

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 一、编制依据与原则           | 1  |
| 1.1 编制依据            | 1  |
| 1.2 编制原则            | 1  |
| 二、工程概况              | 2  |
| 2.1 工程简介            | 2  |
| 2.2 地形、地貌           | 3  |
| 2.3 水文地质条件          | 4  |
| 2.4 气候情况            | 5  |
| 2.5 施工方案            | 5  |
| 2.6 主要技术特点          | 6  |
| 2.7 人员准备            | 6  |
| 2.8 机械准备            | 7  |
| 2.9 场地准备及材料准备       | 8  |
| 三、施工工艺及施工方法         | 9  |
| 3.1 石膏地层抗膨胀变形总体措施   | 9  |
| 3.2 石膏膨胀段具体施工方法     | 10 |
| 3.3 膨胀岩隧道施工特殊情况处理措施 | 25 |
| 四、质量管理措施            | 26 |
| 4.1 质量目标            | 26 |
| 4.2 质量组织机构          | 26 |
| 4.3 质量管理体系          | 26 |
| 4.4 确保工程质量的控制措施     | 27 |
| 4.5 质量检查人员和自检制度     | 29 |
| 五、平安管理措施            | 30 |
| 5.1 平安目标            | 30 |
| 5.2 平安生产组织机构        | 30 |
| 5.3 平安生产保证体系        | 31 |

5.4 平安生产保证措施.....32

六、环境保证措施.....33

6.1 环境目标及质量方针.....33

6.2 环境保护、水土保持体系框图.....34

6.3 环保施工措施.....34

七、文明施工措施.....36

7.1 文明施工体系框图.....36

7.2 文明施保证措施.....36

# 缙云山隧道（进口端）大断面石膏膨胀岩施工技术方案

## 一、编制依据与原则

### 1.1 编制依据

- 1、《公路工程技术标准》〔JTG B01-2014〕；
- 2、《公路隧道施工技术标准》〔JTG F10-2009〕；
- 3、《公路隧道施工技术细则》〔JTG/T F60-2009〕
- 4、《公路工程质量检验评定标准》〔JTG F80/1-2012〕；
- 5、《公路工程施工安全技术标准》〔JTG F90-2015〕；
- 6、《钢筋焊接及验收规程》〔JGJ 18-2012〕；
- 7、《施工现场临时用电安全技术标准》〔JGJ 46-2005〕；
- 8、《建筑机械使用安全技术规程》〔JGJ 33-2012〕；
- 9、《重庆市公路工程质量控制强制性要求》〔渝交委〔2015〕79号〕；
- 10、《重庆市公路水运工程安全生产强制性要求》〔渝交委〔2015〕81号〕；
- 11、重庆九永高速公路 JY1 合同段两阶段施工图设计文件；
- 12、《中交第一公路工程局施工方案管理方法》；
- 13、《公路工程施工工艺标准》中交一公局；

### 1.2 编制原则

严格遵守法律法规、地方性要求、设计标准、施工标准和质量评定与验收标准。坚持技术先进性、科学合理性、经济适用性、安全可靠性与实事求是相结合；

1、在充分理解设计文件的根底上，以设计图纸为依据，采用先进、合理、经济、可行的施工方案。

2、整个工程全过程对环境破坏最小，采取必要环境保护措施，防止周围环境的破坏。

3、充分应用先进的科学技术和施工设备，做到机械化作业、标准化作业、流水作业，坚持技术先进性、科学合理性、经济适用性、平安可靠性相结合原那么。

4、强化质量管理，树立优良工程观念，创一流施工水平，创精品工程。

5、实施工程法管理，通过对劳务、设备、材料、资金、方案、信息、时间与空间条件的优化处置，实现本钱、工期、质量及社会效益的预期目标。

## 二、工程概况

### 2.1 工程简介

#### 2.1.1 隧道总体说明

缙云山隧道（进口端）为别离式小净距隧道，分左右幅设置。隧道左线起讫桩号 ZK4+915~ZK6+117.5，长 1202.5m，隧道右线起讫桩号 K4+895~K6+120，长 1225m。该隧道为三车道大断面隧道，隧道设计速度 100Km/h，单洞净宽 14.75 米，净高 5 米。设计荷载：公路 I 级。隧道围岩结构较差，设计为 III、IV、V 级围岩，其中左线 III 级围岩 257m，IV 级围岩 477.5m，V 级围岩 446m，明洞 22m；右线 III 级围岩 259m，IV 级围岩 495m，V 级围岩 448m，明洞 23m。洞门设置为削竹式洞门，洞口边仰坡采用喷锚网临时支护，超前大管棚进洞。

#### 2.1.2 石膏膨胀岩说明

##### 1、膨胀岩说明

膨胀岩问题是当今工程地质学和岩石力学领域中较复杂的世界性研究课题之一。膨胀岩的膨胀取决于两方面因素，一是内因：主要包括岩石成分（矿物成分、化学成分和粒度）、天然含水量和湿度状况、胶结程度等三种，这些决定了膨胀岩膨胀能力和膨胀潜势的大小；二是外因：工程活动造成膨胀岩的水分得失和内应力、强度变化等，它决定了膨胀岩的实际膨胀程度。很明显，工程活动过程中，膨胀岩产生膨胀的外部条件都不可防止地得到了不同程度的满足。 岩土膨胀的实质是由所含粘土矿物的亲水性造成的。研究说明：蒙脱石具有巨大的膨胀能力；其次是伊利石；而高岭石的膨胀能力最弱，几乎不具膨胀性。另外，软岩的膨胀还与这些粘土矿物的含量有直接而密切的关系。以往研究成果说明：当蒙脱石含量达 7%以上或伊利石含量达 20%以上时，软岩即具有明显的胀缩特性，且其含量愈高，胀缩率愈大。

天然状态泥质膨胀性软岩的含水情况是决定其膨胀潜势的重要因素之一。对膨胀性软岩而言，其天然含水量愈大，膨胀势愈头小；而天然含水量愈小，那么膨胀势头愈大。

泥质岩胶结情况是决定其膨胀潜势大小和膨胀性发挥程度的关键因素之一。胶结性越差的岩石其膨胀性越强。

国内膨胀岩岩性主要有：灰白、灰绿、灰黄、灰红和灰色的泥岩、泥质粉砂岩、页岩、风化的泥灰岩、风化的基性岩浆岩、蒙脱石化的凝灰岩以及含硬石膏、芒硝的岩石等，岩石由细颗粒组成，遇水时有滑腻感。

2、我分部膨胀岩情况

根据区域地质资料及收集到的楠木沟石膏矿说明在嘉陵江组四段盐岩溶角砾岩底部局部布有蜂窝状石膏层，厚约 11~16m 厚，石膏层由硬石膏吸水变成石膏过程中具有一定膨胀性，由于本次勘察期间未揭露到该层，且楠木沟石膏矿现处于封闭停采期间，未能采集到相关样品进行实验。根据重庆地区经验，该层石膏属弱膨胀性岩体，膨胀力约 100~200Kpa。建议施工期间加强地质预测预报，遇到该层时及时采集样品进行实验，确定其膨胀性、膨胀力、膨胀率等相关力学指标。分布段落：左线 ZK5+910~ZK5+940 及右线 K5+915~K5+945。三叠系嘉陵江组岩溶角砾岩地层由于石膏的存在地下水具有强腐蚀性。

表 1 隧道石膏膨胀岩起止桩号及围岩等级统计表

| 隧道名称  |    | 起止桩号    | 长度 (m) | 围岩等级 | 地层岩性                                       |
|-------|----|---------|--------|------|--------------------------------------------|
| 缙云山隧道 | 左线 | ZK5+910 | 30     | V、IV | T <sub>1</sub> J <sup>4</sup> 岩溶角砾岩、白云岩、灰岩 |
|       |    | ZK5+940 |        |      |                                            |
|       | 右线 | K5+915  | 30     | V、IV | T <sub>1</sub> J <sup>4</sup> 岩溶角砾岩、白云岩、灰岩 |
|       |    | K5+945  |        |      |                                            |

2.2 地形、地貌

缙云山隧道呈近东西向横穿缙云山南段。缙云山为北碚东向条形山，山体狭长。工程布设段宽约 2.9Km。侵蚀构造低山呈单面山及列峰脊状低山形态，分布于山体两侧，东翼岭脊地势较低，最高点标高 654.50m，西翼岭脊地势较高，最高点标高 676.20m。溶蚀岩溶地形主要为岩溶槽谷地形，在隧址区地貌上形成了南、北两个相对完整的岩溶槽谷。南北槽谷总长约 6Km，北槽谷地形分布高程在 480~558m，槽谷宽 350~460m。南槽谷地形分布高程在 511~575m，槽谷宽 50~530m，槽谷形态，宽度不一、多宽平、延伸远、落水洞较发育，并有溶蚀槽丘，槽洼等岩溶地貌形态。岩溶槽谷段为干谷，而两侧山体横向冲沟发育，冲沟发育密度约 0.5~1.0 条/Km，且常年有水。隧道穿过地带相对高差达 319m，隧道最大埋深约 276m。进洞口位于一斜坡中下部，斜坡坡向约 85°，地形坡角约 5-15°，局部形成基岩陡坎。左线出洞口位于一冲沟右岸斜坡中下部，冲沟走向约 242°，斜坡坡向 345~356°，坡角 22~33°，局部形成基岩陡坎。右线出洞口位于一冲沟中下部，冲沟走向约 241°，斜坡坡向 213~282°，坡角 22~31°，局部形成基岩陡坎。

### 2.3 水文地质条件

根据详勘，地下水水质类型多为  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca}$  或  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{—Ca} \cdot \text{Mg}$  型水，区内地表水及三叠系须家河组及嘉陵江组 T1j4 地层由于石膏层的存在使其地下水具有弱腐蚀性；石膏层具有强腐蚀性。

针对地下水和石膏对混凝土结构的不同腐蚀情况，设计采取以下处治措施。

#### 1、处置原那么

石膏地层抗腐蚀按“动态设计、信息化施工”原那么进行处治：地勘确定的石膏地段〔ZK5+910~ZK5+940、ZK6+470~ZK6+495、K5+915~K5+945、K6+460~K6+483〕在开挖后取样进行岩土腐蚀性分析〔取样频率为表列具腐蚀性地段每 50m 取 3 件〕及水样分析，以进一步明确膏岩是否具有腐蚀性，判明腐蚀类别与腐蚀等级。

#### 2、抗腐蚀设计措施

根据《公路工程混凝土结构防腐蚀技术标准》〔JTG/T B07-01-2006〕，膏岩具有强腐蚀性〔对应腐蚀作用等级为 D 级〕，本隧道设计基准期为 100 年，对隧道初期支护及二次衬砌应进行定期维护与检测。设计采取如下措施：

〔1〕喷射混凝土：采用高性能抗腐蚀喷射砼，对于喷射混凝土内设置的钢架〔对钢架须进行防腐处理〕，靠围岩侧钢筋的混凝土保护层厚度不小于 45mm，靠另一侧的保护层厚度不小于 20mm；锚杆采用全长灌浆式锚杆。

(2) 二衬混凝土：在严重腐蚀环境〔D 级〕作用下，二次衬砌混凝土标号 C45，抗渗等级 P8。水泥要求采用抗硫酸盐水泥〔宜采用 C2S 含量较高而水化热较低的硅酸盐水泥品种〕，最大水胶比为 0.4，每立方混凝土水泥最小用量 375kg 且不宜大于 450kg，C3 A 含量<5%，C3

S 含量<55%，水泥细度不超过 350m2/kg，游离氧化钙不超过 1.5%，混凝土总含碱量不超过 3.0kg/m3。并在混凝土中掺加不大于 12%的抗腐剂〔内掺法，等量代替水泥，试验确定掺量〕作为防护层。钢筋混凝土保护层厚度不得小于 55mm。抗腐剂可选用 JQ-H 高效防腐剂、YBQK 防腐剂、SA-100A 抗硫酸盐侵蚀防护剂、BDY 型混凝土抗硫酸盐类侵蚀防腐剂等，但所选防腐剂物理化学性能指标均需满足表 6-5 要求，同时须满足《混凝土抗硫酸盐类侵蚀防腐剂》〔JC/T1011-2006〕的相关要求。

表 2 抗硫酸盐类侵蚀防腐剂理化性能指标

| 项 目  |             |         | 指 标   |
|------|-------------|---------|-------|
| 化学成份 | 氧化镁（%）      |         | ≤5.0  |
|      | Cl 离子（%）    |         | ≤0.05 |
| 物理性能 | 比外表积(m²/kg) |         | ≥300  |
|      | 凝结时间        | 初凝（min） | ≥45   |
|      |             | 终凝（h）   | ≤10   |
|      | 抗压强度比（%）    | 7 天     | ≥90   |
|      |             | 28 天    | ≥100  |
|      | 膨胀率（%）      | 1 天     | ≥0.05 |
|      |             | 28 天    | ≤0.60 |
| 抗侵蚀性 | 抗侵蚀系数（K）    |         | ≥0.85 |
|      | 膨胀系数（E）     |         | ≤1.50 |

- (3) 防水板：改用全包防水，防水板全周封闭。
- (4) 根据实验段确定混凝土外表是否涂憎水涂料。
- (5) 设防段落需向非腐蚀性围岩延伸不小于 15m。
- (6) 所有临水混凝土均应按上述防护措施进行处理，包括排水沟(纵向边沟、中心排水沟) 等，尤其是具有强腐蚀性的地下水排放时流经的排水沟也需处理。

2.4 气候情况

隧址区属亚热带温暖湿润区，气温高、湿度大、雨量充分。廊道区多年平均气温 17.8℃，七月最高，一月最低，极端最高气温 41.1℃，极端最低气温-3.3℃。年平均降水量 1000~1200mm，最大日降雨量为 255.7mm，降雨集中在 5~9 月，占全年降水量的 65%以上。相对湿度多年平均值为 81%。据气象资料，公路廊道区冬季有雾、霜，一般雾日为 18~31 天，霜日 5~7 天，主要出现在 1~2 月份。

2.5 施工方案

表 3 施工进度方案表

| 序号 | 工程名称 | 施工起止日期 |            |            |    |
|----|------|--------|------------|------------|----|
|    |      | 时长（天）  | 开始日期       | 结束日期       | 备注 |
| 1  | 左洞施工 | 21     | 2016/12/7  | 2016/12/27 |    |
| 2  | 右洞施工 | 21     | 2016/12/27 | 2017/1/6   |    |

## 2.6 主要技术特点

根据膨胀岩的机理和作用特性，施工时以排水和控制围岩变形为重点，严格遵循“方案合理，措施有力；刚柔并举，宁强勿弱”的原那么。

1、方案合理，措施得力：在明确隧道掌子面前方岩体膨胀性指标的根底上，制定合理的施工方案，在合理方案的前提下，细化各施工步骤的技术措施，有效的控制围岩变形。

2、刚柔并举，宁强勿弱：在隧道开挖后，根据膨胀岩实际情况，选择适宜的支护方式，要一定程度上允许地应力适当释放，同时又必须遏制其过度释放而导致过大的围岩变形。因此，在支护方式上，一般采用先柔后刚、先让后顶、分层支护的方法。就支护强度而言，需要有足够的平安系数，防止在已支护洞段在极大的膨胀压力作用下造成支护的破坏。

3、快速支护，及时封闭成环是有效地控制膨胀岩变形的关键。针对膨胀岩初期变形大、开展速度快，稳定性受地下水影响大等特点，施工的关键在于各施工工序的连续性及紧凑性，特别是仰拱施工尽可能提前，以降低水对隧道底板的作用，同时支护形成环状受力。

## 2.7 人员准备

表 4 工程管理人员安排表

| 序号 | 工种名称  | 数量(人) | 职责          |
|----|-------|-------|-------------|
| 1  | 副经理   | 1     | 负责现场全面管理    |
| 2  | 工程总工  | 1     | 负责现场全面技术管理  |
| 3  | 技术负责人 | 2     | 负责现场技术管理    |
| 4  | 现场技术员 | 4     | 负责各工点现场技术管理 |
| 5  | 测量工程师 | 2     | 负责现场施工的监控量测 |
| 6  | 平安员   | 4     | 负责现场平安工作    |
| 7  | 合计    | 14    |             |

表 5 进场施工人员方案表

| 序号 | 职务及工种 | 人数  | 备注          |
|----|-------|-----|-------------|
| 1  | 队长    | 2   | 负责现场施工总指挥   |
| 2  | 领工员   | 4   | 负责现场施工协调    |
| 3  | 工班长   | 6   | 负责现场施工指导    |
| 4  | 开挖班   | 100 | 负责隧道石膏段开挖施工 |
| 5  | 二衬班   | 68  | 负责隧道石膏段二衬施工 |
| 6  | 辅助设施班 | 40  | 负责隧道石膏段辅助设施 |
| 7  | 电工班   | 4   | 负责电路搭设及维修   |

## 2.8 机械准备

表 6 进场机械设备方案表

| 序号 | 设备名称   | 规格型号      | 功率                   | 单位 | 数量 |
|----|--------|-----------|----------------------|----|----|
| 1  | 凿岩台车   | 自制        |                      | 台  | 2  |
| 2  | 凿岩机    | YT-28     | 2.4m <sup>3</sup> /h | 台  | 46 |
| 3  | 潜孔钻机   | 乌卡斯 30    | Φ100mm               | 台  | 6  |
| 4  | 风镐     | G-10A     |                      | 台  | 30 |
| 5  | 空压机    | 4L-22/7   | 132kW                | 台  | 10 |
| 6  | 挖掘机    | 小松 PC-120 | 114kW                | 台  | 6  |
| 7  | 装载机    | 厦工 XG951  | 155kW                | 台  | 4  |
| 8  | 侧卸装载机  | ZL50C     | 154kW                | 台  | 2  |
| 9  | 轴流风机   | BD-6-NO16 | 2×75kW               | 台  | 6  |
| 10 | 自卸汽车   | 东风        | 20t                  | 辆  | 8  |
| 11 | 整体模板台车 | 12m       |                      | 台  | 2  |
| 12 | 钢筋切断机  | 6-40mm    | 5.5 kW               | 台  | 2  |
| 13 | 交流电焊机  | JW-50     | 3.5 kW               | 台  | 2  |
| 14 | 作业台架   | 7.0m（自制）  |                      | 台  | 2  |
| 15 | 注浆机    | HJB-6     |                      | 台  | 3  |
| 16 | 射钉枪    |           |                      | 个  | 10 |

|    |          |          |       |   |   |
|----|----------|----------|-------|---|---|
| 17 | 自动爬行双缝焊机 | F-H500   |       | 台 | 8 |
| 18 | 吹风焊枪     |          |       | 个 | 8 |
| 19 | 插入式捣固棒   | Φ 50     |       | 个 | 8 |
| 20 | 插入式捣固棒   | Φ 30     |       | 个 | 8 |
| 21 | 平板振动器    | YZD-20-2 | 1.5Kw | 个 | 6 |

## 2.9 场地准备及材料准备

### 1、材料试验准备

开工前已完成材料试验及配合比设计，进场原材料检验合格，质量、数量满足施工要求。

### 2、施工场地

隧道施工队伍进场后，在隧道洞口附近建设配电房、空压机房、钢筋加工厂、砼拌合站、生活住房等，工程驻地建设标准按总承包部下发的标准化手册执行。

### 3、施工用电

隧道用电以架设专线接引至缙云山隧道进口左侧安装 2 台 800KVA 变压器、1 台 500KVA 变压器及一台 315KVA 变压器作为隧道施工用电，同时自备 1 台 300KW 发电机作为停电时备用电源。

### 4、施工用水

生产用水：在洞顶修筑蓄水池，从主线 K5+170 段右侧 420m 位置处天然泉水处取水，用水泵抽至隧道处使用，抽水管线沿村道布置，进洞 400m 内采用 Φ 80 无缝钢管供水至掌子面，在进洞 400m 之后调整为 Φ 57 无缝钢管。

生活用水：缙云山隧道右侧为度假区，多为闲置，隧道驻地直接租赁较近的房屋，生活用水方便。

### 5、施工排水

根据隧道涌水量预测，靠近洞口段及洞身段雨季涌水量较大。洞口地段排水为反坡排水，在隧道洞内设钢制的水泵站集水箱，采用污水泵将隧道内污水依次抽至洞口的三级沉淀池内，通过去污三级沉淀，污水净化达标后排入冒水湖排泄水渠。每月用挖掘机去除污水沉淀池与净化排污池污泥，并安排专人打捞漂浮物，防止沉淀污泥及漂浮物堵塞管道和污染周边自然水渠。

6、材料供给情况

水泥、钢筋、地材、柴油均选用统一招标确定的厂家，通过公路采用汽车运送到施工工点。混凝土采用商混，统一由驰旭拌合站供给。

三.施工工艺及施工方法

3.1 石膏地层抗膨胀变形总体措施

缙云山隧道嘉陵江组四段盐岩溶角砾岩底局部布有蜂窝状石膏层,厚约 11~16m 厚,石膏层由硬石膏吸水变成石膏过程中具有一定膨胀性,根据重庆地区经验,该层石膏属弱膨胀性岩体,膨胀力约 100~200Kpa。

表 7 弱膨胀岩段加强衬砌支护参数表

| 项 目      |          | 弱膨胀岩加强衬砌                            |
|----------|----------|-------------------------------------|
| 衬砌类型     |          | -                                   |
| 初期<br>支护 | C25 早强喷砼 | 26cm                                |
|          | Φ6.5 钢筋网 | @20×20cm (全周布置, 双层)                 |
|          | 系统锚杆     | C25 中空注浆锚杆@100×100cm, L=5.0m (全周布置) |
| 预留变形量    |          | 25cm                                |
| 二 次 衬 砌  |          | 70cmC30 防水钢筋砼                       |
| 仰 拱      |          | 70cmC30 防水钢筋砼                       |
| 辅助施工措施   |          | R51 自进式锚杆管棚或超前小导管                   |
| 初期支护加劲措施 |          | 全环 20b 工字钢@50cm                     |

膨胀围岩段设计以“加固围岩，改善洞形，先柔后刚，先放后抗、变形留够，底部加强”为原那么。设计处治对策主要有：

- (1) 施工时需加强监控量测，严格遵循“动态设计、信息化施工原那么”；
- (2) 增加预留变形量，设计暂考虑为 25cm，具体施工时需根据现场监测得到的围岩膨胀变形量调整确定；
- (3) 加强超前支护，采取 Φ42 小导管或 R51 自进式锚杆进行超前支护；
- (4) 加强初期支护，采用 20b 密排工字钢全周封闭支护，5m 长 Φ25 中空注浆锚杆全周布置，施工时根据现场监测情况，假设变形量较大引起初喷混凝土开裂，那么需沿喷层每隔 2~3m 布置一条 10~15cm 宽的环向变形缝；

(5) 二衬加强, 采取 70cm 厚钢筋混凝土结构。采用先柔后刚、先让后顶、分层支护的方法, 通过现场监控量测和试验来确定二次衬砌施作时间, 一般在围岩变形根本稳定, 变形速率小于  $0.2\sim0.5\text{mm/d}$  后施作二衬为宜。

(6) 施工要求:

① 初期喷锚支护要及时、密贴、柔性。开挖后迅速封闭围岩, 防止围岩变形过大而松弛、坍塌, 阻止水汽浸入岩体, 减少围岩风化、吸水软化和膨胀。

② 施工中必须现场试验、量测确定预留变形量和二衬施作时间。假设果围岩变形不充分, 后期衬砌可能被压坏, 施作过早, 那么变形过大, 围岩松弛, 造成坍方。

④ 施工中应尽量减少对围岩的扰动。宜采用无爆破掘进法。施工期间应及时封闭仰拱, 施作初期支护、二次衬砌应尽早成环。

⑤ 加强隧道排水。水是膨胀围岩隧道产生病害的主要根源, 施工中须以防止水的浸湿为原那么同时防止水流浸泡基底, 以控制边墙变形和底鼓现象; 假设施工过程中出现严重底鼓现象, 可采用长锚杆加固底部围岩, 尤其是拱脚位置, 松散破碎围岩可注浆加固。此外, 可根据现场情况, 在仰拱初支底部铺设粉煤灰垫层, 能有效抑制围岩吸水后膨胀。施工中切实做好隧道防水和排水工作, 特别要防止施工用水和水汽进入岩体, 在围岩水源处增设渗水盲沟或渗透注浆、帷幕注浆防水。

⑥ 弱膨胀岩衬砌考虑了施工过程中初期支护较大的预留变形量, 二次衬砌结构考虑了承受一定的膨胀力。具体设置段落需在施工过程中根据揭示的地质情况确定, 以下预设计的弱膨胀岩衬砌段落根据地勘报告确定, 与实际情况可能有一定差异。

### **3.2 石膏膨胀段具体施工方法**

#### **3.2.1 隧道开挖**

石膏膨胀岩段隧道的开挖以最大限度地减轻对围岩的扰动为原那么, 根据围岩情况, 一般选用机械开挖或钻爆法开挖, 开挖遵循少分部、短进尺、多循环的原那么。开挖断面应圆顺, 隧道周边宜采用风镐开挖, 中间局部可用钻爆法开挖。膨胀岩地段开挖后, 应及时封闭暴露的岩体。根据围岩状况、隧道设计断面大小和隧道设计图纸要求, 石膏膨胀岩段隧道采用 CD 法开挖。

CD 法开挖也叫中隔壁法, 其开挖及初期支护

施工工序原那么为：先超前支护，后开挖并及时初期支护，开挖由上而下，衬砌由下而上的原那么。开挖后立即进行喷射混凝土施工，然后打锚杆、架立钢架、复喷至设计厚度。采用 CD 法开挖时，上下台阶距离 2~5m，左右导坑距离 10~20m。CD 法开挖具体施工工序、工艺流程如以下图所示。

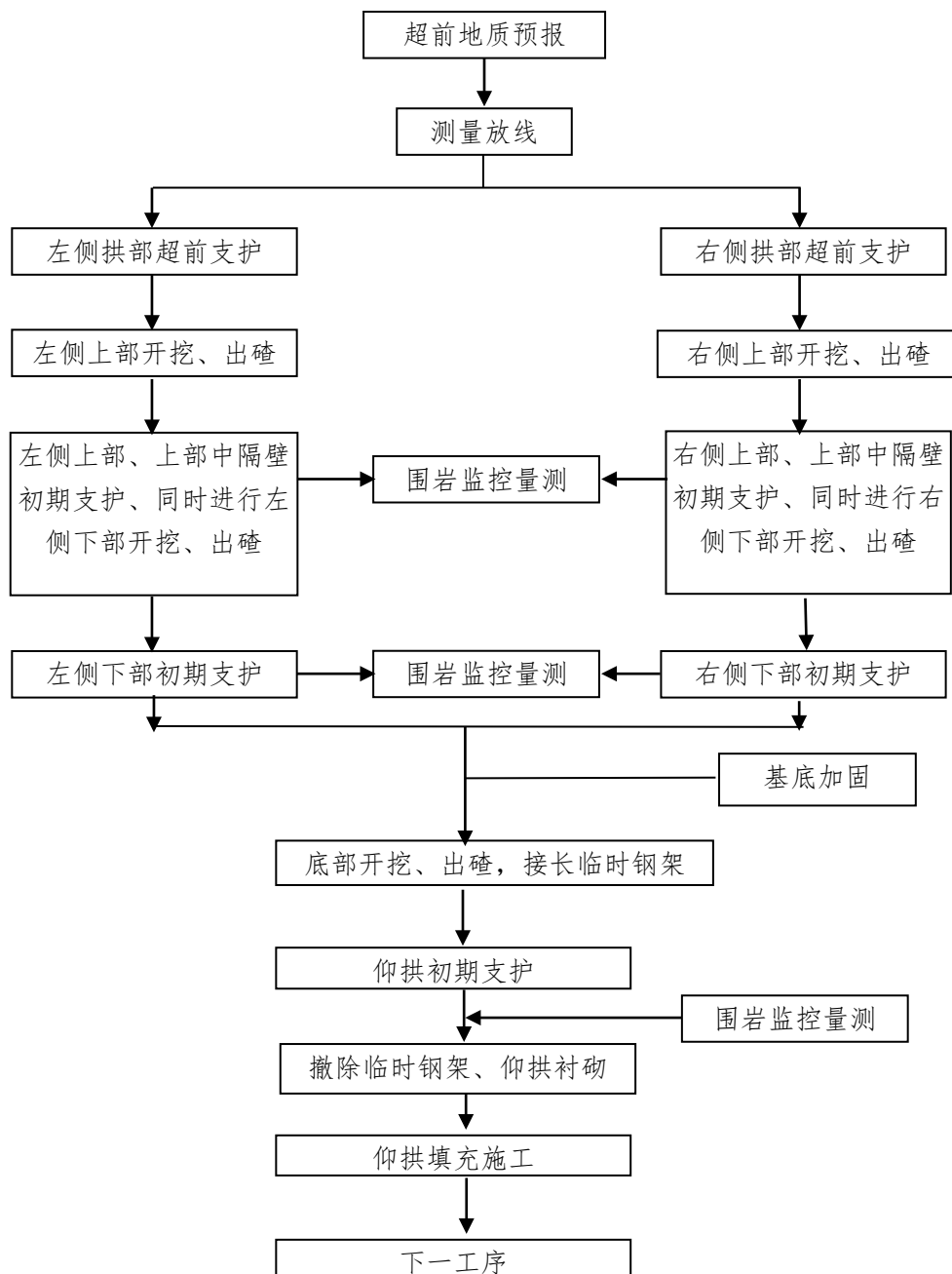


图 1 CD 法施工工艺流程图

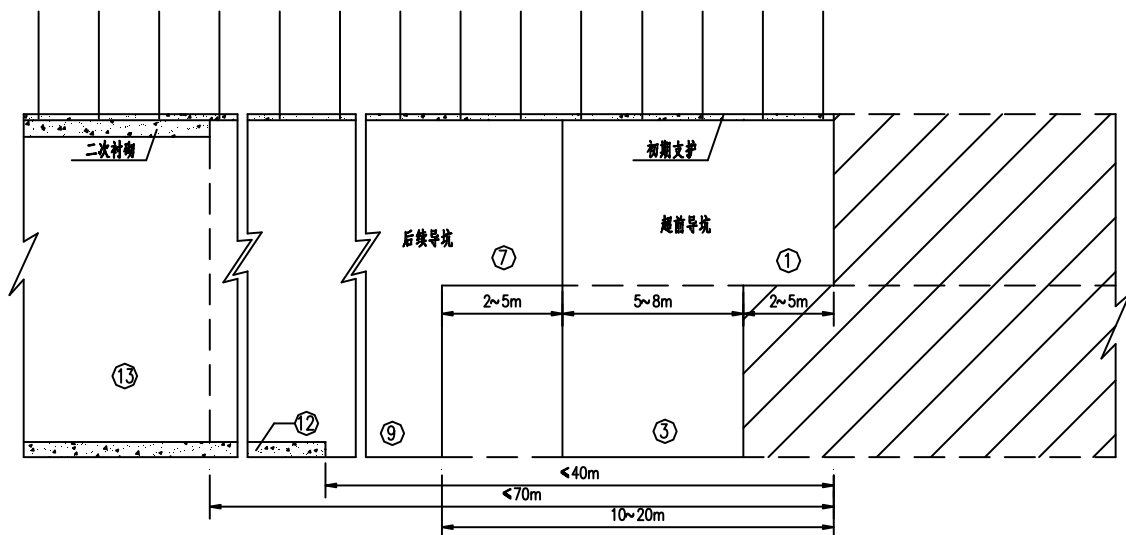


图 2 CD 法施工工序平面示意图

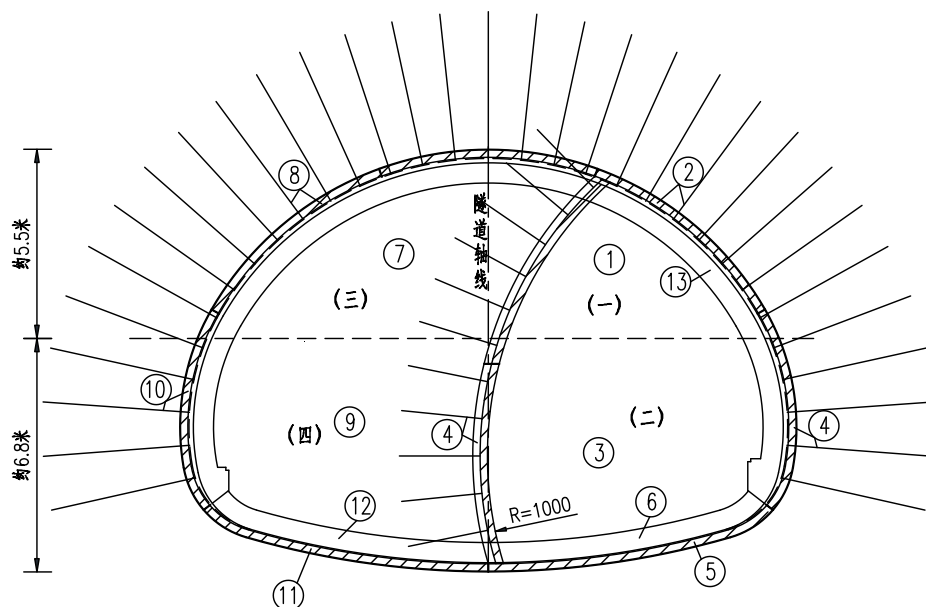


图 3 CD 法施工工序立面示意图

### 1、施工步骤说明

(1) 中夹岩侧导坑上台阶开挖。

(2) 中夹岩侧导坑上台阶初期（临时）支护，安装 I20 型钢钢架和 I18 临时钢架，并设锁脚锚杆。

(3) 在滞后于中夹岩侧导坑上台阶开挖 2~5m 后，机械开挖中夹岩侧导坑下台阶，人工配合整修。

(4) 中夹岩侧导坑下台阶初期（临时）支护，接长 I20

型钢钢架和 I18 临时钢架，安装锁脚锚杆。

〔5〕中夹岩侧导坑仰拱初期支护，导坑钢架形成封闭圈。

〔6〕中夹岩侧导坑仰拱浇筑。

〔7〕在滞后于中夹岩侧导坑下台阶开挖 5~8m 后，机械开挖另侧上台阶，人工配合整修。

〔8〕中夹岩另侧导坑上台阶初期〔临时〕支护，安装 I20 型钢钢架和 I18 临时钢架，并设锁脚锚杆。

〔9〕在滞后于另侧上台阶开挖 2~5m 后，机械开挖另侧下台阶，人工配合整修。

〔10〕中夹岩另侧导坑下台阶初期〔临时〕支护，安装 I20 型钢钢架和 I18 临时钢架，并设锁脚锚杆。

〔11〕中夹岩另侧导坑仰拱初期支护，隧道全周钢架形成封闭圈。

〔12〕中夹岩另侧导坑仰拱浇筑。

〔13〕拱墙混凝土全周浇筑。

## 2、CD 法施工要求

〔1〕隧道施工应坚持“弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”的原那么。

〔2〕开挖方式均采用弱爆破或人工开挖。爆破时严格控制炮眼深度及装药量。

〔3〕主体结构初期支护钢架应根据工法的设置情况对其分节进行适当调整。

〔4〕锁脚小导管可根据需要设置，以确保下台阶施工的平安。

〔5〕第三部台阶开挖后仰拱应紧跟。

〔6〕右部导洞开挖，应滞后于左部导洞，距离不小于 10m 为宜。

〔7〕施工中，应按有关标准及标准图的要求，进行监控量测，及时反应结果，分析洞身结构的稳定，为支护参数的调整、浇筑二次衬砌的时机提供依据。

〔8〕上导坑①、⑦部的开挖循环进尺控制为 1 榀钢架间距（0.5m），下导坑③、⑨部的开挖可依据地质情况适当加大。

〔9〕导坑开挖孔径及台阶高度可根据施工机具、人员等安排进行适当调整。

〔10〕钢架之间纵向连接钢筋应及时施作并连接牢固。

### 3.2.2 初期支护要点

采用锚喷支护能有效的控制围岩变形及应力释放，防止较大的膨胀压力作用在二次衬砌刚性支护上，产生巨大的破坏作用。

膨胀岩隧道的辅助施工措施：超前小导管预注浆支护，初期支护为锚杆、钢筋网、喷射混凝土，锚杆、钢筋网全环设置。全环工 20b 工字钢作为初期支护的加劲措施，其纵向间距为 0.5m，二次衬砌为模筑混凝土，二次衬砌应在变形稳定后施作。

#### 1、超前小导管施工

超前小导管采用外径 42mm，壁厚 4mm 热轧无缝钢管加工制成，导管长 4.5m，前端加工成锥形，尾部焊接  $\Phi 6\text{mm}$  钢筋箍加劲，管壁四周钻 4 排  $\Phi 6\text{mm}$  注浆孔，施工时钢管沿隧道开挖外轮廓线周边以  $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$  的外插角打入岩层中，小导管环向间距为 40cm。两排超前小导管纵向应有不小于 1.0m 的搭接长度。

1) 小导管施工工艺及质量控制流程图及超前支护小导管施工断面图如下所示：

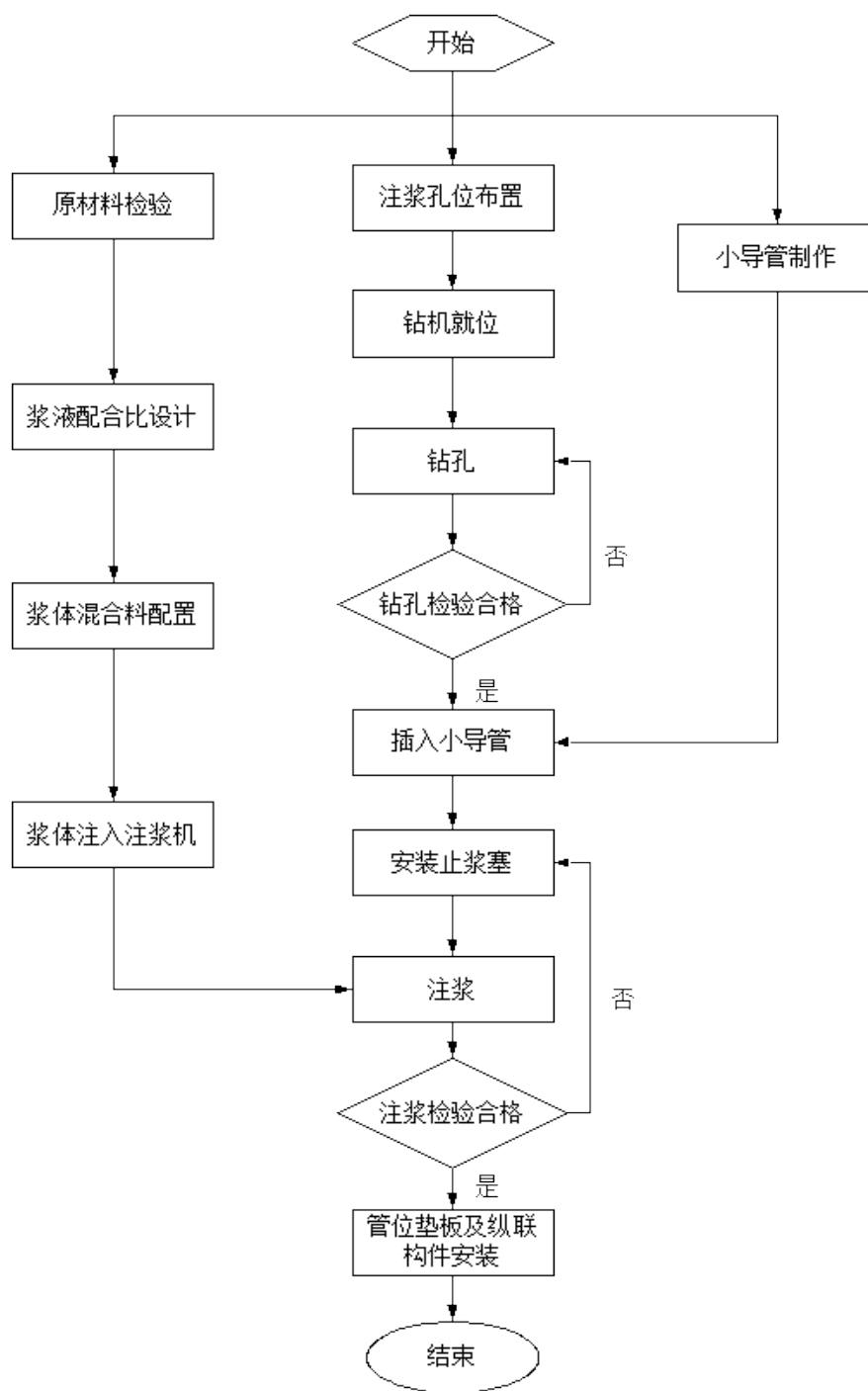


图 4 小导管施工工艺及质量控制流程图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/976125131020011030>