

2021 年全国二级建造师执业资格考试

《市政公用工程管理与实务》

专题四：喷锚暗挖法

主讲人：李老师

新奥法起源

喷锚暗挖施工

1.工作井

2.马头门

3.预支护、预加固

4.掘进方式

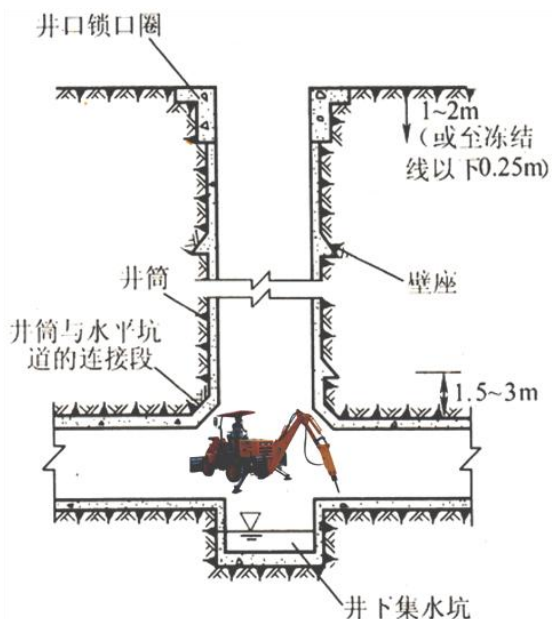
5.初期支护

6.防水层施工

7.二次衬砌

复合式衬砌

(一) 工作井



1.锁口圈梁

圈梁混凝土强度达到设计强度的 70%及以上时，方可开挖竖井。

2.采用倒挂井壁法施工。

3.初期支护应尽快封闭成环，按设计要求做好格栅钢架的竖向连接及采取防止井壁下沉的措施。

4.喷射混凝土的强度和厚度等应符合设计要求。喷射混凝土应密实、平整，不得出现裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓和渗漏水等现象。

5.施工平面尺寸和深度较大的竖井时，应根据设计要求及时安装临时支撑。

6.竖井井口防护应符合下列规定：（防坍塌、防坠落、防淹没）

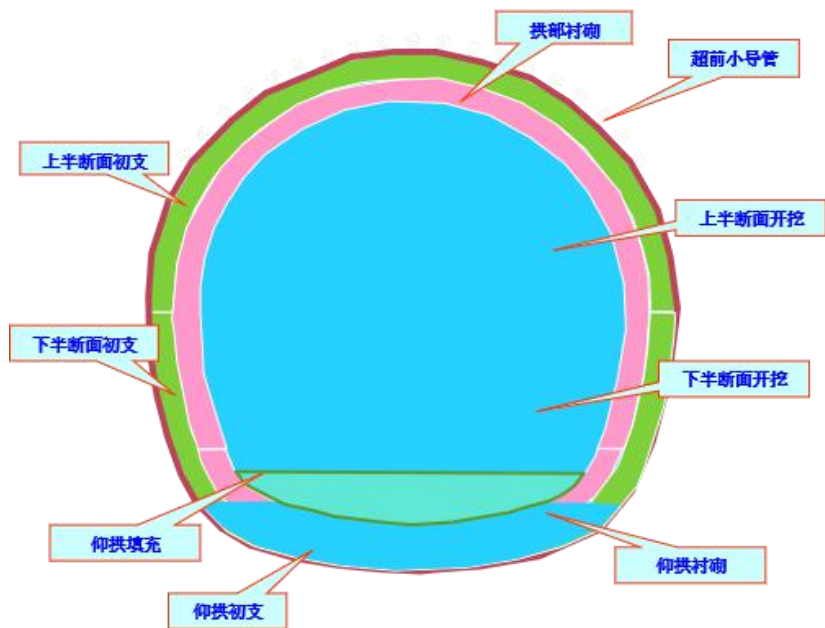
1) 井口作业区必须设置围挡，竖井周边应架设安全警示装置。

2) 竖井应设置防雨棚、挡水墙。

3) 工作井不得设在低洼处，且井口应比地面高 30cm 以上，地面设排水系统。

4) 不设作业平台的工作井周围必须设防护栏杆，护栏高度不低于 1.2m，栏杆底部 50cm 应采取封闭措施。

- 5) 施工机械最外着力点与井边距离不得小于 1.5m。
- 6) 井口 2m 范围内不得堆放材料。
- 7) 工作井内必须设安全梯或梯道，梯道的宽度不应小于 1.0m。



(二) 马头门

1. 施工工艺流程

马头门处设置环形暗梁和暗桩 → 打设超前小导管，注浆加固地层 → 破除马头门上部竖井井壁 → 立三榀隧道格栅钢架 → 开挖上台阶，进尺 3 ~ 5m → 破除下台阶竖井井壁开挖下台阶土方 → 安装下部钢格栅

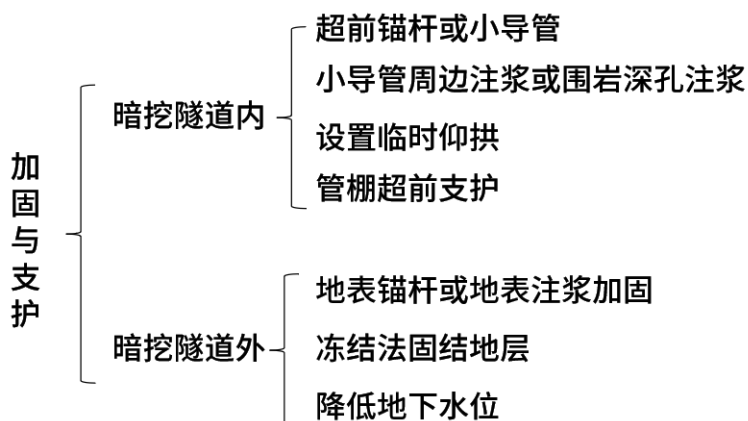
(1) 马头门的开挖应分段破除竖井井壁，宜按照先拱部、再侧墙、最后底板的顺序破除。

(2) 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。

(3) 严格贯彻“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测、早封闭”十八字方针。

(三) 预支护、预加固

1. 预支护与预加固形式



2. 小导管注浆加固技术

尺寸要求	直径40~50mm焊接钢管、无缝钢管；长度3~5m；需配合钢格栅或钢拱架，搭接≥1m
注浆材料	改性水玻璃浆、普通水泥单液浆、水泥—水玻璃双液浆、超细水泥
注浆方法	渗入（砂卵石）、挤压渗透（砂层）、电动硅化（黏土）、劈裂（黏土）
注浆顺序	由下而上、间隔对称、相邻孔位错开、交叉进行

3.管棚支护技术

测放孔位→钻机就位→水平钻孔→压入钢管→注浆→封口→开挖

- （1）用测斜仪控制上仰角度；
- （2）钻孔顺序：由高到低；
- （3）钢管直径 80~180mm；沿隧道纵向搭接长度一般不小于 3m。
- （四）掘进方式

1.全断面开挖

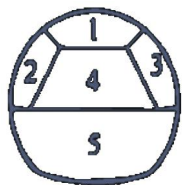
自上而下一次开挖成形，开挖后及时进行初期支护。

2.台阶法

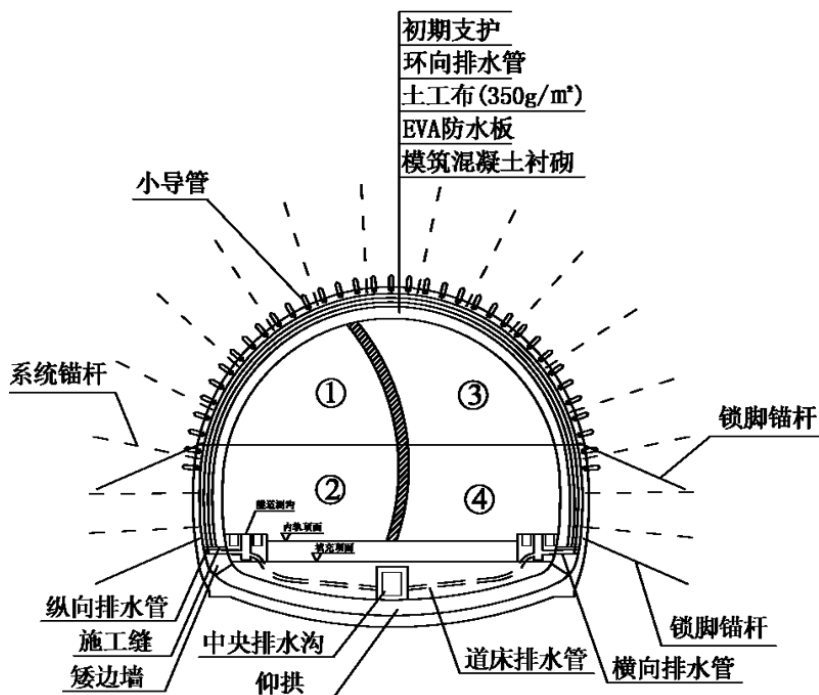
将断面分成两个以上部分，分部开挖。

3.环形开挖预留核心土

用人工或单臂掘进机开挖环形拱部→架立钢支撑→挂钢筋网→喷射混凝土。在拱部初期支护保护下，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，接长钢支撑和喷射混凝土、封底。视初期支护的变形情况或施工步序，安排施工二次衬砌作业。



（五）复合式衬砌



(1) 喷锚暗挖法施工隧道通常采用复合式衬砌设计，衬砌结构是由初期(一次)支护、防水层和二次衬砌所组成。

(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，以接缝部位混凝土及防水层施工为防水控制的重点。

1. 初期支护

喷锚初期支护结构形式：钢筋网喷射混凝土、锚杆-钢筋网喷射混凝土、钢拱架-钢筋网喷射混凝土等。

(1) 格栅加工及安装

1) 首榀格栅拱架应进行试拼装，并应经建设单位、监理单位、设计单位共同验收合格后方可批量加工。

2) 格栅架立纵向允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$ ，横向允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，高程允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ 。

3) 格栅安装时，节点板栓接就位后应帮焊与主筋同直径的钢筋。单面焊长度不小 10d。

(2) 锁脚锚杆注浆加固

1) 采用斜向下 $20^\circ \sim 30^\circ$ 打入的锁脚锚杆(管)锁定。

2) 应与格栅焊接牢固，打入后应及时注浆。

(3) 喷射混凝土

1) 采用早强混凝土，掺加速凝剂；初凝时间不应大于 5min，终凝时间不应大于 10min。

2) 喷头与受喷面应垂直，距离宜为 0.6-1.0m (不宜 $>1\text{m}$)。

3) 应分段分片、分层自下而上，后一层喷射应在前一层终凝后进行。

4) 养护应在终凝 2h 后进行，养护时间应不小于 14d。

2. 防水层施工

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。防水层可在拱部和边墙环状铺设，开挖和衬砌作业不得损坏防水层。

3. 二次衬砌

考点延伸：

二衬钢筋绑扎时，应对防水层采取的保护措施：

(1) 钢筋安装时，应将钢筋头包裹，防止刺破防水层；

(2) 防水层与外层钢筋之间应设置垫块隔离；

(3) 钢筋采用绑扎连接时，绑丝头应避免触碰防水层；

(4) 钢筋采用焊接连接时，采取挡板防止焊渣灼伤防水层。

露筋原因：

(1) 未设置垫块、垫块间距太大、垫块位移致使钢筋紧贴模板外露；

(2) 混凝土坍落度偏小；

(3) 浇筑方法不当产生离析，模板部位缺浆或模板漏浆；

(4) 保护层处混凝土振捣不实；

(5) 脱模过早，拆模时缺棱、掉角，导致露筋。

隧道内职业病防治措施：

(1) 采用湿式凿岩、湿式喷射混凝土，从源头上避免粉尘产生；

(2) 采用喷雾洒水、机械通风等除尘设备消除粉尘危害；

(3) 配备有害气体检测仪，每日开工前对隧道内有毒有害气体进行检测；

(4) 设置隔热、防暑、降温设施防治辐射热的危害；

(5) 选用低噪声设备减轻或消除工作中的噪声及振动；

(6) 作业人员按要求配戴个人劳动防护用品。

(1) 二次衬砌混凝土施工

1) 采用补偿收缩混凝土。

2) 浇筑应采用组合钢模板体系和模板台车两种模板体系。

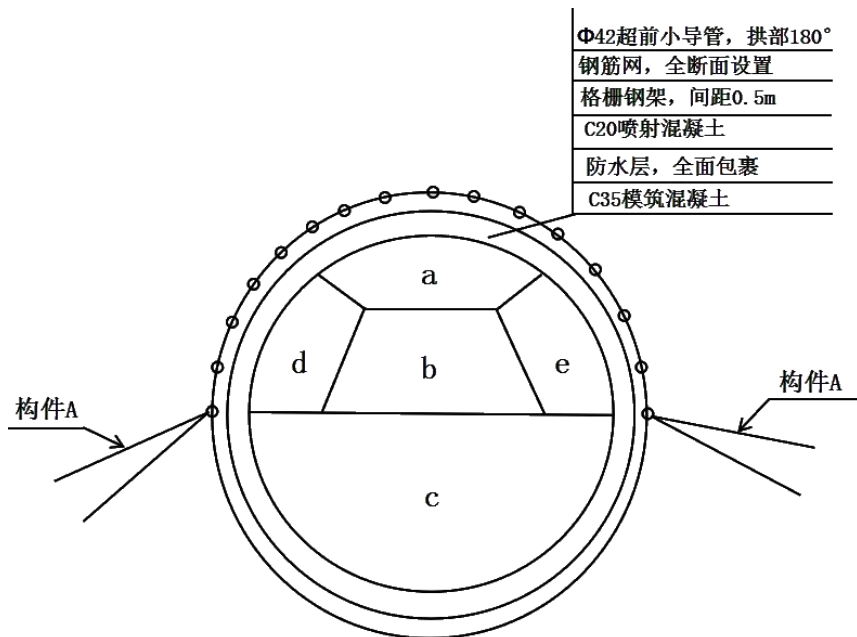
3) 混凝土浇筑采用泵送浇筑，两侧边墙采用插入式振捣器振捣，底部采用附着式振动器振捣。混凝土浇筑应连续进行，两侧对称、水平浇筑，不得出现水平和倾斜接缝。

练一练:

关于二次衬砌混凝土施工的说法, 错误的是 ()。

- A. 应采用补偿收缩混凝土, 具有良好的抗裂性能
- B. 采用组合钢模板体系和模板台车两种模板体系
- C. 采用泵送模筑, 两侧边墙采用附着式振捣器振捣
- D. 浇筑应连续进行, 两侧依次浇筑
- E. 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

【参考答案】CD



(六) 隧道施工安全措施

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

(2) 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。

(3) 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。