

# 《地下铁道工程施工标准》

GB/T51310-2018（土建部分）

## 宣贯资料

北京城建设计发展集团副总工程师  
北京城建轨道交通建设工程有限公司总工程师  
《地下铁道工程施工与验收规范》修编办主任

武福美

2019.5.9

# 目录

## 土建主要条款说明

## 本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很**严格**，正面词采用“**必须**”，反面词采用“**严禁**”；
  - 2) 表示**严格**，正面词采用“**应**”，反面词采用“**不应**”或“**不得**”；
  - 3) 表示允许稍有选择，正面词采用“**宜**”，反面词采用“**不宜**”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“**可**”。
- 2 本标准条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“**应符合.....的规定**”或“**应按.....执行**”。

## 1 总则

1.0.1 为加强地下铁道工程施工技术管理，完善施工技术标准，促进技术进步，保证施工质量、做到技术先进、工艺合理、安全可靠、节约资源、保护环境、经济合理，制定本标准（**目的**）。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建、改建地下铁道工程的施工。（**适用范围**）

1.0.3 本标准为地下铁道工程施工的基本要求，当设计文件对施工有专门要求时，尚应按设计文件执行（**与设计图纸的关系 也为新技术、新工艺、新材料、新设备的发展，地下铁道工程的涉及会越来越的采用，既为工程施工留有依据，也为下次修订积累经验**）。

1.0.4 地下铁道工程施工除应遵守本标准要求外，还应符合国家现行有关标准的规定（**与其他相关标准的衔接**）。

## 2 术语

根据大部分术语已在现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T50833、《地铁设计规范》GB50157和其他专业规范中包含，新标准**主要摘录14条**。

**2.0.1 “地下铁道”**符合现行国家标准《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T50833-2012第2.0.8条，“地铁”为“地下铁道”的简称。

### **2.0.7 站内客运设备**

车站公共区提供乘客使用的公共交通型自动扶梯和公共交通型自动人行道、无机房和小机房无障碍电梯。

**2.0.8 “站台屏蔽门”**根据现行国家标准《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T50833-2012第8.9.1条，“站台屏蔽门”、“站台门”、“屏蔽门”同义，本标准与设计规范统一术语。

### 3 基本规定

3.0.1 工程开工前，施工单位应根据勘察、设计文件进行现场核查，应提出现场实际情况与勘察、设计文件不相符的资料。

3.0.2 工程开工前应按照现行国家标准《地铁工程施工安全评价标准》GB50715和《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB50652的规定进行施工风险评估并制定安全应急预案。

3.0.3 工程开工前，应根据项目工程（整条线路）的标段划分情况，制定标段间的工程协调机制，确定总体目标要求，明确协调内容和接口界面。（主要针对建设单位讲的）

3.0.4 施工过程中应完整地收集原始数据、资料，应做好施工记录，工程竣工时应及时提交竣工文件。

3.0.5 施工单位应符合国家现行标准《质量管理体系》GB/T19000的规定，应建立健全质量保证体系，应对工程质量进行全过程控制。

3.0.6 施工单位应符合国家现行标准《职业健康安全管理体系规范》GB/T28001和《环境管理体系规范》GB/T24001的规定，应建立职业健康和环境保护管理体系，并应制定实施性管理计划并加以落实。

3.0.7 施工现场宜设立试验室，负责对混凝土等材料的检验和控制，当土建或设备试验、检验需要对外委托时，受托单位应具有相应的专业资质。

3.0.8 工程测量、监测、试验、检查、测试（调试）所用的设备、仪器、仪表、工具应在计量检定有效期内。

3.0.9 当采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，应有认证、鉴定、评估或推广证书方可使用。

3.0.10 施工中如发现文物、古墓等应妥善保护，并应及时报请有关部门处理。

3.0.11 对永久性测量标桩和地质、地震观测桩等应予保护，如需改动，应报相关部门批准。

3.0.12 当采用爆破施工时，爆破方案应事先编制，并应报政府相关部门批准后方可实施。

3.0.13 工程所用的原材料、预制品等应有合格证和出厂质量证明等资料。

3.0.14 施工完成后的土建结构和设备不应侵入限界。

3.0.15 设备安装的环境温度、湿度等应符合设计文件或经设计单位认可的设备技术文件的要求。

3.0.16 结构、轨道、供电、金属管线、车辆基地的杂散电流防护措施应符合现行行业标准《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》CJJ49的规定（注意此标准正在修订）。

### 3.0.17 人防工程施工应满足下列要求：

- 1 人防门框的安装位置、高程等应与结构图纸一致；（线路调整后的位置、高程，第5款完成）
- 2 人防段结构内的预埋件和预留孔洞的位置、数量、标高、做法等应符合各专业图纸要求；
- 3 人防段土建结构宜在人防门框安装后，绑扎门框墙钢筋，门框和门框墙钢筋、预埋件、吊环验收合格后方可支立模板和浇注混凝土；
- 4 人防门框的安装应符合现行国家标准《人民防空工程施工及验收规范》GB50134的规定；
- 5 区间人防结构施工前应完成贯通测量和调线工作。

### 3.0.18 设备进场验收应满足下列要求：

- 1 设备应有合格证，实行安全认证制度的系统应有安全认证标志或文件；
- 2 应保证外观应完好，产品应无损伤、变形、瑕疵和锈蚀；
- 3 设备及配件进入施工现场应有清单、使用说明书、质量合格证明文件、国家法定质检机构的检验报告等文件；
- 4 进口产品应提供原产地证明、商检证明，配套的质量合格证明、检测报告及安装、使用、维护说明书文件应为中文文本或附中文译文。

## 4 施工准备

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 施工前应熟悉设计文件，领会设计单位意图，应完成现场调查和图纸核对、会审、交底工作。
- 4.1.2 施工前应编制施工组织设计，对重点部位、难点部位和专项工程应分别编制施工方案。
- 4.1.3 施工单位在施工前应对风险工程进行再分析与评价，并应编制危险性较大的分部或分项工程安全专项施工方案。

### 4.2 前期调查与专项工作

#### 4.2.1 前期调查工作应包括下列内容：

- 1 地理环境、气象资料、交通要求、地下空洞，文物、古墓、居民点的社会状况和民风民俗；
- 2 施工运输道路、水源、供电、征地拆迁、取土场地、弃渣场地及容纳能力等状况；
- 3 施工场地及周边的道路、桥梁、建（构）筑物、地下地上管线等周边环境核查；
- 4 存在对工程施工直接或间接影响的其它问题。

4.2.2 为工程本体施工需开展的专项工作应包括下列内容：

- 1 施工临时占地、围挡实施及恢复；
- 2 园林树木的伐移；
- 3 既有轨道交通线、铁路的保护，管线的改移和保护，地上、地下建（构）筑物的保护；
- 4 施工所需临时占用道路的交通导改。

### 4.3 技术

4.3.1 施工组织设计与施工方案编制应满足下列要求：

- 1 施工组织设计编制应满足施工安全、工程质量、工程进度和环保要求，并经审批后方可组织实施；
- 2 分部、分项工程施工方案编制应与施工组织设计相一致；
- 3 测量、试验、临时用水用电方案编制应与施工组织设计相一致。

4.3.2 测量工作交桩后，施工单位应组织复验。复验合格后应布设测量加密控制点。

4.3.3 设计交底与图纸会审应包括下列内容：

- 1 施工单位应先进行设计文件审核，并应在会审中提出审核意见；

2 建设单位应组织，设计、监理、施工单位参加设计交底，并应进行设计图纸会审、形成设计交底与图纸会审记录；

3 建设单位应组织勘测、设计、监理与施工单位进行勘察交底，并应形成勘察交底记录。

4.3.4 施工技术交底应满足下列要求：

- 1 施工技术交底应覆盖所有参加施工人员；
- 2 施工技术交底应形成书面记录。

## 4.4 施工现场

4.4.1 现场场地布置应包括下列内容：

- 1 办公、生产、生活用房（棚）搭设；
- 2 材料存放场地和加工场地，构件及设备存放场地布设；
- 3 施工道路引入与场内道路的布置；
- 4 施工用水的引入与生产、生活用水和消防设施的布置；
- 5 施工用电的引入与生产、生活用电的布置；

7 安保、环保设施的建设。

4.4.2 施工现场场地应结合不同施工阶段的要求与特点，宜分期布置。

## 4.5 施工机械

4.5.1 施工机械配置应满足下列要求：

- 1 施工机械数量、进场时间应满足工期要求；
- 2 施工机械应满足施工安全使用要求；
- 3 施工机械的配置应提高施工效率。

4.5.2 施工机械进场后应对机械进行检查，大型专用设备还应在进场前进行适应性评价。

## 4.6 材料

4.6.1 应根据设计文件和施工组织设计编制材料、构配件进场计划。

4.6.2 材料、构配件进场后应进行检验、建立台账、分类存储与标识。

## 4.7 劳动力

- 4.7.1 劳动力应根据施工组织设计，分阶段、分专业和工种进行人员配置。
- 4.7.2 劳动力安排宜按照工序进行班组划分，形成专业化作业班组管理模式。
- 4.7.3 劳动力进场后应进行技能和安全岗前培训。

## 5 安全风险控制

### 5.1 一般规定

5.1.1 安全风险控制应包括工程自身风险控制（含水文地质风险控制）、周边环境风险控制。

（从多年来所发生的一些安全事故统计，或多或少存在管理风险控制的问题）。

5.1.2 各参建单位应建立健全安全风险管理体系。

5.1.3 施工准备阶段应完成工程安全风险评估，并应列出风险因素清单。

5.1.4 施工过程中应进行动态风险评估。

5.1.5 安全风险控制信息传输应采用网络化信息平台，并应满足共享、可视和可存储的要求。

5.1.6 安全风险应符合现行国家标准《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB50652的规定。

### 5.2 施工准备阶段安全风险评估

5.2.1 施工图设计阶段应列出风险因素清单，并完成II级及以上工程风险评估报告和专项设计文件。

5.2.2 施工单位应依据**岩土工程勘察报告、环境条件、施工图设计文件和补充调查资料**进行安全风险评估。

5.2.3 施工单位应对Ⅱ级及以上分部或分项工程的工程风险编制专项安全施工方案和监控量测方案，并应进行专家评审或论证。

5.2.4 各参建单位宜将**风险因素清单、风险评估报告、专项安全施工方案和监控量测方案**在开工前传输到信息平台。

### 5.3 施工过程安全风险控制

5.3.1 施工过程中应对工程自身风险和周边环境风险进行排查、监测、现场巡视，并应根据排查、监测、现场巡视成果进行动态风险分析、评估和预警。

5.3.2 **施工过程中应对作业面进行远程视频监控，宜对施工现场100%覆盖。**

5.3.3 矿山法开挖过程中应对掌子面的实际地层状况进行记录。**当工程地质和水文地质与岩土工程勘察报告出现较大偏差时，应根据实际工程地质重新进行安全风险评估。（详勘钻孔密度）**

5.3.4 当工程设计文件、施工方案发生变更，或周边环境发生较大变化时，应及时按变更后的工程自身风险和周边环境风险进行再评估。

5.3.5 参建各方应根据监测数据，分析测点累计变化值和变化速率，绘制累计变化值随时间的变化曲线，**预测监测数据发展趋势**，应结合现场巡视状况，**对工程自身风险、地质水文风险和周边环境风险进行动态风险评估**，判定工程安全风险状态，适时发布风险预警。（个别建设方已实施管理预警）

5.3.6 施工过程中工程安全风险预警类型应分为监测预警、巡视预警和综合预警。监测预警、巡视预警和综合预警等级由低到高宜分为三级，分别为黄色、橙色和红色，综合预警应依据综合监测数据和现场巡视综合确定。

5.3.7 当风险达到预警标准时，安全风险监控信息平台应向参建各方发布预警信息。

5.3.8 应按照风险预警等级分级响应，预警首次响应行动应满足下列时限要求：

- 1 发生监测预警和巡视预警，应在**24h**内对预警做出响应；
- 2 发生黄色综合预警，应在**12h**内做出响应；发生橙色综合预警，应在**6h**内做出响应；发生红色综合预警，应在**2h**内做出响应。

### 5.3.9 参建各方预警响应满足下列要求：

- 1 应收集和整理巡视记录及监测数据，分析监测数据发展趋势；
- 2 预警期间应增加风险巡视和加密监测频率；
- 3 预警期间应开展动态风险评估，当监测数据和现场巡视综合评估判定警情进一步扩大时，应提高预警级别，直至消除预警；
- 4 当现场已发生险情或安全事件时，施工单位应立即启动突发安全事故应急预案进行抢险或施救，并同时报其他参建单位和政府主管部门。

5.3.10 工程竣工前，宜对II级及以上的周边环境风险进行检测或状态评估，当评估认为施工对周边环境造成的不良影响存在安全隐患时，应进行处理。

5.3.11 施工阶段应根据工程特点和施工可能引发的工程安全事故，每年至少开展一次相应的突发事故应急演练。

## 5.4 安全风险控制文件编制

5.4.2 监测总结和重大安全事件处置记录应作为工程竣工验收交付文件。

## 6 施工测量

### 6.1 一般规定

6.1.6 控制测量、贯通测量、铺轨施工测量使用全站仪的测角精度不应低于 $1''$ ，测距精度不应低于 $1+1\times 10^{-6}\times D$  mm；水准仪的精度不应低于1mm/km；其他施工测量使用全站仪的测角精度不宜低于 $2''$ ，测距精度不宜低于 $2+2\times 10^{-6}\times D$  mm，经纬仪精度不宜低于J2，水准仪精度不宜低于S3。

6.1.7 施工测量应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB50308的规定。

### 6.2 控制测量

6.2.2 平面控制网点位不满足施工要求时，宜利用卫星定位控制点或精密导线点测设加密平面控制网，加密控制网测量的误差应符合表6.2.2的规定

6.2.4 加密控制点应埋设标志，并应避开施工变形区域。

### 6.3 联系测量

6.3.6 隧道贯通前的联系测量不应小于三次，宜在隧道掘进到约100m、300m以及距贯通面100m~200m时分别进行一次。当各次地下起始边方位角较差小于 $12''$ 时，宜取各次测量成果的平均值作为

后续测量的起算数据指导隧道贯通。

6.3.7 区间隧道单向贯通距离大于1500m的轴线和高程控制测量，应增加联系测量次数或采用两井定向、**区间钻孔投点**、加测陀螺定向方法。

## 6.6 矿山法施工测量

6.6.8 在区间隧道未贯通前需要进行二衬施工时，应采取增加控制点测量次数、钻孔投点以及加测陀螺方位方法进行中线和高程控制，**并宜预留不小于150m长度的区间隧道作为贯通误差调整段**。预留段贯通后，**应以平差后的控制点为依据进行二衬施工测量**。

## 6.7 盾构法施工测量

6.7.10 衬砌环安装完成后，应进行衬砌环平面坐标和高程测量，并应符合下列规定：

- 1 宜在盾构机姿态测量的同时进行环片姿态测量；
- 2 环片测量内容应包括环片中心，底部高程和前沿里程。并应用报表形式提供测量成果；
- 3 测量中误差应小于 $\pm 1.5\text{mm}$ ；

- 4 盾构正常掘进时衬砌环测量频率应1次/20环，且每天不应小于1次，
- 5 衬砌环平面坐标和高程实测值与设计文件规定值偏差超过 $\pm 30\text{mm}$ 时，宜分析偏差产生原因，进行纠偏处理。

## 6.12 铺轨测量（俗称CPⅢ）

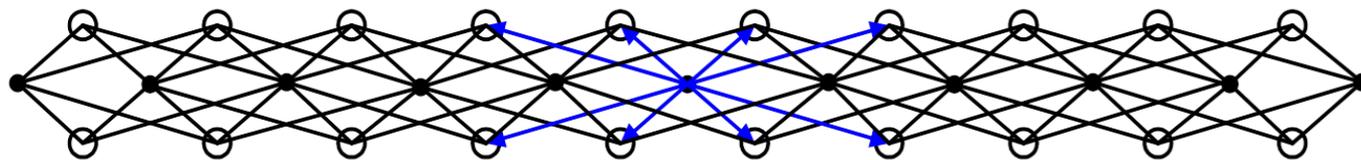


图6.12.8 任意设站导线网平面测量示意图

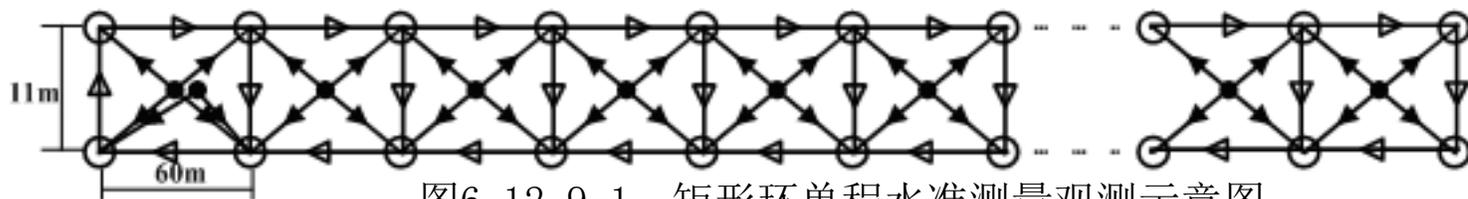


图6.12.9-1 矩形环单程水准测量观测示意图

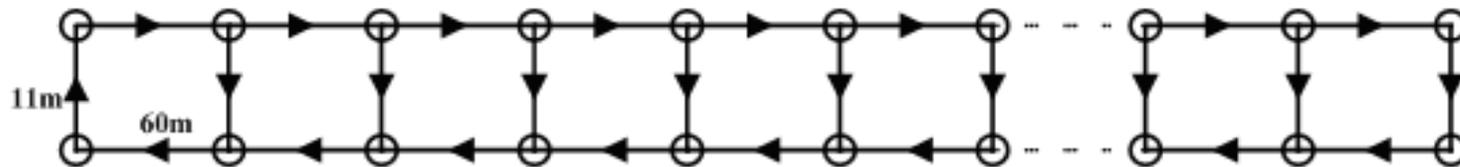


图6.12.8 任意设站导线网平面测量示意图

近年来随着我国高速铁路建设的快速发展，CPIII控制网测量技术已经在高速铁路无砟轨道施工中得到了广泛的应用，已成为一项成熟的测量控制技术。该方法由于网中存在大量多余观测，图形强度高，精度与可靠性较传统的导线和水准有很大提高，能够为高精度轨道铺设施工提供保证，点位易于长期保存，优点显著。

## 6.14 竣工测量

**6.14.3 轨道竣工测量**应在轨道完工并锁定后进行，并应以铺轨控制点为基准测量轨道几何形位。

**6.14.4 区间结构竣工**测量应以贯通测量成果进行隧道横断面净空测量。断面间距、断面测点位置、数量应根据区间结构形式确定。

**6.14.5 车站主体与附属建筑结构**竣工测量应根据批复的规划许可证要求，测量各建筑结构的平面位置、高程、结构尺寸以及控制角点与相邻建筑的距离。

**6.14.6 线路沿线设备竣工测量**应包括接触轨或接触网、风机以及行车信号与线路标志设备测量。

**6.14.8 竣工测量完成后应提交竣工测量成果资料（归档目得）**

## 7 地下水控制

### 7.1 一般规定

7.1.1 地下水控制应满足下列要求：

- 1 应满足工程正常施工需要（基底下不小于500mm）；
- 2 不得对工程周边环境造成危害（变形超标、地下水污染）；

### 7.2 地下水控制方法的选择

7.2.1 地下水控制方法宜划分为降水、隔水（堵水）和回灌三类。不同类型的地下水控制方法可单独或组合使用。

7.2.6 隔水方法应包括地下连续墙、排桩墙、组合隔水帷幕、冷冻和坑底水平封底隔水。（取消辐射井点降水）

### 7.6 隔水帷幕

7.6.2 隔水帷幕采用连续墙、型钢水泥土搅拌桩、咬合桩和冻结法时，应符合本标准第8.4节的相关规定

7.6.3 采用嵌入式组合隔水施工时，应在基坑围护墙或桩结构施工完成后，方可施工其背后或桩间的注浆、旋喷或搅拌桩。

7.6.5 隔水帷幕完成后应通过坑内抽排水检验隔水效果。

## 8 明挖法（原规范地3、4、5章合并）

### 8.1 一般规定

8.1.5 土建结构施工应与机电设备安装配合，并应符合下列规定：

- 1 应预留满足大型设备的运输和安装通道，待大型设备及管线安装完成后方可施工后续建筑结构（供电、通风设备）
- 2 线路布设位置未完成前，墙体砌筑高度不宜超过2.4m（特别是风管，后开洞过梁无法增加）；
- 3 站台板、轨顶风道等内部结构施工前应与设备、机电、人防等专业明确预埋件、预留孔洞位置（专业接口协调，避免后开洞）

8.1.6 防雷与接地施工应满足下列要求：

- 1 底板垫层施工前应完成接地预埋，并应进行接地电阻检测合格；
- 2 接地极预埋沟回填密实度应照设计文件要求施工，设计文件无要求时不应低于原状土密实度；
- 3 接地装置不应与底板结构中的钢筋相接触。

## 8.2 管线悬吊与改移

8.2.14 管线改移应有设计文件，设计文件应按综合管线图给定的线路（路由）进行设计（避免二次改移）

## 8.3 交通导改与基坑便桥

8.3.5 宜由有相应资质的设计单位设计。

8.3.6 当基坑围护结构采用桩或墙体时，利用其结构做为基坑便桥的桥台时，应经设计单位确认。

## 8.4 基坑围（支）护结构

8.4.5 采用桩或墙的围护结构，宜与主体结构之间留外放量，确保围护结构不侵入主体结构线（咬合桩垂直度应小于3‰；灌注桩应小于或等于1‰；连续墙为永久结构时允许偏差应为1/300，临时结构时应为1/150）。

8.4.6 围护结构采用水下灌注混凝土时，混凝土强度等级应提高一个等级。混凝土灌注宜高出设计文件规定的桩顶标高300mm~500mm。冬季施工时，桩（墙）顶混凝土未达到设计文件规定的强度等级的40%时不得受冻。（费用）

## I 预制沉桩

- 8.4.7 围护桩采用预制桩沉设时,预制桩应在工厂内预制,沉设时应达到设计文件规定的强度等级;
- 8.4.8 正式沉设前应先试桩,试桩数量不得小于2根;
- 8.4.9 沉桩前应测放桩位,沉桩时钻(桩)头就位应正确、垂直,沉桩过程中应随时检测。

## II 钻孔灌注桩

8.4.10 围护桩采用螺旋钻机成孔时,成孔应满足下列要求:

- 1 钻杆就位正确、垂直,定位允许偏差不应大于本标准第8.4.9条规定;
- 2 开钻或穿越软硬不均匀土层交界处时,应缓慢钻进并保持钻杆垂直;
- 3 松软杂填土或含水量较大的软塑性土层中钻进时,钻杆不得摇晃;
- 4 钻进中应及时清理孔口渣土,当发现钻杆跳动、机架摇摆、不进尺等现象时,应停钻检查;
- 5 钻孔至设计文件规定的标高后应空钻清碴,提钻后及时吊装钢筋笼并灌注混凝土。

8.4.11 围护桩采用压浆成桩时,除应按本标准第8.4.10条规定施工外,在提钻杆时,应边提钻杆边压注水泥浆,至孔口后立即吊放钢筋笼并投放粗集料。

8.4.12 泥浆护壁成孔应设置护筒，护筒位置应正确、稳定，护筒外侧应用粘土填实。埋置深度，粘土层不应小于1.0m，砂质或杂填土层不应小于1.5m。护筒顶高于地面不应小于200mm。

8.4.13 围护桩采用冲击成孔时，宜根据土层按表8.4.13选用冲程和泥浆比重。（一般不建议采用）

8.4.14 泥浆护壁成钻孔排渣应符合下列规定：

- 1 粘性土中成孔，可注入清水，以原土造浆护壁，泥浆比重应控制在1.1~1.2；
- 2 砂土和较厚夹砂层中成孔，泥浆比重应控制在1.1~1.3。砂夹卵石层或容易坍孔土层中成孔时，泥浆比重应控制在1.3~1.5；
- 3 泥浆应选用塑性指数不小于17的粘土或膨润土等材料配制；
- 4 施工中应经常测定泥浆比重，并定期测定粘度、含砂率和胶体率，其指标控制：粘度为18s~22s、含砂率为4%~8%、胶体率不小于90%。（若采用化学纤维浆液时可调整，但不适应连续墙）

8.4.15 泥浆护壁成孔清孔应符合下列规定：

- 2 用原土造浆时，清孔后泥浆比重应控制在1.1左右；
- 3 孔壁土质较差时，宜用泥浆循环清孔，清孔后泥浆比重应控制在1.15~1.25；

8.4.20 水下灌注混凝土应采用导管法，导管宜采用直径为200mm~250mm的多节钢管，管节连接应严密、牢固，使用前应通过密闭性试验。

8.4.21 水下混凝土浇注应连续一次浇注完毕，并应符合下列规定：

- 1 混凝土浇注前应在导管内临近泥浆面位置吊挂隔水栓；（特别是承重桩和柱下桩）
- 2 导管底端距孔底应保持300mm~500mm；
- 3 首盘混凝土的浇注量应使导管底端埋入混凝土深度不小于0.5m；
- 4 浇注过程中导管埋入混凝土深度应保持在2m~6m，并随提升随拆除；
- 5 导管吊放和提升不得碰撞钢筋笼。

8.4.22 干作业成孔混凝土浇注应采用导管法连续浇注混凝土，不得满口倾倒。

8.4.23 混凝土抗压试件留置，同一配合比每班不得小于一组，泥浆护壁成孔每5根不得小于一组。

### III 地下连续墙

8.4.26 槽段开挖前，应沿地下连续墙墙面两侧构筑导墙。导墙应按设计文件施工，无设计文件时其净距宜大于地下连续墙尺寸40mm~60mm、高度宜为1.5m~2.0m、基底应密实或位于原状土层、顶部高出地面不宜小于200mm。导墙外侧土应夯实且不得移位和变形。（实际需要硬化，抓槽机、吊车、混凝土罐车）

8.4.27 地下连续墙施工泥浆制备和管理应符合下列规定：

1 泥浆拌制材料宜选用膨润土或高分子聚合物材料。如采用粘土，应进行物理、化学分析和矿物鉴定，其粘粒含量应大于50%，塑性指数应大于20，含砂量应小于5%，二氧化硅与氧化铝含量比值宜为3~4；

8.4.31 地下连续墙混凝土浇筑应符合下列规定：

3 导灰管水平布置距离不应大于3m，距槽段端部（短边侧面）不应大于1.5m；导管下端距槽底应为300mm~500mm，灌注混凝土前应在导灰管内临近泥浆面位置吊挂隔水栓；

4 钢筋笼沉放就位后应及时浇筑混凝土，并不应超过4h；

- 5 各导灰管储料斗内混凝土储量应保证开始灌注混凝土时埋管深度**不小于500mm**;
- 6 各导灰管剪断隔水栓吊挂线后应同步，均匀连续灌注混凝土，因故中断灌注时间不得超过**30min**;
- 7 导灰管随混凝土灌注应逐步提升，**其埋入混凝土深度应为2m~6m**，相邻两导灰管内混凝土高差**不应大于0.5m**;
- 8 混凝土不得溢出导灰管落入槽内;
- 9 混凝土灌注速度不应低于2m/h;
- 10 置换出的泥浆应及时处理，不得溢出地面。

#### IV 土钉墙支护

8.4.40 截、排水措施应符合下列规定:

- 1 距基坑顶四周**2m~4m**范围适当垫高，并应设挡水墙、截水沟，截水沟要有防渗漏措施；**截水沟与坡顶之间应硬化处理并应设反坡；（总平面布置时，厨房、厕所等有排水的设施尽量远离）**

## V 型钢水泥土搅拌桩（墙）

8.4.46 型钢水泥土搅拌桩（墙）适用于软土地层且基坑开挖深度小于15m的基坑围护结构。

8.4.47 导向沟或导墙应符合下列规定：

1 采用导向沟的，其槽边的定位型钢应有防止其位移的措施，两型钢净距应比水泥土搅拌墙设计文件规定的厚度增加40mm~60mm；

2 采用钢筋混凝土导墙的，导墙宜筑于密实的粘性土层上，外侧应用粘土回填密实，并应高出地面100mm，导墙净距应比水泥土搅拌墙设计文件规定的厚度增加40mm~60mm。

8.4.48 型钢水泥土搅拌桩宜采用三轴及其以上的搅拌桩机施工，施工应符合下列规定：

1 施工前应进行工艺性试桩，数量不应小于3根；

4 浆液泵送流量应与搅拌机的喷浆搅拌下沉速度或提升速度相匹配，确保搅拌桩中水泥掺量的均匀性。注浆压力宜保持在0.4 MPa~0.6MPa，不应超过0.8 MPa；

6 因故搁置超过2h以上的拌制浆液，应作为废浆处理，不得使用；

7 施工时如因故停浆，应在恢复压浆前将搅拌机提升或下沉0.5m再注浆搅拌施工；

8.4.50 型钢拔除应满足下列要求：

- 2 有肥槽的，应在主体结构与搅拌墙之间的肥槽回填密实后方可进行；
- 3 无肥槽的，应在主体结构完成且顶板达到设计文件规定的强度后方可进行；
- 4 型钢拔除后，应将其空隙注浆充填密实。

## VI 咬合桩

8.4.51 咬合桩施工可采用软法咬合或硬法咬合施工方法。

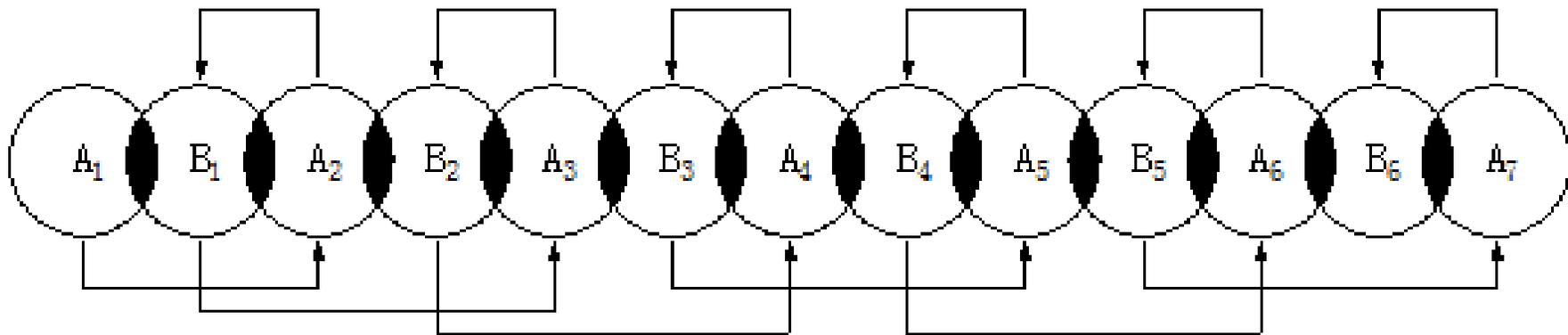
8.4.52 咬合桩施工前应进行试成孔试验，以确定其成孔设备、施工工艺等参数。试成孔数量应根据工程规模和地质报告确定，一般不应小于1组。

8.4.53 混凝土导墙（或护筒）施工应符合下列规定：

- 1 导墙应根据地质情况和施工设备重量进行验算，以确定配筋和混凝土标号；
- 2 导墙混凝土强度达到设计文件规定的强度的70%后，方可进行咬合桩施工。

8.4.54 咬合桩成孔中应保持钢套管底部标高低于取土面不小于2.5m，地面上应留有1.2m~1.5m。

8.4.55 采用**软法咬合**施工咬合桩时应跳孔施工，应按照先**A**序桩后**B**序桩的顺序进行施工，并应符合下列规定：



- 1 起点应设置一根砂桩，用于第一根桩与最后一根桩的**封闭咬合**；
- 2 B序桩的钢套管沉入深度应比A序桩深500mm；
- 3 A序桩应采用**超缓凝混凝土**，B序桩采用**（钢筋）普通混凝土**；
- 4 A序桩终凝前应完成B序桩的施工。A序桩混凝土的初凝时间应根据成桩工艺及土层情况综合确定，**且不宜小于60h**。

说明：A桩砿的坍塌度应尽量小一些，不宜超过18cm，以便于降低砿的流动性；软咬合套管底口应始终保持超前砿面一定距离，以便造成一段“瓶颈”，阻止砿的流动，如果钻机能力许可，这个距离越大越好，但至少不应小于2.5m；A、B桩咬合量根据A桩砿强度、成桩垂直度、桩长等因素确定。

8.4.57 咬合桩混凝土灌注应符合下列规定：

3 硬法咬合时，A序桩应采用普通混凝土（其强度应根据需求、B桩成孔设备可钻性确定）。

8.4.58 桩身混凝土质量应采用超声波透射进行检测（100%），或钻孔取芯取样进行强度质量检测。

## VII 冻结法

8.4.60 在地层冻结区域内有下列情况时，不宜选用冻结法：

- 1 地下水流速大于10m/d、有集中水流或地下水水位有明显波动即超过2m/d；
- 2 土层结冰温度低于-2℃或有地下热源影响土体冻结；
- 3 地层含水量低影响土体冻结强度；
- 4 其他施工方法扰动过的地层；
- 5 其它影响地层冻结或地层冻结严重影响周围环境的情况。

8.4.61 透水砂层中采用冻结时，在冻结壁形成期间（积极冻结期），冻结壁内、外200m区域内不宜降水。

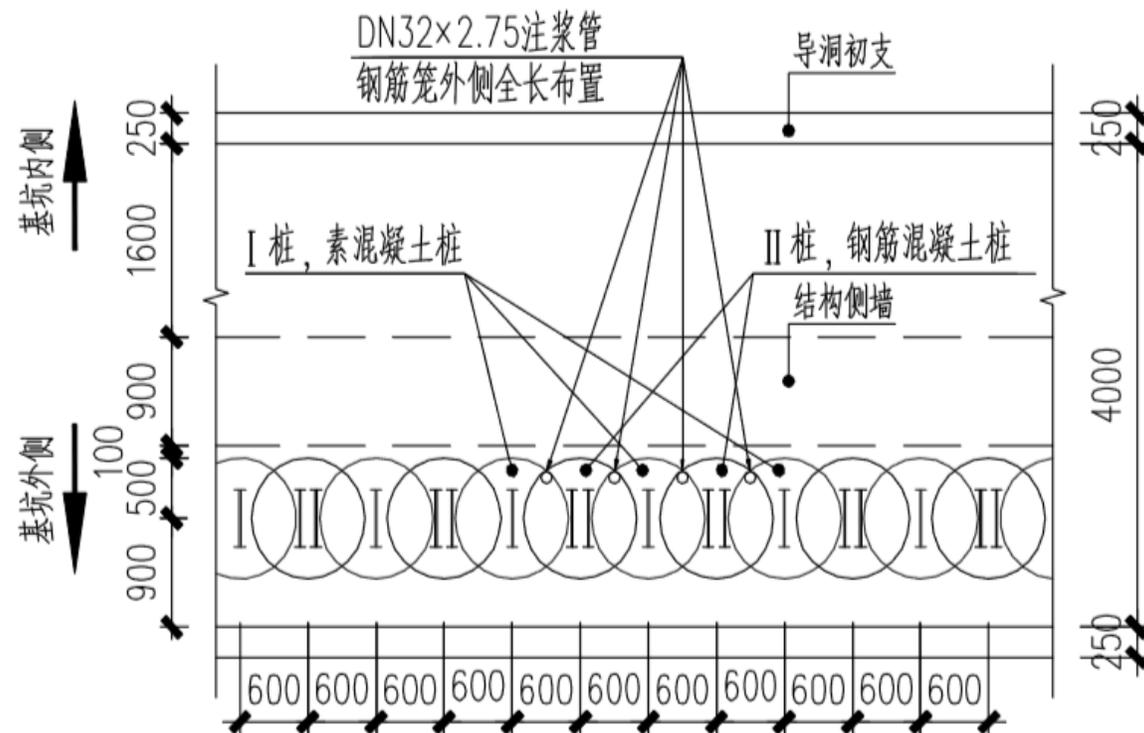
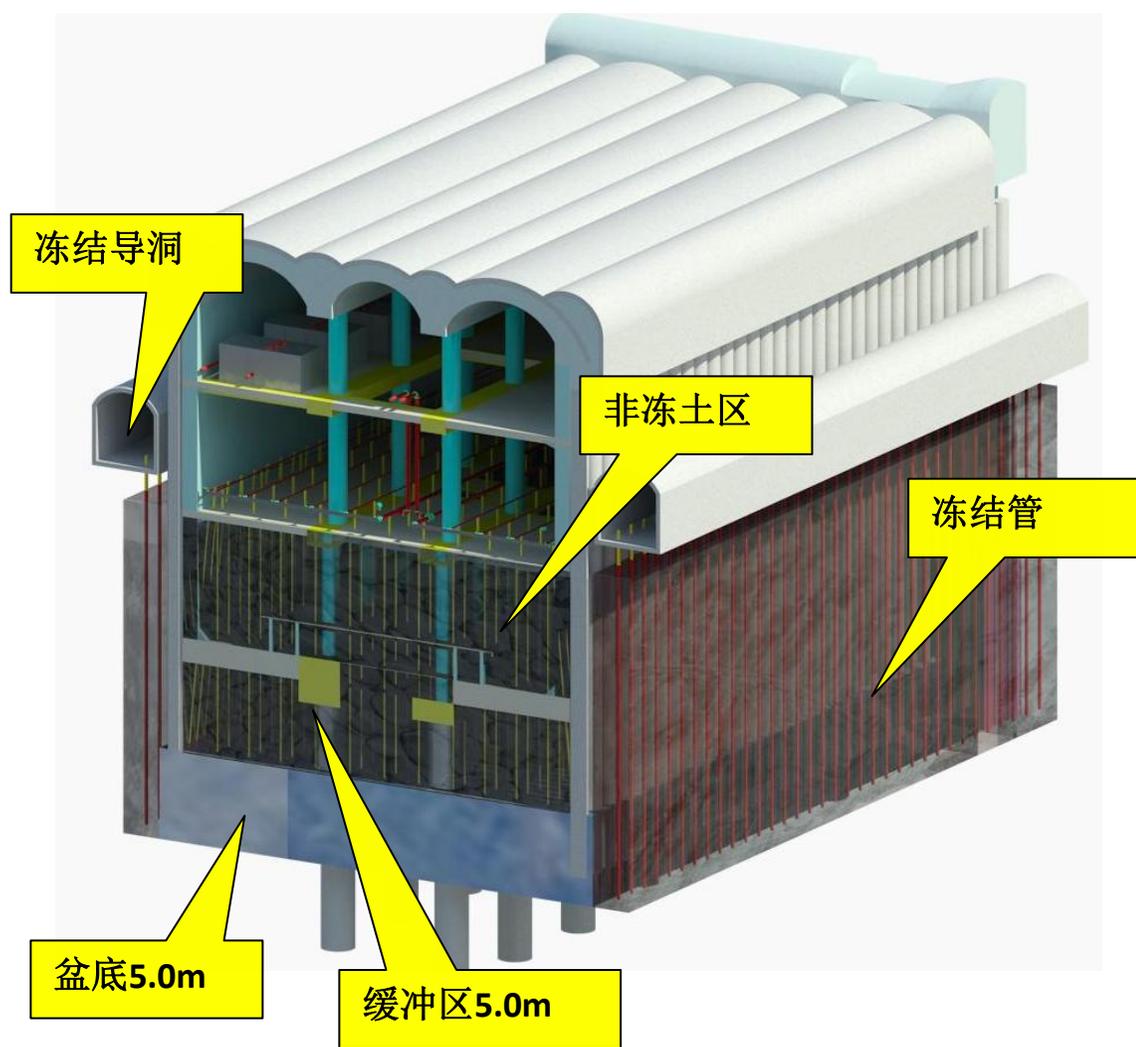
#### 8.4.62 冻结孔与冻结管施工应满足下列要求：

- 3 含水地层进行冻结孔施工时，应采用二次开孔方法开孔并**安装孔口密封装置**，以防孔口**涌水涌砂**；
- 4 冻结管应采用无缝钢管，冻结管的壁厚不应小于**5mm**；
- 6 供液管宜优先采用聚乙烯或焊接钢管，连接应牢固、严密；
- 7 冻结管的底锥应采用与冻结管材质一致的钢板焊接制作；

#### 8.4.63 冻结壁的检测应满足下列要求：

- 1 冻结区域内应设置测温孔，测温孔布置应符合设计文件或方案要求。测温管内的测温元件安装好后，应按设计文件或冻结施工专项方案**（含监测、应急预案）**要求对管口进行防护；
- 3 设有卸压孔的，冻结期间压力应保持与初始取值相一致；
- 4 应根据测温孔的温度计算冻结壁厚度、冻结壁的平均温度和开挖边界的温度，并应达到设计文件或冻结施工专项方案要求；

#### 8.4.64 冻结工程收尾工作应满足下列要求：**（满足环保要求条款）**



咬合桩界面处注浆导管布置示意 1:100

底板冻结、侧壁咬合桩止水车站

8.4.77 内支撑采用钢质支撑时，钢支撑和钢腰梁应在厂家分节加工制作现场组装，加工制作应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定。

8.4.78 土方开挖应与内支撑施工配合，基坑土方挖至其设计文件给定的位置下（沿）为0.5m时，应进行内支撑的架设。钢支撑预加轴力未锁定前、或混凝土横撑强度未达到设计文件规定的允许值前，不应继续开挖下层土方。

8.4.79 钢腰梁制作应满足下列要求：

- 1 每段加工长度宜与土方开挖分段长度相匹配（缩短时空效应）；
- 2 同一横断面不同高度的钢腰梁搭接位置应错开一个桩间距；
- 3 分段连接点应避开钢支撑支顶位置；
- 4 围护结构阳角处的钢腰梁连接不宜在安装后再焊接；
- 5 斜撑部位的钢腰梁宜设抗剪力装置。（但也不应所有的桩每桩已设，反而存在不安全的隐患）

8.4.80 钢腰梁安装应满足下列要求：（平、直、密、牢）

- 1 三角支架应随土方开挖及时安装，安装应平直，并在同一高度位置，并应与围护结构固定牢固；

- 2 钢腰梁应及时安装，与三脚架密贴，立面应垂直，中线应与横撑轴线在同一水平面上；
- 3 每段钢腰梁均应设防坠落装置，且应与围护结构固定牢固；
- 4 钢腰梁分段连接应等强度；
- 5 钢腰梁与围护结构应密贴。当存在空隙时，可用强度等级不低于M20的砂浆先抹平围护结构面后再安装；也可用强度等级不低于C30的细石混凝土将其缝隙填充密实；
- 6 横撑托盘与钢腰梁应焊接或螺栓连接牢固；横撑两端的托盘应在同一横断面和同一高度；斜撑两端的托盘与围护结构面的角度应一致；
- 7 固定端和活络端托盘宜交替间隔安装。

#### 8.4.81 钢横撑安装应满足下列要求：

- 1 钢横撑安装前应进行预拼装，拼装连接螺栓的螺母不宜在同一侧；
- 2 钢横撑吊装前应根据监测要求安装监测元器件；
- 3 安装就位后应及时施加预加轴力；
- 4 每根钢支撑两端均应设防坠落装置，且应与围护结构固定牢固；

5 钢横撑的预加轴力先预加至10%时检查横撑和腰梁无明显变化时，再逐级预加轴力至规定值后用钢楔锁定。

8.4.82 钢筋混凝土内支撑施工应满足下列要求：

1 钢筋混凝土腰梁应随土方分段开挖及时施工；

3 钢筋混凝土横撑应一次浇筑成型，不得留置施工缝；

4 下层土方开挖，横撑混凝土强度等级达到设计文件规定，设计文件规定的混凝土强度等级的85%后方可开挖下层土方。

8.4.83 内支撑跨中设置临时立柱支撑时，横撑施工应满足下列要求：

3 内支撑为钢支撑时，横撑与连梁的连接装置应留有横撑（起拱）变形量，横撑与连梁之间宜支垫具有弹性的材料；

8.4.85 横撑及腰梁应随主体结构施工自下而上拆除，拆除应满足下列要求：

1 主体结构底板或中（顶）板混凝土强度应满足设计文件要求后方可拆除，无要求时，混凝土强度应达到设计文件规定值的70%以上方可拆除支撑；

### I 基坑开挖（缩短时空效应，短流水、快节奏）

8.5.4 主体基坑开挖应**水平分段、竖向分层依次开挖**，并应符合下列规定：

1 土方开挖**水平分段长度**应依据设计文件规定的**结构流水段长度**划分，设计文件无要求时，一般为12m~16m。开挖应与结构施工配合，**当先段结构底板未完成前，后段土方不宜开挖到底；（确保基坑安全，结构自防水砼）**

3 开挖过程中不得出现反坡，不应超挖和掏底；**（神仙土）**

4 当采用放坡开挖无支护时，应随开挖随及时刷坡或护坡，边坡应平顺并符合设计文件规定；当设计文件无要求且地质条件良好时，边坡坡率允许值宜符合表8.5.4的规定。**（适应马道和端头坡度）**

边坡土体类别	状态	坡率允许值（高宽比）	
		坡高小于5m	坡高5m~10m
碎石类土	密实	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
一般性粘土	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50

## II 基坑回填（顶板和肥槽）

**8.5.11** 回填土应取样进行**击实试验（重、轻型）**，应通过试验段施工确定填料含水量控制范围、铺土厚度和压实遍数等参数

### 8.6 钢筋工程

**8.6.2** 钢筋进场验收**每检验批重量不应大于60t（由条文说明，改为正文）**

**8.6.4** 钢筋加工应满足下列要求：

3 特殊部位和曲线形钢筋应按**1: 1的比例制作台具**，并在台具上加工（如：**预留盾构口、暗挖格栅等）**；

**8.6.8** 受力钢筋接头位置应符合下列规定：

5 **直接承受动力荷载的结构构件**，受力钢筋不宜采用焊接；当采用螺纹连接时，同一受拉区段内接头的受力面积占受力钢筋总截面积不得超过**50%**；（**高架车站内的非预应力轨道梁**）

**7 有抗震设防要求结构的结**，梁端、柱端箍筋加密区范围内不宜设置钢筋接头，且不应进行钢筋搭接连接。

#### 8.6.12 钢筋绑扎应满足设计文件要求，绑扎点应符合下列规定：

- 4 主筋之间或双向受力钢筋交叉点应全部绑扎（或点焊接）；
- 5 单肢箍筋和双肢箍筋拐角处与主筋交叉点应全部绑扎，平直部分与主筋交叉点可间隔绑扎；
- 6 墙、柱竖向钢筋与底板水平主筋交叉点应绑扎牢固，悬臂超过2m时，交叉点宜焊接，并宜增加临时支撑；
- 7 钢筋网片除外围两行钢筋交叉点全部绑扎外，中间部分交叉点可间隔交错绑扎牢固（土钉墙、桩间网片）；
- 9 梁板在绑扎双层钢筋时，应设置马凳钢筋；马凳钢筋直径不宜小于22mm，间距应符合设计文件或方案要求（安全、数量）。

#### 8.6.13 钢筋绑扎的顺序宜满足下列要求：

- 4 墙、板预留洞口位置应按设计文件要求留置钢筋接驳器，钢筋接驳器位置应准确并进行保护；
- 5 穿越结构的预埋、预留件影响钢筋绑扎时，应与设计单位协商处理（留有余地）

## 8.7 模板与支架

8.7.1 模板和支架进场应验收，并应符合其相应的国家或行业现行的标准要求。

8.7.2 模板和支架应预先设计，并满足下列要求：

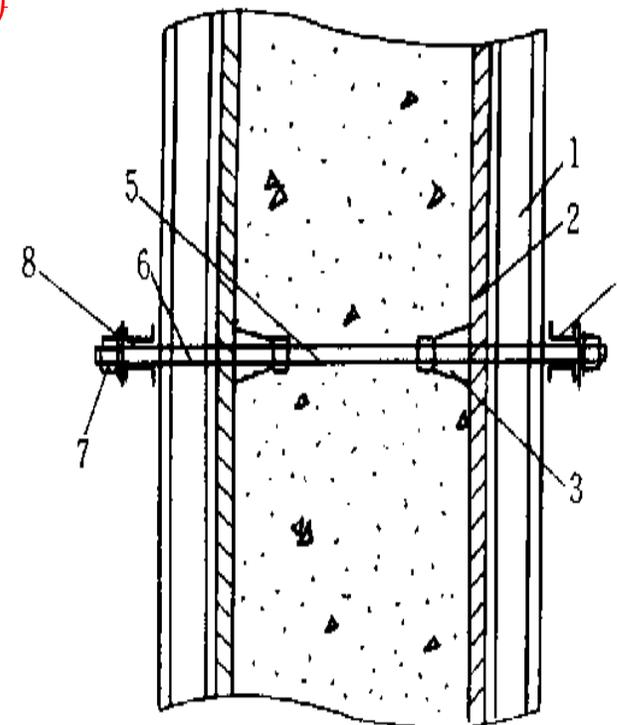
1 模板和支架应可靠承受钢筋混凝土及施工荷载，宜采用

2 结构形状、位置和尺寸正确应符合设计文件规定；

8.7.6 墙体采用**双侧支模板**时，宜采用拉杆螺栓固定。

有防水要求的拉杆应设止水环，两端应加垫块（图8.7.6），

拆模后垫块孔应用膨胀水泥砂浆堵塞严密。



1—立带；2—模板；3—椎型垫块；4—横带；  
5—止水拉杆；6—螺栓；7—螺帽；8—垫板

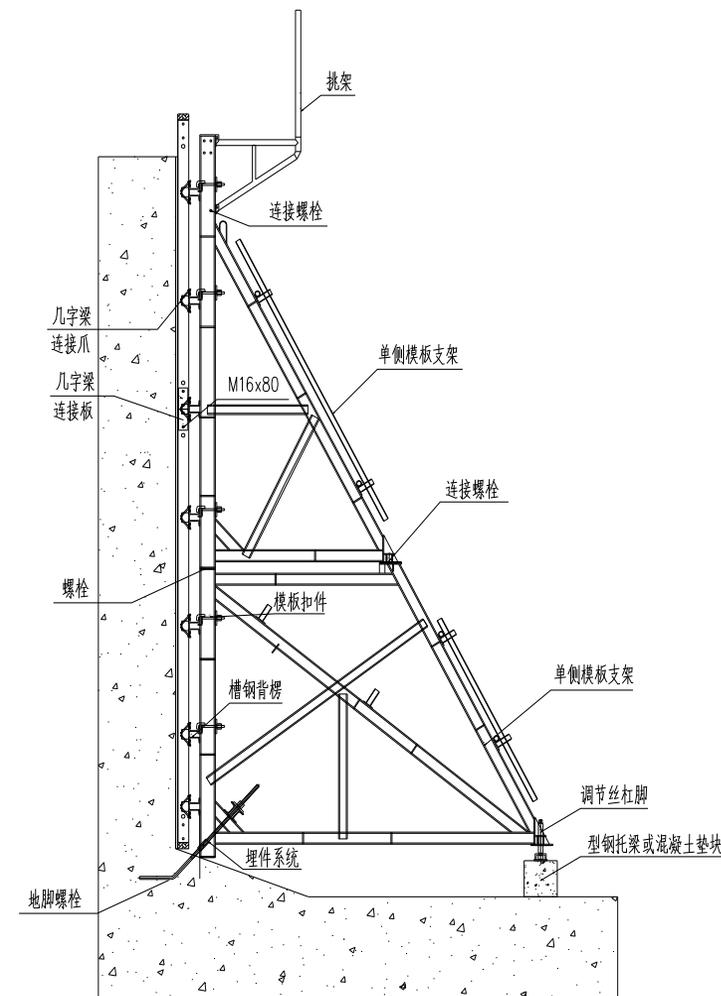
8.7.7 墙体采用**单侧支模板**时，宜选用三角型单侧模板支撑体系。**其地脚螺栓埋设应锚固牢固**，外露尺寸、位置、角度应准确；模板支撑拼装好后**应逐榀吊装就位**。安装模板时，应设置支撑、拉接或配重，防止模板倾覆（图8.7.7）。

8.7.9 墙体与中板（顶板）**一体支模**时，墙内模与板底模连接的净空应进行调整，应经验收合格后方可连接固定；墙体外侧模板宜在钢筋绑扎完后支立。

## 8.8 混凝土浇注

8.8.1 防水混凝土施工除应满足本节要求外，尚应符合本标准**第16章的有关规定（主要指外侧抗渗混凝土）**。

8.8.5 墙体**单独浇筑**时，应水平分层连续浇筑，分层厚度宜为**500mm**；墙体高度大于**3m**时应设串通，防止混凝土离析；**浇筑高度（到顶面）应留有混凝土沉降量（混凝土沉落量）**。



8.8.6 墙体和中板（顶板）混凝土**一体浇注**时应符合下列规定：

1 墙体混凝土应左右对称、水平、分层连续浇注，两侧高差不宜大于**500mm**，浇筑至墙板交界处间歇**1h~1.5h**，再浇顶板混凝土（**混凝土沉落量**）；

2 中板（顶板）混凝土应由两边墙分别向中间方向浇注。混凝土浇至板顶设计文件规定的高程时，在初凝前应用表面振捣器振捣一遍后再人工抹面。

8.8.8 当板、墙、柱的混凝土强度等级、性能有差异时，应采取**措施，不得混用（柱在梁板内部分）**；

8.8.12 垂直**施工缝**的端头应设置堵头模板。设有中埋式止水带的应先支立止水带下层模板或外侧模板，后支立上层模板或内侧模板，两侧模板应将止水带固定牢固。

8.8.15 **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与变形缝中心线重合，并应用模板固定牢固。止水带不得穿孔或用铁钉固定。

8.8.17 **后浇带**侧模宜采用钢丝网模板。有防水要求的，防水细部做法应符合设计文件要求。

8.8.19 结构后浇带混凝土施工应符合下列规定：

1 位置应设置于受力和变形较小处，**缝宽宜为0.8m~1.0m**；

2 浇混凝土应在其两侧混凝土龄期达到**42d**后进行；

5 浇混凝土养护期不应小于**28d**。

## 8.9 内部结构施工（站台板、后浇筑风道、楼梯踏步、二次砌筑工程）

8.9.1 车站**内部结构施工前**应完成主体结构的验收工作。

8.9.2 站台板施工前，应完成车站和相邻隧道的**贯通和断面测量**，站台板不应侵入车辆限界（**线路调整完成**）

8.9.3 站台板施工应满足下列要求：

1 预埋在底板上的钢筋应调直，认真复核钢筋的位置、数量、间距、规格、外露长度和损坏情况，对缺损的钢筋应按设计文件要求进行植筋；

2 宜采用跳仓分段施工，待两侧的混凝土充分收缩后，再施工中间段的站台板；

3 站台板**变形缝应与主体结构变形缝贯通（缝宽一致）**。

8.9.4 预制构件安装应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204的规定。

8.9.5 砌体工程施工应符合现行国家标准《砌体工程施工质量验收规范》GB50203的规定。

## 9 盖挖法

### 9.1 一般规定

9.1.1 盖挖法可分全断面盖挖和局部盖挖

9.1.2 盖挖法出土口设置数量、位置和尺寸，应根据盖板的覆盖范围、土方量、工期、施工设备、现场情况等，结合结构设计文件确定。出土口设置应考虑下列因素：

- 1 盖板顶设置出土口时，宜与车站顶板的永久孔洞相结合，或利用车站的附属结构位置作为出土口；
- 2 区间盖板顶无条件设置出土口时，可利用区间风道位置作为出土口，或单独设置竖井或马道出土；
- 3 出土口尺寸应满足土方、材料运输和设备安装的需要；
- 4 结构楼板与盖板的竖向出土口应上、下相对应，结构楼板宜利用楼梯、电扶梯位置；
- 5 盖板出土口周边应设置洞口加强梁；
- 6 出土口应设防汛墙、防雨棚及及临边防护。

土石方出土口的数量，主要取决于土石方开挖实方量、开挖工期、土石方运输机械的台班产量和土石方运输机械每天作业台班数等，计算公式如下：

$$n_c = K_b \times \frac{K_x V}{T \eta CW}$$

$n_c$  - 出土口数量；

$K_b$  - 材料及机械设备通过出土口运输的备用系数，取1.2~1.4；当材料及机械设备通过出土口运输的数量较多时取1.4；当材料及机械设备通过出土口运输的数量较少时取1.2。

$V$  - 土石方开挖实方量（ $m^3$ ）；

$K_x$  - 土石方虚方系数，取1.07~1.5；一般情况下，天然密实砂方取1.07；夯实砂方取1.15；天然密实土方取1.3；夯实土方及天然石方取1.5，可根据现场实际情况选取。

$T$  - 开挖工期（d）；（指根据进度计划安排确定的自土方开挖至结束的时间）

$C$  - 土石方运输机械每天作业台班数，根据每个工作日投入的机械设备数量及每台机械设备每天工作的作业台班数确定；

$\eta$  - 土石方机械工作效率，取0.7~0.8；当土石方机械工作效率较高时取0.8；当土石方机械工作效率较低时取0.7。

$W$  - 土石方运输机械台班产量（ $m^3$ /台班）。

9.1.4 盖挖法施工应保持基坑围护结构内的地下水位稳定在基底以下0.5m。若需采取降水和止水的，施工应符合本标准第7章的相关规定，坑内设降水井时尚应符合下列规定：

- 1 降水井位置应避开结构梁、柱、墙和临时支撑等位置；
- 2 降水井在结构顶板或盖板施工前，应将其顶部下移至顶板底以下；
- 3 基坑开挖期间井管不宜逐段向下割除降水井管，减压降水井顶部标高应高于初始承压水位的0.5m~1.0m
- 4 减压降水井应在结构满足设计文件规定的抗浮要求后，方可停止抽水并采取措施封闭；
- 5 基坑开挖至基底，施工结构时应按设计文件要求设置泄水孔；疏干降水井作为泄水孔时应在结构达到设计文件规定的强度后方可封闭；

9.1.5 围护结构、支撑柱或支撑墙与结构楼板的结合处，应按结构施工缝进行处理，施工缝处理方法应符合本标准第8.8节的规定。

9.1.6 盖挖法施工竖井及盖板下的的供电与照明、供风和供水、通风防尘及有害气体防护应满足本标准第10.9节的规定。

盖挖逆筑法跨中需要设竖向支撑时，宜利用永久结构柱或墙；盖挖顺筑法跨中需要设竖向支撑时，宜设临时支撑柱或桩。**跨中竖向支撑结构应与围护结构同时施工（建议在地面施工）。**

## 9.2 围护结构及支撑柱

9.2.1 **围护结构**施工应符合本标准**第8.4节**的要求。

9.2.2 支撑桩、柱下桩基测量定位应以线路中线为准。

**9.2.3** 需要止水的基坑围护结构，宜采用地下连续墙。其接头采用柔性接头时，宜在接缝外侧采取止水措施；不同类型的围护结构之间或新老围护结构之间的接缝处应采取防渗漏措施。

**9.2.4** 当连续墙或排桩等围护结构作为主体结构的一部分时，其**混凝土强度、抗渗性能应满足主体结构受力和抗渗等级要求。**

**9.2.5** 柱下桩基为钢筋混凝土钻孔灌注桩时，支撑柱底端插入桩基钢筋笼的深度应满足设计文件要求，钢筋笼与柱之间的间隙不应小于150mm。

9.2.6 支撑桩或柱下桩基，桩底需要压浆时，注浆管根数**不应小于2根**，注浆量和注浆压力应满足设计文件要求。

**9.2.7 钢管柱和型钢柱应在工厂加工制作**，现场可分段连接。分段拼接应确保其平直度和精度。

9.2.8 钢管柱或型钢柱插入柱下桩基有先插入法和后插入法两种，宜结合机具、设备和定位、调垂、测垂、混凝土浇注等确定插入方法，施工前应施作试验柱。

9.2.9 钢管柱或型钢柱采用先插法安装时，应符合下列规定：

- 1 垂直度有方向要求的，应符合设计文件要求；
- 2 钢管柱或型钢柱安插时，应用调垂架调整垂直度，合格后应在孔口固定牢靠；
- 3 混凝土导管与调垂架分开，导管应居中放置；
- 4 钢管柱与桩搭接处的构造处理应符合设计文件要求；钢管柱内的混凝土与柱下桩基的混凝土连续浇注完成；桩顶面以下柱内混凝土与桩身混凝土应采用同标号混凝土；柱下桩基混凝土浇注高度应高出设计文件规定的标高500mm~800mm。

9.2.10 钢管柱或型钢柱采用后插法安装时，应符合下列规定：

- 1 钢管柱或型钢柱安插允许偏差应符合设计文件规定；
- 2 桩基的混凝土应采用缓凝混凝土，缓凝时间根据现场情况确定，一般初凝时间不宜小于36h，粗骨料应为5mm~25mm范围的连续级配；

3 钢管柱或型钢柱底部应加工成锥台形，锥形中心与钢管柱中心应重合。

9.2.11 钢管柱或型钢柱的调垂架和固定装置的拆除，应在在混凝土终凝后方可进行，拆除后应及时在孔口采取固定措施和回填柱体与孔壁间隙。回填材料宜采用砂子，回填应对称、均匀、密实，防止钢管柱或支撑柱变形。

9.2.12 柱下桩基采用全套筒护壁法成孔，人工在孔内埋设钢管柱时，应先凿除桩顶混凝土浮浆并清理干净，支撑柱安装应满足下列要求：

- 1 定位器与混凝土连接应牢固；
- 2 钢管柱应整体安装，吊装时吊点位置应进行验算；
- 3 钢管柱吊入孔内时应匀速缓放，下端套住定位器后，方可将钢管柱滑落到定位器的“十”字钢板上；
- 4 下端与定位器联结应牢固，垂直度满足要求；
- 5 位置、垂直度调整合格后，上端方可应固定；
- 6 钢管柱安装验收合格后，应先采用砂或砂卵石回填孔壁间隙后，再浇注（柱内）混凝土。

9.2.13 钢管柱混凝土应采用微膨胀混凝土，混凝土应采用导管法浇注（保证其密实度）。

## 9.3 铺盖体系

9.3.1 盖挖顺筑法的铺盖体系宜采用**装配式公路钢桥、六四式军用钢桁架梁或型钢梁**，其上铺设盖板和面层；盖挖**逆筑法**铺盖体系应为**主体结构顶板（三种类型：混凝土、钢桁架、型钢）**。

9.3.2 铺盖体系用于交通导改，或解决施工场地等问题时，**应进行专项设计**，其受力除应满足车辆、行人动荷载及施工机具、材料堆放等荷载要求。（**类桥梁上部结构**）

9.3.5 盖挖顺筑法铺盖体系宜采用**标准化、模数化的拼装式盖板梁和盖板**。

### I 顺筑法盖板梁（类桥梁的墩柱的盖梁）

9.3.6 钢筋混凝土盖板梁可单独设置，**宜可兼做基坑首道混凝土内支撑**。施工应符合本标准第8.4.81条的规定。

9.3.7 盖板梁与围护结构、支撑柱连接应满足下列要求：

1 **围护结构冠梁施工应严格控制标高，冠梁顶面平整度应满足盖板梁的安装要求（根据铺盖体系确定精度）**；

2 盖挖顺筑法支撑柱纵向连梁应符合本标准第8.4.82条的规定，与盖板梁的连接应牢固；

- 3 盖板梁两端的支座或弹性垫板与冠梁粘接牢固，中心轴线应与盖板梁设计文件给定的支点重合；
- 4 围护结构冠梁、支撑柱（桩）上的预留、预埋件应齐全，盖板梁质量应合格。9.3.8 盖板梁采用钢桁架梁和型钢梁加工除应满足下列要求：

- 1 标准构件宜在工厂内分节拼装，进场后应进行试组装；
- 2 若有非标构件，应在工厂内加工制作；

9.3.9 钢桁架和型钢盖板梁安装应符合下列规定：（专用构件：应按安装手册进行）

## II 盖板（类桥梁的桥面结构系）

9.3.12 顺筑法铺盖板用于交通导改时，下层宜采用钢筋混凝土预制板，面层宜为沥青混凝土或素混凝土，施工和验收应符合现行行业标准《城市道路工程施工与质量验收规范》CJJ1的规定。

9.3.13 盖板用于施工场地时，下层若采用钢筋混凝土预制板、面层为铺设钢板时，考虑防滑、防地表水渗漏。

### III 逆筑法结构顶板（结构顶板）

9.3.16 钢筋混凝土盖板作为主体结构的顶板，当底模为土模时，应根据土体弹性模量计算起拱度。

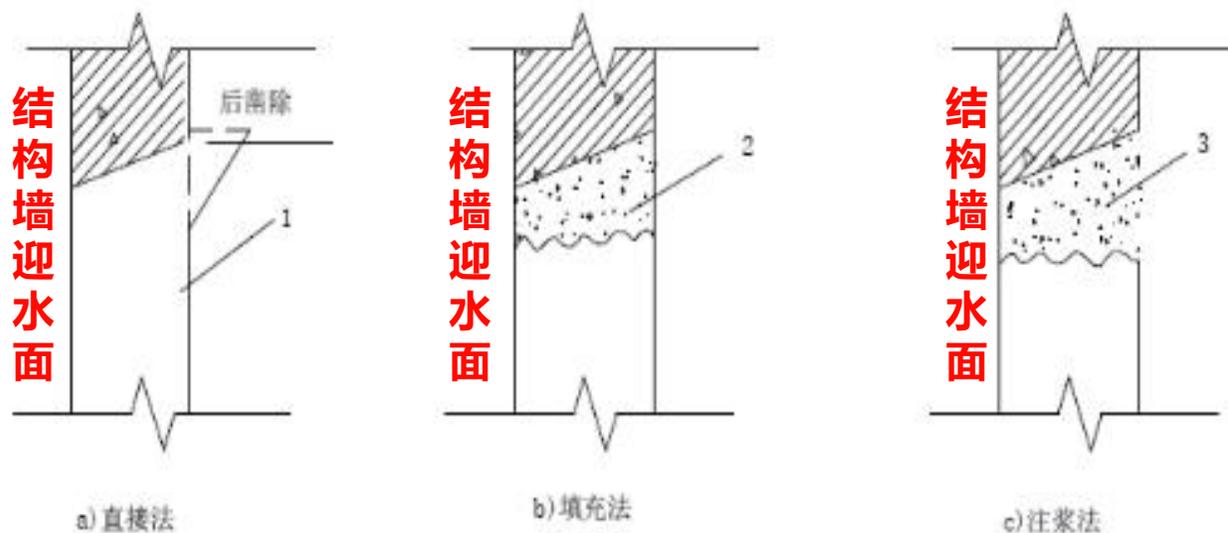
9.3.19 顶板施工不宜留置纵向施工缝，若需要留置应采取措施；横向施工缝应根据结构流水段划分留置。

9.3.20 板底斜肩墙施工缝宜留置在梗斜下约500mm~800mm。

9.3.21 及时施作板顶出土口结构，混凝土达到设计文件给定的强度后方可回填和修筑路面结构。

16.4.1 盖挖逆作法施工防水应符合下列规定：

1 板底以下500mm范围内的墙体应与结构顶板、楼板同时浇注，墙体的下部应做成斜坡形，斜坡形下部应预留300mm~500mm空间，并应待下部先浇混凝土施工14d后再行浇注；



## 9.4 土方开挖

9.4.1 盖挖法土方开挖可分为盖板基坑、盖挖顺筑法和盖挖逆筑法盖板下土方开挖。基坑开挖和回填除应符合本标准第8.5节 的规定外，尚应符合本节的规定。

9.4.2 开挖过程中机械设备不得碰撞型钢柱、钢管柱、降水井、预留预埋件。

9.4.3 土方施工设备配置应挖、运、吊均衡，开挖设备选择宜随板下净空调整，板下首层土方宜用小型设备开挖，随深度增大可用中型或大型设备开挖；水平运输可选择小型自卸车和推土机等；垂直运输可用滑臂挖掘机、抓斗、吊车、输送带等。

9.4.4 盖板基坑土方开挖时，顺筑法应满足盖板梁施工要求，宜开挖至基坑第一道内支撑或锚杆（索）的下方约500mm，支撑架设后再向下开挖土方，不应超挖；逆筑法应分层开挖至结构板底。

9.4.5 盖挖顺筑法基坑开挖应根据出土口设置，均衡土方量分配；开挖过程中机械设备不得碰撞盖板梁、内支撑或锚杆（索）

9.4.6 盖挖逆筑法和半逆筑法基坑开挖应符合下列规定：

- 1 应对称、均衡开挖，分层厚度不得大于1.5m；

2 应按设计文件要求及时设置钢管柱拉杆；

3 半逆筑法应及时架设内支撑或施作锚杆（索）；

4 全逆筑法应及时施工中板和侧墙；下层土方开挖时，中楼板的混凝土强度应达到设计文件给定的强度要求，设计文件无规定时应符合本标准第8.7.14条的规定。

9.4.7 土方应及时外运，铺盖板顶存土不得超过设计文件规定的荷载，中楼板顶不应存土。

9.5.1 盖挖法主体结构施工应符合本标准第8.6节、第8.7节和第8.8节的规定，逆筑法尚应满足下列要求：

4 为保证逆筑法墙板之间的施工缝混凝土质量，侧墙模板上口应留置斜向混凝土浇注口（槽便）于混凝土浇注和振捣，确保接缝密实；（顶板、中板底斜肩墙施工缝宜留置在梗斜下约500mm~800mm）

9.5.2 应按设计文件要求提前做好钢管柱与梁板节点处的钢筋与法兰盘的位置调整。

9.5.3 盖挖顺筑法铺盖板拆除应按安装顺序后装先拆，先装后拆；临时支撑柱应在铺盖板拆除后进行。

## 10 矿山法 (7 隧道喷锚暗挖法施工)

### 10.1 一般规定

10.1.1 矿山法隧道围岩分级应符合现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB10003的规定 (原规范《工程岩体分级标准》(GB50218划分与地铁设计规范有不一致的条款)。

围岩级别	重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	弹性抗力系数K (MPa/m)	变形模量E (GPa)	泊松比 $\mu$	内摩擦角 $\psi$ (°)	黏聚力C (MPa)	计算摩擦角 $\varphi_c$ (°)
I	26-28	1800~2800	>33	<0.2	>60	>2.1	>78
II	25-27	1200~1800	20-33	0.2~0.25	50~60	1.5~2.1	70~78
III	23-25	500~1200	3-9	0.25~0.3	39~50	0.7-1.5	60~70
IV	20-23	200~500	1.3-6	0.3~0.35	27~39	0.2-0.7	50~60
V	17-20	100~200	1-2	0.35~0.45	20~27	0.05-0.2	40~50
VI	15-17	<200	<1	0.4~0.5	<20	<0.2	30~40

《铁路隧道设计规范》TB10003岩石分级

岩体稳定分类	基本质量级别	岩体基本质量定性特征	岩体基本质量指标(BQ)
稳定岩体	I	坚硬岩，岩体完整。	>550
	II	坚硬岩，岩体较完整； 较坚硬岩，岩体完整。	550~451
中等稳定岩体	III	坚硬岩，岩体破碎； 较坚硬岩或软硬岩分层，岩体较完整； 较软岩，岩体完整。	451~351
	IV	坚硬岩，岩体破碎； 较坚硬岩，岩体较破碎~破碎； 较软岩或软破岩互层，且以软岩为主，岩体较完整~较破碎； 软岩，岩体完整~较完整。	350~251
不稳定岩体	V	较软岩，岩体破碎； 软岩，岩体较破碎~破碎； 全部极软岩及全部极破碎岩。	<250

备注：原规范按《工程岩体分级标准》(GB50218-94)第4.2.1条和第4.2.2条规定的岩体基本质量指标(BQ)的计算方法及参数选择

- 10.1.2 矿山法施工开挖后应及时施作初期支护并封闭，当开挖面围岩稳定时间不能满足初期支护结构施工时，应采取超前支护及加固措施。（原规范调整）
- 10.1.3 施工前，前期调查工作应符合本标准第4.2.1条的规定。
- 10.1.4 矿山法施工应在无水条件下进行，需要采取降水或止水措施时，应符合本标准第7章的规定）
- 10.1.5 矿山法隧道采用钻爆法施工时，应编制爆破方案，并符合现行国家标准《爆破安全规程》GB6722的规定。
- 10.1.6 隧道施工过程中应进行监控量测，监控量测应遵守本标准第13章的规定。
- 10.1.7 隧道施工过程中轴线和净空尺寸应符合设计文件要求，测量控制应符合本标准第6章的规定。
- 10.1.8 隧道初期支护、二次衬砌完成后，均应进行贯通测量。
- 10.1.9 隧道的防雷与接地，设备预留与预埋应遵守本标准第8章的规定；防水工程施工应遵守本标准第16章的规定

10.1.10 矿山法隧道内的施工机械、设备宜采用电动，采用内燃动力的废气排放应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB16297的要求。

## 10.2 竖井

10.2.1 竖井应根据现场条件，宜利用风道、车站出入口、隧道顶部或单独设置。（原规范条文）

10.2.2 竖井尺寸应根据施工设备、土石方及材料运输、施工人员出入隧道和排水的需要确定。当利用永久结构作为竖井时，其尺寸尚应符合设计文件要求；当单独设置竖井时应有设计文件，其施工应遵守本标准第8章的规定。（原规范条文合并修改）

10.2.3 竖井应设防雨棚，井口周围应设防汛墙和栏杆。（原规范条文）

10.2.4 竖井与横通道、横通道与正洞连接处，或变断面、交叉点处等隧道开挖时，采取钢架支撑或注浆的加强措施应符合设计文件规定。（原规范条文合并修改）

10.2.5 竖井垂直运输应符合下列规定：（原规范条文修改，提升设备能力与工期有关）

1 提升设备应进行验算，应符合国家现行有关标准，并经政府主管部门验收后方可投入使用。使用中应经常检查、维修和保养；

2 提升设备不得超负荷作业，提升速度应符合设备技术要求；并与竖井支撑构件安全距离不应小于15cm；

3 竖井上、下应设联络信号，并设专人负责；

4 竖井底应设集水坑、集土坑或转渣场，地面渣土仓容积应满足开挖要求（工期要求）

10.2.6 渣土运输应防止遗撒和扬尘。

## 10.3 地层超前支护及加固

### I 超前小导管及管棚

10.3.1 超前小导管和管棚应根据地层情况进行设计，其参数宜符合按表10.3.1的规定（原条文修订）

支护形式	适用地层	钢管直径 (mm)	钢管长度 (m)	钢管上钻设 注浆孔间距 (mm)	钢管沿拱部 环向布置间距 (mm)	钢管沿拱部环 向外插角	沿隧道纵向两 排钢管搭接长 度(m)
小导管	土层	30~50	3~5	100~150	300~500	10° ~25°	≥1
管棚	土层或不 稳定岩体	80~180	8~40	100~150	300~500	不大于3°	≥1.5

10.3.2 超前小导管和管棚加工制作应符合下列规定：（原规范条文修订）

- 1 钢管应直顺，规格、型号、壁厚应符合设计文件要求；
- 2 小导管和管棚入岩部分打孔应呈梅花型布置；
- 3 小导管如锤击打入时，其尾部宜补强，前端应加工成尖锥形；

4 管棚钢管纵向连接丝扣长度不应小于150mm，管箍长度不应小于200mm；**管箍连接后不得有外露丝扣。（强度不一致，极易断管）**

10.3.3 管棚施工前应将工作面封闭严密、牢固，清理干净，并测放出钻设位置后方可施工，成孔并应符合下列规定**（基本要求，为打设设备和团体标准留有空间）**

- 1 钻孔的外插角允许偏差应为5‰；
- 2 管棚施工前应先施工导向墙，其上安装管棚导向钢管，待导向墙混凝土达到设计文件规定的强度的75%后，方可进行管棚孔钻孔作业；
- 3 钻孔应由高孔位向低孔位进行；
- 4 钻孔孔径应比钢管直径大30mm~40mm；
- 5 开始钻孔时应低速低压，遇卡钻、坍孔时应注浆后重钻；钻进过程中应常测钢管的偏斜度，偏斜度不应大于1%；
- 6 钻孔验收合格后应及时安装管棚钢管，其接长时连接应牢固。

10.3.4 超前小导管应在喷射混凝土完成后及时施工，并应符合下列规定（管超前）

- 1 小导管采用锤击或钻机顶入时，其埋入长度不应小于管长的90%；
- 2 采用钻（吹）孔施工时，其孔深应大于导管长度；成孔后应立即安装小导管；
- 3 杆体安装后外插角不得超出设计文件规定的外插角度；
- 4 过程中不得扰动已安装好的钢拱架。

10.3.5 超前小导管和管棚注浆应符合下列规定（严注浆）

- 1 管棚注浆浆液宜采用水泥或水泥砂浆，其水泥浆的水灰比宜为0.5：1，水泥砂浆配合比宜为1:0.5~3；
- 2 超前小导管注浆宜选用水泥浆或水泥砂浆、水玻璃双液浆。水泥浆的水灰比宜为0.5：1，水泥砂浆配合比宜为1:1~1:2，水玻璃双液浆应结合现场情况试配确定；（根据地层和环境要求）
- 3 注浆浆液应充满钢管及周围的空隙并密实，其注浆量和压力应根据试验确定。

## II 地层注浆加固

10.3.6 隧道注浆，地面有条件时宜在地面进行。地面无条件时，可在洞内沿周边超前预注浆，或在导洞开挖后对隧道周边进行径向注浆。

10.3.7 注浆方法宜与作业条件、工程地质等相适应，砂卵石地层和破碎岩层中宜采用渗入注浆法；粉细砂层、粘土层、粉土层中宜采用劈裂注浆法；淤泥质软土层中宜采用高压旋喷注浆法。

10.3.8 注浆材料应满足下列要求：

- 1 应具有良好的可注性；
- 2 固结后收缩率应小，并应具有良好的粘结力和一定强度、抗渗、耐久和稳定性；当地下水有侵蚀作用时，应采用耐侵蚀性的材料；
- 3 应无毒无害，并应对环境无污染；
- 4 注浆工艺应简单，操作方便、安全。

10.3.9 注浆浆液宜采用**水泥单液浆、粘土水泥浆、水泥水玻璃双液浆以及化学浆液**；配合比应经现场试验确定。

10.3.10 隧道内宜先施工止浆墙后，再进行注浆施工。注浆方式可采用全孔一次性、分段前进式或后退式注浆。注浆段的长度应结合现场试验确定，宜为10m~20m；孔径宜为 $\Phi$  50mm~ $\Phi$  130mm；孔距应经计算确定，高压喷射注浆的喷射孔距宜为0.4m~2m。

10.3.11 注浆过程中**不得损坏周边环境，浆液不得溢出地面**。

10.3.12 注浆效果应符合设计文件要求，不合格的应补浆。注浆浆液达到设计文件规定的强度后方可进行开挖。

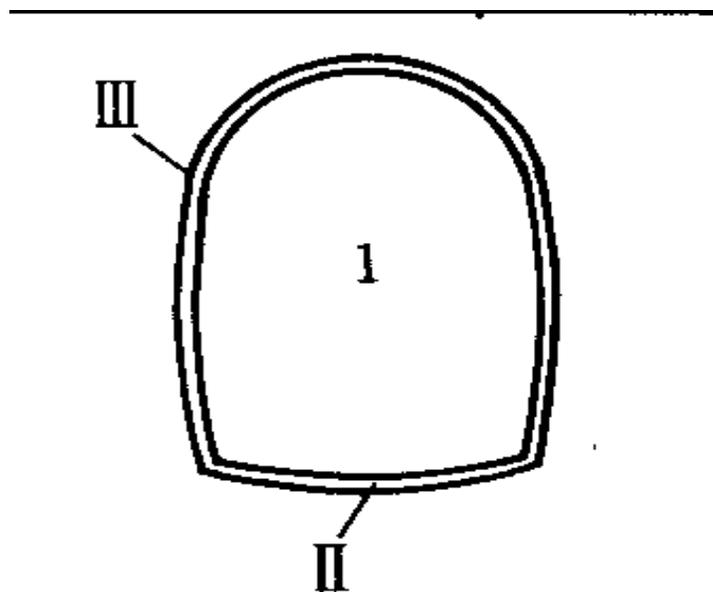
10.3.13 注浆施工期间应对地下水取样检查，不得污染地下水。地面注浆结束后，注浆孔应封填密实。

## 10.4 开挖

### I 施工方法

10.4.1 隧道施工方法应进行方案比选后确定。（设计给定）

10.4.2 全断面法在稳定岩体中应采用光面爆破，并按设计文件要求做初期支护结构或直接进行二次衬砌施工。



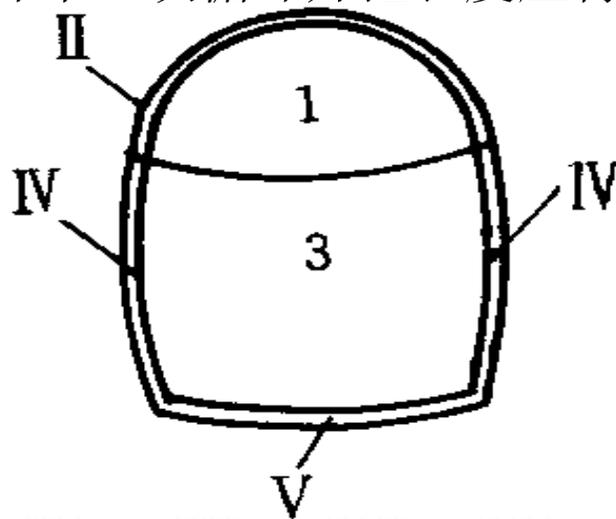
- 1.采用光面或预裂爆破开挖；
- 2.安设拱部和边墙初支，并喷射混凝土。

10.4.3 台阶法施工，先开挖上台阶，后开挖下台阶。下部台阶应在拱部初期支护结构变形基本稳定且喷射混凝土达到设计文件规定的强度的70%时，方可进行开挖，并应符合下列规定：

1 台阶法应根据地质和开挖断面跨度等确定开挖台阶长度，土质隧道台阶长度不宜超过隧道宽度的1倍，台阶不宜多于3级；

2 边墙应采用单侧或双侧交错开挖，不得使上部初支结构同时悬空，边墙挖至设计文件给定的高程后应立即支立钢架并喷射混凝土；

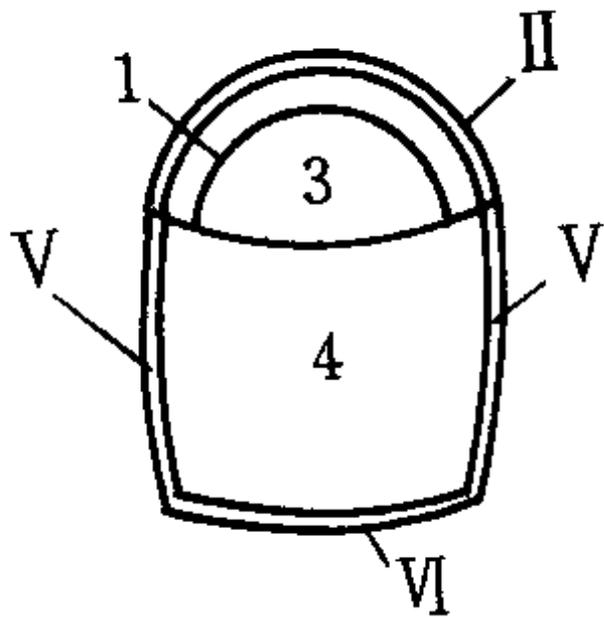
3 一次循环开挖长度，稳定岩体中应根据机械开挖能力确定，一般不宜大于4m；土层和不稳定岩体中一次循环开挖长度应符合设计文件规定。



1.稳定岩体：采用光面或预裂爆破，先开挖上部台阶后再开挖下部台阶，上、下台阶分别开挖后及时安设拱部和边墙锚杆和铺设钢筋网(必要时)并喷射混凝土。

2.土层和不稳定岩体：拱部必要时应采取超前支护或加固措施，开挖后及时安设钢拱架及铺设钢筋网(必要时)后喷射混凝土；下台阶开挖后及时安设墙拱架及铺设钢筋网(必要时)并喷射混凝土后施工仰拱。上下台阶根据地质及隧道跨度采用短台阶或超短台阶开挖。

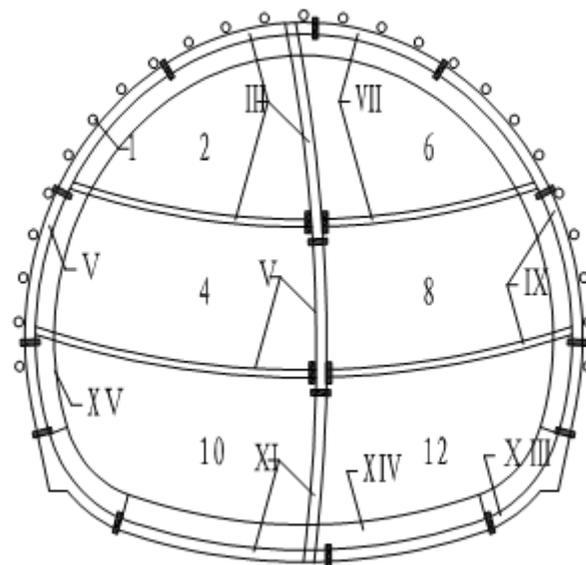
10.4.4 留环形核心土法应先开挖上台阶的环形拱部，及时施工拱部初期支护。核心土应留坡度，不得出现反坡。上台阶施工完后，应按台阶法施工下台阶及仰拱。



- 1.以台阶法为基础，先分别开挖上台阶环形拱部，并施工完初期支护结构后开挖核心土；
- 2.开挖下台阶，施工墙体初期支护结构后并做仰拱。

#### 10.4.5 中隔壁法 (CD) 或交叉中隔壁法 (CRD) 施工应符合下列规定:

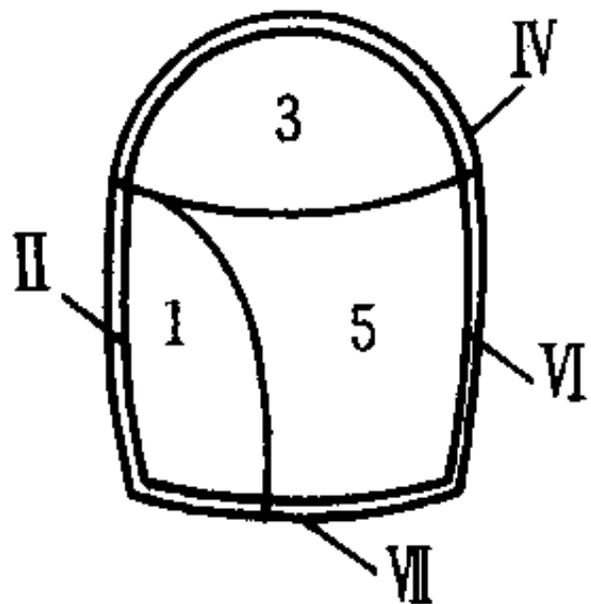
- 1 导洞应采用台阶法施工, 导洞跨度不宜大于0.5倍隧道跨度;
- 2 中隔壁法左右两导洞掌子面开挖错开距离不应小于15m (安全要求), 并应在先开挖侧初期支护封闭, 且喷射混凝土达到设计文件规定的强度后方可进行另一侧开挖;
- 3 交叉中隔壁法开挖顺序应符合设计文件要求, 相邻导洞掌子面开挖错开距离不宜小于15m, 并应在先开挖导洞初支封闭, 且喷射混凝土达到设计文件规定的强度 (严了) 后方可进行后续开挖。
- 4 二次衬砌应拆除中隔壁和临时仰拱, 二次衬砌在拆除中隔壁和临时仰拱后应充分利用初支结构的时空效应, 及时施工。



- 1、超前支护; 2 左侧上部开挖;
- III、左侧上部初期支护; 4、左侧中部开挖;
- V、左侧中部初期支护; 6、右侧上部开挖;
- VII、右侧上部初期支护; 8、右侧中部开挖;
- IX、右侧中部初期支护; 10、左侧下部开挖;
- XI、左侧下部初期支护; 12、右侧下部开挖;
- XIII、右侧下部初期支护; XIV超前仰拱;
- XV 仰拱、拱墙二次衬砌。

10.4.6 单侧壁导洞法施工应符合下列规定：

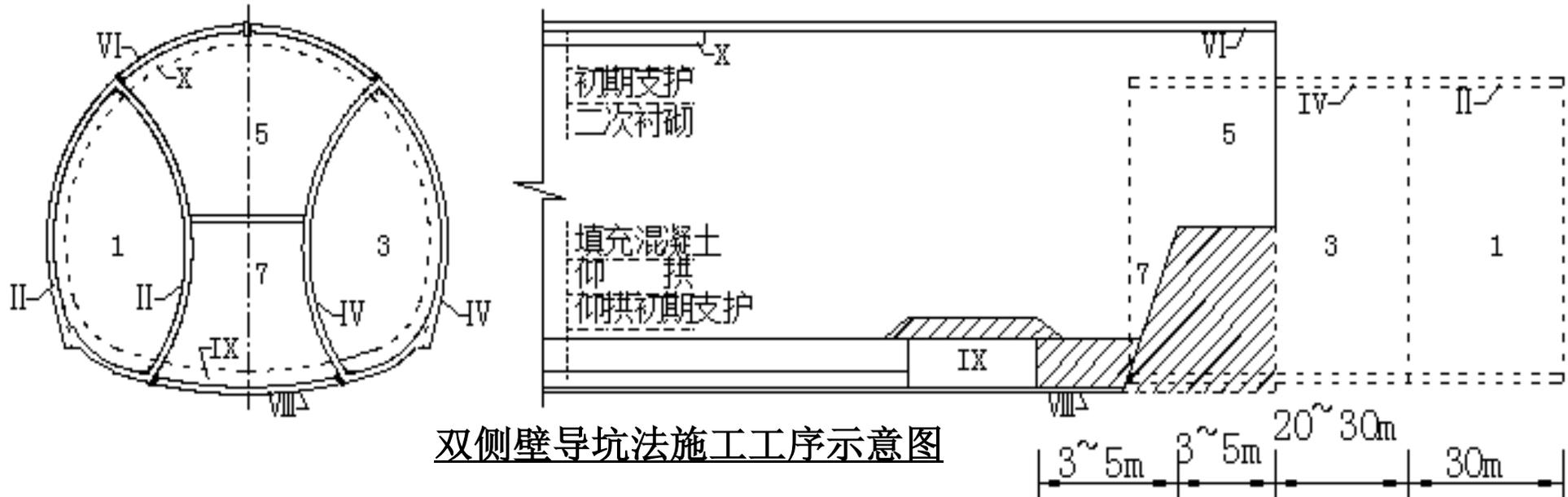
- 1 导洞应结合边墙设置，跨度不宜大于0.5倍隧道跨度，洞顶宜至起拱线；
- 2 导洞初支施工完成后方可按台阶法开挖另一侧土体，并应及时封闭仰拱；
- 3 二次衬砌拱墙可分部浇筑，也可一体浇筑。



- 1.以台阶法为基础，先开挖侧壁导洞并施工初期支护结构；
- 2.开挖上台阶并施工拱部初期支护结构；
- 3.开挖下台阶，施工墙体初期支护结构后并做仰拱。

### 10.4.7 双侧壁导洞法施工应符合下列规定：

- 1 导洞跨度不宜大于  $1/3$  隧道跨度；
- 2 左右导洞同时施工时，前后错开距离不宜小于15m；导洞与中间土体同时施工时，导洞应超前30m~50m；
- 3 双侧导洞初支均封闭后，方可用台阶法施工中间剩余空间，并应及时封闭仰拱；
- 4 双侧壁导洞法一般应分部进行二次衬砌，如拱墙一体浇筑，其初支结构应满足大断面受力要求。

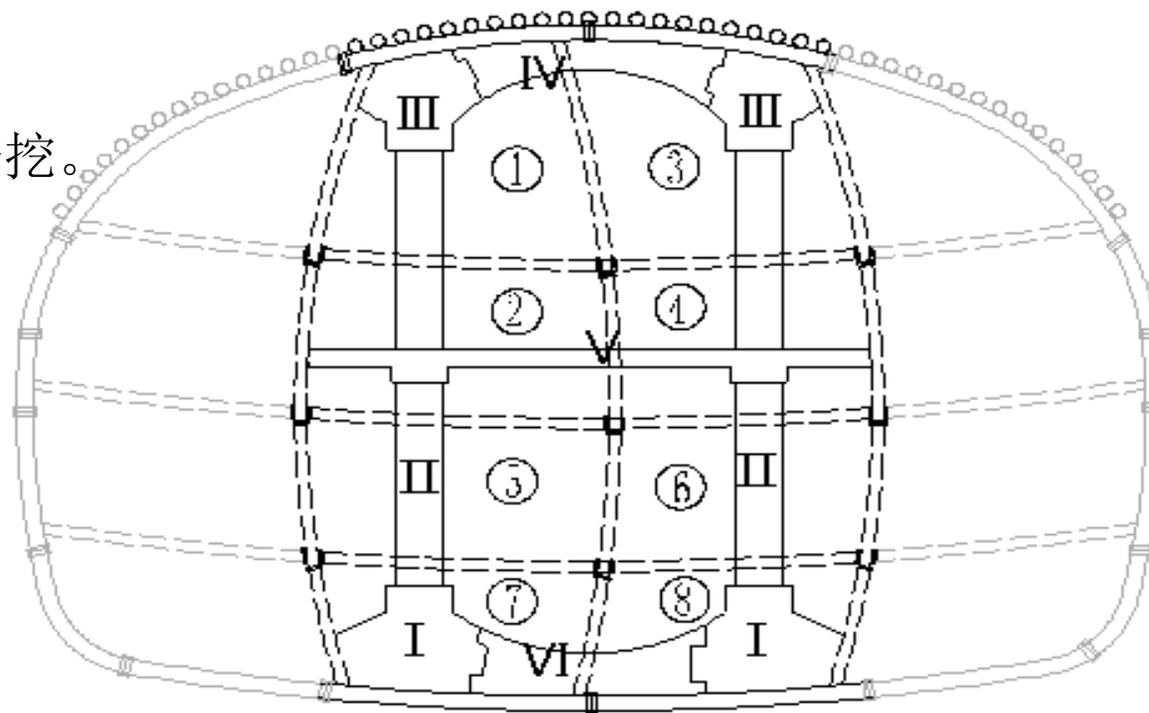


双侧壁导坑法施工工序示意图

10.4.8 **中洞法**施工时，可采用中隔壁、交叉中隔壁法施工中洞，并应满足下列要求：

- 1 中洞二次衬砌施工完成后，方可进行侧洞的开挖；短隧道可先贯通中洞；
- 2 中洞初期支护完成后，应分段施工二次衬砌和梁、柱；
- 3 二次衬砌混凝土达到设计文件规定的强度后方可拆模，并应架设临时横向支撑后方可开挖侧洞。

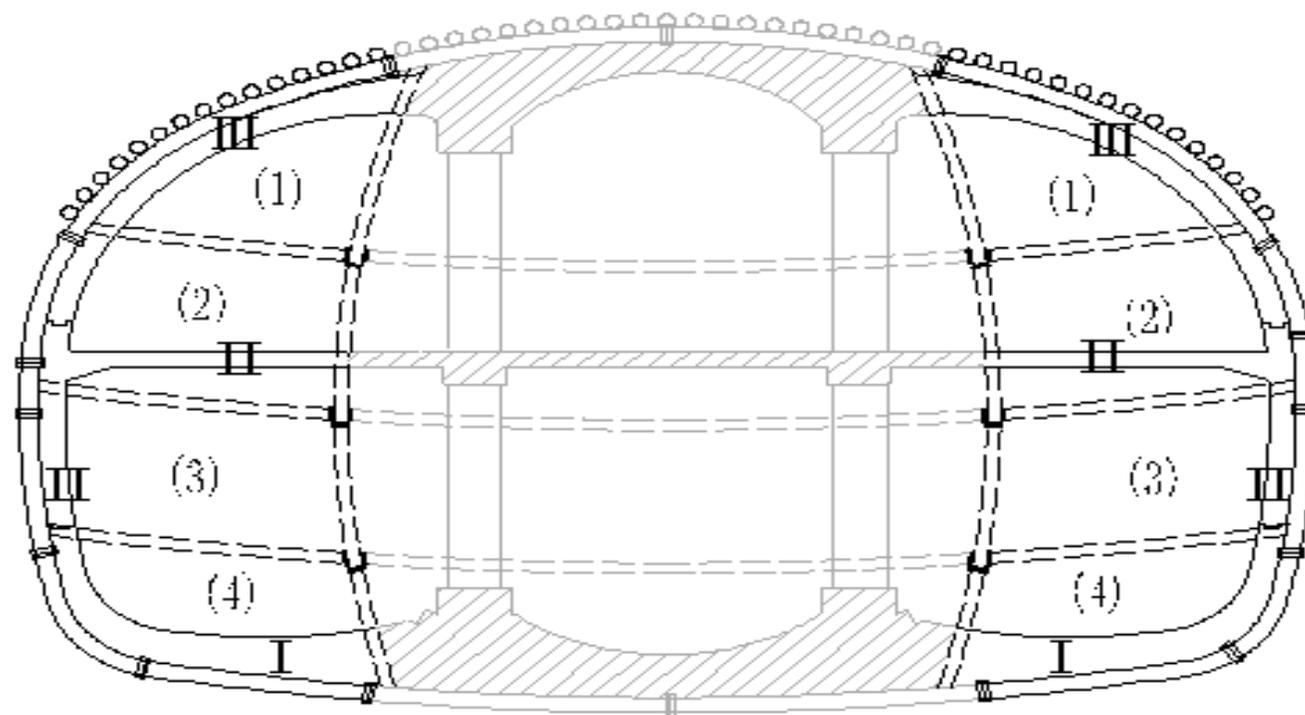
4 **两侧洞**可按台阶法对称进行开挖。



单拱双柱车站中洞施工步序图

10.4.9 侧洞法施工除应满足本标准第10.4.8条的有关规定外，尚应满足下列要求：

- 1 中洞施工应在两侧侧洞二次衬砌施工完成后方可进行；
- 2 侧洞施工二次衬砌和梁、柱结构时应制订防坍塌应急预案。



单拱双柱车站侧洞施工工序图

#### 10.4.10 柱洞法施工应满足下列要求：

- 1 导洞断面尺寸应满足中柱、边桩和纵横梁施工的空间要求；
- 2 设置底梁时，上、下导洞的中心线应在同一垂直面；
- 3 台阶法拱部初支施工应在中柱、边桩和纵横梁形成框架结构受力体系后方可进行，拱部初支完成后方可按逆筑法施工至底板。

#### 10.4.11 洞柱（桩）法施工除应满足下列要求：

- 1 宜先开挖下部导洞，后开挖上部导洞；
- 2 各导洞贯通后，应及时在下部导洞内施工底纵梁或条形基础，并按设计文件要求施工横向支撑梁；在上部导洞内施工边孔桩及桩顶冠梁、中柱（柱）、边拱初支，形成桩、柱、梁框架受力体系；
- 3 应采用台阶法开挖拱部土体，施作初支和二次衬砌，形成全断面二次衬砌扣拱；
- 4 拆除上部小导洞初期支护时，应按设计文件要求加设拉（压）杆等防变形措施后，逐层向下开挖土体，逆作法分段施工结构；宜可在中立柱受压稳定、边桩设支撑时顺筑法施工结构。

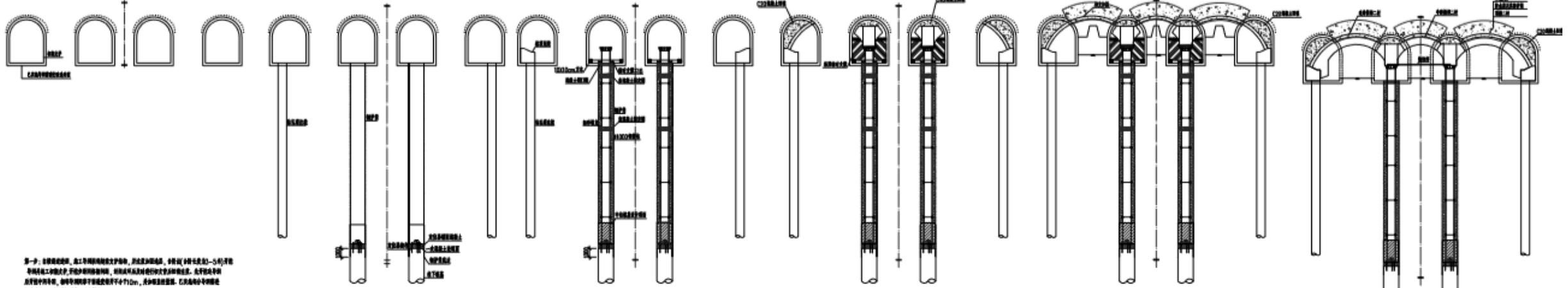


图 2-1 桥墩构造，为 1 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-2 桥墩构造，为 2 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-3 桥墩构造，为 3 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-4 桥墩构造，为 4 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-5 桥墩构造，为 5 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-6 桥墩构造，为 6 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

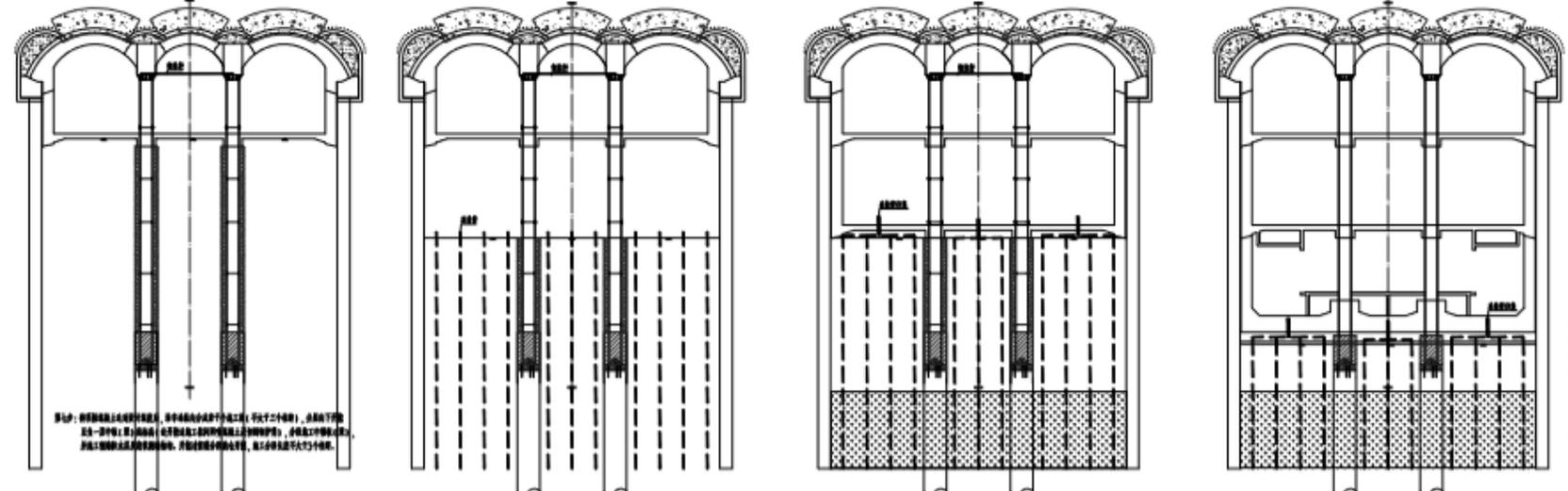


图 2-7 桥墩构造，为 7 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-8 桥墩构造，为 8 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-9 桥墩构造，为 9 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

图 2-10 桥墩构造，为 10 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

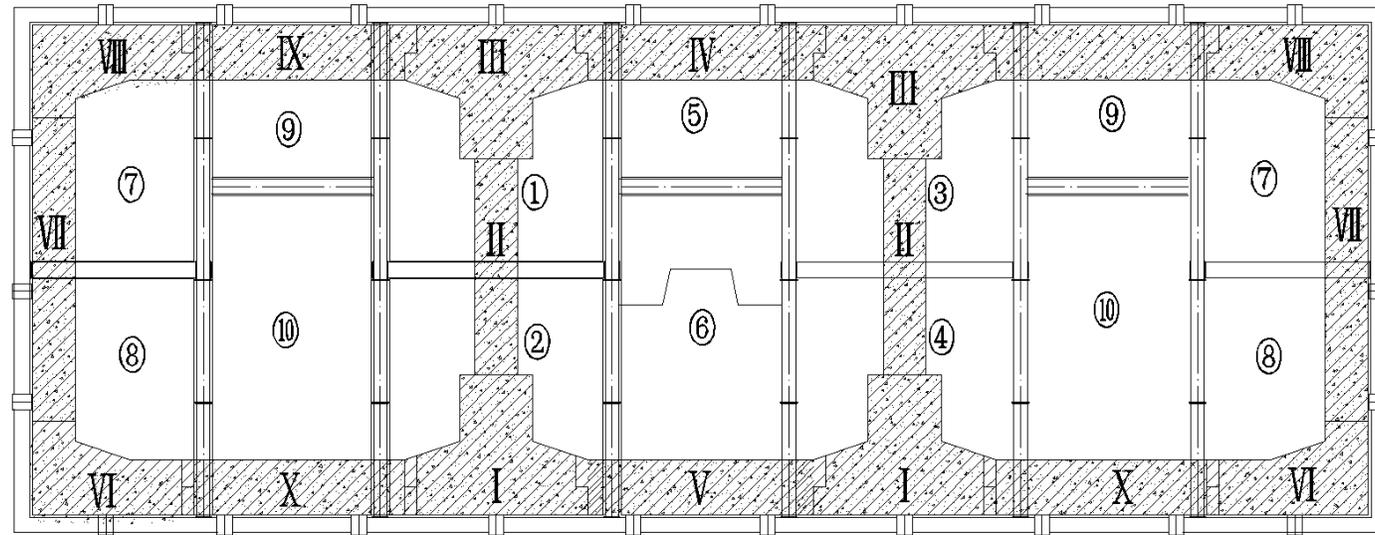
图 2-11 桥墩构造，为 11 号桥墩，墩身采用 C30 混凝土，墩帽采用 C40 混凝土，墩帽厚度为 1.5m，墩帽高度为 1.5m，墩帽顶面标高为 +11.0m，墩帽底面标高为 +10.5m，墩帽顶面与墩身顶面齐平，墩帽底面与墩身底面齐平。

- 说明：
- 1、二次衬砌的浇筑应在初期支护、防水层完成后进行，浇筑二次衬砌。
  - 2、衬砌混凝土浇筑时应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 3、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 4、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 5、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 6、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 7、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 8、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 9、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。
  - 10、衬砌混凝土浇筑时，应严格控制混凝土的坍落度，浇筑过程中应严格控制混凝土的坍落度。

中铁五局设计集团有限公司		项目名称	北京地铁 10 号线工程	
设计单位	中铁五局设计集团有限公司	设计阶段	施工图设计	
设计人	张明	审核人	李强	
设计日期	2010.10	审核日期	2010.10	
设计地点	北京	审核地点	北京	
设计内容	车站主体结构 (-) (变更版)			
设计比例	1:100			
设计说明	车站主体结构施工进度图			

10.4.12 平顶直墙法施工应符合下列规定：

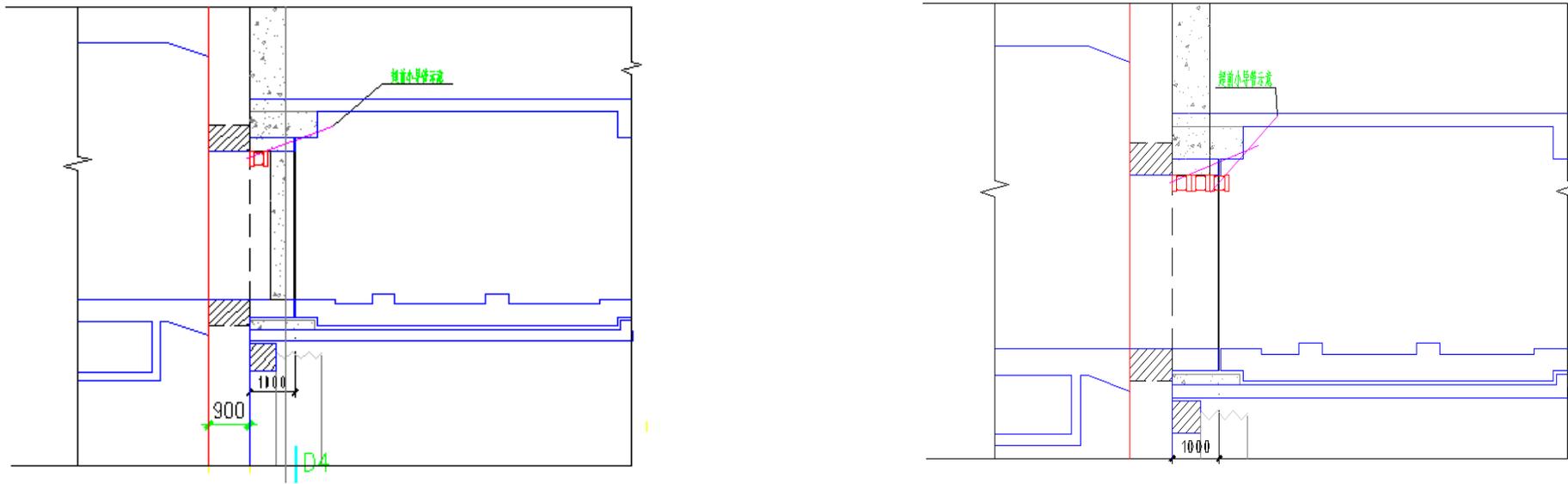
- 1 平顶直墙初期支护的预拱度应满足设计文件要求，土方应跳洞对称逐层开挖；
- 2 上下层导洞宜按台阶法施工，各导洞开挖错开距离不宜小于15m；
- 3 侧边导洞二衬应按双侧壁导坑法施工，中间部分导洞应按中洞法施工；
- 4 临时支护拆除应按照设计文件要求施工，并满足初期支护结构的稳定性要求。



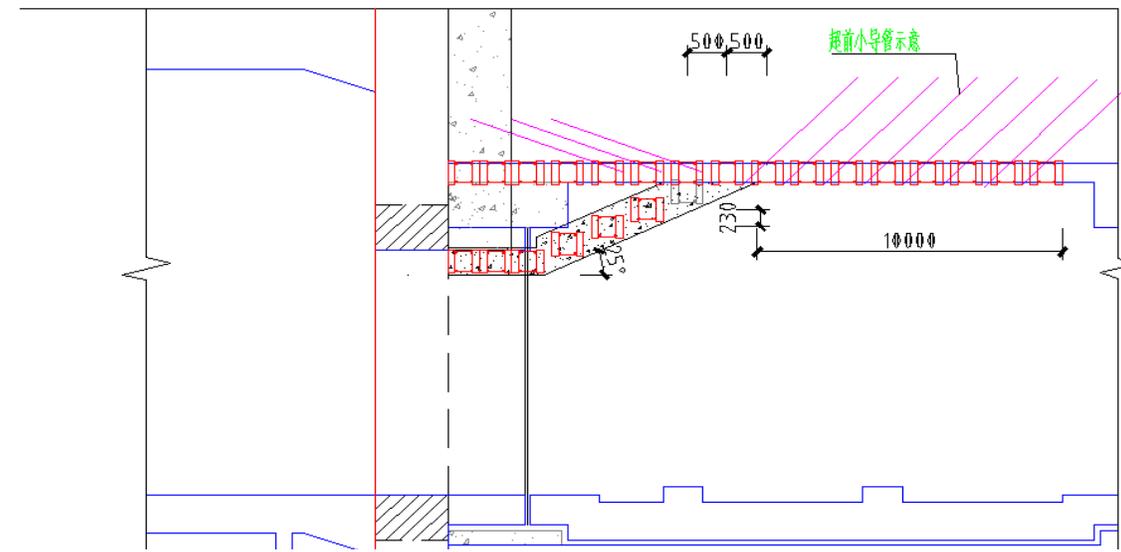
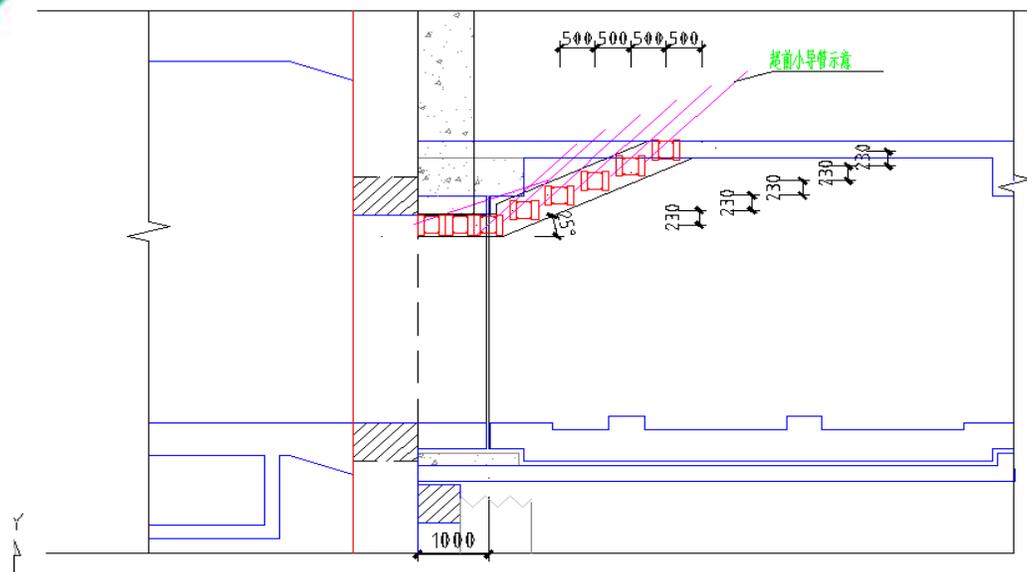
平顶直墙暗挖施工步骤图

### 10.4.13 马头门开挖应满足下列要求：

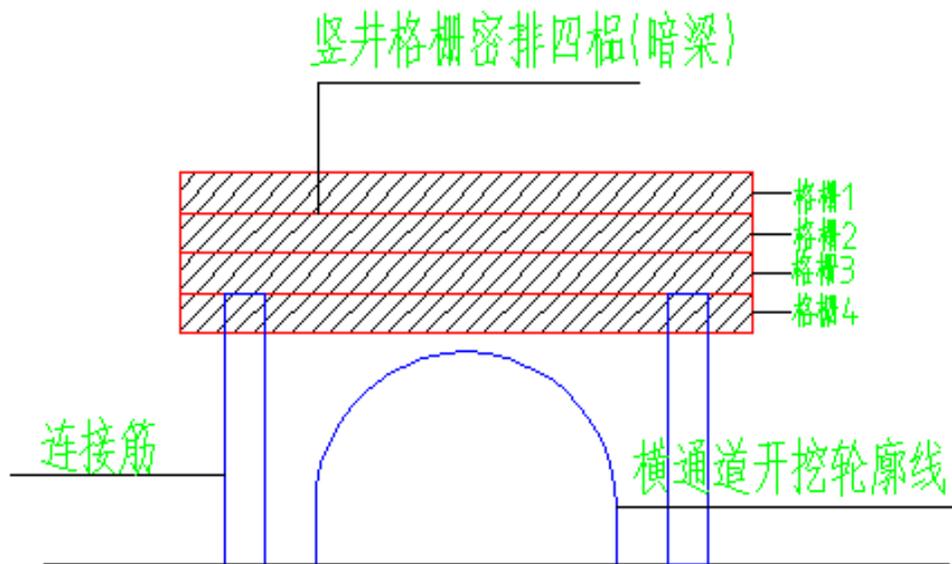
- 1 马头门拱部土体加固宜随工作井土方开挖随加固，盾构区间横通道马头门应先对管片支撑后加固地层；地层加固效果应达到设计文件要求或满足开挖要求；
- 2 开挖步序应按施工组织设计文件要求进行；
- 3 根据开挖面积、加固效果和土质情况，必要时宜架设临时仰拱支撑。



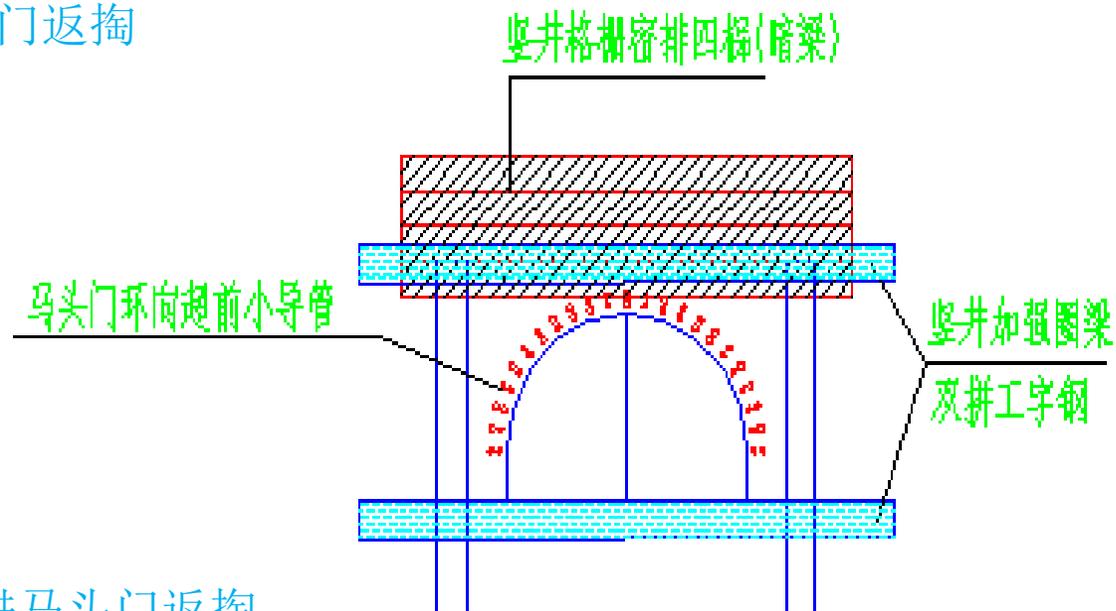
围护桩马头门步序图



围护桩马头门返掏



初支进马头门返掏



## II 钻爆法

10.4.14 岩石隧道爆破宜采用**光面爆破**。分部开挖时，应采用预留光面层的光面爆破。

在一般情况下，对于完整的围岩，完全可依靠光面爆破得到较好的光面爆破效果，对于较破碎围岩，预裂爆破因其震动量会使得周边区域的围岩变得更破碎。故隧道一般情况下不采用预裂爆破，采用光面爆破技术，特殊情况下例外。

10.4.15 爆破前应进行爆破设计，并根据爆破效果调整爆破参数。

10.4.16 光面爆破参数应经现场试爆后确定。

10.4.17 炮眼布置应符合下列规定：

- 1 在城区等复杂周边环境条件下炮眼深度应控制在1m~1.5m，并进行控制爆破；
- 2 掏槽炮眼可用直眼也可用斜眼。采用斜眼时，如岩层层理或节理明显，则斜眼与其应成一定角度并宜垂直；
- 3 周边炮眼应沿设计文件规定的开挖轮廓线布置；
- 4 辅助炮眼应均匀交错布置在周边炮眼与掏槽炮眼之间；

10.4.19 炮眼装药应符合下列规定：

- 2 周边眼宜采用低密度、低炸速、低猛度或高爆力炸药；
- 3 周边眼宜采用小直径连续或间接装药结构。软岩中，可采用空气柱反向装药结构；硬岩的眼底可装一节加强药卷；
- 4 炮孔内炸药应采用非电毫秒雷管+导爆管或导爆索起爆方式，炮孔外部起爆网络应采用电雷管+起爆器或非电毫秒雷管+导爆管+击发笔引爆方式。低段别非电毫秒雷管应跳段使用。周边眼宜采用同段别雷管起爆；
- 5 装药完毕，炮眼堵塞长度不宜小于200mm。

10.4.20 爆破后应对开挖断面进行检查，并符合下列规定：

- 1 隧道应按设计文件规定的尺寸控制开挖断面，不得欠挖，其允许超挖值应符合本标准表

10.4.29的规定；

- 2 爆破眼的眼痕率：硬岩应大于80%，中硬岩应大于70%，软岩应大于50%，并应在轮廓面上均匀分布；

- 3 两茬炮眼衔接台阶的最大尺寸不应大于150mm;
- 4 爆破岩块最大块度不宜大于300mm。

### III 开挖

- 10.4.21 隧道开挖前应制定防坍塌应急预案，备好抢险物资，并在现场堆码整齐。
- 10.4.22 隧道在稳定岩体中可先开挖后支护，支护结构距开挖面宜为1B（B为隧道开挖宽度）；  
在土层和不稳定岩体中，初期支护的挖、支、喷环节应紧跟（缩短时空效应）；当开挖面稳定时间不能满足初期支护施工时，应采取超前支护或注浆加固措施。
- 10.4.23 隧道开挖循环进尺，在土层和不稳定岩体中按设计文件要求施工，宜为0.5m~1m；在稳定岩体中宜根据围岩级别选用不同进尺，一般宜为2.5m~3.5m。
- 10.4.24 隧道开挖宜采用机械化作业，石方开挖宜采用凿岩台车、土方开挖宜采用机械配合人工开挖。

10.4.26 同一条隧道相对开挖时，当两掌子面相距20m时应停挖一端并封闭掌子面，继续开挖另一端，并应提前做好测量工作，及时纠偏。

10.4.27 隧道采用分部开挖时，应保持各开挖阶段围岩及支护结构的稳定性。

10.4.28 隧道开挖过程中，应进行地质描述并做好记录，并应将超前地质预测预报纳入施工管理。

10.4.29 隧道应按设计文件规定的尺寸严格控制开挖断面，不得欠挖，其允许超挖值应符合表10.4.29的规定。

**表10.4.29 隧道允许超挖值(mm)**

隧道开挖部位	岩层分类							
	爆破岩层						土质和无需爆破岩层	
	硬岩		中硬岩		软岩		平均	最大
	平均	最大	平均	最大	平均	最大		
拱部	100	200	150	250	150	250	100	150
边墙及仰拱	100	150	100	150	100	150	100	150

注：1 超挖或小规模坍方处理时，采用喷混凝土回填，并做好回填注浆。

2 回填注浆应遵守本标准第10.6.22条的规定。

## 10.5 隧道内运输

10.5.1 隧道内运输方式宜采用皮带运输、无轨运输、有轨运输三种形式或其混合运输形式。运输方式应根据开挖断面、运量、挖运机械设备、施工方法及施工工期等确定。

10.5.2 装渣机械的装渣能力应与开挖能力及运输能力相匹配，并应保证装运能力大于最大开挖能力。

10.5.3 隧道内装渣宜采用适合隧道断面的装载机、挖掘机等设备。

10.5.4 装渣作业应符合下列规定：

- 1 机械装渣作业应严格按设备操作规程进行，并不得损坏已有的初支及临时设备；
- 2 采用有轨式装渣机械时，轨道应紧跟开挖面，调车设备应及时向前移动，或采用梭式矿车、皮带运输机等设备进行连续装渣；
- 3 在临时支护架上装渣时应设置漏斗，漏斗处应有防护设备和联络信号，装渣结束后漏斗处应加盖；
- 4 在台阶或临时支护架上向下扒渣时，渣堆应稳定，防止滑坍伤人。

#### 10.5.6 无轨运输作业应符合下列规定：

- 1 运输线路应临时填筑，应平整、坚实，并应做好排水维修工作，以改善洞内环境，提高运输效率；
- 2 线路两侧的废碴余料等应随时清理干净；
- 3 其行车速度，施工作业面区不应大于10km/h，其它区段不应大于15km/h；
- 4 宜采用电动运输车，或采用带净化装置的柴油车，不宜使用汽油机械进洞。

#### 10.5.7 有轨线路铺设应符合下列规定：

- 1 钢轨和道岔型号：钢轨不宜小于24kg/m。并宜选用较大型号的道岔；
- 2 轨枕：铺设间距不应大于0.7m，轨枕长应为轨距加0.6m，上下面平整，道岔处铺长轨枕；
- 3 平面曲线半径不应小于机动车长或车辆轨距的7倍；
- 4 线路铺设：道床应平整坚实，轨距允许偏差为-4mm~+6mm，曲线应加宽和超高，必要时可设轨距杆。直线地段两轨水平，钢轨接头处应铺两根枕木并保持水平，配件齐全并连接牢固。

- 5 线间距：双线应保持两车间距不小于400mm；
- 6 车辆距隧道壁、人行步道栏杆及隧道壁上的电缆不应小于200mm。人行道宽度不应小于700mm；
- 7 井底车场和隧道内宜设双股道，如受条件限制设单股道时，错车线有效长度应满足最长列车运行要求。

#### 10.5.8 有轨运输作业应符合下列规定：

- 1 车辆装载限界：斗车高度不宜大于400mm，并不得超宽，平板车高度不宜大于1m，并应有可靠固定措施，宽度不宜大于150mm；
- 2 车辆不得超载，列车应连接可靠，并应有刹车装置；
- 3 两组列车同方向行驶时，其相距不应小于60m，人推车辆时不应小于20m；
- 4 轨道外堆料距钢轨外缘不应小于500mm，高度不应大于1m，并应堆码整齐；
- 5 车辆运行中不得摘挂钩作业；
- 6 机动列车在视线不良弯道和通过道岔或错车时，行车速度不应大于5km/h，在其它地段不应大于15km/h；人推车辆速度不应大于6km/h；

7 轨道应随开挖面及时向前延伸。装、卸车处应设置车档，卸土点应设置大于1%的上坡道。

10.5.9 各种运输设备不得人、料混装，非司机、非调车员不得搭乘非运人的车辆与行走机械。

10.5.10 若渣土需要由竖井转运时，应设专人统一调配洞内水平运输和垂直运输，作业区周围应封闭，保证安全。

10.5.11 渣土外运应满足下列要求：

- 1 渣土运输车辆应满足环保要求，并应根据线路运输到弃渣场，不应任意弃渣；
- 2 渣土外运宜采用封闭自卸汽车，卸渣时应有专人指挥；
- 3 车辆应定期保养和管理，不得违章开车，保证行车安全；
- 4 地面设置渣土仓时，应封闭；
- 5 场地出口设洗车槽，运渣车辆应冲洗干净后方可出场；
- 6 应及时清扫场内外遗撒的渣土。

## 10.6 初期支护

### I 钢筋网、钢架的加工及架设

10.6.1 钢筋网和钢架宜在工厂加工，钢架第一榀制作好后应进行试拼装，并经验收合格后方可批量生产。

10.6.2 钢筋网和钢架采用的钢材种类、型号、规格、加工尺寸等应符合设计文件要求，其施焊应符合设计文件及现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18的规定。

10.6.3 钢筋网加工及铺设应符合下列规定：

- 1 钢筋网交叉点可绑扎，也可点焊接，网片整体应平整、牢固；
- 2 钢筋网片铺设应平整，并与钢架或锚杆连接牢固；
- 3 钢架采用双层钢筋网时，应在第一层铺设好后再铺第二层；
- 4 每片钢筋网之间应搭接牢固，且搭接长度不应小于200mm。

#### 10.6.4 钢架加工应满足下列要求：

- 1 钢架有钢筋格栅拱架、型钢拱架等，加工除应符合设计文件规定的弧度和尺寸外，还应考虑安装方便；
- 2 对曲线、连接复杂的钢骨架应按1:1的比例制作台具，并应在台具上加工，弯曲时不得采取预热措施；
- 3 拱架矢高及弧长不应小于设计文件规定值，组装后应在同一平面。

#### 10.6.5 钢架应在开挖或初喷射混凝土后及时架设，并应满足下列要求：

- 1 钢架安装壁面轮廓应坚实并修理平整，每段钢架应架立在原状土（岩）体上，其拱脚或墙脚应支立牢固，不能支立牢固时应对体进行预加固；
- 2 打设锁脚锚杆（管），钢架与锁脚锚杆（管）连接应牢固；
- 3 与先安装的钢架节点连接应紧密牢固；
- 4 钢架与壁面应楔紧，每榀钢架节点及相邻钢架纵向连接筋应连接牢固；
- 5 钢架安装应垂直线路中线。

## II 锚杆（管）

10.6.6 抗拔锚杆应在初期支护喷射混凝土后及时安装；支撑钢拱架的锁脚锚杆（管）应在钢拱架就位后及时安装。

10.6.7 锚杆（管）钻孔孔位、孔深、孔径和角度等应符合设计文件要求。

10.6.8 抗拔锚杆（**锁脚**）安装应符合下列规定：

- 1 安装前应将孔内清理干净；
- 2 杆体插入锚杆孔时，应保持位置居中，插入深度应满足设计文件要求；
- 3 砂浆锚杆孔内灌注砂浆应饱满密实；
- 4 药包型锚杆、树脂锚杆应先检查药包和树脂卷质量，受潮或变质者不得使用；在杆体插入过程中应注意旋转，使粘结剂充分搅拌；
- 5 抗拔试验：**同一批锚杆每100根应取一组试件**，每组3根（不足100根取3根），设计文件或材料变更时应另取试件；同一批试件抗拔力的平均值**不得小于设计文件规定的锚固力**，且同一批试件抗拔

力最低值不应小于设计文件规定的锚固力的90%。（设计未要求时可不做）

10.6.9 锁脚锚杆（管）施工应满足下列要求：

- 1 钢拱架就位后，应及时打设，防止钢拱架下沉；
- 2 根据地层情况，锚杆（管）打设可锤击打入，也可用小型机具预成孔后插入（岩体）；
- 3 安装后杆体与钢拱架间夹角应符合设计文件规定，且应连接牢固；
- 4 锚杆（管）与孔壁应紧密，入孔后不得横向锤击；
- 5 需要注浆的锚杆（管）应及时注浆。

### III 喷射混凝土

10.6.10 喷射混凝土施工宜采用湿喷工艺（主要是改善作业环境），并应符合下列规定：

1 水泥应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，强度等级不应低于32.5级，性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175的要求；

2 速凝剂不应使用碱性速凝剂，使用前应做与水泥相容性试验及水泥净浆凝结效果试验，初凝时间不应超过5min，终凝时间不应超过10min。应根据水泥品种、水灰比等，通过试验确定速凝剂的最佳掺量，并应在使用时准确计量；

3 细骨料应采用硬质洁净的中砂或粗砂，细度模数宜大于2.5，含水率宜控制在5%~7%，含泥量按重量计不应大于3%；

4 粗骨料应采用坚硬耐久的卵石或碎石，粒径不宜大于15mm；当喷射钢纤维混凝土时，粒径不宜大于10mm；

5 骨料级配宜采用连续级配。含泥量按重量计不应大于1%；级配控制应符合表10.6.10的要求。

10.6.14 喷射水泥混凝土作业应紧跟开挖工作面，并符合下列规定：

- 1 混凝土喷射应分片依次自下而上进行，并先喷钢架与壁面间混凝土，然后再喷两钢架之间混凝土；
- 2 每次喷射厚度边墙应为70mm~100mm，拱顶应为50mm~60mm；
- 3 分层喷射时，应在前一层混凝土终凝后进行，如终凝超1h后再复喷时应清洗前喷层表面；
- 4 喷层混凝土回弹率控制：边墙不宜大于15%，拱部不宜大于25%；挂钢筋网后，回弹率限制可放宽5%。
- 5 爆破作业时，喷射混凝土终凝到下一循环爆破间隔时间不应小于3h；
- 6 喷射表面平整度应满足防水层对基面的平整度要求。

10.6.18 喷射混凝土抗压强度试件制作应符合下列规定：同一配合比，区间或小于其断面的导洞，每20m拱和墙应各取一组抗压强度试件，车站各取二组

### 10.6.19 初期支护壁后回填注浆应符合下列规定：

- 1 注浆孔应在初期支护结构施工时预埋（留），其间距宜为2m~4m；
- 2 初期支护完成后，应检查壁后注浆密实情况，若存在空洞应及时进行填充注浆处理；
- 3 注浆宜采用水泥浆液、水泥砂浆或掺有石灰、粘土、粉煤灰等的水泥浆液；当注浆兼有堵水作用时，应先注水泥、水玻璃双液浆，后注其他浆液。

说明：为了控制不良地段隧道，如断层、破碎带等易涌水、突泥部位的止水和加固，可采用超前预注浆方法减小涌水量和水压力，保证隧道施工安全；

回填（填充）注浆、径向注浆是对初支结构的补充，其目的是填充初支壁后的未填充或空洞部分，处理初支后结构渗漏水和处理由于隧道变形引起的结构与地层之间产生剥离状态，使其形成整体，从而提高止水效果等，并根据变形情况应多次补充注浆；

止水注浆宜与初支背后填充注浆相结合，止水注浆宜采用水泥-水玻璃浆液；埋管一般采用直径32mm钢管，外露20cm。管口应用软质材料堵塞。孔距应视地层和超挖情况确定，梅花形布置。注浆距为成环面约5m为宜。

## 10.7 洞内排水

10.7.1 矿山法隧道施工有地下水时，应优先采用**地下水控制**，仍有渗漏水时，应根据具体情况采取注浆方式止水或埋管引排。

10.7.2 隧道开挖掌子面应保持无水作业，若有渗漏水时，应采取堵水措施，宜按照先两侧后顶部的顺序堵水。

10.7.3 隧道开挖掌子面有渗漏水时，应采用超前地层注浆止水措施，并应遵守本标准10.3节的规定。

10.7.4 初期支护完成后仍存在漏水时，应根据漏水量、地质情况采取止水措施，并应满足下列要求：

- 1 宜先注浆截水，后注浆堵水；
- 2 注浆浆液配合比应现场进行试验确认；
- 3 漏水集中部位注浆时宜埋设引流管。

10.7.5 洞内宜采用顺坡排水，排水设施应满足隧道中渗漏水排出需要。在膨胀岩、围岩松软地段，排水设施应采用具有防渗漏性能的沟、管或槽。

10.7.6 洞内反坡排水宜采用水泵抽水，可一次或分段接力将水排出洞外。抽水机的额定抽水量应超过排水量20%，抽水设备应配有1~2台备用。

10.7.7 盲管（沟）排水应满足下列要求：

- 1 盲管（沟）布设两排时，距拱脚不宜小于50cm；单排时宜在隧道最低处；
- 2 盲管（沟）应顺直，不得起伏不平；
- 3 接口和埋设应牢固，滤料填前应清洗干净；
- 4 盲管（沟）顶应有保护措施，防止被施工设备损坏。

10.7.8 明沟排水距拱脚不得小于50cm，应采用不宜被冲刷的材料修筑。

## 10.8 二次衬砌

10.8.1 隧道二次衬砌施工时，其隧道中线、高程、断面和尺寸应符合设计文件要求，防水层应验收合格（初支贯通测量，若初支侵线须要设计对二衬补强）。

10.8.2 混凝土应采用预拌混凝土，浇筑采用泵送，进场应检查坍落度，运输途中或现场不应加减水剂和水稀释。

10.8.3 二次衬砌不应侵入隧道建筑限界，（初支）施工时宜将设计文件规定的的外轮廓线扩大50mm。（防止侵线）

10.8.4 钢筋加工和安装除应符合本标准第8章和第10.6节的要求外，还应符合下列规定：

- 1 环向钢筋接头位置应符合设计文件要求，设计文件未明确时，在同一水平断面内钢筋接头数量不应超过总数的50%；
- 2 环向钢筋和迎水面纵向钢筋作业面不宜采用焊接连接，以免破坏防水层；
- 3 底板和侧墙的环向、纵向钢筋交叉点可间隔绑扎；拱部应全部绑扎；
- 4 钢筋保护层垫块应使用同标号砂浆垫块或专用垫块，保护层厚度应按设计文件要求留置，设计文件无要求时应符合表10.8.4的规定。

10.8.5 多导洞初期支护临时中隔壁、仰拱等的拆除，除应符合设计文件要求外，尚应满足下列要求：

- 1 外轮廓初期支护喷射混凝土应达到设计文件规定的强度等级；
- 2 宜采用手动设备或工具拆除，不得使用大型设备拆除；
- 3 应遵守时空效应的原则，拆除后应及时施作二次衬砌；
- 4 过程中应进行监控量测，变形超标时应立即采取临时加固措施；
- 5 拆除面应平整，坑洼处应及时修复，渣土应及时清除。

## I 模板及支架

10.8.6 标准断面隧道混凝土二次衬砌混凝土施工宜采用模板台车，在底板浇筑完成后，拱、墙整体浇筑。（全断面法、中洞法扣拱、侧洞法扣拱、PBA法扣拱等）

10.8.7 异型断面或设计文件要求分两次以上浇筑二次衬砌时，应按设计文件要求的临时支撑拆除范围，设计模板和支架并应满足下列要求：

- 1 模板应保证隧道断面设计文件规定的尺寸；
- 2 模板主龙骨宜采用型钢拱架；
- 3 支架宜采用型钢支架，宜可用钢管和方木；支架设计应预留混凝土输送通道和浇筑时检查通道；
- 4 合拢段拱顶模板应设置混凝土浇筑口和排气孔；
- 5 端头模板应符合本标准第8.7.11、第8.7.12条的规定。

#### 10.8.8 模板台车应进行专项设计，并应符合下列规定：

- 1 台车在灌注混凝土后隧道轮廓线应符合设计文件要求，刚度和强度满足浇筑混凝土受力要求；
- 2 应满足移动和施工设备、材料、人员通过的需求；
- 3 台车长度应根据隧道曲线确定，**一般不大于12m；（进度、工种配合、防水砼综合因素考虑）**
- 4 台车应根据其长度和浇筑方式设置浇筑口和混凝土输送管接口装置；
- 5 应经试拼装验收合格后方可使用。

10.8.9 模板安装除应符合本标准第8章的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 仰拱拱脚吊模，安装前应测放控制线，横向支撑应垂直隧道轴线，安装应牢固；
- 2 模板台车应校正模板与设计文件给定的轮廓相吻合后，方可锁定台车；
- 3 拼装式模板，墙、拱一体支模时，应在墙体模板固定后，再支拱部模板。拱部应预留沉落量10mm~30mm；
- 4 模板安装前，钢筋和防水应验收合格；
- 5 拱顶设置浇筑口时，宜预留回填注浆孔。

10.8.10 二次衬砌模板拆除应符合下列规定：

- 1 不承受围岩压力时，混凝土强度应达到5.0Mpa；（只适应于侧墙、仰拱扣模）
- 2 承受围岩压力时，应符合本标准第8.7.14条的规定。

## II 混凝土浇筑

10.8.11 混凝土灌注前应将浇筑面清理干净，并洒水湿润；模板脱模机涂刷均匀。

10.8.12 混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 混凝土宜采用输送泵输送，塌落度应为：150mm~180mm；（16.2.5-6为宜120mm~160mm）
- 2 两侧墙体同时浇筑时，应分层对称浇筑，每层厚度宜为500mm；
- 3 拱墙一体浇筑时，混凝土浇筑至拱墙交界处，应间隙1h~1.5h后方可继续浇筑拱部；
- 4 拱部混凝土浇筑结束前，输送泵宜保压3min；
- 5 混凝土振捣，墙体与拱部分别浇筑时，墙体浇筑宜采用插入式振捣器振捣；墙体与拱部一体浇筑时，应采用模板外挂式振捣器配合人工振捣；振捣不得触及防水层、钢筋、预埋件、封端模板
- 6 施工缝和变形缝设有中埋式止水带时，应符合本标准第8.8.13条~第8.8.17条规定。

10.8.13 仰拱混凝土强度达到5MPa后行人方可通行，达到设计文件给定的强度标准的100%后车辆方可通行。

16.5.4 防水板注浆系统应符合下列规定：

- 1 拱顶二衬背后回填注浆预埋注浆钢管间距宜为4m~5m，采用模板台车每浇筑时每段不宜小于2处，预埋注浆钢管不应顶破防水板；

## 10.9 风、水、电临时设施及通风防尘

### I 供电和照明

10.9.1 隧道施工洞内应设双回路电源，并应有可靠切断装置。照明线路电压在施工区域内不得大于36V。

10.9.2 隧道内电缆线路布置与敷设应符合下列规定：

1 成洞地段固定电线路应采用绝缘线；施工工作面区段的临时电线宜采用橡套电缆；竖井及正洞处宜采用铠装电缆；

2 照明和动力电线(缆)安装在隧道同一侧时，应分层架设，电缆悬挂高度距地面不应小于2m；

3 36V变压器应设置于安全、干燥处，机壳应接地；

4 动力干线的每一支线应装设开关及保险丝具。不得在动力线上架挂照明设施；

10.9.3 隧道施工范围内应有足够的照明，采用普通光源照明时，其照度应符合表10.9.3的要求。隧道交叉处、工作面和设备集中处应设置安全照明。

## II 供风和供水

10.9.5 空压机站输出的风压应满足同时工作的各种风动机具的最大额定风量；设置的位置宜在工作井地面附近，并应制订防水、降温、保温和消音预案。

10.9.6 高压风管及水管管径应经计算确定，安装应符合下列规定：

- 1 管材和闸阀安装前应检验合格并清洗干净；
- 2 管路安装应顺直，接头严密；
- 3 空压机站和供水总管处应设闸阀，干管每100m~200m设置分闸阀；
- 4 高压风管长度大于1000m时，应在管路最低处设油水分离器并定期放出管中的积水和积油；
- 5 管路宜安装在电缆线对面一侧，并不得妨碍交通和运输；
- 6 管路前端距开挖面宜为30m，用高压软管接至分风或分水器；
- 7 风、水管路使用中应有专人负责检查、养护；
- 8 严寒地区冬季隧道外水管应有保温防冻措施。

### III 通风防尘及防有害气体

10.9.7 隧道施工**应采用机械通风**。当主风机不能满足需要时，应设置局部通风系统，洞内辅助风机应安装在新鲜风流中。在条件允许情况下可采取管道通风与巷道通风相结合的通风方式。

10.9.8 隧道内通风应满足各施工作业面需要的**最大风量**，风量应按每人每分钟供应**新鲜空气 $3\text{m}^3$** 计算，**风速为 $0.12\text{ m/s}\sim 0.25\text{m/s}$** 。

10.9.9 通风管管径应经计算确定。风管安装与接续应符合下列规定：

- 1 管路应顺直，接头严密。弯管半径不应小于风管直径的3倍；
- 2 风管的风口距工作面的距离：压入式不宜大于15m，吸入式不宜大于5m；
- 3 混合式通风，两组管路接续交错距离为20m~30m，吸出式风管出风口应置于主风流循环的回风流中。

10.9.10 通风机运转中，**应采取消音措施**。通风过程中，应定期测试风量、风速、风压，发现风管、风门破损、漏风应及时更换或修理。

10.9.11 隧道凿岩应湿作业，装渣、放炮后应**喷雾洒水净化粉尘**，喷射混凝土时应采取防尘措施并**定期测定粉尘和有害气体的浓度**。

10.9.12 隧道内施工环境应符合下列规定：

- 1 氧气含量按体积比不应小于20%；
- 2 每立方米空气中含10%以上游离二氧化硅粉尘不应超过2mg；
- 3 有害气体浓度：**一氧化碳含量不应大于30mg/m<sup>3</sup>**；二氧化碳按体积计**不应大于5‰**；氮氧化物(换算成NO<sub>2</sub>)含量**不应大于5mg/m<sup>3</sup>**；
- 4 气温**不应超过32℃**；
- 5 噪声**不应大于90dB**。

## 11 盾构法

### 11.1 一般规定

- 11.1.1 采用盾构法施工隧道时，应根据隧道工程地质、水文地质、周边环境和隧道结构尺寸，经过技术、经济比较后确定**盾构机类型（盾构机选型）**。
- 11.1.2 盾构机选型与配置应遵循适用性、可靠性，配置应具有耐久性、安全性。
- 11.1.3 施工前应核对隧道沿线工程地质和水文地质资料。
- 11.1.4 **管片生产企业应具有相应的资质。管片进场应有质量证明文件，并经验收合格后方可使用。**
- 11.1.5 隧道内管线安装**（系统设备安全）**，宜在管片预制时**采用预留、预埋，不宜（不得）在管片上钻孔安装临时设施。**
- 11.1.6 需要降水或止水时，施工应符合本标准第7章的规定**（始发和接收）**。
- 11.1.7 施工测量应符合本标准第6章的规定，监控量测应符合本标准第13章的规定。**
- 11.1.8 施工场地应满足工程所需的管片堆放、碴土池、泥水处理系统、浆液站及场内、外运输需要
- 11.1.9 盾构法隧道还应符合现行国家标准《盾构法施工及验收规范》GB50446的规定。

## 11.2 盾构工作井

11.2.1 盾构工作井结构应满足盾构始发反力架所需的强度和刚度要求，尺寸应满足盾构**组装、始发、接收或调头、平移和测量所需的空间。**（特别是：工作井与线路非正交时，切口环管片能否完整拼装？盾尾刷是否能全部脱出？封口注浆能否操作？）

11.2.2 盾构工作井的预留洞门直径、预埋件应满足盾构始发或接收要求；**洞门圈、密封装置**安装应符合设计文件要求，并应在验收合格后盾构方可始发或接收。

11.2.3 盾构工作井内宜根据工程需要设置集水坑、集水槽、排水管、排渣管和抽水设备等，井口周围应设防淹墙和安全护栏。

11.2.4 盾构始发或接收前，**洞口段地层土体加固或止水应完成。**加固方法、范围应符合设计文件要求，并对效果进行检验（**始发或接收，隧道顶若有带水的管线，宜按有地下水采取相应的措施**）

11.2.5 工作井垂直运输应符合本标准第10.2.5条和第10.2.6条的规定。

## 11.3 盾构组装与解体

11.3.1 盾构机制造完成后应在工厂进行整机总装调试，经工厂验收合格后方可进场组装。盾构机组装或拆除应编制专项施工方案。

11.3.2 在竖井内组装或拆除盾构机应满足下列要求：

- 1 吊车的选用应满足盾构部件安全起吊要求；
- 2 吊装或拆除顺序应按照盾构机组装或拆除程序进行；
- 3 应满足最大部件吊运对地基承载力的要求；
- 4 吊装或拆除过程中应对设备采取保护措施。

11.3.3 盾构机在工作井内组装完成后，应进行各系统调试和整机空载调试，调试合格后方可始发。

11.3.4 盾构施工应进行200m的试掘进（新购盾构维保服务），并根据试掘进参数、运转情况，对盾构进行试掘进验收。（主要是对盾构机）

## 11.4 盾构始发和接收

11.4.1 盾构始发和接收基座应满足下列要求：

- 1 基座的强度、刚度和稳定性应满足盾构始发受力要求；
- 2 始发基座应满足盾构机组装和始发作业要求；
- 3 基座应满足盾构机检修、解体要求；
- 4 基座应固定牢靠，高程、平面位置应符合设计文件要求。

11.4.2 反力架应满足盾构始发受力要求，安装应牢固。

11.4.3 负环管片安装连接应紧密，支撑应牢固，管片环面应符合始发隧道设计文件要求。

11.4.4 盾构始发前应复核盾构机的位置和姿态，合格后方可始发。

11.4.5 盾构掘进距离接收井前60m~100m时，应隧道轴线进行人工复核测量。

11.4.6 盾构始发应在洞门口破除围护结构进，接收宜在盾构刀盘抵达围护结构停机后，方可破除洞门。（围护结构的钢筋采用玻璃纤维筋；注意检修井等同于接收和始发）

11.4.7 盾构始发或接收前应复查洞门圈、密封装置；始发或接收时应封闭洞口处管片壁后间隙。

## 11.5 盾构掘进

11.5.1 盾构掘进应根据隧道工程地质和水文地质条件、隧道埋深、线路平面与坡度、周边环境、施工监测成果、盾构姿态以及试掘进阶段的掘进数据确定和及时调整

刀盘转速、掘进速度和仓内压力等参数。盾构掘进施工应严格控制排土量、盾构姿态和地表沉降。

11.5.2 盾构停止掘进时应采取持续保压措施稳定开挖面，防止塌方。

11.5.3 盾构掘进过程中，应随时对盾构姿态及管片姿态进行量测，确保中线平面位置、高程、方位符合设计文件要求。发现较大偏移时应及时纠偏，并应防止纠偏过量。**（6.7.9-4 盾构正常掘进时衬砌环人工复测频率应1次/20环，且每天不应小于1次）**

11.5.4 盾构掘进过程中遇到下列情况时，应及时分析原因：

1 盾构掘进影响范围内地层发生坍塌或前方地层有障碍；

2 盾构本体滚动角达到或超过 $3^{\circ}$ ；

3 盾构轴线与隧道设计文件给定的轴线偏差达到或超过50mm；**（侵线后视情况，切记找线路设计调线，切不可急调，造成限速）**

- 4 盾构实际推力、刀盘扭矩与预控值相差较大；
- 5 管片开裂或错台超标；
- 6 壁后注浆系统发生故障；
- 7 盾构掘进扭矩发生异常波动；
- 8 动力系统、密封系统、控制系统等发生故障。

## I 土压平衡盾构掘进

11.5.5 土压平衡盾构掘进时应根据隧道工程地质和水文地质、线路设计文件、地表环境、盾构姿态、监测结果和始发段总结的参数设定掘进参数；应结合监测数据、排碴状况、盾构运转状态、掘进参数波动等情况，适时调整掘进参数、控制盾构姿态。

11.5.6 针对某种土质和某台盾构机，盾构掘进的前100m~200m应作为试掘进（主要是参数），目的是检验掘进的各项参数是否与盾构机相匹配，以便在后续的盾构掘进施工中能够安全、快速、保证施工质量的正常施工。

11.5.7 土压平衡盾构掘进过程中土仓压力和排渣应满足下列要求：

- 1 土压模式时应使开挖土充满土仓，并应保持土仓内泥土压力与开挖面水土压力相平衡；
- 2 应控制掘进速度和排渣速度，并应保持排土量与开挖土量相平衡（考虑同步、二次补浆能力）
- 3 应根据掘进状况及时对土仓压力和排土量进行调整，控制地表沉降。

11.5.8 土压平衡盾构掘进应根据工程地质和水文地质条件，并应在土仓内注入适当添加剂，改良渣土性状，改善掘进参数。

## II 泥水平衡盾构掘进

11.5.9 泥水平衡盾构掘进时应根据隧道工程地质和水文地质、线路设计文件、地表环境、监测数据、盾构姿态和始发段的经验设定掘进参数；应结合监测数据、地质条件、排渣状况、盾构运转状态、掘进参数波动情况，适时调整掘进参数、控制盾构姿态。

11.5.10 泥水平衡盾构掘进过程中泥水仓压力和排渣应满足下列要求：

- 1 设定并保持泥水仓泥浆压力应与开挖面水土压力相平衡；

- 2 应控制掘进速度和送排泥浆流量，并应保持排出渣土量与开挖渣土量相平衡；
- 3 根据掘进状况应及时对泥水仓压力和排渣进行调整，应控制地表沉降。

#### 11.5.11 泥水循环和处理设备应满足下列要求：

- 1 管道运输系统应满足输排泥浆流量和排出渣粒径的要求；
- 2 泥水分离设备应满足最大排渣量与环保的要求；
- 3 渣土存放与搬运应符合环境保护要求。

#### 11.5.12 掘进过程中应根据工程地质和水文地质确定泥浆性能指标，并应进行检测和调整。

### III 复合盾构掘进

11.5.13 复合盾构掘进应根据开挖面的地层条件、地下水状况、地面沉降要求及复合盾构设备功能配置等因素，选择盾构掘进模式、开挖面支护方式、出渣方式和渣土改良方法。

11.5.14 掘进模式转换时宜采取辅助气压掘进模式作为过渡模式，并应在较稳定的地层中完成过渡

## IV 开仓作业

11.5.15 盾构法施工宜选取较稳定的地层和适宜的地面环境进行开仓作业。

11.5.16 盾构掘进过程中，当需要开仓进行检查、换刀、刀盘维修时，应编制开仓作业安全专项方案。

11.5.17 在地层条件较差且需要开仓作业时，应采取掌子面前地层加固或带压开仓等。

11.5.18 带压开仓应满足下列要求：

- 1 应通过计算或试验确定合理气压作业工作压力；
- 2 刀盘前方地层和仓内应满足气密性要求；
- 3 开仓前应对仓内可燃性、有毒、有害气体含量进行检测，开仓作业期间应对仓内和工作面连续输入新鲜空气；
- 4 仓内不宜明火作业，若需要明火作业时应编制专项方案；
- 5 作业人员应经专业培训合格后方可进仓作业；
- 6 进仓人员作业时间和加压、减压时间应符合现行行业标准《盾构法开仓及气压作业技术规范》CJJ217的规定。

## 11.6 特殊地段掘进

11.6.1 盾构进入下列地段为特殊地段：

- 1 浅覆土层地段；（覆土厚度不大于盾构直径时）
- 2 小半径曲线地段；（平面曲线半径小于300m或小于40倍盾构直径）
- 3 大坡度地段；（30%的地段）
- 4 建（构）筑物、地下管线地段
- 5 地下障碍物地段；
- 6 小净距隧道地段；（小于0.7倍盾构直径的地段，包括在新建隧道间与既有隧道，新建隧道与新建隧道之间，净间距小于0.7倍盾构直径，以近接（含平行）、交叠（含重叠）等）
- 7 水域地段；
- 8 不良地质条件地段；
- 9 存在有害气体地段。

### 11.6.2 特殊地段施工应满足下列要求：

1 应调查和分析影响盾构掘进范围内的特殊地质条件和环境条件，并应编制特殊地段盾构掘进专项施工方案；（组段划分、组段方案）

2 掘进前应检修盾构设备；

3 应根据地层特征和施工环境，选取掘进模式和掘进参数，控制掘进影响范围内的地层变位、地表隆沉、地下管线与建（构）筑物变形；

4 根据特殊地段的地质特征、地下水情况、地层沉降指标、施工环境变形控制要求等因素，确定适宜的壁后注浆材料、压力与注浆量，并应根据监测结果进行调整；

5 应加密对影响范围内的地表、地下管线与建（构）筑物的监测频率，并应根据监测结果调整掘进参数。

11.6.3 特殊地段施工措施除应满足本标准第11.6.2条要求外，还应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446的规定。

## 11.7 管片拼装

11.7.1 管片拼装前应复查管片防水、密封材料的完好性，拼装过程中应采取保护措施。

11.7.2 管片拼装机应能满足拼装作业受力、安全、动作、行程、角度等方面的要求，管片拼装前应将上一管片环面清理干净。

11.7.3 管片拼装过程中应根据盾构姿态、盾尾间隙、上一衬砌环的姿态、线路情况合理选择管片种类，按设计文件给定的管片位置和顺序逐块拼装成环。

11.7.4 管片拼装过程中，应根据拼装顺序分组序号回缩千斤顶，盾构机土仓内应保压。

11.7.5 管片拼装成环时，检查衬砌环椭圆度和错台情况。连接螺栓应先逐片对称初步拧紧，脱出盾尾后应及时复紧管片螺栓。

11.7.6 盾构在既有隧道空推拼装管片时，导台设置应满足环缝拼接紧密要求。

## 11.8 壁后注浆

11.8.1 壁后注浆可分为同步注浆和二次注浆，应根据工程地质、水文地质、地表沉降和周边环境变形指标选择注浆方式和注浆参数。

11.8.2 浆液的材料应根据工程地质、水文地质、地层沉降和周边环境变形指标等因素选用，其强度、流动性、凝结时间、收缩率、可填充性、配合比应经现场试验确定。

11.8.3 注浆压力应根据浆液、覆土深度、地表沉降、周边环境、盾尾密封刷等情况确定。

11.8.4 富水地层壁后注浆，宜先分段注止水环，二次注浆充填密实。

11.8.5 注浆总量宜控制在120%~200%。

10.8.6 注浆前应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查，注浆完成后应及时将管路、设备清洗干净。

## 11.9 隧道内运输、通风、照明、给水

- 11.9.1 土压平衡盾构和复合盾构隧道内水平运输宜采用有轨运输方式，泥水盾构采用管道运输方式
- 11.9.2 有轨运输线路铺设应符合本标准第10.5.7条的规定；运输作业应符合本标准第10.5.8条的规定；工作井垂直运输应符合本标准10.2.5条的规定。
- 11.9.3 管道运输应符合现行国家标准《盾构法施工及验收规范》GB50446的规定。
- 11.9.4 隧道内的供电和照明、通风、供水、防尘及防有害气体等应符合本标准第10.9节的规定。

## 12 沉管法（略）

## 11 盾构法

### 11.1 一般规定

- 11.1.1 采用盾构法施工隧道时，应根据隧道工程地质、水文地质、周边环境和隧道结构尺寸，经过技术、经济比较后确定**盾构机类型（盾构机选型）**。
- 11.1.2 盾构机选型与配置应遵循适用性、可靠性，配置应具有耐久性、安全性。
- 11.1.3 施工前应核对隧道沿线工程地质和水文地质资料。
- 11.1.4 **管片生产企业应具有相应的资质。管片进场应有质量证明文件，并经验收合格后方可使用。**
- 11.1.5 隧道内管线安装**（系统设备安全）**，宜在管片预制时**采用预留、预埋，不宜（不得）在管片上钻孔安装临时设施。**
- 11.1.6 需要降水或止水时，施工应符合本标准第7章的规定**（始发和接收）**。
- 11.1.7 施工测量应符合本标准第6章的规定，监控量测应符合本标准第13章的规定。**
- 11.1.8 施工场地应满足工程所需的管片堆放、碴土池、泥水处理系统、浆液站及场内、外运输需要
- 11.1.9 盾构法隧道还应符合现行国家标准《盾构法施工及验收规范》GB50446的规定。

## 11.2 盾构工作井

11.2.1 盾构工作井结构应满足盾构始发反力架所需的强度和刚度要求，尺寸应满足盾构**组装、始发、接收或调头、平移和测量所需的空间。**（特别是：工作井与线路非正交时，切口环管片能否完整拼装？盾尾刷是否能全部脱出？封口注浆能否操作？）

11.2.2 盾构工作井的预留洞门直径、预埋件应满足盾构始发或接收要求；**洞门圈、密封装置**安装应符合设计文件要求，并应在验收合格后盾构方可始发或接收。

11.2.3 盾构工作井内宜根据工程需要设置集水坑、集水槽、排水管、排渣管和抽水设备等，井口周围应设防淹墙和安全护栏。

11.2.4 盾构始发或接收前，**洞口段地层土体加固或止水应完成。**加固方法、范围应符合设计文件要求，并对效果进行检验（**始发或接收，隧道顶若有带水的管线，宜按有地下水采取相应的措施**）

11.2.5 工作井垂直运输应符合本标准第10.2.5条和第10.2.6条的规定。

## 11.3 盾构组装与解体

11.3.1 盾构机制造完成后应在工厂进行整机总装调试，经工厂验收合格后方可进场组装。盾构机组装或拆除应编制专项施工方案。

11.3.2 在竖井内组装或拆除盾构机应满足下列要求：

- 1 吊车的选用应满足盾构部件安全起吊要求；
- 2 吊装或拆除顺序应按照盾构机组装或拆除程序进行；
- 3 应满足最大部件吊运对地基承载力的要求；
- 4 吊装或拆除过程中应对设备采取保护措施。

11.3.3 盾构机在工作井内组装完成后，应进行各系统调试和整机空载调试，调试合格后方可始发。

11.3.4 盾构施工应进行200m的试掘进（新购盾构维保服务），并根据试掘进参数、运转情况，对盾构进行试掘进验收。（主要是对盾构机）

## 11.4 盾构始发和接收

11.4.1 盾构始发和接收基座应满足下列要求：

- 1 基座的强度、刚度和稳定性应满足盾构始发受力要求；
- 2 始发基座应满足盾构机组装和始发作业要求；
- 3 基座应满足盾构机检修、解体要求；
- 4 基座应固定牢靠，高程、平面位置应符合设计文件要求。

11.4.2 反力架应满足盾构始发受力要求，安装应牢固。

11.4.3 负环管片安装连接应紧密，支撑应牢固，管片环面应符合始发隧道设计文件要求。

11.4.4 盾构始发前应复核盾构机的位置和姿态，合格后方可始发。

11.4.5 盾构掘进距离接收井前60m~100m时，应隧道轴线进行人工复核测量。

11.4.6 盾构始发应在洞门口破除围护结构进，接收宜在盾构刀盘抵达围护结构停机后，方可破除洞门。（围护结构的钢筋采用玻璃纤维筋；注意检修井等同于接收和始发）

11.4.7 盾构始发或接收前应复查洞门圈、密封装置；始发或接收时应封闭洞口处管片壁后间隙。

## 11.5 盾构掘进

11.5.1 盾构掘进应根据隧道工程地质和水文地质条件、隧道埋深、线路平面与坡度、周边环境、施工监测成果、盾构姿态以及试掘进阶段的掘进数据确定和及时调整

刀盘转速、掘进速度和仓内压力等参数。盾构掘进施工应严格控制排土量、盾构姿态和地表沉降。

11.5.2 盾构停止掘进时应采取持续保压措施稳定开挖面，防止塌方。

11.5.3 盾构掘进过程中，应随时对盾构姿态及管片姿态进行量测，确保中线平面位置、高程、方位符合设计文件要求。发现较大偏移时应及时纠偏，并应防止纠偏过量。**（6.7.9-4 盾构正常掘进时衬砌环人工复测频率应1次/20环，且每天不应小于1次）**

11.5.4 盾构掘进过程中遇到下列情况时，应及时分析原因：

1 盾构掘进影响范围内地层发生坍塌或前方地层有障碍；

2 盾构本体滚动角达到或超过 $3^{\circ}$ ；

3 盾构轴线与隧道设计文件给定的轴线偏差达到或超过50mm；**（侵线后视情况，切记找线路设**

**计调线，切不可急调，造成限速）**

- 4 盾构实际推力、刀盘扭矩与预控值相差较大；
- 5 管片开裂或错台超标；
- 6 壁后注浆系统发生故障；
- 7 盾构掘进扭矩发生异常波动；
- 8 动力系统、密封系统、控制系统等发生故障。

## I 土压平衡盾构掘进

11.5.5 土压平衡盾构掘进时应根据隧道工程地质和水文地质、线路设计文件、地表环境、盾构姿态、监测结果和始发段总结的参数设定掘进参数；应结合监测数据、排碴状况、盾构运转状态、掘进参数波动等情况，适时调整掘进参数、控制盾构姿态。

11.5.6 针对某种土质和某台盾构机，盾构掘进的前100m~200m应作为试掘进（主要是参数），目的是检验掘进的各项参数是否与盾构机相匹配，以便在后续的盾构掘进施工中能够安全、快速、保证施工质量的正常施工。

11.5.7 土压平衡盾构掘进过程中土仓压力和排渣应满足下列要求：

- 1 土压模式时应使开挖土充满土仓，并应保持土仓内泥土压力与开挖面水土压力相平衡；
- 2 应控制掘进速度和排渣速度，并应保持排土量与开挖土量相平衡（考虑同步、二次补浆能力）
- 3 应根据掘进状况及时对土仓压力和排土量进行调整，控制地表沉降。

11.5.8 土压平衡盾构掘进应根据工程地质和水文地质条件，并应在土仓内注入适当添加剂，改良渣土性状，改善掘进参数。

## II 泥水平衡盾构掘进

11.5.9 泥水平衡盾构掘进时应根据隧道工程地质和水文地质、线路设计文件、地表环境、监测数据、盾构姿态和始发段的经验设定掘进参数；应结合监测数据、地质条件、排渣状况、盾构运转状态、掘进参数波动情况，适时调整掘进参数、控制盾构姿态。

11.5.10 泥水平衡盾构掘进过程中泥水仓压力和排渣应满足下列要求：

- 1 设定并保持泥水仓泥浆压力应与开挖面水土压力相平衡；

- 2 应控制掘进速度和送排泥浆流量，并应保持排出渣土量与开挖渣土量相平衡；
- 3 根据掘进状况应及时对泥水仓压力和排渣进行调整，应控制地表沉降。

11.5.11 泥水循环和处理设备应满足下列要求：

- 1 管道运输系统应满足输排泥浆流量和排出渣粒径的要求；
- 2 泥水分离设备应满足最大排渣量与环保的要求；
- 3 渣土存放与搬运应符合环境保护要求。

11.5.12 掘进过程中应根据工程地质和水文地质确定泥浆性能指标，并应进行检测和调整。

### III 复合盾构掘进

11.5.13 复合盾构掘进应根据开挖面的地层条件、地下水状况、地面沉降要求及复合盾构设备功能配置等因素，选择盾构掘进模式、开挖面支护方式、出渣方式和渣土改良方法。

11.5.14 掘进模式转换时宜采取辅助气压掘进模式作为过渡模式，并应在较稳定的地层中完成过渡

## IV 开仓作业

11.5.15 盾构法施工宜选取较稳定的地层和适宜的地面环境进行开仓作业。

11.5.16 盾构掘进过程中，当需要开仓进行检查、换刀、刀盘维修时，应编制开仓作业安全专项方案。

11.5.17 在地层条件较差且需要开仓作业时，应采取掌子面前地层加固或带压开仓等。

11.5.18 带压开仓应满足下列要求：

- 1 应通过计算或试验确定合理气压作业工作压力；
- 2 刀盘前方地层和仓内应满足气密性要求；
- 3 开仓前应对仓内可燃性、有毒、有害气体含量进行检测，开仓作业期间应对仓内和工作面连续输入新鲜空气；
- 4 仓内不宜明火作业，若需要明火作业时应编制专项方案；
- 5 作业人员应经专业培训合格后方可进仓作业；
- 6 进仓人员作业时间和加压、减压时间应符合现行行业标准《盾构法开仓及气压作业技术规范》CJJ217的规定。

## 11.6 特殊地段掘进

11.6.1 盾构进入下列地段为特殊地段：

- 1 浅覆土层地段；（覆土厚度不大于盾构直径时）
- 2 小半径曲线地段；（平面曲线半径小于300m或小于40倍盾构直径）
- 3 大坡度地段；（30‰的地段）
- 4 建（构）筑物、地下管线地段
- 5 地下障碍物地段；
- 6 小净距隧道地段；（小于0.7倍盾构直径的地段，包括在新建隧道间与既有隧道，新建隧道与新建隧道之间，净间距小于0.7倍盾构直径，以近接（含平行）、交叠（含重叠）等）
- 7 水域地段；
- 8 不良地质条件地段；
- 9 存在有害气体地段。

### 11.6.2 特殊地段施工应满足下列要求：

1 应调查和分析影响盾构掘进范围内的特殊地质条件和环境条件，并应编制特殊地段盾构掘进专项施工方案；（组段划分、组段方案）

2 掘进前应检修盾构设备；

3 应根据地层特征和施工环境，选取掘进模式和掘进参数，控制掘进影响范围内的地层变位、地表隆沉、地下管线与建（构）筑物变形；

4 根据特殊地段的地质特征、地下水情况、地层沉降指标、施工环境变形控制要求等因素，确定适宜的壁后注浆材料、压力与注浆量，并应根据监测结果进行调整；

5 应加密对影响范围内的地表、地下管线与建（构）筑物的监测频率，并应根据监测结果调整掘进参数。

11.6.3 特殊地段施工措施除应满足本标准第11.6.2条要求外，还应符合现行国家标准《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446的规定。

## 11.7 管片拼装

11.7.1 管片拼装前应复查管片防水、密封材料的完好性，拼装过程中应采取保护措施。

11.7.2 管片拼装机应能满足拼装作业受力、安全、动作、行程、角度等方面的要求，管片拼装前应将上一管片环面清理干净。

11.7.3 管片拼装过程中应根据盾构姿态、盾尾间隙、上一衬砌环的姿态、线路情况合理选择管片种类，按设计文件给定的管片位置和顺序逐块拼装成环。

11.7.4 管片拼装过程中，应根据拼装顺序分组序号回缩千斤顶，盾构机土仓内应保压。

11.7.5 管片拼装成环时，检查衬砌环椭圆度和错台情况。连接螺栓应先逐片对称初步拧紧，脱出盾尾后应及时复紧管片螺栓。

11.7.6 盾构在既有隧道空推拼装管片时，导台设置应满足环缝拼接紧密要求。

## 11.8 壁后注浆

11.8.1 壁后注浆可分为同步注浆和二次注浆，应根据工程地质、水文地质、地表沉降和周边环境变形指标选择注浆方式和注浆参数。

11.8.2 浆液的材料应根据工程地质、水文地质、地层沉降和周边环境变形指标等因素选用，其强度、流动性、凝结时间、收缩率、可填充性、配合比应经现场试验确定。

11.8.3 注浆压力应根据浆液、覆土深度、地表沉降、周边环境、盾尾密封刷等情况确定。

11.8.4 富水地层壁后注浆，宜先分段注止水环，二次注浆充填密实。

11.8.5 注浆总量宜控制在120%~200%。

10.8.6 注浆前应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查，注浆完成后应及时将管路、设备清洗干净。

## 11.9 隧道内运输、通风、照明、给水

11.9.1 土压平衡盾构和复合盾构隧道内水平运输宜采用有轨运输方式，泥水盾构采用管道运输方式

11.9.2 有轨运输线路铺设应符合本标准第10.5.7条的规定；运输作业应符合本标准第10.5.8条的规定；工作井垂直运输应符合本标准10.2.5条的规定。

11.9.3 管道运输应符合现行国家标准《盾构法施工及验收规范》GB50446的规定。

11.9.4 隧道内的供电和照明、通风、供水、防尘及防有害气体等应符合本标准第10.9节的规定。

## 12 沉管法（略）

## 13 监控量测

### 13.1 一般规定

13.1.1 施工单位应进行监控量测，应明确监测技术负责人。

13.1.2 施工监测应根据工程地质条件、周边环境条件、施工图设计文件、施工方案及风险评估报告编制施工监测方案。

13.1.3 施工监测基准点、工作基点的布设应符合下列规定：

1 基准点应布设在施工影响范围以外的稳定区域，每项监测工程基准点的埋设数量：竖向位移观测点不应小于3个，水平位移观测点不应小于4个；

2 当基准点距监测工程较远时，宜设置工作基点；

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，并应埋设在相对的稳定土层内，经观测确认其稳定后方可使用；

4 监测期间，基准点应定期复测，当使用工作基点时应与基准点进行联测。

13.1.4 施工过程中应根据监测方案中监测频率的要求，并结合施工进度及时进行现场监测和巡查，必要时可提高监测和巡查频率。

13.1.5 监测数据和巡查信息应真实、准确、完整；监测数据及巡查信息应及时整理、分析，评价工程安全状况，编制成果报告，并应及时反馈参建相关方。

13.1.6 地下铁道工程的监控量测应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911的规定。

## 13.2 监测项目与监测点布设

13.2.1 应按设计文件要求确定必测和选测项目，监测项目和监测点布设应符合下列规定：

- 1 应按设计文件要求确定必测和选测项目，明（盖）挖法围护结构和周围岩土体的监测项目与监测点布设应符合表13.2.1-1的规定；
- 2 矿山法支护结构和周围岩土体的监测项目与监测点的布设应符合表13.2.1-2的规定；
- 3 盾构法管片和周围岩土体的监测项目与监测点的布设应符合表13.2.1-3的规定；
- 4 周边环境监测项目与监测点的布设应符合表13.2.1-4的规定。

明（盖）挖法围护结构和周围岩土体的监测项目与 监测点布置应符合表13.2.1-1的规定

序号	监测对象	监测项目	监测点布置
1	支护结构	桩（墙、边坡）顶竖向位移、水平位移	沿基坑周边支护结构或边坡顶部布置，间距宜10m~30m；在基坑长短边中部、阳角部位、基坑深浅交界处、周边邻近重要建（构）筑物、重要地下管线及荷载较大部位等应布置监测点
2		桩（墙）体水平位移	沿基坑支护结构布置，间距宜20m~50m；在基坑长短边中部、阳角部位和其他代表性部位等应布置；宜与桩（墙）顶水平位移测点处于同一位置
3		立柱竖向位移	不应小于立柱总数的5%，且不应小于3根，当基底受承压水影响较大或采用逆筑法施工时应适当增加监测数量宜选择基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱进行监测
4		支撑内力或轴力	每层支撑的监测数量不宜小于每层支撑总数的10%，且不应小于3根；在支撑体系中起控制作用和基坑深度变化部位的支撑应监测
5		锚杆（索）、土钉拉力	每层锚杆（索）、土钉拉力监测的数量宜分别不小于每层锚杆（索）、土钉总数的1%~3%和0.5%~1%，且每层均不应小于3根；应选择受力较大且有代表性的部位布置监测点
6		竖井初期支护净空收敛	沿井壁竖向每3m~5m应布置一个监测断面，每个监测断面在竖井长、短边中部布置监测点，且不应小于2条测线
7		桩（墙）应力	在基坑长短边中部、深浅基坑交界处、桩（墙）体背后水土压力较大、地面荷载较大、受力条件复杂等部位应进行监测，测点竖向间距宜为3m~5m
8		立柱结构应力	应布置在受力较大的立柱上，沿立柱周边在同一水平面内宜均匀布置4个应变计
9		顶板应力	宜在具有代表性立柱（或边桩）与顶板的刚性连接部位，两根立柱（或边桩与立柱）的跨中部位布置，每处应在纵横两个方向上布置
10	周围岩土体	地表竖向位移	沿基坑周边布置监测点不应小于2排，排距宜为3m~8m，点间距宜10m~20m；在有代表性的部位设置主监测断面，断面上在基坑每侧监测点数量不宜小于5个
11		地下水位	在降水区域及影响范围内宜分别布置，水位观测孔的数量应满足掌控降水区域和影响范围内地下水动态的要求
12		土体分层竖向位移、水平位移	沿基坑周边布置，间距宜为20m~50m；基坑长边中部、阳角处或其他代表性部位等应布置监测点
13		桩（墙）侧向土压力	应布置在围护结构受力较大、土质条件变化较大或其他有代表性的部位；测孔中竖向测点间距宜为2m~5m
14		坑底隆起（回弹）	沿基坑长短边中部应按纵、横向布置断面，监测点宜选择在基坑的中央、距坑底边缘1/4坑底宽度处以及其他能反映变形特征的位置；当基底土质软弱、存在承压水时，宜增加监测断面或监测点数量
15		孔隙水压力	监测点宜布置在基坑受孔隙水压力、变形较大、存在饱和软土和易产生液化的粉细砂土层部位；测点竖向布置宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布置，间距宜2m~5m，数量不宜小于3个

表13.2.1-2 矿山法支护结构和周围岩土体监测项目与监测点的布置

序号	监测对象	监测项目	监测点布置
1	支护结构	初支结构拱顶沉降	沿每个导洞轴线方向在隧道拱顶宜为5m~30m布设一横向监测断面，每个断面宜布设1个~3个监测点
2		初支结构底板隆起	监测点布设在隧道底部，与拱顶沉降监测点宜对应布设
3		初支结构净空收敛	沿每个导洞轴线方向宜为5m~30m布设一横向净空收敛监测断面，且宜与拱顶下沉监测点在同一断面上，每个断面宜布设1条~3条测线
4		中柱结构竖向位移	选择有代表性的中柱进行竖向位移监测，每个车站监测数量不应小于中柱总数的10%，且不应小于3根
5		初支结构应力	宜在地质条件、环境条件复杂的部位布设监测断面，每个断面监测点数量宜为15个~20个
6		中柱结构应力	选择代表性的中柱进行监测，每个车站监测数量不应小于中柱总数的10%，且不应小于3根，在中柱同一水平面内宜均匀布设4个应变计
7	周围岩土体	地表竖向位移	应沿每条隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布设，点间距宜为5m~15m；应根据环境和地质条件布设横向监测断面，断面间距宜为10m~100m；车站与区间、车站与附属结构、明暗挖等分界部位，以及隧道断面变化、联络通道、施工通道等部位应布设断面；每个断面监测点的数量宜为7个~11个
8		地下水位	降水区域及影响范围内宜分别布设水位观测孔，数量应满足反映降水区域和影响范围内地下水动态的要求
9		土体分层竖向位移、水平位移	在地层疏松、存在土洞、溶洞等地质条件复杂地段或邻近重要建（构）筑物、地下管线等周边环境条件复杂地段应布设监测点
10		初支结构围岩压力	宜在地质条件、环境条件复杂的部位布设监测断面，每个断面监测点数量宜为15个~20个，宜与初支结构应力监测点对应布设

表13.2.1-3 盾构法管片结构和周围岩土体的监测项目与监测点的布置

序号	监测对象	监测项目	监测点布置
1	管片结构	竖向位移	盾构始发及接收、联络通道、左右线交叠或邻近、小半径曲线等地段，以及地质条件、环境条件复杂部位应布设竖向位移监测点或监测断面
2		净空收敛	在竖向位移监测点处应布设净空收敛监测断面，收敛监测点宜在隧道顶、底部及两侧拱腰处布设，测线不应小于2条
3		管片结构应力	围岩软硬不均、地下水位较高及地层偏压等地质条件或环境条件复杂地段，宜布设管片结构应力监测断面，每个监测断面监测点数量不应小于5个；管片结构应力监测点与管片结构净空收敛监测点宜布设于同断面
4		水平位移	土层偏压或附加荷载地段宜进行水平位移监测，监测点位置及数量应根据实际情况确定
5	周围岩土体	地表竖向位移	监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，点间距宜为5m~30m；应根据周边环境和地质条件情况布设横向监测断面，断面间距宜为50m~150m；在始发和接收段、联络通道等部位应布设断面，每个断面监测点数量宜为7个~11个
6		土体分层竖向位移、水平位移	地质条件复杂、特殊性岩土地段，以及邻近重要建（构）筑物、重要地下管线等地段宜布设监测孔及监测点
7		围岩压力	管片外侧围岩压力与管片结构应力监测点布设宜在同一断面；每个监测断面监测点数量不应小于5个

表13.2.1-4 周边环境监测项目与监测点的布设

序号	监测对象	监测项目	监测点布置
1	建（构）筑物	竖向位移	位于主要影响区时监测点沿外墙间距宜为10m~15m，或每隔2根承重柱布设1个监测点；位于次要影响区时监测点沿外墙间距宜为15m~30m，或每隔2根~3根承重柱布设1个监测点；在外墙转角处应有监测点控制
2		裂缝	应选择有代表性的裂缝监测
3		水平位移	监测点应布设在邻近基坑或隧道一侧的建（构）筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位
4		倾斜	监测点应沿主体结构顶、底部上下对应按组布设，每组不应小于2个点
5	地下管线	竖向位移	管线的节点、转角点等位移变化敏感部位应布设监测点
6		差异沉降	
7		水平位移	土层偏压或附加荷载地段宜进行水平位移监测，监测点位置及数量应根据实际情况确定
8	桥梁	墩台竖向位移	监测点应布设在墩柱或承台上，每个墩柱和承台不应小于1个测点
9		墩台差异沉降	
10		墩柱倾斜	监测点应沿墩柱顶、底部上下对应按组布设，每组不应小于2个测点
11		裂缝	监测点应选择有代表性的裂缝监测
12		梁板应力	监测点宜布设在梁板结构中部或应力变化较大部位
13	道路、高速公路	路基竖向位移	可依照各施工工法地表竖向位移监测点布设原则，并结合工程实际情况布设
14	既有城市轨道交通	隧道结构竖向位移	监测点的布设应按照专项设计文件要求布设
15		轨道结构竖向位移	
16		隧道、轨道结构裂缝	
17		轨道几何形位	
18		隧道结构水平位移	
19		隧道结构净空收敛	
20	既有城市轨道交通地面线、铁路	路基竖向位移	监测点的布设应按照专项设计文件布设
21		轨道几何形位	

## 13.3 监测频率

13.3.3 遇下列情况时，应加密现场监测及巡查频率：

- 1 监测数据超过预警值；
- 2 现场揭露的地层与地质勘察报告不符，且为不良地质，并有可能影响工程安全；
- 3 地表、建（构）筑物等周边环境发生较大沉降或不均匀沉降；
- 4 明（盖）挖法基坑换撑及拆撑期间；
- 5 盾构始发、接收、停机检修、开仓期间；
- 6 矿山法隧道变断面部位开挖、拆除支撑施工；
- 7 工程停工后重新复工；
- 8 暴雨或长时间连续降雨；
- 9 邻近其他工程施工、超载、震动等周边环境条件重大改变；
- 10 产权单位有特殊要求的情况。

## 13.4 监测数据处理及成果反馈

13.4.1 监测数据应及时整理和校对，应计算监测数据的累计变化量、阶段变化量、变化速率，应将监测数据绘制成时程曲线、断面曲线，并应根据施工工况、工程地质条件及环境条件对监测数据的变化原因、变化规律及发展趋势进行分析、判断，形成监测报告。

13.4.2 监测报告宜分为日报、周报、月报、年报及总结报告，并应适时报送相关单位。监测数据达到预警标准时，应立即向施工单位项目负责人、监理单位、建设单位和其他相关单位报告，并应加密现场监测和巡查的频率。

## 14 路基

### 14.1 一般规定

14.1.1 路基工程施工前，应做好截、排水设施，排水设施应与城市排水系统相连通，排水不应危及附近建（构）筑物、地下管线、道路和农田。

14.1.2 路基施工前应建立测量控制网，测放出路堤、路堑平面位置和高程；施工中应对测量控制网进行复测。

14.1.3 路基施工，应对土方进行综合平衡和调配。土方调配应与城市规划建设及郊区农田水利相结合。

14.1.4 路基宜分段施工。

14.1.5 施工遇有地下管线时，应符合本标准第8.2节的规定。

14.1.6 填筑路堤的土质应符合下列规定：

1 不应使用膨胀土、湿陷性黄土和盐渍土、淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机土、草皮、树根、生活垃圾及其他不宜作为填料的土做路基填料；

2 填筑材料使用前应进行土工试验，对液限大于50、塑性指数大于26以及含水量超标的土不得直接使用；

3 可使用工业废渣作为路基填料，使用前应进行有害物质含量的检测，有害物质含量指标检测合格后方可使用；

4 用湿粘土和红粘土作为路基填料时，应经试验合格后方可使用，但不应作为路床0m~0.8m深度范围内的填料；

5 土块应捣碎后用于路基填筑，石块粒径应小于填筑压实层厚度2/3。

14.1.7 路基采用土工布做渗滤和隔离层时，应根据设计文件规定选用材料，其铺设应符合下列规

1 铺设前应平整地基，不应有带尖角的杂物；

2 铺设应沿长度方向进行；

3 两幅隔离层应采用焊缝连接。两幅渗滤层搭接，在平面上后幅应压前幅，在斜坡和直墙上应上幅压下幅，其搭接长度不应小于300mm；

4 铺设完毕后应及时摊铺填料，并在300mm厚范围内不应采用机械碾压。

## 14.2 路堑

14.2.1 路堑两侧顶部、路堑与隧道洞口连接处应设置天沟、侧沟及其它排水截流设施。排水设施应与既有排水系统相沟通，排出的水不应危害附近建筑物、地下管线、道路和农田。

14.2.2 路堑天沟、侧沟及其它引、截、排水设施，基底应坚实，沟坡、沟底应平顺，沟内无浮土和杂物，排水畅通。

14.2.4 路堑应自上而下逐层开挖，不得掏洞施工。路堑边坡应边开挖边修理。边坡设防护时，应紧跟边坡开挖施工，否则，应暂留一层保护层，待施工护坡时再刷坡至设计文件给定的位置。

14.2.5 路堑在岩层走向及倾角不利边坡稳定的地段应顺层开挖，在地质不良地段，应短开挖或采用马口式开挖，边坡不稳定时应采取临时防护措施。

14.2.6 路堑两侧不宜弃土。

14.2.7 路堑挖至接近堑底时，应核对土质、测放基床边坡线、修整压实，并应进行原状土的密实度和承载力试验。压实度不满足设计文件要求时，应进行翻松分层压实处理，分层厚度不宜大于15cm，或采用换填措施。

## 14.3 路堤

14.3.2 路堤施工前应根据填料的种类和压实机械进行试验段施工，以确定松铺系数、分层厚度、填料最佳含水量、填筑工艺等参数。填方路堤预留工后沉降量的规定应满足设计文件要求。**路基填料的填筑压实度等应符合设计文件的规定，设计文件无规定时应符合表14.3.2的规定。**

**现标准要求**

填挖类型		路床以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)	压实度 (%)
路堤	上路床	0~0.3	8	≥96
	下路床	0.3~0.8	5	≥96
	上路堤	0.8~1.5	4	≥94
	下路堤	>1.5	3	≥93
零填及挖方路基			8	≥96

注：1 表中压实度以重型击实试验为准；

2 构筑物基础的回填土密实度，应根据设计文件要求确定

**原标准要求**

路肩高程以下范围(m)	密实度要求(%)
0~0.5	95/98
0.5~1.2	93/95
1.2m以下	87/90

注：1 表中分子为重锤击实标准，分母为轻锤击实标准，两者均以相应的击实试验法求得的最大压实度为100%；

2 路堤压实应采用重锤击实标准，如回填土含水量大，缺少重型压实机具时，可采用轻锤击实标准；

3 构筑物基础以下的回填土密实度，应根据设计要求确定

### 14.3.5 软土路基填筑应满足下列要求：

- 1 施工前应按设计文件要求做软基处理试验段，以检定设计文件确定的参数和确定施工工艺标准；
- 2 桥涵两侧的软基处理应与相邻路堤同步进行；
- 3 采用土工布做渗滤和隔离层应符合本标准第14.1.6条的规定；
- 4 软土路堤填筑时，应设置水平位移和沉降观测点，并进行观测。
- 5 填筑路堤时，应按下列限值控制填筑速率：水平位移量不应大于5mm/d，地面沉降量不应大于10mm/d。

## 15 高架结构

15.1.1 预制构件、预应力箱梁、梯形轨道梁宜在现场就近建厂预制。

5.3.6 台帽及盖梁钢筋绑扎前，应调整墩台身钢筋，支座、抗震设施等预留、预埋件应牢固、位置应正确。

15.3.8 支座垫石或挡块与盖梁或帽梁宜分两次施工。

15.3.12 支座安装平面位置、顶面高程和方向应正确，安装时应用水平尺测量其顶面的平整度和倾斜度，并应保证支座与梁体密贴。

15.3.13 垫石或锚栓灌浆料的强度应达到设计文件要求后方可施工上部结构；设有临时支座时，永久支座的灌浆料强度未达到设计文件规定的标准前，不应拆除临时支座。

15.5.10 预制梁混凝土强度应达到设计文件规定的强度时方可安装，预应力梁尚应满足28天龄期要求。安装部位的混凝土强度应达到设计文件规定的强度的70%；在支座上安装时，支座垫石或支座灌浆料强度应达到设计文件标准。

15.9.1 高架车站为桥-建分离类型时，宜先施工桥梁结构。

15.9.2 高架车站为桥-建**组合**类型时，当轨道梁为预制且支撑在车站结构时，车站站台层主体结构完成后，应安装轨道梁；当轨道梁为现浇且刚结于车站结构时，轨道梁可与车站结构同时施工。

*预制或现浇非预应力轨道梁作为直接承受动力荷载，其受力钢筋不宜采用焊接；当采用螺纹连接时，同一受拉区段内接头的受力面积占受力钢筋总截面积不得超过50%。设在同一构件内的同一根受力钢筋不宜有两个接头。*

15.9.3 当高架区间采用**架桥机过站**安装预制梁时，应复核车站结构的荷载承受能力，并应预留架桥机通过所需的净空。

15.9.4 高架站屋面宜在轨行区线下结构完成后施工。

15.9.5 当高架车站基础与区间基础密贴时，施工应采取隔离措施。

15.9.6 高架站的防雷接地施工应符合设计文件和现行根据标准《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB50601的有关规定。

15.9.7 结构内预留、预埋件位置应准确、固定应牢固。

## 16 防水

### 16.1 一般规定

16.1.3 防水混凝土应采用预拌混凝土、混凝土搅拌车运输、机械振捣；**拼装式预制构件设计涂料防水、防腐层时，宜在预制厂内完成。**

16.1.4 防水采用的原材料、制品、配件应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB50108的规定，进场保管不应被太阳直晒、雨淋或受潮。

16.1.5 防水层的施工环境温度应设计文件的要求，不应在雨、雪天及四级风以上的天气中露天作业。

16.1.6 多组分产品配制好的成品应在产品规定的时间内使用完毕。

16.1.7 结构变形缝、施工缝、穿墙管、不同工法间接口、附属与主体预留接口等特殊部位防水的加强措施应符合设计文件要求。

16.1.8 防水保护层施工应满足下列要求：

- 1 应在防水层验收合格后及时施工；

2 施工不应损坏防水层结构；外防外贴法铺设的侧墙防水层的保护层，采用砌块砌筑时，应边砌边用砂浆填实；

3 砂浆或细石混凝土保护层终凝后应及时养护。

16.1.9 后续施工不得对防水层和防水层保护层造成破坏。

## 16.2 防水混凝土

### I 原材料及配比

16.2.1 水泥除应满足现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175的要求外，尚应符合下列规定：

1 水泥比表面积宜小于 $350\text{m}^2/\text{kg}$ ；含碱量( $\text{Na}_2\text{O}$ )不应大于 $3\text{kg}/\text{m}^3$ ；

2 在受侵蚀介质作用时，应按介质的性质选用相应的水泥品种；

3 不应使用有结块的水泥。不同品牌和强度等级的水泥不应混用。水泥存储不宜超过三个月，对存储超过三个月的水泥，应重新进行检验；

4 不应使用含氯化物的水泥。

16.2.2 骨料除应满足现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T14685和现行行业标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应选用级配合理、粒形良好、质地坚固的洁净碎石；
- 2 应采用二级或多级级配粗骨料，粗骨料的堆积密度宜大于 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ，紧密密度的空隙率宜小于40%。泵送时其最大粒径不应大于输送管径的 $1/4$ ；吸水率不应大于1.5%；不应使用碱活性骨料；
- 3 骨料中不应混入烧结物等影响混凝土性能有害物质，且不应混入粉煤灰、水泥和外加剂等粉状材料。冬季施工时不应含有冰、雪；
- 4 骨料应避免直接露天堆放、暴晒，料仓应设棚罩。高温季节，骨料温度不大于 $28^{\circ}\text{C}$ ；
- 5 砂宜选用坚硬、抗风化性强、洁净的中粗砂，不应单独使用细砂和特细砂。禁止使用海砂砂的含泥量不应大于3%。

16.2.3 水应使用无侵蚀性洁净水，并应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63的规定

#### 16.2.4 外加剂应满足下列要求：

- 1 外加剂应严格控制氯离子含量。根据需要掺入引气剂、减水剂、防冻剂、抗裂密实剂等，掺加量应根据试验确定；
- 2 采用聚羧酸系高性能减水剂，现浇混凝土应根据不同季节选用标准型、缓凝型或防冻型产品；预制构件应选用专用型早强剂。高性能减水剂使用前，应使用工程现场用水泥做适应性试验，不应有假凝、速凝、分层或离析现象。
- 3 矿物掺合料及其他掺加料等不应采用C类粉煤灰和II级以下级别的粉煤灰。

#### 16.2.5 配合比应经试验确定，并符合下列规定：

- 1 施工配合比应通过试验确定，试配混凝土的抗渗等级应比设计文件标准提高0.2MPa；
- 2 除满足抗压强度、抗渗等级常规设计文件规定的指标要求外，尚应满足结构耐久性指标要求，硬化混凝土宜进行氯离子扩散系数或电通量试验；
- 3 各类材料的总碱量（Na<sub>2</sub>O当量）不应大于3kg/m<sup>3</sup>；氯离子含量不应超过胶凝材料总量的0.1%

4 胶凝材料用量应根据混凝土的抗渗等级和强度等级等选用，总用量不宜小于 $320\text{kg}/\text{m}^3$ ；当强度要求较高或地下水有腐蚀性时，胶凝材料用量应通过试验调整；

5 在满足混凝土抗渗等级、强度等级和耐久性条件下，水泥用量不宜小于 $260\text{kg}/\text{m}^3$ ；砂率宜为 $35\% \sim 40\%$ ，泵送时可增至 $45\%$ ；灰砂比宜为 $1 : 1.5 \sim 1 : 2.5$ ；水胶比不宜大于 $0.50$ ，有侵蚀性介质时水胶比不宜大于 $0.45$ ；

6 坍落度宜控制在 $120\text{mm} \sim 160\text{mm}$ ，坍落度每小时损失值不应大于 $20\text{mm}$ ，坍落度总损失值不应大于 $40\text{mm}$ ；

7 掺加引气剂或引气型减水剂时，混凝土含气量应控制在 $3\% \sim 5\%$ ；

8 常温时，初凝时间宜为 $6\text{h} \sim 8\text{h}$ ；冬季时，不宜早于 $8\text{h}$ 。

## II 搅拌与运输

16.2.6 搅拌应符合下列规定：

- 1 应采用机械搅拌，并应根据外加剂的技术标准确定搅拌时间；
- 2 水温不宜大于60℃，骨料温度不宜大于28℃；
- 3 配料重量的允许偏差应为：水、水泥、外加剂、掺合料 1%；砂、石2%；
- 4 外加剂应配置成较小浓度溶液加入搅拌机内；
- 5 坍落度应符合现场入模坍落度要求。

16.2.7 预拌防水筑混凝土运输应满足下列要求：

- 1 运输应采用混凝土搅拌运输车，路途中应匀速缓慢转动罐体，防止混凝土发生离析；
- 2 混凝土供应应保证现场能够连续作业。

## III 浇筑与养护

16.2.8 采用输送泵浇注，应符合下列规定：

- 1 管路拐弯宜缓，接头应严密；
- 2 受料斗内应保持足够数量的混凝土；

3 不应发生离析现象；

4 间隙时间超过45min或出现离析现象时，应立即冲洗管路。

#### 16.2.9 混凝土浇筑入模要求：

1 入模坍落度宜控制在120mm~160mm；配筋密集的部位及隧道的拱部，放宽至不宜大于200mm；检测坍落度时，应观察其和易性，不应存在泌水、离析、分层现象；

2 浇筑时如出现离析，应进行二次搅拌。坍落度损失后不能满足施工要求时，应加入原水胶比的水泥浆或掺加同品种的减水剂进行搅拌，不应直接加水；

3 混凝土自由落体高度不应大于2m，当浇注结构的高度超过3m时，应采用窜筒、溜槽或振动溜管下落。

16.2.10 混凝土浇筑应分层连续浇筑，层厚不应大于500mm，并应由低处向高处浇注。如需间歇浇筑时，上层混凝土应在下层混凝土初凝前开始浇注，反之应按施工缝处理。

16.2.11 混凝土应采用机械振捣，并符合下列规定：

1 应以混凝土表面泛浆和不冒气泡为准，应避免漏振、欠振和超振；

2 振捣器移距，插入式不宜大于作用半径的1倍，插入下层混凝土深度不应小于50mm；表面振捣器移距应与已振捣混凝土搭接100mm以上；

3 振捣时不应碰撞钢筋、模板、预留预埋件、止水带和防水层等；

4 混凝土终凝前应进行压实赶光，并应及时覆盖。

16.2.12 高温季节混凝土浇筑入模温度不应高于 $30^{\circ}\text{C}$ ，并应避免模板和新浇筑的混凝土直接受阳光照射，混凝土成型后应及时覆盖；冬季混凝土浇筑的入模温度不应低于 $5^{\circ}\text{C}$ ，并应采取保温防冻措施，防止混凝土提前受冻。

16.2.13 结构内的钢筋、绑丝，不宜触及模板；固定模板的螺栓穿过混凝土结构时，应设置止水环等防水措施。

16.2.14 结构变形缝、施工缝、穿墙管、不同工法间接口、附属与主体预留接口等特殊部位应制定相应的技术措施，施工中应加强振捣，不应漏振。

16.2.15 大体积防水混凝土宜选用水化热低和凝结时间长的水泥，施工应符合现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB50496的规定。

16.2.16 现浇混凝土养护应符合下列规定：

- 1 混凝土终凝后应立即进行养护，并应保持湿润，**养护期不应小于14d**；
- 2 高温季节施工，应随压实赶光随覆盖，防止水分过快蒸发，并应避免太阳光直射，终凝后应及时洒水养护；
- 3 冬季浇筑应采用综合蓄热法、暖棚法、掺外加剂等方法保温养护，不应采用电热法或蒸气直接加热法；
- 4 养护期间混凝土浇筑体的里表温差不宜超过 $25^{\circ}\text{C}$ ，体表面与大气温差不宜超过 $20^{\circ}\text{C}$ ；
- 5 **拆模时间不应早于3d，拆模后应采取措施继续养护。**

16.2.17 **同标号、同一配合比每 $500\text{m}^3$ 或不足 $500\text{m}^3$ 的按 $500\text{m}^3$ 计，应留置抗渗压力试件两组，一组为同条件下养护、一组为标准条件下养护。**

16.2.18 预制构件混凝土蒸汽养护结束后，**应继续进行二次保湿养护不小于7d**。冬季不应采用室外覆水养护。

## 16.3 明挖法

16.3.1 明挖法防水应满足下列要求：

- 1 顶板设置柔性防水层应**满粘**密实；
- 2 围护结构与主体结构为分离式结构时，主体结构侧墙设置柔性防水层应**满粘**密实；
- 3 围护结构与主体结构墙为复合墙结构时，主体结构侧墙设置的柔性防水层应**反粘**密实；
- 4 地下连续墙做为主体结构的一部分与衬砌结构组成叠合墙结构时，防水应符合下列规定：
  - 1) 墙体的裂缝、空洞应采用同标号的混凝土或防水砂浆修补；
  - 2) 墙幅接缝处的渗漏应采用注浆、嵌填的方式进行止水处理；
  - 3) 墙表面或墙幅接缝的范围应进行凿毛、清洗处理，方可进行刚性防水层的施工。

### I 卷材防水层

16.3.2 防水卷材的选择应与结构施工工法相匹配，防水材料施工工艺应与材料性质相匹配。

16.3.3 明挖法卷材施工，若基坑**有肥槽**宜采用**外防外贴**法施工；**无肥槽**时应采用**外防内贴**法施工。

#### 16.3.4 基层面应符合下列规定：

- 1 基层面应密实、洁净、无油渍；
- 2 **基层表面平整度**应根据材料的种类，符合 $D/L \leq 1/8 \sim 1/30$ 的规定；其中D为基面两凸出部位间凹进去的深度，L为相邻两凸面间的距离；
- 3 阴、阳角处应做成半径为100mm的圆弧或50mm×50mm的钝角；
- 4 除潮湿基面可施工的卷材外，基层面应干燥，含水率不宜大于9%；
- 5 基面不应有明水。

#### 16.3.5 基层界面处理剂应满足下列要求：

- 1 处理剂应与卷材具有相容性；
- 2 涂刷和配制应设计文件的技术规定；
- 3 应利于卷材与基面粘贴密实。

16.3.6 阴阳角部位加强层**不应小于500mm幅宽**；应铺贴在大面防水层与结构之间，并应与结构或基层满粘。

16.3.7 搭接宽度与连接方式应符合表16.3.7的规定；不同材料的搭接，当无法直接粘接过渡时，应采用与二者均具备相容性的介质材料过渡，且搭接宽度不应小于300mm。

表16.3.7 卷材搭接宽度、与基层及搭接连接方式

卷材品种	搭接宽度 (mm)	基层 粘结方式	接缝 连结方式
弹性体改性沥青防水卷材	100	热熔法	热熔法
自粘聚合物改性沥青防水卷材	80	自粘	自粘胶
三元乙丙橡胶、丁基橡胶防水卷材	100/80	满粘	胶粘剂/胶粘带
聚氯乙烯防水卷材	60/80	胶粘剂	单焊缝/双焊缝
	100	胶粘剂	胶粘剂
增强型复合高分子防水卷材（线性聚乙烯丙纶复合防水卷材）	100	胶结料	胶结料
预铺式高分子自粘胶膜防水卷材	70/80	预铺反粘	自粘胶/胶粘带
天然钠基膨润土防水毯	80	空铺有钉孔	钉+膨润土密封膏 / 粒
合成树脂塑料防水板	80	空铺无钉孔	双焊缝
湿铺法自粘卷材	80	满粘	自粘胶

### 16.3.8 卷材铺贴应符合下列规定：

- 1 施工环境温度要求：与基层粘结为冷粘法和自粘法时，不应低于5℃；热熔粘结时不应低于-10℃。雨、雪天气，应做好已铺卷材层的防护；
- 2 卷材与基面的粘贴方式应符合材料施工工艺要求，外防外贴施工的立面和顶板应满粘；
- 3 大面卷材在加强层范围内不应出现搭接槎；距加强层边不应小于600mm；大面卷材铺贴长边宜与线路方向垂直；
- 4 相邻两幅卷材的短边搭接缝应错开，且不应小于300mm；
- 5 双层铺贴的上下两层卷材应粘贴密实，不应有空鼓。上下两层卷材的接缝应错开1/3~1/2幅宽，且两层卷材不应相互垂直铺贴；相邻两幅卷材的短边搭接缝应错开，且不应小于300mm；
- 6 收头部位、搭接部位、端部宜进行密封处理，不应翘边。

16.3.9 卷材采用外防外贴法施工除应符合本标准第16.3.8条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 底板与侧墙、端墙连接处宜砌筑保护墙，保护墙内侧应用1:3水泥砂浆抹面，厚度宜为15mm~20mm；
- 2 应先铺贴底板阴阳角加强层，后铺贴底板与保护墙路立面；
- 3 保护墙顶翻卷甩槎长度不应小于1.0m，并应采取保护措施；
- 4 应先铺贴特殊部位的加强层，后铺贴大面。墙体竖向应由下往上铺贴；
- 5 侧墙与顶板防水层搭接压槎，应为侧墙防水层在下，顶板防水层在上；
- 6 当线路有纵坡时，铺贴顺序宜满足下列要求：
  - 1) 底板、顶板、侧墙沿线路方向宜由低处往高处铺贴；
  - 2) 低处端墙与顶板防水层搭接压槎，端墙防水层应在下，顶板防水层应在上；较高处端墙防水层应在上，顶板防水层应在下。（随线路纵坡）

不出现倒槎

16.3.10 卷材采用外防内贴法施工除应满足本标准第16.3.8条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 墙体防水层施工应随结构分段施工分段铺贴；
- 2 喷射混凝土或连续墙、排桩等基面应符合本标准第16.3.4条的要求。
- 3 设有内支撑时，卷材应铺贴至腰梁的下方，上口应粘贴紧密或固定牢固，翻卷甩槎高度不应小于500mm，并应采取保护措施；
- 4 立面卷材铺设应有防止下滑的措施。在大面卷材上不应随意钉钉固定。

16.3.11 热熔法铺贴防水卷材应满足下列要求：

- 1 对卷材的加热应均匀，大面以表面沥青熔融至光亮为度，端部溢出沥青油为宜；应随铺贴随施加均匀的辊推压力。
- 2 立墙施工，上、下层卷材之间搭接不应形成倒槎；
- 3 现场应有防火措施。

16.3.12 冷粘和自粘法铺贴防水卷材应符合下列规定：

- 1 基层界面处理剂和涂刷应符合本标准第16.3.5条的规定；

16.3.12 冷粘和自粘法铺贴防水卷材应符合下列规定：

- 1 基层界面处理剂和涂刷应符合本标准第16.3.5条的规定；
- 2 搭接宽度应搭接连接应符合本标准第16.3.7条的规定，自粘类卷材不应采用胶粘剂；
- 3 气温低于5℃时，宜采用热风机对卷材自粘面或搭接边适当加温；不得采用明火热熔粘贴；
- 4 沿铺贴方向应随铺贴随施加均匀的滚推压力，确保粘接牢固和不发生空鼓；

16.3.13 预铺式防水卷材施工应符合下列规定：

- 1 预铺式防水卷材应适用于外防内贴法施工；
- 2 卷材在立面短边应采用机械固定法施工，卷材端头10mm~20mm范围应用金属压条固定，钉孔间距宜为400mm~600mm，卷材搭接时应盖住金属压条，卷材与卷材有效搭接宽度不应小于80mm。沥青基聚酯胎防水卷材自重较大，立墙施工时应有防止滑落措施；
- 3 预铺式高分子防水卷材长边搭接应采用自粘边粘接；低温或隧道施工时可采用高分子芯材热焊机焊接。短边应采用配套粘接带粘接。自粘法粘接强度不应小于1.0MPa；

4 底板防水层施做完成应及时施工细石混凝土保护层。反应自粘层面有减粘措施的高分子自粘胶膜类卷材不宜施做细石混凝土保护层；

5 预铺式卷材施工时反应自粘层面应朝向待浇筑混凝土；自粘层覆膜应在浇筑混凝土前撕除，与混凝土的剥离强度不应小于1.0MPa。

16.3.14 湿铺法防水卷材应用于非外露地下工程，基面应铺设水泥砂浆或灰浆层，卷材应与基面直接粘接，不应采用胶粘剂。卷材间应采用自粘搭接。

16.3.15 高分子增强复合防水片材施工应符合下列规定：

- 1 高分子芯材厚度不应小于0.5mm；双层满粘施工；
- 2 卷材与基面应采用配套的聚合物水泥粘结料满粘施工，刮涂聚合物水泥应均匀，施工后的固化厚度不应小于1.2mm。聚合物水泥粘接料固化前不应上人行走，4h内不应淋雨。
- 3 第二道卷材间搭接处宜设置100宽同材质盖条做密封处理；
- 4 及时施工卷材保护层。夏季应防止紫外线损伤成品

### 16.3.16 天然钠基膨润土防水毯铺贴应符合下列规定：

- 1 适用于外防内贴法施工，卷材表层的织布面应朝向待浇混凝土；
- 2 与基层固定的水泥钉应加钢垫圈，梅花形固定，立面和斜面间距应为400mm~500mm；立面施工时应上层压下层；
- 3 接缝搭接宽度不应小于80mm，水泥钉固定间距应加密为200mm~300mm；
- 4 施工应采取防雨、雪措施，遇水先期膨胀的部位应割除或加铺；
- 5 500mm幅宽的膨润土防水毯加强层宜工厂定制；
- 6 钉头及接缝处应涂抹密封膏或膨润土颗粒；
- 7 甩槎端头应及时用压条固定保护，永久收口应用密封膏和金属压条固定。

## II 涂料防水层

16.3.17 防水涂料基层除应符合本标准第16.3.5条的规定外，尚应坚实、清洁，不应有起砂和凹凸不平现象。有机防水涂料采用油溶性或非湿固性涂料时，基层面应干燥，含水率不应大于9%。

16.3.18 施工前应进行涂布试验。

16.3.19 除具备冬季施工的涂料外，不应在气温低于5℃或烈日暴晒时施工；且涂膜完全固化前遇有降水时应覆盖保护。

16.3.20 环保要求应满足现行行业标准《建筑防水涂料有害物质限量》JC1066的规定。

16.3.21 涂料可分层或一次性喷涂，涂层应均匀，接槎宽度不应小于100mm。

16.3.22 特殊部位增设胎体增强材料时，应使胎体层充分浸透防水涂料，不应有露槎及褶皱。

16.3.23 防水涂料应随结构分段施工，经验收合格后，应及时施工保护层。

16.3.24 不同类型有机防水涂料应符合下列规定：

- 1 聚氨酯防水涂料应分层涂布，每层涂膜厚度不宜大于0.5mm；前道涂层完全固化后方可进行下道涂层施工，相邻两道涂层的涂刷方向应互相垂直；

2 非固化橡胶沥青防水涂料施工后应永不固化、保持蠕变性能，涂层应一次喷、刮成型；覆面卷材铺贴应粘贴密实，表面应平整、无抽皱；

3 喷涂橡胶沥青防水涂料施工喷膜时喷枪与基面的间距应满足要求，厚度应均匀，初凝后人行走不应破坏涂层，终凝后表面不应存有气泡，终凝24小时后方可施工防水保护层。

16.3.25 水泥基渗透结晶防水涂料应符合下列规定：

- 1 应按产品技术标准要求的比例拌制灰浆，拌制好的灰浆应在20min内完成；
- 2 混凝土表面宜凿毛露出混凝土毛细孔，采用钢刷多遍涂刷，并应交替改变涂刷方向；
- 3 涂层终凝后应采用干湿交替养护，养护时间不应小于72h，不应采用蓄水养护；
- 4 干撒法施工时应在混凝土初凝前干撒完毕，并应压实抹平、提浆压光。

### III 水泥砂浆防水层

16.3.26 原材料及配合比应符合本标准16.2节的规定。

16.3.27 基层面除应符合本标准第16.3.4条的要求外，应坚实、无起砂现象。施工前应用水充分湿润，但不应有明水。

16.3.28 分层施工时，每层宜连续施工；应留槎时应采用阶梯坡形槎，层与层间搭接应紧密；接槎处与特殊部位加强层距离不应大于200mm。

16.3.29 特殊部位应先嵌填密实，后大面铺抹。铺抹应压实、抹平，最外层表面应提浆压光。

16.3.30 防水层终凝后应立即进行保湿养护，养护温度不宜低于5℃，养护时间不宜小于14d。

## 16.4 盖挖法

16.4.1 盖挖逆作法施工防水应符合下列规定：

1 板底以下500mm范围内的墙体应与结构顶板、楼板同时浇注，墙体的下部应做成斜坡形，斜坡形下部应预留300mm~500mm空间，并应待下部先浇混凝土施工14d后再行浇注；

2 浇注混凝土前施工缝表面应凿毛、清理干净，并应涂刷界面剂、设置遇水膨胀止水胶条和预埋注浆管；

3 顶板与立墙连接处结构防水层宜采用无机防水材料，并应与立墙和顶板防水层搭接过渡；

4 盖挖逆做节点防水应符合设计文件要求。

16.4.2 盖挖逆筑法防水层留、接槎施工应满足下列要求：

- 1 防水层应随结构由上往下分层、分段逆筑施工；
- 2 顶板与侧墙交接处的防水层，上、下端均应甩槎，并应采取保护措施，以确保与顶板和下部墙体防水层的有效搭接；
- 3 防水层施工应在结构验收合格后进行，防水层验收合格后方可回填顶板。

16.4.3 盖挖顺做法防水除满足16.4.1的要求外，底板、侧墙防水层应由下而上施工，侧墙防水层不应形成倒槎。

## 16.5 矿山法

16.5.1 喷射混凝土基面应符合16.3.4条的规定。

16.5.2 先铺贴防水缓冲层，搭接宽度不应小于50mm，且应留有一定的松弛度。固定应采用与防水板同材质的配套暗钉圈，间距应符合下列规定：

- 1 拱部宜为0.5m~0.8m，边墙宜为1.0m~1.5m，仰拱宜为1.5m~2.0m；
- 2 局部凹凸较大部位，应在凹处加密固定；

3 防水板搭接部位暗钉圈应加密。

### 16.5.3 防水板铺设应符合下列规定：

- 1 无中隔壁和临时仰拱的标准断面，仰拱纵向铺设，墙拱应环向铺设，应先拱后墙；
- 2 洞桩法小导洞内铺设顶、底纵梁时，应纵向铺设；
- 3 有中隔壁和临时仰拱时，应以减少接缝为原则选择环向或纵向铺设；
- 4 铺设时应留有一定的松弛度，防止混凝土浇筑时拉裂；
- 5 应边铺边与暗钉圈逐个焊接牢靠，不应有假焊和焊穿现象；
- 6 相邻幅接缝应错开，任何部位的焊接均不应超过三层；
- 7 上下幅卷材接缝应为底板压侧墙，侧墙压拱顶，不应出现倒槎；甩槎应至未拆除的中隔壁、临时仰拱，或超出钢筋端头不小于300mm。
- 8 甩槎固定应可靠，应采取有效的保护措施，防止拆除中隔壁或临时仰拱时，渣土掉入或后续施工时损坏。
- 9 后续施工应加强对防水板的保护，破损处应及时满焊修补。

#### 16.5.4 防水板注浆系统应符合下列规定：

- 1 拱顶二衬背后回填注浆预埋注浆钢管间距宜为4m~5m，采用模板台车每浇筑时每段不宜小于2处，预埋注浆钢管不应顶破防水板；
- 2 防水等级为一级时，防水板注浆系统的安装间距宜为3m~4m；二级时，间距宜为4m~5m；注浆底座边缘应与防水板采用对称四点焊接，底座边缘周圈不应与防水板满焊；
- 3 底座与导管固定应牢固；当采用将导管开口端直接引出结构外时，应将导管与钢筋绑扎牢固，导管端头伸出模板外不应小于200mm；当采用将开口端临时封闭不引出结构外，应在导管端处预埋木盒，并应在模板内侧进行标记。

#### 16.5.5 预铺反粘高分子自粘防水卷材施工应符合下列规定：

- 1 基层面除应符合本标准第16.3.4条的要求；
- 2 缓冲层施工应符合本标准第16.5.2条的要求；
- 3 预铺反粘高分子自粘防水卷材施工应符合本标准第16.3.13条的要求。

#### 16.5.6 排水型隧道防排水施工应符合以下规定：

- 1 排水型隧道宜采用半包防水，并应有辅助排水措施；
- 2 初衬渗漏部位应进行注浆止水，止水措施应可靠和长期有效，并应满足防水层无明水施工和结构设计限量排放要求；
- 3 隧道初衬设置的纵向排水管宜采用打孔硬质波纹管，并应外裹隔浆层防止堵塞；管径不应小于100mm；应设置在初衬表面的凹处不应影响二衬混凝土的厚度。环向排水管与初衬基面密贴，设置间距5m~10m；横向导水管在二衬混凝土浇筑前预留，坡度宜为2%，间距10m~20m并应与环、纵向排水三通连接，与隧道两侧的明沟相连。
- 4 横向导水管的结晶析出物应定期清理，确保排水系统畅通。

**16.6 盾构法（工厂生产 略）**

**16.7 沉管法（极少用到 略）**

## 16.8 特殊部位防水

### I 变形缝

16.8.1 变形缝处加强防水层幅宽不应小于600mm，并应紧贴结构。

16.8.2 背贴式止水带安装应符合下列规定：

- 1 止水带安装应直顺、平整，位置与纵向轴线偏差不应大于10mm；
- 2 底板的外贴式止水带部位不应覆盖细石混凝土保护层。明挖分离式结构侧墙、顶板迎水面应无外贴式止水带；
- 3 止水带与防水保护层或加强防水层粘结应牢固，甩槎或翻卷应加以保护。钢筋绑扎、焊接时不应损伤止水带，且不应在止水带上设置钢筋垫块；
- 4 止水带应减少现场接头。橡胶类现场接头应采用热硫化对接；塑料类接头应采用热熔满焊搭接，搭接宽度不应小于50mm；接头中心轴线不应错位，接头不宜设在结构转角和施工缝两侧各500mm的范围内；
- 5 安装完毕的止水带齿条不应出现倒伏现象；

6 外贴式止水带的转角部位应使用图16.8.2-1所示的直角配件。环向与纵向相交部位应使用图16.8.2-2所示的十字配件；

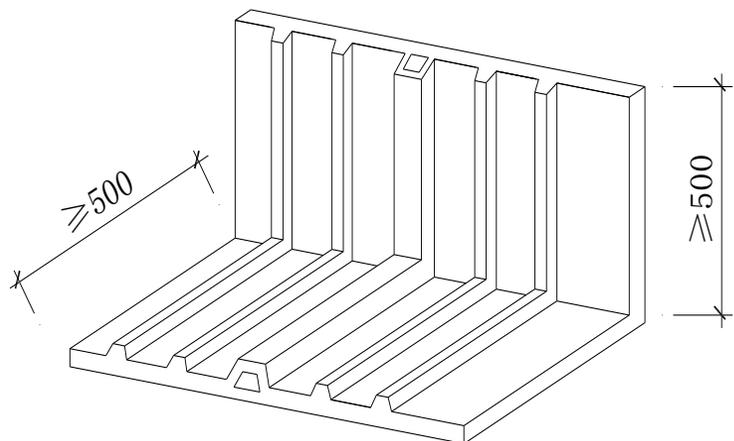


图16.8.2-1 外贴式止水带直角配件

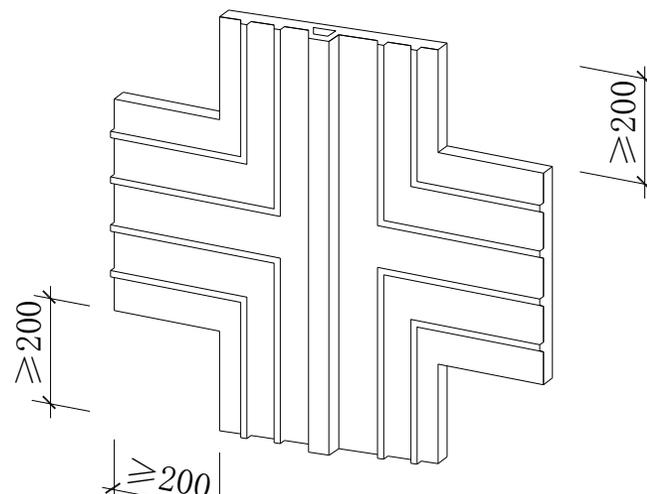


图16.8.2-2 外贴式止水带十字形配件

7 塑料止水带与防水板应采用专用焊接机热熔焊接。焊接的焊缝，焊缝宽度不宜小于30mm。焊接应牢固、可靠，不应有翘边、空鼓和漏焊；不应与防水板的同向焊缝叠合。与防水板的焊缝形成交叉时，应将交叉范围内的防水板搭接缝外露边缘从根部剪切。

16.8.3 中埋式止水带安装除应符合本标准第16.8.2条的相应规定外，尚应符合下列规定：

1 止水带埋设位置应准确，止水带纵向轴线与变形缝中心线应重合，偏差不应大于10mm。止水带宜设置在结构厚度的中心线部位，任意一侧混凝土的厚度不应小于150mm；

2 钢筋安装的同时应完成止水带安装。浇筑变形缝一侧混凝土时，预留的另一侧止水带应采用端模固定；

3 结构转角处应弯曲成圆弧，半径不应小于200mm；

4 止水带应固定牢靠，采用铅丝与上下层钢筋拉结固定；固定间距不宜大于400mm；

5 水平部位止水带宜采用盆式安装，盆式开口应向上，与水平面夹角宜为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。其他部位的止水带应与变形缝内混凝土表面垂直，偏差角度不宜大于 $15^{\circ}$ ；

6 橡胶类止水带现场热接头时，应采用硫化对接，钢边部分采用焊接或机械锚固连接；现场冷对接时，接头处应采用U型箍筋固定，间距不宜大于500mm，止水带应外裹未硫化丁基橡胶腻子片和橡胶片。塑料类止水带现场接头应采用热熔搭接。接头应牢固、密实、不透水。接缝两侧的止水带纵向轴线应位于同一直线上，当出现偏差时，两侧止水带轴线间距不应大于10mm。

16.8.4 嵌缝防水应满足下列要求：

- 1 结构完成后，先剔除表层的填缝板，缝结构表面应平整、直顺；
- 2 凹槽应干净干燥，密封嵌缝材料应连续、均匀、饱满；

16.8.5 预留接水盒安装应符合下列规定：

- 1 变形缝结构内侧顶板、立墙应设置接水盒，接水盒应嵌入结构预留槽内；
- 2 接水盒应在嵌缝胶检查合格后方可安装；
- 3 接水盒应与结构固定牢固，隧道变形缝接水盒下口距道床面不应大于100mm。

## II 施工缝

16.8.6 施工缝防水加强层铺贴应符合本标准第16.3.5条的规定。

16.8.7 施工缝的施工应符合下列规定：

- 1 水平施工缝浇注混凝土前，应将其表面浮浆和杂物清除，先铺净浆或涂界面处理剂、水泥基渗透结晶型防水涂料，再铺30mm~50mm厚的1:1水泥砂浆，并应及时浇注混凝土；
- 2 垂直施工缝浇注混凝土前，应将其表面凿毛并清理干净，涂刷混凝土界面处理剂或水泥基渗

透结晶型防水涂料，并应及时浇注混凝土；

3 施工缝部位防水宜采用中埋式止水带、中埋式钢边橡胶止水带、镀锌钢板止水带、钢板腻子止水带、外贴式止水带、遇水膨胀止水条、遇水膨胀止水胶、全断面注浆管等。

16.8.8 遇水膨胀止水胶、止水条的施工应符合以下规定：

1 应在合模前，挤出或粘贴固定，并应采取防水、防雨措施；

2 宽度及高度应满足设计文件要求，且距结构外边不应小于100mm；

3 止水胶固化前不应浇注混凝土。止水胶出现破损或提前膨胀部位应割除，并在割除部位重新粘贴止水胶；

4 止水条应牢固安装在缝表面或预留凹槽内，与基面密贴，中间不应有空鼓、脱离等现象。止水条采用搭接法连接，搭接宽度不应小于30mm。

16.8.9 水泥基渗透结晶防水涂料施工应符合本标准第16.3.26条的规定。

16.8.10 注浆管的安装和注浆应符合下列规定：

1 注浆管的安装应全断面连续；

2 应与施工缝基面应密贴，固定应牢固，固定间距宜为200mm~300mm，且距结构边不应小于70mm；双道平行设置时，间距不应小于50mm；

3 搭接长度宜为20mm~30mm，搭接处应加密固定；导管末端应临时封堵严密；

4 安装弯曲半径不宜小于150mm，并应平缓，不应出现折角；

5 管端应引出混凝土外部的长度不宜小于150mm；

6 施工缝有渗漏水时，应在停止降水后再进行注浆；

7 注浆应从最低的注浆端开始。注浆时应使浆液低压缓注，当浆液不再流入且压力计显示稳定后，应维持该压力至少2min。当需要重复注浆时，应将残留在注浆管路内的浆液在其固化前清除干净。

16.8.11 镀锌钢板止水带和钢板腻子止水带施工应符合下列规定：

1 止水带应与施工缝混凝土表面垂直设置，偏差角度不宜大于15°；

2 镀锌钢板止水带应采用不锈钢焊条对接焊接，焊接部位应严密、不透水，对接部位的拉伸强度不应小于母材强度的80%；

3 纵向镀锌钢板止水带与环向钢边橡胶止水带交接部位，应将纵向断开，并应与环向钢边锚固，搭接宽度不应小于40mm，表面应做密封处理；

4 钢板腻子止水带应采用自粘搭接连接，搭接宽度不应小于200mm。搭接部位宜用铁丝捆绑。止水带表面的隔离膜应在浇筑混凝土前撕除。

### III 后浇带

16.8.12 后浇带施工应符合施工缝的规定，混凝土施工应符合本标准第8.8.18条和第8.8.19条的规定。

16.8.13 后浇带处的外贴式止水带安装好后应予以保护，并应防止杂物落入和损伤止水带。

16.8.14 后浇带部位混凝土应局部加厚，并应增设外贴式止水带或中埋式止水带。

### IV 穿墙管和群管盒

16.8.15 穿墙管和穿墙群管盒施工应满足下列要求：

- 1 宜在浇筑混凝土前预埋；
- 2 设金属止水环时，应与主管满焊；

- 3 采用套管式穿墙时，翼环与套管应满焊。穿管后应采用防水豆石混凝土或密封材料将套管间隙填塞密实，端口周边应填塞遇水膨胀止水条或遇水膨胀止水胶；
- 4 防水层在穿墙管部位应做密封收头处理。

## V 桩头和临时立柱

16.8.16 桩头和临时立柱防水应符合设计文件规定，无规定时应符合下列规定：

- 1 承载桩桩头宜与垫层表面齐平，或高出垫层表面200mm；
- 2 桩头应涂刷水泥基渗透结晶型防水材料，涂刷应连续、均匀，涂刷层与大面防水层的搭接宽度不应小于300mm，并应及时养护；
- 3 桩头表面环外围钢筋应设置遇水膨胀止水胶，大面防水层在桩头根部应做密封收头处理；
- 4 破桩后如发现渗漏水，应采取封堵措施进行封堵；
- 5 桩顶涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料应实干后方可浇筑混凝土浇筑。

16.8.17 临时钢立柱、降水井穿越结构底板时，防水应符合下列规定：

- 1 结构中部的钢立柱外侧周边应焊接止水环，止水环翼宽不应小于100mm；

2 钢管降水井割除后，应先在钢管柱内填充混凝土，并宜用钢板进行封口，封口钢板与管口四周应焊接牢固、严密。

## XI 不同结构工法间及接口

16.8.18 不同工法间及通道接口，不同材料防水层的搭接过渡宽度应符合本标准第16.3.5条的规定；相同材料搭接过渡宽度不应小于200mm。

16.8.19 明挖法与矿山法接口防水，施工应符合下列规定：

1 明挖法防水层施工前，应先在矿山法洞门四周搭接范围的基面上铺贴临时隔离层，后铺贴大面防水层；

2 防水层铺贴后，在矿山法洞门口外露部分应再铺设保护层；

3 防水层的过渡段应设置在矿山法段内；

4 过渡层应环向埋设注浆管，间距宜为2m~3m。

16.8.20 盾构法与矿山法联络通道环梁接口防水，施工应符合下列规定：

1 应沿管片环向先铺贴防水层，后铺贴加强层；

2 沿管片环缝径向应埋设注浆管，间距宜为2m~3m。

16.8.21 明挖法主体与明挖法附属结构间接口防水，施工应符合下列规定：

- 1 先施工部位的防水层保护应符合本标准第16.8.19条的规定；
- 2 过渡层应设置在后施工部位，应沿环向埋设注浆管，间距宜为2m~3m；
- 3 过渡层应避开结构变形缝、施工缝处，且间距不应小于500mm。

16.8.22 设有止水胶或条、水泥基渗透结晶型防水涂料时，施工应符合本标准第16.8.7条和第16.8.8条的规定。

**不妥之处请大家批评指正！**

**谢谢！**