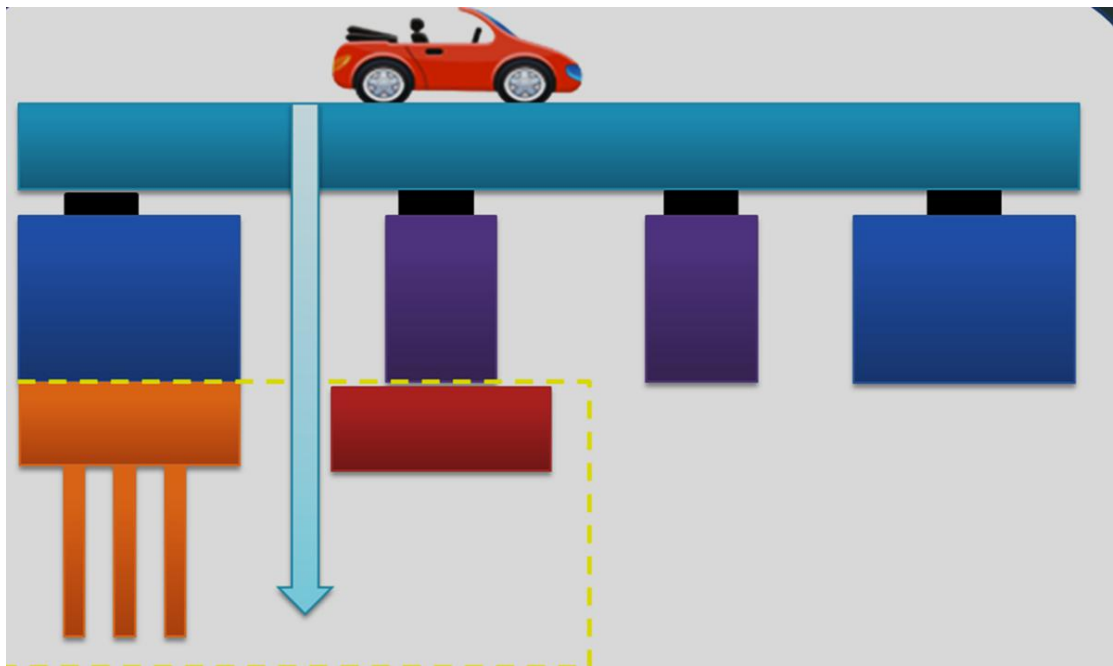
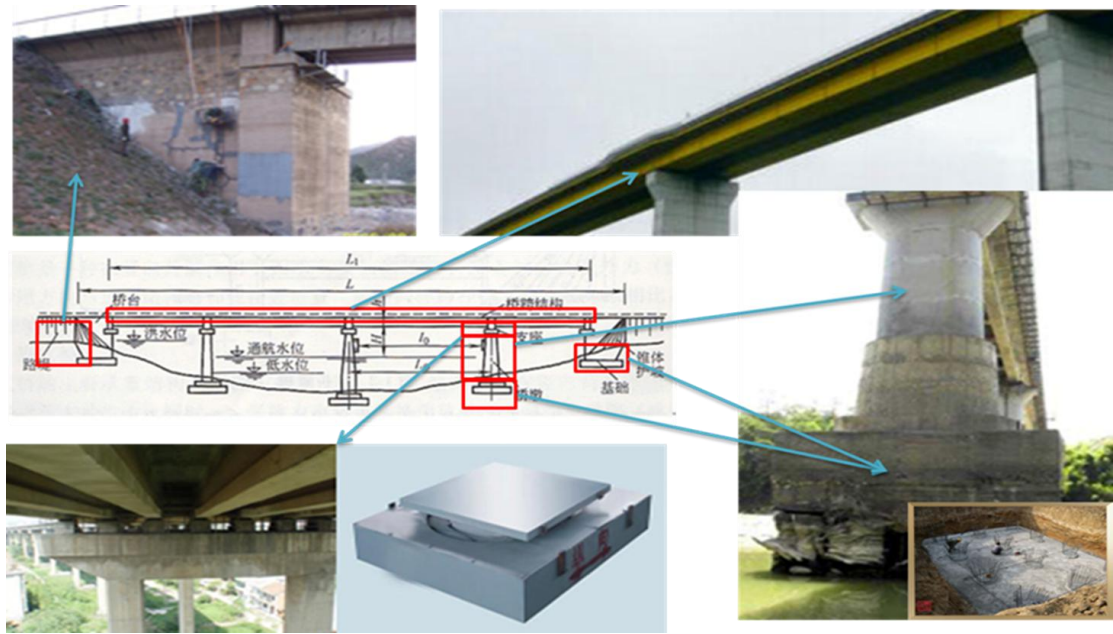
1.上部结构

2.下部结构：桥墩，桥台，墩台基础

3.支座系统

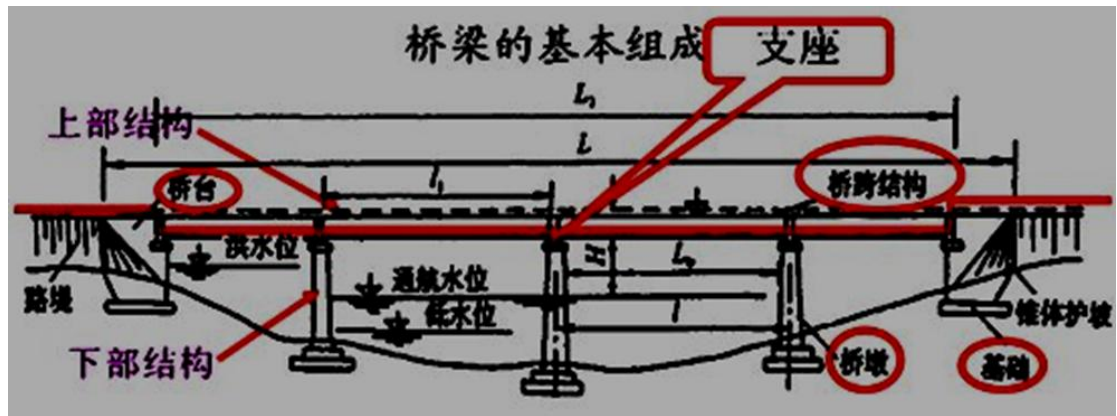
4.附属设施：桥面铺装，排水防水系统，栏杆，伸缩缝，灯光照明。





1.上部结构

桥跨结构：线路跨越障碍（如江河、山谷或其他线路等）的结构物。



2.下部结构

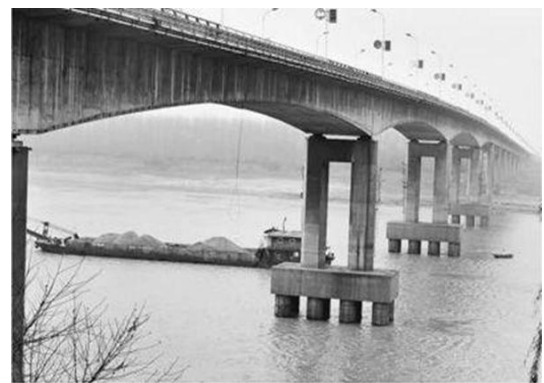
(1) 桥墩

(2) 桥台

(3) 墩台基础



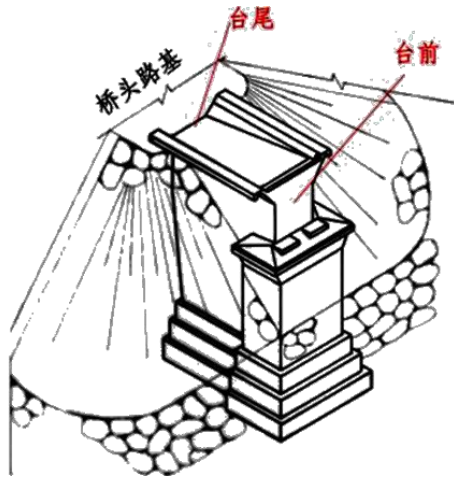
(1) 桥墩：是在河中或岸上支承桥跨结构的结构物。



(2) 桥台：设在桥的两端；一边与路堤相接，以防止路堤滑塌；另一边则支承桥跨结构的端部。为保护桥台和路堤填土，桥台两侧常做锥形护坡、挡土墙等防护工程。

桥台图

- 桥台的作用
 - 桥梁两端的支柱，将梁以上的荷载传递给地基；
 - 承受路基填土的水平推力；
 - 保证与桥台相连的路基（桥头路基）的稳定。



(3) 墩台基础：是保证桥梁墩台安全并将荷载传至地基的结构。



3. 支座系统

在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置。它不仅要传递很大的荷载，并且还要保证桥跨结构能产生一定的变位。

【定义】桥梁支座是连接桥梁上部结构和下部结构的重要结构部件。它能将桥梁上部结构的反力和变形（位移和转角）可靠的传递给桥梁下部结构，从而使结构的实际受力情况与计算的理论图式相符合。



4.附属设施

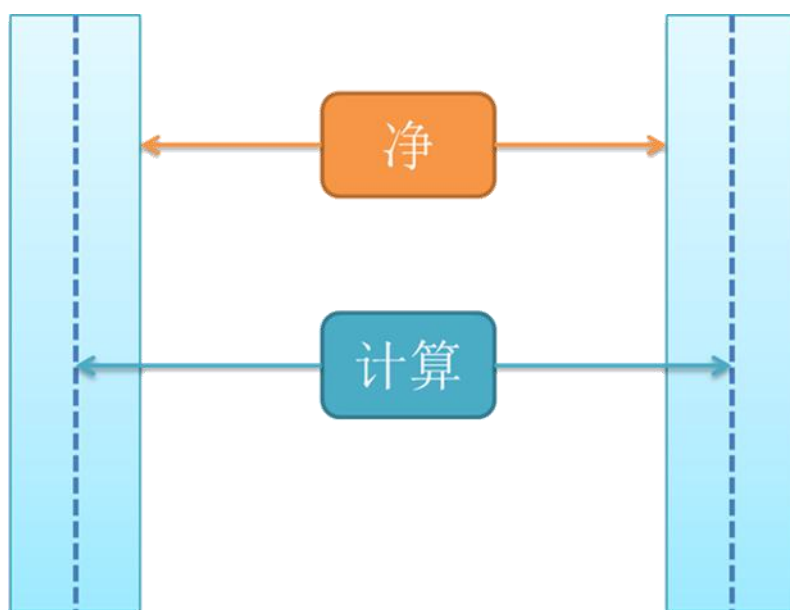
- (1) 桥面铺装
- (2) 排水防水系统
- (3) 栏杆（或防撞栏杆）
- (4) 伸缩缝
- (5) 灯光照明



(三) 相关常用术语

(1) 净跨径

(2) 计算跨径

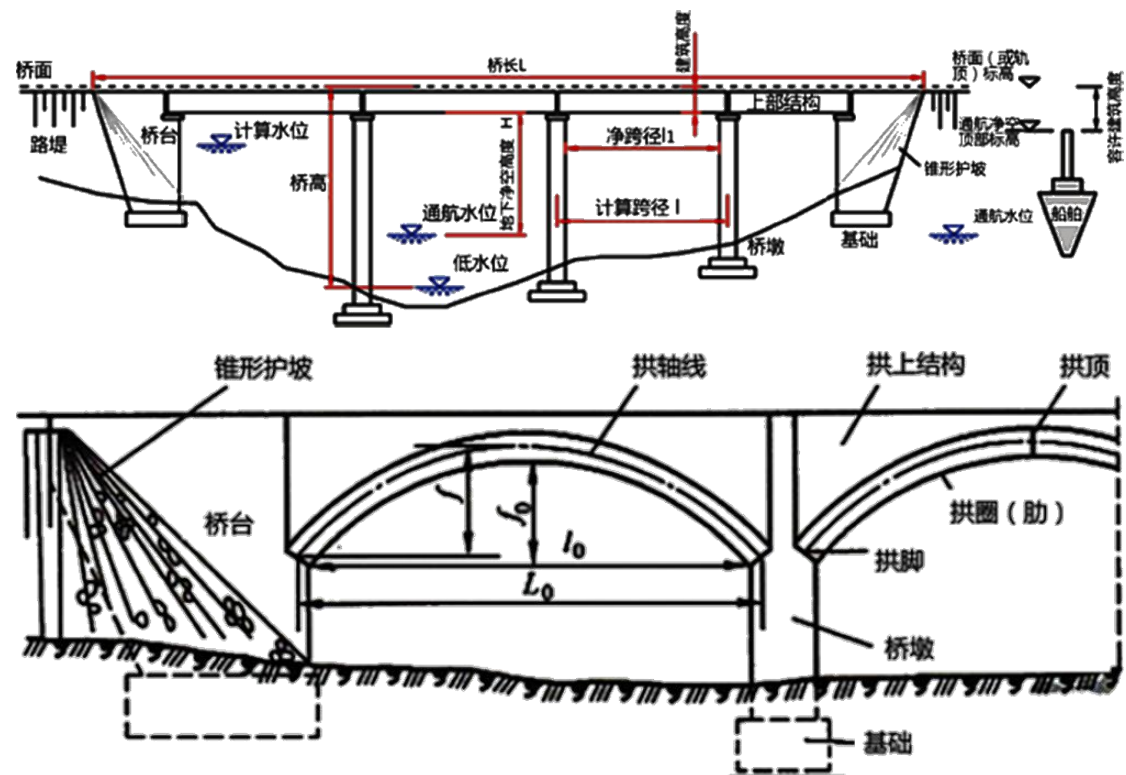


术语	含义
净跨径	相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距。对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。
总跨径	多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径。
计算跨径	对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离；对于

	拱式桥，是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离，即拱轴线两端点之间的水平距离。
涵洞	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。凡是多孔跨径全长不到 8m 和单孔跨径不到 5m 的泄水结构物，均称为涵洞。

(1) 净跨径：相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距。对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

(2) 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；对于拱式桥，是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离，即拱轴线两端点之间的水平距离。



(4) 桥梁高度

(5) 桥下净空高度

(6) 建筑高度

(7) 容许建筑高度

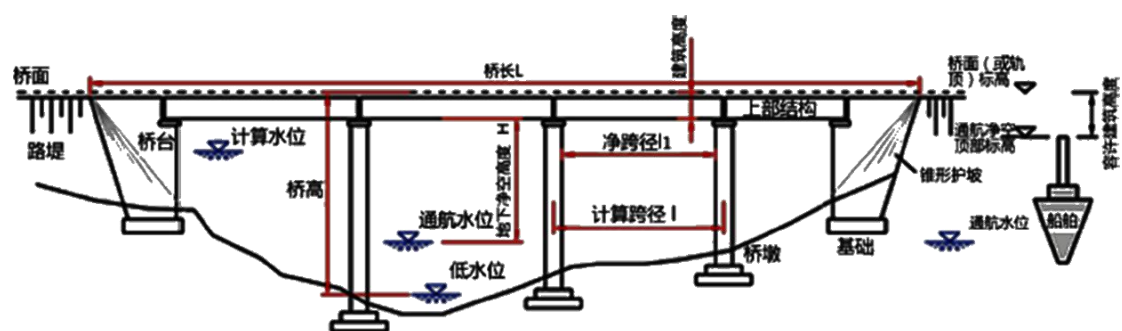
(4) 桥梁高度：指桥面与低水位之间的高差，或指桥面与桥下线路路面之间的距离，简称桥高。

(5) 桥下净空高度：设计洪水位、计算通航水位或桥下线路路面至桥跨结构最下缘之间的

距离。

(6) 建筑高度：桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。

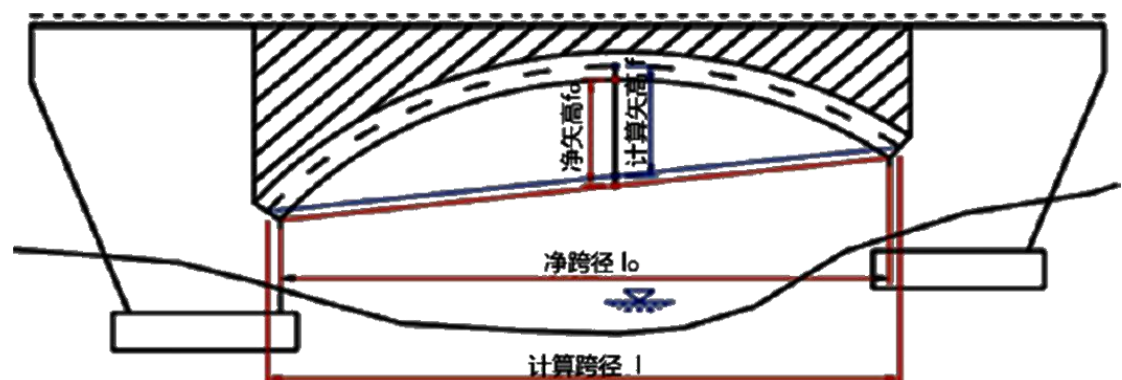
(7) 容许建筑高度：公路或铁路定线中所确定的桥面或轨顶标高，对通航净空顶部标高之差。



(8) 净矢高：从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离。

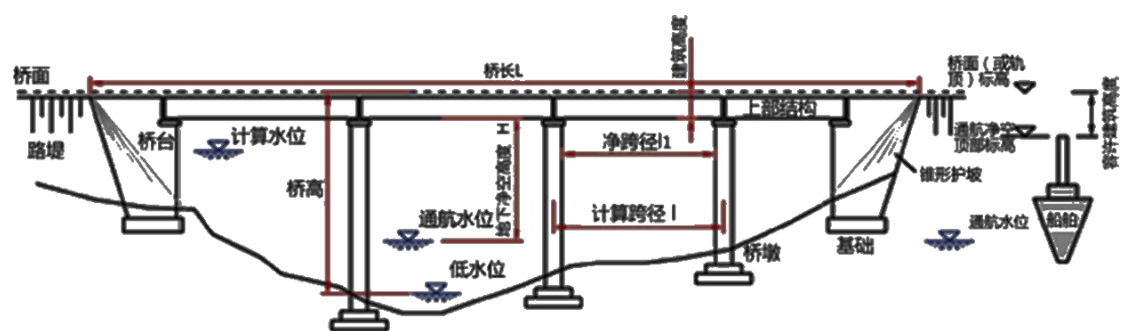
(9) 计算矢高：从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离。

(10) 矢跨比：计算矢高与计算跨径之比，也称拱矢度。



(11) 总跨径：多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径。

(13) 桥梁总长：是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，简称桥长。



二、桥梁的主要类型

（一）按受力特点分

1.梁式桥

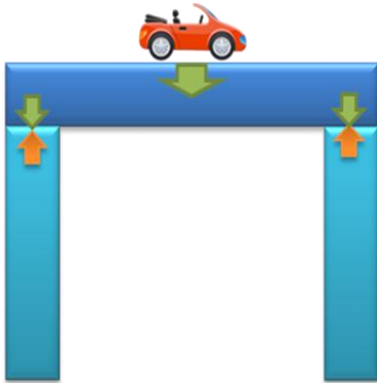
2.拱式桥

3.刚架桥

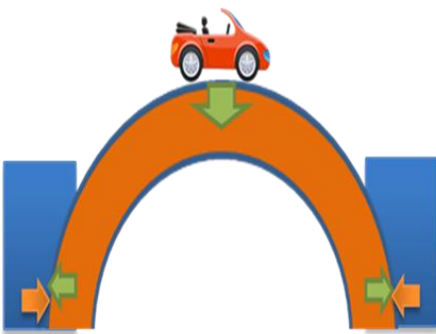
4.悬索桥

5.组合体系桥

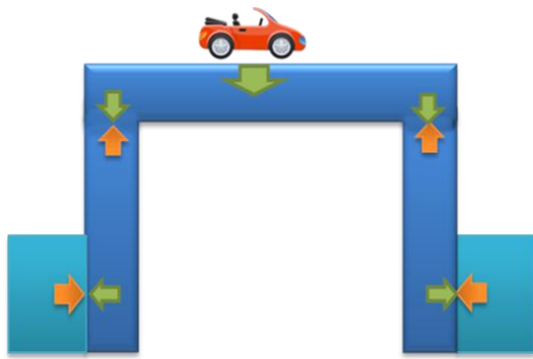
1.梁式桥：竖向荷载作用下无水平反力；梁内弯矩最大。



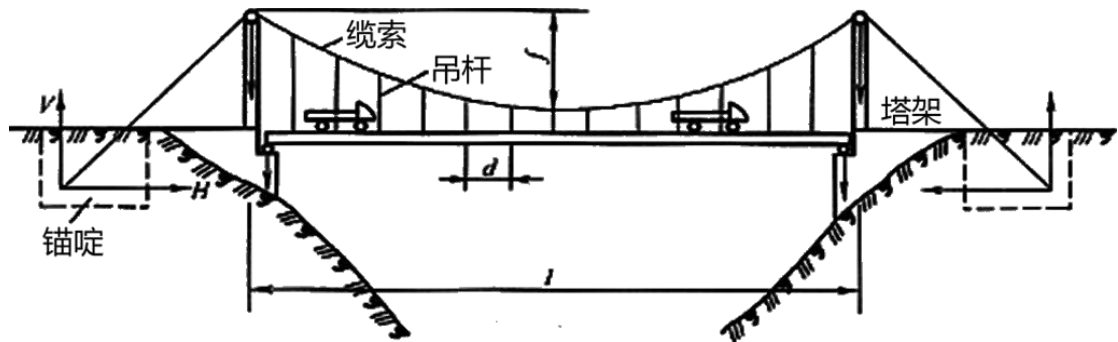
2.拱式桥：竖向荷载作用下有水平反力；承重结构受压为主。



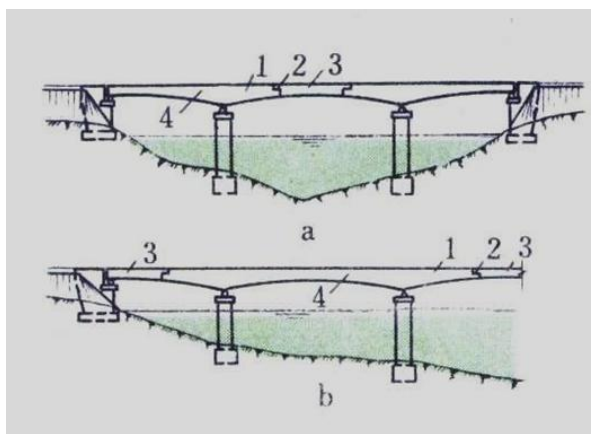
3.刚架桥：主要承重结构是梁或板和立柱或竖墙整体结合在一起的刚架结构，梁和柱的连接处具有很大的刚性。受力介于梁式桥、拱式桥之间——梁部主要受弯，柱脚处亦有水平反力。



4.悬索桥：适宜修建大跨度桥。结构自重轻，刚度差，在车辆动荷载和风荷载作用下有较大的变形和振动。



桥梁的主要类型—梁式桥和刚架桥的区别



(二) 其他分类方式

(1) 按桥梁多孔跨径总长或单孔跨径的长度，可分为特大桥、大桥、中桥、小桥。

桥梁按多孔跨径总长或单孔跨径分类 表 1K412011		
桥梁分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_0 (m)
特大桥	$L > 1000$	$L_0 > 150$
大桥	$1000 \geq L \geq 100$	$150 \geq L_0 \geq 40$
中桥	$100 > L > 30$	$40 > L_0 > 20$
小桥	$30 \geq L \geq 8$	$20 > L_0 \geq 5$
(1) 按桥梁多孔跨径总长或单孔跨径的长度		特大桥、大桥、中桥、小桥
(2) 按用途划分		有公路桥、铁路桥、公铁两用桥、农用桥、人行桥、运水桥、及其他专用桥梁
(3) 按主要承重结构所用的材料来分		有圬工桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥、钢-混凝土结合梁桥和木桥
(4) 按跨越障碍的性质来分		有跨河桥、跨线桥、高架桥和栈桥
(5) 按上部结构的行车道位置分		上承式桥、下承式桥、中承式桥

(5) 按上部结构的行车道位置分为上承式桥（桥面结构布置在主要承重结构之上）、中承式桥、下承式桥。



1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

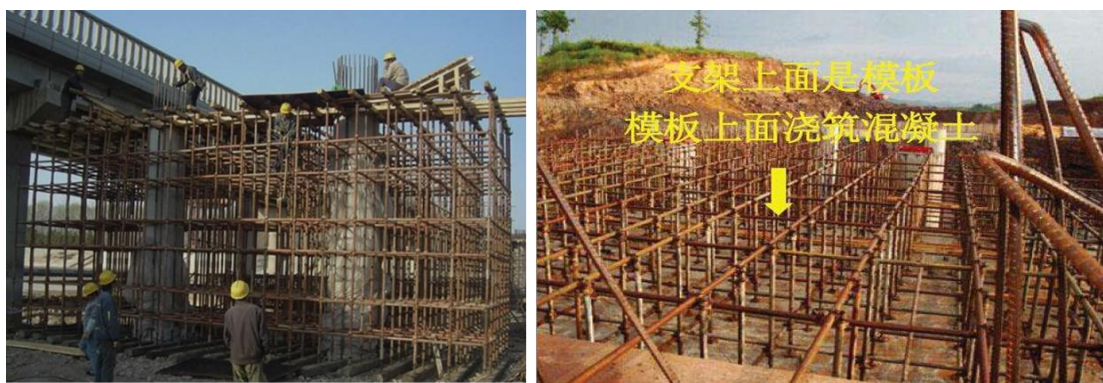
1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除





1.模板，支架施工设计应包括下列内容：

- 1) 工程概况和工程结构简图；
- 2) 结构设计的依据和设计计算书；
- 3) 总装图和细部构造图；
- 4) 制作、安装的质量及精度要求；
- 5) 安装、拆除时的安全技术措施及注意事项；
- 6) 材料的性能要求及材料数量表；
- 7) 设计说明书和使用说明书。

模板构件名称	荷载组合	
	计算强度用	验算刚度用
梁、板和拱的底模及支承板、拱架、支架等（底临）	①+②+③+④+ ⑦+⑧	①+②+⑦+⑧ 自重+水平
缘石、人行道、栏杆、柱、梁板、拱等的侧模板（小侧）	④+⑤	⑤静压力
基础、墩台等厚大建筑物的侧模板（大侧）	⑤+⑥	⑤静压力

①模板、拱架和支架自重；临时结构自重

②新浇筑混凝土、钢筋混凝土或圬工、砌体的自重力；实体结构自重

③施工人员及施工材料机具等行走运输或堆放的荷载；活荷载

④振捣混凝土时的荷载；振捣荷载

⑤新浇筑混凝土对侧面模板的压力；侧压力

⑥倾倒混凝土时产生的水平向冲击荷载； 倾倒荷载

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冲撞力；

水物冲撞

⑧其他可能产生的荷载，如风雪荷载、冬季保温设施荷载等。 其

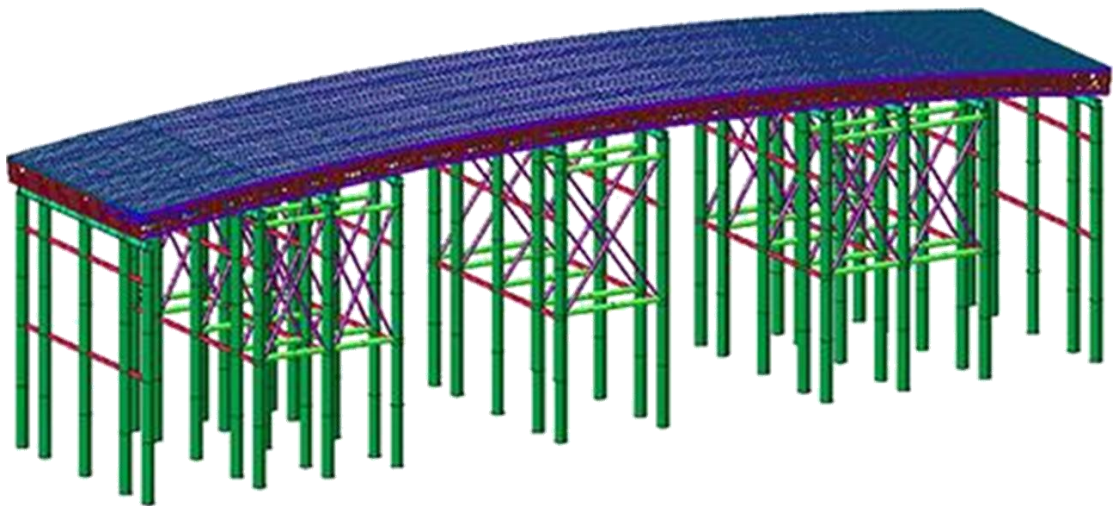
一、模板、支架和拱架的设计与验算

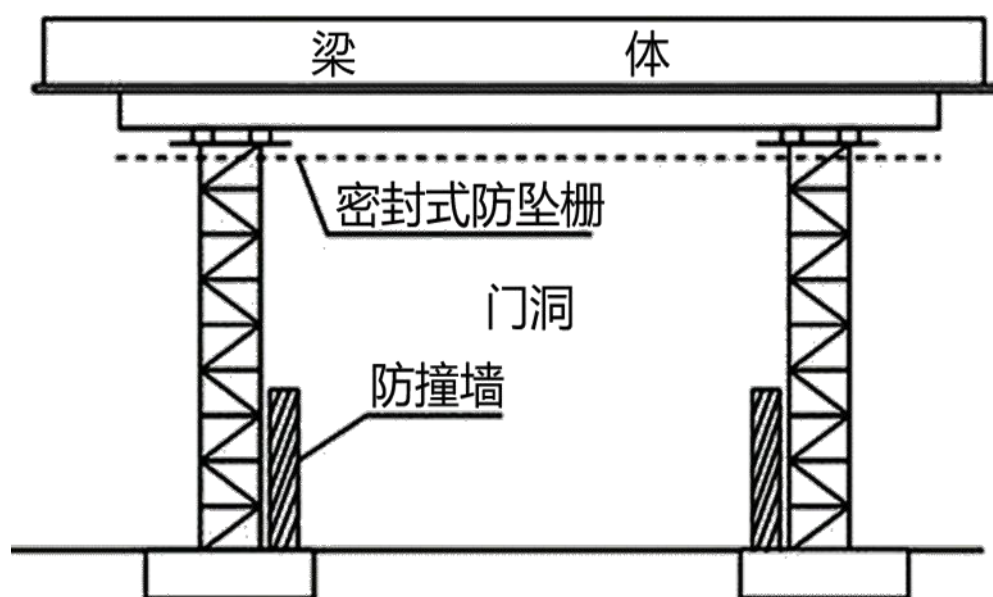
（一）模板、支架和拱架的制作与安装

（6）模板、支架和拱架的设计中应设施工预拱度。施工预拱度应考虑下列因素：

- 1) 设计文件规定的结构预拱度。
- 2) 支架和拱架承受全部施工荷载引起的弹性变形。
- 3) 受载后由于杆件接头处的挤压和卸落设备压缩而产生的非弹性变形。
- 4) 支架、拱架基础受载后的沉降。

模板、支架和拱架的设计中应设施工预拱度。







碗扣式支架：



补充：

- 1.地基强度，刚度，稳定性要满足设计要求
- 2.地面进行硬化，设置垫板，垫块，带可调底座支架，地基要进行预压，预压地基合格并形成记录
- 3.设置排水沟，防止雨水冲刷，冬期施工必须采取防止冻胀措施
- 4.应根据梁体和支架的弹性和非弹性变形设置预拱度
- 5.支架和模板安装后，应采取预压的消除拼装间隙和地基沉降等非弹性变形
- 6.浇筑混凝土是应采取防止支架不均匀沉降的措施

- 7.安装支架，立柱应竖直，上下层应在同一中心线上
- 8.支架和拱架不得与施工脚手架，便桥相连
- 9.必须在脚手架的宽度范围内铺满，铺稳，作业平台下应设置水平防护网
- 10.支架，脚手架必须设置斜道，安全梯等攀登设施
- 11.严禁在脚手架上拴揽风绳，架设混凝土泵等设
- 12.两张表，脚手架验收表，模板之架验收表，形成文件，交付使用
- 13.模板与混凝土接触面应平整，接缝应严密
- 14.专项方案，并组织专家论证
- 15.支架通行孔的两边应加护桩，夜间应设警示灯



二、模板、支架和拱架的制作与安装

支架或拱架不得与施工脚手架、便桥相连。



(9) 当采用充气胶囊作空心构件芯模时，其安装应符合下列规定：

- 1) 胶囊在使用前应经检查确认无漏气。
- 2) 从浇筑混凝土到胶囊放气止，应保持气压稳定。
- 3) 使用胶囊内模时，应采用定位箍筋与模板连接固定，防止上浮和偏移。
- 4) 胶囊放气时间应经试验确定，以混凝土强度达到能保持构件不变形为度。

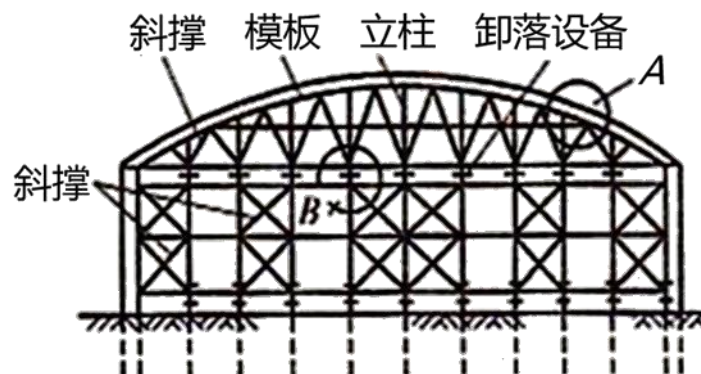


三、模板、支架和拱架的拆除

(1) 模板、支架和拱架拆除应符合下列规定：

1) 非承重侧模应在混凝土强度能保证结构棱角不损坏时方可拆除，混凝土强度宜为 2.5MPa 及以上。

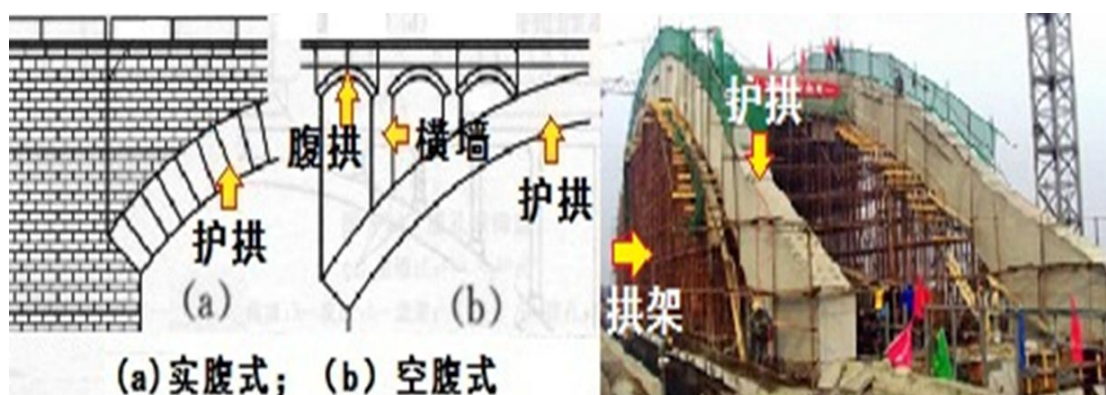
2) 芯模和预留孔道内模应在混凝土抗压强度能保证结构表面不发生塌陷和裂缝时，方可拔出。



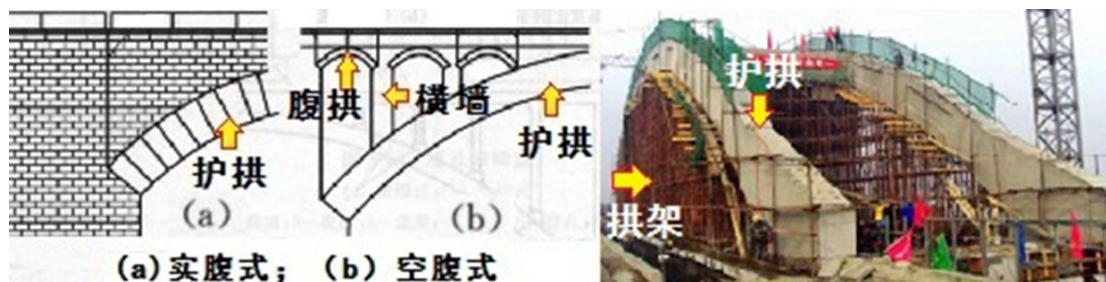
(2) 浆砌石、混凝土砌块拱桥拱架的卸落应遵守下列规定：

1) 浆砌石、混凝土砌块拱桥应在砂浆强度达到设计要求强度后卸落拱架，设计未规定时，砂浆强度应达到设计标准值的 80% 以上。

2) 跨径小于 10m 的拱桥宜在拱上结构全部完成后卸落拱架；中等跨径实腹式拱桥宜在护拱完成后卸落拱架；大跨径空腹式拱桥宜在腹拱横墙完成（未砌腹拱圈）后卸落拱架。

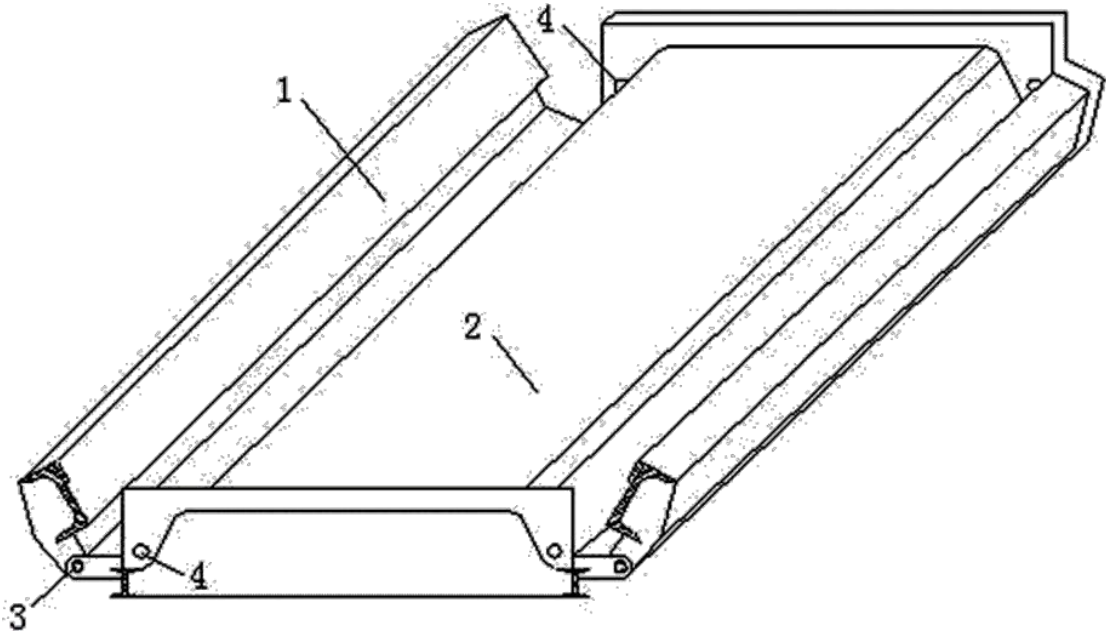


3) 在裸拱状态卸落拱架时，应对主拱进行强度及稳定性验算并采取必要的稳定措施。



(3) 模板、支架和拱架拆除应遵循先支后拆、后支先拆的原则。支架和拱架应按几个循环卸落，卸落量宜由小渐大。每一循环中，在横向应同时卸落、在纵向应对称均衡卸落。简支梁、连续梁结构的模板应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。

(4) 预应力混凝土结构的侧模应在预应力张拉前拆除；底模应在结构建立预应力后拆除。



1K420162 模板支架和拱架施工安全措施 P436

一、工前准备阶段

(一) 一般规定

(1) 支架、脚手架应由具有相关资质的单位搭设和拆除。

(2) 作业人员应经过专业培训、考试合格,持证上岗,并应定期体检,不适合高处作业者,不得进行搭设与拆除作业。

(3) 进行搭设与拆除作业时,作业人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋。



二、模板支架、脚手架搭设

(二) 脚手架搭设

(1) 脚手架应按规定采用连接件与构筑物相连接,使用期间不得拆除;脚手架不得与模板

支架相连接。

(2) 作业平台上的脚手板必须在脚手架的宽度范围内铺满、铺稳。作业平台下应设置水平安全网或脚手架防护层，防止高空物体坠落造成伤害。

(5) 脚手架支搭完成后应与模板支架一起进行检查验收，并形成文件后，方可交付使用。

三、模板支架、脚手架拆除

(1) 模板支架、脚手架拆除现场应设作业区，其边界设警示标志，并由专人值守，非作业人员严禁入内。

(2) 模板支架、脚手架拆除采用机械作业时应由专人指挥。

(3) 模板支架、脚手架拆除应按施工方案或专项方案要求由上而下逐层进行，严禁上下同时作业。

(4) 严禁敲击、硬拉模板、杆件和配件。

(5) 严禁抛掷模板、杆件、配件。

(6) 拆除的模板、杆件、配件应分类码放。



1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412013 钢筋施工技术

一、一般规定

(2) 钢筋应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收, 确认合格后方可使用。

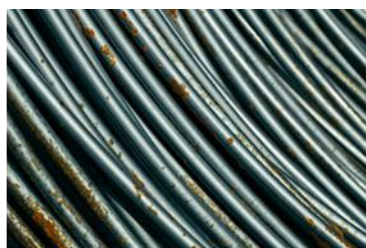
(3) 钢筋在运输、储存、加工过程中应防止锈蚀、污染和变形。

(4) 钢筋的级别、种类和直径应按设计要求采用。当需要代换时, 应由原设计单位作变更设计。



(5) 预制构件的吊环必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作, 不得以其他钢筋替代, 且其使用时的计算拉应力应不大 65MPa。

(6) 在浇筑混凝土之前应对钢筋进行隐蔽工程验收，确认符合设计要求并形成记录。



每一步都要进行验收



隐蔽工程验收



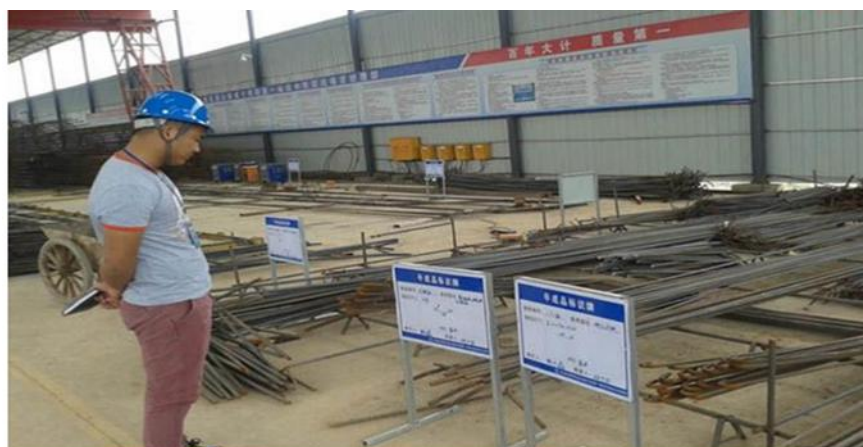
二、钢筋加工

(1) 钢筋弯制前应先调直。钢筋宜优先选用机械方法调直。当采用冷拉法进行调直时，HPB300 钢筋冷拉率不得大于 2%；HRB400 钢筋冷拉率不得大于 1%。



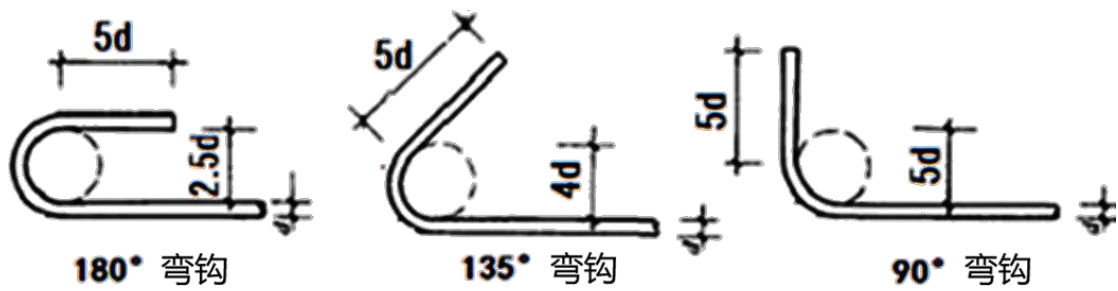
(2) 钢筋下料前，应核对钢筋品种、规格、等级及加工数量，并应根据设计要求和钢筋长度配料。

钢筋宜采用数控化机械设备在专用厂房中集中下料和加工，其形状、尺寸应符合设计的规定；加工后的钢筋，其表面不应有削弱钢筋截面的伤痕、下料后应按种类和使用部位分别挂牌标明



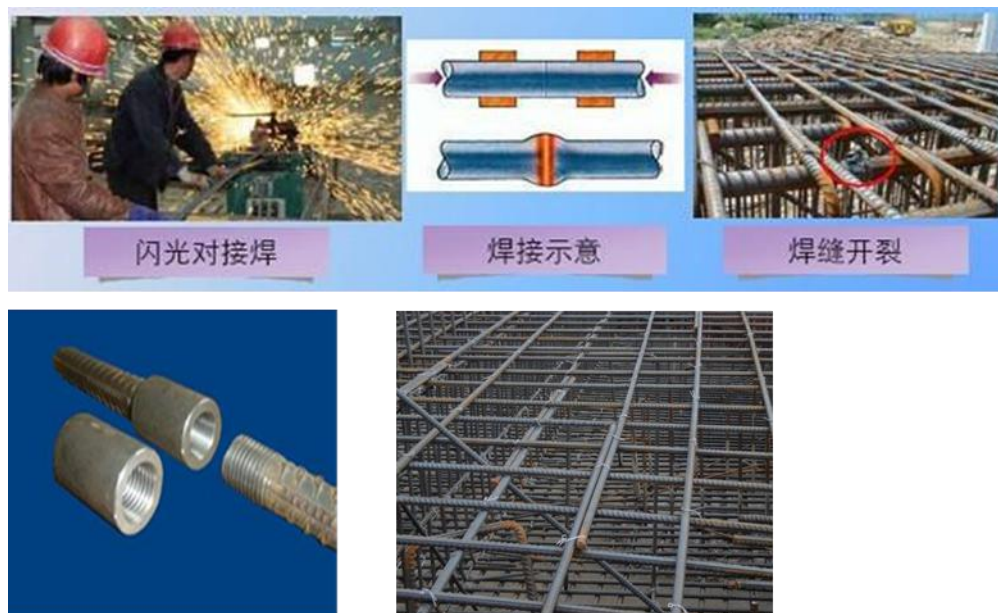
(4) 箍筋弯钩的弯曲直径应大于被箍主钢筋的直径，HPB300 不得小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB335 不得小于箍筋直径的 4 倍；弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍，有抗震要求的结构不得小于箍筋直径的 10 倍。

(5) 钢筋宜在常温状态下弯制，不宜加热。钢筋宜从中部开始逐步向两端弯制，弯钩应一次弯成。



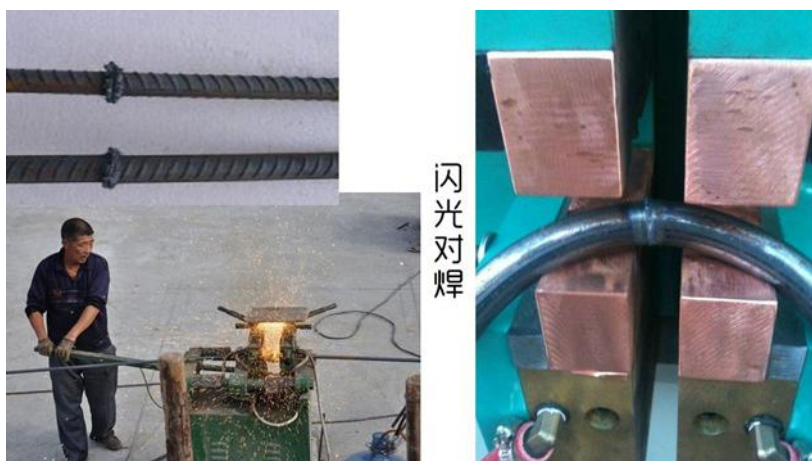
钢筋连接方法

- (1) 绑扎连接
- (2) 焊接连接：闪光对焊、搭接焊
- (3) 机械连接：直螺纹连接、锥螺纹连接、冷挤压套筒连接



三、钢筋连接

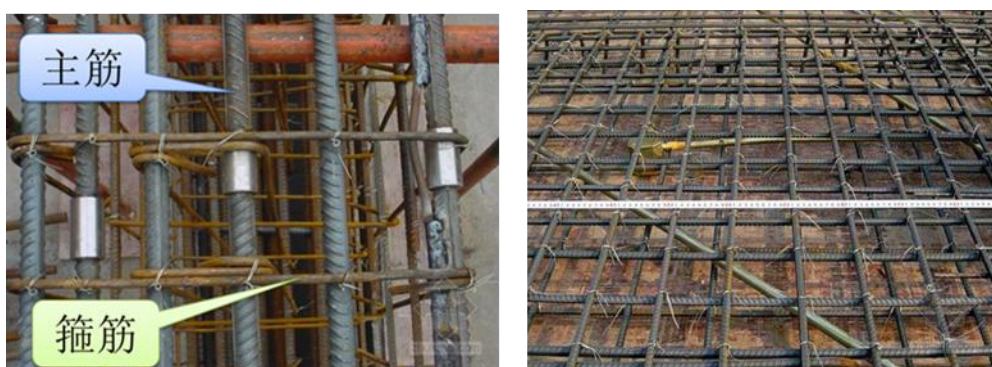
- (一) 热轧钢筋接头
 - (1) 钢筋接头宜采用焊接接头或机械连接接头。
 - (2) 焊接接头应优先选择闪光对焊。
 - (3) 机械连接接头适用于 HRB335 和 HRB400 带肋钢筋的连接。



(4) 当普通混凝土中钢筋直径等于或小于 22mm 时，在无焊接条件时，可采用绑扎连接，但受拉构件中的主钢筋不得采用绑扎连接。

(5) 钢筋骨架和钢筋网片的交叉点焊接宜采用电阻点焊。

(6) 钢筋与钢板的 T 形连接，宜采用埋弧压力焊或电弧焊。



(二) 钢筋接头设置

(1) 在同一根钢筋上宜少设接头。

(2) 钢筋接头应设在受力较小区段，不宜位于构件的最大弯矩处。

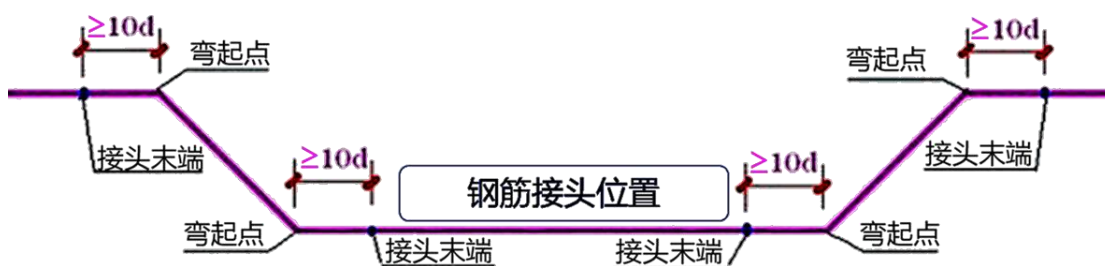
(3) 在任一焊接或绑扎接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头，在该区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面积的百分率应符合规范规定。



(4) 接头末端至钢筋弯起点的距离不得小于钢筋直径的 10 倍。

(5) 施工中钢筋受力分不清受拉、受压的，按受拉办理。

(6) 钢筋接头部位横向净距不得小于钢筋直径，且不得小于 25mm。



1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412014 混凝土施工技术

一、混凝土的抗压强度

(一) 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 的立方体标准试件测定。试件以同龄期者 3 块为一组，并以同等条件制作和养护。



(二) 现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107—2010 中规定了评定混凝土强度的方法，包括方差已知统计方法、方差未知统计方法以及非统计方法三种。工程中可根据具体条件选用，但应优先选用统计方法。

(三) 对 C60 及以上的高强度混凝土，当混凝土方量较少时，宜留取不少于 10 组的试件，采用方差未知的统计方法评定混凝土强度。

二、混凝土原材料

(1) 混凝土原材料包括水泥、粗细骨料、矿物掺合料、外加剂和水。

(2) 配制高强度混凝土的矿物掺合料可选用优质粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉和磨细天然沸石粉。

(3) 常用的外加剂有减水剂、早强剂、缓凝剂、引气剂、防冻剂、膨胀剂、防水剂、混凝

土泵送剂、喷射混凝土用的速凝剂等。

四、混凝土施工

（一）原材料计量

对砂石料的含水率的检测，每一工作班不应少于一次。雨期施工应增加测定次数，根据砂石料实际含水量调整砂石料和水的用量。

（二）混凝土搅拌、运输和浇筑

1.混凝土搅拌

混凝土拌合物的坍落度应在搅拌地点和浇筑地点分别随机取样检测。每一工作班或每一单元结构物不应少于两次。评定时应以浇筑地点的测值为准。如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检测。在检测坍落度时，还应观察混凝土拌合物的黏聚性和保水性。



2.混凝土运输

（1）混凝土的运输能力应满足混凝土凝结速度和浇筑速度的要求，使浇筑工作不间断。

（3）混凝土拌合物在运输过程中，应保持均匀性，不产生分层、离析等现象，如出现分层、离析现象，则应对混凝土拌合物进行二次快速搅拌。



(5) 预拌混凝土在卸料前需要掺加外加剂时，外加剂的掺量应按配合比通知书执行。

(6) 严禁在运输过程中向混凝土拌合物中加水。

(7) 预拌混凝土从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的运输时间不宜大于 90min，如需延长运送时间，应采取相应的有效技术措施，并应通过试验验证

3.混凝土浇筑

(1) 浇筑前的检查

浇筑混凝土前，应检查模板、支架的承载力、刚度、稳定性，检查钢筋及预埋件的位置、规格，并做好记录，符合设计要求后方可浇筑。在原混凝土面上浇筑新混凝土时，相接面应凿毛，并清洗干净，表面湿润但不得有积水。



(2) 混凝土浇筑

1) 对于大方量混凝土浇筑，应事先制定浇筑方案。

2) 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。

3) 采用振捣器振捣混凝土时，每一振点的振捣延续时间，应以使混凝土表面呈现浮浆、不出现气泡和不再沉落为准。



四、混凝土施工

(三) 混凝土养护

(2) 洒水养护的时间，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥的混凝土，不得少于 7d。掺用缓凝型外加剂或有抗渗等要求以及高强度混凝土，不少于 14d。



1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

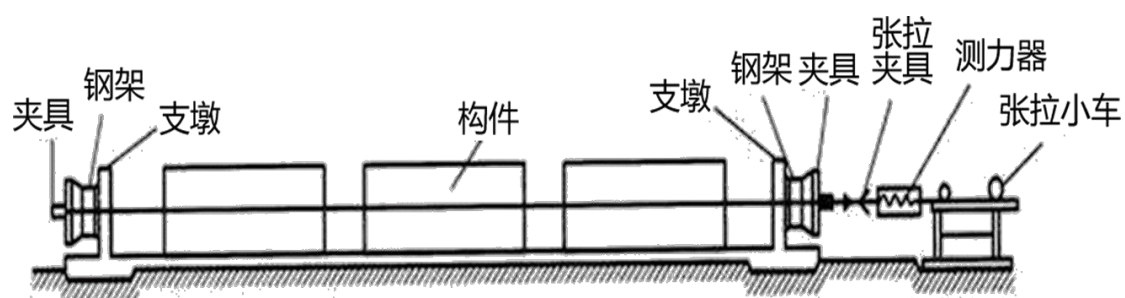
1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412015 预应力混凝土施工技术



预应力：

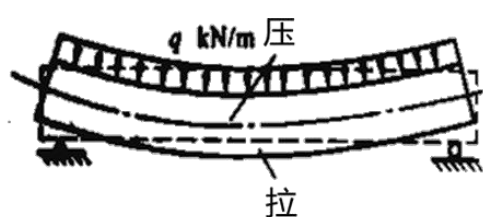


图5-4 梁的受力情况

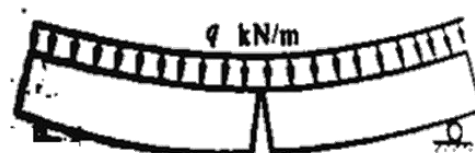


图5-5 素混凝土梁

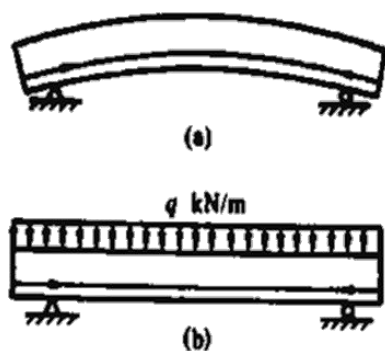


图5-7 预应力钢筋混凝土梁
(a) 施加预应力时； (b) 使用时

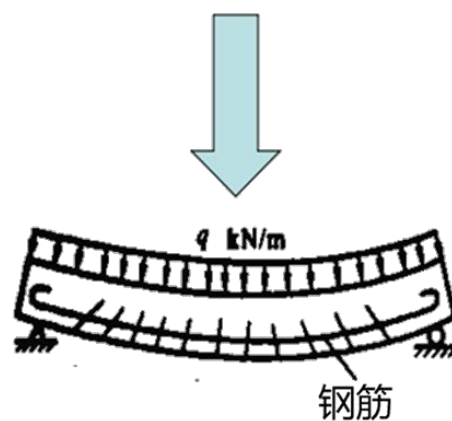
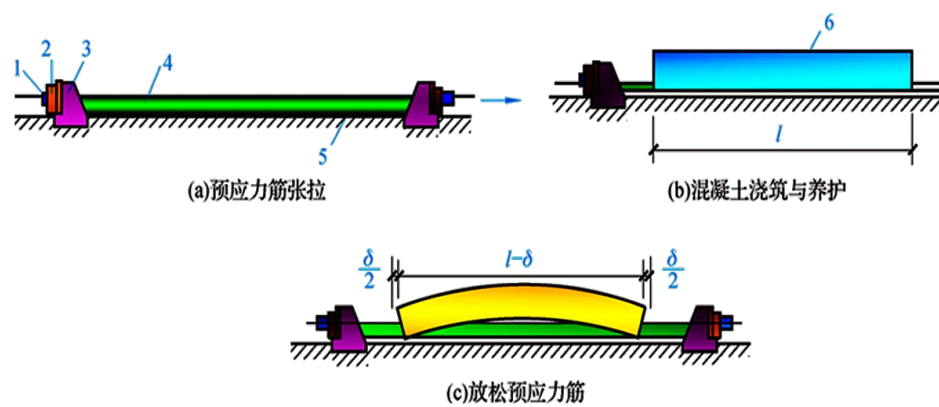
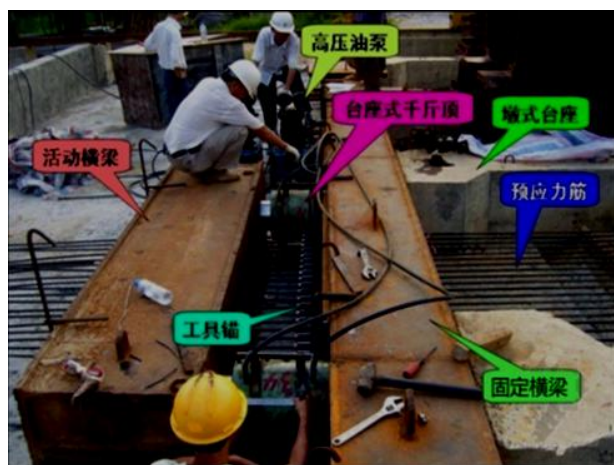
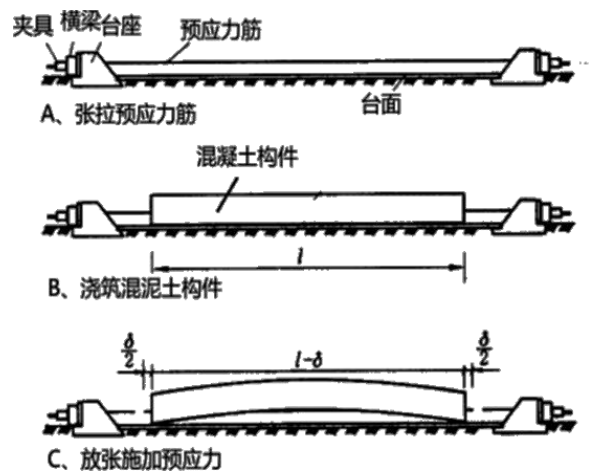


图5-6 钢筋混凝土梁

预应力先张法

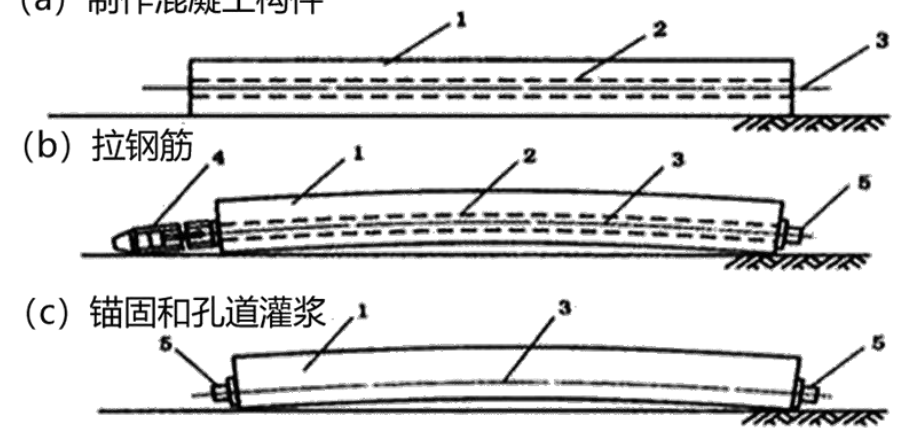


先张法台座生产示意图

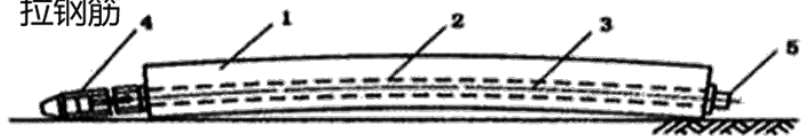
1-锚固夹具；2-横梁；3-台座承力结构；4-预应力筋；5-台面；6-混凝土构件

预应力后张法

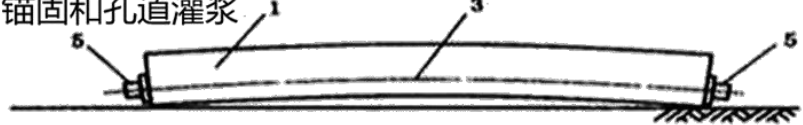
(a) 制作混凝土构件



(b) 拉钢筋

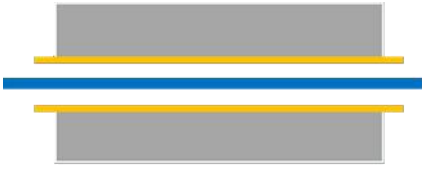


(c) 锚固和孔道灌浆

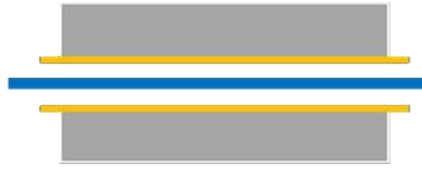


预应力混凝土后张法生产示意图

1-混凝土构件；2-预留孔道；3-预应力筋；4-千斤顶；5-锚具



先穿束



后穿束

(1) 钢丝检验每批重量不得大于 60t；对每批钢丝逐盘进行外形、尺寸和表面质量检查。

从检查合格的钢丝中抽查 3 盘，在每盘钢丝的任一端取样进行力学性能试验及其他试验。

试验结果有一项不合格则该盘钢丝报废，并从同批次未试验过的钢丝盘中取双倍数量的试样

进行该不合格项的复验，如仍有一项不合格，应逐盘检验，合格者接收。



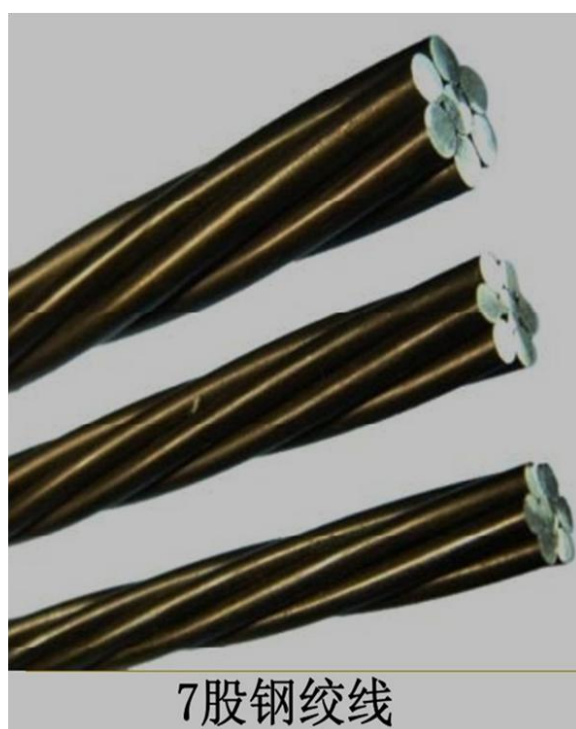
(2) 钢绞线检验每批重量不得大于 60t；逐盘检验表面质量和外形尺寸；再从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线任一端截取一根试样，进行力学性能试验及其他试验。如每批少于 3 盘，应全数检验。检验结果如有一项不合格时，则不合格盘报废，并再从该批未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项目复验，如仍有一项不合格，则该批钢绞线应实施逐盘检验，合格者接收。

(3) 精轧螺纹钢检验每批重量不得大于 60t；对其表面质量应逐根进行外观检查，外观检查合格后每批中任选 2 根钢筋截取试件进行拉伸试验。试验结果有一项不合格，则取双倍数量的试样重做试验。如仍有一项不合格，则该批钢筋为不合格。



预应力 类别		钢丝 (检验批都不得大于 60t)	钢绞线 (检验批 60t)	钢筋 (检验批 60t)
进场检验	抽样数量	逐盘	逐盘	逐根
	检查项目	形状、尺寸、表面质量	表面质量、外形尺寸	外观
见证取样	抽样数量	从检查合格的钢丝中，抽查 3 盘，在	从检查合格的钢绞线中，任取 3 盘，	外观检查合格后每批中任选 2 根钢筋

		每一盘钢丝任一端 取样	在每一盘钢丝任一端 取样	截取试件
	检查项目	力学性能试验及其他 试验	力学性能试验及其他 试验	拉伸试验
	结果处理	若有一项不合格， 则该盘钢丝报废， 并从同批次未试验 过的钢丝盘中取双 倍试样进行该不合 格项的复验	若有一项不合格， 则不合格盘报废， 并从同批次未试验 过的钢绞线中取双 倍试样进行该不合 格项的复验	试验结果有一项不 合格，则取双倍数 量的试样重做试验
评定	检验批	仍有一项不合格， 应逐盘检验，合格 者接收	仍有一项不合格， 应逐盘检验，合格 者接收	如仍有一项不合 格，则该批钢筋为 不合格



(5) 存放仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质，存放在室外时不得直接堆放在地面上，必须垫高、覆盖、防腐蚀、防雨露，时间不宜超 6 个月。

(6) 预应力筋的制作：

1) 预应力筋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、锚夹具长度、千斤顶长度、焊接接头或墩头预留量，冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

2) 预应力筋宜使用砂轮锯或切断机切断，不得采用电弧切割。



(二) 管道与孔道

(1) 后张有粘结预应力混凝土结构中，预应力筋的孔道一般由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成。一般工程可由铜管抽芯、胶管抽芯或金属伸缩套管抽芯预留孔道。浇筑在混凝土中的管道应具有足够强度和刚度，不允许有漏浆现象，且能按要求传递粘结力。



(2) 常用管道为金属螺旋管或塑料(化学建材)波纹管。管道应内壁光滑，可弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁。



二、锚具、夹具和连接器

（一）基本要求

（2）后张预应力锚具和连接器按照锚固方式不同，可分为夹片式（单孔和多孔夹片锚具）、支承式（墩头锚具、螺母锚具）、锥塞式（钢制锥形锚具）和握裹式（挤压锚具、压花锚具等）。

（二）验收规定

（1）锚具、夹具及连接器进场验收时，应按出厂合格证和质量证明书核查其锚固性能类别、型号、规格、数量，确认无误后进行外观检查、硬度检验和静载锚固性能试验。



（2）验收应分批进行，批次划分时，同一种材料和同一生产工艺条件下生产的产品可列为同一批量。锚具、夹片应以不超过 1000 套为一个验收批。连接器的每个验收批不宜超过 500 套。

1）外观检查：从每批（锚具、夹片或连接器）中抽取 10%且不少于 10 套，进行外观质量和外形尺寸检查。

2）硬度检验：从每批（锚具、夹片或连接器）中抽取 5%且不少于 5 套进行硬度检验。

（3）静载锚固性能试验 对大桥、特大桥等重要工程、由具有相应资质的专业检测机构进行静载锚固性能试验 如有一个试件不符合要求时，则应另取双倍数量的锚具（夹具或连接器）重做试验，如仍有一个试件不符合要求时，则该批产品视为不合格品

对用于中桥梁的锚具（夹片或连接器）进场验收，其静载锚固性能可由锚具生产厂提供试验

报告

三、预应力混凝土配制与浇筑

(一) 配制

(1) 预应力混凝土应优先采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，不宜使用矿渣硅酸盐水泥，不得使用火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。

(2) 混凝土中的水泥用量不宜大于 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(3) 混凝土中严禁使用含氯化物的外加剂及引气剂或引气型减水剂。

(二) 浇筑

(1) 浇筑混凝土时，对预应力筋锚固区及钢筋密集部位，应加强振捣。

(2) 对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋，对后张构件应避免振动器碰撞预应力筋的管道。

四、预应力张拉施工

(一) 基本规定

(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之差应控制在 6% 以内。否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施后，方可继续张拉。

(3) 预应力张拉时，应先调整到初应力 (σ_0)，该初应力宜为张拉控制应力 (σ_{con}) 的 10% ~ 15%，伸长值应从初应力时开始量测。

(二) 先张法预应力施工

(1) 张拉台座应具有足够的强度和刚度，其抗倾覆安全系数不得小于 1.5，抗滑移安全系数不得小于 1.3。张拉横梁应有足够的刚度，受力后的最大挠度不得大于 2mm。锚板受力中心应与预应力筋合力中心一致。



(2) 预应力筋连同隔离套管应在钢筋骨架完成后一并穿入就位。就位后，严禁使用电弧焊对梁体钢筋及模板进行切割或焊接。隔离套管应堵严。

(3) 同时张拉多根预应力筋时，各根预应力筋的初始应力应一致。张拉过程中应使活动横梁与固定横梁始终保持平行。

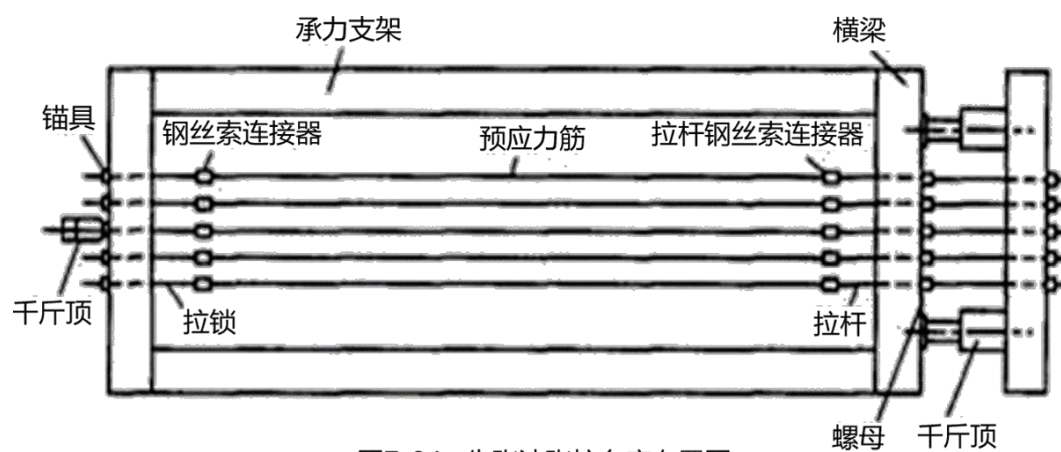
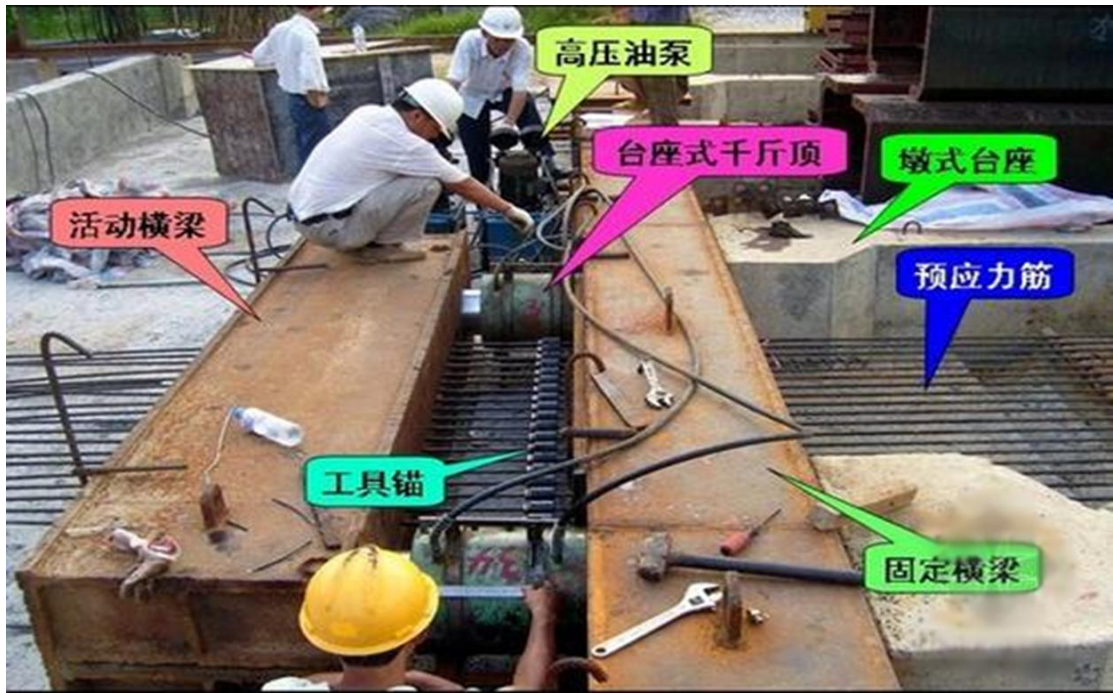


图7-24 先张法张拉台座布置图



(4) 张拉程序应符合设计要求，设计未要求时，其张拉程序应符合表 1K412015-1 规定张拉钢筋时，为保证施工安全，应在超张拉放张至 $0.9\sigma_{con}$ 时安装模板、普通钢筋及预埋件等。

先张法预应力筋张拉程序 表1K412015-1

预应力筋种类	张 拉 程 序
钢筋	$0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow 1.05\sigma_{con} \rightarrow 0.9\sigma_{con} \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固)
钢丝、钢绞线	$0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷2min) $\rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{con}$ (锚固) 对于夹片式等具有自锚性能的锚具： 普通松弛力筋 $0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow 1.03\sigma_{con}$ (锚固) 低松弛力筋 $0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow \sigma_{con}$ (持荷2min锚固)

(5) 张拉过程中，预应力筋的断丝、断筋数量不得超过规定。

先张法预应力筋断丝限制		
预应力筋种类	项目	控制值
钢筋	断筋	不允许
钢丝、钢绞线	同一构件内断丝数不得超过钢丝总数的	1%

四、预应力张拉施工

(二) 先张法预应力施工

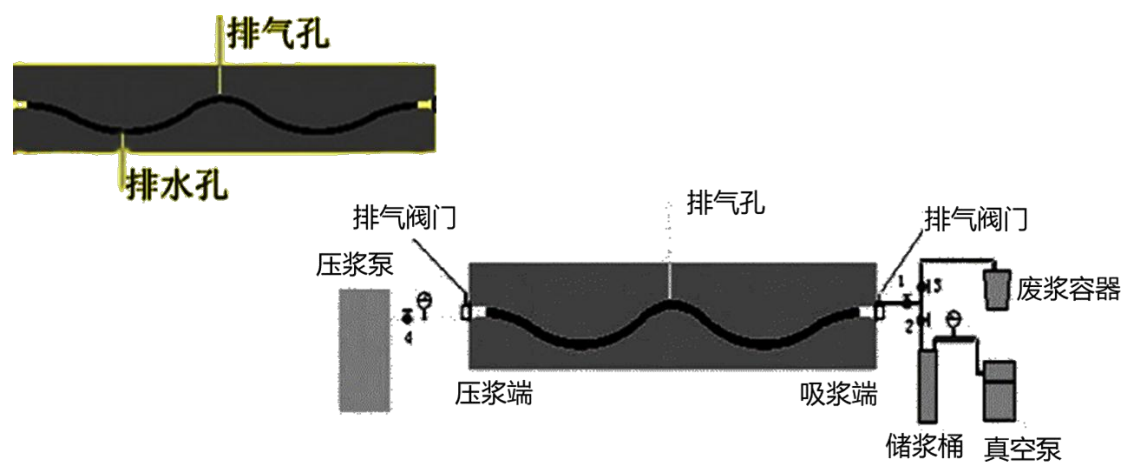
(6) 放张预应力筋时混凝土强度必须符合设计要求，设计未规定时，不得低于强度设计值

的 75%。放张顺序应符合设计要求，设计未规定时，应分阶段、对称、交错地放张。放张前，应将限制位移的模板拆除。

（三）后张法预应力施工

（1）预应力管道安装应符合下列要求

- 1）管道应采用定位钢筋牢固地定位于设计位置（防止浇混凝土时对管道的扰动）。
- 3）管道应留压浆孔与溢浆孔；曲线孔道的波峰部位应留排气孔；在最低部位宜留排水孔。



真空辅助压浆工艺示意图

- 4）管道安装就位后应立即通孔检查，发现堵塞应及时疏通。管道经检查合格后应及时将其端面封堵，防止杂物进入。
- 5）管道安装后，需在其附近进行焊接作业时，必须对管道采取保护措施。

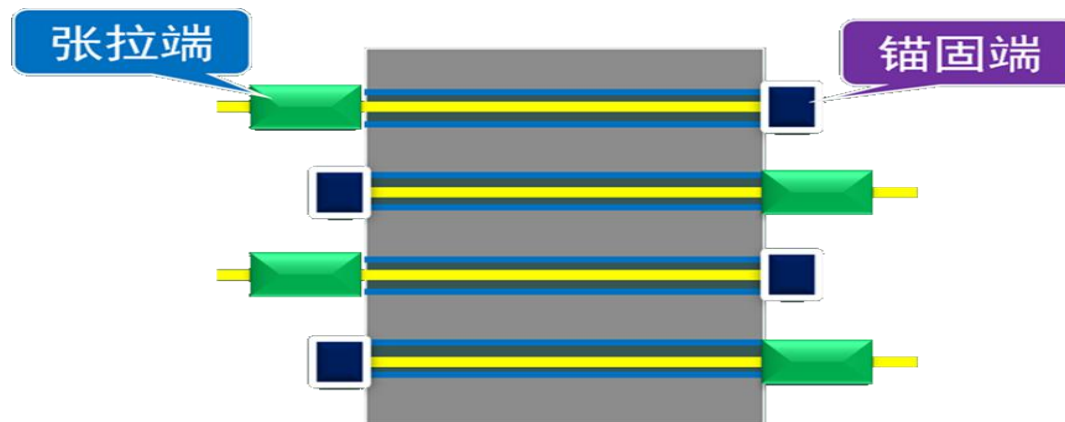
（3）预应力筋张拉应符合下列要求

- 1）混凝土强度应符合设计要求，设计未要求时，不得低于强度设计值的 75%。



2) 预应力筋张拉端的设置应符合设计要求，当设计未要求时，应符合下列规定：

曲线预应力筋或长度大于等于 25m 的直线预应力筋，宜在两端张拉；长度小于 25m 的直线预应力筋，可在一端张拉。



当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜均匀交错的设置在结构的两端。

4) 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求；当设计无要求时，可采取分批、分阶段对称张拉，宜先中间，后上、下或两侧。



(四) 孔道压浆

(1) 预应力筋张拉后，应及时进行孔道压浆，多跨连续有连接器的预应力筋孔道，应张拉完一段灌注一段；孔道压浆宜采用水泥浆，水泥浆的强度应符合设计要求，设计无要求时不得低于 30MPa。



(2) 压浆后应从检查孔抽查压浆的密实情况，如有不实，应及时处理。压浆作业，每一工作班应留取不少于 3 组砂浆试块，标养 28d，以其抗压强度作为水泥浆质量的评定依据。

(3) 压浆过程中及压浆后 48h 内，结构混凝土的温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。当白天气温高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

(4) 埋设在结构内的锚具，压浆后应及时浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度等级应符合

设计要求，不宜低于结构混凝土强度等级的 80%，且不低于 30MPa。

（5）孔道内的水泥浆强度达到设计规定后方可吊移预制构件；设计未要求时，应不低于砂浆设计强度的 75%。

1K412010 城市桥梁结构形式及通用施工技术 P368



预应力施工质量智能控制系统

P368

一、基本规定

（一）人员控制

（1）承担预应力施工的单位应具有相应的施工资质。

（2）预应力张拉施工应由工程项目技术负责人主持。

（3）张拉作业人员应经培训考核，合格后方可上岗。

（二）设备控制

（1）张拉设备的校准期限不得超过半年，且不得超过 200 次张拉作业。

（2）张拉设备应配套校准，配套使用。

二、准备阶段质量控制

（一）方案编制

预应力施工应按设计要求，编制专项施工方案和作业指导书，并按相关规定审批。

三、施工过程控制要点

（一）下料与安装

（2）预应力筋下料长度应经计算，并考虑模具尺寸及张拉千斤顶所需长度；严禁使用电弧焊切割。



（二）张拉与锚固

（4）张拉施工质量控制应做到“六不张拉”，即：没有预应力筋出厂材料合格证、预应力筋规格不符合设计要求、配套件不符合设计要求、张拉前交底不清、准备工作不充分安全设施未做好、混凝土强度达不到设计要求，不张拉。

（5）张拉控制应力达到稳定后方可锚固，锚固后预应力筋的外露长度不宜小于 30mm。对锚具应采用封端混凝土保护，当需较长时间外露时，应采取防锈蚀措施。锚固完毕经检验合格后，方可切割端头多余的预应力筋，严禁使用电弧焊切割。

1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

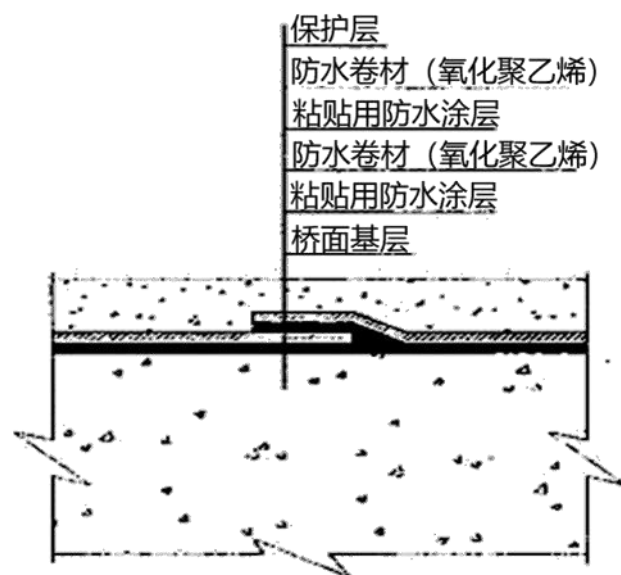
1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412016 桥面防水系统施工技术

1K412016 桥面防水系统施工技术





喷涂现场



养护中的桥面防水层



一、基层要求

(1) 基层混凝土强度应达到设计强度的 80% 以上，方可进行防水层施工。

(4) 当防水材料为卷材及聚氨酯涂料时，基层混凝土的含水率应小于 4%。当防水材料为聚合物改性沥青涂料和聚合物水泥涂料时，基层混凝土的含水率应小于 10%。

二、基层处理

(1) 基层处理剂可采用喷涂法或刷涂法施工，喷涂应均匀，覆盖完全，待其干燥后应及时

进行防水层施工。

(4) 防水基层处理剂应根据防水层类型、防水基层混凝土龄期及含水率、铺设防水层前对处理剂的要求选用。



三、防水卷材施工

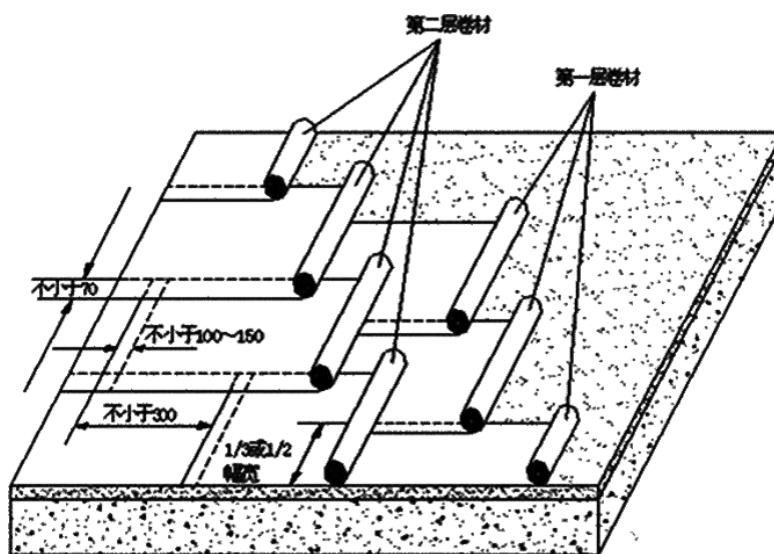
(1) 卷材防水层铺设前应先做好节点、转角、排水口等部位的局部处理，然后再进行大面积铺设。



(2) 当铺设防水卷材时，环境气温和卷材的温度应高于 5°C ，基层的温度必须高于 0°C ；当下雨、下雪和风力大于或等于 5 级时，严禁进行桥面防水层体系的施工。当施工中途下雨时，应做好已铺卷材周边的防护工作。



(3) 铺设防水卷材时，任何区域的卷材不得多于 3 层，搭接接头应错开 500mm 以上，严禁沿道路宽度方向搭接形成通缝。接头处卷材的搭接宽度沿卷材的长度方向应为 150mm，沿卷材的宽度方向应为 100mm。



(4) 卷材的展开方向应与车辆的运行方向一致，卷材应采用沿桥梁纵、横坡从低处向高处的铺设方法，高处卷材应压在低处卷材之上。



四、防水涂料施工

（2）防水涂料配料时，不得混入已固化或结块的涂料。

（3）防水涂料宜多遍涂布。防水涂料应保障固化时间，待涂布的涂料干燥成膜后，方可涂布后一遍涂料。涂刷法施工防水涂料时，每遍涂刷的推进方向宜与前一遍相一致。



（6）涂料防水层内设置的胎体增强材料，应顺桥面行车方向铺贴。铺贴顺序应自最低处开始向高处铺贴并顺桥宽方向搭接，高处胎体增强材料应压在低处胎体增强材料之上。

（7）防水涂料施工应先做好节点处理，然后再进行大面积涂布。

五、其他相关要求

（1）防水层铺设完毕后，在铺设桥面沥青混凝土之前严禁车辆在其上行驶和人员踩踏，并

应对防水层进行保护，防止潮湿和污染。

(3) 防水层上沥青混凝土的摊铺温度应与防水层材料的耐热度相匹配。

卷材防水层上沥青混凝土的摊铺温度应高于防水卷材的耐热度，但同时应小于 170℃；

涂料防水层上沥青混凝土的摊铺温度应低于防水涂料的耐热度。

六、桥面防水质量验收

(一) 一般规定

(2) 从事防水施工验收检验工作的人员应具备规定的资格。

(3) 防水施工验收应在施工单位自行检查评定的基础上进行。

(4) 施工验收应按施工顺序分阶段验收。

(二) 混凝土基层

(1) 混凝土基层检测主控项目是含水率、粗糙度、平整度。

(三) 防水层

(3) 防水层施工现场检测主控项目为粘结强度和涂料厚度。

1K412000 城市桥梁工程

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

1K412012 模板、支架和拱架的设计和验算

1K412013 钢筋施工技术

1K412014 混凝土施工技术

1K412015 预应力混凝土施工技术

1K412016 桥面防水施工技术

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

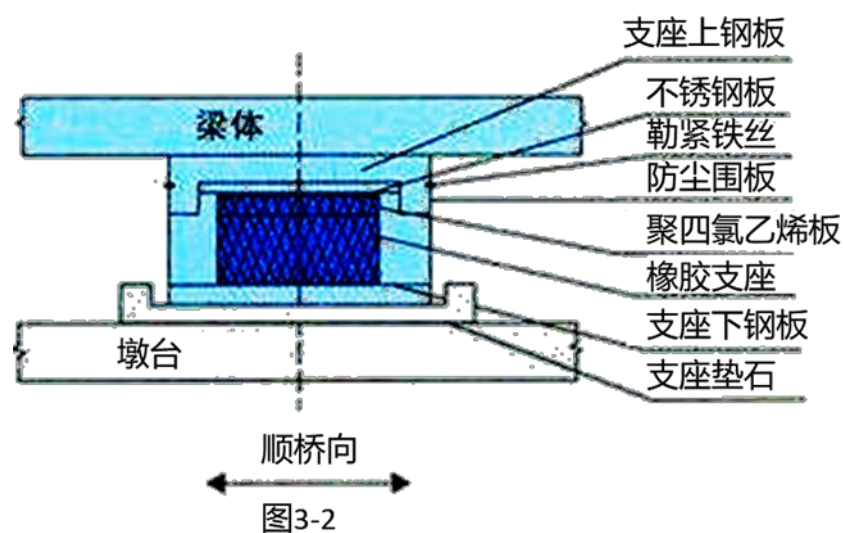
1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术



桥梁支座的功能要求：

- 1.首先，支座必须具有足够的承载能力
- 2.支座对桥梁变形的约束尽可能的小
- 3.支座还应便于安装，养护和维修，并在必要时进行更换





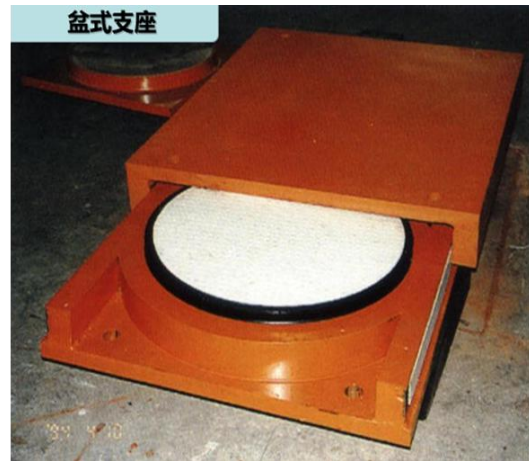
(1) 按支座变形可能性分类：固定支座、单向活动支座、多向活动支座。

(2) 按支座所用材料分类：钢支座、聚四氟乙烯支座（滑动支座）、橡胶支座（板式、盆式）等。

(3) 按支座的结构形式分类：弧形支座、摇轴支座、辐轴支座、橡胶支座、球形钢 支座、拉压支座等。

桥梁支座可按其跨径、结构形式、反力力值、支承处的位移及转角变形值选取不支座 城市桥梁中常用的支座主要为板式橡胶支座和盆式支座等

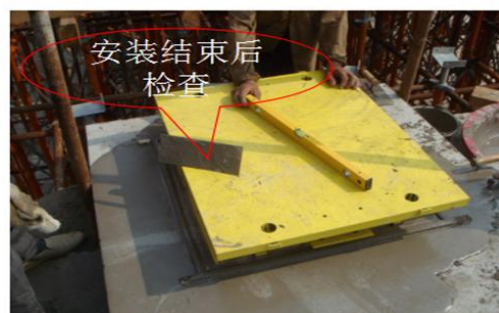
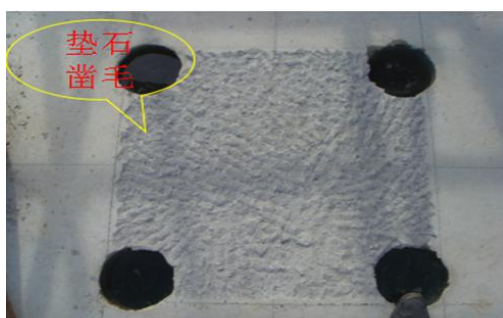




支座施工一般规定：

- 1) 当实际支座安装温度与设计要求不同时，应通过计算支座顺桥方向的预偏量
- 2) 支座安装平面位置和顶面高程必须正确，不得偏斜，脱空，不均匀受力
- 3) 支座滑动面上不锈钢板位置正确，不得有划痕，碰伤
- 4) 活动支座安装前应采用丙酮或酒精解体清洗各相对滑移面，擦净后在聚四氟乙烯板顶面凹槽内注满硅脂，重新组装时应保持精度
- 5) 墩台帽，盖梁上的支座垫石和挡块宜二次浇注，确保其高程和位置的准确。

支座安装：



一、桥梁支座安装技术

(四) 支座施工质量检验标准

序号	主控项目	检查数量	检验方法
1	进场检验	全数检查	检查合格证、出厂性能试验报告
2	安装前,检查跨距、支座栓孔位置和支座垫石顶面高程、平整度、坡度、坡向		经纬仪、水准仪与钢尺量测
3	支座与梁底及垫石之间必须密贴,间隙不得大于 0.3mm。垫石材料和强度		观测或用塞尺检查、检查垫层材料产品合格证
4	支座锚栓的埋置深度和外露长度应符合设计要求		观察
5	支座的粘结灌浆和润滑材料应符合设计要求		检查粘结灌浆材料的配合比通知单、检查润滑材料的产品合格证、进场验收记录

2.一般项目

(1) 支座高程

(2) 支座偏位

二、伸缩装置安装技术

为满足桥面变形的要求,通常在两梁端之间、梁端与桥台之间或桥梁的铰接位置上设置伸缩

装置。桥梁伸缩缝的作用在于调节由车辆荷载和桥梁建筑材料所引起的上部结构之间的位移和联结。在设置伸缩缝处，栏杆与桥面铺装都要断开。



（一）伸缩装置的性能要求

（1）伸缩装置应能够适应、满足桥梁纵、横、竖 向的变形要求，当桥梁变形使伸缩装置产生显著的横向错位和竖向错位时，要确定伸缩装置的平面转角要求和竖向转角要求，并进行变形性能检测

（2）伸缩装置应具有可靠的防水、排水系统，防水性能应符合注满水 24h 无渗漏的要求。

（1）伸缩装置运输中避免阳光直晒，防止雨淋雪浸，保持清洁，防止变形，且不能与其他有害物质相接触，注意防火。

（2）伸缩缝装置不得堆放，存放场所应干燥通风，产品应远离热源 1m 以外，不得与地面直接接触，存放应整齐，保持清洁，严禁与酸碱油类，有机溶剂等相接触。



(3) 伸缩装置安装前，按照安装时的气温调整安装时的定位值，并应由安装负责人检查签字后方可用专用卡具将其固定。

(4) 伸缩装置吊装就位前，将预留槽内混凝土凿毛并清扫干净，吊装时应按照厂家表明的吊点位置起吊，必要时做适当加强（间隔混凝土浇筑）。

(5) 安装时，应保证伸缩装置中心线与桥梁中心线重合。

(6) 浇筑混凝土前，应彻底清扫预留槽，并用泡沫塑料将伸缩缝间隙处填塞，然后安装必要的模板。混凝土强度等级满足设计要求，浇筑时振捣密实。

(7) 伸缩装置两侧预留槽混凝土强度在未满足设计要求前不得开放交通。

(三) 伸缩装置施工安装

(2) 伸缩装置上桥安装前，按照安装时的气温调整安装时的定位值，并应由安装负责人检查签字后方可用专用卡具将其固定。



(3) 伸缩装置吊装就位前，将预留槽内混凝土凿毛并清扫干净，吊装时应按照厂家标明的吊点位置起吊，必要时做适当加强。

(4) 安装时，应保证伸缩装置中心线与桥梁中心线重合，伸缩装置顺桥向应对称放置于伸缩缝的间隙上，然后沿桥面横坡方向测量水平标高，并用水平尺或板尺定位，使其顶面标高与设计及规范要求相吻合后垫平。随即将伸缩装置的锚固钢筋与桥梁预埋钢筋焊接牢固。



(5) 浇筑混凝土前，应彻底清扫预留槽，并用泡沫塑料将伸缩缝间隙处填塞，然后安装必要的模板。混凝土强度等级应满足设计及规范要求，浇筑时要振捣密实。

(6) 伸缩装置两侧预留槽混凝土强度在未达到设计要求前不得开放交通。



1K412000 城市桥梁工程

- 1K412011 城市桥梁结构组成与类型
- 1K412012 模板、支架和拱架的设计和验算
- 1K412013 钢筋施工技术
- 1K412014 混凝土施工技术
- 1K412015 预应力混凝土施工技术
- 1K412016 桥面防水施工技术
- 1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术
- 1K412018 桥梁维护与改造施工技术

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

桥梁的养护工程宜分为保养，小修：中修工程，大修工程，加固，改（扩）建工程

- 1) 保养，小修：对管辖范围内的城市桥梁进行日常维护和小修工程
- 2) 中修工程：对城市桥梁的一般性损坏进行修理，恢复城市桥梁原有的技术水平和标准的工程。
- 3) 大修工程：对城市桥梁的较大的损坏进行综合治理，全面恢复到原有技术水平和标准的工程及对桥梁结构维修改造的工程。
- 4) 加固、改（扩）建工程：针对城市桥梁因不适应现有的交通量、载重量增长的需要及

桥梁结构严重损坏，需恢复和提高技术等级标准，显著提高其运行能力的工程。

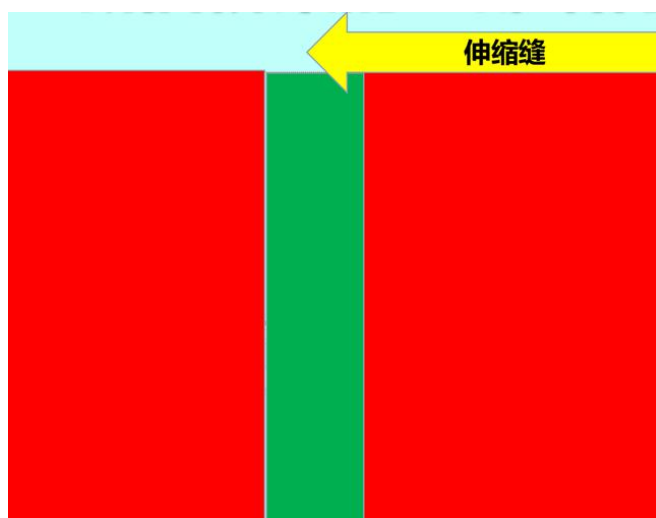
（二）桥梁改建方案

桥梁改建加宽按上部结构与下部结构的连接处理方式主要三种方案：

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

（1）新旧桥梁的上部结构与下部结构互不相连

桥梁加宽部分与原桥的上部结构及下部结构互不连接，新，旧结构之间留工作缝，桥面沥青铺装层采用连续铺装。



1.新旧桥梁的上部结构与下部结构互不相连

优点：新旧桥梁的上部结构与下部结构互不相连，则新旧桥结构实际上各自受力，互不影响；而新拓宽桥梁的设计，施工也较为独立，简单。为保证桥梁铺装后桥面完整，需要采取在新旧桥上部结构相接处设置工作缝，桥梁沥青混凝土铺装层连续摊铺的措施

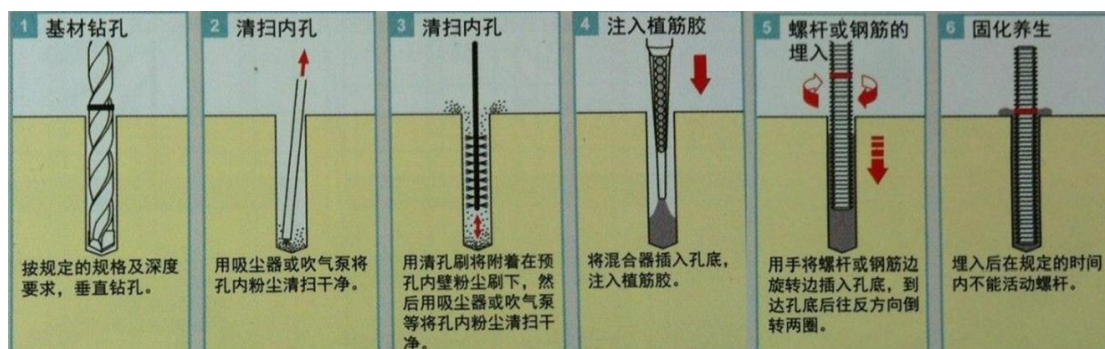
缺点：汽车荷载一级加宽新桥的后期沉降大于原桥，可能导致连接部位桥面铺装破坏，形成纵向裂缝和横向错台，影响行车舒适性，安全性和桥面外观，增加后期的养护维修费用

（2）新，旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接方式

将加宽桥梁的上部结构与原桥对应部位沿横向通过植筋，架设钢筋骨架，然后浇筑湿接缝连接起来，同时新拓宽桥梁下部结构中的帽梁及系梁也通过植筋技术及加设钢筋骨架，浇筑混凝土连接件与旧桥下部结构形成整体结构



博士特

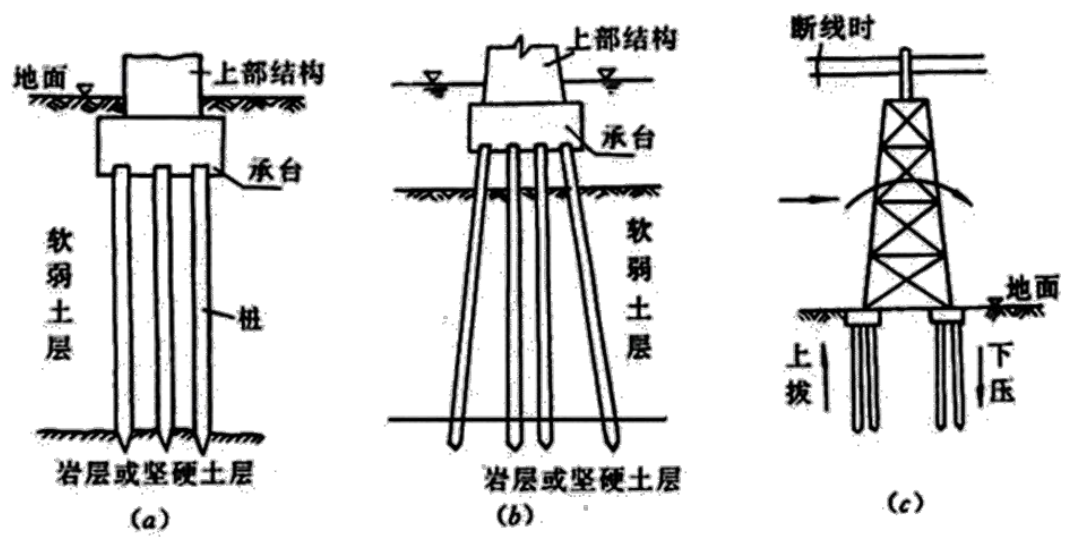


优点：将加宽桥，原桥连成整体，拼接后桥梁整体性较好

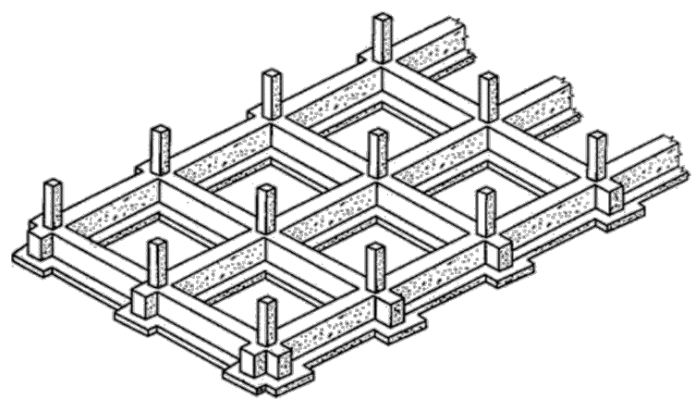
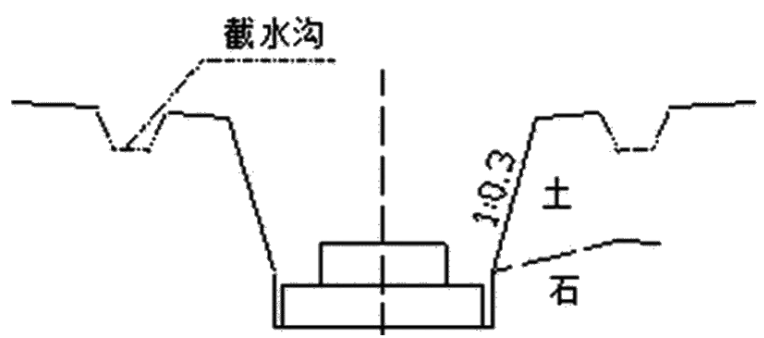
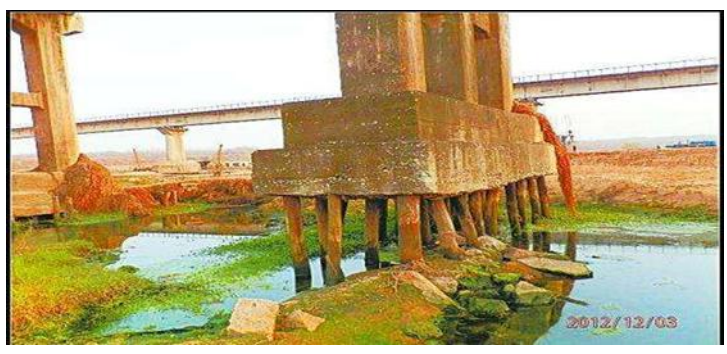
缺点：加宽桥基础沉降大于老桥基础沉降，由此产生的附加内力较大，可能会使下部构造帽梁，系梁，桥台连接处产生裂缝，上部构造连接也可能产生裂缝

旧桥为扩大基础的，新桥同类型基础下土层较薄，岩层埋置较浅时，采用换填或直接将基础置于岩层上的方案

旧桥为扩大基础，新桥同类型基础土层较厚，岩层埋置较深，基础条件不好时，虽然地基允许承载力满足要求，应采取加强措施，如：筏式基础，粉喷桩，碎石桩



桩基础



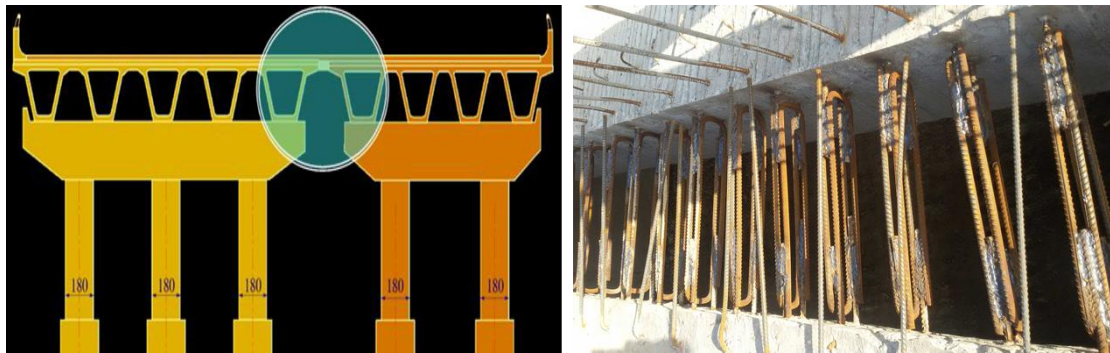
(2) 新, 旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接方式

①先施工拓宽部分桥梁的基础，墩台身及台帽（盖梁）

②安装部分预制梁板（新桥面施工完成后 30-50 天，再进行连接，确保新桥有一定的自然沉降和混凝土收缩徐变时间）

③再进行下部结构拼接

（3）新，旧桥梁的上部结构连接而下部结构分离方式



刚性连接和铰接连接是新，旧桥梁上部结构拼接的两种连接方式。（固定）

1.刚性连接：

钢筋+现浇混凝土（湿接缝）

2.铰接连接：

1）钢板或螺栓连接

2）现浇素混凝土

3）环氧树脂连接剂

预应力混凝土 T 梁或组合 T 梁桥，新旧 T 梁之间的拼接采用刚性连接

（1）钢筋混凝土实心板和预应力混凝土空心板桥，新旧板梁之间的拼接宜采用铰接或近似于铰接。

（2）连续箱梁桥，新旧箱梁之间的拼接宜采用铰接连接。



1K412000 城市桥梁工程

1K411010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

1K411020 城市桥梁下部结构施工

1K411030 城市桥梁上部结构施工

1K411040 管涵和箱涵施工

1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K412021 各类围堰施工要求

1K412022 桩基础施工方法与设备选择

1K412023 承台、桥台、墩柱、盖梁施工技术

1K412021 各类围堰施工要求

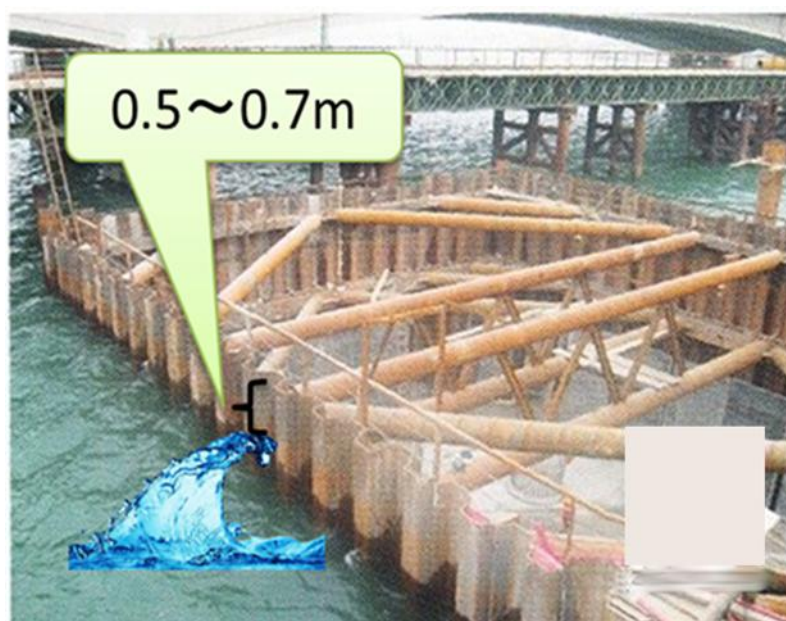
围堰

在桥梁基础施工中，当桥梁墩、台基础位于地表水位以下时，根据当地材料修筑成各种形式的土堰；在水较深且流速较大的河流可采用木板桩或钢板桩（单层或双层）围堰，以及很多会双层薄壁钢围堰。围堰的作用既可以防水、围水，又可以支撑基坑的坑壁。



一、围堰施工的一般规定

(1) 围堰高度应高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高）0.5~0.7m。



二、各类围堰适用范围

围堰类型		适用条件
土石围堰	土围堰	水深 $\leq 1.5\text{m}$ ，流速 $\leq 0.5\text{m/s}$ ，河边浅滩，河床渗水性较小
	土袋围堰	水深 $\leq 3.0\text{m}$ ，流速 $\leq 1.5\text{m/s}$ ，河床渗水性较小，或淤泥较浅
	木桩竹条土围堰	水深 $1.5 \sim 7\text{m}$ ，流速 $\leq 2.0\text{m/s}$ ，河床渗水性较小，能打桩，盛产竹木地区
	竹篱土围堰	水深 $1.5 \sim 7\text{m}$ ，流速 $\leq 2.0\text{m/s}$ ，河床渗水性较小，能打桩，盛产竹木地区
	竹、铁丝笼围堰	水深 4m 以内，河床难以打桩，流速较大
板桩围堰	堆石土围堰	河床渗水性很小，流速 $\leq 3.0\text{m/s}$ ，石块能就地取材
	钢板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等坚硬河床。防水性能好，整体刚度较强
	钢筋混凝土板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土河床。除用于挡水防水外还可作为基础结构的一部分，亦可采取拔除周转使用，能节约大量木材

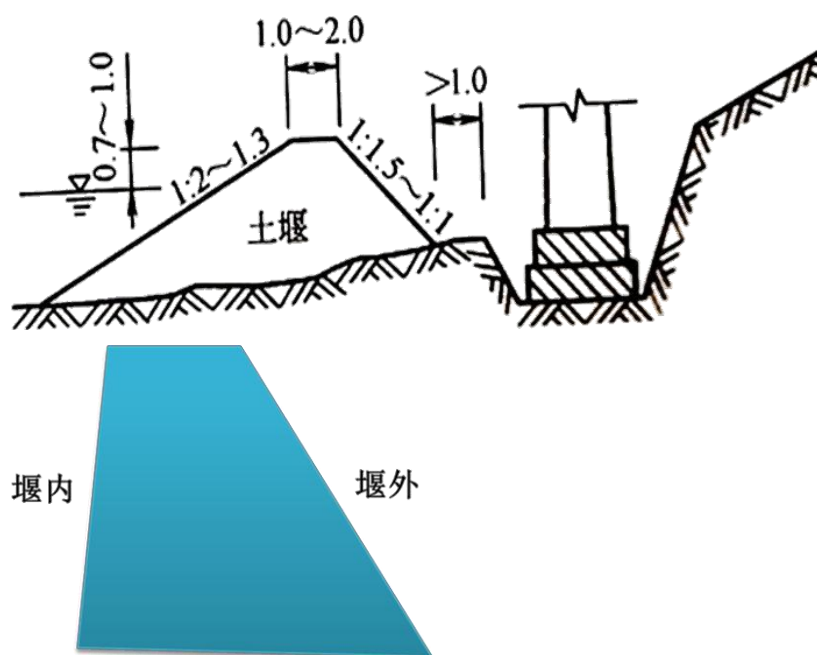
套箱围堰	流速 $\leq 2.0\text{m/s}$ ，覆盖层较薄（指岩石上的覆盖土），平坦的岩石河床，埋置不深的水中基础，也可用于修建桩基承台
双壁围堰	大型河流的深水基础，覆盖层较薄、平坦的岩石河床

三、土围堰施工要求

（1）筑堰材料宜用黏性土、粉质黏土或砂质黏土。填出水面之后应进行夯实。填土应从上游开始自两端至下游合龙。



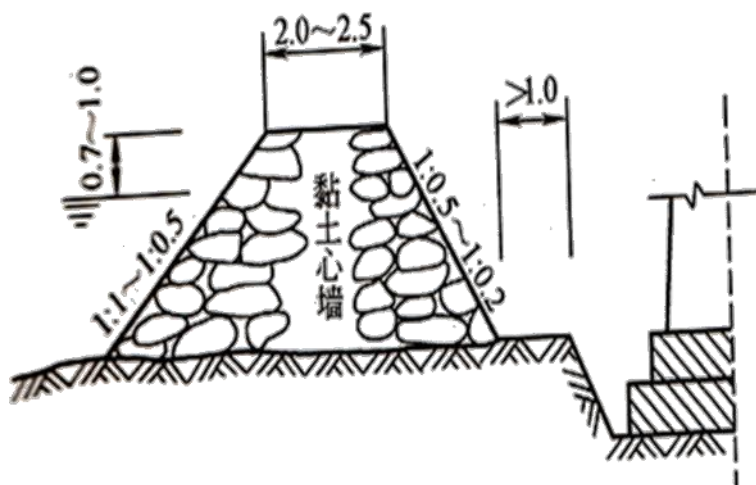
（3）堰顶宽度可为 $1\sim 2\text{m}$ 。机械挖基时不宜小于 3m 。内坡脚与堰内基坑边的距离不得小于 1m 。



四、土袋围堰施工要求

（1）围堰两侧用草袋、麻袋、玻璃纤维袋或无纺布袋装土堆码。袋中宜装不渗水的黏性土。围堰中心部分可填筑黏土及黏性土芯墙。

(2) 堆码土袋，应从上游开始自两端至下游合龙。



五、钢板桩围堰施工要求

(1) 有大漂石及坚硬岩石的河床不宜使用钢板桩围堰。

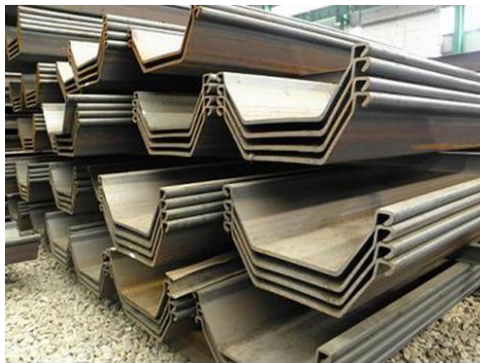
(3) 施打时，必须备有导向设备，以保证钢板桩的正确位置。



(4) 施打前，应对钢板桩的锁口用止水材料捻缝，以防漏水。

(5) 施打顺序一般从上游向下游合龙。

(6) 钢板桩可用捶击、振动、射水等方法下沉但在黏土中不宜使用射水下沉办法。



围堰类型		适用条件
板桩围堰	钢板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等坚硬河床。防水性能好，整体刚度较强
	钢筋混凝土板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土河床。除用于挡水防水外还可作为基础结构的一部分，亦可采取拔除周转使用，能节约大量木材
钢套筒围堰		流速 $\leq 2.0\text{m/s}$ ，覆盖层较薄（指岩石上的覆盖土），平坦的岩石河床，埋置不深的水中基础，也可用于修建桩基承台
双壁围堰		大型河流的深水基础，覆盖层较薄、平坦的岩石河床

六、钢筋混凝土板桩围堰施工要求

(1) 沉入砂砾层的板桩桩头，应增设加劲钢筋或钢板。

(2) 钢筋混凝土板桩的制作，应用刚度较大的模板，榫口接缝应顺直、密合。如用中心射水下沉，板桩预制时，应留射水通道。

(3) 目前钢筋混凝土板桩中，空心板桩较多。空心多为圆形，用钢管作芯模。板桩的榫口一般圆形的较好。



七、套箱围堰施工要求

(1) 无底套箱用木板、钢板或钢丝网水泥制作，内设木、钢支撑。套箱可制成整体式或装配式。

(2) 制作中应防止套箱接缝漏水

(3) 下沉套箱前，同样应清理河床。若套箱设置在岩层上时，应整平岩面。



八、双壁钢围堰施工要求

(2) 双壁钢围堰应按设计要求在工厂制作，其分节分块的大小应按工地吊装、移运能力确定。

(3) 双壁钢围堰各节、块拼焊时，应按预先安排的顺序对称进行。拼焊后应进行焊接质量

检验及水密性试验。



(4) 在浮运、下沉过程中,围堰露出水面的高度不应小于 1m。

(7) 准确定位后,应向堰体壁腔内迅速、对称、均衡的灌水,使围堰落床。

(10) 钢围堰浇筑水下封底混凝土之前,应按照设计要求进行清基,并由潜水员逐片检查合格后方可封底。



1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K412022 桩基础施工方法与设备选择



1 K412020 城市桥梁下部结构施工

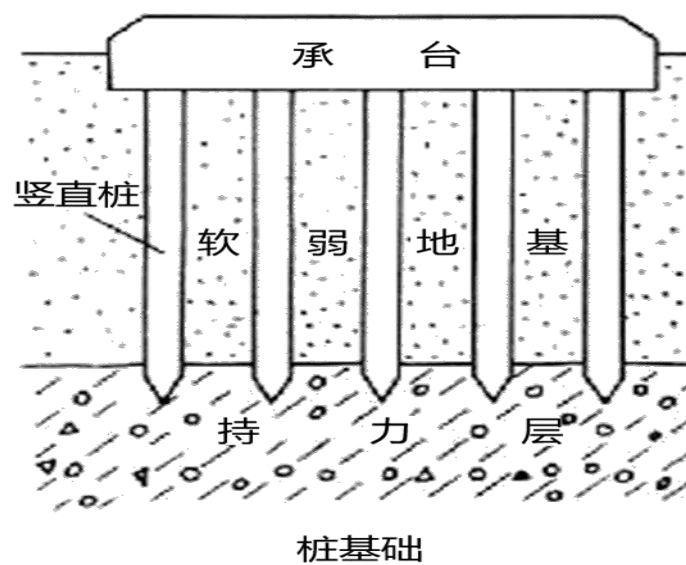
1K412021 各类围堰施工要求

1K412022 桩基础施工方法与设备选择

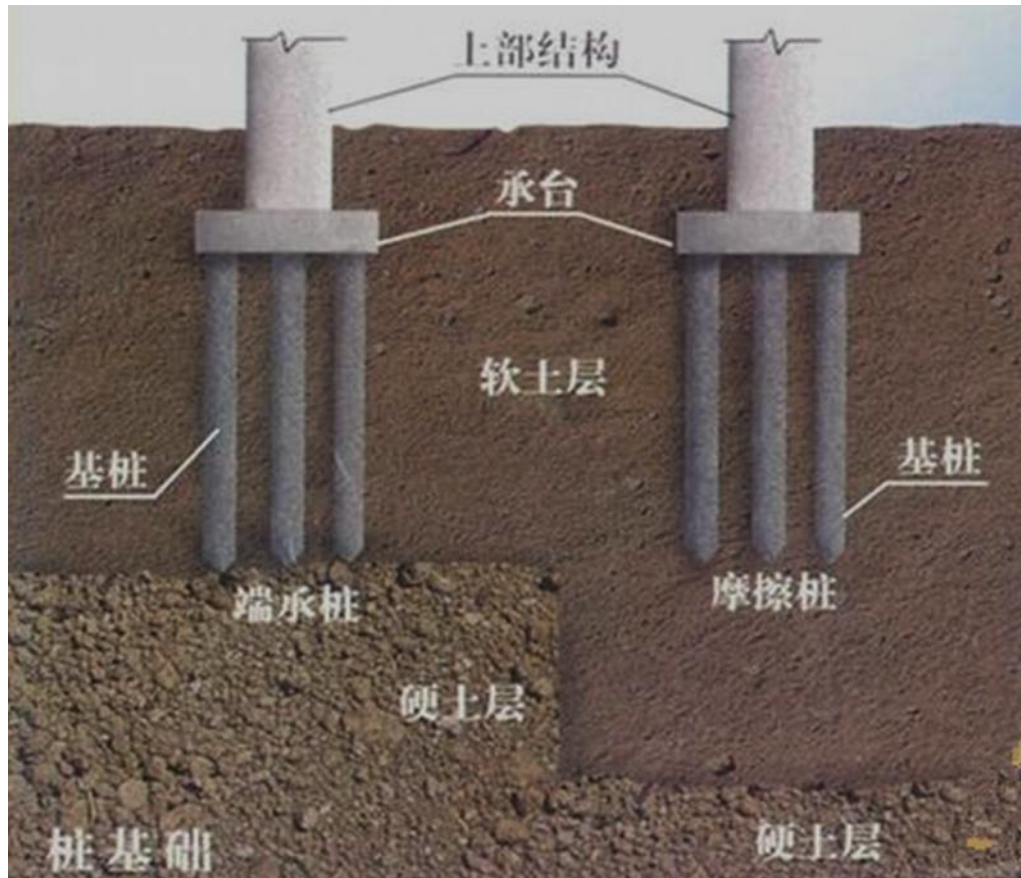
1K412023 承台、桥台、墩柱、盖梁施工技术

1K412022 桩基础施工方法与设备选择

桩基础



桩基础分类



按桩的成孔施工方法

- 1) 沉入桩
- 2) 钻孔灌注桩
- 3) 人工挖孔桩



一、沉入桩基础

沉入桩种类：钢筋混凝土桩、预应力混凝土管桩、钢管桩。



（一）沉桩方式及设备选择

（1）锤击沉桩宜用于砂类土、黏性土。

（2）振动沉桩宜用于锤击沉桩效果较差的密实的黏性土、砾石、风化岩。

（3）在密实的砂土、碎石土、砂砾的土层中用锤击法、振动沉桩法有困难时，可采用射水作为辅助手段进行沉桩施工。在黏性土中应慎用射水沉桩；在重要建筑物附近不宜采用射水沉桩。



（4）静力压桩宜用于软黏土（标准贯入度 $N < 20$ ）、淤泥质土。

（5）钻孔埋桩宜用于黏土、砂土、碎石土且河床覆土较厚的情况。

静力压桩：



振动沉桩：



钻孔埋桩：



（二）打桩准备工作：

1.沉桩前应掌握工程地质钻探资料、水文资料和打桩资料。

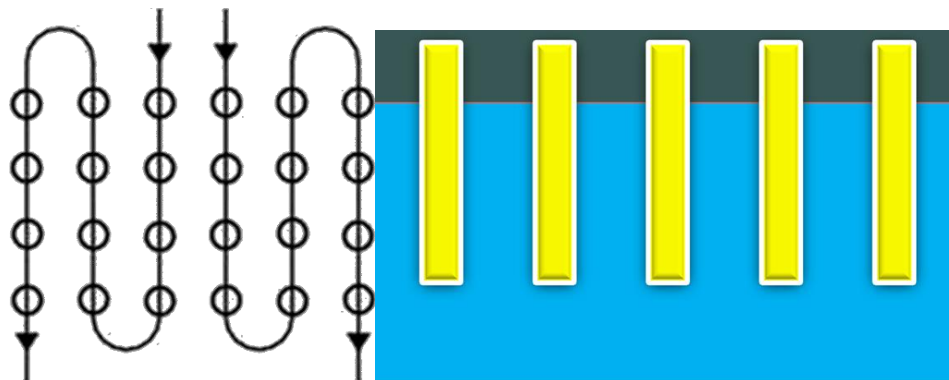
- 2.沉桩前必须处理地上（下）障碍物，平整场地，并应满足沉桩所需的地面承载力。
- 3.应根据现场环境状况采取降噪措施；城区、居民区等人员密集的场所不应进行沉桩施工。
- 4.对地质复杂的大桥、特大桥，为检验桩的承载能力和确定沉桩工艺应进行试桩。

【重点】试桩或沉桩试验→控制贯入度。

- 5.贯入度应通过试桩或做沉桩试验后会同监理及设计单位研究确定。
 - 6.用于地下水有侵蚀性的地区或腐蚀性土层的钢桩应按照设计要求做好防腐处理。
- 1.预制桩的接桩可采用焊接、法兰连接或机械连接。
 - 2.桩锤、桩帽或送桩帽应和桩身在同一中心线上；桩身垂直度偏差不得超过 0.5%。
 - 3.沉桩顺序：对于密集桩群，自中间向两个方向或四周对称施打；根据基础的设计标高，宜先深后浅；根据桩的规格，宜先大后小，先长后短。
 - 4.施工中若锤击有困难时，可在管内助沉。
 - 5.桩终止锤击的控制应视桩端土质而定，一般情况下以控制桩端设计标高为主，贯入度为辅。
 - 6.沉桩过程中应加强邻近建筑物、地下管线等的观测、监护。

（三）施工技术要点

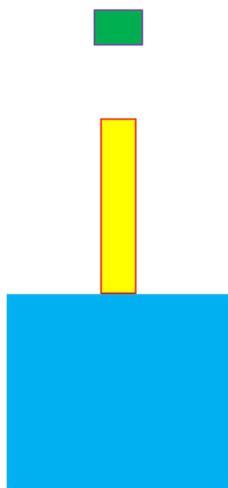
（3）沉桩顺序：对于密集桩群，自中间向两个方向或四周对称施打；根据基础的设计高程，宜先深后浅；根据桩的规格，宜先大后小，先长后短。



（5）终止锤击标准：控制桩端设计标高为主、贯入度为辅。

- ①当桩端标高达到设计标高、而贯入度较大时，应继续锤击，使贯入度接近控制贯入度；
- ②当贯入度已达到控制贯入度、而桩端标高未达到设计标高时，应继续锤击 100mm 左右（或 30~50 击），如无异常变化，即可停止；
- ③若桩端标高与设计值相差超过规定值，应与设计和监理单位研究决定。

解释：贯入度是指在地基土中用重力击打贯入体时，贯入体进入土中的深度。贯入体可以是桩，也可以是一定规格的钢钎。进行贯入测试的目的，是通过贯入度判断地基土的软硬程度，从而确定桩基或地基土的承载能力。



（7）在沉桩过程中发现以下情况应暂停施工，并应采取措施进行处理：

- 1) 贯入度发生剧变。
- 2) 桩身发生突然倾斜、位移或有严重回弹。
- 3) 桩头或桩身破坏。
- 4) 地面隆起。
- 5) 桩身上浮。

二、钻孔灌注桩基础

（二）成孔方式与设备选择

成桩方式与适用条件 表 1K412022

序号	成桩方式与设备	适用土质条件
1	泥浆护壁成孔装	正循环回转钻
		反循环回转钻
		冲击钻
		旋挖钻
		潜水钻
2	干作业成孔桩	冲抓钻
		长螺旋钻孔
		钻孔扩底
		人工挖孔
3	沉管成孔桩	夯扩
		振动
4	爆破成孔	



旋挖法施工



冲击钻法施工



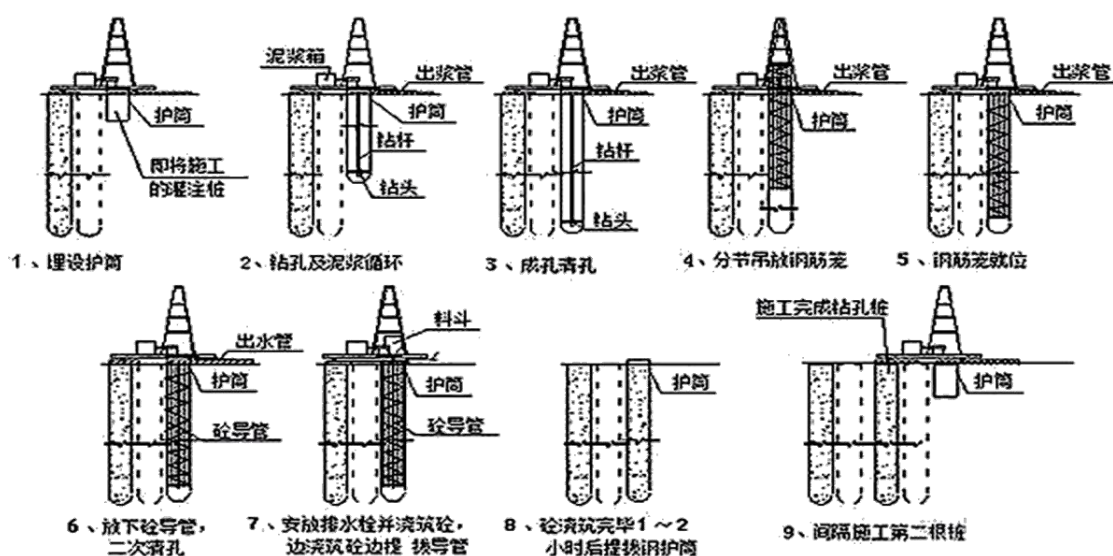
人工挖孔法



正/反循环法

二、钻孔灌注桩基础

钻孔桩施工工艺流程图



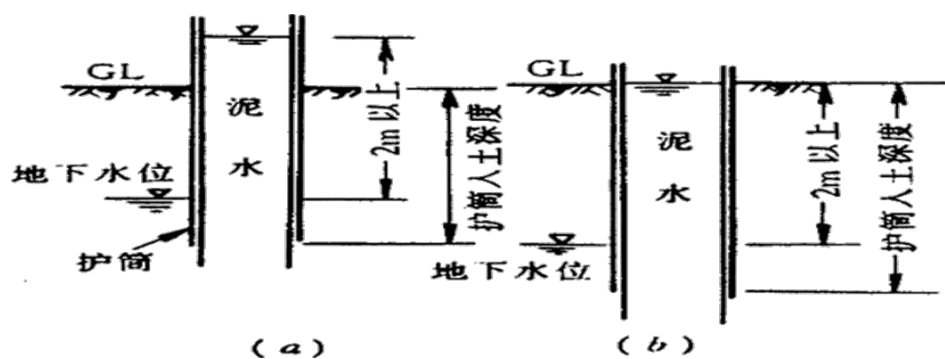
(1) 泥浆制备：宜选用高塑性黏土或膨润土。

【考点】泥浆作用：

①护壁；②携渣；③冷却钻头；④润滑钻具。

(2) 护筒埋设深度应符合有关规定。护筒顶面宜高出施工水位或地下水位 2m，并宜高出施工地面 0.3m。其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

【考点】泥浆护壁施工期间护筒内的泥浆面应高出地下水位 1.0m

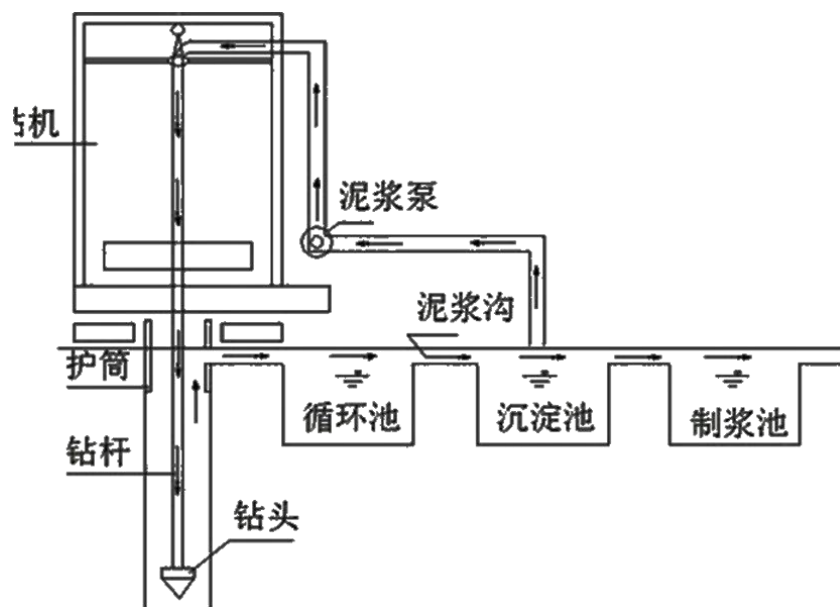


(3) 灌注混凝土前，清孔后的泥浆相对密度应小于 1.10；含砂率不得大于 2%；粘度不得大于 20Pa.S。

(4) 现场应设置泥浆池和泥浆收集设施，废弃的泥浆、渣应进行处理，不得污染环境。



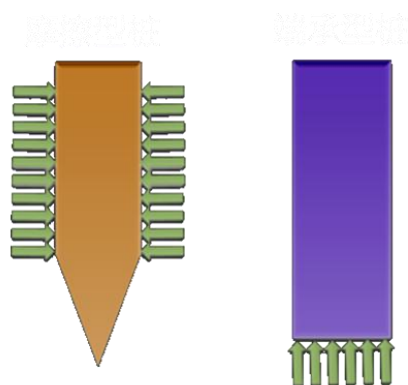
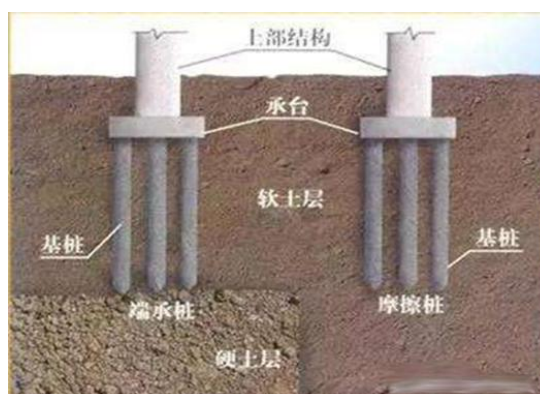
(4) 现场应设置泥浆池和泥浆循环处理设施，废弃的泥浆、钻渣应进行处理，不得污染环境。



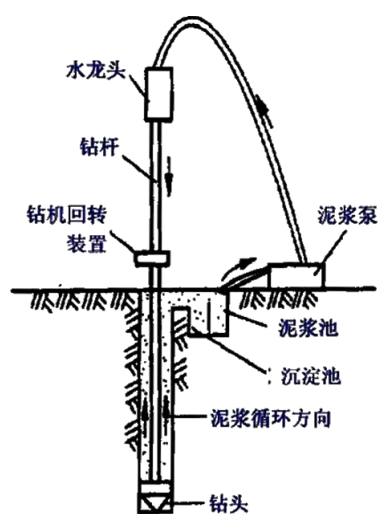
(三) 泥浆护壁成孔

2.正、反循环钻孔

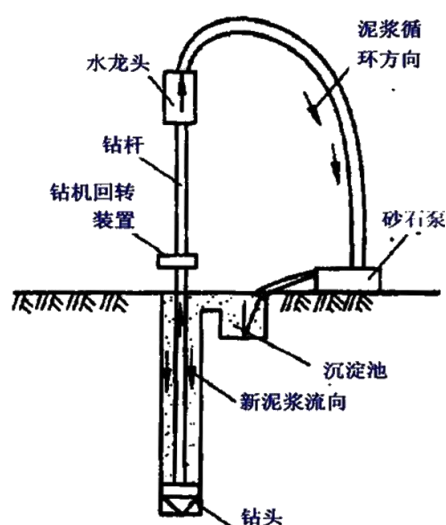
(3) 钻孔达到设计深度，灌注混凝土之前，孔底沉渣厚度应符合设计要求。设计未要求时端承型桩的沉渣厚度不应大于 100mm；摩擦型桩的沉渣厚度不应大于 300mm。



正、反循环钻：



正循环回转钻机成孔工艺原理图



反循环回转钻机成孔工艺原理图

3.冲击钻成孔

- (1) 冲击钻开孔时，应低锤密击，反复冲击造壁，保持孔内泥浆面稳定。
- (3) 每钻进 4~5m 应验孔一次，在更换钻头前或容易缩孔处，均应验孔并应做记录。



4.旋挖成孔

(4) 旋挖钻机成孔应采用跳挖方式，并根据钻进速度同步补充泥浆，保持所需的泥浆面高度不变。



(四) 干作业成孔

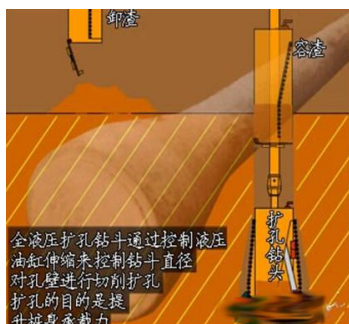
1. 长螺旋钻孔：

(1) 钻进过程中，不宜反转或提升钻杆。

(2) 钻至设计标高后，应先泵入混凝土并停顿 10~20s，再缓慢提升钻杆。提钻速度应根据土层情况确定，并保证管内有一定高度的混凝土。



2. 钻孔扩底



3. 人工挖孔

(2) 人工挖孔桩的孔径(不含孔壁)不得小于0.8m,且不宜大于2.5m;挖孔深度不宜超过25m

(3) 采用混凝土或钢筋混凝土支护孔壁技术;模板拆除应在混凝土强度大于2.5MPa后进行。



(五) 钢筋笼与灌注混凝土施工要点

(1) 钢筋笼加工应符合设计要求 钢筋笼制作、运输和吊装过程中应采取适当的加固措施,防变形

(3) 沉管灌注桩钢筋笼内径应比套管内径小60-80mm,用导管灌注水下混凝土的桩钢筋笼内径应比导管连接处的外径大100mm以上。

(4) 灌注桩采用的水下灌注混凝土宜采用预拌混凝土,其骨料粒径不宜大40mm。

(5) 灌注桩各工序应连续施工,钢筋笼放入泥浆后4h内必须浇筑混凝土。

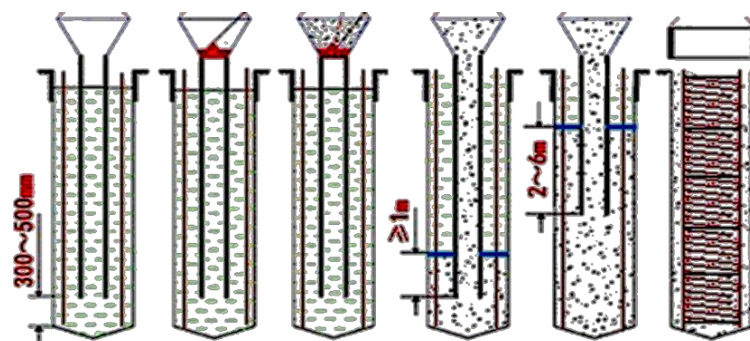


(6) 桩顶混凝土浇筑完成后应高出设计标高0.5~1m,确保桩头浮浆层凿除后桩基面混凝土

土达到设计强度。



水下灌注混凝土：



导管灌注水下混凝土示意图

- 1-下导管；2-放置封口板；3-在灌注漏斗中装入混凝土；
- 4-拔出封口板，初灌混凝土；5-连续灌注；6-拔出护筒

(六) 水下混凝土灌注

(1) 桩孔检验合格，吊装钢筋笼完毕后，安置导管浇筑混凝土。

(2) 混凝土配合比应通过试验确定，须具备良好的和易性，坍落度宜为 180 ~ 220mm。

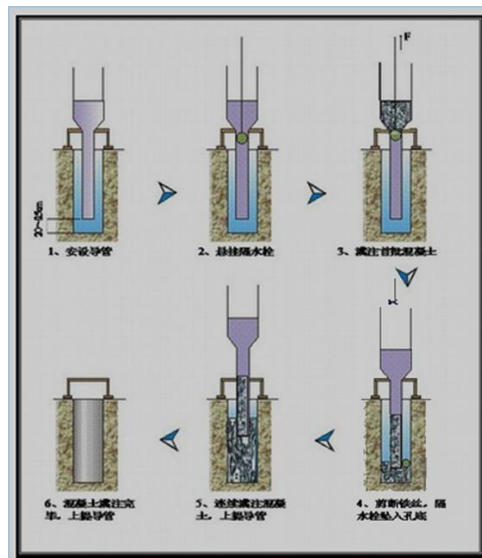


(3) 导管应符合下列要求：

- 1) 导管内壁应光滑圆顺，直径宜为 20 ~ 30cm，节长宜为 2m。
- 2) 导管不得漏水，使用前应试拼、试压，试压的压力宜为孔底静水压力的 1.5 倍。



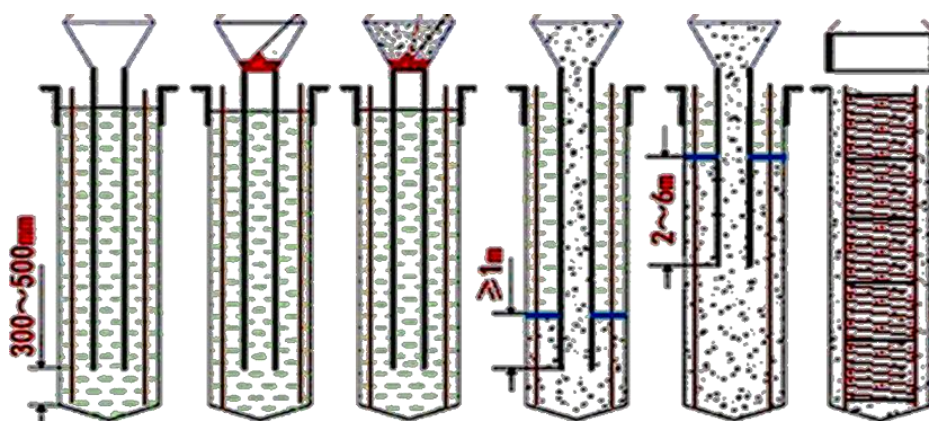
(4) 使用的隔水球应有良好的隔水性能，并应保证顺利排出。



(5) 开始灌注混凝土时，导管底部至孔底的距离宜为 300 ~ 500mm；导管首次埋入混凝

土灌注面以下不应少于 1m；在灌注过程中，导管埋入混凝土深度宜为 2~6m（边浇混凝土边拔导管——埋深 6m，拔 4m（即卸掉 2 根导管），再浇混凝土）。

（6）灌注水下混凝土必须连续施工，并应控制提拔导管速度，严禁将导管提出混凝土灌注面。灌注过程中的故障应记录备案。



导管灌注水下混凝土示意图

- 1-下导管；2-放置封口板；3-在灌注漏斗中装入混凝土；
- 4-拔出封口板，初灌混凝土；5-连续灌注；6-拔出护筒

1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K420101 钻孔灌注桩施工质量事故预防措施 P362



1K420101 钻孔灌注桩施工质量事故预防措施

二、孔口高程及钻孔深度的误差

（一）孔口高程的误差

孔口高程的误差主要有两方面：一是由于地质勘探完成后场地再次回填，计算孔口高程时疏忽而引起的误差；二是由于施工场地在施工过程中废渣的堆积，地面不断升高，孔口高程发生变化造成的误差。

其对策是认真校核原始水准点和各孔口的绝对高程，每根桩开孔前复测一次桩位孔口高程。



（二）钻孔深度的误差

孔深测量应采用丈量钻杆的方法，取钻头的 2/3 长度处作为孔底终孔界面，不宜采用测绳测定孔深。对于端承桩钻孔的终孔标高应以桩端进入持力层深度为准，不宜以固定孔深的方式终孔。因此，钻孔到达桩端持力层后应及时取样鉴定，确定钻孔是否进入桩端持力层。

四、钻孔垂直度不符合规范要求

（一）主要原因

- （1）场地平整度和密实度差，钻机安装不平整或钻进过程发生不均匀沉降，导致钻孔偏斜；
- （2）钻杆弯曲、钻杆接头间隙太大，造成钻孔偏斜；
- （3）钻头翼板磨损不一，钻头受力不均，造成偏离钻进方向；
- （4）钻进中遇软硬土层交界面或倾斜岩面时，钻压过高使钻头受力不均，造成偏离钻进方向。

（二）控制钻孔垂直度的主要技术措施

- （1）压实、平整施工场地；

(2) 安装钻机时应严格检查钻机的平整度和主动钻杆的垂直度，钻进过程中应定时检查主动钻杆的垂直度，发现偏差立即调整；

(3) 定期检查钻头、钻杆、钻杆接头，发现问题及时维修或更换；

(4) 在软硬土层交界面或倾斜岩面处钻进，应低速低钻压钻进。发现钻孔偏斜，应及时回填黏土，冲平后再低速低钻压钻进；

(5) 在复杂地层钻进，必要时在钻杆上加设扶正器。

五、塌孔与缩径

(一) 主要原因

地层复杂、钻进速度过快、护壁泥浆性能差、成孔后放置时间过长没有灌注混凝土等。

(二) 预防措施

钻(冲)孔灌注桩穿过较厚的砂层、砾石层时，成孔速度应控制在 2m/h 以内，泥浆性能主要控制其密度、黏度、含砂率指标；

钢筋骨架安装后应立即灌注混凝土。

八、水下混凝土灌注和桩身混凝土质量问题

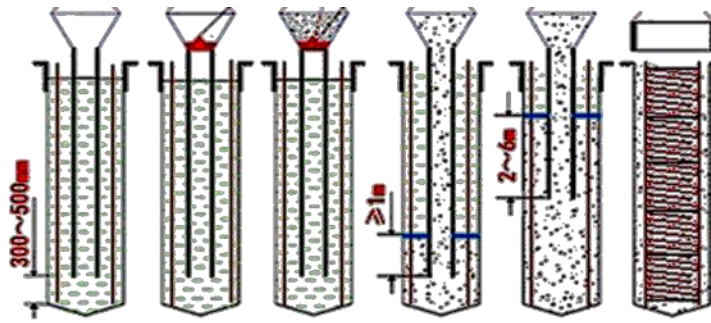
(一) 初灌时埋管深度达不到规范要求

灌注导管底端至孔底的距离应为 0.3~0.5m，初灌时导管首次埋深应不小于 1.0m。在计算混凝土的初灌量时，除计算桩长所需的混凝土量外，还应计算导管内积存的混凝土量。

(二) 灌注混凝土时堵管

1. 原因

灌注导管破漏、灌注导管底距孔底深度太小、完成二次清孔后灌注混凝土的准备时间太长、隔水栓(橡皮球)不规范、混凝土配制质量差、灌注过程中灌注导管埋深过大等。

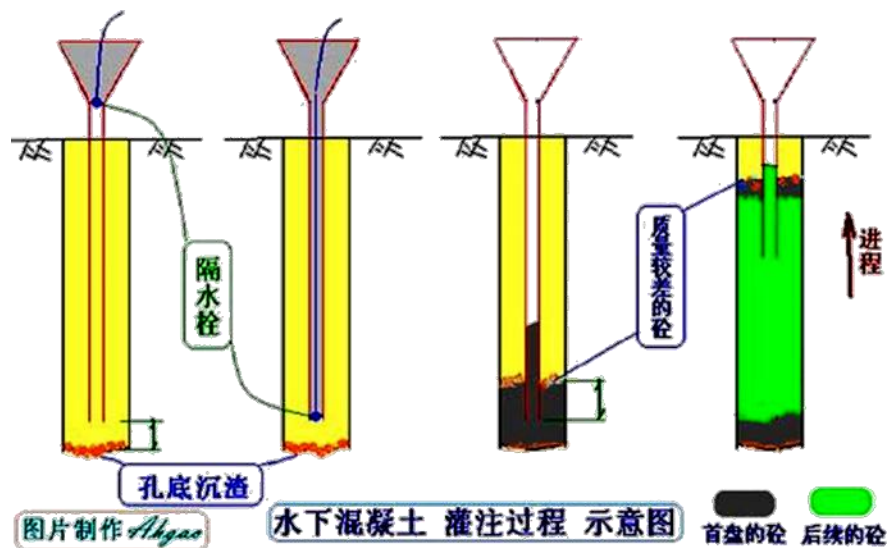


导管灌注水下混凝土示意图

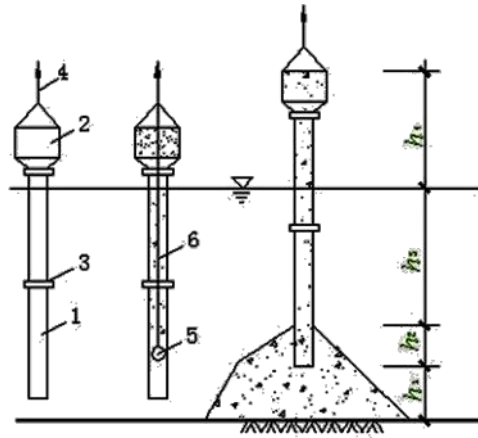
- 1-下导管；2-放置封口板；3-在灌注漏斗中装入混凝土；
- 4-拔出封口板，初灌混凝土；5-连续灌注；6-拔出护筒

2.对策

(1) 灌注导管在安装前应专人负责检查，可采用肉眼观察和敲打听声相结合的方法进行检查，检查项目主要有灌注导管是否存在孔洞和裂缝、接头是否密封、厚度是否合格。



(2) 灌注导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用气压。进行水密试验的水压不应小于孔内水深 1.3 倍的压力，也不应小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大内压力的 1.3 倍。

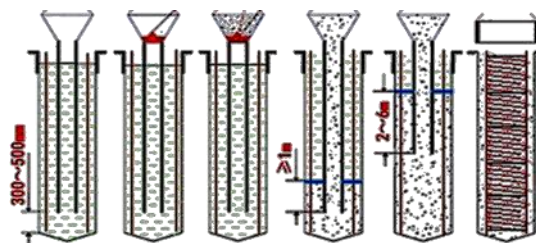


导管法水下浇筑混凝土

1—钢导管；2—漏斗；3—接头；4—吊索；5—隔水塞；6—铁丝

(3) 灌注导管底部至孔底的距离应为 300~500mm，在灌浆设备的初灌量足够的条件下，应尽可能取大值。隔水栓应认真细致制作，其直径和椭圆度应符合使用要求，其长度应≤200mm。

(4) 完成第二次清孔后，应立即开始灌注混凝土，若因故推迟灌注混凝土，应重新进行清孔。



导管灌注水下混凝土示意图

1-下导管；2-放置封口板；3-在灌注漏斗中装入混凝土；
4-拔出封口板，初灌混凝土；5-连续灌注；6-拔出护筒

(三) 灌注混凝土过程中钢筋骨架上浮

1.主要原因

(1) 混凝土初凝和终凝时间太短，使孔内混凝土过早结块，当混凝土土面上升至钢筋骨架底部时，结块的混凝土托起钢筋骨架；

(2) 清孔时孔内泥浆悬浮的砂粒太多，混凝土灌注过程中砂粒回沉在混凝土面上，形成较密实的砂层，并随孔内混凝土逐渐升高，当砂层上升至钢筋骨架底部时托起钢筋骨架；

(3) 混凝土灌注至钢筋骨架底部时，灌注速度太快，造成钢筋骨架上浮。

2.预防措施

(1) 认真清孔。

(2) 灌注的混凝土面距钢筋骨架底部 1m 左右时，应降低灌注速度。当混凝土面上升到骨架底口 4m 以上时，提升导管，使导管底口高于骨架底部 2m 以上，然后恢复正常灌注速度。

(四) 桩身混凝土强度低或混凝土离析

1.原因

施工现场混凝土配合比控制不严、搅拌时间不够；水泥质量差。

2.预防措施

严格把好进厂水泥的质量关；控制好施工现场混凝土配合比；掌握好搅拌时间和混凝土的和易性。

九、混凝土灌注过程因故中断

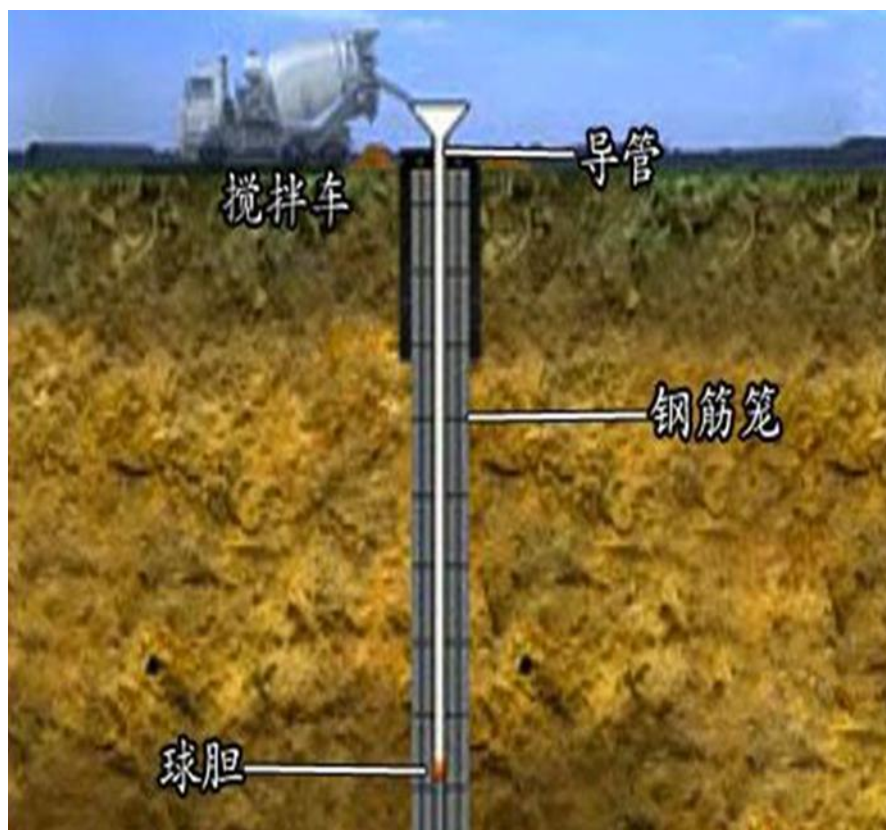
处理方法：

(1) 若刚开灌不久，孔内混凝土较少，可拔起导管和吊起钢筋骨架，重新钻孔至原孔底，安装钢筋骨架和清孔后再开始灌注混凝土。

(2) 迅速拔出导管，清理导管内积存混凝土和检查导管后，重新安装导管和隔水栓，然后按初灌的方法灌注混凝土，待隔水栓完全排出导管后，立即将导管插入原混凝土内，此后便可按正常的灌注方法继续灌注混凝土。此法的处理过程必须在混凝土的初凝时间内完成。

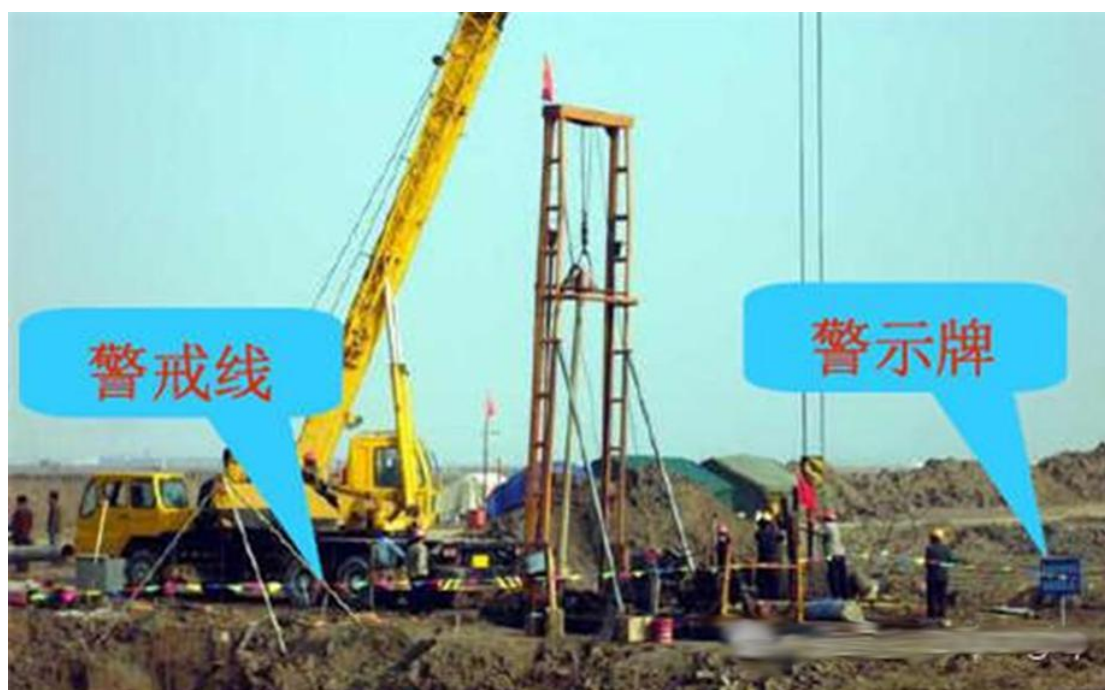
(3) 混凝土灌注过程因故中断后拔除钢筋骨架，待已灌混凝土强度达到 C15 后，先用同级钻头重新钻孔，并钻除原灌混凝土的浮浆，再用直径 500 钻头在桩中心钻进 300 ~ 500mm 深，这样就完成了接口的处理工作，然后便可按新桩的灌注程序灌注混凝土。

钻孔灌注桩质量问题汇总：



1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K420161 桩基施工安全措施



1K420161 桩基施工安全措施 P433

二、沉入桩施工安全控制要点

（一）桩的制作

1.混凝土桩制作

（1）预制构件的吊环位置及其构造必须符合设计要求。吊环必须采用未经冷拉的 HPB300 级热轧钢筋制作，严禁以其他钢筋代替。

（2）码放时，应采取防止锈蚀和污染的措施，不得损坏标牌；整捆码垛高度不宜超过 2m，散捆码垛高度不宜超过 1.2m。

（3）加工成型的钢筋笼、钢筋网和钢筋骨架等应水平放置。码放高度不得超过 2m，码放层数不宜超过 3 层。



（二）桩的吊运、堆放

（1）钢桩吊装应由具有吊装施工经验的施工技术人员主持。吊装作业必须由信号工指挥。

（2）预制混凝土桩起吊时的强度应符合设计要求，设计无要求时，混凝土应达到设计强度的 75%以上。

（4）桩的堆放场地应平整、坚实、不积水。混凝土桩堆放层数不宜超过 4 层。钢桩堆放层数不得超过 3 层。

（三）沉桩施工

(2) 沉桩作业应由具有经验的技术工人指挥。

(3) 振动沉桩时，沉桩机和桩的中心应保持在同一轴线上。

(5) 沉桩过程中发现①贯入度发生突变、②桩身突然倾斜、③桩头桩身破坏、④地面隆起或⑤桩身上浮等情况时应暂停施工，经采取措施确认安全后，方可继续沉桩。

三、钻孔灌注桩施工安全控制要点

(二) 钻孔施工

(6) 钻孔应连续作业（防塌孔）。相邻桩之间净距小于 5m 时，邻桩混凝土强度达 5MPa 后，方可进行钻孔施工；或间隔钻孔施工。

(9) 泥浆沉淀池周围应设防护栏杆和警示标志。



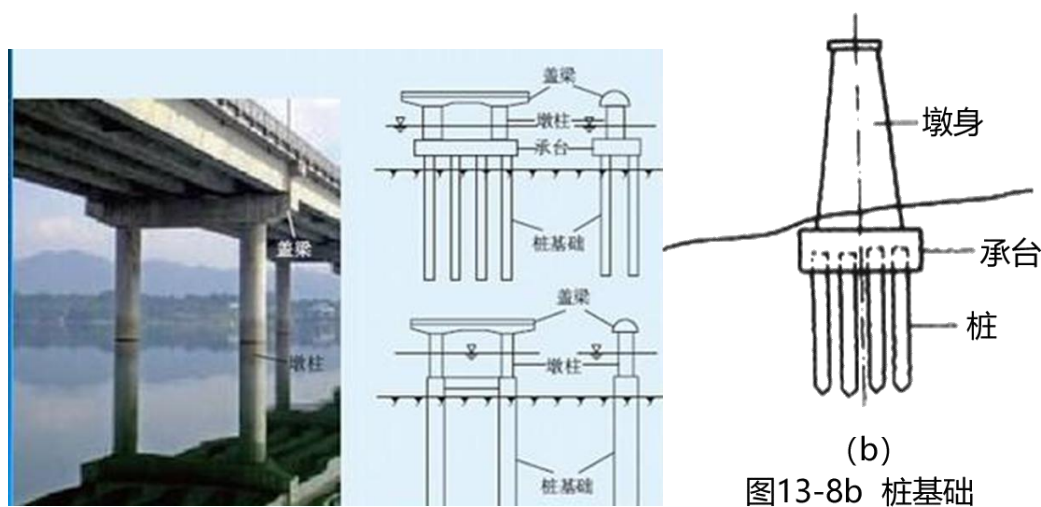
1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K412021 各类围堰施工要求

1K412022 桩基础施工方法与设备选择

1K412023 承台、桥台、墩柱、盖梁施工技术

1K412020 城市桥梁下部结构施工



1K412023 承台、盖梁施工技术

二、现浇混凝土墩台、盖梁

(一) 重力式混凝土墩、台施工

(1) 墩台混凝土浇筑前应对基础混凝土顶面做凿毛处理，并清除钢筋污、锈。

(2) 墩台混凝土宜水平分层浇筑，每层高度宜为 1.5 ~ 2m。



（二）柱式墩台施工

（1）模板、支架除应满足强度、刚度外，稳定计算中应考虑风力影响。

（2）墩台柱与承台基础接触面应凿毛处理，清除钢筋污、锈。浇筑墩台柱混凝土时应铺同配合比的水泥砂浆一层。墩台柱的混凝土宜一次连续浇筑完成。

（3）柱身高度内有系梁连接时，系梁应与柱同步浇筑。V形墩柱混凝土应对称浇筑。



（三）盖梁施工

（1）在城镇交通繁华路段施工盖梁时，宜采用整体组装模板、快装组合支架，以减少占路时间。

（2）盖梁为悬臂梁时，混凝土浇筑应从悬臂端开始；预应力钢筋混凝土盖梁拆除底模时间应符合设计要求；如设计无要求，孔道压浆强度达到设计强度后，方可拆除底模板。

三、预制混凝土柱和盖梁安装

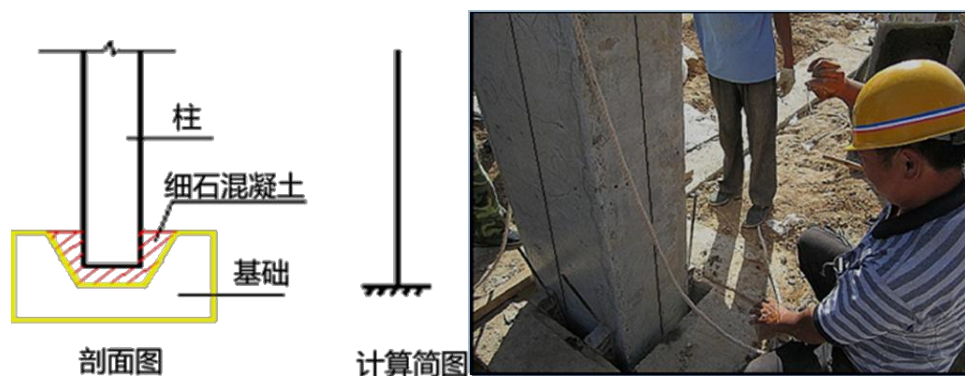
（一）预制桩安装

（1）基础杯口的混凝土强度必须达到设计要求，方可进行预制桩安装。杯口在安装前应校核长、宽、高，确认合格。杯口与预制件接触面均应凿毛处理，埋件应除锈并应校核位置，合格后方可安装。



（2）预制桩安装就位后应采用硬木楔或钢楔固定，并加斜撑保持柱体稳定，在确保稳定后方可摘去吊钩。

（3）安装后应及时浇筑杯口混凝土，待混凝土硬化后拆除硬楔，浇筑二次混凝土，待杯口混凝土达到设计强度 75%后方可拆除斜撑。





1K420101 大体积混凝土浇筑施工质量检查与验收

一、控制混凝土裂缝

(一) 裂缝分类

- (1) 表面裂缝：主要是温度裂缝；危害性较小，但影响外观质量。
- (2) 深层裂缝：对结构耐久性产生一定危害。
- (3) 贯穿裂缝：可能破坏结构的整体性和稳定性，危害性较严重。

(二) 裂缝发生原因

- 1.水泥水化热影响
- 2.内外约束条件的影响
- 3.外界气温变化的影响
- 4.混凝土的收缩变形
- 5.混凝土的沉陷裂缝

二、质量控制要点

- (二)防止混凝土非沉陷裂缝的关键是混凝土浇筑过程中温度和混凝土内外部温差控制(温

度控制)。

(三) 质量控制主要措施

(1) 混凝土配合比措施

1) 水泥：

①选用低水化热水泥；

②降低水泥用量——利用混凝土中后期强度；混凝土坍落度不宜过大（一般 $120\text{mm} \pm 20\text{mm}$ ）。

2) 骨料：①控制骨料级配；②控制骨料含泥量；③投毛石法；④预冷骨料。

3) 水：冰水搅拌。

4) 外加剂：掺缓凝剂、减水剂等。

5) 掺合料：掺粉煤灰、矿渣粉等。

(2) 混凝土浇筑措施

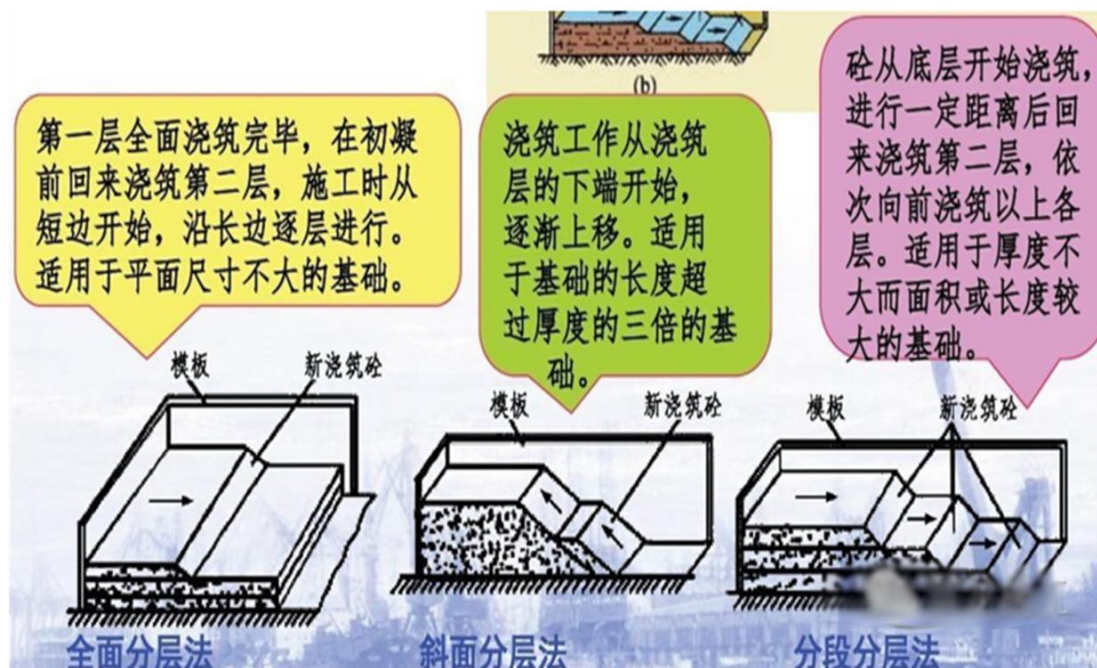
1) 分层浇筑混凝土（均要求浇第二层混凝土时，第一层混凝土未初凝）。

①全面分层；

②分段分层；

③斜面分层。

2) 避开高温时段浇筑。



(3) 混凝土养护措施

- 1) 保持适当的温度和湿度，养护阶段和拆模时均要求：混凝土中心温度与表面温度、混凝土表面温度与外界气温的温差不超过 20°C 。
- 2) 降温法：预埋冷却水管。
- 3) 保温法：结构外露的混凝土表面以及模板外侧覆盖保温材料（如草袋、锯木、湿砂等）。
- 4) 延长混凝土湿润养护时间
 - ①硅酸盐水泥、普通水泥（早期强度高水泥）：14d；
 - ②其它水泥：21d；
 - ③高温期湿养28d。



- 1 . 以次充好----用水化热低的水泥；
- 2 . 偷工减料----尽量减少水泥用量，抛毛石；
- 3 . 有加有减----掺加外加剂（减水剂、缓凝剂），级配控制含泥量（减少泥土含量）；
- 4 . 流水施工----内部通冷水管
- 5 . 层次分明——分层（全体、斜面、分段）；
- 6 . 控制温度——砼养护阶段，中心和表面、表面与外界；拆模时，砼内部与表面、表面与周围都是不超过 20℃。（极限 25℃~30℃）
- 7 . 严控坍落度——【坍落度（120±20）】。
- 8 . 加强养护——覆盖、养护剂、回填。

1K412000 城市桥梁工程

1K411010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

1K411020 城市桥梁下部结构施工

1K411030 城市桥梁上部结构施工

1K411040 管涵和箱涵施工

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

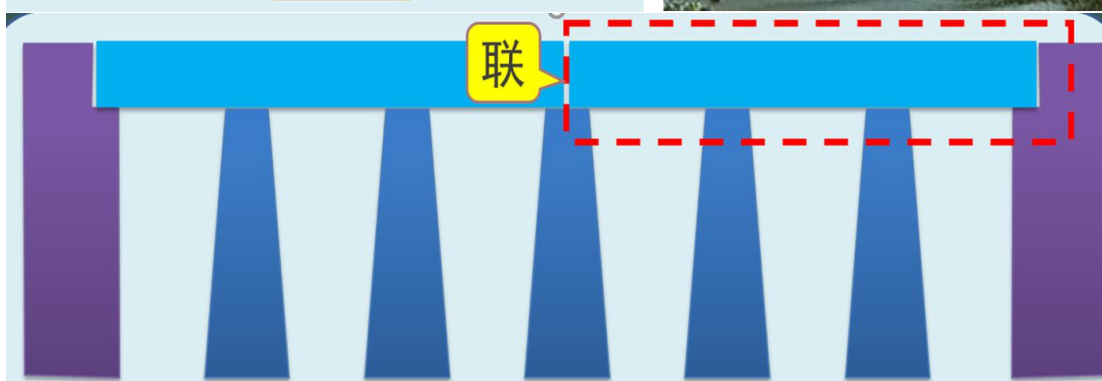
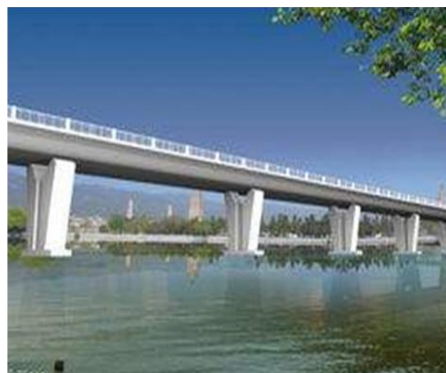
1K412033 钢梁制作与安装要求

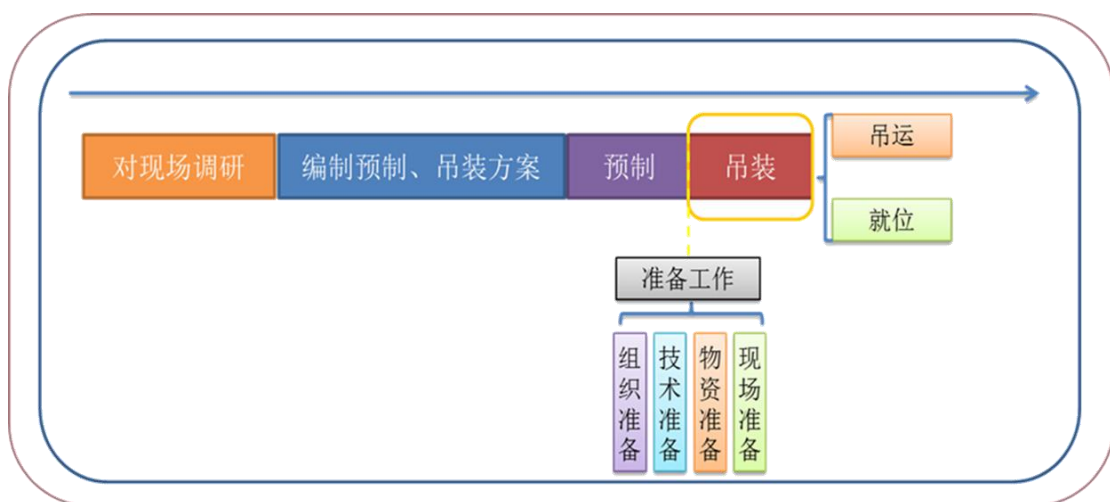
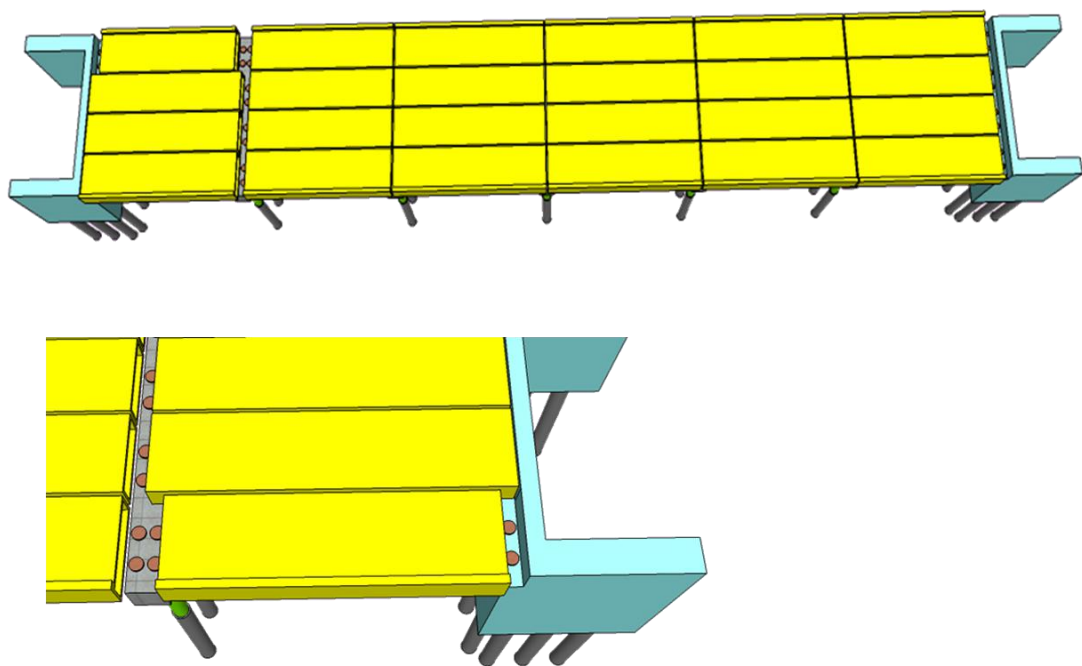
1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

1K412031 装配式梁（板）施工技术





一、装配式梁（板）施工方案

（1）装配式梁（板）施工方案编制前，应对施工现场条件和拟定运输路线社会交通进行充分调研和评估。

（2）预制和吊装方案

应按照设计要求，并结合现场条件确定梁板预制和吊运方案。

应依据施工组织进度和现场条件，选择构件厂（或基地）预制和施工现场预制。

依照吊装机具不同，梁板架设方法分为起重机架梁法、跨墩龙门吊架梁法和穿巷式架桥机架

梁法；每种方法选择都应在充分调研和技术经济综合分析的基础上进行。



二、装配式梁（板）的预制、场内移运和存放

（一）构件预制

（1）构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求；应平整、坚实。预制场地应根据地基及气候条件，设置必要的排水设施，并应采取有效措施防止场地沉陷。砂石料场的地面宜进行硬化处理。



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

（1）构件预制场的布置以满足预制台座存放及架设安装的施工作业要求场地应平整坚实预制场地应根据地基及气候条件，设置必要的排水设施，并采取有效措施防止场地沉陷。

（2）预制台座的地基应具有足够的承载力，预制台座应采用适宜的材料和方式制作，且应保证其坚固稳定不沉陷。

(3) 当后张预应力混凝土梁预计的拱度值较大时。可考虑在预制台座上设置反拱。

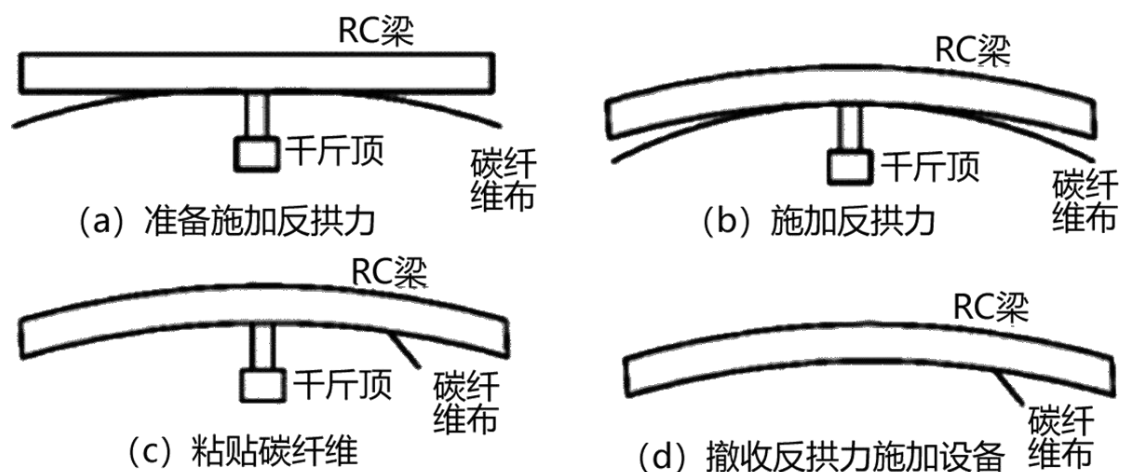


图1 反拱法碳纤维加固混凝土梁过程示意图

(5) 各种构件混凝土的浇筑应遵守如下规定：

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



2) U 形梁可上下一次浇筑或分两次浇筑：一次浇筑时，应先浇筑底板（同时腹板部位浇筑至底板承托顶面），待底板混凝土稍沉实后再浇筑腹板；

分两次浇筑时，先浇筑底板至底板承托顶面，按施工缝处理后，再浇筑腹板混凝土。



3) 采用平卧重叠法支立模板、浇筑构件混凝土时，下层构件顶面应设临时隔离层；上层构件须待下层构件混凝土强度达到 5.0MPa 后方可浇筑。

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

(二) 构件的存放

(1) 构件台座应坚固稳定，高出地面 200mm 以上。

(2) 构件应按其安装的先后顺序编号存放预应力混凝土梁，板存放时间不宜超过三个月，特殊情况下不宜超过 5 个月。

(5) 雨期和春季冻融期间应采取有效措施，防止因地面软化下沉，导致构件断裂及损坏。。

(4) 当构建多层叠放时。层与层之间应以垫木隔开各层垫木的位置应设计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高度，应按照构件的强度，台座地基承载力，垫木强度以及堆垛的稳定性经过计算确定大型构件宜为 2 层，不应超过三层，小型构件宜为 6~10 层，



简支梁转换成连续梁，会出现湿接缝的问题：



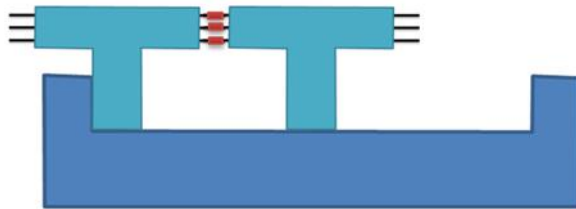
三、装配式梁（板）的安装

（四）简支梁、板安装

（2）装配式桥梁构件在脱底模、移运、堆放和吊装就位时，混凝土的强度不应低于设计要求的吊装强度，设计无要求时一般不应低于设计强度的 75%。后张预应力混凝土构件吊装时，其孔道水泥浆的强度不应低于构件设计要求。如设计无要求时，不应低于 30MPa。吊装前应验收合格。

（6）两板就位后并及时设置保险，及时支撑，将构件临时固定对横向自稳性较差的 T 形和 I 形梁，应与先安装的构件进行可靠的横向连接，防止倾倒。

（7）安装在同一孔跨的梁、板，其预制施工的龄期差不宜超过 10d。梁、板上有预留孔洞的，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。

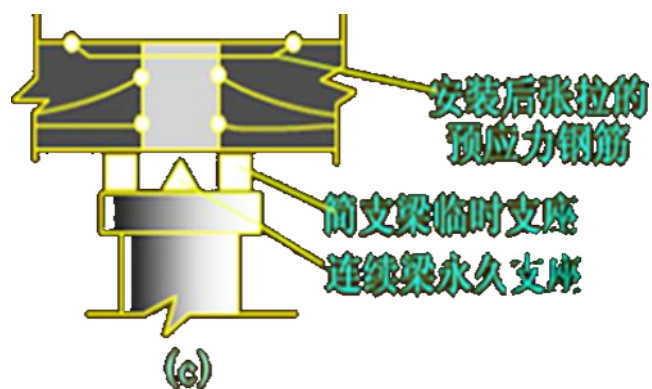


（五）先简支后连续梁的安装

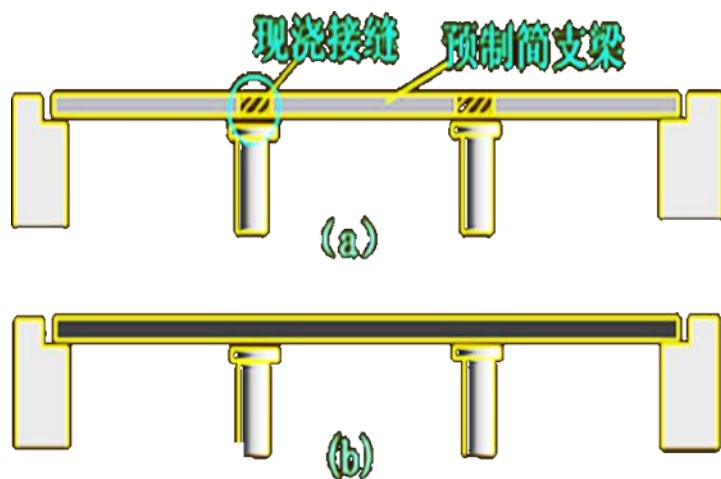
（1）临时支座顶面的相对高差不应大于 2mm。

（2）施工程序应符合设计规定，应在一联梁全部安装完成后再浇筑湿接头混凝土。

（3）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。



(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) 湿接头应按设计要求施加预应力、孔道压浆；浆体达到强度后应立即拆除临时支座，按设计规定的程序完成体系转换。同一片梁的临时支座应同时拆除。



1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

1K412033 钢梁制作与安装要求

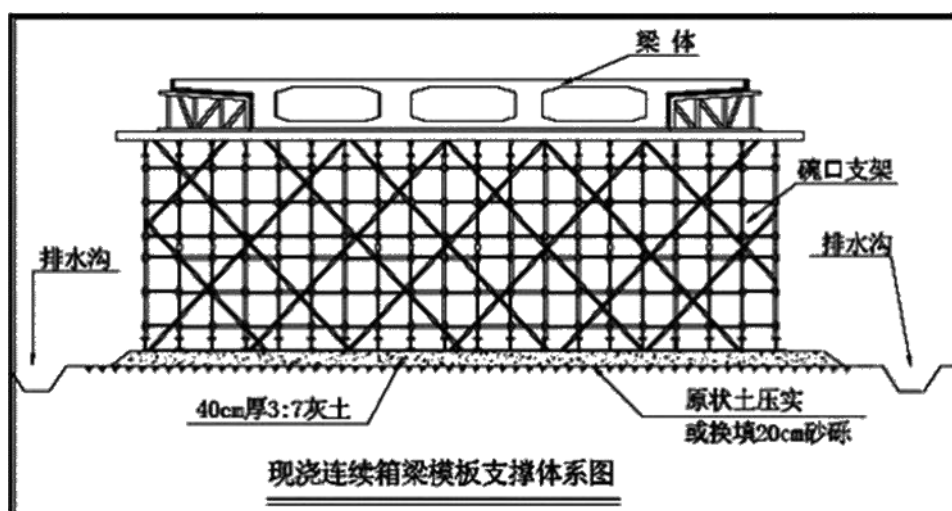
1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

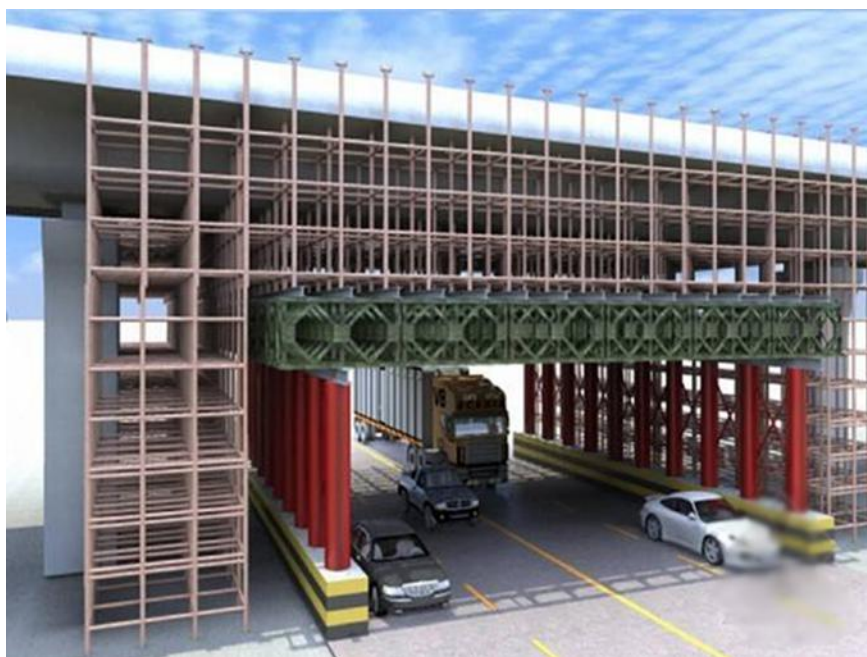
1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

一、支（模）架法

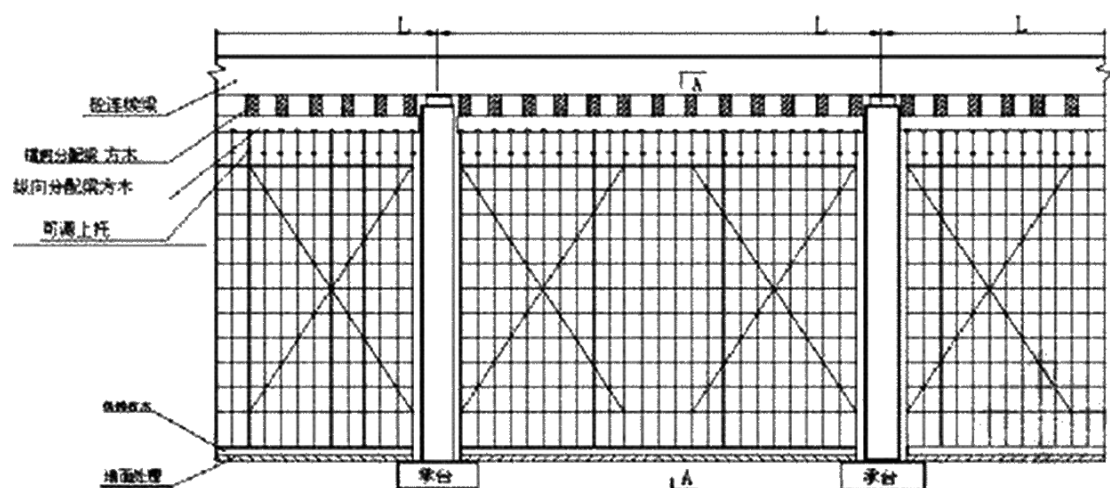


（一）支架法现浇预应力混凝土连续梁

（1）支架的地基承载力应符合要求，必要时，应采取加固处理或其他措施。



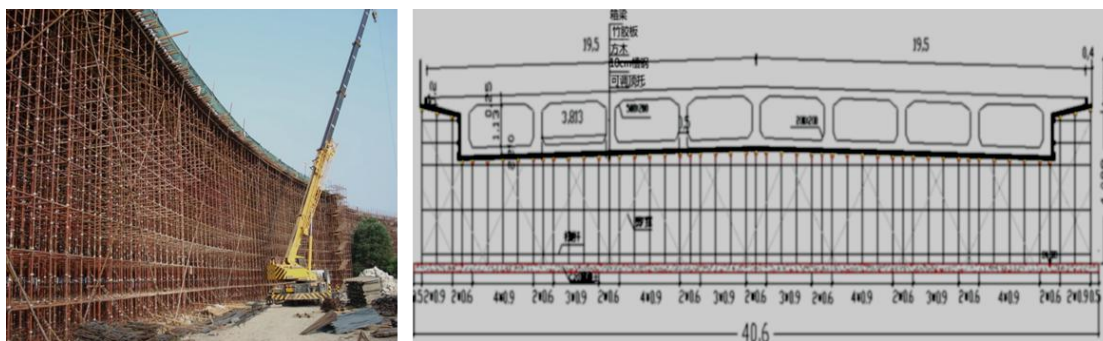
满布支架法现浇箱梁方案图



(3) 各种支架和模板安装后,宜采取预压方法消除①拼装间隙和②地基沉降等非弹性变形。

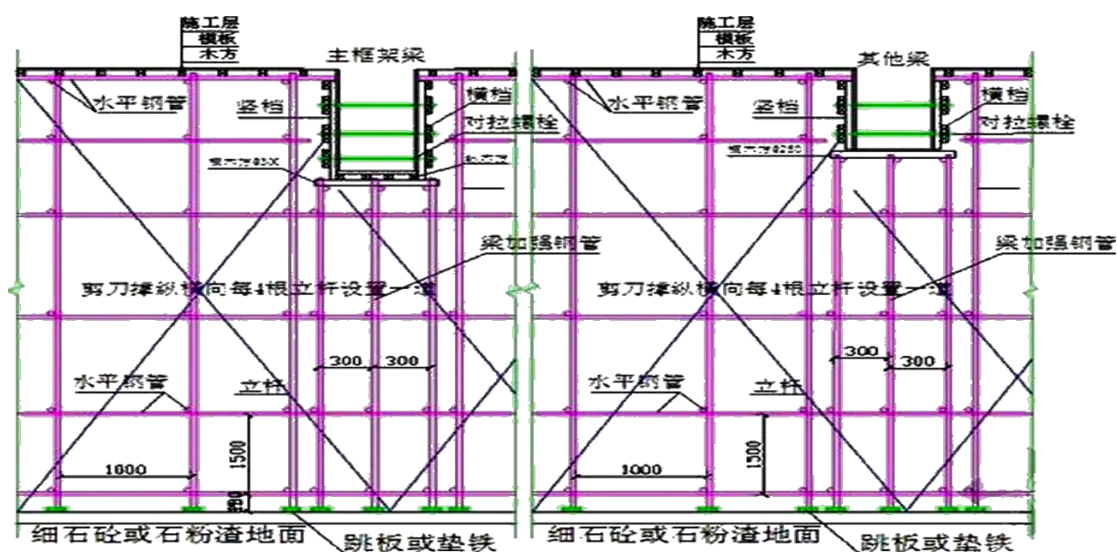


(4) 安装支架时,应根据梁体和支架的弹性、非弹性变形,设置预拱度。



(5) 支架底部应有良好的排水措施，不得被水浸泡。

(6) 浇筑混凝土时应采取防止支架不均匀下沉的措施。



(二) 移动模架上浇筑预应力混凝土连续梁

(3) 浇筑分段工作缝，必须设在弯矩零点附近。



二、悬臂浇筑法

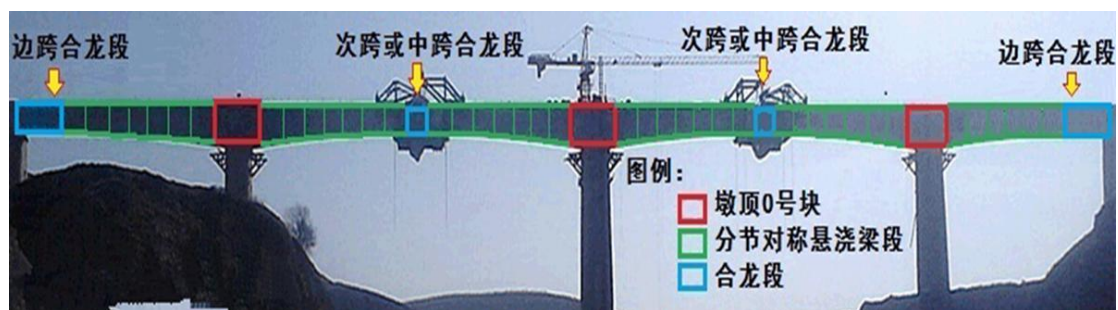
悬臂浇筑的主要设备是一对能行走的挂篮。挂篮在已经张拉锚固并与墩身连成整体的梁段上移动。绑扎钢筋、立模、浇筑混凝土、施加预应力都在其上进行。完成本段施工后，挂篮对

称向前各移动一节段，进行下一梁段施工，循序前进，直至悬臂梁段浇筑完成。

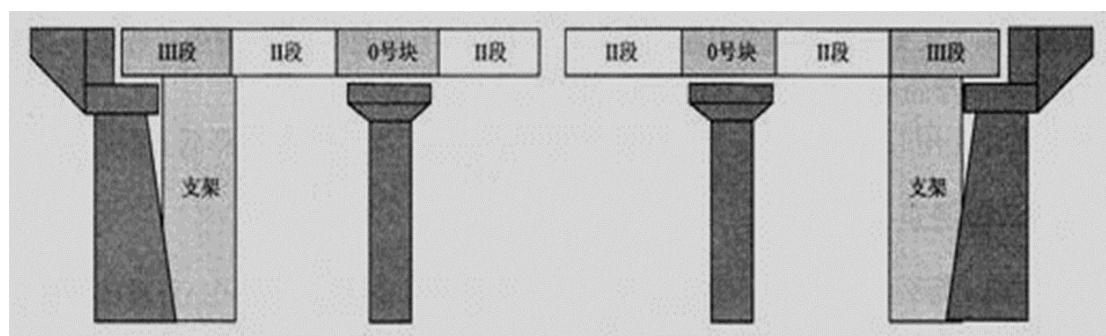


悬浇梁体一般应分四大部分浇筑：

- 1．墩顶梁段（0号块）；
- 2．墩顶梁段（0号块）两侧对称悬浇梁段；
- 3．边孔支架现浇梁段；
- 4．主梁跨中合龙段。



悬臂浇筑施工：



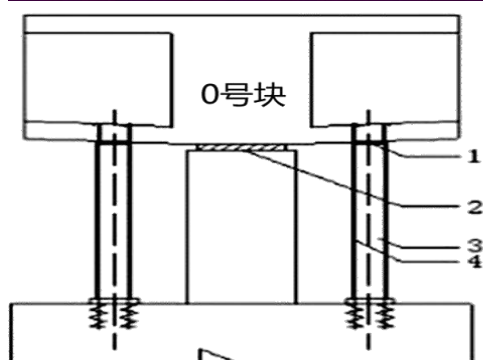
（一）挂篮设计与组装

（2）挂篮组装后，应全面检查安装质量，并按设计荷载做载重试验，以消除非弹性变形。

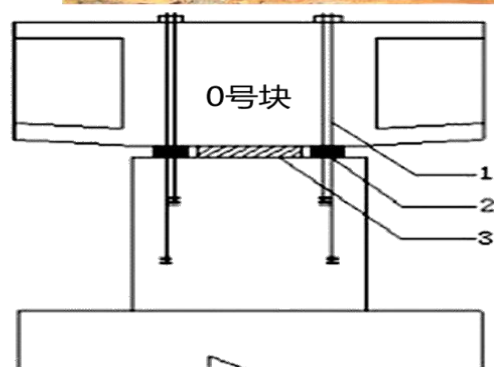


(三) 悬浇顺序及要求

(1) 在墩顶托架或膺架上浇筑 0 号段并实施墩梁临时固结；



1.临时支座 2.永久支座
3.临时支撑 4.预应力钢绞线

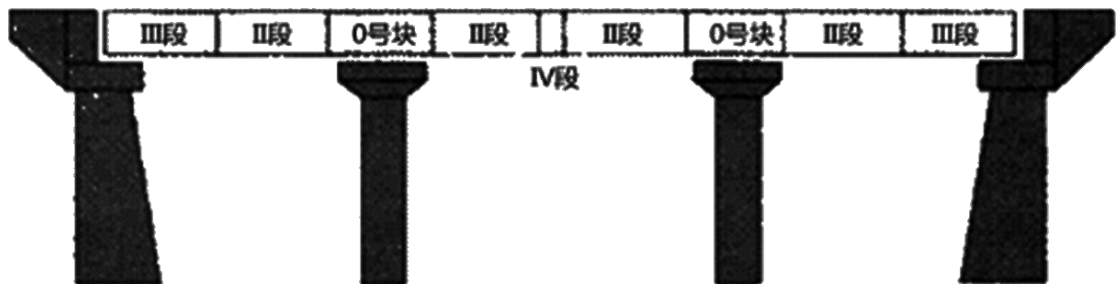


1.锚固钢筋 2.临时支座
3.永久支座

(2) 在 0 号块段上安装悬臂挂篮，向两侧依次对称分段浇筑主梁至合龙前段；

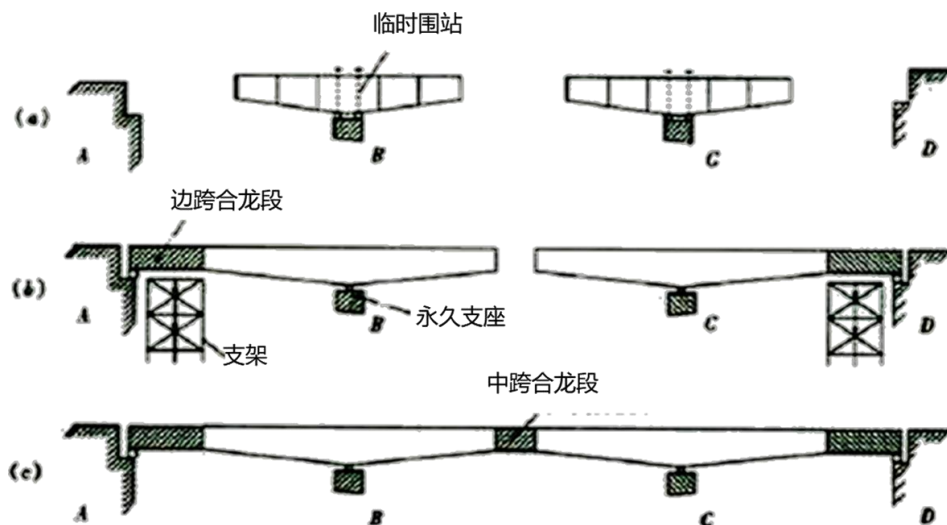


- (3) 在支架上浇筑边跨主梁合龙段；
- (4) 最后浇筑中跨合龙段形成连续梁体系。



(四) 张拉及合龙

- (1) 预应力混凝土连续梁悬臂浇筑施工中，顶板、腹板纵向预应力筋的张拉顺序一般为上下、左右对称张拉，设计有要求时按设计要求施做。（同常规梁的纵向预应力筋张拉）
- (2) 预应力混凝土连续梁合龙顺序一般是先边跨、后次跨、最后中跨。



T构-悬臂梁-连续梁的施工程序

(3) 连续梁(T构)的合龙、体系转换和支座反力调整应符合下列规定：

- 1) 合龙段的长度宜为 2m。
- 2) 合龙前应观测气温变化与梁端高程及悬臂端间距的关系。
- 3) 合龙前应按设计规定，将两悬臂端合龙口予以临时连接，并将合龙跨一侧墩的临时锚固放松或改成活动支座。



- 4) 合龙前，在两端悬臂预加压重，并于浇筑混凝土过程中逐步撤除，以使悬臂端挠度保持稳定。
- 5) 合龙宜在一天中气温最低时进行。
- 6) 合龙段的混凝土强度宜提高一级，以尽早施加预应力。(即 + C5)
- 7) 连续梁的梁跨体系转换，应在合龙段及全部纵向连续预应力筋张拉、压降完成，并解除各墩临时固结后进行。
- 8) 梁跨体系转换时，支座反力的调整应以高程控制为主，反力作为校核。

1K412030 城市桥梁上部结构施工

1K412031 装配式梁(板)施工技术

1K412032 现浇预应力(钢筋)混凝土连续梁施工技术

1K412033 钢梁制作与安装要求

1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋(管)混凝土拱桥施工

1K412036 斜拉桥施工技术

1K412033 钢梁制作与安装要求



（二）钢梁制作基本要求：

- 2．钢梁制造焊接环境相对湿度不宜高于 80%。（热力管道湿度大于 90%严禁焊接）
- 3．焊接环境温度：低合金高强度结构钢不得低于 5℃，普通碳素结构钢不得低于 0℃。（五金零碳）
- 4．主要杆件应在组装后 24h 内焊接。
- 5．钢梁出厂前必须进行试拼装，并按设计和有关规范的要求验收。
- 6．钢梁出厂前，安装企业应对钢梁质量和应交付的文件进行验收，确认合格

（3）钢梁制造企业应向安装企业提供下列文件：

- 1．产品合格证；
- 2．钢材和其他材料质量证明书和检验报告；
- 3．施工图，拼装简图；
- 4．工厂高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告，
- 5．焊缝无损检验报告和焊缝重大修补记录；
- 6．产品试板的试验报告；
- 7．工厂试拼装记录；
- 8．杆件发运和包装清单。

二、钢梁安装

（一）安装方法选择

1．城区内常用安装方法：自行式吊机整孔架设法（架桥机）、门架吊机整孔架设法（龙门吊）、支架架设法、缆索吊机拼装架设法（吊车）、悬臂拼装架设法、拖拉架设法等。

（二）安装前检查

- 1．钢梁安装前应对临时支架、支承、吊机等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。
- 2．应对桥台、墩顶顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差范围内方可安装。
- 3．应按照构件明细表，核对进场的构件、零件，查验产品出厂合格证及钢材的质量证明书。
- 4．对杆件进行全面质量检查，对装运过程中产生缺陷和变形的杆件，应进行矫正。

钢梁安装：



（三）安装要点

- 7．钢梁安装过程中，每完成一节段应测量其位置、标高和预拱度，不符合要求应及时校正。
- 8．钢梁杆件工地焊缝连接，应按设计的顺序进行。无规定时，焊接顺序宜为纵向从跨中向

两端、横向从中线向两侧对称进行；

9. 钢梁采用高强螺栓连接前，应复验摩擦面的抗滑移系数。高强螺栓连接前，应按出厂批号，每批抽验不小于 8 套扭矩系数。高强螺栓穿入孔内应顺畅，不得强行敲入。穿入方向应全桥一致。施拧顺序为从板束刚度大、缝隙大处开始，由中央向外拧紧，并应在当天终拧完毕。施拧时，不得采用冲击拧紧和间断拧紧。



(四) 落梁就位要点：

1. 钢梁就位前应清理支座垫石，其标高及平面位置应符合设计要求。
2. 固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并考虑安装温度、施工误差等确定。
3. 落梁前后应检查其建筑拱度和平面尺寸、校正支座位置。
4. 连续梁落梁步骤应符合设计要求。

三、制作安装质量验收主控项目：

1. 钢材、焊接材料、涂装材料应符合国家现行标准规定和设计要求。
2. 高强度螺栓连接副等紧固件及其连接应符合国家现行标准规定和设计要求。
3. 高强螺栓的栓接板面（摩擦面）除锈处理后的抗滑移系数应符合设计要求。
4. 焊缝探伤检验应符合设计要求和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 有关规定。

5. 涂装检验应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 第 14.3.1—2008 条规定

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

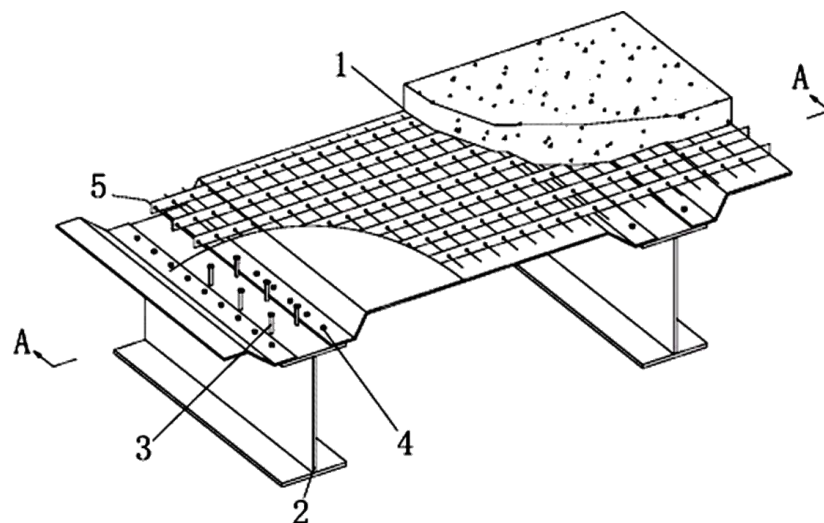
1K412033 钢梁制作与安装要求

1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术



一、钢—混凝土结合梁的构成与适用条件

（一）钢—混凝土结合梁一般由钢梁和钢筋混凝土桥面板两部分组成：

2．钢梁上浇筑预应力钢筋混凝土，形成钢筋混凝土桥面板。

3．在钢梁与钢筋混凝土面层之间设传剪器，二者共同工作。对于连续梁，可在负弯矩区施加预应力或通过“强迫位移法”调整负弯矩区内力。

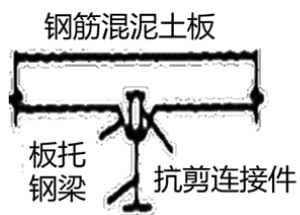


图1-12 梁板共同工作

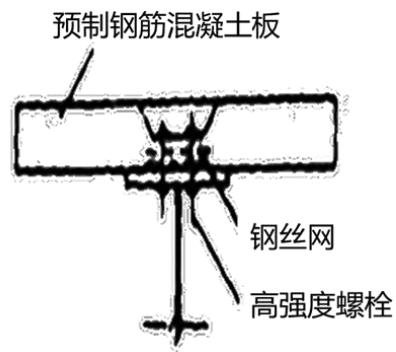


图1-14 高强度螺栓连接件



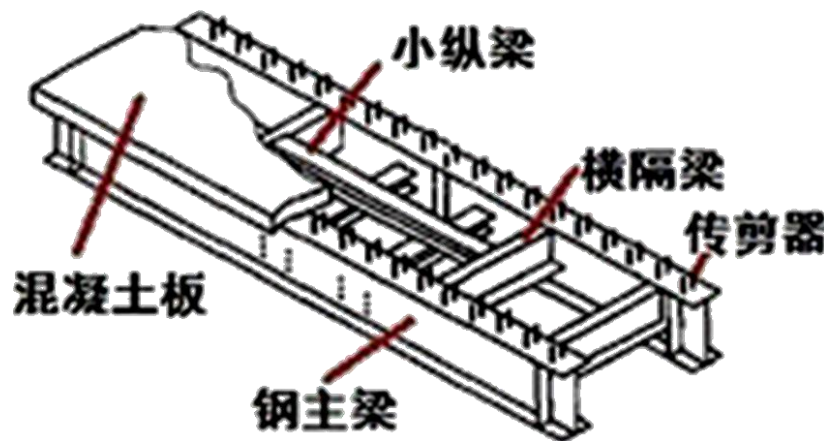
(二) 钢—混凝土结(组)合梁结构适用于城市大跨径或较大跨径的桥梁工程，目的是减轻桥梁结构自重，尽量减少施工对现况交通与周边环境的影响。



二、钢—混凝土结合梁施工

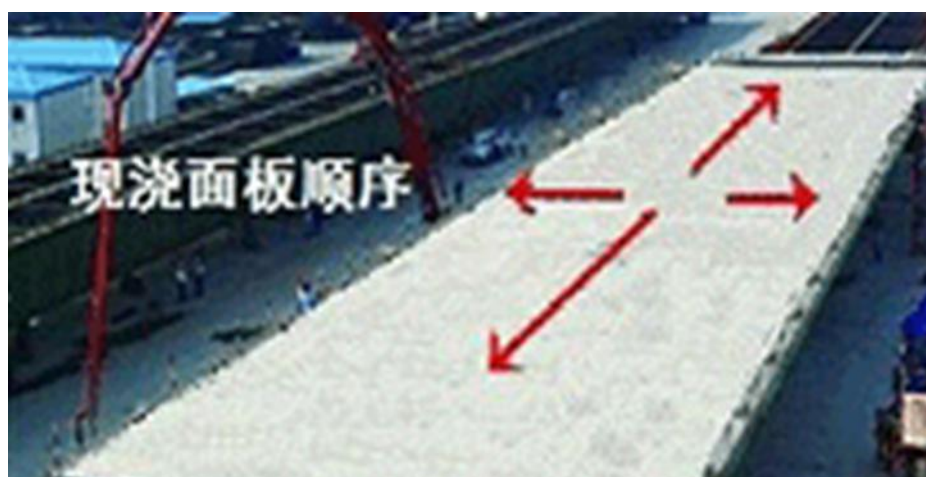
(一) 基本工艺流程：

钢梁预制并焊接传剪器→架设钢梁→安装横梁（横隔梁）及小纵梁（有时不设小纵梁）→安装预制混凝土面层并浇筑接缝混凝土或支搭现浇混凝土桥面板的模板并铺设钢筋→现浇混凝土→养护→张拉预应力束→拆除临时支架或设施



（二）施工技术要点：

2. 钢主梁架设和混凝土浇筑前，应按设计要求或施工方案设置施工支架。施工支架设计验算除应考虑钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土结构和施工荷载。
3. 混凝土浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向连接及施工支架进行检查验收，各项均应达到设计要求或施工方案要求。钢梁顶面传剪器焊接经检验合格后，方可浇筑混凝土。
4. 现浇混凝土结构宜采用缓凝、早强、补偿收缩性混凝土。
5. 混凝土桥面结构应全断面连续浇筑，浇筑顺序：顺桥向应自跨中开始向支点处交汇，或由一端开始浇筑；横桥向应先由中间开始向两侧扩展。
7. 施工中，应随时监测主梁和施工支架的变形及稳定，确认符合设计要求；当发现异常应立即停止施工并启动应急预案。



1K412030 城市桥梁上部结构施工

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

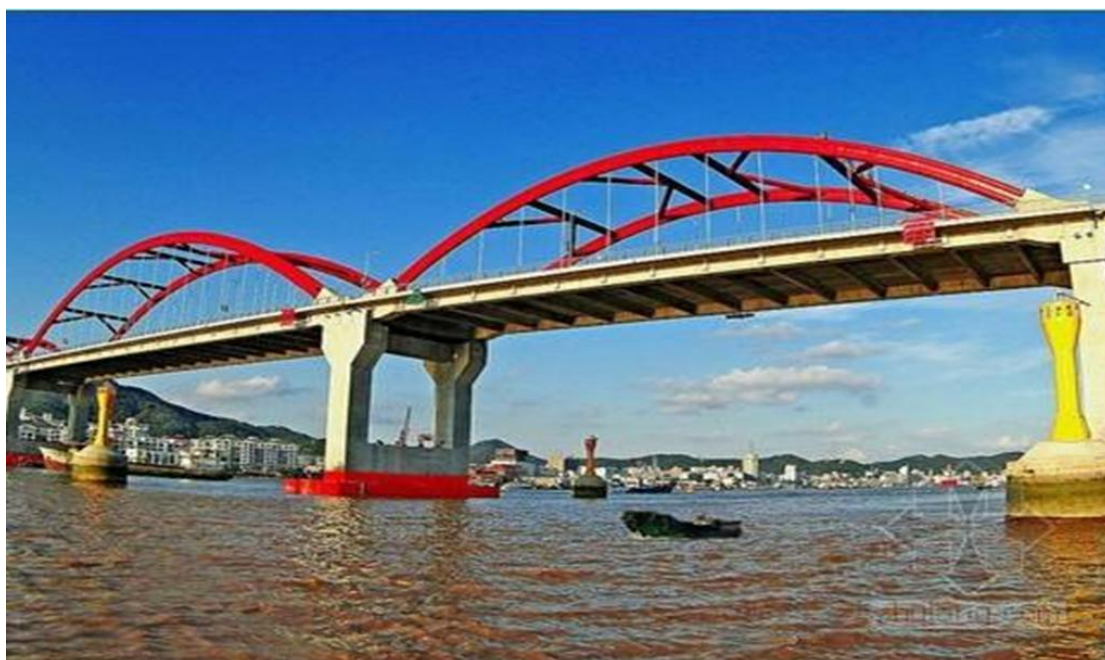
1K412033 钢梁制作与安装要求

1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

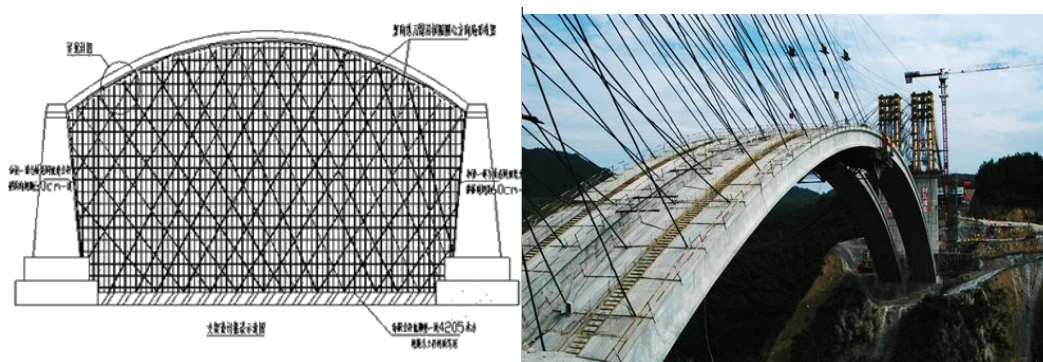
1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工



一、拱桥的类型与施工方法

(一) 主要类型

1. 按拱圈和车行道的相对位置以及承载方式分为上承式、中承式和下承式；
2. 按拱圈混凝土浇筑的方式分为现浇混凝土拱和预制混凝土拱再拼装。



(二) 主要施工方法

1. 按拱圈施工的拱架（支撑方式）可分为支架法、少支架法和无支架法；其中无支架施工包括缆索吊装、转体安装、劲性骨架、悬臂浇筑和悬臂安装以及由以上一种或几种施工组合的方法。
2. 选用施工方法应根据拱桥的跨度、结构形式、现场施工条件、施工水平等因素，并经方案的技术经济比较确定合理的施工方法。

二、现浇拱桥施工

(一) 一般规定

2. 装配式拱桥构件在吊装时，混凝土的强度不得低于设计要求；设计无要求时，不得低于设计强度值的 75%。
3. 拱圈（拱肋）放样时应按设计要求预加拱度，当设计无要求时，可根据跨度大小、恒载挠度、拱架刚度等因素计算预拱度，拱顶宜取计算跨度的 $1/1000 \sim 2/1000$ 。放样时，水平长度偏差及拱轴线偏差，当跨度 $> 20\text{m}$ 时，不得大于计算跨度的 $1/5000$ ；当跨度 $\leq 20\text{m}$ 时，不得大于 4mm 。



(二) 在拱架上浇筑混凝土拱圈

1. 跨径 $< 16\text{m}$ 的拱圈或拱肋混凝土，应按拱圈全宽从两端拱脚向拱顶对称、连续浇筑，并在拱脚混凝土初凝前全部完成。不能完成时，则应在拱脚预留一个隔缝，最后浇筑隔缝混凝土。

2. 跨径 $\geq 16\text{m}$ 的拱圈或拱肋，宜分段浇筑。分段位置，拱式拱架宜设置在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处；

满布式拱架宜设置在 $1/4$ 跨径、拱架节点、拱顶及拱脚等处。各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽（相当于后浇带），其宽度宜为 $0.5 \sim 1\text{m}$ 。当预计拱架变形较小时，可减少或不设间隔槽，应采取分段间隔浇筑。

三、装配式桁架拱和刚构拱安装

(二) 安装技术要点

1. 装配式桁架拱、刚构拱采用卧式预制拱片时，为防止拱片在起吊过程中产生扭折，起吊时必须将全片水平吊起后，再悬空翻身竖立。在拱片悬空翻身整个过程中，各吊点受力应均匀，并始终保持在同一平面内，不得扭转。

2. 大跨径桁式组合拱，拱顶湿接头混凝土，宜采用较构件混凝土强度高一级的早强混凝土



四、钢管混凝土拱

(一) 钢管拱肋制作应符合下列规定：

1. 拱肋钢管的种类、规格应符合设计要求，应在工厂加工，具有产品合格证。
2. 钢管拱肋加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在制作前，应根据温度和焊接变形的影响，确定合龙节段的尺寸，并绘制施工详图，精确放样。
3. 弯管宜采用加热顶压方式，加热温度不得超过 800°C 。



4. 拱肋节段焊接强度不应低于母材强度。所有焊缝均应进行外观检查；对接焊缝应 100% 进行超声波探伤，其质量应符合设计要求和国家现行标准规定。
5. 在钢管拱肋上应设置混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。



(二) 钢管拱肋安装应符合下列规定：

2. 节段间环焊缝的施焊应对称进行，并应采用定位板控制焊缝间隙，不得采用堆焊。
3. 合龙口的焊接或栓接作业应选择在环境温度相对稳定的时段内快速完成。

4. 采用斜拉扣索悬拼法施工时，扣索采用钢绞线或高强钢丝束时，安全系数应大于 2。

1K412030 城市桥梁上部结构施工

1K412031 装配式梁（板）施工技术

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

1K412033 钢梁制作与安装要求

1K412034 钢-混凝土结合梁施工技术

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

1K412036 斜拉桥施工技术

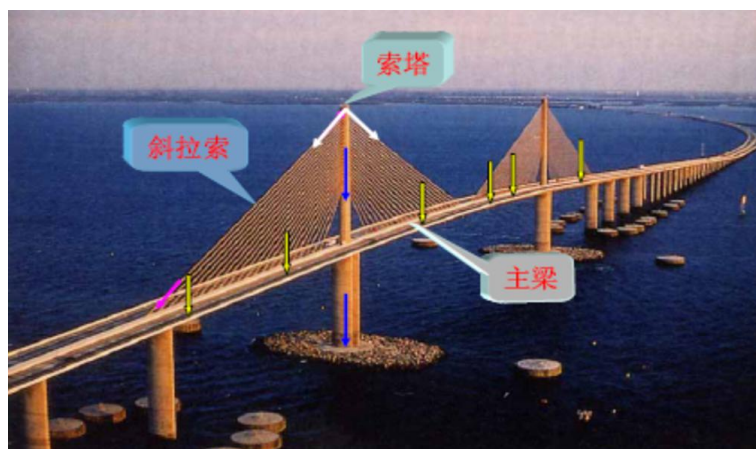
一、斜拉桥类型与组成

（一）斜拉桥类型：

通常分为预应力混凝土斜拉桥、钢斜拉桥、钢—混凝土叠合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥、吊拉组合斜拉桥等。

（二）斜拉桥组成：

斜拉桥由索塔、钢索和主梁组成



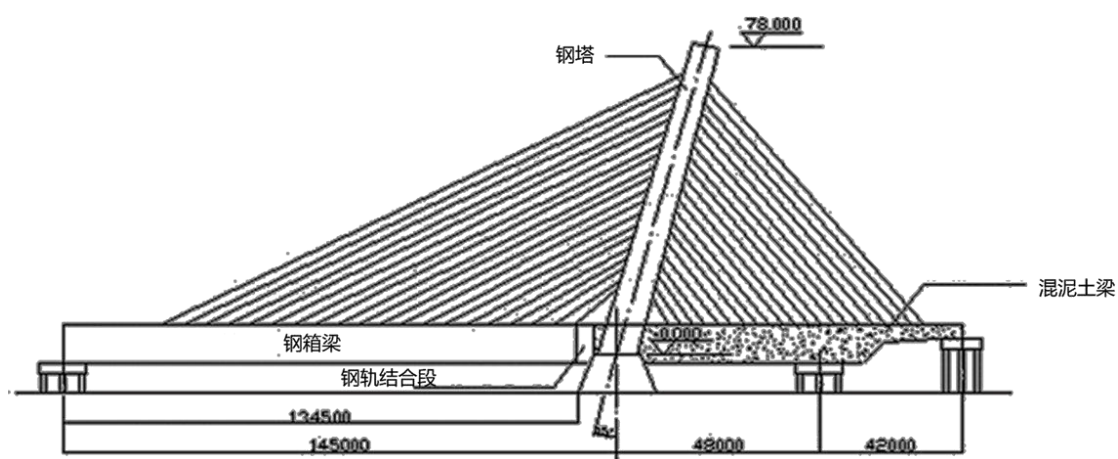
二、斜拉桥施工技术要点：

（一）索塔施工的技术要求和注意事项：

1.裸塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔，宜采用劲性骨架挂模提升法。



3.倾斜式索塔施工时，必须对各施工阶段索塔的强度和变形进行计算，应分高度设置横撑，使其线形、应力、倾斜度满足设计要求并保证施工安全。



(图1) 斜拉索桥钢塔及钢梁主视图

7.索塔施工必须制定整体和局部的安全措施，如设置塔吊起吊重量限制器、断索防护器、钢索防扭器、风压脱离开关等；防范雷击、强风、暴雨、寒暑、飞行器对施工影响；防范掉落和作业事故，并有应急的措施；应对塔吊、支架安装、使用和拆除阶段的强度稳定等进行计算和检查。



(二) 主梁施工技术要求和注意事项

1. 斜拉桥主梁施工方法：

(1) 施工方法与梁式桥基本相同，大体上可分为顶推法、平转法、支架法和悬臂法；悬臂法分悬臂浇筑法和悬臂拼装法。由于悬臂法适用范围较广而成为斜拉桥主梁施工最常用的方法。



2. 混凝土主梁施工方法：

(1) 斜拉桥的零号段是梁的起始段，一般都在支架和托架上浇筑。支架和托架的变形将直接影响主梁的施工质量。在零号段浇筑前，应消除支架的温度变形、弹性变形、非弹性变形和支承变形。



三、斜拉桥施工监测

（一）施工监测目的与监测对象

- 1.施工过程中，必须对主梁各个施工阶段的拉索索力、主梁标高、塔梁内力以及索塔位移量等进行监测。
- 2.监测数据应及时将有关数据反馈给设计等单位，以便分析确定下一施工阶段的拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值等，直至合龙。

（二）施工监测主要内容

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

1K412000 城市桥梁工程

1K411010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

1K411020 城市桥梁下部结构施工

1K411030 城市桥梁上部结构施工

1K411040 管涵和箱涵施工

1K411040 管涵和箱涵施工

1K412041 管涵施工技术

1K412042 箱涵顶进施工技术

1K412041 管涵施工技术

涵洞有管涵、拱形涵、盖板涵、箱涵。



涵洞

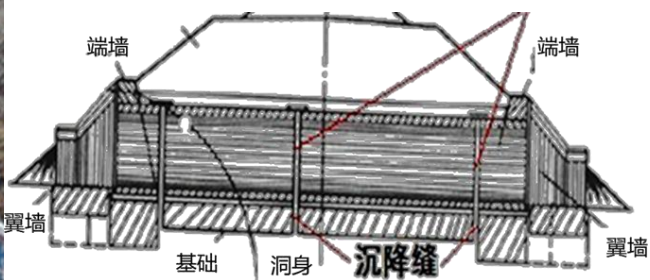
涵洞是公路路基通过洼地或跨越水沟(渠)时设置的,或为把汇集在路基上方的水流宣泄到下方而设置的横穿路基的小型地面排水结构物,它是公路上广泛使用的一种人工结构物。



一、管涵施工技术要点

(三) 当管涵为无混凝土(或砌体)基础、管体直接设置在天然地基上时,应按照设计要求将管底土层夯压密实,并做成与管身弧度密贴的弧形管座,安装管节时应注意保持完整。管底土层承载力不符合设计要求时,应按规范要求进行处理、加固。

(四) 管涵的沉降缝应设在管节接缝处。



二、拱形涵、盖板涵施工技术要点

(四) 遇有地下水时，应先将地下水降至基底以下 500mm 方可施工，且降水应连续进行直至工程完成到地下水位 500mm 以上且具有抗浮及防渗漏能力方可停止降水。

(七) 涵洞两侧的回填土，应在主结构防水层的保护层完成，且保护层砌筑砂浆强度达到 3MPa 后方可进行。回填时，两侧应对称进行，高差不宜超过 300mm。



1K412040 管涵和箱涵施工

1K412041 管涵施工技术

1K412042 箱涵顶进施工技术

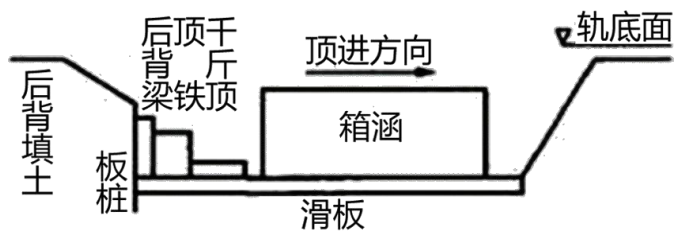


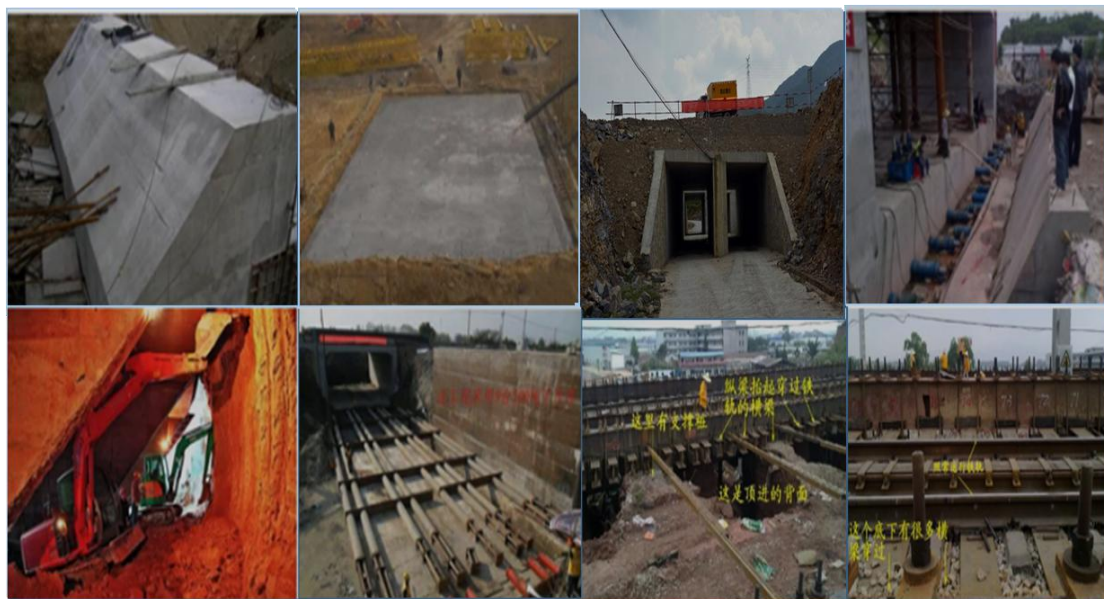
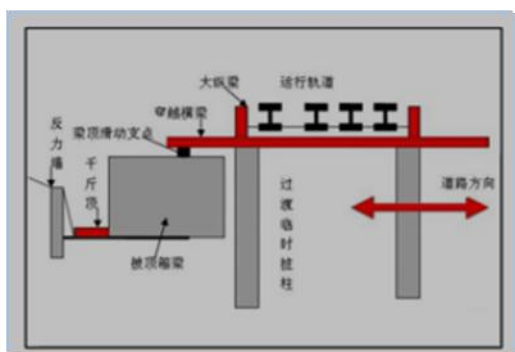
图1 桥涵顶进示意

1K412042 箱涵顶进施工技术

二、工艺流程与施工技术要点

(一) 工艺流程

现场调查→工程降水→工作坑开挖→后背制作→滑板制作→铺设润滑隔离层→箱涵制作→
顶进设备安装→既有线加固→箱涵试顶进→吃土顶进→监控量测→箱体就位→拆除加固设
施→拆除后背及顶进设备→工作坑恢复。



（二）箱涵顶进前检查工作

（1）箱涵主体结构混凝土强度必须达到设计强度，防水层及保护层按设计完成。

（2）顶进作业面包括路基下地下水位已降至基底下 500mm 以下，并宜避开雨期施工，若在雨期施工，必须做好防洪及防雨排水工作。

（4）顶进设备液压系统安装及预顶试验结果符合要求。

（5）工作坑内与顶进无关人员、材料、物品及设施撤出现场。



（三）箱涵顶进启动

（1）启动时，现场必须有主管施工技术人员专人统一指挥。

（3）液压千斤顶顶紧后（顶力在 0.1 倍结构自重），应暂停加压，检查顶进设备、后背和各部位，无异常时可分级加压试顶。

（5）当顶力达到 0.8 倍结构自重时箱涵未启动，应立即停止顶进；找出原因采取措施解决后方可重新加压顶进。



（四）顶进挖土

（1）根据箱涵的净空尺寸、土质情况，可采取人工挖土或机械挖土。一般宜选用小型反铲

（一般不用正铲）按设计坡度开挖，每次开挖进尺 0.4~0.8m。挖土顶进应三班连续作业，不得间断（否则不稳定、不安全）。

（2）两侧应欠挖 50mm，钢刃脚切土顶进。

（3）列车通过时严禁继续挖土，人员应撤离开挖面。当挖土或顶进过程中发生塌方，影响行车安全时，应迅速组织抢修加固，做出有效防护。



（五）顶进作业

（1）每次顶进应检查液压系统、顶柱（铁）安装和后背变化情况。

（2）挖运土方与顶进作业循环交替进行。

（3）箱涵身每前进一顶程，应观测轴线和高程，发现偏差及时纠正。



（六）监控与检查

（1）箱涵顶进前，应对箱涵原始（预制）位置的里程、轴线及高程测定原始数据并记录。

顶进过程中，每一顶程要观测并记录各观测点①左、右偏差值；②高程偏差值和③顶程及④总进尺。观测结果要及时报告现场指挥人员，用于控制和校正。



三、季节性施工技术措施

(1) 箱涵顶进应尽可能避开雨期。



1K412040 管涵和箱涵施工

1K412041 管涵施工技术

1K412042 箱涵顶进施工技术

1K420163 箱涵顶进施工安全措施

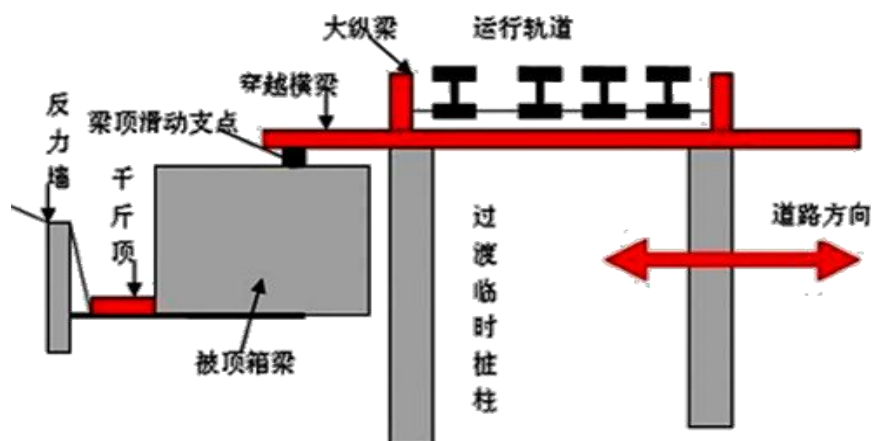
1K420163 箱涵顶进施工安全措施 P437

二、施工安全保护

(一) 铁道线路加固方法与措施

(1) 小型箱涵，可采用调轨梁，或轨束梁的加固法。

(2) 大型即跨径较大的箱涵，可用横梁加盖、纵横梁加固、工字轨束梁或钢板脱壳法。



三、施工安全保护措施

(一) 施工区域安全措施

- (1) 限制铁路列车通过施工区域的速度，限制或疏导路面交通。
- (2) 设置施工警戒区域护栏和警示装置，设置专人值守。
- (3) 加强施工过程的地面、地上构筑物、地下管线的安全监测，及时反馈、指导施工。



(二) 施工作业安全措施

- (3) 在列车运行间隙或避开交通高峰期开挖和顶进；列车通过时，严禁挖土作业，人员应

撤离开挖面。

(4) 箱涵顶进过程中，任何人不得在顶铁、顶柱布置区内停留。

(5) 箱涵顶进过程中，当液压系统发生故障时，严禁在工作状态下检查和调整。

1K413000

城市轨道交通工程

本节内容：

1K413010 城市轨道交通工程结构与特点

1K413020 明挖基坑施工

1K413030 盾构法施工

1K413040 喷锚暗挖（矿山）法施工



1K413010 城市轨道交通工程结构与特点：

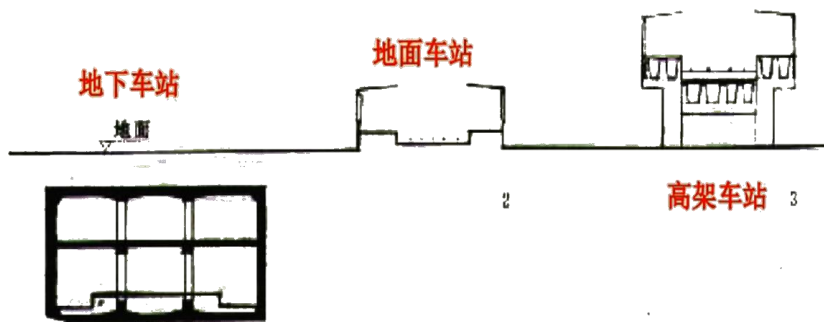
1K413011 地铁车站结构与施工方法

1K413012 地铁区间隧道结构与施工方法

1K413013 轻轨交通高架桥梁结构

1K413014 城市轨道交通的轨道结构

1K413011 地铁车站结构与施工方法



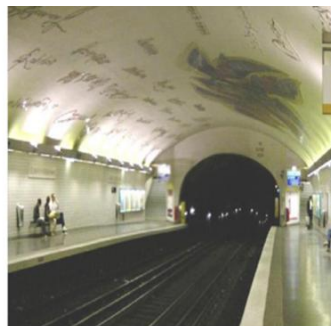
一、地铁车站形式与结构组成

(一) 地铁车站形式分类

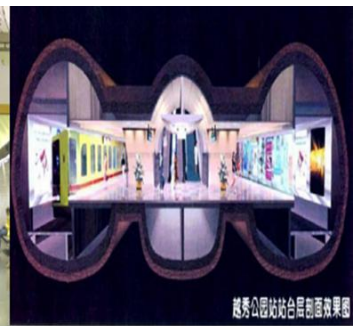
按结构横断面分类：矩形、拱形、圆形和其他



巴黎市政府站——矩形断面



巴黎大学站——拱形断面

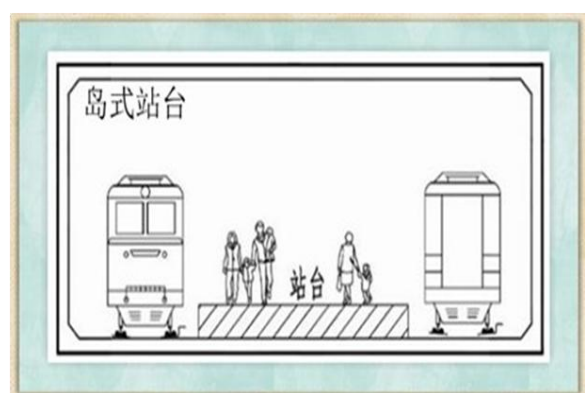


广州越秀公园站——马蹄形断面

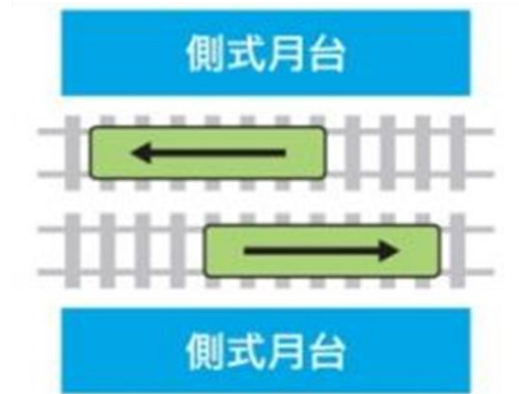
按站台形式分类：

(1) 岛式站台：站台位于上、下行线路之间。具有站台面积利用率高、提升设施共用，能灵活调剂客流、使用方便、管理较集中等优点。常用于较大客流量的车站。

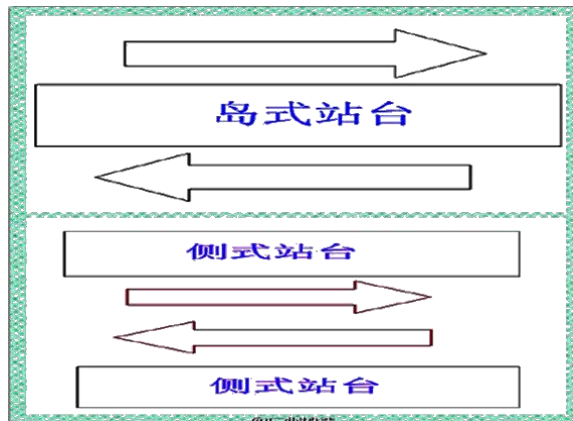
岛式车站



(2) 侧式站台：站台位于上、下行线路的两侧。侧式站台的高架车站能使高架区间断面更趋合理。常见于客流不大的地下站和高架的中间站。



(3) 岛、侧混合站台：将岛式站台及侧式站台同设在一个车站内。共线车站往往会出现此种形式。



(二) 地铁车站构造组成

地铁车站通常由车站主体、出入口及通道、附属建筑物。



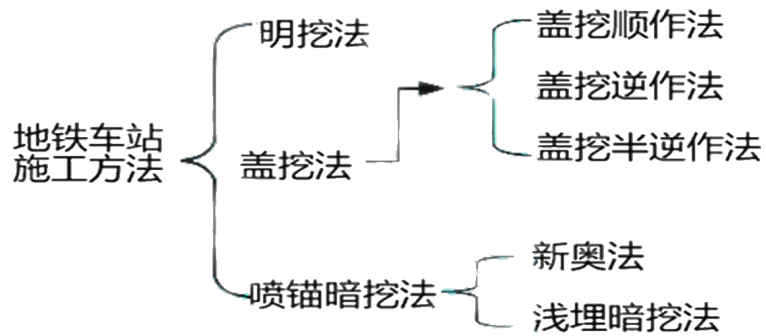
(三) 出入口设置

1) 车站每个站厅公共区安全出口数量应经计算确定，且应设置不少于两个直通地面的安全出口。

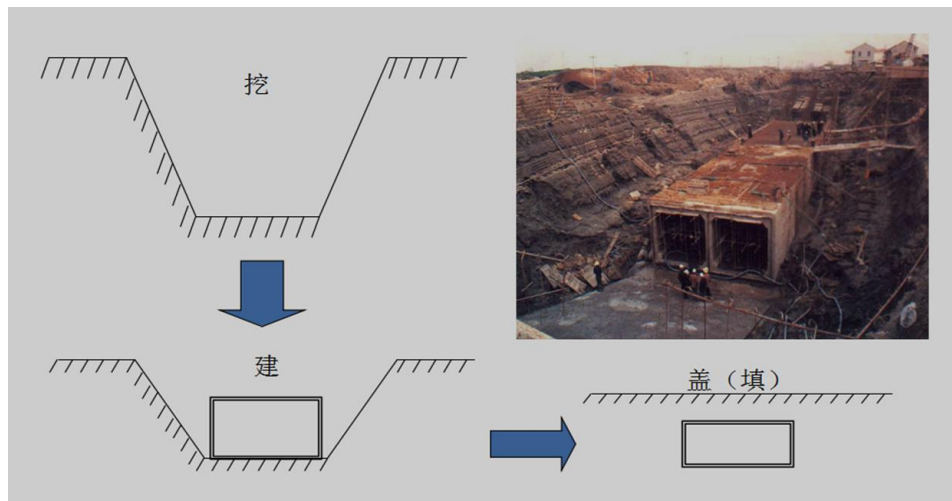
2)安全出口应分散设置,当同方向设置时,两个安全出口通道口部之间净距不应小于 10m。

3)换成车站的换乘通道不应作为安全出口。

二、施工方法（工艺）与选择条件



明挖和暗挖的区别：



（一）明挖法施工

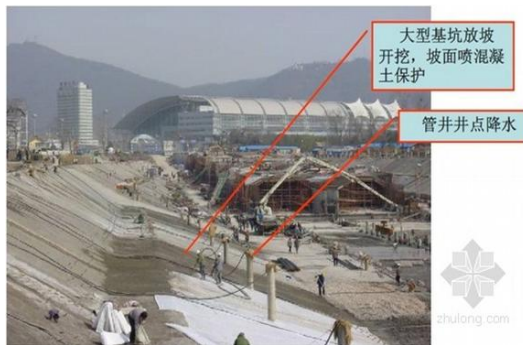
明挖法是指在地铁施工时挖开地面

- ①由上向下开挖土石方至设计标高后，
- ②自基底由下向上进行结构施工，
- ③当完成地下主体结构后回填基坑及恢复地面的施工方法。



(1) 在地面建筑物少、拆迁少、地表干扰小的地区修建浅埋地下工程通常采用明挖法。

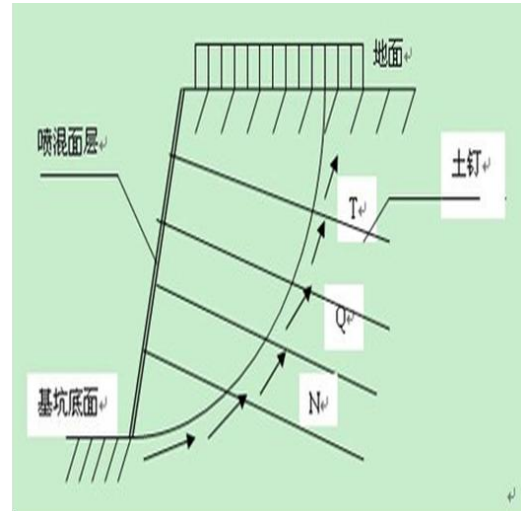
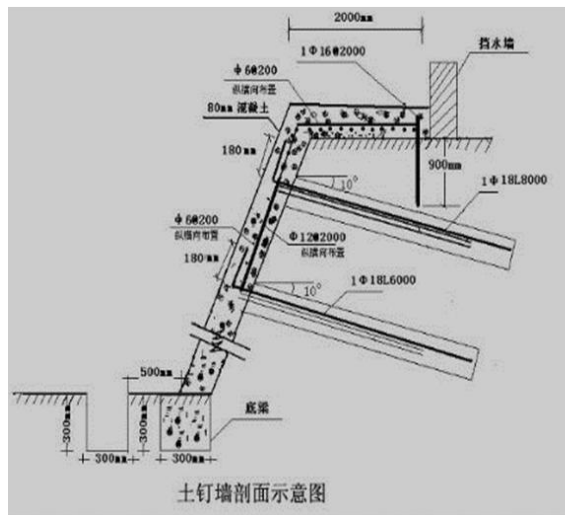
明挖法按开挖方式分为放坡明挖和不放坡明挖两种。



①放坡明挖法

主要适用于埋深较浅、地下水位较低的城郊地段，边坡通常进行坡面防护、锚喷支护或土钉墙支护。



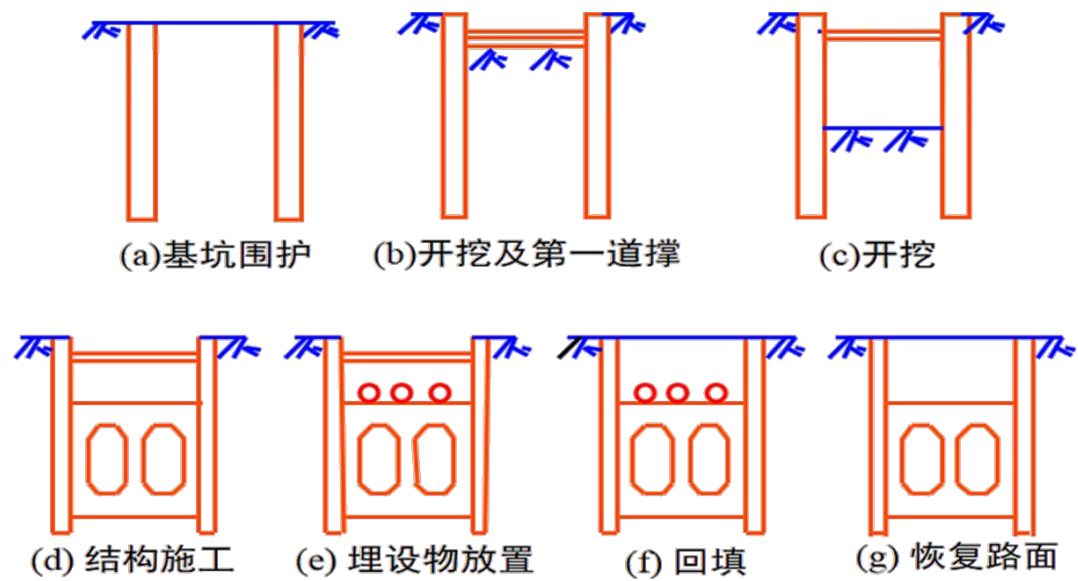


②不放坡明挖法

在围护结构内开挖，主要适用于场地狭窄及地下水丰富的软弱围岩地区。围护结构形式主要有地下连续墙、人工挖孔桩、钻孔灌注桩、钻孔咬合桩、SMW 工法桩、工字钢桩和钢板桩等。



②不放坡明挖法



不放坡明挖：



(2) 明挖法是修建地铁车站的常用施工方法。

①优点：施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量、工程造价低等。

②缺点：对周围环境影响较大。

③适用：在地面交通和环境条件允许的地方，应尽可能采用。



(6) 选择支护结构时 , 首先应确定基坑安全等级 , 然后根据等级选用基坑支护结构。

基坑支护结构的安全等级划分分为三级 , 对于同一基坑的不同位置 , 可采用不同的安全等级。

支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响 :

安全等级	破坏后果
一 级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响很严重
二 级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响严重
三 级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响不严重

(二) 盖挖法施工

盖挖法是由地面向下开挖至一定深度后 , 将顶部封闭 , 其余的下部工程在封闭的顶盖下进行施工的一种方法。

在交通不能中断而且必须确保一定交通流量的情况下 , 可选用盖挖法施工。



步骤一：封路、挖运土方至顶板标高



步骤二：各种市政管线支护，架立或外迁



步骤三：工程顶板钢筋绑扎施工



步骤四：工程顶板施工完成后，各种迁出管线回迁



步骤五：恢复路面施工



路面工程完成恢复市政交通

(2) 盖挖法优点

- 1) 围护结构变形小，能够有效控制周围土体的变形和地表沉降，有利于保护邻近建筑物和构筑物；
- 2) 施工受外界气候影响小，基坑底部土体稳定，隆起小，施工安全；
- 3) 盖挖逆作法用于城市街区施工时，可尽快恢复路面，对道路交通影响较小。

(2) 盖挖法缺点

- 1) 盖挖法施工时，混凝土结构的水平施工缝的处理较为困难；
- 2) 由于竖向出口少，需水平运输，后期开挖土方不方便。
- 3) 由于竖向出口少，需水平运输，后期开挖土方不方便；
- 4) 作业空间小，施工速度较明挖法较慢、工期长。

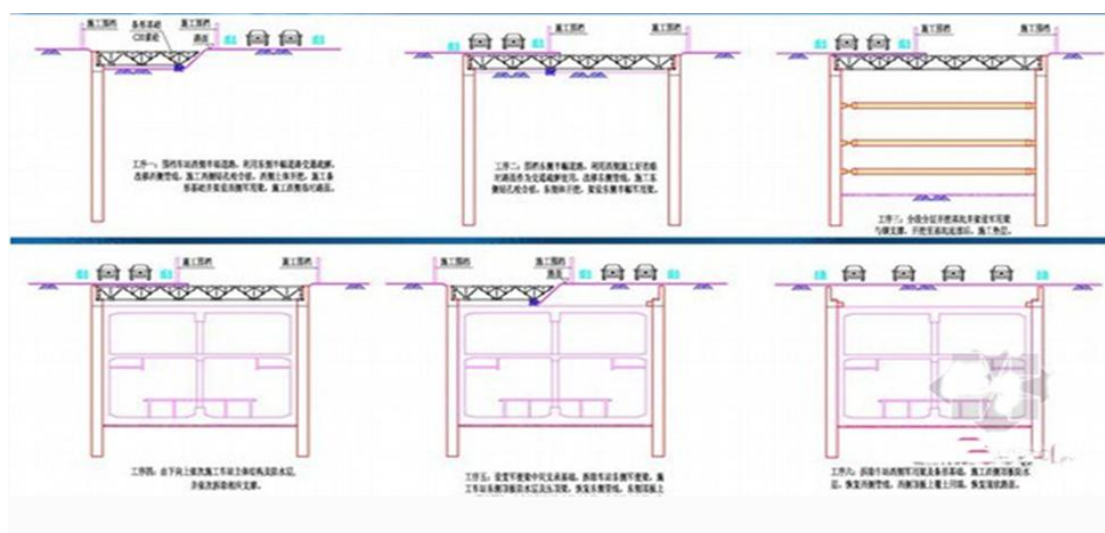
(3) 盖挖法分类

- 1) 盖挖顺作法；
- 2) 盖挖逆作法；
- 3) 盖挖半逆作法。

1) 盖挖顺作法（临时盖板）

盖挖顺作法是在棚盖结构施作后开挖到基坑底，再从下至上施作底板、边墙，最后完成顶板。

由于主体结构是顺作，施工方便，质量易于保证。

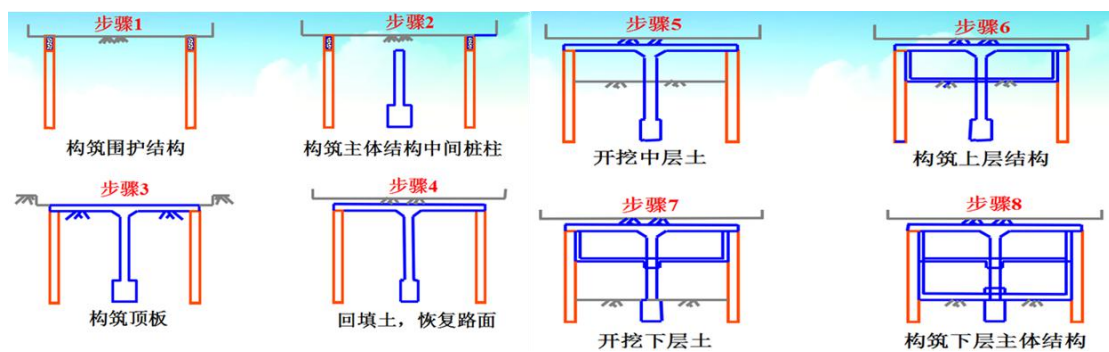


1) 盖挖顺作法（临时盖板）



2) 盖挖逆作法

施工过程中不需设置临时支撑，而是借助结构顶板、中板自身的水平刚度和抗压强度实现对基坑围护桩（墙）的支护支撑作用。



3) 盖挖半逆作法

类似逆作法，其区别仅在于顶板完成及恢复路面过程。在半逆作法施工中，一般都必须设置横撑并施加预应力。

针对施工缝存在的上述问题，可采用直接法，注入法，充填法

(1) 直接法（不好）-是传统的施工方法，不易做到完全紧密接触

(2) 注入法（较好）-是通过预先设置的注入孔向缝隙内注入水泥浆或环氧树脂

(3) 充填法（较好）-下部混凝土浇筑到适当高度，清除浮浆后再用无收缩或微膨胀的混凝土或砂浆填充。用混凝土填充为 1.0m，用砂浆填充为 0.3m

(4) 注入法和充填法能保证结构的整体性

(三) 喷锚暗挖法

喷锚暗挖法（矿山法）：

钻爆法开挖（大爆破）→强支撑（钢木构件支撑，因为不考虑围岩自承能力）。

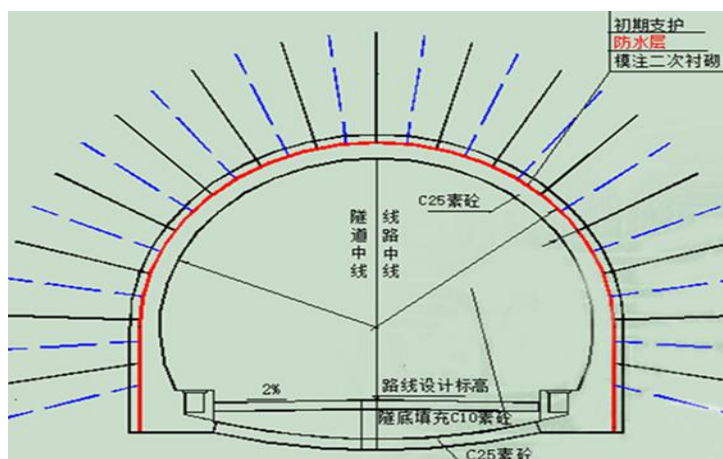
钢木支撑将来被替换，工效低；用钢量大、混凝土层厚，造价比新奥法高；对监测要求没新奥法高。

1.新奥法

“新奥法”是应用岩体力学理论，以维护和利用围岩的自承能力为基础，采用锚杆和喷射混凝土为主要支护手段，控制围岩的变形和松弛，使围岩成为支护体系的组成部分，并通过对围岩和支护的量测、监控来指导施工。



支护在与围岩共同变形中承受的是形变应力。因此，要求初期支护有一定柔度，以利用和充分发挥围岩的自承能力。从减少地表沉陷的城市要求角度出发，还要求初期支护有一定刚度。



2.浅埋暗挖法

在城镇软弱围岩地层中，在浅埋条件下修建地下工程，以改造地质条件为前提，以控制地表沉降为重点，以格栅（或其他钢结构）和锚喷作为初期支护手段。

“新奥法”大部分原理，按照“十八字”方针（即管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测）进行隧道的设计和施工，称之为浅埋暗挖技术。

管超前

开挖拱部土体自稳能力差，自立时间短，土体凌空后极易坍塌，采用超前支护的各种手段主要提高土体的稳定性，控制下沉，防止围岩松弛和坍塌。



严注浆

导管超前支护后，立即进行压注水泥浆或其它化学浆液，填充围岩空隙，使隧道周围形成一个具有一定强度的壳体，以增强围岩的自稳能力，确保开挖过程中的安全。



短开挖

一次注浆，一次开挖或多次开挖，土体暴露时间越长，进尺越大，土体坍塌的危险就越大，所以一定要严格限制进尺的长度。在施工中可采取预留核心土，目的除减少开挖时间外，预留的土体还可以平衡掌子面的土体，防止滑塌。



强支护

在松散地层中施工，大量土体的重力会直接作用于初期支护结构上，初期支护必须十分牢固，具有较大的刚度，以控制初期结构的变形，保证结构的稳定。



快封闭

在台阶法施工中，如上台阶未封闭成环，变形速度较快，为有效控制围岩松弛，必须及时采用临时仰拱或使支护体系成环。



勤量测

结构的受力最终都表现为变形，可以说，没有变形（微观的），结构就没有受力。按照规定频率对规定部位进行监测，掌握施工动态，调整施工参数并设置各部位的变形警戒值，是浅埋暗挖法施工成败的关键。



浅埋暗挖法适用条件：

①不允许带水作业

大范围的淤泥质软土、粉细砂地层，降水有困难不宜采用此法。

②开挖面具有一定的自立性和稳定性

应足以进行必要的初期支护作业；

对开挖面前方地层的预加固和预处理，视为浅埋暗挖法的必要前提。

三、不同方法施工的地铁车站结构

（一）明挖法施工车站结构

明挖法施工的车站主要采用矩形框架结构或拱形结构。

矩形框架结构是明挖车站中采用最多的一种。

（二）盖挖法施工车站结构

2.侧墙

地下连续墙，按其受力特性可分为四种形式：

- （1）临时墙：仅用来挡土的临时围护结构。
- （2）单层墙：既是临时围护结构又作为永久结构的边墙。
- （3）作为永久结构边墙一部分的叠合墙。
- （4）复合墙

（三）喷锚暗挖（矿山）法施工车站结构

喷锚暗挖（矿山）法施工的地铁车站，视地层条件、施工方法及其使用要求的不同，可采用单拱式车站、双拱式车站或三拱式车站，并根据需要可作成单层或双层。

1K420110 城市轨道交通工程质量检查与验收 P372

二、明挖法施工质量控制与验收

（一）基坑开挖施工

（2）土方必须自上而下分层、分段依次开挖，钢筋网片安装及喷射混凝土紧跟开挖流水段，及时施加支撑或锚杆。基底经勘察、设计、监理、施工单位验收合格后，应及时施工混凝土垫层。

（3）基坑开挖应对下列项目进行中间验收：

- （1）基坑平面位置、宽度及基坑高程、平整度、地质描述；

(2) 基坑降水；

(3) 基坑放坡开挖的坡度和支护桩及连续墙支护的稳定情况；

(4) 地下管线的悬吊和基坑便桥稳固情况。

(二) 结构施工

(2) 模板及支架应根据安装、使用及拆除工况进行设计，并满足承载力、刚度、整体稳定性要求。

(4) 混凝土强度分检验批检验评定，划入同一检验批的混凝土，其施工持续时间不宜超过3个月。用于检验混凝土强度的试件应在浇筑地点随机抽取。

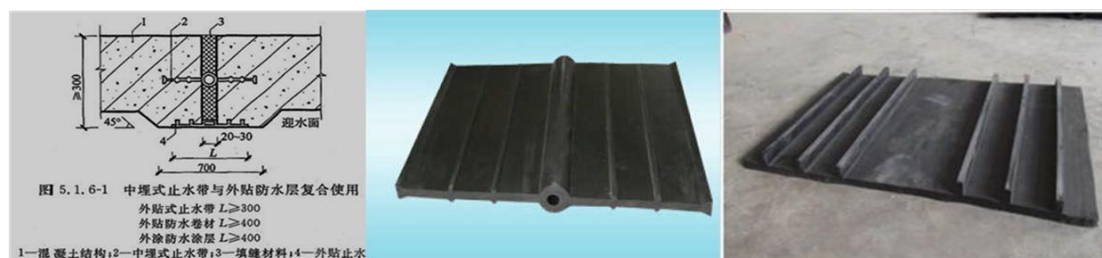
(5) 首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定。

(7) 底板混凝土应分层留台阶灌注，墙体混凝土左右对称、水平、分层连续灌注，至顶板交界处间歇1-1.5H，然后再灌注顶板混凝土；顶板混凝土连续水平、分台阶由边墙、中墙分别向结构中间方向灌注。

(8) 混凝土终凝后及时养护，垫层混凝土养护期不得少于7d，结构混凝土养护期不得少于14d。

(五) 特殊部位防水处理

(2) 结构变形缝处的端头模板应钉填缝板，填缝板与嵌入式止水带中心线应和变形缝中心线重合，并用模板固定牢固。止水带不得穿孔或用铁钉固定。留置垂直施工缝时，端头模板不设填缝板。



(3) 结构变形缝处设置嵌入式止水带时，混凝土灌注应符合以下规定：

- 1) 灌注前应校正止水带位置, 表面清理干净, 止水带损坏处应修补。
- 2) 顶、底板结构止水带的下侧混凝土应振实, 将止水带压紧后方可继续灌注混凝土。
- 3) 边墙处止水带必须牢固固定, 内外侧混凝土应均匀、水平灌注, 保持止水带位置正确、平直、无卷曲现象。

1K413000 城市轨道交通工程

1K413010 城市轨道交通工程结构与特点:

1K413011 地铁车站结构与施工方法

1K413012 地铁区间隧道结构与施工方法

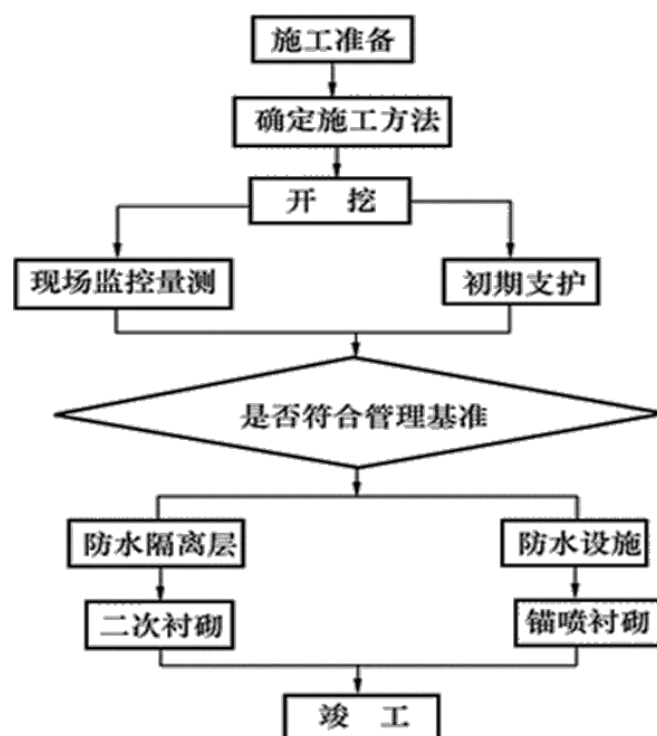
1K413013 轻轨交通高架桥梁结构

1K413014 城市轨道交通的轨道结构

1K413012 地铁区间隧道结构与施工方法

一、暗挖施工方法比较与选择

(一) 喷锚暗挖(矿山)法



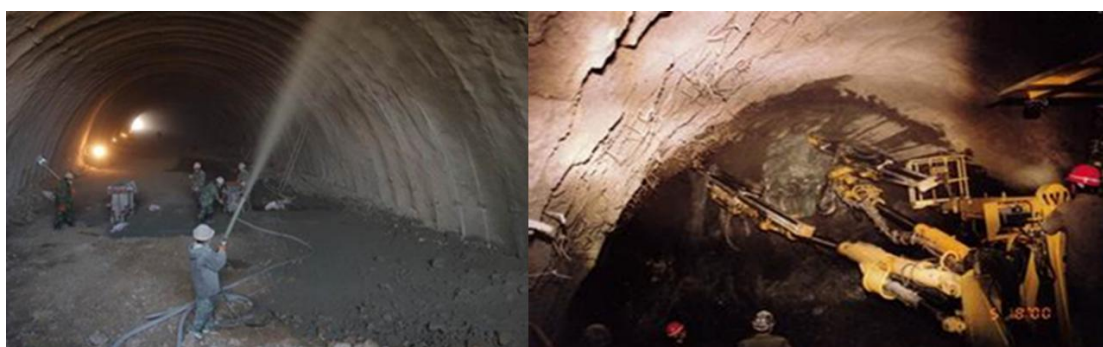
（1）地层预加固和预支护

方法：小导管超前预注浆、开挖面超前深孔注浆及管棚超前支护。



（2）隧道土方开挖与支护：

其总原则是：预支护、预加固一段，开挖一段；开挖一段，支护一段；支护一段，封闭成环一段。



（3）初期支护形式

在诸多支护形式中，钢拱锚喷混凝土支护是满足上述要求的最佳支护形式。

（4）二次衬砌

初期支护的变形达到基本稳定、且防水结构施工验收合格后，可以进行二次衬砌施工。这是浅埋暗挖法中二次衬砌施工与一般隧道衬砌施工的主要区别。

【技巧】超前预支护、预加固→开挖→初期支护→初期支护变形基本稳定→防水层施工→二次衬砌。



二次衬砌模板可以采用临时木模板或金属定型模板，更多情况则使用模板台车。



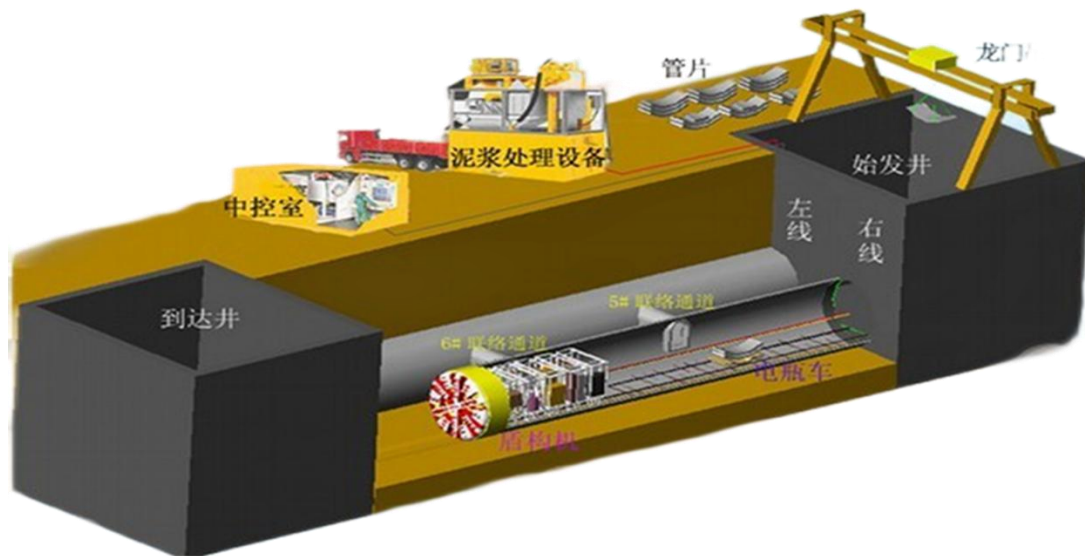
（5）监控量测

经验证明拱顶沉降是控制稳定较直观的和可靠的判断依据，水平收敛和地表沉降有时也是重要的判断依据。

对于地铁隧道来讲，地表沉降测量显得尤为重要。

（二）盾构法

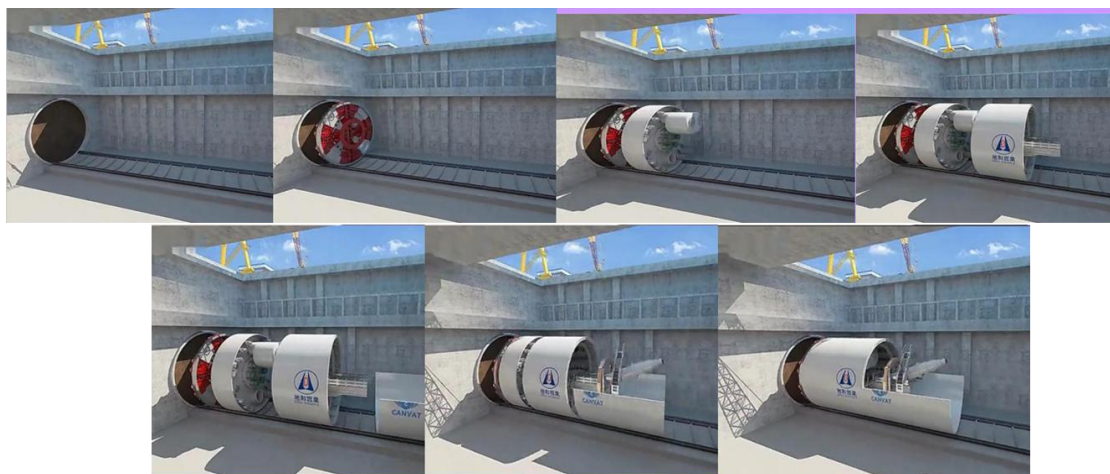
（1）盾构法施工



(二) 盾构法施工

1. 盾构法施工其基本施工步骤如下

- (1) 在盾构法隧道的始发端和接收端各建一个工作（竖）井。
- (2) 盾构在始发端工作井内安装就位。
- (3) 依靠盾构千斤顶推力（作用在已拼装好的衬砌环和反力架）将盾构从始发工作井的墙壁预留洞门推出。
- (4) 盾构在地层中沿着设计轴线推进，在推进的同时不断出土和安装衬砌管片。
- (5) 及时地向衬砌背后的空隙注浆，防止地层移动和固定衬砌环位置。



(2) 盾构法施工隧道具有以下优点：

1) 除竖井施工外，施工作业均在地下进行，既不影响地面交通，又可减少对附近居民的噪声和振动影响；

2) 盾构推进、出土、拼装衬砌等主要工序循环进行，施工易于管理，施工人员也较少；

3) 在一定覆土范围内，隧道的施工费用不受覆土量影响，适宜于建造覆土较深的隧道；



4) 施工不受风雨等气候条件影响；

5) 当隧道穿过河底或其他建筑物时，不影响航运通行、建（构）筑物正常使用；

6) 土方及衬砌施工安全、掘进速度快；

7) 在松软含水地层中修建埋深较大的长隧道往往具有技术和经济方面的优越性。

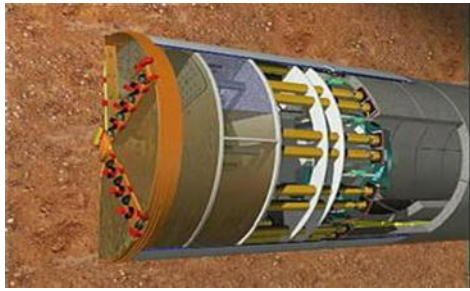


（3）盾构法施工存在的问题：

1) 当隧道曲线半径过小时，施工较为困难；

2) 在陆地建造隧道时，如隧道覆土太浅，则盾构法施工困难很大，而在水下时，如覆土太浅，则盾构法施工不够安全。

3) 盾构施工中采用全气压方法以疏干和稳定地层时，对劳动保护要求较高，施工条件差；



- 4) 盾构法隧道上方一定范围内的地表沉降尚难完全防止，特别在饱和含水松软的土层中，要采取严密的技术措施才能把沉降限制在很小的限度内；
- 5) 在饱和含水地层中，盾构法施工所用的拼装衬砌，对达到整体结构防水的技术要求较高；
- 6) 对于结构断面尺寸多变的区段适应能力较差。

二、不同方法施工地铁区间隧道的结构形式

（一）明挖法施工隧道

在场地开阔、建筑物稀少、交通及环境允许的地区，应优先采用施工速度快、造价较低的明挖法施工。

1.整体式衬砌结构

2.预制装配式衬砌

（二）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道

1.衬砌的基本结构类型——复合式衬砌

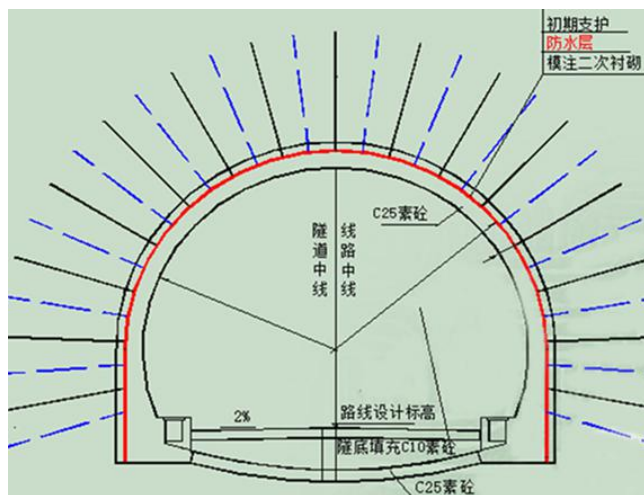
这种衬砌结构是由初期支护、防水隔离层和二次衬砌所组成，复合式衬砌外层为初期支护，其作用是加固围岩，控制围岩变形，防止围岩松动失稳，是衬砌结构中的主要承载单元。一般应在开挖后立即施作，并应与围岩密贴。所以，最适宜采用喷锚支护，根据具体情况，选用锚杆、喷混凝土、钢筋网和钢支撑拱架等单一或并用而成。

1.衬砌的基本结构类型——复合式衬砌

（1）初期支护——喷锚支护

（2）防水隔离层

(3) 二次衬砌

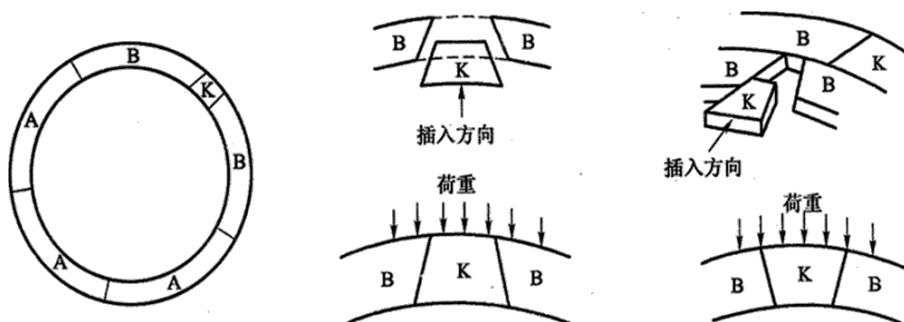


(三) 盾构法隧道

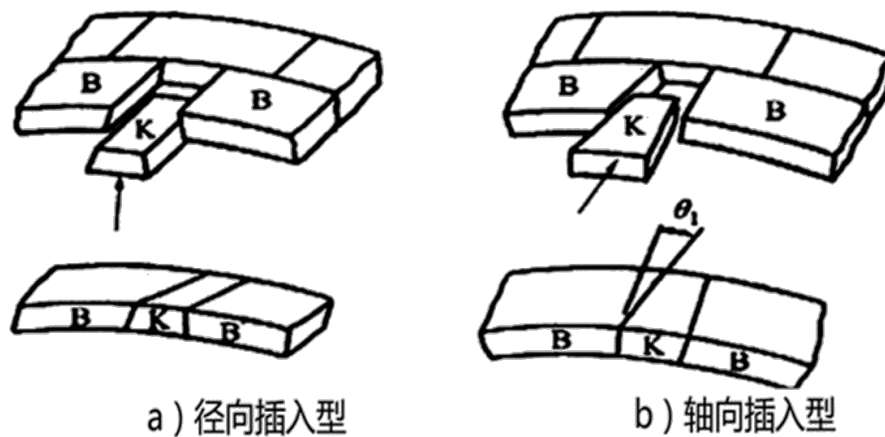
1. 盾构法隧道

(1) 管片类型：钢筋混凝土管片是盾构法隧道衬砌中最常用的管片类型。

(2) 管环构成

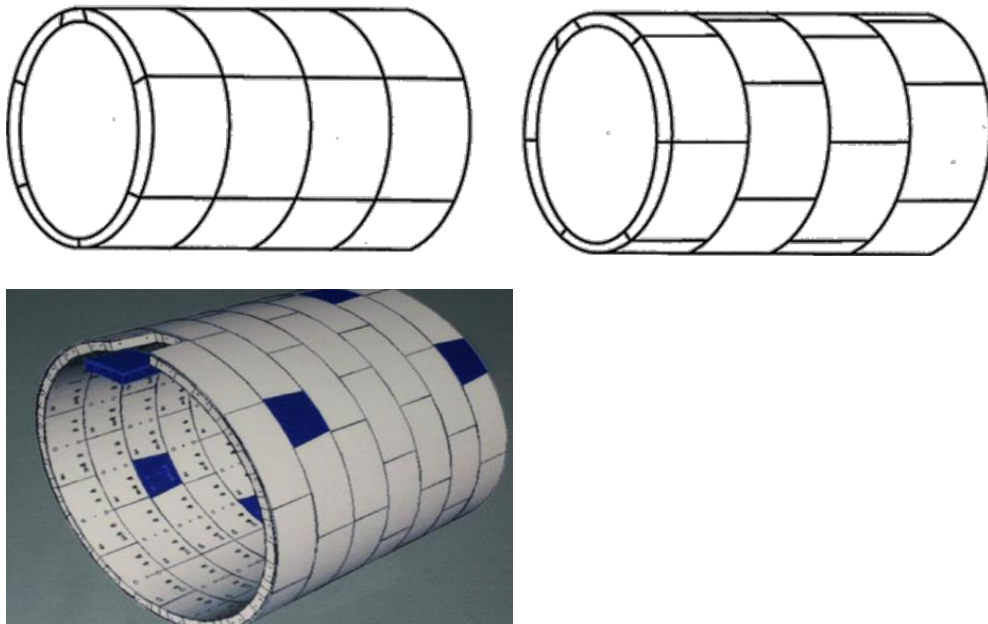


(2) 管环构成



(3) 管片的通缝和错缝拼装

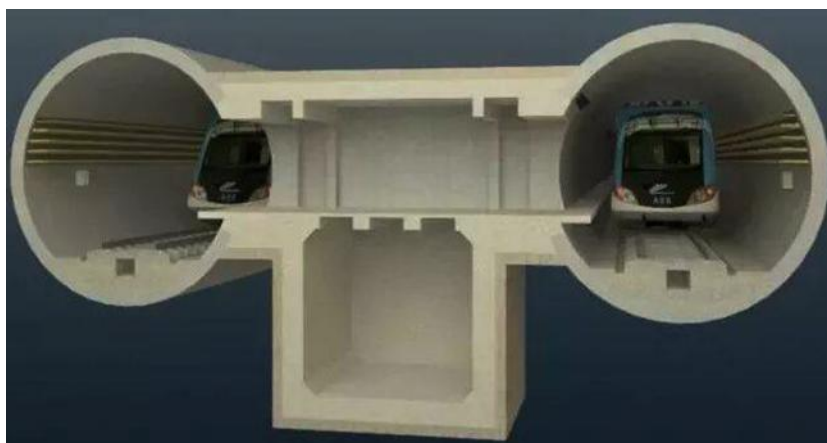
错缝拼装在国外使用很普遍，在国内也广泛采用。



(四) 联络通道

联络通道是设置在两条地铁隧道之间的一条横向通道，起到乘客的安全疏散、隧道排水及防火、消防等作用。

目前，国内地铁的联络通道主要采用暗挖法、超前预支护方法（深孔注浆或冻结法）施工。



1K413000 城市轨道交通工程

1K413010 城市轨道交通工程结构与特点：

1K413011 地铁车站结构与施工方法

1K413012 地铁区间隧道结构与施工方法

1K413013 轻轨交通高架桥梁结构

1K413014 城市轨道交通的轨道结构

1K413013 轻轨交通高架桥梁结构

一、高架桥结构与运行特点

(4) 高架桥大都采用预应力或部分预应力混凝土结构。

(5) 高架桥墩布置应符合城镇规划要求：

上部结构优先采用预应力混凝土结构，其次才是钢结构，须有足够的竖向和横向刚度。

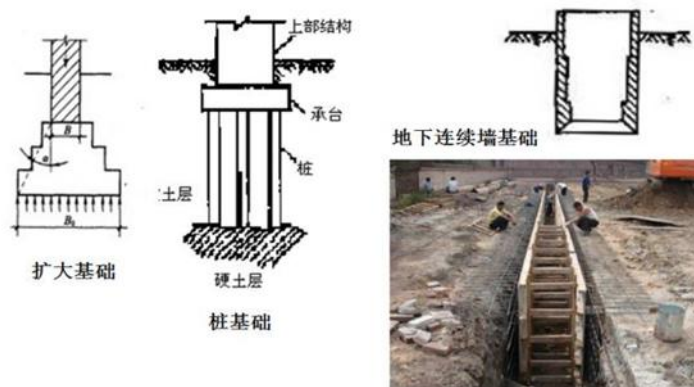
二、高架桥的基本结构

1.高架桥墩台和基础

高架桥墩台的基础应根据当地地质资料确定。

当地质情况良好时，应尽可能采用扩大基础。

软土地基条件下，为保证基础的承载能力，防止沉陷，宜采用桩基础。



常用的桥墩形式有以下几种：

(1) 倒梯形桥墩

倒梯形桥墩在外观和受力上较合理



(2) T形桥墩

是城镇轻轨高架桥最常用的桥墩形式。



(3) 双柱式桥墩

受力情况清晰，稳定性好，其使用高度一般在 30m 以内。



(4) Y形桥墩

质量轻,占地面积少,有利于桥下交通,透空性好,而上部成双柱式,对盖梁工作条件有利,无须施加预应力,造型轻巧,比较美观。



2.高架桥的上部结构

(1) 主要工程节点的桥梁

可以采用任何一种适用于城市桥梁的大跨度桥梁结构体系。采用最多的是连续梁、连续刚构、系杆拱。

(2) 一般地段的桥梁

结构形式简单。宜大量采用预制预应力混凝土梁。

1K413000 城市轨道交通工程

1K413020 明挖基坑施工：

1K413021 地下水控制

1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

1K413023 基槽土方开挖及基坑变形控制

1K413024 地基加固处理方法

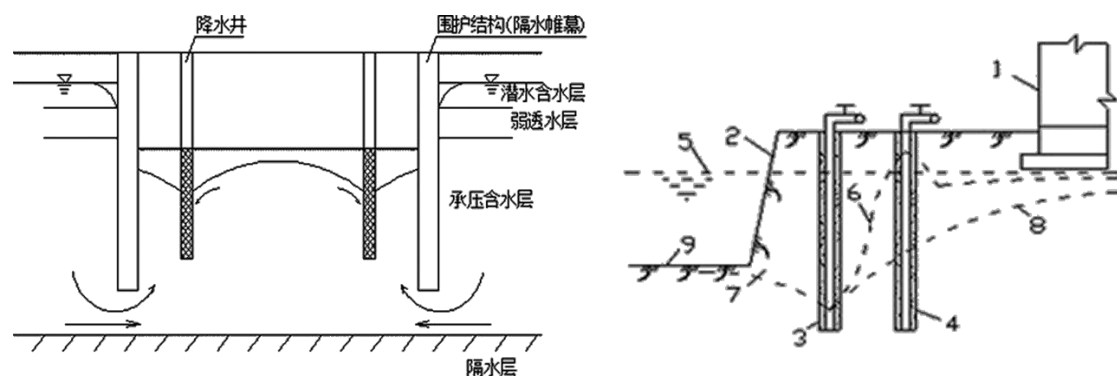
1K413021 地下水控制

为保证地下工程、基础工程正常施工，控制和减少对工程环境影响所采取的排水、降水、隔水或回灌等工程措施，统称为地下水控制。



一、基本要求

(1) 当降水会对基坑周边建筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。采用悬挂式隔水帷幕时，一般应同时采用坑内降水，并宜根据水文地质条件结合坑外回灌措施。



(3) 当地下水位高于基坑开挖面时，需要采用降低地下水方法疏干坑内土层中的地下水。

疏干地下水有增加坑内土体强度的作用，有利于控制基坑围护结构的变形。

在软土地区基坑开挖深度超过 3m，一般就要用井点降水。

开挖深度浅时，亦可边开挖边用排水沟和集水井进行集水明排。

(4) 当基坑底为隔水层且层底作用有承压水时，应进行坑底突涌验算，必要时可采取水平封底隔渗或钻孔减压措施，保证坑底土层稳定。当坑底含承压水层且上部土体压重不足以抵抗承压水水头时，应布置降压井降低承压水水头压力，防止承压水突涌，确保基坑施工安全。

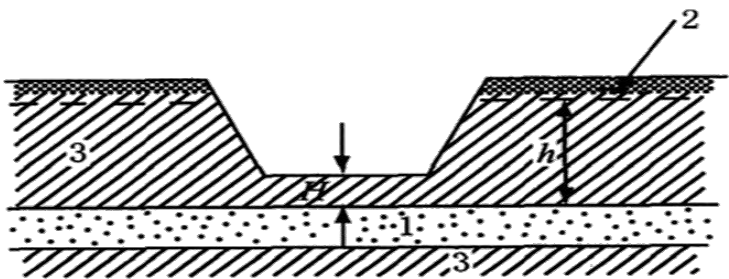


图 基坑抗突涌计算图

1—承压水含水层；2—承压水位；3—弱透水层

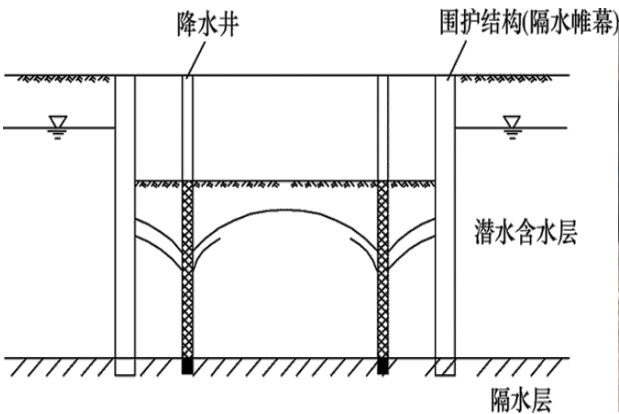
二、截水

(2) 基坑隔水方法选用水泥土搅拌桩帷幕、高压旋喷或摆喷注浆帷幕、地下连续墙或咬合式排桩等。

支护结构采用排桩时，可采取水泥土搅拌桩或高压喷射注浆帷幕，采用高压喷射注浆帷幕时应保证桩体有一定搭接宽度。

(3) 当基坑底存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用底端进入下卧隔水层的落地式帷幕。

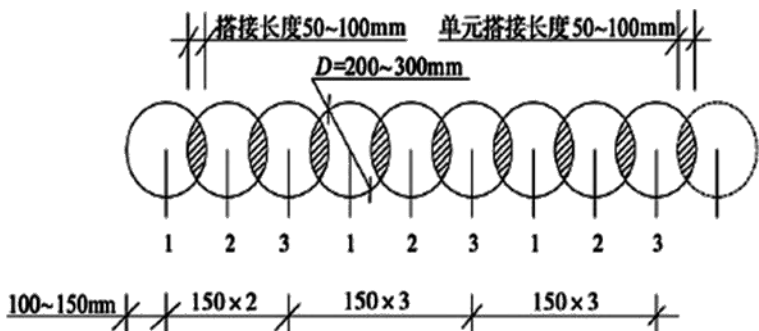
落地式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足下列要求，且不宜小于 1.5M。



(6) 采用水泥土搅拌桩帷幕时，搅拌桩桩径宜取 450-800mm，搅拌桩的搭接宽度应符合下列规定：

单排水泥搅拌桩帷幕的塔接宽度：

- (1) 当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 150 mm
- (2) 当搅拌桩的深度为 10-15m 时，不应小于 200 mm
- (3) 当搅拌桩深度大于 15m 时，不应小于 250 mm



双排搅拌桩帷幕的塔接宽度：

- (1) 当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 100 mm
- (2) 当搅拌桩的深度为 10-15m 时，不应小于 150 mm
- (3) 当搅拌桩深度大于 15m 时，不应小于 200 mm

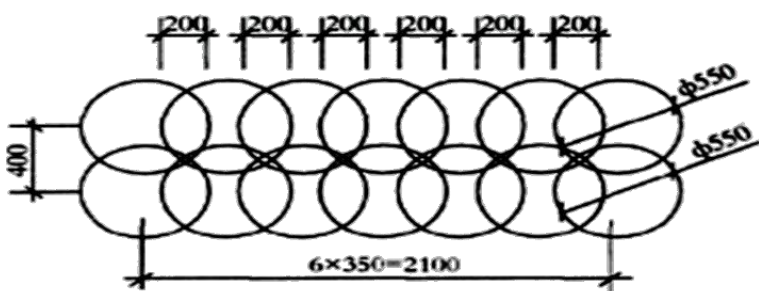


图1 双排搅拌桩相互搭接示意图

(7) 采用高压旋喷、摆喷注浆帷幕时，旋喷注浆固结体的有效直径、摆喷注浆固结体的有效半径宜通过实验确定：

帷幕的水泥土固结体搭接宽度：

- (1) 当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 200 mm

(2) 当搅拌桩的深度为 10-20m 时，不应小于 250 mm

(3) 当搅拌桩深度 20-30m 时，不应小于 350 mm

三、降水

(一) 降水的作用

地下水位以下开挖基坑时，采用降水的作用是：

(1) 截住坡面及基地的渗水

(2) 增加边坡的稳定性

(3) 减少土体的含水量，便于施工

(4) 有效提高土体的抗剪强度与基坑稳定性

(5) 减小承压水头对基坑底板的顶托力，防止坑底突涌。

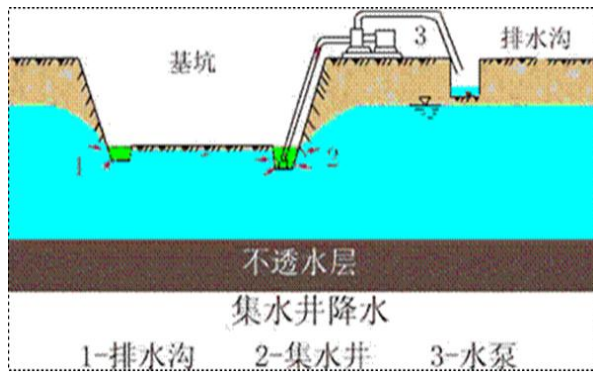
(二) 工程降水方法的选用

适用条件 降水方法		土质类别	渗透系数 (m/d)	降水深度 (m)
集水明排		填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土	—	—
降水井	真空井点	粉质黏土、粉土、砂土	0.0~20.0	单级≤6，多级≤12
	喷射井点	粉土、砂土	0.1~20.0	≤20
	管井	粉土、砂土、碎石土、岩石	>1	不限
	渗井	粉质黏土、粉土、砂土、碎石土	>0.1	由下伏含水层的埋藏条件和水头条件确定
	辐射井	黏性土、粉土、砂土、碎石土	>0.1	4~20
	电渗井	黏性土、淤泥、淤泥质黏土	≤0.1	≤6
	潜埋井	粉土、砂土、碎石土	>0.1	≤2

(三) 集水明排

(1) 明沟、集水井排水多是在基坑的两侧或四周设置排水明沟，在基坑四角或每隔 30 ~

50m 设置集水井，使基坑渗出的地下水通过排水明沟汇集于集水井内，然后用水泵将其排出基坑外。



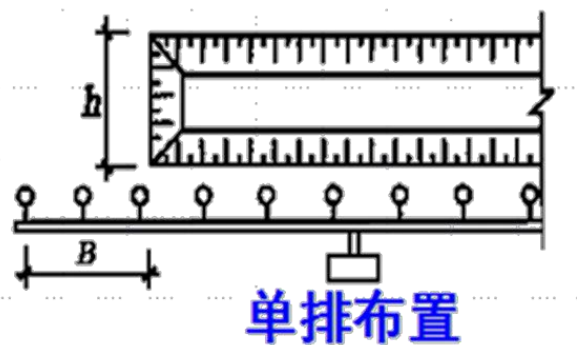
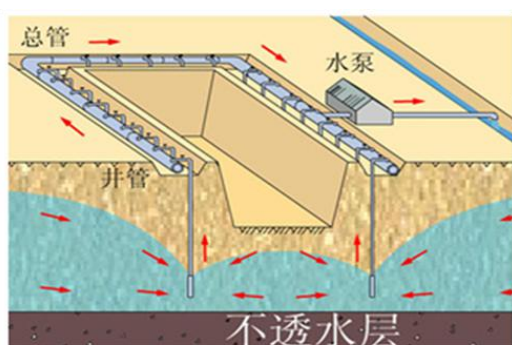
(2) 明沟宜布置在拟建建筑基础边 0.4m 以外，沟边缘离开边坡坡脚应不小于 0.3m。明沟的底面应比挖土面低 0.3 ~ 0.4m。集水井底面应比沟底面低 0.5m 以上，并随基坑的挖深而加深，以保持水流畅通。明沟的坡度不宜小于 0.3%，沟底应采取防渗措施。



(四) 井点降水

(2) 轻型井点布置应根据基坑平面形状与大小、地质和水文情况、工程性质、降水深度等而定。

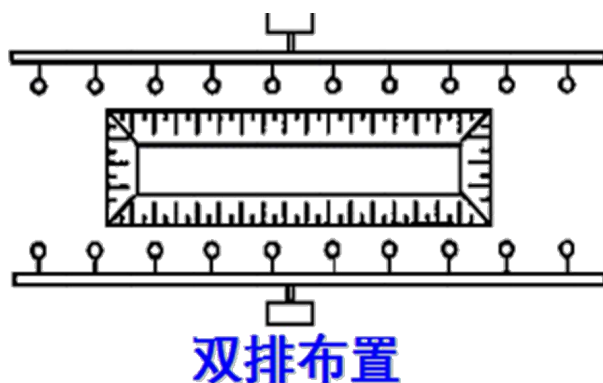
当基坑(槽)宽度小于 6m 且降水深度不超过 6m 时，可采用单排井点，布置在地下水上游一侧；



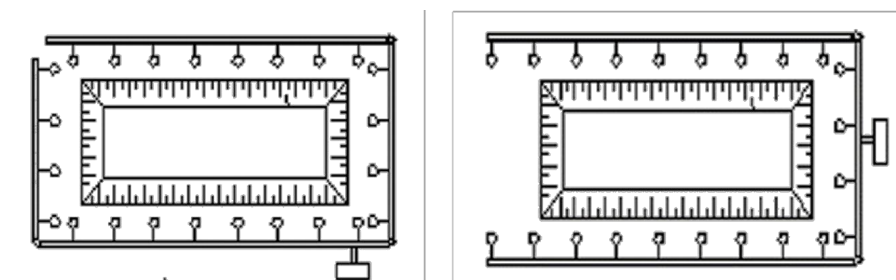
轻型井点降水：



(2) 当基坑（槽）宽度大于6m 或土质不良，渗透系数较大时，宜采用双排井点，布置在基坑（槽）的两侧；



(2) 当基坑面积较大时，宜采用环形井点。挖土运输设备出入道可不封闭，间距可达4m，一般留在地下水下游方向。



(3) 轻型井点宜采用金属管，井管距坑壁不应小于1.0~1.5m。井点间距一般为0.8~1.6m。

井点管的入土深度应根据降水深度及储水层所有位置决定，但必须将滤水管埋入含水层内，

并且比挖基坑（沟、槽）底深 0.9~1.2m，井点管的埋置深度应经计算确定。

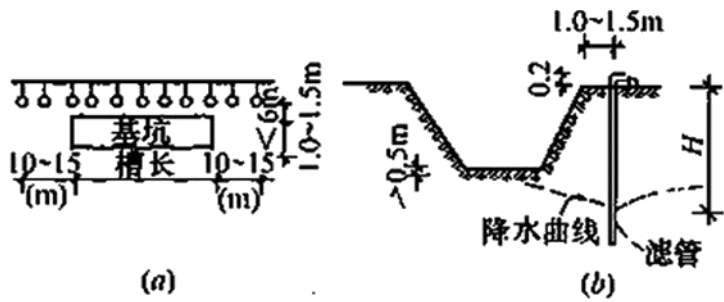
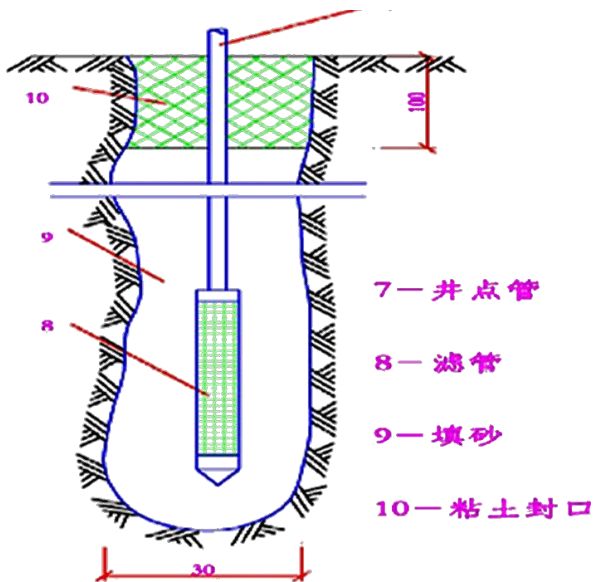


图 2K315011-5 单排线状井点布置（单位：m）
(a) 平面图，(b) 剖面图

(4) 孔壁与井管之间的滤料应填充密实、均匀，宜采用中粗砂，滤料上方宜使用黏土封堵，封堵至地面的厚度应大于 1m。



(5) 管井的滤管可采用无砂混凝土滤管、钢筋笼、钢管或铸铁管。

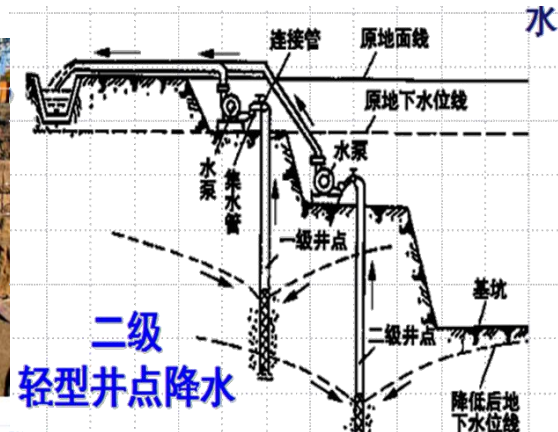


【知识点补充】

二级轻型井点降水



基坑二级轻型井点降水



喷射井点

在井点管内部安装喷射器，喷射器输入高压水（喷水井点）或压缩空气（喷气井点）形成水气射流，将地下水经井点外管与内管之间的缝隙抽出排走。



管井井点降水

沿基坑每隔一定距离设置一个管井，每个管井单独用一台水泵不断抽水降低地下水位。管井井点的设备主要由管井、吸水管、水泵（离心泵或潜水泵）组成。



五、基坑的隔（截）水帷幕与坑内外降水

（1）隔水帷幕隔断降水含水层

基坑隔水帷幕深入降水含水层的隔水底板中，井点降水以疏干基坑内的地下水为目的，即为前面所述的落底式帷幕。这类隔水帷幕将基坑内的地下水与基坑外的地下水分隔开来，基坑内、外地下水无水力联系。此时，应把降水井布置于坑内，降水时，基坑外地下水不受影响。

（1）隔水帷幕隔断降水含水层

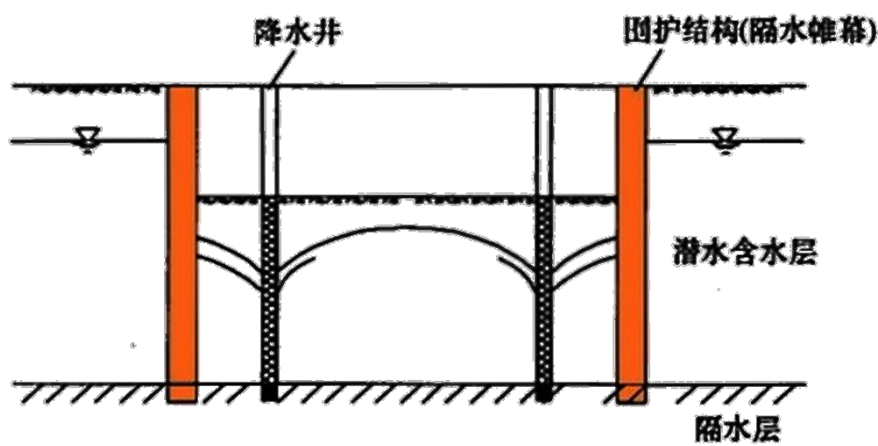
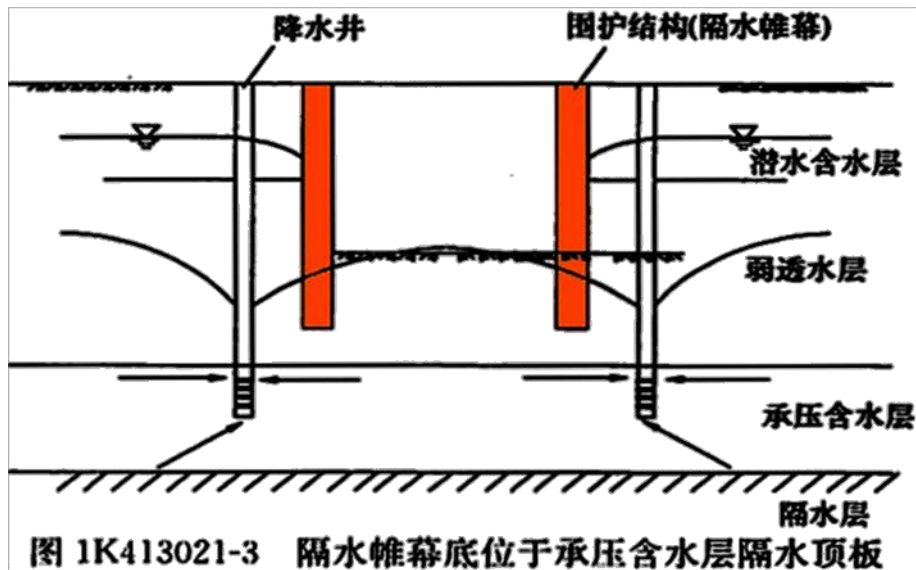


图 1K413021-2 隔水帷幕深入降水含水层底板

（2）隔水帷幕底位于承压水含水层隔水顶板中：

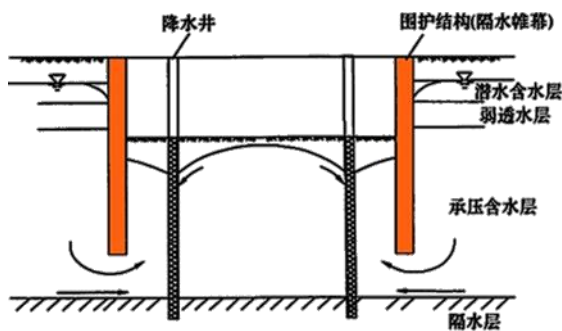
隔水帷幕位于承压水含水层顶板中，通过井点降水降低基坑下部承压含水层的水头，以防止基坑底板隆起或承压水突涌为目的。



(3) 隔水帷幕底位于承压水含水层中

隔水帷幕底位于承压水含水层中，

- ①如果基坑开挖较浅，坑底未进入承压水含水层，井点降水以降低承压水水头为目的；
- ②如果基坑开挖较深，坑底已经进入承压水含水层，井点降水前期以降低承压水水头为目的，后期以疏干承压含水层为目的。



【技巧】

- (1) 隔水帷幕深入隔水底板中（落底）：降水井布置在坑内；
- (2) 隔水帷幕未落底、且未进入承压水含水层中：降水井布置在坑外；
- (3) 隔水帷幕未落底、但进入承压水含水层中：降水井布置在坑内。

1K413000 城市轨道交通工程

1K413020 明挖基坑施工

1K413021 地下水控制

1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

1K413023 基槽土方开挖及基坑变形控制

1K413024 地基加固处理方法

1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

【技巧】基坑支护结构=支撑结构+围护结构

（1）基坑围护结构体系包括：①板（桩）墙、②围檩（冠梁）、③附属构件。

基坑支护结构传力路径：土压力和水压力→板（桩）墙→围檩（冠梁）→支撑。



一、围护结构

（二）深基坑围护机构类型

在我国基坑施工应用较多的围护结构有排桩、地下连续墙和重力式挡墙，以及这些结构的组合形式等。

类型	特点
预制钢筋混凝土板桩	①预制混凝土板桩施工较为困难，对机械要求高，而且挤土现象严重 ②桩间采用槽榫结合方式，接缝效果较好，有时需辅以止水措施 ③自重大，受起吊设备闲置，不适合大深度基坑
钢板桩	①成品制作，可反复使用； ②施工简便，但施工有噪声； ③刚度小，变形大，与多道支撑结合，在软弱土层

	中也可采用； ④新的时候止水性好，如有漏水现象，需增加防水措施。
钢管桩	①截面刚度大于钢板桩，在软弱土层中开挖深度可大； ②需有防水措施相配合。

钢板桩



钢板桩：



1) 预制混凝土板桩：

预制混凝土板桩施工较为困难，对机械要求高，而且挤土现象很严重，加之混凝土板桩一般不能拔出，因此，它在永久性的支护结构中使用较为广泛，但国内基坑工程中使用不很普遍。

常用钢筋混凝土板桩截面的形式有四种：矩形、T形、工字形及口字形。矩形截面板桩是使

用最多的一种形式



2) 钢板桩与钢管桩

采用钢板桩作支护结构时在其上口及支撑位置需用钢围檩将其连接成整体 ,并根据深度设置支撑或拉锚。



钢板桩沉放和拔除方法、使用的机械均与工字钢桩相同

(【提示】冲击式打桩机)。

为提高钢板桩的刚度以适用于更深的基坑,可采用组合式形式,也可用钢管桩。但钢管桩的施工难度相比于钢板桩更高,由于锁口止水效果难以保证,需有防水措施相配合。



(二) 深基坑围护结构类型

类型	特点
灌注桩	①刚度大，可用在深大基坑； ②施工对周边地层、环境影响小； ③需降水或和止水措施配合使用，如搅拌桩、旋喷桩等

3) 钻孔灌注桩围护结构

地铁明挖基坑中多采用螺旋钻机、冲击式钻机和正反循环钻机、旋挖钻等。



排桩的中心距不宜大于桩直径的 2 倍。桩身混凝土强度等级不宜低于 C25。排桩顶部应设置混凝土冠梁。混凝土灌注桩宜采取间隔成桩的施工顺序；应在混凝土终凝后，再进行相邻桩的成孔施工。



钻孔灌注桩围护结构经常与止水帷幕联合使用，止水帷幕一般采用深层搅拌桩。如果基坑上部受环境条件限制时，也可采用高压旋喷桩止水帷幕，但要保证高压旋喷桩止水帷幕施工质量。近年来，素混凝土桩与钢筋混凝土桩间隔布置的钻孔咬合桩也有较多应用，此类结构可直接作为止水帷幕。



SMW 工法桩	①强度大，止水性好； ②内插的型钢可拔出反复使用，经济性好； ③具有较好发展前景，国内上海等城市已有工程实践； ④用于软土地层时，一般变形较大
重力式水泥土挡墙/ 水泥土搅拌桩挡墙	①无支撑，墙体止水性好，造价低； ②墙体变位大

（二）深基坑围护结构类型

类型	特点
地下连续墙	①刚度大，开挖深度大，可适用于所有地层； ②强度大，变位小，隔水性好，同时可兼作主体结构的一部分； ③可邻近建筑物、构筑物使用，环境影响小； ④造价高

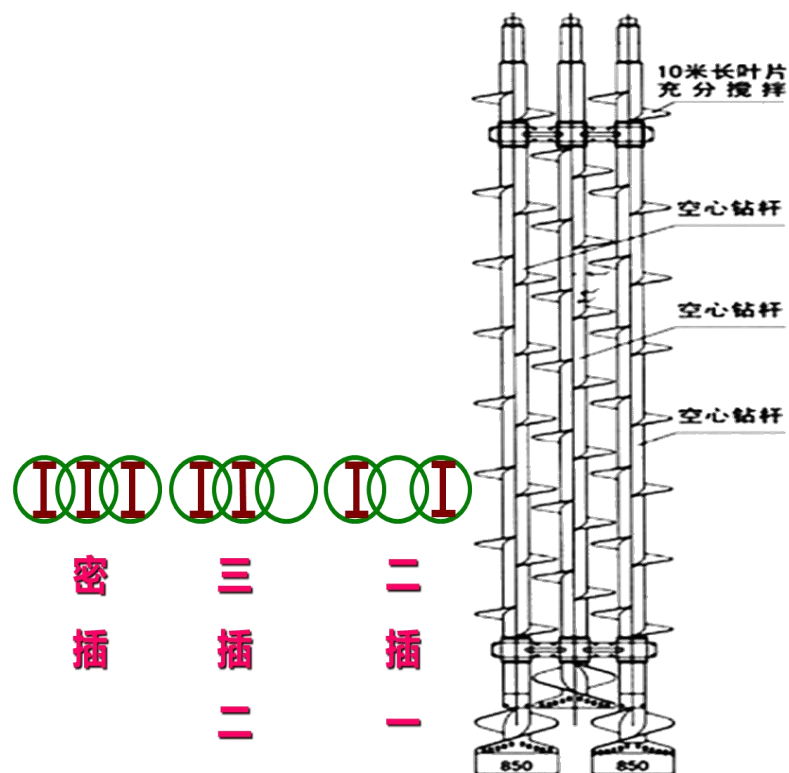
4) SMW 工法桩（型钢水泥土搅拌墙）

利用搅拌设备就地切削土体→

注入水泥类混合液搅拌形成

均匀的挡墙→在墙中插入型钢

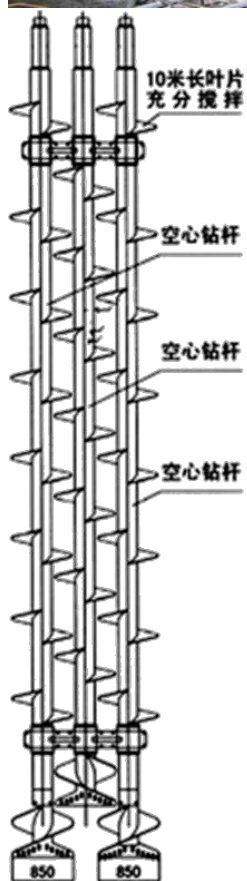
→型钢可部分回收。

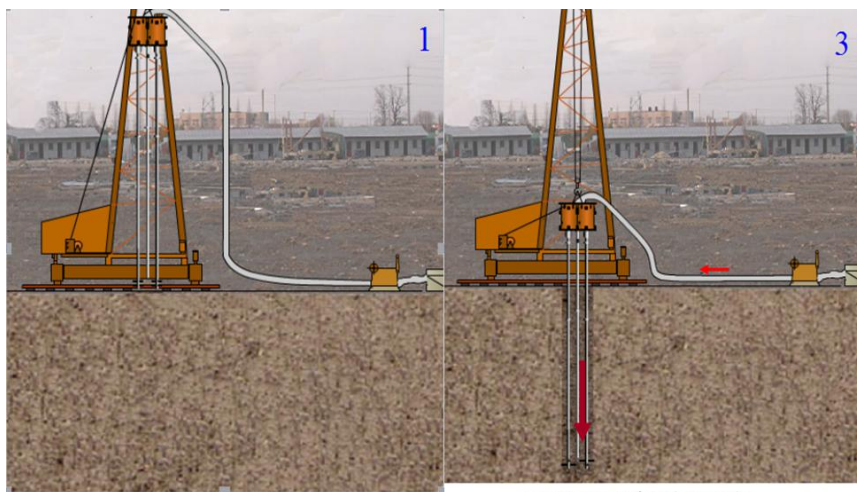


5) 重力式水泥土挡墙

用搅拌机械将水泥、石灰等和地基土

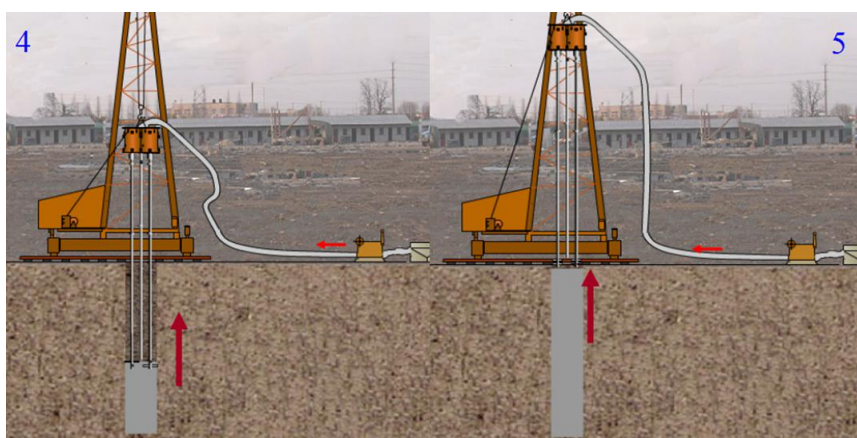
拌合，加固地基。





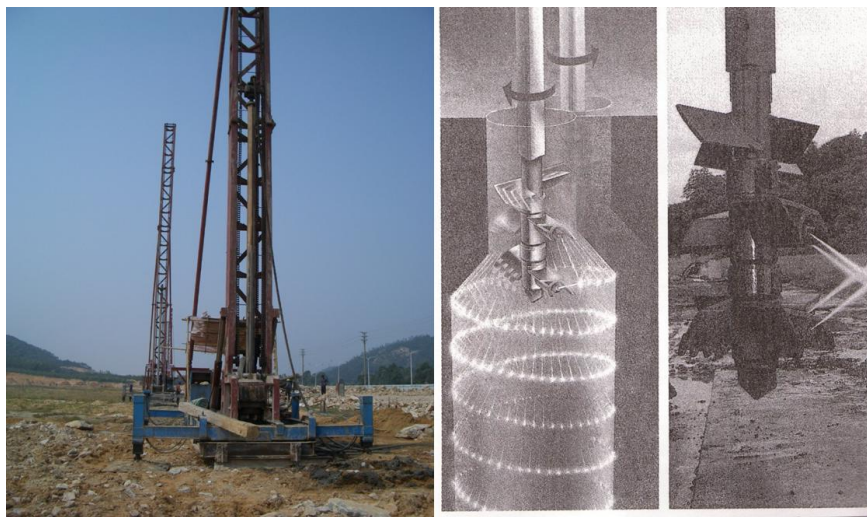
桩架定位

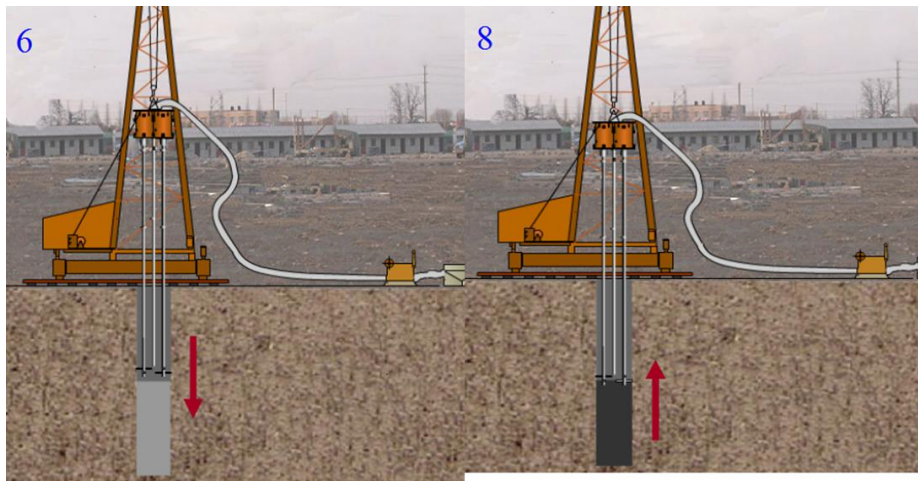
下沉至底并压浆



喷浆搅拌上升

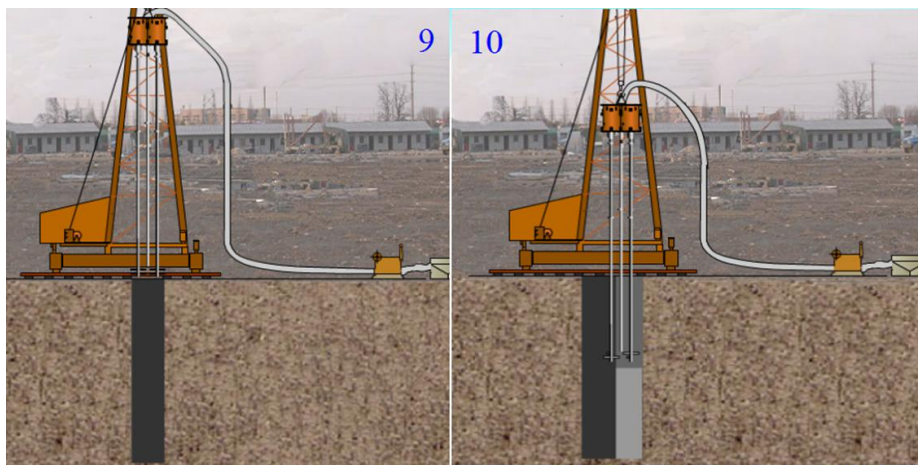
喷浆搅拌上升





重复搅拌下沉

重复搅拌上升



成桩

移机，重复前面过程

6) 地下连续墙



导墙开挖



导墙钢筋绑扎



导墙混凝土浇筑



导墙结构支撑



成槽开挖



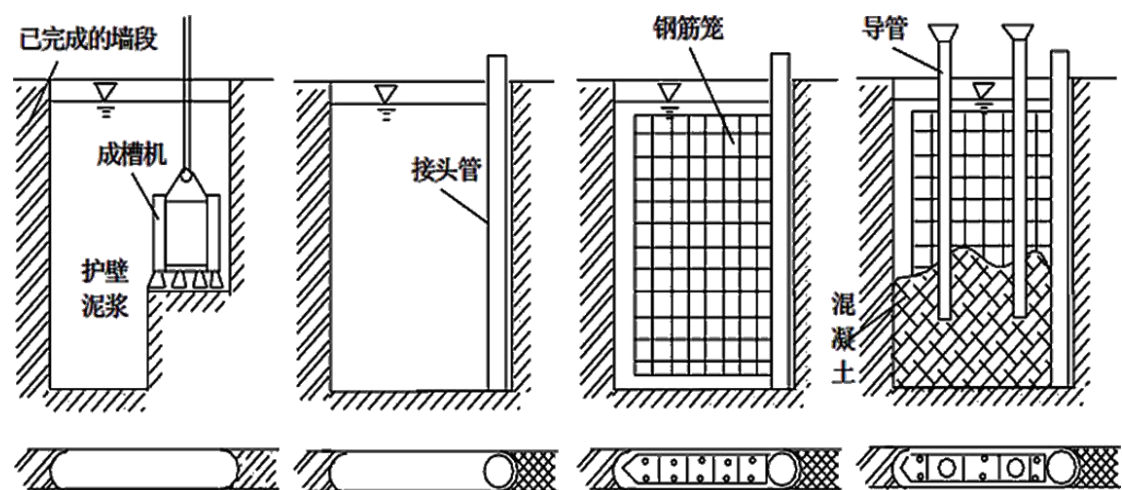
钢筋笼起吊



钢筋笼入槽



混凝土浇筑



a) 开挖槽段 b) 放入接头管 c) 下入钢筋笼 d) 下导管及浇注混凝土

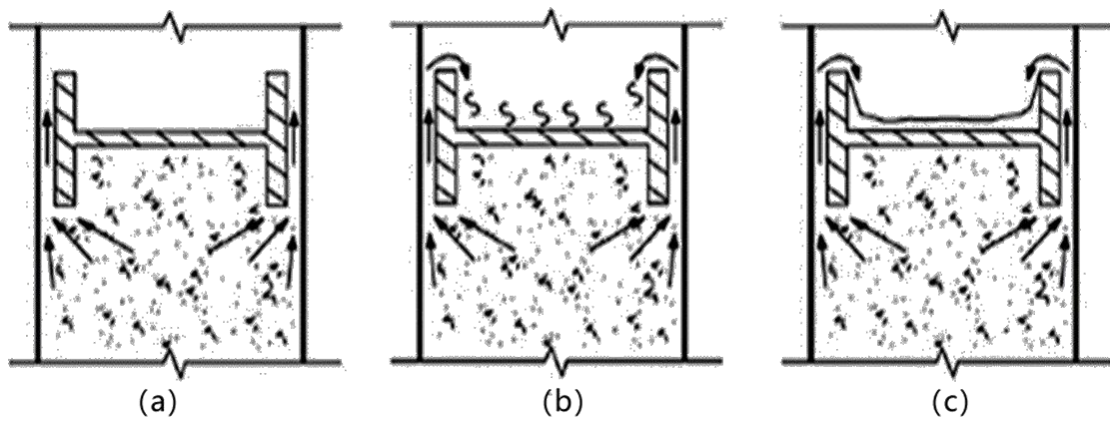
地下连续墙优点：

施工时振动小、噪声低，墙体刚度大，对周边地层扰动小；可适用于多种土层，除夹有孤石、大颗粒卵砾石等局部障碍物时影响成槽效率外，对黏性土、无黏性土、卵砾石层等各种地层均能高效成槽。



地下连续墙的槽段接头应按下列原则选用：

- ①地下连续墙宜采用圆形锁口管接头、波纹管接头、楔形接头、工字钢接头或混凝土预制接头等柔性接头；
- ②当地下连续墙作为主体地下结构外墙，且需要形成整体墙体时，宜采用刚性接头；刚性接头可采用一字形或十字形穿孔钢板接头、钢筋承插式接头等。



导墙是控制挖槽精度的主要构筑物，导墙结构应建于坚实的地基之上，其主要作用有：

①挡土；②基准作用；③承重；④存蓄泥浆。





确定导墙形式时应考虑下列因素：

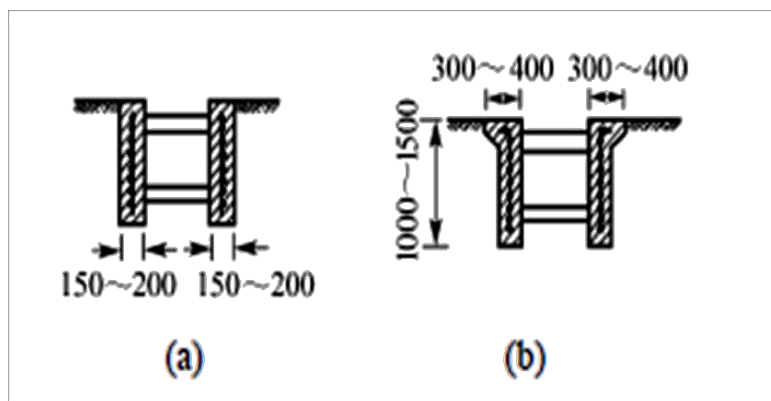
开挖范围的地质条件，荷载情况，

地下连续墙施工时对邻近建（构）筑物可能产生的影响，地下水状况。

当施工作业面在地面以下（如在路面以下施工）时还要考虑对先施工临时支护结构的影响。

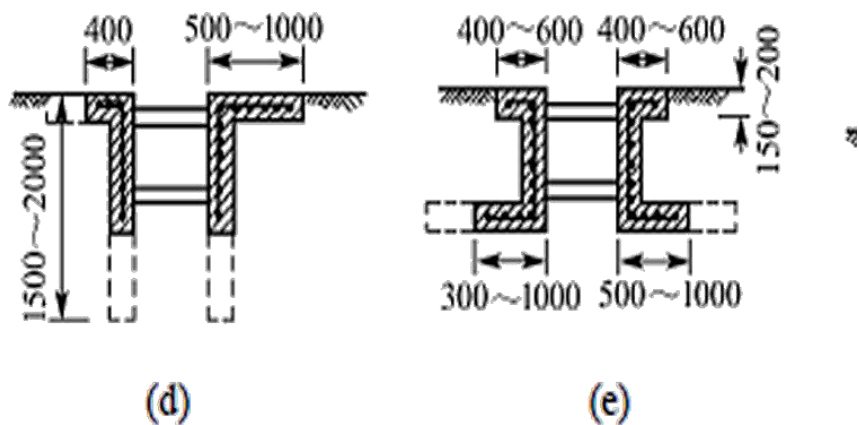
地下连续墙导墙形式：

（a）（b）为最简单的断面形状，一般在导墙上的荷载不大，表层地基土良好（如密实的黏土）的工程中采用。



地下连续墙导墙形式：

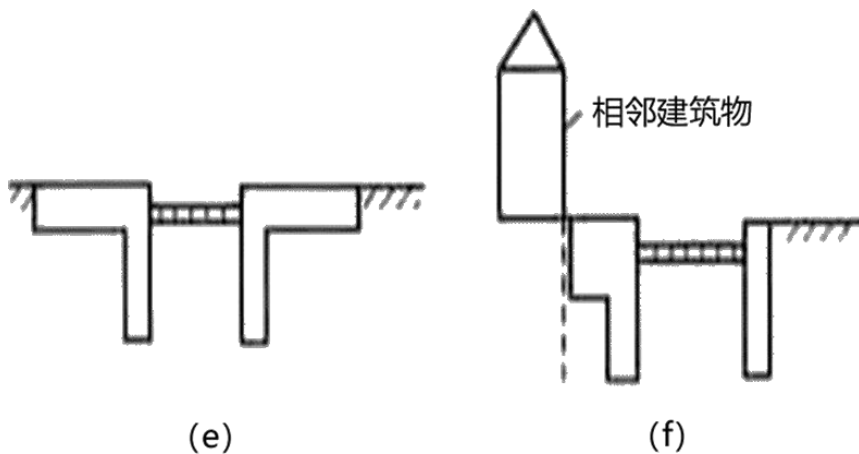
（c）（d）为一般在表层地基土强度不够，特别是易坍塌的砂土或回填土地基的工程中采用；需将导墙做成 L 形或上下两端都向外伸出的“C”形。



地下连续墙导墙形式：

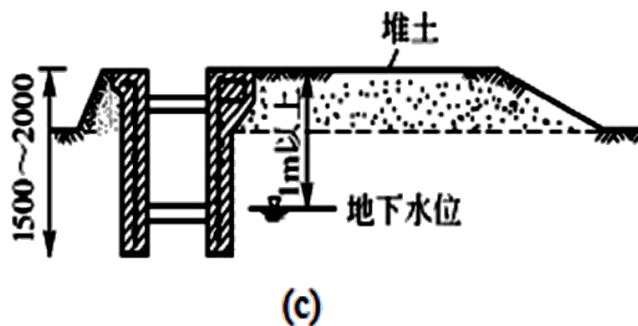
(e) 适用于作用在导墙上荷载很大的情况，可根据荷载计算其伸出部分的长度

(f) 适用于相邻建筑物一侧需加强的情况，以保护建筑物。



地下连续墙导墙形式：

(g) 一般在地下水位高而又难以用井点排水降低水位的工程中采用；制作顶端高出地面的导墙，确保泥浆液面高于地下水位 1.0m 以上，一般在导墙的周边堆土至导墙的上边缘。



在开挖过程中，为保证槽壁的稳定，采用特制的泥浆护壁。泥浆应根据地质和地面沉降控制要求经试配确定，并在泥浆配制和挖槽施工中对泥浆的相对密度、黏度、含砂率和 pH 值等

主要技术性能指标进行检验和控制。

粘度测试



比重测试



含砂率测试



PH值测试



6) 地下连续墙

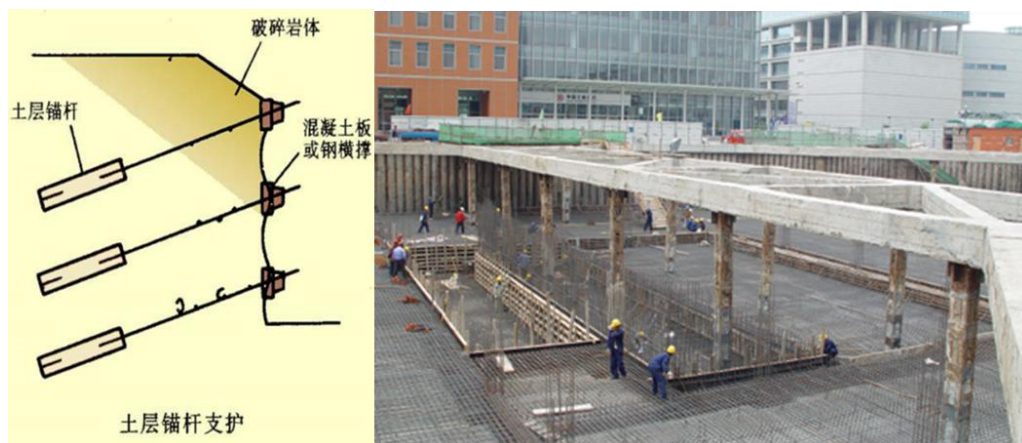


二、支撑结构类型

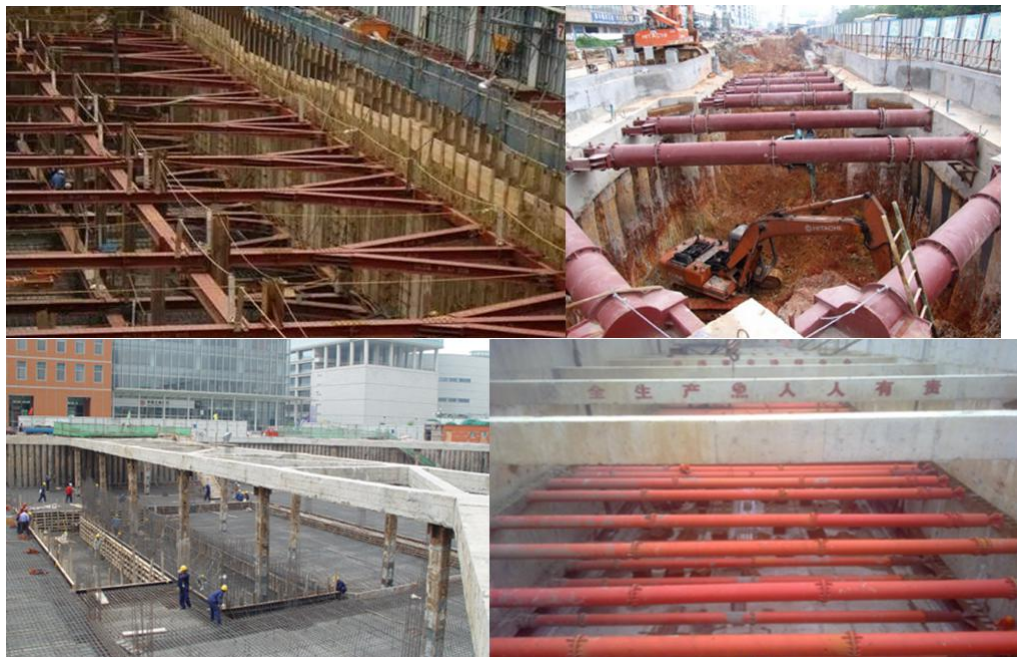
（一）支撑结构体系

（1）①内支撑：钢支撑（型钢撑、钢管撑）、钢筋混凝土支撑、钢或钢筋混凝土混合支撑。

②外拉锚：土锚、拉锚。



①内支撑：钢支撑（型钢撑、钢管撑）、钢筋混凝土支撑、钢或钢筋混凝土混合支撑。



（一）支撑结构体系

（2）支撑结构挡土的应力传递路径

土、水压力→围护（桩）墙→围檩（冠梁）→支撑。



(3) 两类内支撑体系的形式和特点

①现浇钢筋混凝土——混凝土结硬后刚度大，变形小，强度的安全、可靠性强，施工方便，但支撑浇制和养护时间长，围护结构处于无支撑的暴露状态的时间长、软土中被动土压区土体位移大，如控制变形有较高要求时，需对被动土压区软土加固。施工工期长，拆除困难，爆破拆除对周围环境有影响。



②钢结构——装、拆除施工方便，可周转使用，支撑中可加预应力，可调整轴力而有效控制围护墙变形；施工工艺要求较高，如节点和支撑结构处理不当，或施工支撑不及时、不准确，会造成失稳。



三、边坡防护

（一）基坑边（放）坡

（1）地质条件、现场条件等允许时，通常采用放坡开挖基坑形式修建地下工程或构筑物的地下部分。此时保持基坑边坡的稳定是非常重要的，当基坑边坡土体中的剪应力大于土体的抗剪强度时，边坡就会失稳坍塌。

（2）基坑放坡基本要求

分级放坡时，宜设置分级过渡平台。

分级过渡平台的宽度应根据土（岩）质条件、放坡高度及施工场地条件确定，对于岩石边坡不宜小于 0.5m，对于土质边坡不宜小于 1.0m。

下级放坡坡度宜缓于上级放坡坡度。

（4）护坡措施

放坡开挖时应及时作好坡脚、坡面的防护措施。常用的防护措施有：

- 1）叠放砂包或土袋；
- 2）水泥砂浆或细石混凝土抹面；
- 3）挂网喷浆或混凝土；
- 4）其他措施：包括锚杆喷射混凝土护面、塑料膜或土工织物覆盖坡面等。

【归纳】放坡基坑稳定措施

(1) 坡顶卸载

禁止在基坑边坡坡顶较近范围内堆放土方和其他材料，停放或行驶较大的施工机具。

(2) 边坡

①坡度

严格按设计坡度进行边坡开挖，边坡随挖随刷，不得超挖，不得挖反坡。

②护坡

A.坡面叠放砂包或土袋；

B.抹水泥砂浆护面、挂金属网喷浆或混凝土、锚杆喷射混凝土护面；

C.塑料膜或土工织物覆盖坡面等。

(3) 坡脚压重

坡脚叠放砂包或土袋。

(4) 基坑降排水（保持基底和边坡干燥）。

(5) 加强监测

严密监测坡顶位移、边坡稳定性；

当边坡有失稳迹象时，应及时采取坡顶卸荷、削坡、坡脚压载或其他措施。

(6) 缩短基坑暴露时间。

(二) 长条形基坑开挖与过程放坡

(1) 长条形基坑在开挖过程中通常考虑纵向放坡其目的是：

保证开挖安全，防止滑坡；保证出土运输方便。

(2) 坑内纵向放坡是动态的边坡，在基坑开挖过程中不断变化，其安全性在施工时往往被忽视，非常容易产生滑坡事故。软土地区发生放坡开挖工程事故，分析原因大都是由于坡度过陡、雨期施工、排水不畅、坡脚扰动等因素引起。

1K413023 基坑（槽）土方开挖及基坑变形控制

一、基本要求

（2）发生下列异常情况时，应立即停止开挖，并应立即查清原因和及时采取措施后，方可继续施工：

- 1）支护结构变形达到设计规定的控制值或变形速率持续增长且不收敛。
- 2）支护结构的内力超过其设计值或突然增大。
- 3）围护结构或止水帷幕出现渗漏，或基坑出现流土、管涌现象。
- 4）开挖暴露出的基底出现明显异常（包括黏性土时强度明显偏低或砂性土层水位过高造成开挖施工困难）。
- 5）围护结构发生异常声响。
- 6）边坡或支护结构出现失稳征兆。
- 7）基坑周边建（构）筑物等变形过大或已经开裂。

三、基坑的变形控制

（一）基坑变形特征

1.土体的变形

2.围护结构水平变形

3.围护结构竖向变位

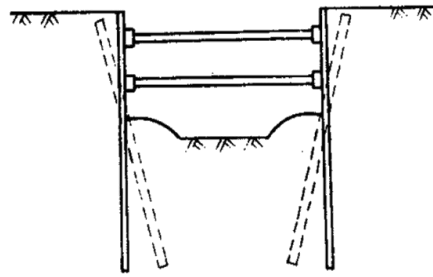
4.基坑底部的隆起

5.地表沉降

2.围护结构水平变形

①当基坑开挖较浅，还未设支撑时，不论对刚性墙体（如水泥土搅拌桩墙、旋喷桩墙等）还是柔性墙体（如钢板桩、地下连续墙等），均表现为墙顶位移最大，向基坑方向水平位移，

呈三角形分布。随着基坑开挖深度的增加，



②刚性墙体继续表现为向基坑内的三角形水平位移或平行刚体位移。

③而一般柔性墙如果设支撑，则表现为墙顶位移不变或逐渐向基坑外移动，墙体腹部向基坑内凸出。

4.基坑底部的隆起

随着基坑的开挖卸载，基坑底出现隆起是必然的，但过大的坑底隆起往往是基坑险情的征兆。

基坑底部过大隆起的原因：

（1）基坑底不透水土层由于自重不能够承受下方承压水水头压力而产生突然隆起；

（2）由于围护结构插入基坑底土层深度不足而产生坑内土体隆起破坏；

（二）基坑的变形控制

（2）控制基坑变形的主要方法

1）增加围护结构和支撑的刚度；

2）增加围护结构的入土深度；

3）加固基坑内被动土压区土体；

4）减小每次开挖围护结构处土体的尺寸和开挖后未及时支撑的暴露时间；

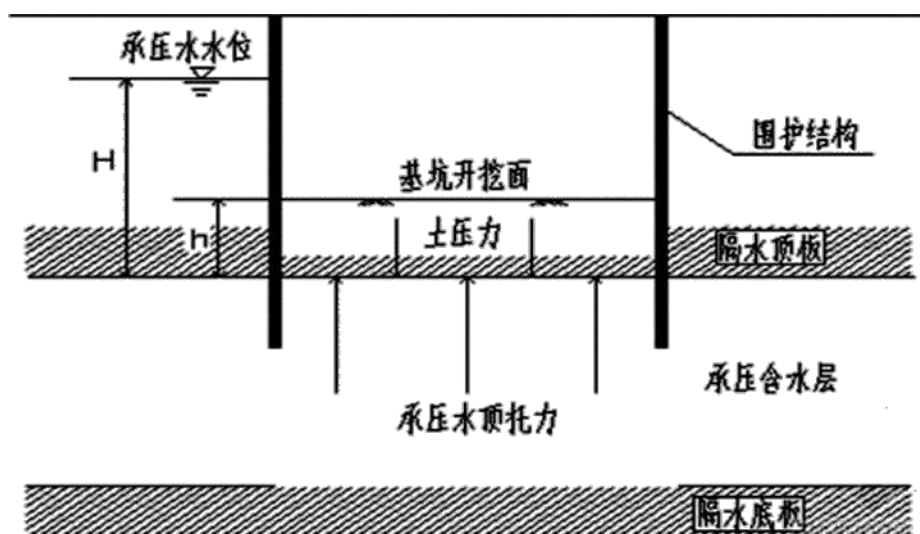
5）通过调整围护结构深度和降水井布置来控制降水对环境变形的影响。

（三）坑底稳定控制

（1）保证深基坑坑底稳定的方法有加深围护结构入土深度、坑底土体加固、坑内井点降水

等措施。

(2) 适时施作底板结构。



1K413000 城市轨道交通工程

1K413020 明挖基坑施工：

1K413021 地下水控制

1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

1K413023 基槽土方开挖及基坑变形控制

1K413024 地基加固处理方法

1K413024 地基加固处理方法

一、地基加固处理作用与方法选择

(一) 基坑地基加固的目的

(1) 基坑地基按加固部位不同，分为基坑内加固和基坑外两种。

(2) 基坑外加固的目的主要是止水，有时也可减少围护结构承受的主动土压力。

(3) 基坑内加固的目的主要有：

提高土体的强度和土体的侧向抗力，

减少围护结构位移，

保护基坑周边建筑物及地下管线；

防止坑底土体隆起破坏；

防止坑底土体渗流破坏；

弥补围护墙体插入深度不足等。

【技巧】

土体：强度↑、侧向抗力↑、防隆起、防渗流；

围护结构：位移↓、弥补深度不足；

周边建（构）筑物、地下管线：保护。

（二）基坑地基加固的方式

（1）按平面布置形式分类，基坑内被动土压区加固形式：

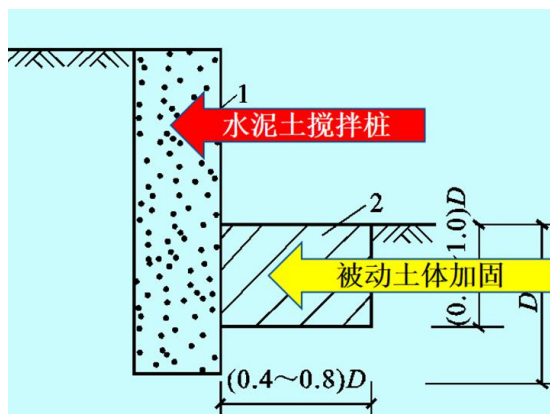
①墩式加固：土体加固布置在基坑周边阳角位置或跨中区域。

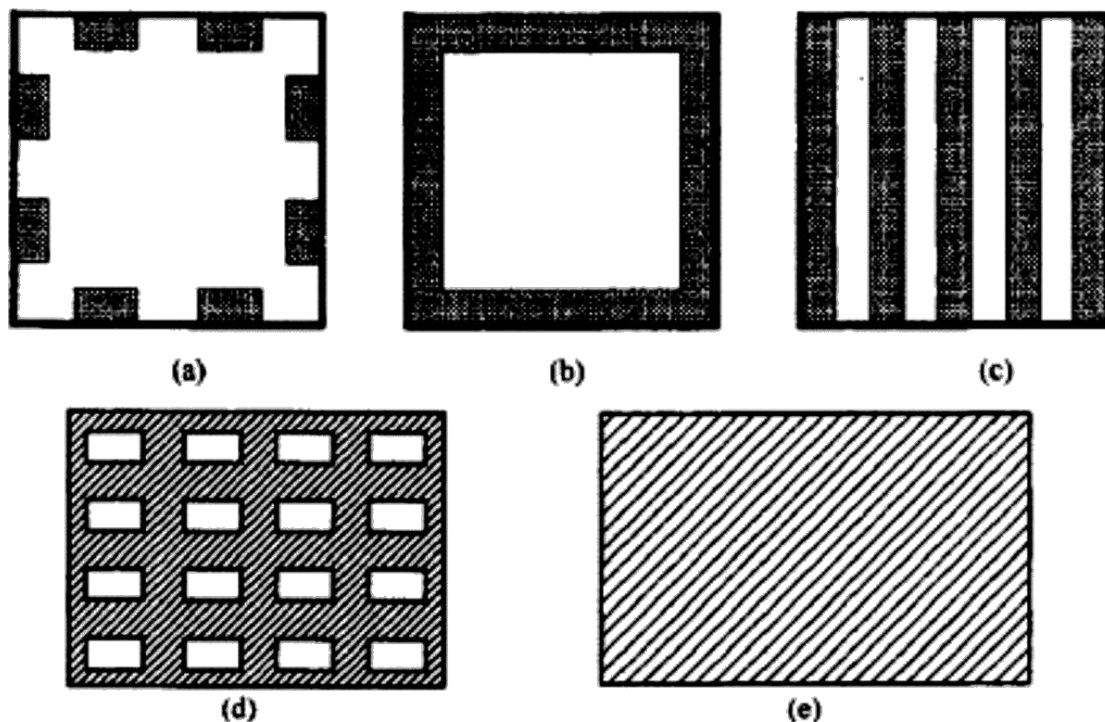
②抽条加固：长条形基坑。

③裙边加固：基坑面积较大。

④格栅式加固：地铁车站的端头井。

⑤满堂加固：环境保护要求高，或为了封闭地下水。





（2）换填材料加固处理法

适用于较浅基坑。

（3）水泥土搅拌、高压喷射注浆、注浆或其他方法对地基掺入一定量的固化剂或使土体固结适用于深基坑。

二、常用方法与技术要点

（一）注浆法

（3）注浆工艺

注浆方法	适用范围
渗透注浆	只适用于中砂以上的砂性土和有裂隙的岩石 适用于碎石土、砂卵石填料的路基
劈裂注浆	适用于低渗透性的土层
压密注浆	常用于中砂地基，黏土地基中若有适宜的排水条件也可采用。如遇排水困难而可能在土体中引起高孔隙水压力时，就必须采用很低的注浆速率。压密注浆可用于非饱和的土体，以调整不均匀沉降以及在大开挖或隧道开挖时对邻近土进行加固
电动化学注浆	地基土的渗透系数 $k < 10^{-4} \text{cm/s}$ ，只靠一般静压力难以使浆液注入土的孔隙的地层

（二）水泥土搅拌法

(1) 分类

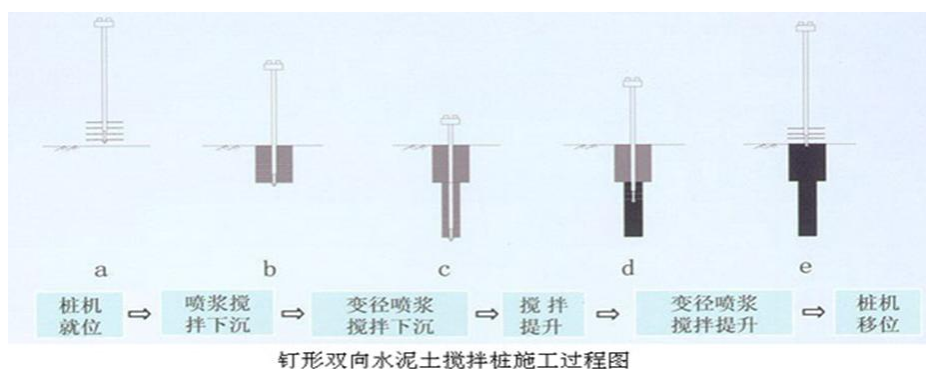
①浆液搅拌；

②粉体喷射搅拌。

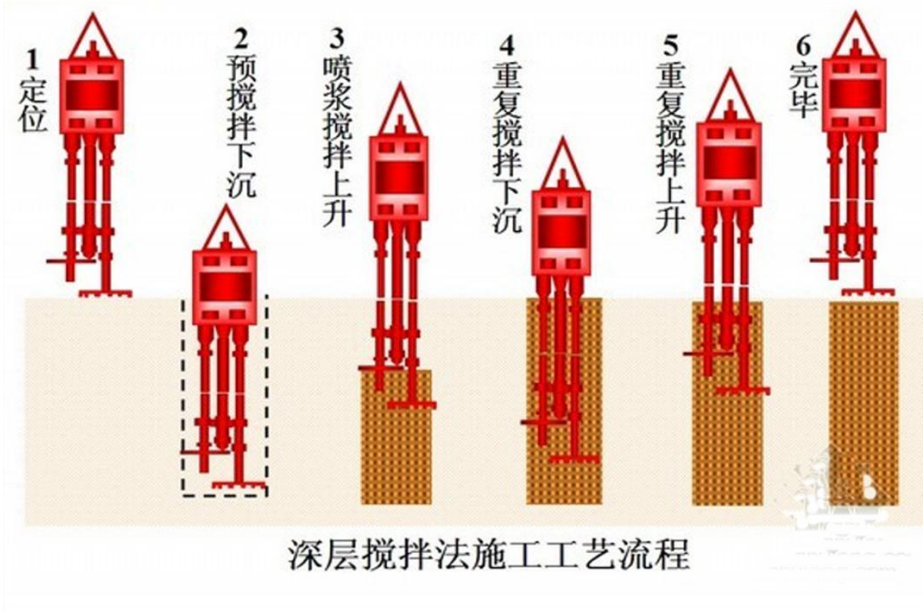


(2) 水泥土搅拌法适用于加固淤泥、淤泥质土、素填土、黏性土(软塑和可塑)、粉土(稍密、中密)、粉细砂(稍密、中密)、中粗砂(松散、稍密)、饱和黄土等土层。

不适用于含有大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土、欠固结的淤泥和淤泥质土、硬塑及坚硬的黏性土、密实的砂类土，以及地下水影响成桩质量的土层。



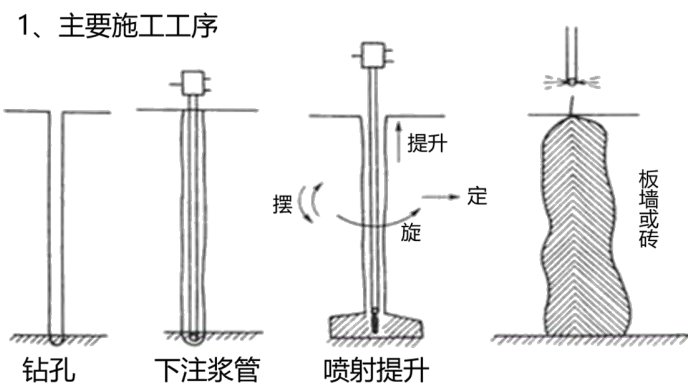
水泥土搅拌桩施工步骤：

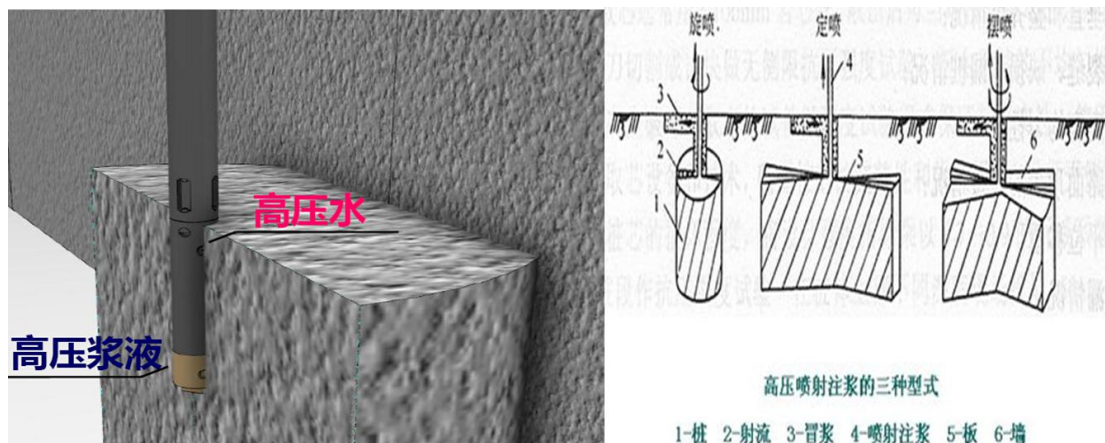


（三）高压喷射注浆法

（1）高压喷射注浆法对淤泥、淤泥质土、黏性土（流塑、软塑和可塑）、粉土、砂土、黄土、素填土和碎石土等地基都有良好的处理效果。但对于硬黏性土，含有较多的块石或大量植物根茎的地基，因喷射流可能受到阻挡或削弱，冲击破碎力急剧下降，切削范围小或影响处理效果。对于含有过多有机质的土层，其处理效果取决于固结体的化学稳定性。

高压喷射注浆步骤：





(3) 高压喷射有旋喷（固结体为圆柱状）、定喷（固结体为壁状）和摆喷（固结体为扇状）

等三种基本形状，它们均可用下列方法实现：

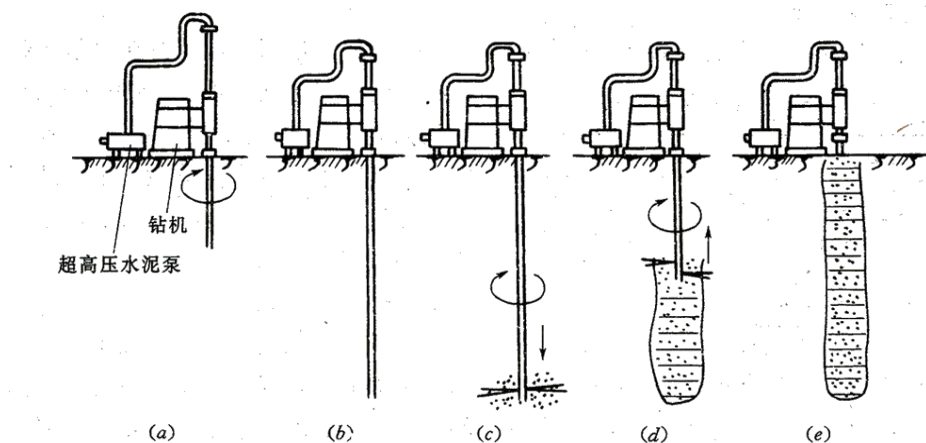
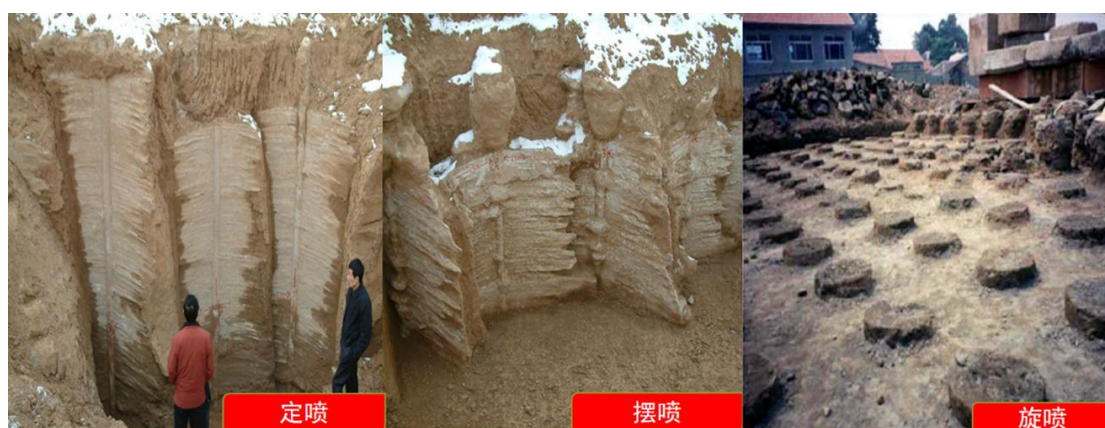


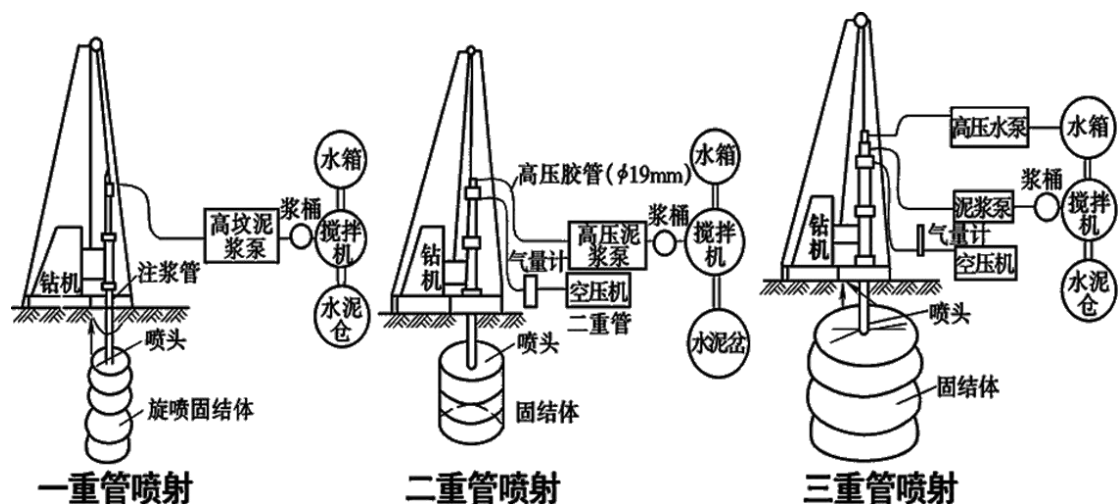
图 11-7 旋喷法施工流程图
(a) 定位，钻进；(b) 钻至预定深度；(c) 开始旋喷；(d) 边旋喷边提升；(e) 旋喷结束成桩



1) 单管法：喷射高压水泥浆液一种介质；有效处理范围最小。

2) 双管法：喷射高压水泥浆液和压缩空气两种介质；有效处理范围居中。

3) 三管法：喷射高压水流、压缩空气及水泥浆液三种介质；有效处理范围最大。



(5) 高压喷射注浆的工艺流程

钻机就位→钻孔→置入注浆管→高压喷射注浆→拔出注浆管。

施工结束后应立即对机具和孔口进行清洗。

在高压喷射注浆过程中出现

①压力骤然下降、②上升或③冒浆异常时应查明原因并及时采取措施。

1K420150 明挖基坑施工安全事故预防 P429

1K420151 防止基坑坍塌、淹没的安全措施

1K420152 开挖过程中地下管线的安全保护措施

1K420151 防止基坑坍塌、淹没的安全措施

一、明挖基坑安全控制特点

(一) 基坑工程安全风险

基坑工程施工过程中的主要风险是基坑坍塌和淹埋 ,防止基坑坍塌和淹埋是基坑施工的重要任务。



（二）基坑开挖安全技术措施

1.基坑边坡和支护结构的确定方法

①根据土的分类和力学指标、开挖深度等确定边坡坡度

②根据土质、地下水情况及开挖深度等确定支护结构方法（采用支护开挖时）。



2.基坑周围堆放物品的规定：

（1）支护结构施工与基坑开挖期间，支护结构达到设计强度要求前，严禁在设计预计的滑裂面范围内堆载

（2）支撑结构上不应堆放材料和运行施工机械。

（3）材料堆放、挖土顺序、挖土方法等应减少对周边环境、支护结构、工程桩等的不良影响。

（4）基坑开挖的土方不应在邻近建筑及基坑周边影响范围内堆放，并应及时外运。

（5）基坑周边必须进行有效防护，并设置明显的警示标志；基坑周边要设置堆放物料的限重牌，严禁堆放大量的物料。

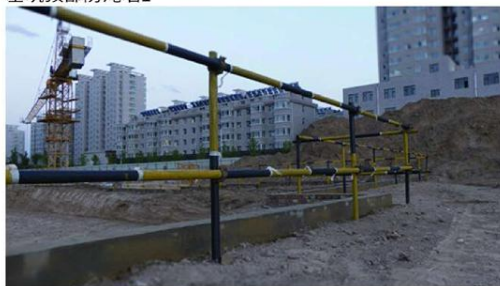
(6) 建筑物周围 6m 以内不得堆放阻碍排水的物品或垃圾，保持排水畅通。

(7) 开挖料运至指定地点堆放。

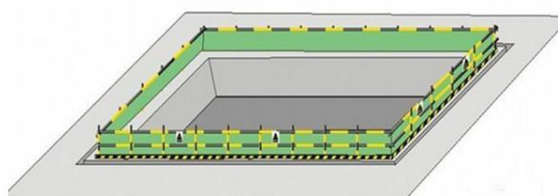
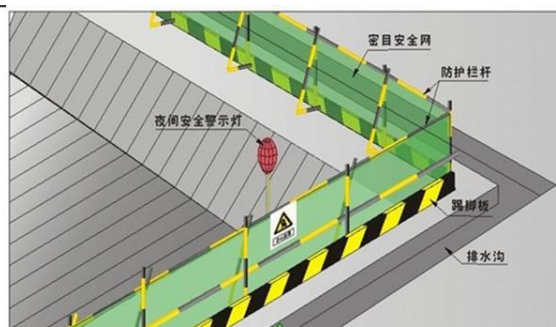
【基坑知识点补充】



基坑顶部防淹墙1



基坑顶部防淹墙2



基坑临边防护示意

3.做好降水措施，确保基坑开挖期间的稳定。

4.控制好边坡。

5.严格按设计要求开挖和支护

支护与挖土要密切配合，严禁超挖。

6.及时分析监测数据，做到信息化施工

二、应急预案与保证措施

(二) 抢险支护与堵漏

(2) 围护结构缺陷造成的渗漏一般采用下面方法处理：

①在缺陷处插入引流管引流，然后采用双快水泥封堵缺陷处，等封堵水泥形成一定强度后再关闭导流管。

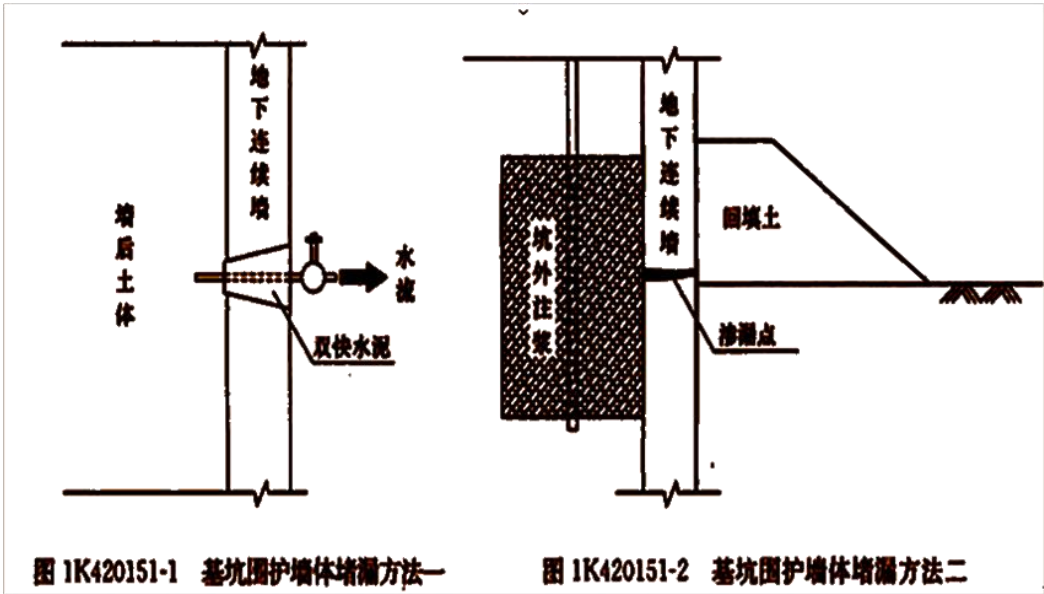
②如果渗漏较为严重时直接封堵困难时，则应首先在坑内回填土封堵水流，然后在坑外打孔

灌注聚氨酯或双液浆等封堵渗漏处，封堵后再继续向下开挖基坑。

【知识总结】

①若渗漏一般：缺陷处引流管引流→双快水泥封堵缺陷；

②若渗漏严重：坑内回填土堵水→坑外打孔注浆堵漏。



（3）基坑支护结构出现变形过大或较为危险的“踢脚”变形时，可以采用坡顶卸载，适当增加内支撑或锚杆，被动土压区堆载或注浆加固等处理措施。

（4）基坑出现整体或局部土体滑塌时，应在可能条件下降低土中水位，并进行坡顶卸载，加强未滑塌区段的监测和保护，严防事故继续扩大。

（5）基坑坍塌或失稳征兆已经非常明显时，必须果断采取回填土、砂或灌水等措施，然后再进一步采取应对措施，以防止险情发展成事故。

1K420150 明挖基坑施工安全事故预防 P429

1K420151 防止基坑坍塌、淹没的安全措施

1K420152 开挖过程中地下管线的安全保护措施

1K420152 开挖过程中的地下管线的安全保护措施

一、施工准备阶段

（一）工程地质条件及现况管线调查

（1）进场后应依据建设方提供的工程地质勘察报告、基坑开挖范围内及影响范围内的各种管线、地面建筑物等有关资料，查阅有关专业技术资料，掌握管线的施工年限、使用状况、位置、埋深等数据信息。



（2）对于①资料反映不详、②与实际不符或③在资料中未反映管线真实情况的，应向规划部门、管线管理单位查询，必要时在管理单位人员在场情况下进行坑探查明现状。

（4）将调查的管线、地下建（构）筑物的位置埋深等实际情况按照比例标注在施工平面图上，并在现场做出醒目标志。



（三）现况管线改移、保护措施

（1）对于基坑开挖范围内的管线，与建设单位、规划单位和管理单位（管线主管部门）协商确定管线

①拆迁、②改移和③悬吊加固措施。



（3）开工前，由建设单位召开工程范围内有关地上建（构）筑物、地下管线、人防、地铁等设施管理单位的调查配合会，由产权单位指认所属设施及其准确位置，设明显标志。

（4）在施工过程中，必须设专人随时检查地下管线、维护加固设施，以保持完好。

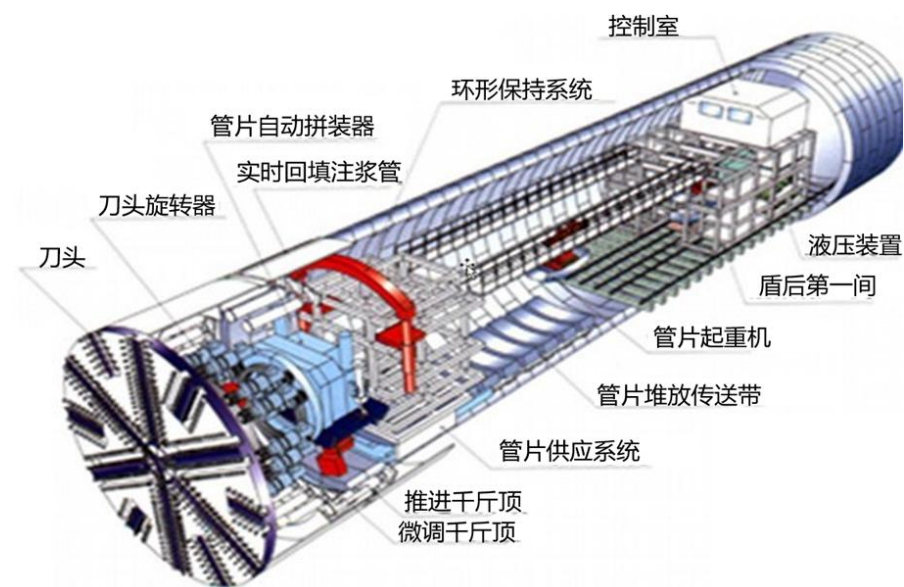
管线调查保护总结（案例）

- 1.查阅管线资料；
- 2.向建设单位、管线产权、管理单位查询；
- 3.必要时由建设单位组织相关单位参加调查配合会；
- 4.施工单位在相关单位的现场监督下进行坑探查明；
- 5.对管线进行拆改保护（方法：改移、支架、暴露、打管外护桩，编制应急措施）；
- 6.将管线位置、高程标在施工图纸上；
- 7.在现场管线位置做好标志；
- 8.现场专人检查、监督；
- 9.监控量测，及时反馈指导施工；

10.应急预案。

1K413000 城市轨道交通工程

1K413030 盾构法施工



本目内容：

1K413031 盾构机选型要点

1K413032 盾构施工条件与现场布置

1K413033 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

1K413034 盾构掘进技术

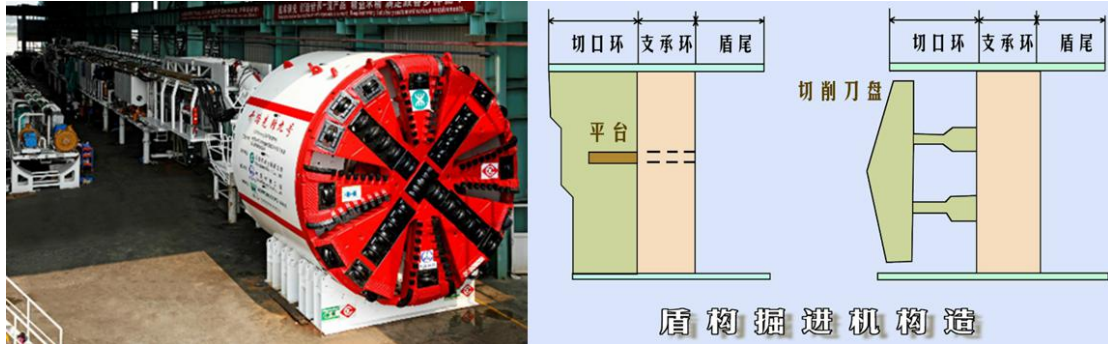
1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

1K413031 盾构机选型要点

一、盾构类型与适用条件

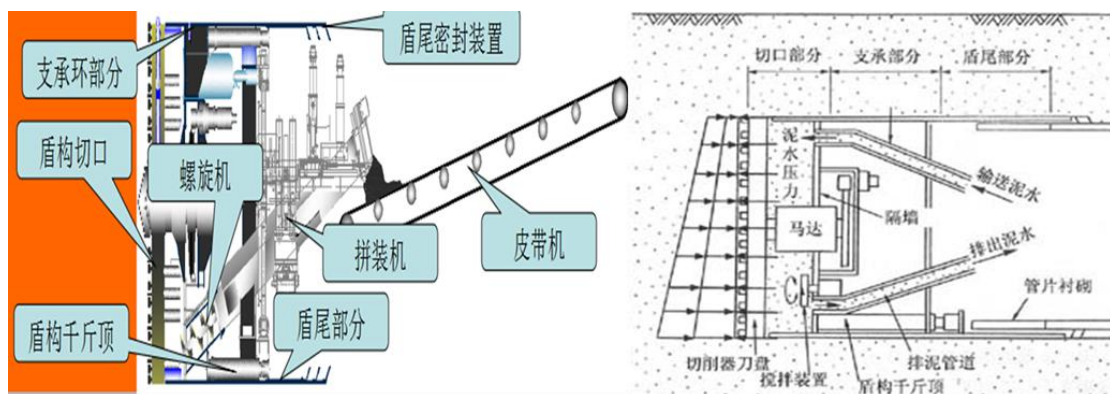
(一) 盾构类型

(2) 按开挖面是否封闭划分，可分为密闭式和敞开式两类。



(2) 按平衡开挖面土压与水压的原理不同，密闭式盾构又可分为土压式（常用泥土压式）和泥水式两种。

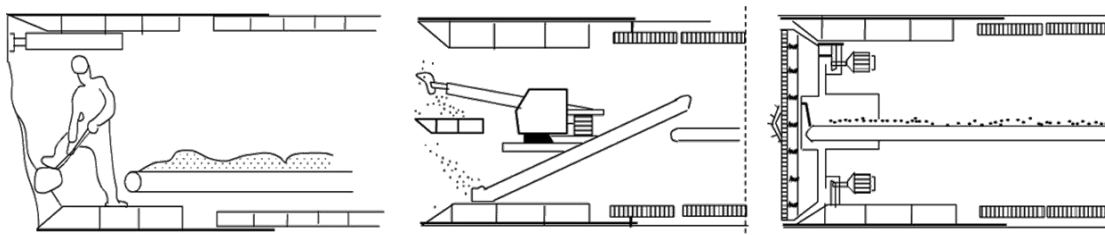
【补充】泥水式盾构的直径比土压式盾构大——过江隧道直径大，多用泥水平衡盾构机；地铁隧道直径小，一般 5~8m，多用土压平衡盾构机。



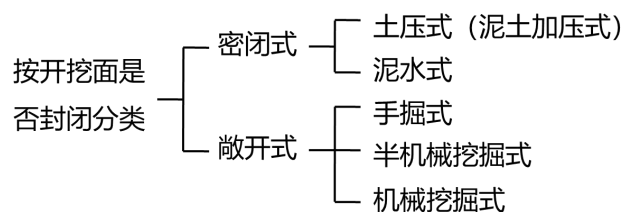
土压平衡盾构机：



(2) 敞开式盾构按开挖方式划分，可分为手掘式、半机械挖掘式和机械挖掘式三种。



(2) 按开挖面是否封闭分类



(二) 盾构机的刀盘配置

刀盘具有三大功能：



(1) 开挖功能。刀盘旋转时，刀具切削隧道掌子面的土体，对开挖面的岩土层进行开挖，开挖后的渣土通过刀盘的开口进入土仓。

(2) 稳定功能。支撑开挖面，具有稳定开挖面的功能。

(3) 搅拌功能。对于土压平衡盾构，刀盘对土仓内的渣土进行搅拌，使渣土具有一定的塑性、流动性。

1K413034 盾构掘进技术

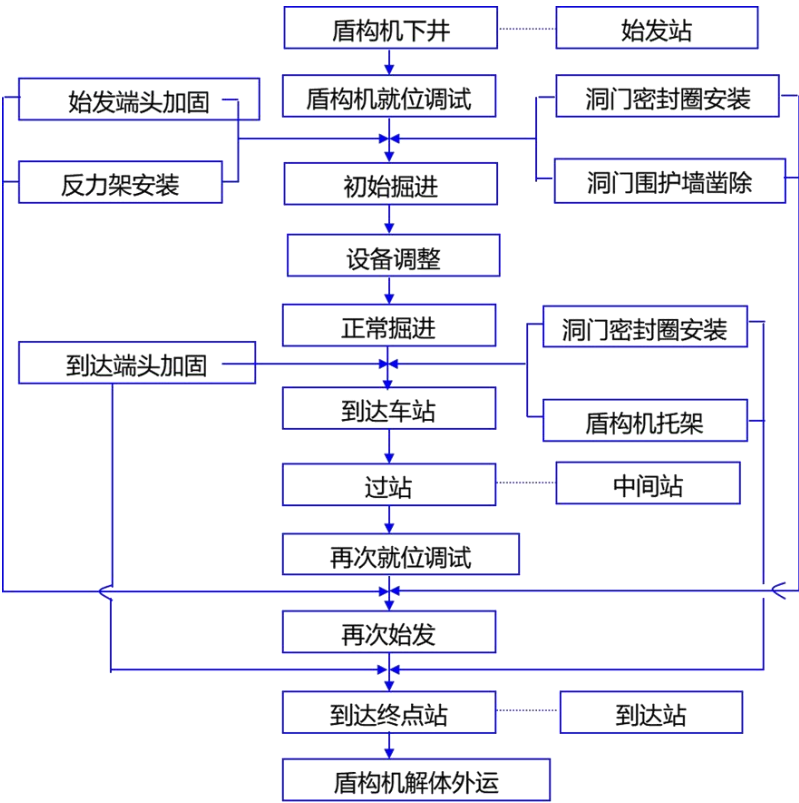
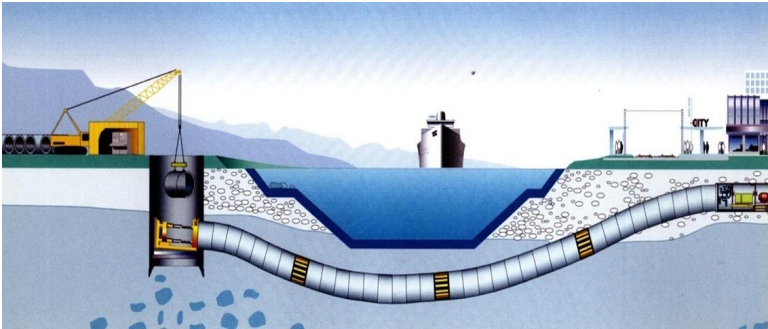
1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

1K413032 盾构施工条件与现场布置

一、盾构法施工条件

(一) 盾构法施工适用条件与施工准备

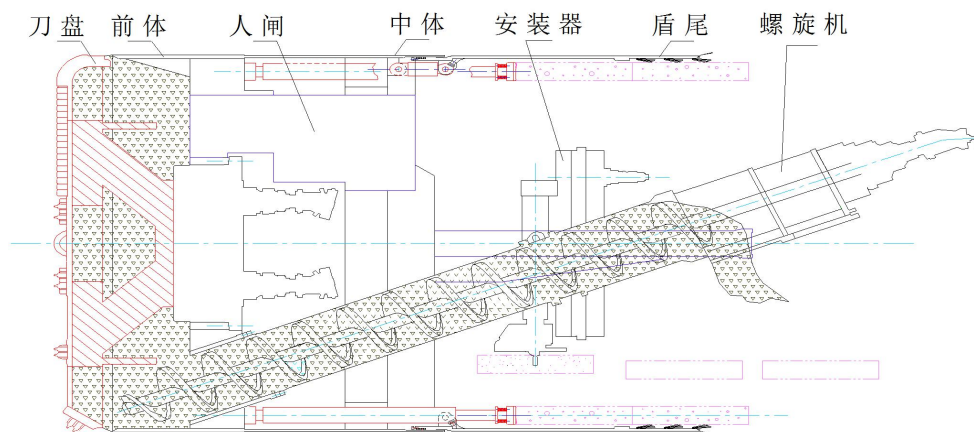
(2) 隧道埋深：隧道应有足够的埋深，覆土深度不宜小于 1D（洞径）。采用压气施工法和泥水加压盾构时，隧道覆土太浅，有冒顶的可能性；覆土最大也有限制，取决于盾构对地下水水的抵御能力和衬砌的防水性能。



盾构掘进流程：

准备工作→转动刀盘→启动次级运输系统(皮带机)→启动推进千斤顶→启动首级运输系统
(螺旋机)→停止掘进→安装管片→回填注浆→准备下一环掘进，

【总结】开挖→出土→拼装→注浆



(二) 施工准备

1.前期调查

- (1) 施工前，应对施工地段的工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应补充地质勘察。
- (2) 对工程影响范围内的地面建（构）筑物应进行现场踏勘和调查，对需加固或基础托换的建（构）筑物应进行详细调查，必要时应进行鉴定，并应提前作好施工方案。
- (3) 对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线等应进行调查，必要时应进行探查。
- (4) 根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。
- (5) 盾构设备用电进行条件调查。

2.技术准备

隧道施工前，应具备系列资料：

- (1) 工程地质和水文地质勘察报告
- (2) 隧道沿线环境、建（构）筑物、地下管线和障碍物等的调查情况

(3) 施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件

(4) 工程施工有关合同文件

(5) 施工组织设计

(6) 拟使用盾构的相关资料

3.工作井位置和施工方法选择

(1) 分为盾构始发工作井和接收工作井工作井位置选择要考虑不影响地面社会交通，对附近居民的噪声和振动影响较少，且能满足施工生产组织的需要。

(2) 工作井应根据地质条件和环境条件，应选择安全经济和对周边影响小的施工方法，通常采用明挖法施工。

5.掘进前准备

盾构设备组装调试完成，开始掘进施工前，应完成下列工作：

(1) 复核各工作井井位里程及坐标、洞门钢环制作精度和安装后的高程和坐标

(2) 盾构基座、负环管片和反力架等设施及定向测量数据的检查验收

(3) 管片及辅助材料储备

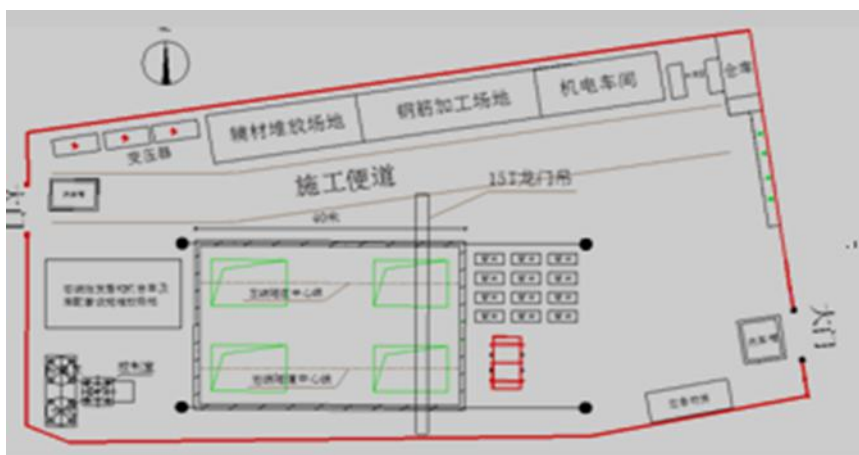
(4) 盾构掘进施工的各类报表

(5) 洞口土体加固和洞门密封止水装置检查验收

二、盾构施工现场布置

(一) 施工现场布置基本要求

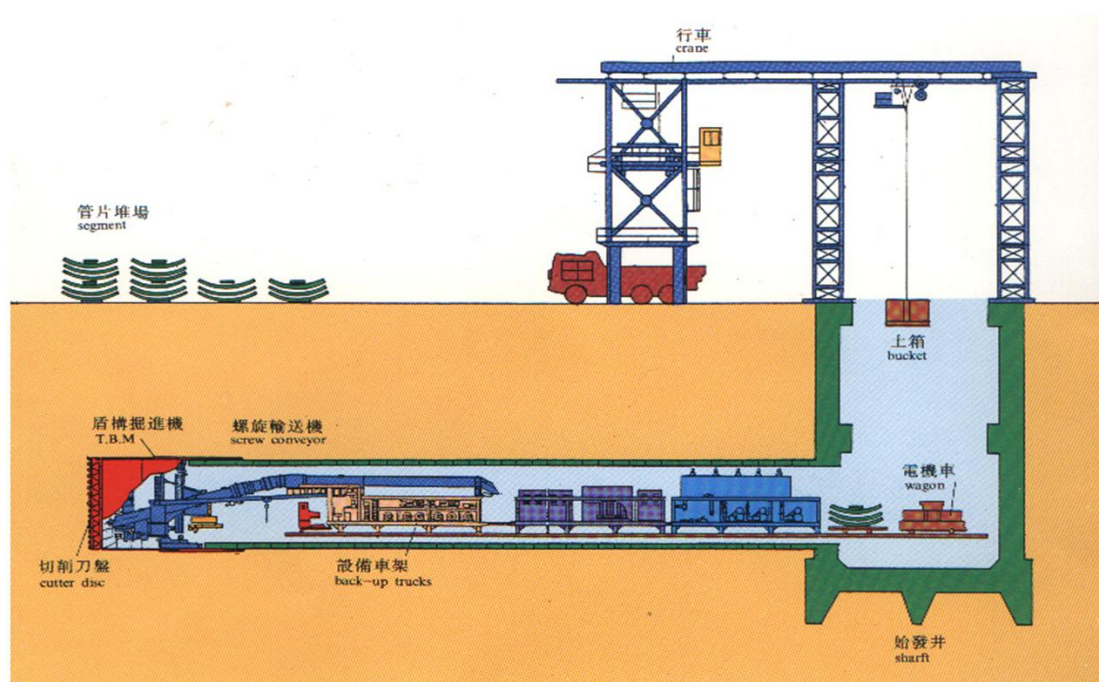
(2) 在施工用地范围内，对施工现场的道路交通、材料仓库、材料堆场、临时房屋、大型施工设备、集土（泥）坑、拌浆系统、临时水电管线、消防器材等做出合理的规划布置。



(二) 施工现场平面布置与施工设施设置

1. 施工的现场平面布置

主要包括盾构工作井、工作井防雨棚及防淹墙、垂直运输设备、管片堆场、管片防水处理场、拌浆站、料具间及机修间、同步注浆和土体改良泥浆搅拌站、两回路的变配电间等设施以及进出通道等。



2. 施工现场设置

- (1) 工作井施工需要采取降水措施时，应设相当规模的降水系统（水泵房）。
- (2) 采用气压法盾构施工时，施工现场应设置空压机房，以供给足够的压缩空气。
- (3) 采用泥水平衡盾构施工时，施工现场应设置泥浆处理系统（中央控制室）、泥浆池。

(4) 采用土压平衡盾构施工时，应设置电机车电瓶充电间等设施。

1K413030 盾构法施工

本目内容：

1K413031 盾构机选型要点

1K413032 盾构施工条件与现场布置

1K413033 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

1K413034 盾构掘进技术

1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

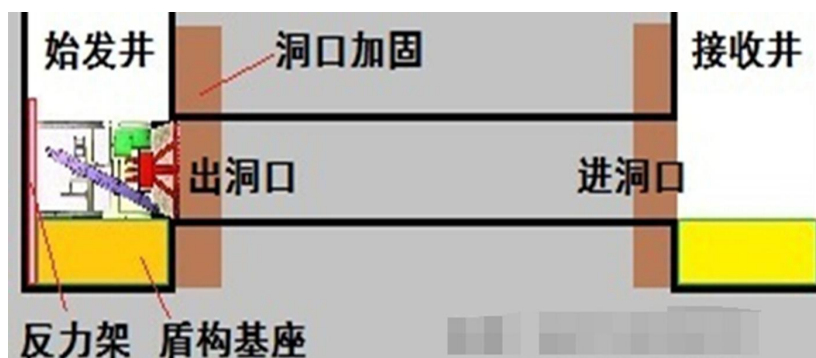
1K413033 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

一、盾构施工阶段划分

(1) 始发（出洞）；

(2) 正常掘进；

(3) 接收（进洞）。



从施工安全的角度讲，始发与接收是盾构法施工两个重要阶段。为保证盾构始发与接收施工

安全，洞口土体加固施工必须满足设计要求。

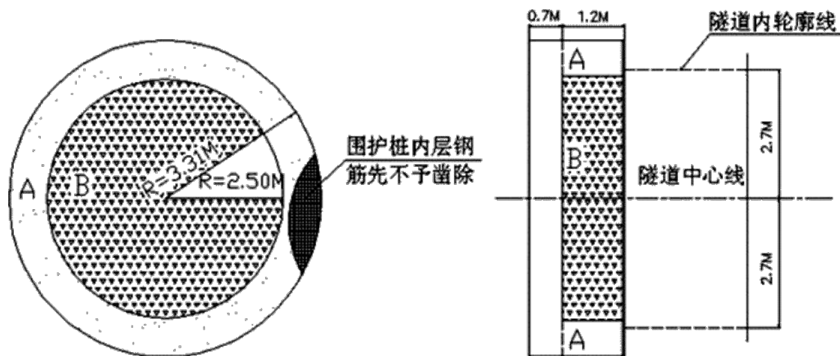


二、洞口土体加固技术

【提示】洞口土体加固应有专项方案。

（一）洞口土体加固的作用

（1）盾构从始发工作井进入地层前，首先应拆除始发工作井洞门处的围护结构，以便将盾构推入土层开始掘进；盾构到达接收工作井前，亦应先拆除洞门处工作井的围护结构，以便盾构进入接收工作井。



（一）洞口土体加固的作用

（2）拆除洞口围护结构前必须对洞口土体进行加固，通常在工作井施工过程中实施。

（3）拆除洞口围护结构及盾构掘进通过加固区域时，防止地层变形，进而引起工作井周边地面建筑物及地下管线等破坏。



（二）常用的洞口土体加固方法

（2）常用的加固有化学注浆法、砂浆回填法、深层搅拌法、高压旋喷注浆法、冷冻法等。

国内较常用的是：

- ①深层搅拌桩（广泛采用）；
- ②高压旋喷注浆法（造价高于深层搅拌桩）；
- ③冷冻法（缺点：造价高、解冻后存在沉降）。

国内较常用的是：

- ①深层搅拌桩（广泛采用）；
- ②高压旋喷注浆法（造价高于深层搅拌桩）；
- ③冷冻法（缺点：造价高、解冻后存在沉降）。



（三）洞口土体加固的风险防控和处理

（1）洞口土体加固最常见的问题有两点：

- 一是加固效果不好，造成开洞门时土体坍塌；
- 二是加固范围不当，①造成始发时水土流失；②在盾构掘进至到达工作井时，一种常见的风险事故是洞门处位于承压水地层时，由于加固体长度过短，水土沿着盾构外侧涌入到达工作井。

（2）对于加固区与始发井形成的间隙要采取有效方法封堵处理。



(3) 出现开洞门失稳现象时

①在小范围的情况下可采用边破除洞门混凝土,边利用喷素混凝土的方法对土体临空面进行封闭;

②如果土体坍塌失稳情况严重时,只有封闭洞门重新加固。

(4) 加固后地层应具有良好的均匀性和整体性;在凿除洞门后能够自稳,且具有低渗透性。

洞口土体加固完成后,应进行钻孔取芯试验以检查效果。在加固区钻水平孔和垂直孔检查渗水量,水平孔分布于盾构隧道上、下、左、右部和中心处各一个,深 8m。垂直孔在加固区前端布置 2 个孔和施工中钻孔误差较大的部位布设 1 个。检查孔使用后,采用低强度水泥砂浆封孔。

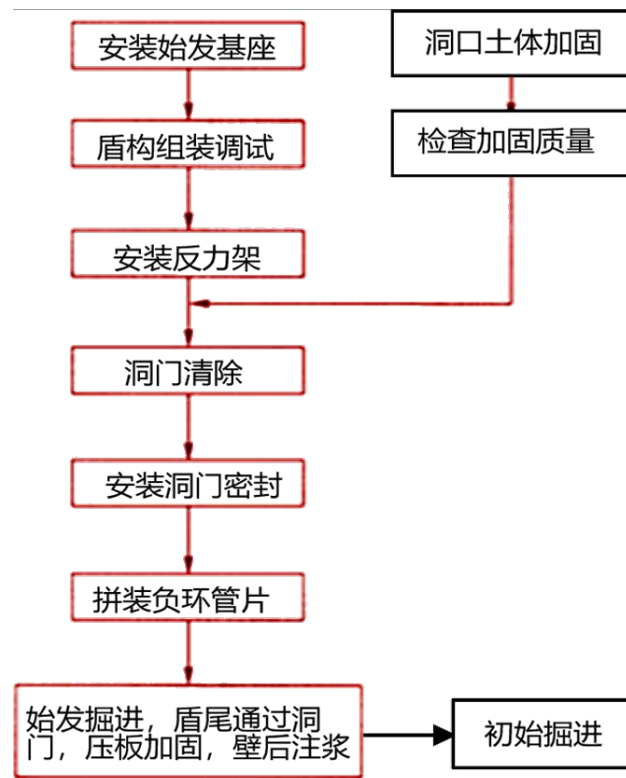


三、盾构始发施工技术要点

(一) 盾构始发施工流程



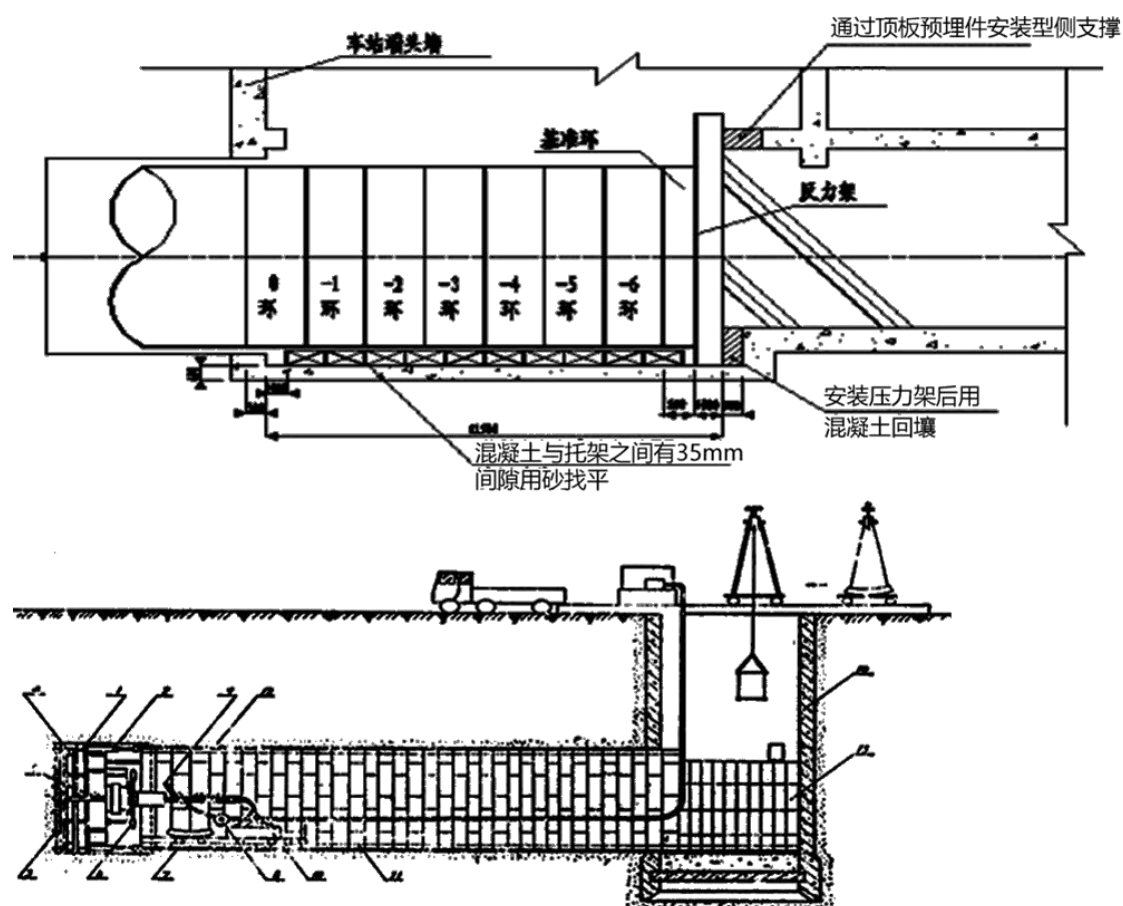
图 3-5 反力架的加固



(二) 初始掘进长度的确定

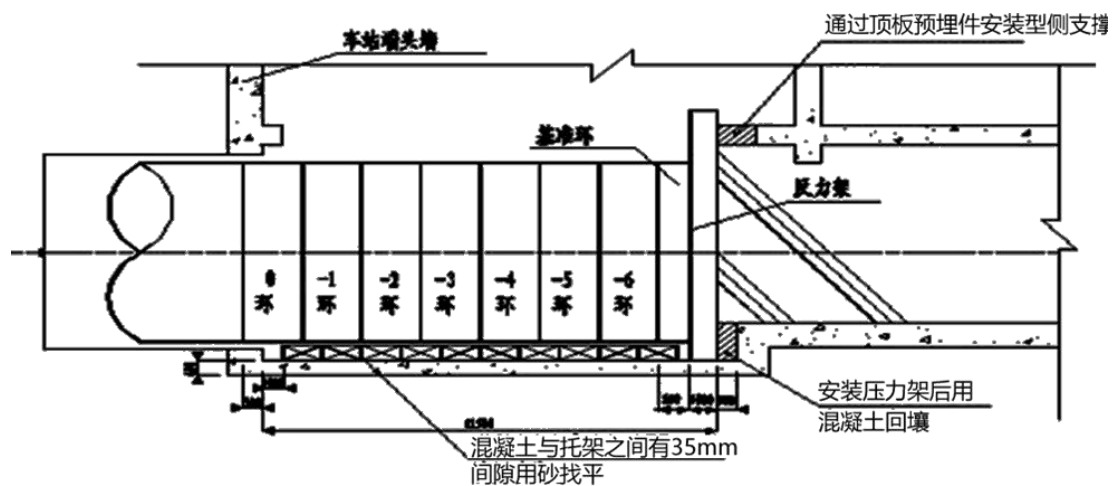
决定初始掘进长度的两个因素：

- (1) 衬砌（即管片）与周围地层的摩擦阻力；
- (2) 后续台车长度。



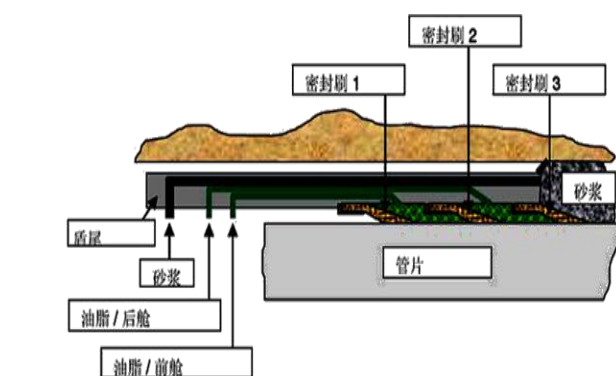
(三) 始发掘进施工要点

- (1) 盾构前如需破除洞门，应在条件验收后进行。
- (2) 始发前，应对洞口土体加固进行质量检查，合格后方可始发掘进；应制定洞门围护结构破除方案，并应采取密封措施保证始发安全。
- (3) 始发前，反力架应进行安全验算。
- (4) 始发时，应对盾构姿态进行复核。
- (5) 当负环管片定位时，管片环面应与隧道轴线相适应。拆除前，应验算成型隧道管片与地层间的摩擦力，并应满足盾构掘进反力的要求。



(6) 当分体始发时，应保护盾构的各种管线，及时跟进后配套设备，并应确定管片拼装、壁后注浆、出土和材料运输等作业方式。

(7) 盾尾密封刷进入洞门结构后，应进行洞门圈间隙的封堵和填充注浆。注浆完成后方可掘进。



盾尾密封示意图
Sketch of tailskin sealing



【知识补充】盾尾密封是为了防止周围地层的土砂、地下水及背后的填充浆液、掘削面上的泥水、泥土从盾尾间隙流向盾构掘削舱而设置的密封措施。



(8) 初始掘进过程中应控制盾构姿态和推力,加强监测,并应根据监测结果调整掘进参数。



四、盾构接收施工技术要点

(一) 盾构接收施工流程

程序：洞门凿除→接收基座的安装与固定→洞门密封安装→到达段掘进→盾构接收。



(三) 接收施工要点

- (1) 盾构接收可分为常规接收、钢套筒接收和水（土）中接收；
- (2) 盾构接收前，应对洞口段土体进行质量检查，合格后方可接收掘进；
- (3) 当盾构到达接收工作井 100m 时，应对盾构姿态进行测量和调整；
- (4) 当盾构到达接收工作井 10m 内，应控制掘进速度和土仓压力等；
- (5) 当盾构到达接收工作井时，应使管片环缝挤压密实，确保密封防水效果；
- (6) 盾构主机进入接收工作井后，应及时密封管片环与洞门间隙。



1K413030 盾构法施工

本目内容：

1K413031 盾构机选型要点

1K413032 盾构施工条件与现场布置

1K413033 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

1K413034 盾构掘进技术

1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

1K413034 盾构掘进技术

一、土压平衡盾构掘进

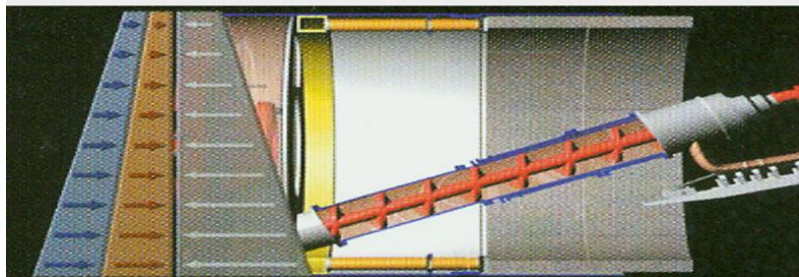
(二) 土仓压力管理

(1) 在土压平衡盾构的施工中，为了确保开挖面的稳定，要适当地维持土仓压力。

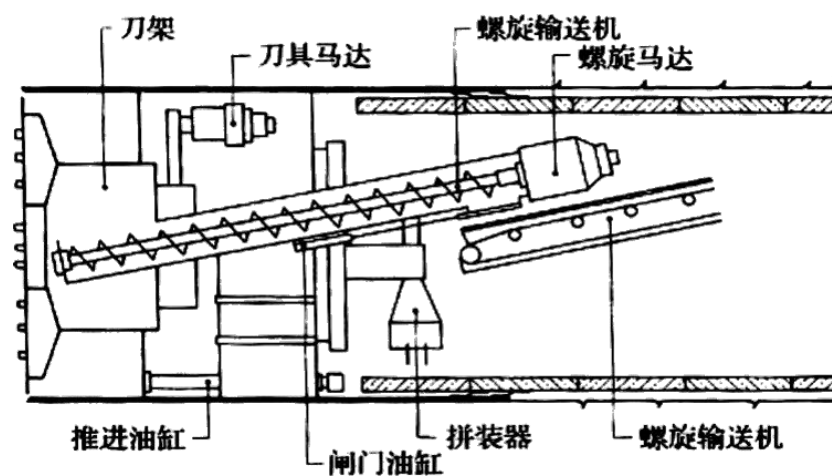
①如果土仓压力不足，发生开挖面的涌水或坍塌风险就会增大。

②如果压力过大，又会引起刀盘扭矩或推力的增大而发生推进速度的下降或地面隆起等问题。

土压平衡盾构机工作原理



$$\text{水压} + \text{土压} = \text{土仓压力}$$



(2) 土仓压力管理的基本思路是：

作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；

作为下限值，可以允许产生少量的地表沉降，但可确保开挖面的稳定为目的而使用主动土压力。

【技巧】土仓压力控制值

①上限值 $P_{\max} = \text{地下水压} + \text{静止土压} + \text{预备压}$

②下限值 $P_{\min} = \text{地下水压} + \text{主动土压} + \text{预备压}$

$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max}$$

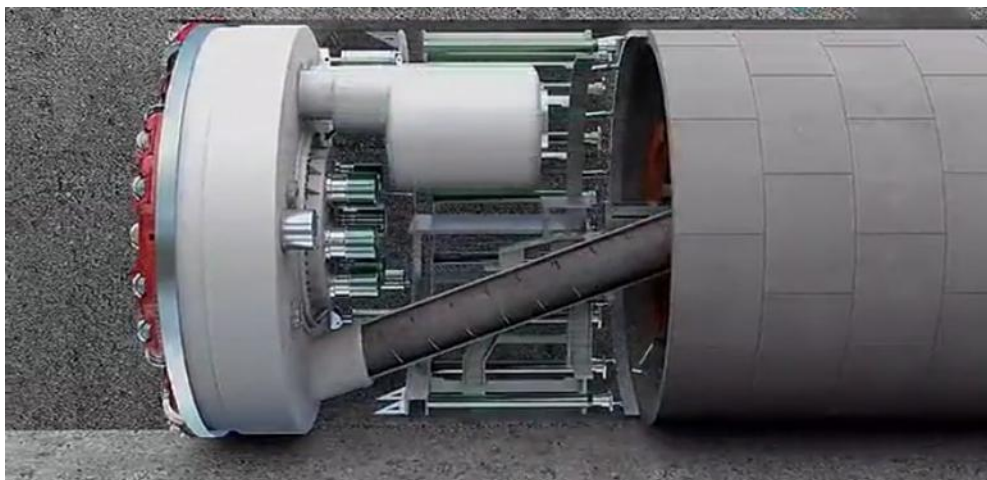
（4）推进过程中，土仓压力维持有如下的方法：

①用螺旋排土器的转数控制；

②用盾构千斤顶的推进速度控制；

③两者的组合控制等。

通常盾构设备采用组合控制的方式。



（三）排土量管理

（1）仅单独根据排土量的管理来控制开挖面坍塌或地基沉降是困难的，最好是根据压力舱的压力管理和开挖土量管理同时进行。

（2）排土量管理的方法可大致分为容积管理法（粗略；常用）和重量管理法。



（四）渣土改良（即：塑流性改良）

（1）改良渣土的特性

在土压平衡工况模式下渣土应具有以下特性：

- 1）良好的塑流状态；
- 2）良好的黏稠度；
- 3）低内摩擦力；
- 4）低透水性。

【提示】软黏土的特性。

（2）当渣土满足不了这些要求时，需通过向刀盘、土仓内注入改良材料对渣土进行改良（即：塑流性改良），常用的改良材料主要是①泡沫或②膨润土泥浆。

泡沫处理前后对比



泡沫注入试验：



（五）土压平衡盾构掘进要点

（1）开挖渣土应充满土仓，渣土形成的土仓压力应与刀盘开挖面外的水土压力平衡，并使排土量与开挖土量相平衡。

（2）设定土压平衡盾构的掘进参数：盾构刀盘转速、掘进速度和土仓压力等。

（4）应根据工程地质和水文地质条件，向刀盘前方及土仓注入改良剂，渣土应处于流塑状态。

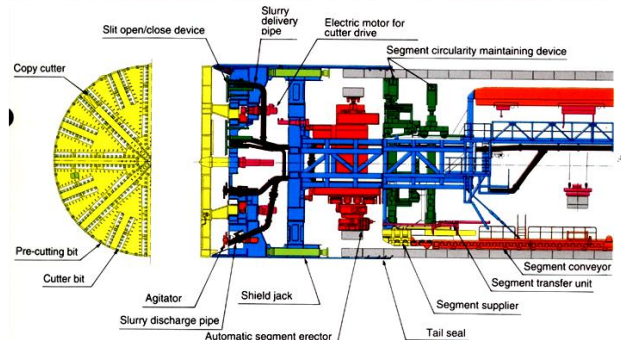
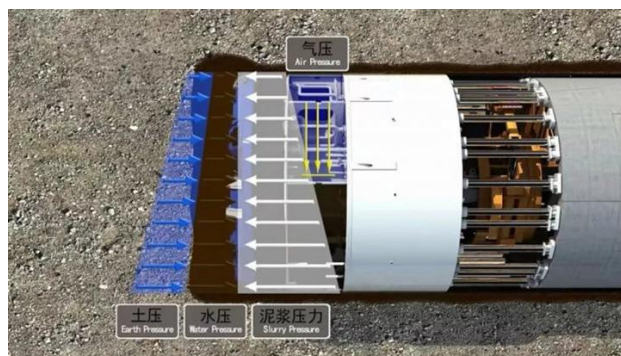
二、泥水平衡盾构掘进

（二）泥水仓压力管理

（1）在泥水加压式盾构施工法中，为了确保开挖面的稳定，需要根据开挖面的土质及土水压力适当地设定泥浆压力。

如果泥浆压力不足，发生开挖面坍塌的危险就会增大，

如果压力过大，又会出现泥浆喷发和地面隆起的可能。



(2) 泥水仓压力管理的基本思路是：

作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；

作为下限值，在允许少量沉降，但以保持开挖面稳定的目的而使用主动土压力。

【技巧】泥水仓压力控制值

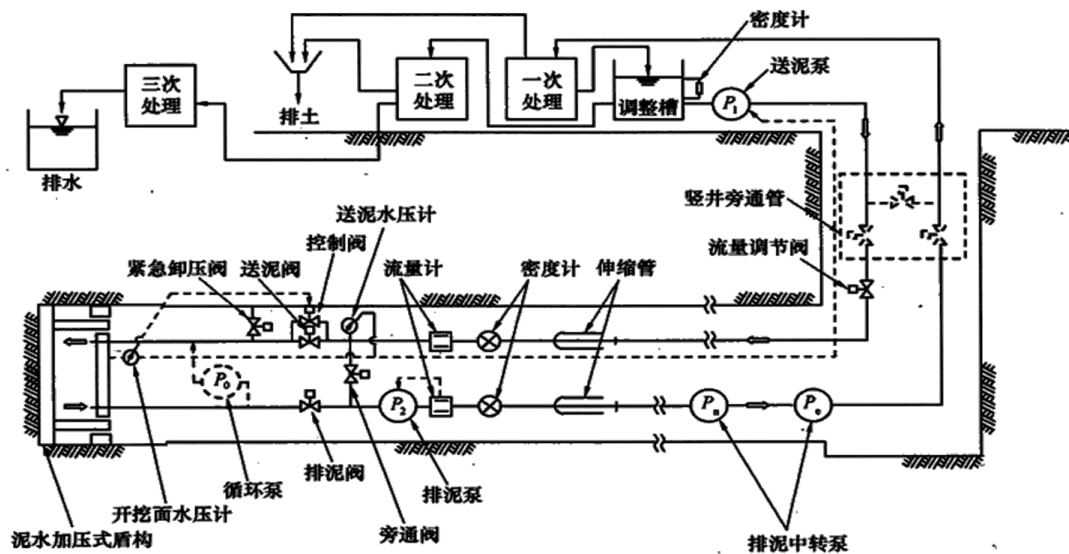
①上限值 $P_{max} = \text{地下水压} + \text{静止土压} + \text{预备压}$

②下限值 $P_{min} = \text{地下水压} + \text{主动土压} + \text{预备压}$

$$P_{min} \leq P \leq P_{max}$$

(四) 泥水处理系统和仓内破碎技术

(2) 泥水加压盾构维持开挖面稳定的关键是在开挖面形成高质量的泥膜。因此，要对排泥管排出的泥水进行处理，处理后的泥水经调整后再通过送泥管泵入泥水仓。



(五) 泥水加压盾构掘进要点

(1) 泥浆压力与开挖面的水土压力应保持平衡，排出渣土量与开挖渣土量应保持平衡，并根据掘进状况进行调整和控制。

(2) 应根据工程地质条件，经试验确定泥浆参数，应对泥浆性能进行检测，并实施动态管理。

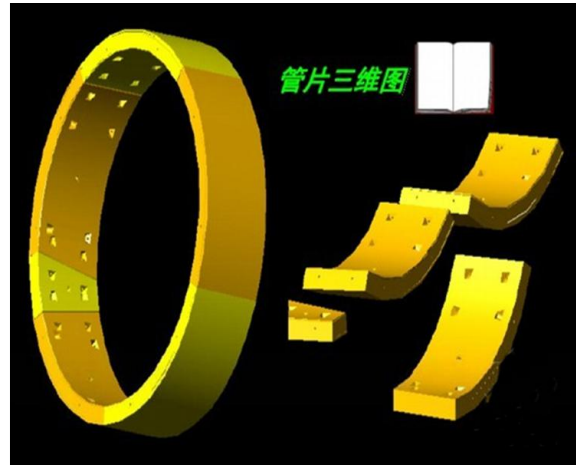
(3) 设定泥水加压盾构的掘进参数：盾构刀盘转速、掘进速度、泥水仓压力和送排泥水流量等。

三、管片拼装控制

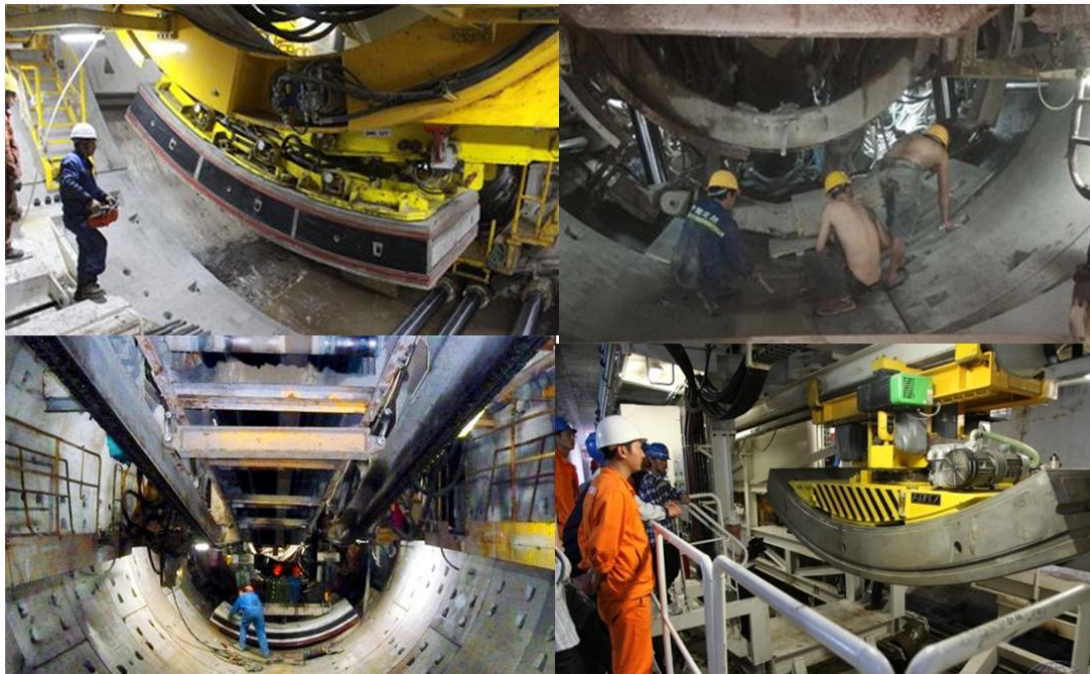
(一) 拼装方法

2. 拼装顺序——由下往上对称进行

一般从下部的标准 (A 型) 管片开始，依次左右两侧交替安装标准管片，然后拼装邻接 (B 型) 管片，最后安装楔形 (K 型) 管片。

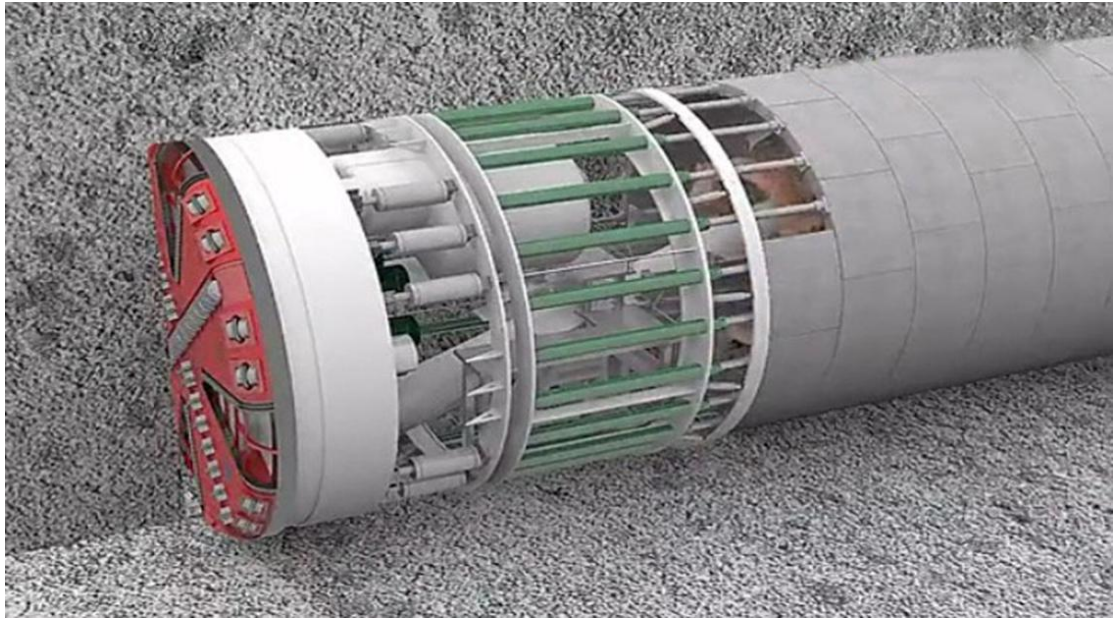


2. 拼装顺序



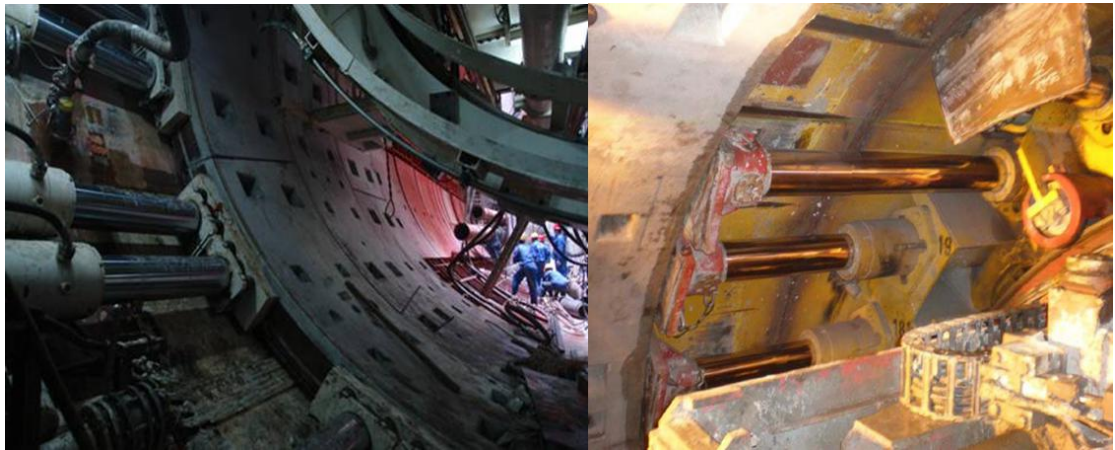
3. 盾构千斤顶操作

随管片拼装顺序分别缩回该位置的盾构千斤顶。



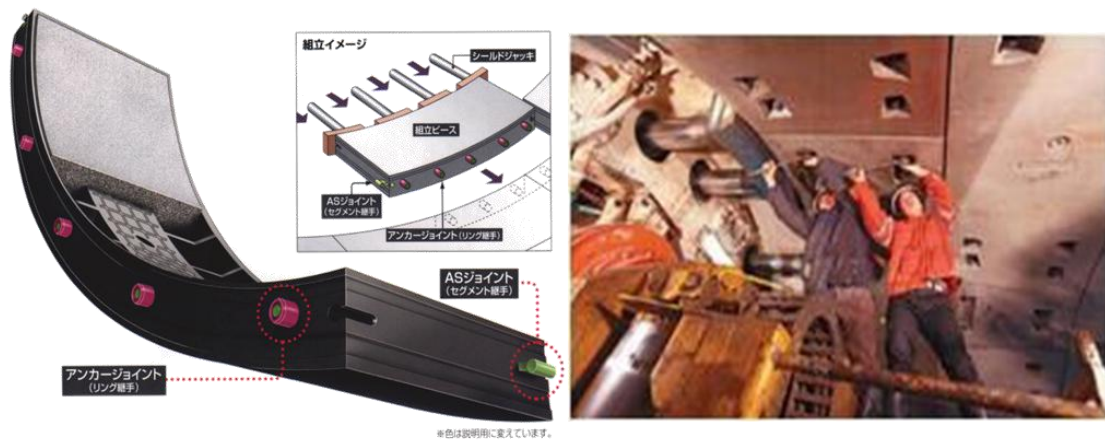
3.盾构千斤顶操作

随管片拼装顺序分别缩回该位置的盾构千斤顶。



4.紧固连接螺栓

先紧固环向（管片之间）连接螺栓，后紧固轴向（环与环之间）连接螺栓。



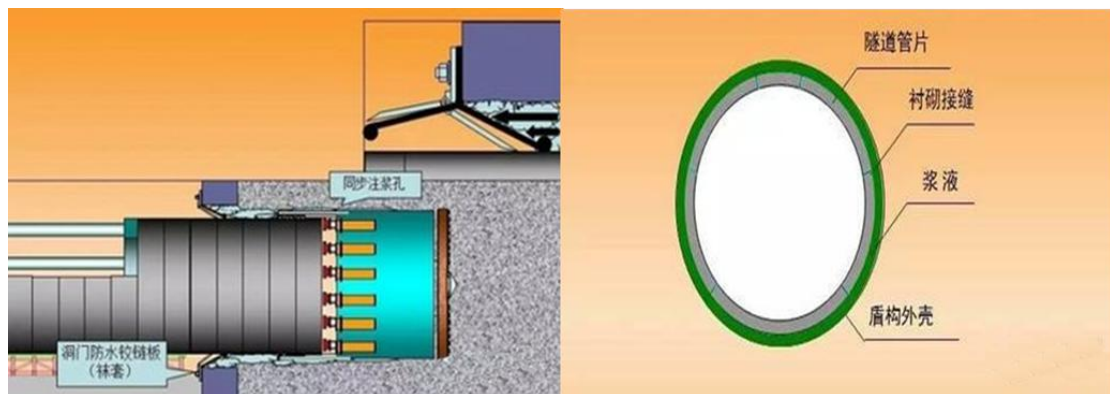
6.复紧连接螺栓

(1) 初紧：一环管片拼装后，利用全部盾构千斤顶均匀施加压力（【提示】将新拼环挤向已拼环），充分紧固轴向连接螺栓。

(2) 复紧：待推进到千斤顶推力影响不到的位置后，用扭矩扳手等，再一次紧固连接螺栓。

四、壁后注浆

注浆是向管片与围岩之间的空隙注入填充浆液。



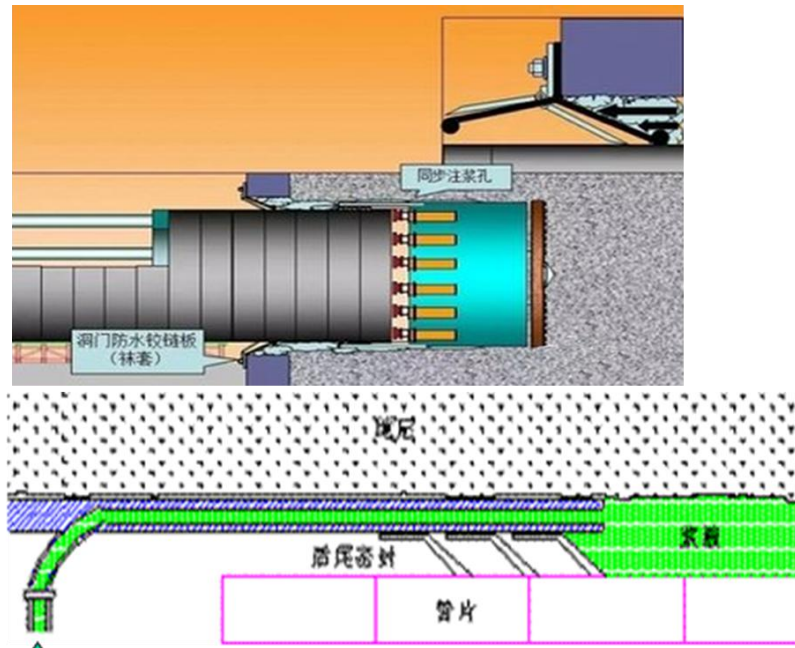
(一) 壁后注浆的目的

管片壁后注浆按与盾构推进的时间和注浆目的不同，可分为同步注浆、二次注浆和堵水注浆。

1.同步注浆

同步注浆与盾构掘进同时进行，是通过同步注浆系统，在盾构向前推进盾尾空隙形成的同时进行，浆液在盾尾空隙形成的瞬间及时起到充填作用，使周围土体获得及时的支撑，可有效防止岩体的坍塌，控制地表的沉降。

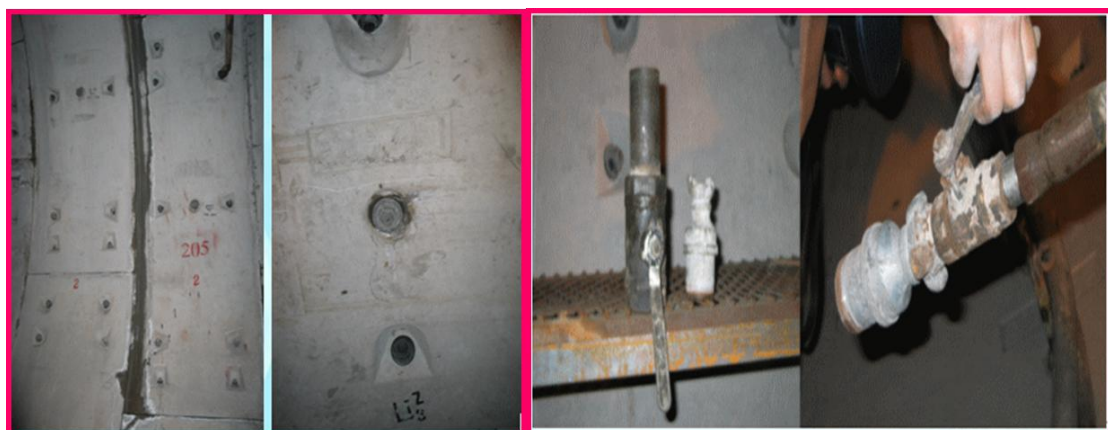
同步注浆：步注浆与盾构掘进同时进行



2.二次注浆

管片背后二次补强注浆则是在同步注浆结束以后,通过管片的吊装孔对管片背后进行补强注浆,以提高同步注浆的效果,补充部分未充填充的空腔,提高管片背后土体的密实度。二次注浆其浆液充填时间滞后于掘进一定的时间,对隧道周围土体起到加固和止水的作用。

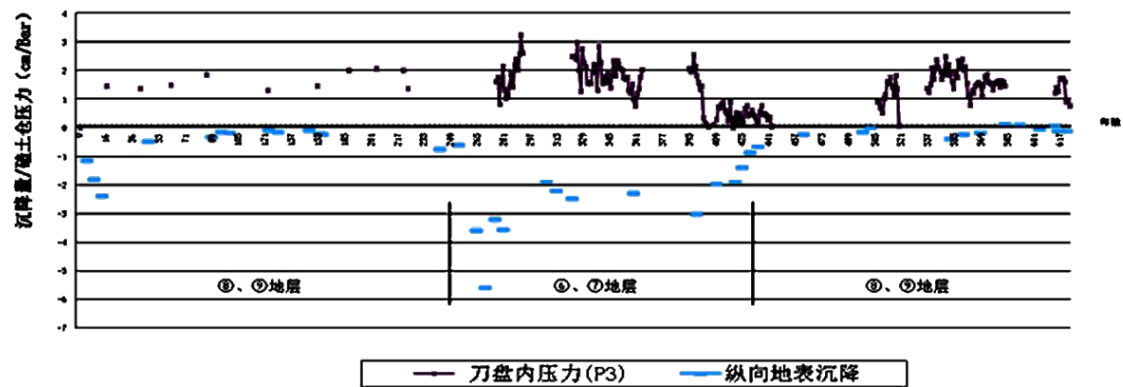
衬砌背后注浆：二次注浆注浆孔与注浆连接



3.堵水注浆

为提高背衬注浆层的防水性及密实度,在富水地区考虑前期注浆受地下水影响以及浆液固结率的影响,必要时在二次注浆结束后进行堵水注浆。

左线地表沉降与碴土仓压力关系曲线图



壁后注浆的目的如下：

（1）使管片与围岩之间的环形空隙尽早建立注浆体的支撑体系，防止隧道周围土体塌陷与地下水流失造成地层损失，控制地面沉降值。（即：防地层变形）

（2）尽快获得注浆体的固结强度，确保管片初衬结构的早期稳定性，防止长距离的管片衬砌背后处于无支承力的浆液环境内，使管片发生移位变形。（即：管片安定）

（3）作为隧道衬砌结构加强层，具有耐久性和一定强度。充填密实的注浆体将地下水与管片相隔离，避免或大大减少地下水直接与管片的接触，从而作为管片的保护层，避免或减缓了地下水对管片的侵蚀，提高衬砌结构的耐久性。

（即：管片保护层）

（三）注浆材料与参数

（1）根据注浆要求，应通过试验确定注浆材料和配比。可按地质条件、隧道条件和周边环境条件选用单液或双液注浆材料。

（2）注浆材料的强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率和环保等应满足施工要求。

（3）应根据注浆量和注浆压力控制同步注浆过程，注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。

（6）二次注浆的注浆量和注浆压力应根据环境条件和沉降监测结果等确定。

五、盾构的姿态控制

线形控制的主要任务是通过控制盾构姿态，使构建的衬砌结构几何中心线线形顺滑，且位于偏离设计中心线的容许误差范围内。

（二）盾构姿态控制要点

（4）纠偏时应控制单次纠偏量，应逐环和小量纠偏，不得过量纠偏。

1K413030 盾构法施工

本目内容：

1K413031 盾构机选型要点

1K413032 盾构施工条件与现场布置

1K413033 盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

1K413034 盾构掘进技术

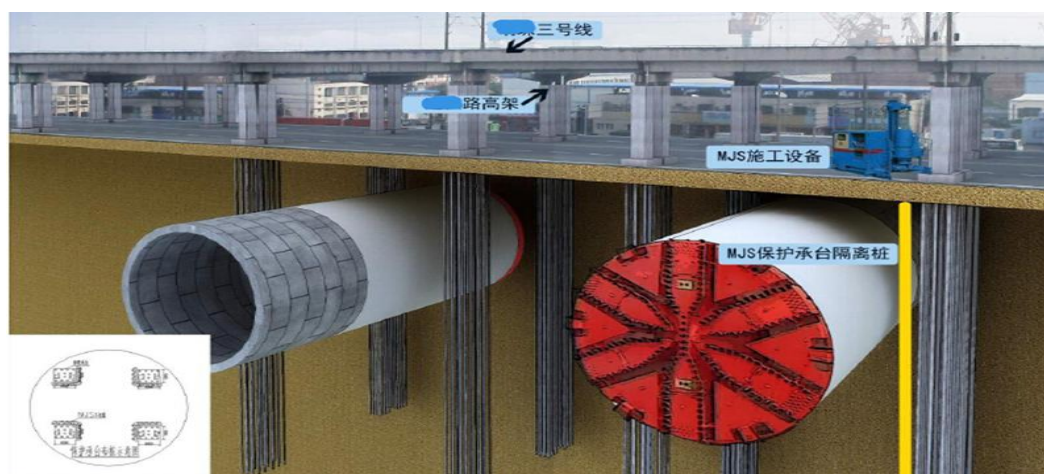
1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

一、近接施工与近接施工管理

（1）新建盾构隧道穿越或邻近既有地下管线、交通设施、建（构）筑物的施工被称为近接施工。（即：隧道周围靠近障碍物的施工）

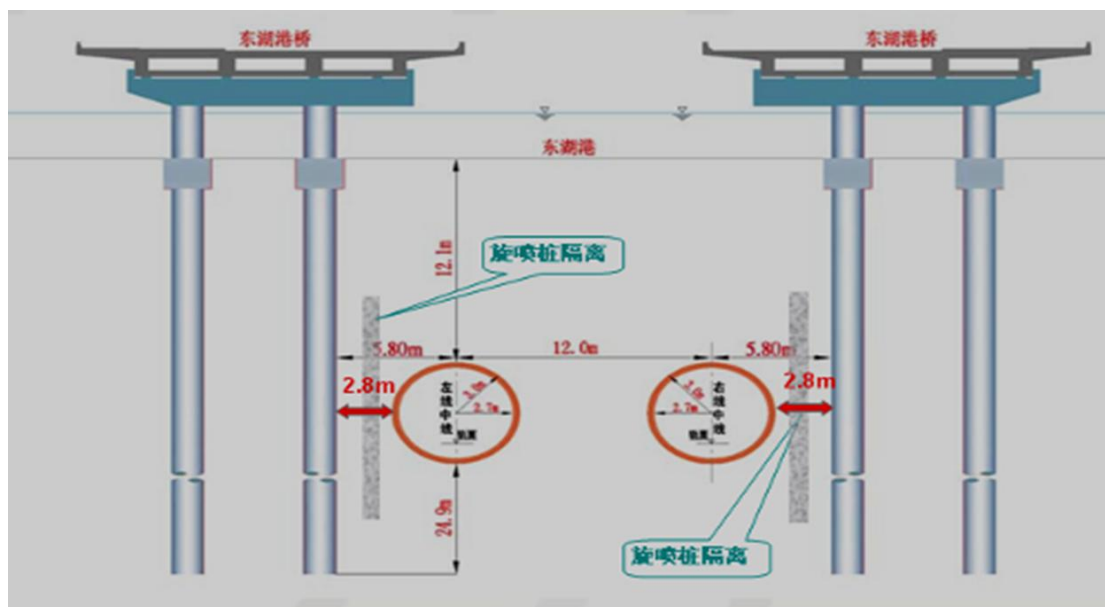
近接施工：



（2）近接施工管理

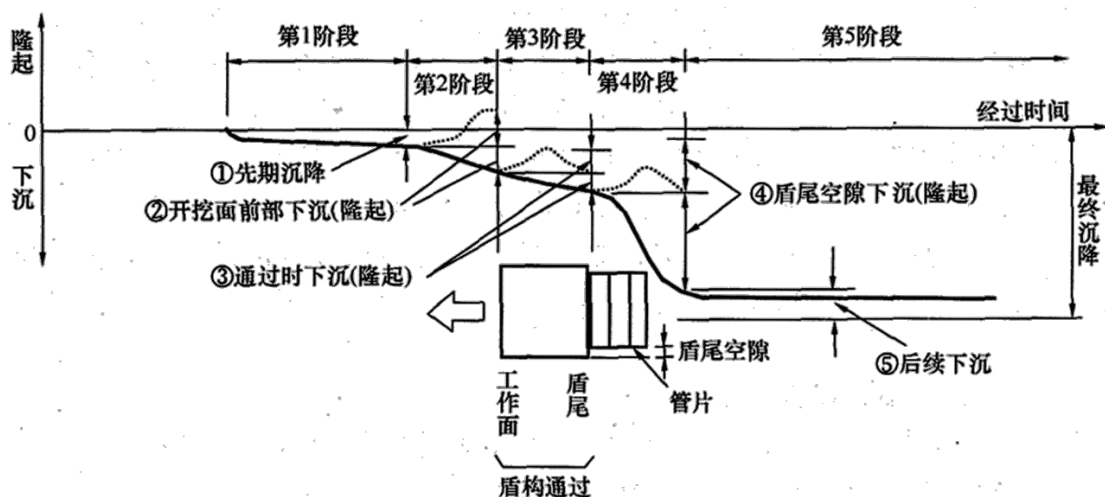
1）施工过程中通过监控量测反馈指导施工而确保既有结构物安全：

- (1) 应详细调查工程条件，地质条件，环境条件，采取防护措施
- (2) 制定专项施工方案
- (3) 施工过程中通过监控量测反馈指导施工。



二、地层变形与既有结构物变位及变形

(一) 地层变形原因和阶段



(2) 盾构施工引起地层某一断面的变形-时间曲线划分为 5 个阶段：

- ①第 1 阶段：发生在盾构到达该断面之前。对于砂质土，先期沉降是由地下水位下降引起的；软弱黏性土的先期沉降则是由于开挖面的过量取土而引起的。
- ②第 2 阶段：盾构通过该断面前，若盾构控制土压（泥水压）不足或过大，由于开挖面土

体变形引起地层沉降或隆起。

③第 3 阶段：发生在盾构通过该断面时，由于超挖、曲线掘进或纠偏、盾壳与周围土体的摩擦等原因而发生地层沉降或隆起。

④第 4 阶段：盾构通过该断面后产生的变形，是由于盾尾空隙的产生引起应力释放或壁后注浆压力过大而产生的。盾构施工引起的地层沉降变形中的大部分都是这类变形。

⑤第 5 阶段：盾构通过该断面后较长时间内仍然持续发生的沉降变形，主要由于盾构掘进造成的地层扰动、松弛等引起，在软弱黏性土地层中施工表现最为明显，而在砂性土或密实的硬黏性土中施工基本不发生。

三、盾构掘进地层变形控制措施

（1）防止开挖面的土水压力不均衡引起变形的措施：

1）土压平衡盾构

①可通过调整推进速度与螺旋出土器的转速，使压力舱压力与开挖面土水压力相对应。

②另外，根据需要注入适当的添加剂增加开挖土体的塑流性，使压力舱内不产生空隙。（【技巧】压力平衡+塑流性改良）

2）泥水加压盾构可根据开挖面土层的透水性来调整泥浆特性，并仔细进行泥浆管理，使压力舱压力始终对应于开挖面的土水压力。（【技巧】压力平衡+调整泥浆特性）

（2）减小盾构穿越过程中围岩变形的措施：

1）控制好盾构姿态，避免不必要的纠偏作业。出现偏差时，应本着“勤纠、少纠、适度”的原则操作。

2）纠偏时或曲线掘进时需要超挖，应合理确定超挖半径与超挖范围，尽可能减少超挖。

3）土压平衡盾构在软弱或松散地层掘进时，盾构外周与周围土体的黏滞阻力或摩擦力较大时，应采取减阻措施。

(3) 减小盾尾脱出导致地层变形的措施：

- 1) 根据地质条件、工程条件等因素，合理选择单液注浆或双液注浆，正确选用注浆材料与配合比，以便拼装好的衬砌结构及时稳定；
- 2) 用同步注浆方式，及时填充尾部空隙；
- 3) 加强注浆量与注浆压力控制；
- 4) 及时进行二次注浆。

【技巧】材料配比→同步注浆→注浆控制→二次注浆。

(4) 防止衬砌引起变形的措施：

为了防止管片环变形，必须使用形状保持装置等来确保管片组装精度，同时充分紧固接头螺栓。

(5) 防止开挖或衬砌渗漏导致地下水位下降的措施：

为了防止从管片接头、壁后注浆孔等漏水，必须精细地进行管片的组装以及防水作业。

四、地层变形的预测和施工监测

(3) 施工监测项目

类别	监测项目
必测项目	施工区域地表隆沉、沿线建（构）筑物和地下管线变形
	隧道结构变形
选测项目	岩土体深层水平位移和分层竖向位移
	衬砌环内力
	地层与管片的接触应力

1K420113 盾构法隧道施工质量检查和验收 P377

一、钢筋混凝土管片制作质量控制要点

(一) 开工前质量控制

1.人员、设备基本规定（企业资质、人员持证、方案审批、模具要求、设备仪器）

(1) 管片应由具备相应资质等级厂家制作，制作厂家应有健全的质量管理体系及质量控制

和质量检验制度。

(2) 制作前应编制施工组织设计或技术方案，并经有关方审查批准。

(3) 生产操作人员经培训、考核，合格者方可进行操作。特殊工种应持证上岗。

(4) 模具材料符合质量要求；加工精度符合设计要求，并满足管片尺寸与形状要求。

(5) 混凝土搅拌、运输、振捣、养护等设备检验符合要求，各种计量器具、设备检定必须在有效期内。

(二) 制作过程质量控制

1. 模具

(1) 模具安装符合要求后进行试生产，在试生产的管片中，随机抽取 3 环进行水平拼装检验，合格后方可生产

(2) 模具应涂刷隔离剂，隔离剂涂刷应薄而均匀

(3) 模具周转 100 次必须进行检验

管片模具：

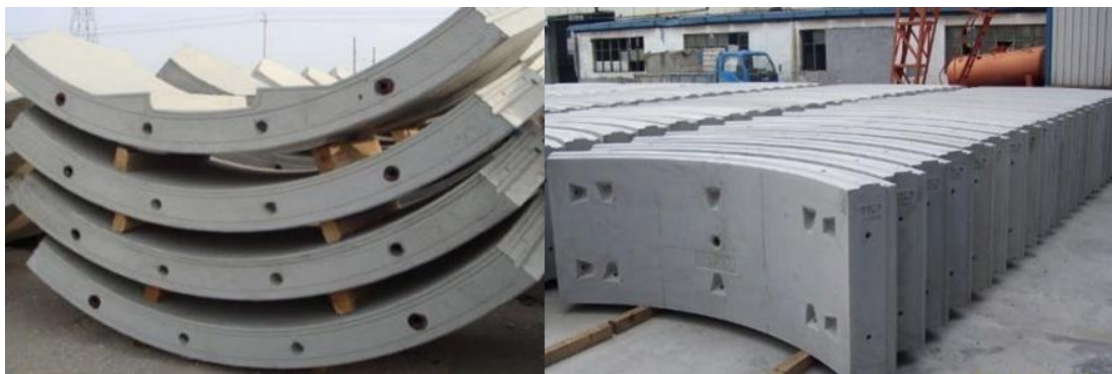


5.管片质量控制

- (1) 按设计要求进行结构性能检验
- (2) 强度和抗渗等级符合设计要求；
- (4) 不应存在露筋、孔洞、疏松、夹渣、有害裂缝、缺棱掉角、飞边等缺陷，麻面面积不大于管片面积的 5%；
- (5) 日生产每 15 环（注意：不是 15 块）应抽取 1 块管片进行检验；
- (6) 每生产 100 环后应进行水平拼装检验 1 次

6.管片贮存与运输

- (1) 贮存场地必须坚实平整
- (2) 可采用内弧面向上或单片侧立的方式码放，每层管片之间正确设置垫木，码放高度应经计算确定。
- (3) 管片运输应采取适当的防护措施。



1K420171 盾构法施工安全措施 P445

一、盾构机组装、调试、解体与吊装

盾构机的组装、调试、解体与吊装是盾构施工安全控制重点之一，要制定专项施工方案。这项工作的安全控制重点是人员安全与设备安全。



(一)使用轮式起重机向工作井内吊放或从工作井内吊出盾构机前,要仔细确认起重机支腿处支撑点的承载能力满足最大起重量要求,并确认起重机吊装时工作井的围护结构安全。

(二)起重机吊装过程中,要随时监测工作井围护结构的变形情况,若超过预测值,立即停止吊装作业,采取可靠措施。

(三)采取措施严防重物、操作人员坠落。

(四)使用电、气焊作业时,严防火灾发生。

双机抬吊：

采用双机抬吊作业时,应选用起重性相似的起重机,每台起重机不得超过允许荷载的 80%，且应对第一吊进行试吊作业,施工中必须保持两台起重机同步作业。



1K413000 城市轨道交通工程

1K413040 喷锚暗挖(矿山)法施工



本目内容：

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

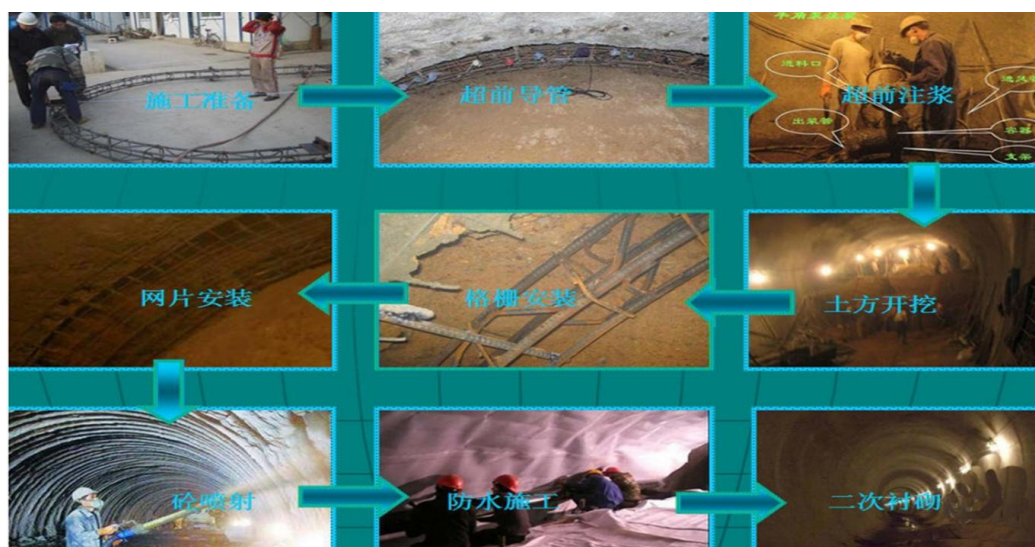
1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

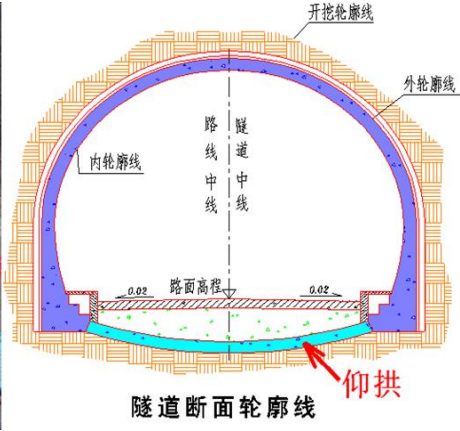
1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

喷锚暗挖施工工艺流程：



1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

一、浅埋暗挖法与掘进方式



施工方法	示意图	选择条件比较					
		结构与适用地层	沉降	工期	防水	初期支护拆除量	造价
全断面法		地层好，跨度≤8m	一般	最短	好	无	低
全断面法		地层较差，跨度≤10m	一般	短	好	无	低
环形开挖预留核心土法		地层差，跨度≤12m	一般	短	好	无	低
单侧壁导坑法		地层差，跨度≤14m	较大	较短	好	小	低

(一) 全断面开挖法

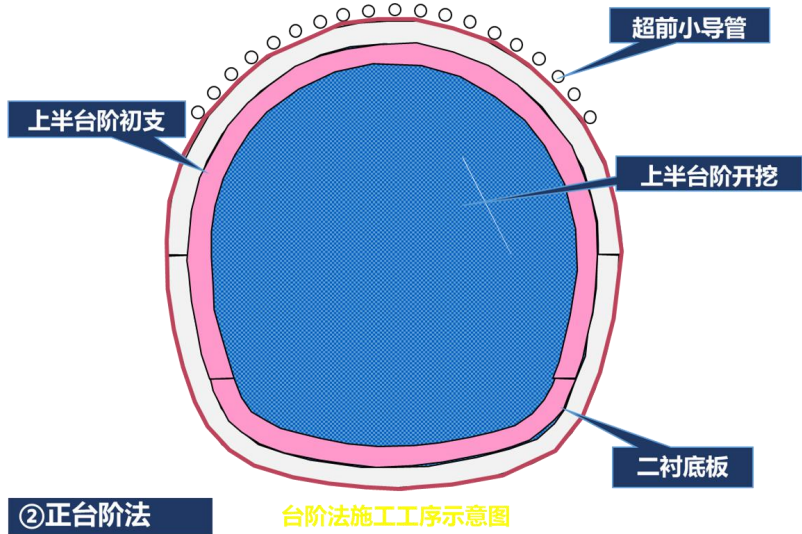


(1) 全断面开挖法适用于土质稳定、断面较小的隧道施工，适宜人工开挖或小型机械作业。

(3) 全断面开挖法的优点是可以减少开挖对围岩的扰动次数，有利于围岩天然承载拱的形成，工序简便；缺点是对地质条件要求严格，围岩必须有足够的自稳能力。



(二) 台阶开挖法

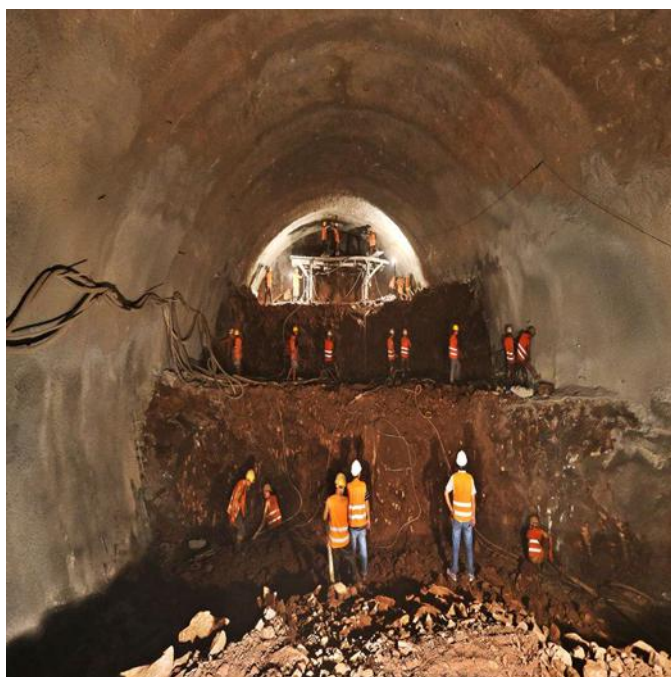


(二) 台阶开挖法

(1) 台阶开挖法适用于土质较好的隧道施工，以及软弱围岩、第四纪沉积地层隧道。

(2) 台阶开挖法将结构断面分成两个以上部分，即分成上下两个工作面或几个工作面，分步开挖。

(3) 台阶开挖法优点是具有足够的作业空间和较快的施工速度，灵活多变，适用性强。



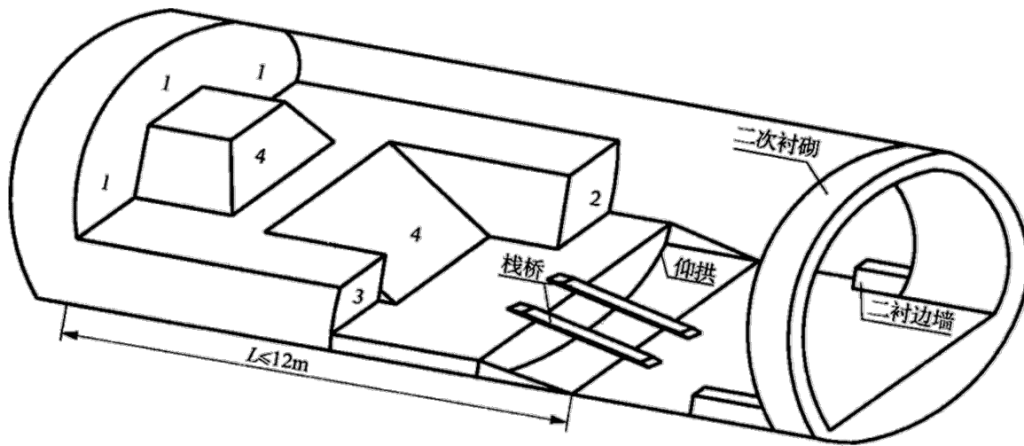
(4) 台阶开挖法注意事项

1) 台阶数不宜过多，台阶长度要适当，对城市第四纪地层，台阶长度一般以控制在 $1D$ 内

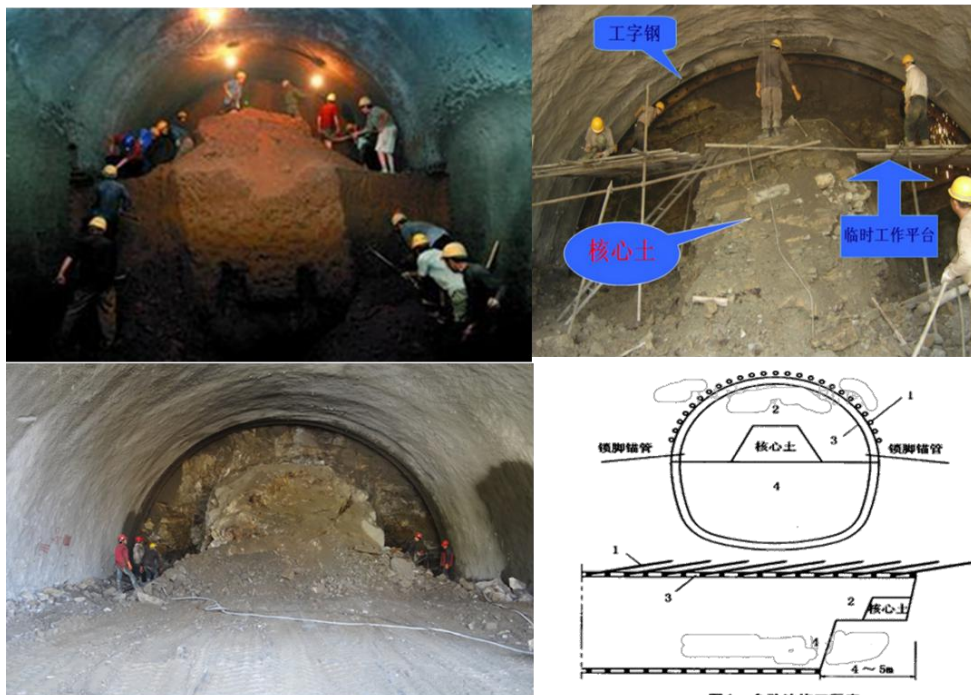
(D 一般指隧道跨度) 为宜。

2) 对岩石地层，针对破碎地段可配合挂网喷锚支护施工，以防止落石和崩塌。

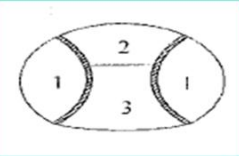
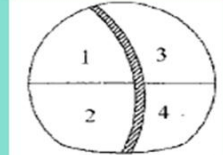
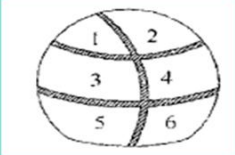
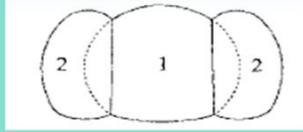




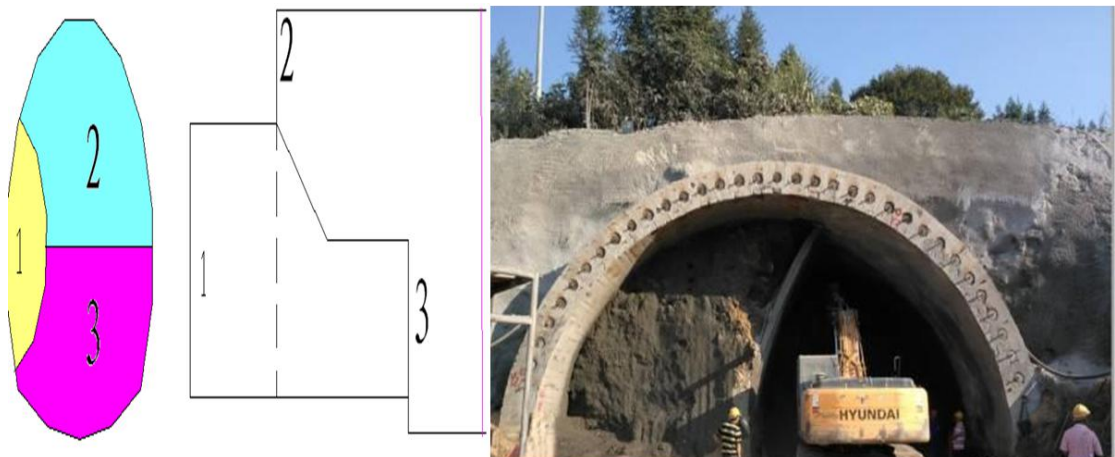
(三) 环形开挖预留核心土法



(3) 施工作业流程：用人工或单臂掘进机开挖环形拱部→架立钢支撑→挂钢筋网→喷混凝土。在拱部初次支护保护下,为加快进度,宜采用挖掘机或单臂掘进机开挖核心土和下台阶,随时接长钢支撑和喷混凝土、封底。视初次支护的变形情况或施工步序,安排施工二次衬砌作业。

双侧壁导坑法		小跨度，连续使用可扩大跨度	较大	长	效果差	大	高
中隔壁法(CD工法)		地层差，跨度 $\leq 18\text{m}$	较大	较短	好	小	偏高
交叉中隔壁法(CRD工法)		地层差，跨度 $\leq 20\text{m}$	较小	长	好	大	高
中洞法		小跨度，连续使用可扩成大跨度	小	长	效果差	大	较高

(四) 单侧壁导坑法



(五) 双侧壁导坑法



(3) 施工顺序：开挖一侧导坑，并及时地将其初次支护闭合→相隔适当距离后开挖另一侧导坑，并建造初次支护→开挖上部核心土，建造拱部初次支护，拱脚支承在两侧壁导坑的初次支护上→开挖下台阶，建造底部的初次支护，使初次支护全断面闭合→拆除导坑临空部分的初次支护→施作内层衬砌。



(4) 优缺点：

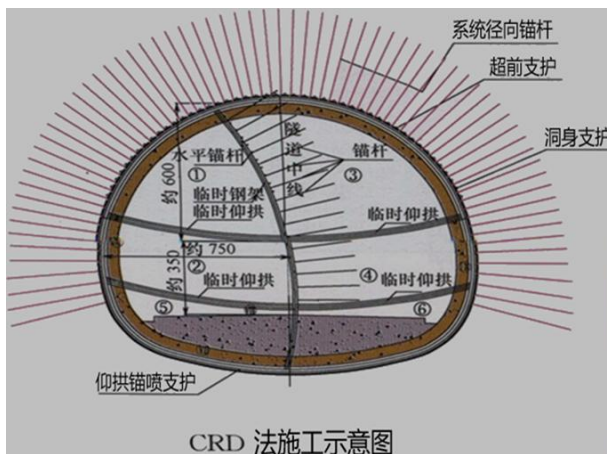
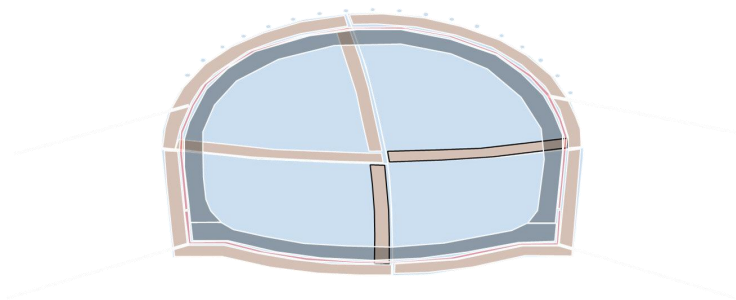
- 1) 双侧壁导坑法虽然开挖断面分块多，扰动大，初次支护全断面闭合的时间长。
- 2) 双侧壁导坑法施工较为安全，但速度较慢，成本较高。

(六) 中隔壁法 (CD 工法) 和交叉中隔壁法 (CRD 工法)

(2) 当 CD 工法不能满足要求时，可在 CD 工法基础上加设临时仰拱，即所谓的交叉中隔壁法 (CRD 工法)。

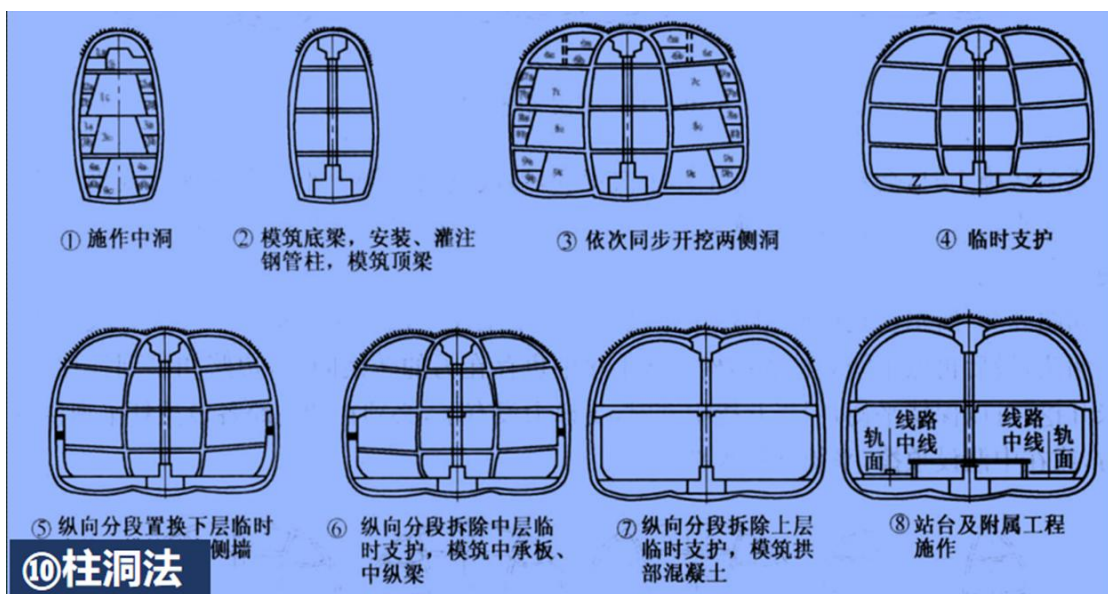
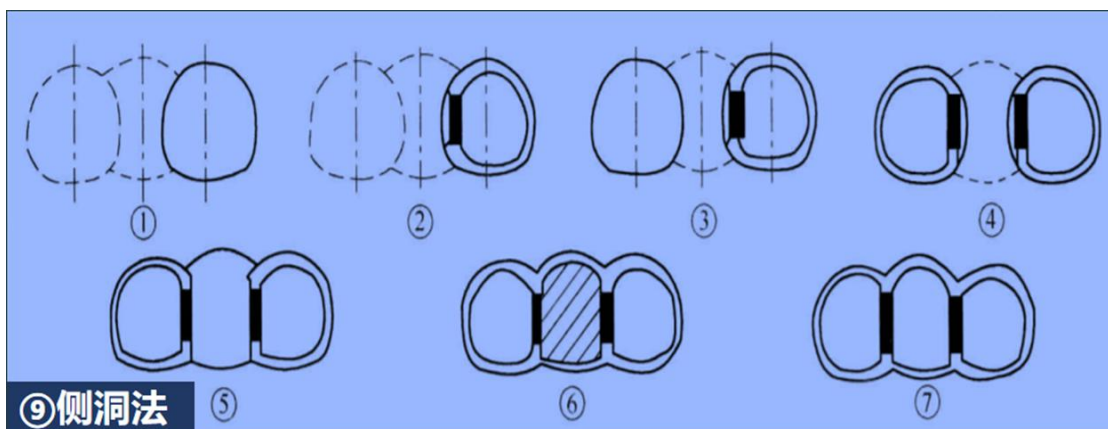


(六) 中隔壁法 (CD 工法) 和交叉中隔壁法 (CRD 工法)



(七) 中洞法、侧洞法、柱洞法、洞桩法

当地层条件差、断面特定时，一般设计成多跨结构，跨与跨之间有梁、柱连接，一般采用中洞法、侧洞法、柱洞法及洞桩法等施工，其核心思想是变大断面为中小断面，提高施工安全度。



防水效果差的：双侧壁导坑法、中洞法、侧洞法、柱洞法、洞桩法。

沉降大的：侧洞法、柱洞法。

初期支护无需拆除的：全断面法、正台阶法、环形开挖预留核心土法；

初期支护拆除量小的：单侧壁导坑法、CD法；

初期支护拆除量大的：其它方法。

适用于多跨结构的：中洞法、侧洞法、柱洞法、洞桩法；

适用于多层多跨结构的：柱洞法、洞桩法。

1K413000 城市轨道交通工程

本目内容：

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

1K413042 工作井施工技术

一、工作井施工技术

（一）施工准备

（1）竖井施工前，应对竖井及隧道范围内的地下管线、建（构）筑物进行①调查，并应会同产权单位确定②保护方案；施工中，应加强对重要管线、建（构）筑物等的③保护和监测。





(2) 竖井施工范围内应人工开挖十字探沟，确定无管线后再开挖。

(3) 竖井井口防护应符合下列规定：

- 1) 竖井应设置防雨棚、挡水墙；
- 2) 竖井应设置安全护栏，护栏高度不应小于 1.2m；
- 3) 竖井周边应架设安全警示装置。

(二) 锁口圈梁

(1) 竖井应按设计施做锁口圈梁，圈梁埋深较大时，上部应设置砖砌挡土墙，土钉墙或格栅钢架+喷射混凝土等临时维护结构。

(3) 圈梁混凝土强度应达到设计强度的 70%级以上时，方可向下开挖竖井



二、马头门施工技术

(1) 竖井初期支护施工至马头门处应预埋暗梁及暗桩，并应验马头门外部外轮廓线打入超前小导管，注浆加固

考点：(小导管，深孔注浆，管棚，水泥搅拌桩，高压喷射旋喷桩，冻结法)

(4) 马头门的开挖应分段破除竖井井壁，宜按照先拱部、再侧墙、最后底板的顺序破除。

(4) 马头门的开挖应分段破除竖井井壁，宜按照先拱部，再侧墙，最后底板的顺序破除，隧道掘进方式为环形开挖预留核心土法时，马头门施工步序如下：

1) 开挖上台阶土方时应保留核心土

2) 安装上部钢格栅，连接纵向钢筋，挂钢筋网片，喷射混凝土

3) 上台阶掌子面进尺 3-5 米时开挖下台阶，破除下台阶隧道洞口竖井井壁

4) 开挖下台阶法

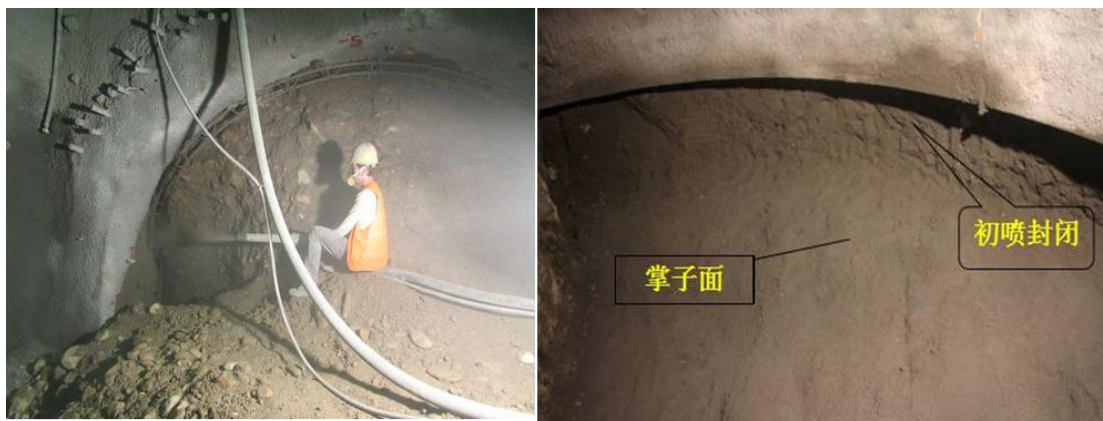
(6) 马头门开启应按顺序进行，同一竖井内的马头门不得同时施工。一侧隧道掘进 15m 后，方可开启另一侧马头门。马头门标高不一致时，宜遵循先低后高的原则。



(7) 施工中严格贯彻管超前，严注浆，短开挖，强支护，勤量测，早封闭的十八字方针。

(8) 开挖过程中必须加强监测

(9) 停止开挖时，应及时喷射混凝土封闭掌子面



1K413000 城市轨道交通工程

本目内容：

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

一、超前小导管注浆加固

（一）适用条件

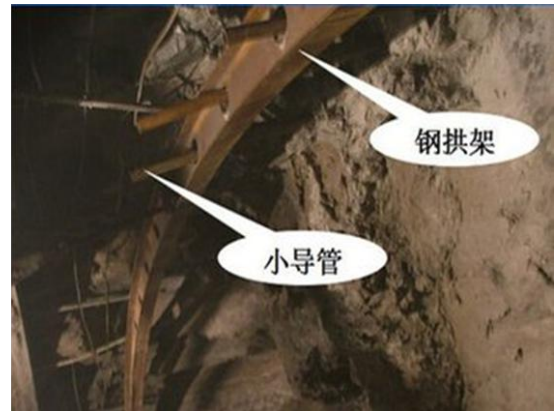
（2）在软弱、破碎地层中成孔困难或易塌孔，且施作超前锚杆比较困难或者结构断面较大时，宜（【注意】不是“必须”）采取超前小导管注浆加固处理方法。

（二）技术要点

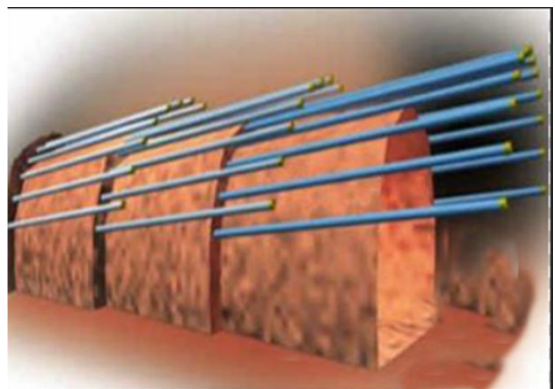
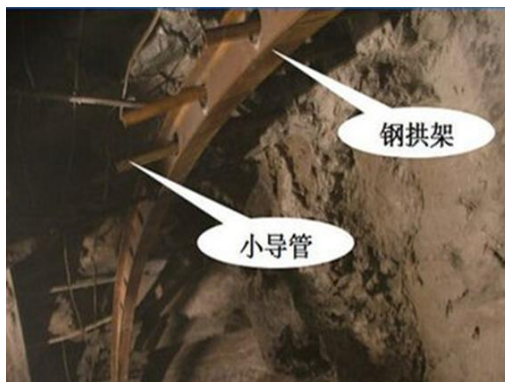
（1）超前小导管应沿隧道拱部轮廓线外侧设置；其环向布设范围及环向间距由设计单位根据地层特性确定；安装小导管的孔位、孔深、孔径应符合设计要求。



(2) 超前小导管应选用直径为 40~50mm 的钢管或水煤气管，长度应大于循环进尺的 2 倍，宜为 3~5m，具体长度、直径应根据设计要求确定。

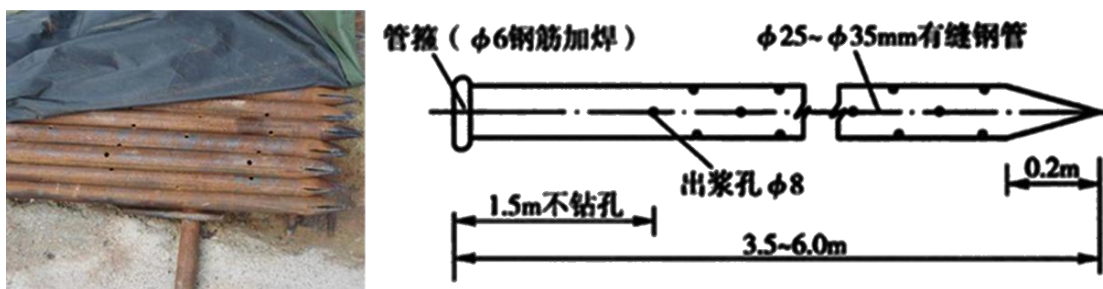


(3) 超前小导管应从钢格栅的腹部穿过，后端应支承在已架设好的钢格栅上，并焊接牢固，前端嵌固在地层中。前后两排小导管的水平支撑搭接长度不应小于 1.0m。



(4) 超前小导管的成孔工艺应根据地层条件进行选择，应尽可能减少对地层的扰动。

(5) 小导管其端头应封闭并制成锥状，尾端设钢筋加强箍，管身梅花型布设 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$ 的溢浆孔。



(6) 超前小导管加固地层时，其注浆浆液应根据地质条件、并经现场试验确定；并应根据浆液类型，确定合理的注浆压力和选择合适的注浆设备。

注浆材料可采用①普通水泥单液浆、②改性水玻璃浆、③水泥-水玻璃双液浆、④超细水泥等注浆材料。

(7) 浆液的原材料应符合下列要求：

1) 水泥：强度等级 P·O42.5 级及以上的硅酸盐水泥。

【技巧】应是：42.5 级及以上的硅酸盐水泥 (P I、P II)、普通硅酸盐水泥 (P·O)。

(8) 注浆施工应符合下列要求：

1) 注浆工艺

- ①在砂卵石地层中宜采用渗入注浆法；
- ②在砂层中宜采用挤压、渗透注浆法；
- ③在黏土层中宜采用劈裂或电动硅化注浆法。

2) 注浆顺序

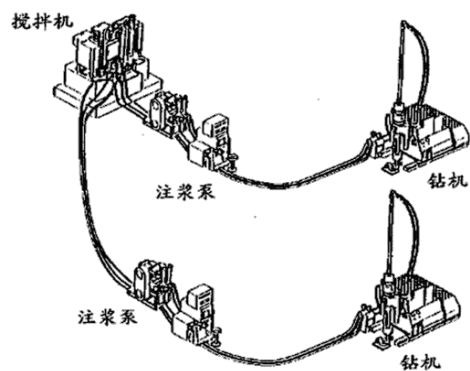
应由下而上、间隔对称进行；相邻孔位应错开、交叉进行。

5) 注浆施工期应进行监测，监测项目通常有地（路）面隆起、地下水污染等，特别要采取必要措施防止注浆浆液溢出地面或超出注浆范围。

二、深孔注浆加固技术

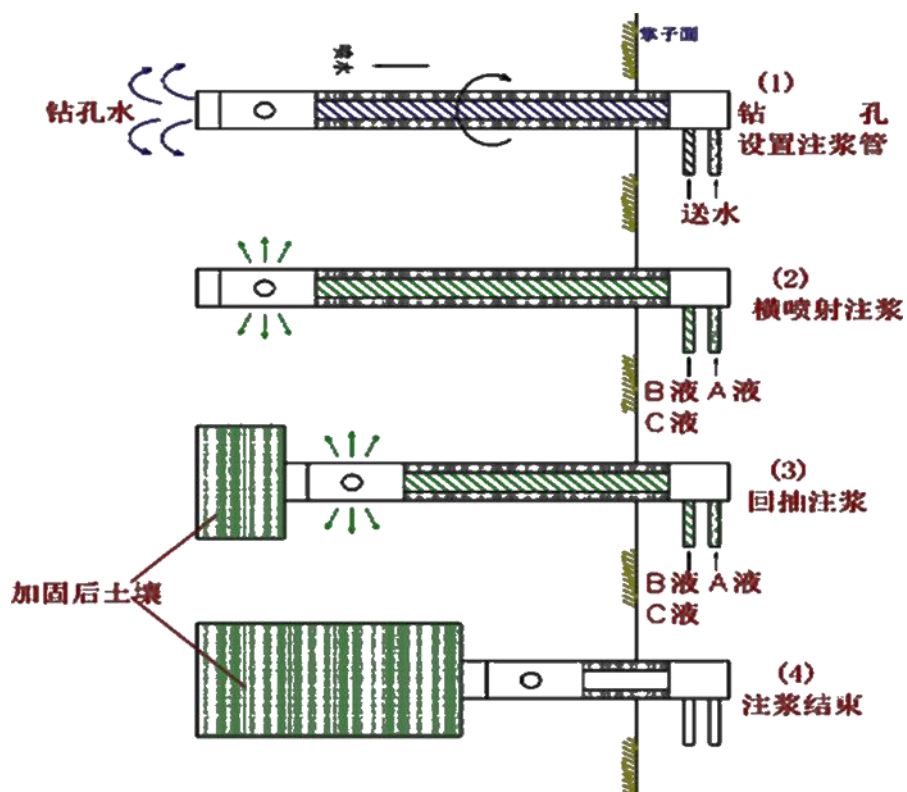
【补充】

深孔注浆工艺之 1——双重管注浆：



【补充】

深孔注浆工艺之 1——双重管注浆：



【补充】

深孔注浆工艺之 2——水平旋喷桩注浆：



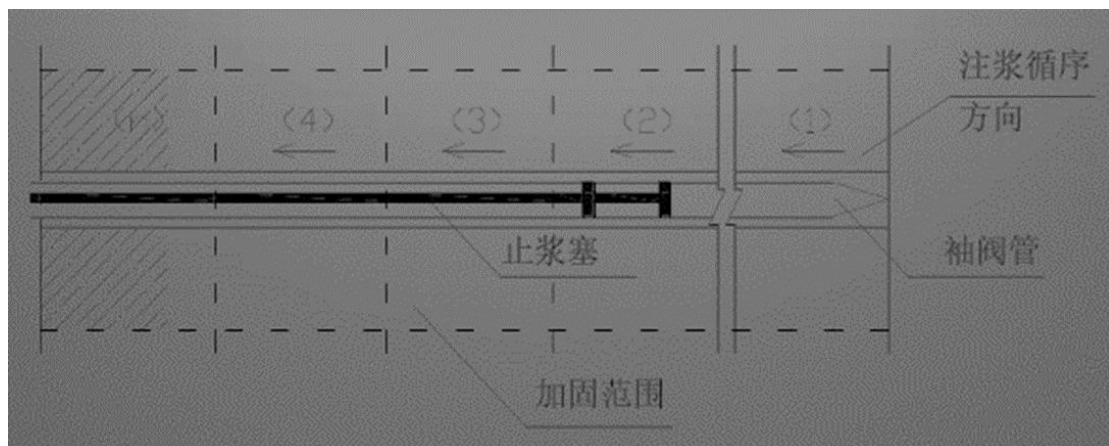
【补充】

深孔注浆工艺之 3——水平袖阀管注浆（外部袖阀管留在土体中，内部注浆器注浆）：



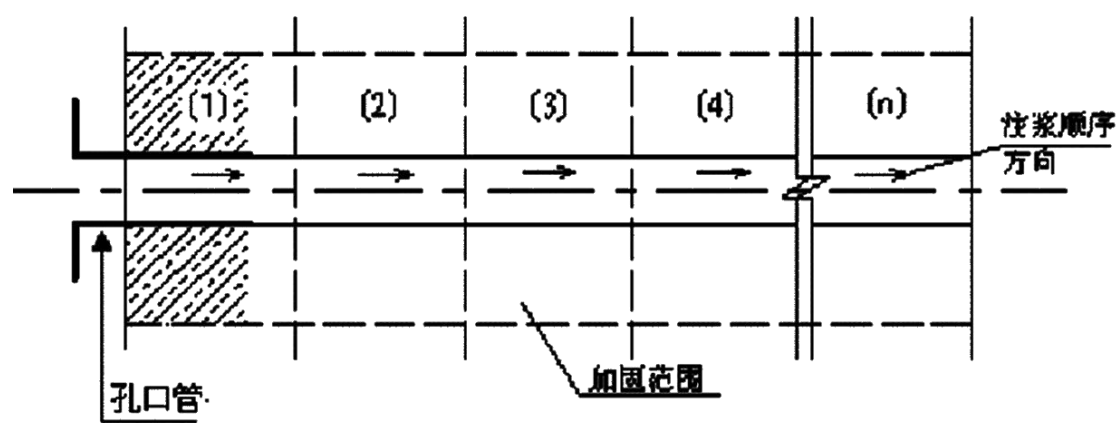
【补充】

深孔注浆工艺之 3——水平袖阀管注浆（外部袖阀管留在土体中，内部注浆器注浆）：



【补充】

深孔注浆工艺之 4——TGRM 前进式注浆（钻孔、注浆交替作业）：



二、深孔注浆加固技术

(3) 注浆段长度应综合考虑地层条件、地下水状态和钻孔设备的工作能力予以确定，宜为 10m~15m，并应预留一定的止浆墙厚度。



(4) 浆液材料：

- ①普通水泥浆；
- ②水泥-水玻璃；
- ③超细水泥浆；
- ④改性水玻璃浆。

(7) 钻孔应按先外圈、后内圈、跳孔施工的顺序进行。

(9) 注浆结束后，施工单位应进行注浆效果检查，经检查确认注浆效果符合要求后方可开

挖。

三、管棚支护

(一) 结构组成与适用条件

1. 结构组成

(2) 管棚是由钢管和钢格栅拱架组成。钢管入土端制作成尖靴状或楔形，沿着开挖轮廓线，以较小的外插角，向掌子面前方敷设钢管或钢插板，末端支架在钢拱架上，形成对开挖面前方围岩的预支护。

管棚支护：



5.套拱模板加固及泵管安装



6.套拱拆模后施钻管棚孔



7.套拱施钻管棚孔:



8.利用挖机套拱送管棚施工:



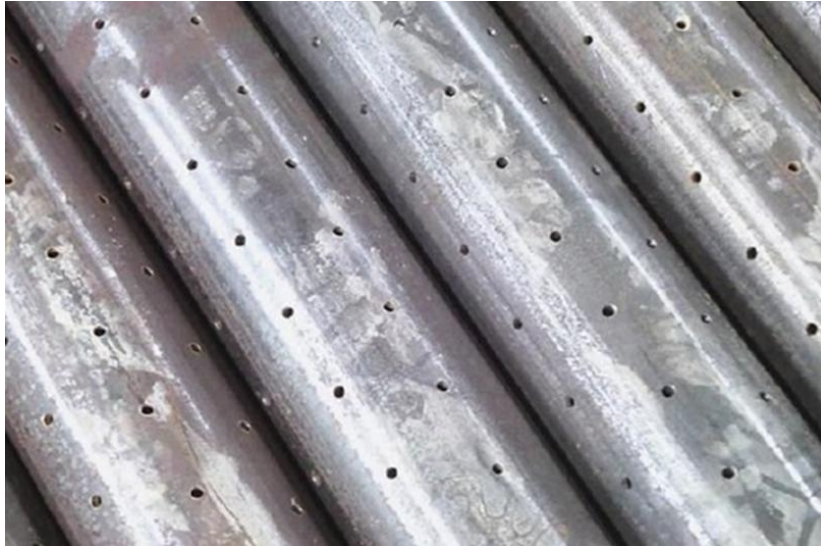
9.管棚注浆后封孔:



10.套拱施作完成:



(3) 管棚中的钢管应按照设计要求进行加工和开孔, 管内应灌注水泥浆或水泥砂浆, 以提高钢管自身刚度和强度。



2.适用条件

(1) 适用于软弱地层和特殊困难地段，如极破碎岩体、塌方体、砂土质地层、强膨胀性地层、强流变性地层、裂隙发育岩体、断层破碎带、浅埋大偏压等围岩，并对地层变形有严格要求的工程。



(2) 通常，在下列施工场合应考虑采用管棚进行超前支护：

- 1) 穿越铁路修建地下工程；
- 2) 穿越地下和地面结构物修建地下工程；
- 3) 修建大断面地下工程；
- 4) 隧道洞口段施工；

5) 通过断层破碎带等特殊地层；

6) 特殊地段，如大跨度地铁车站、重要文物保护单位、河底、海底的地下工程施工等。

(二) 技术要点

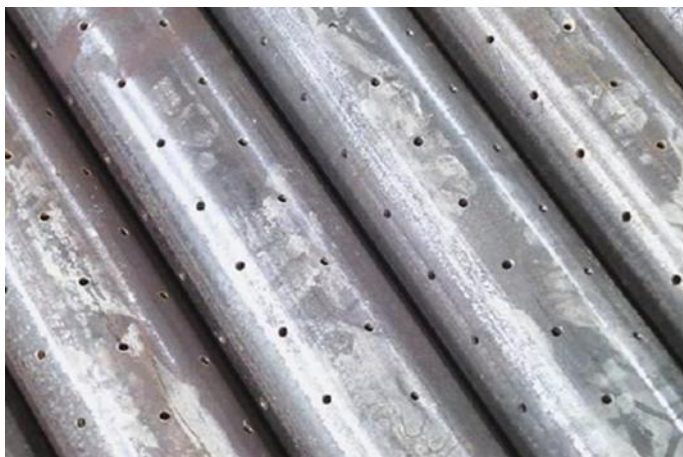
(1) 施工工艺流程

测放孔位→钻机就位→水平钻孔→压入钢管→注浆（向钢管内和管周围土体）→封口。



(2) 管棚应根据地层情况、施工条件和环境要求选用，并应符合以下要求：

1) 宜选用加厚的 $\phi 80 \sim \phi 180\text{mm}$ 焊接钢管或无缝钢管制作。一般采用 $\phi 108 \times 8\text{mm}$ 钢管，相应的孔口管采用 $\phi 127 \times 8\text{mm}$ 钢管。



2) 钢管间距应根据支护要求如防坍塌、控制建（构）筑物变形等予以确定，宜为 300 ~ 500mm。

3) 双向相邻管棚的搭接长度不小于 3m。

4) 为增加管棚刚度，应根据需要在钢管内灌注水泥砂浆、混凝土或放置钢筋笼并灌注水泥

砂浆。

5) 钢管宜沿隧道开挖轮廓线纵向近水平方向或按纵坡要求设置。

(4) 钻孔顺序应由高孔位向低孔位进行。钻孔直径应比设计管棚直径大 20~30mm。钻杆方向和角度应符合设计要求。钻孔过程中应注意钻杆角度的变化,并保证钻机不移位。

(6) 钢管在安装前应逐孔逐根进行编号,按编号顺序接管推进、不得混接。管棚接头应相互错开。

(7) 管棚就位后,应按要求进行注浆;钢管内部宜填充水泥砂浆,以增加钢管强度和刚度。注浆应采用分段注浆方法,浆液能充分填充至围岩内。注浆压力达到设定压力,并稳压 5min 以上,注浆量达到设计注浆量的 80%时,方可停止注浆。

1K413000 城市轨道交通工程

本目内容:

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

1K413044 喷锚支护施工技术

(一) 主要材料

(1) 喷射混凝土应采用早强混凝土(【提示】应为“速凝混凝土”),其强度必须符合设计要求。混凝土配合比应根据试验确定。严禁选用具有碱活性集料。可根据工程需要掺用外加剂,速凝剂应根据水泥品种、水胶比等,通过不同掺量的混凝土试验选择最佳掺量,使用

前应做凝结时间试验，要求初凝时间不应大于 5min，终凝时间不应大于 10min。

（一）主要材料



（三）喷射混凝土

（2）混凝土喷射前应检查喷射机喷头的状况，使其保持良好的工作性能。喷射时，应用高压风清理受喷面、施工缝，剔除疏松部分；喷头与受喷面应垂直，距离宜为 0.6~1.0m。



（3）喷射混凝土应分段、分片、分层自下而上依次进行。混凝土厚度较大时，应分层喷射，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行。

（4）喷射混凝土时，应先喷格栅钢架拱架与地层围岩间的混凝土，之后喷射格栅钢架拱架

间的混凝土。

(6) 在遇水的地段进行喷射混凝土作业时，应先对渗漏水处理后再喷射，并应从远离漏渗水处开始，逐渐向渗漏处逼近。

(9) 喷射混凝土的养护应在终凝 2h 后进行，养护时间应不小于 14d；当环境潮湿有水时，可根据情况调整养护时间。

(六) 初期支护背后注浆

(1) 隧道初期支护封闭后，应及时进行初支背后回填注浆。注浆作业点与掘进工作面宜保持在 5m~10m 的距离。

(3) 背后回填注浆应合理控制注浆量和注浆压力。当注浆压力和注浆量出现异常时，应分析原因，调整注浆参数。

(4) 根据地层变形的控制要求，可在初期支护背后多次进行回填注浆。注浆结束后，宜经雷达等检测手段检测合格，并应填写和保存注浆记录。

1K413000 城市轨道交通工程

本目内容：

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

1K413045 衬砌及防水施工要求

一、防水结构施工原则

（一）相关规范规定

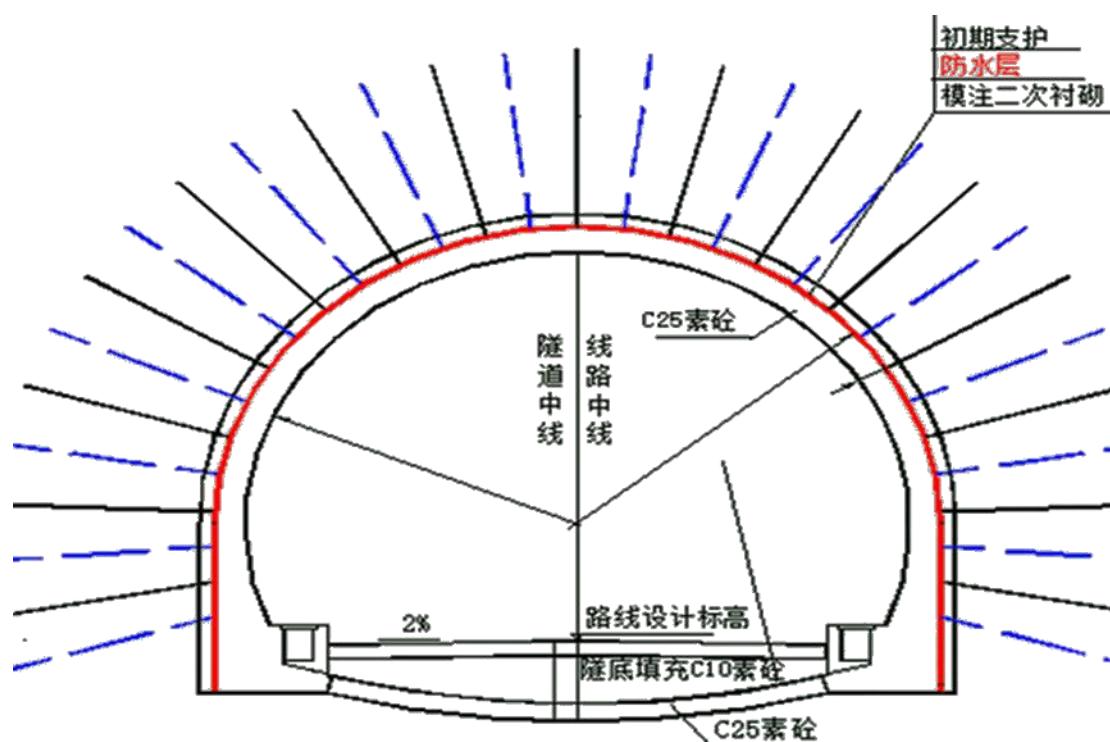
（1）防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理。

（2）防水设计的原则：以防为主，刚柔结合，多道防线，因地制宜，综合治理。

【技巧】对比：施工期间的防水措施主要是排和堵两类。

（二）复合式衬砌与防水体系

（1）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道通常采用复合式衬砌，衬砌结构组成：①初期（一次）支护；②防水层；③二次衬砌。



（2）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道的复合式衬砌，以结构自防水为根本，辅加防水层组成防水体系，以变形缝、施工缝、后浇带、穿墙洞、预埋件、桩头等接缝部位混凝土及防水层施工为防水控制的重点。

1）复合式衬砌的防水体系：

结构自防水为根本，辅加防水层。

2）复合式衬砌防水控制的重点：

①接缝部位混凝土施工——变形缝、施工缝、后浇带、穿墙洞、预埋件、桩头等；

②防水层施工。

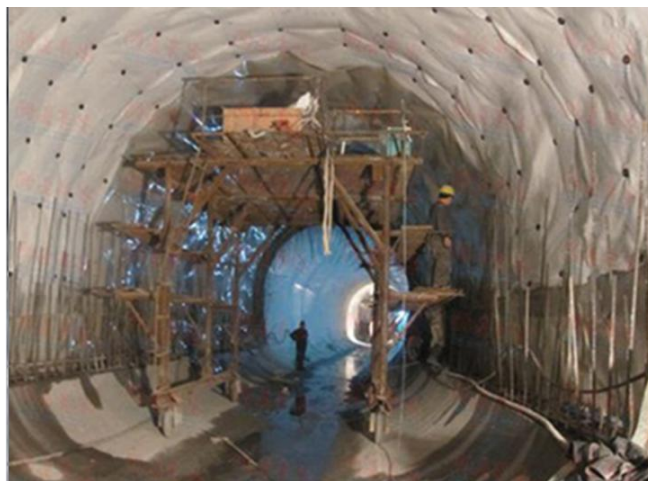
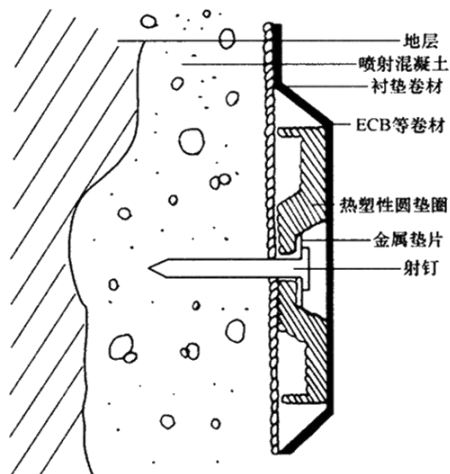
二、施工方案选择

(1) 施工期间的防水措施主要是排和堵两类。



三、复合式衬砌防水层施工

(1) 复合式衬砌防水层施工应优先选用射钉铺设。



(2) 防水层施工时喷射混凝土表面应平顺，不得留有锚杆头或钢筋断头，表面漏水应及时引排，防水层接头应擦净。

(3) 衬砌施工缝和沉降缝的止水带不得有割伤、破裂，固定应牢固，防止偏移，提高止水带部位混凝土浇筑的质量。

（4）二衬混凝土施工

1）二衬采用补偿收缩混凝土，具有良好的抗裂性能，主体结构防水混凝土在工程结构中不但承担防水作用，还要和钢筋一起承担结构受力作用。



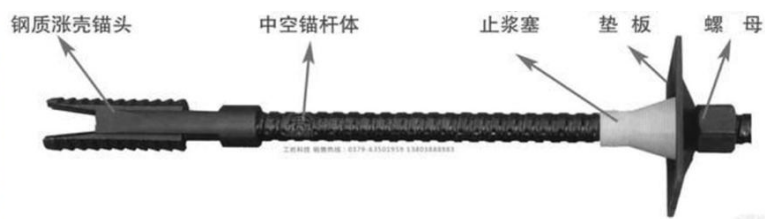
2）二衬混凝土浇筑应采用组合钢模板体系和模板台车两种模板体系。对模板及支撑结构进行验算，以保证其具有足够的强度、刚度和稳定性，防止发生变形和下沉。模板接缝要拼贴平密，避免漏浆。

3）混凝土浇筑采用泵送浇筑，两侧边墙采用插入式振动器振捣，底部采用附着式振动器振捣。混凝土浇筑应连续进行，两侧对称，水平浇筑，不得出现水平和倾斜接缝；如混凝土浇筑因故中断，则必须采取措施对两次浇筑混凝土界面进行处理，以满足防水要求。

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

二、地表锚杆（管）

（2）地面锚杆（管）按矩形或梅花形布置，先钻孔→吹净钻孔→用灌浆管灌浆→垂直插入锚杆杆体→孔口将杆体固定。



1K413000 城市轨道交通工程

本目内容：

1K413041 喷锚暗挖法的掘进方式选择

1K413042 工作井施工技术

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

1K413044 喷锚支护施工技术

1K413045 衬砌及防水施工要求

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

1K413046 喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

三、冻结法固结地层

(1) 冻结法是利用人工制冷技术，用于富水软弱地层的暗挖施工固结地层。通常，当土体的含水量大于 2.5%、地下水含盐量不大于 3%、地下水流速不大于 40m/d 时，均可适用常规冻结法。当土层含水量大于 10%和地下水流速不大于 7~9m/d 时，冻土扩展速度和冻结体形成的效果最佳。

(2) 在地下结构开挖断面周围需加固的含水软弱地层中钻孔敷管，安装冻结器，通过人工制冷作用将天然岩土变成冻土，形成完整性好、强度高、不透水的临时加固体，从而达到加固地层、隔绝地下水与拟建构筑物联系的目的。



(4) 冻结法主要优缺点

1) 主要优点：

- ①冻结加固的地层强度高；
- ②地下水封闭效果好；
- ③地层整体固结性好；
- ④对工程环境污染小。

【归纳】冻结法机理：冻土强度高于原状土；冻土是不透水层。

2) 主要缺点：

- ①成本较高；
- ②有一定的技术难度。

1K420172 暗挖法施工安全措施 P447

一、准备阶段安全技术管理

(三) 物资准备

(3) 按规定安装施工现场通风、照明、防尘、降温和治理有害气体设备，保护施工人员的身心健康。

二、工作井施工

(2) 施工机具, 运输车辆距工作井边缘的距离, 应根据土质, 井深, 支护情况和地面荷载并经经验确定, 且最外着力点与井边距离不得小于 1.5 m .

(3) 井口作业必须设置围挡, 非施工人员禁止入内, 并建立人员出入工作井的管理制度。

(4) 工作井井口比地面高 30cm 以上, 地面排水系统畅通; 开挖类的公共的考点

(5) 工作井周围必须设置防护栏杆, 栏杆高度不低于 1.2 m

(6) 井口 2m 范围内不得堆放材料;

(7) 工作井必须设安全梯或梯道, 梯道的宽度不应小于 1.0 m

三、隧道施工

(一) 开挖

(1) 在城市进行爆破施工, 必须事先编制爆破方案, 并由专业人员操作, 报城市主管部门批准, 并经公安部门同意后方可施工。

(3) 同一隧道内相对开挖 (非爆破方法) 的两开挖面距离为 2 倍洞跨且不小于 10m 时, 一端应停止掘进, 并保持开挖面稳定。

(4) 两条平行隧道 (含导洞) 相距小于 1 倍洞跨时, 其开挖面前后错开距离不得小于 15m

(即: 不能并进)