

重庆渝蓉高速公路隧道涂装工程



施工图设计

第一册 共二册

華設設計集團股份有限公司

二〇二五年一月



重庆渝蓉高速公路隧道涂装工程

施工图设计

第一册 共二册

★ 第一册 隧道

项 目 负 责 人		技 术 负 责 人	
所 长		副 总 裁	
主管副总工程师		总 裁	
编 制 单 位	华 设 设 计 集 团 股 份 有 限 公 司		
证 书 编 号	甲 级 A132003518		
编 制 日 期	二〇二五年一月		

未盖文件专用章为非正式文件

图 纸 目 录

[illegible][illegible]

1 项目概况

1.1 任务来源

渝蓉高速重庆段，主要有 4 座隧道：缙云山隧道、巴岳山隧道、巴岳山隧道及九顶山隧道，依据《关于开展 2023 年度渝蓉高速桥梁、涵洞及隧道维修加固设计的委托书》的内容，受重庆渝蓉高速公路有限公司委托，本次华设设计集团股份有限公司承担渝蓉高速巴岳山隧道涂装工程设计。

表1 隧道信息表

序号	隧道名称	桩号	隧道类型	长度(m)	隧道形式	备注
1	巴岳山隧道	ZK32+065~ZK35+335	特长隧道	3270	分离式	成都往重庆方向
		YK32+066.150~YK35+368.150	特长隧道	3302	分离式	重庆往成都方向



图 1 巴岳山隧道左洞K0+216装饰涂层起层、剥落



图 3 巴岳山隧道右洞K1+641装饰涂层起层、剥落



图 2 巴岳山隧道左洞K0+571装饰涂层起层、剥落



图 4 巴岳山隧道右洞K1+665装饰涂层起层、剥落

2 设计依据

本维修设计依据以下合同和文件编制：

- (1) 设计委托书；
- (2) 业主提供的隧道竣工图；
- (3) 《重庆渝蓉高速公路有限公司 2021 年-2025 年定期检查与经常性检查、设计服务项目二标段 2023 年隧道定期检查评定报告》(华设设计集团股份有限公司工程质量检测中心)2023 年 5 月。

3 设计规范

- (1) 《公路隧道设计规范第一册土建工程》(JTG3370.1-2018)；
- (2) 《公路隧道设计细则》(JTG/TD70-2010)；
- (3) 《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020)；
- (4) 《公路隧道养护技术规范》(JTGH12-2015)；
- (5) 《公路隧道施工技术规范》(JTJ F60-2009)；
- (6) 《高速公路养护工程质量检验评定标准》(CQJTG/T A02-2017)；
- (7) 《公路隧道加固技术规范》(JTG/T5540-2018)；
- (8) 《公路养护安全作业规程》(JTGH30-2015)；
- (9) 《公路养护工程质量检验评定标准》(JTG5220-2020)；
- (10) 《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80/1-2017)；
- (11) 《公路隧道内装漫反射材料应用技术规程》(T/CECS G:D76-01-2023)；
- (12) 陕西省地方标准 DB61/T 1036-2016；
- (13) 渝蓉高速公路竣工相关资料；
- (14) 其他相关规范或标准。

4 隧道主要技术标准

- (1) 公路等级：双向六车道高速公路；
- (2) 隧道设计速度：120km/h；
- (3) 隧道建筑限界：宽 15.25m(1.0+0.75+3×3.75+1.25+1.0)，高 5.0m；
- (4) 隧道路面横坡：单向坡 2%(直线段)，超高不大于：±2%。

5 隧道原设计概况

5.1 巴岳山隧道概况

1、地理位置、地形地貌

隧道横穿西山背斜形成的背斜山，整个背斜山呈“一槽两岭”的地貌景观。背斜核部(K33+200-K34+250)由嘉陵江组碳酸盐岩组成槽谷低矮地形，槽谷宽约 1.05km，呈“单槽特征”，走向 39°，与线路近于垂直，标高一般在 400m-420m。槽谷东侧斜坡(K33+200-K33+750)坡向 309 °，坡角 20-45 °；西侧斜坡(K33+750-K34+250)坡向 120°，坡角 25-45°。背斜两翼(K32+070-K33+200、K34+250-K35+300)由须家河组碎屑岩构造“屏障式”列峰山岭斜坡，标高一般在 348-560m，最高点位于 K33+100 山脊顶，标高 585.40m。

2、气象、水文

隧址区属亚热带温湿气候区，湿度大，冬冷夏热，降雨丰富，夏季多暴雨，据大足县气象局资料：年平均气温 18.24℃，另平均气温.最高 36℃、最低 5.4℃，极端最高温度 41.70℃、极端最低温度-3.5℃，一年中最热为 7、8 、9 三个月，最冷为 1 月；年平均相对湿度 79.9%，月平均相对湿度最大 92%、最小 64.3%；年平均降水量 1094.88mm，降水多集中在 5-9 月，占全年总降水量的 64.6%，月最大 降水量 321.3mm、最小降水量 2.4mm，2005 年 8 月 3 日钢梁日最大降雨量 220.4mm；年平均风速 1.11m/s。

隧址区地表水系均属嘉陵江水系，多呈树枝状，次有羽毛状，横断面多呈深峡之“V”、“U”字形，坡降较大，水流湍急，阶地不发育的特点。在隧道洞身岩溶槽谷内发育一条由南向北流的小水沟，在兴隆场处转向西流，最终流入跳墩河；在隧道洞身(K33+750)以北 2.0-3. 15km 段有一水库，取名为通天河，水库面积 43200 m²，水深 3.0m，水库容量 129600m3，处于隧道疏干影响范围内，对隧道影响大。

3、地质构造

隧址区区域构造为新华夏系四川沉降带川东褶皱带西缘，华蓥山穹褶皱束的西 南延伸部分，总体为宽缓向斜与较紧密背斜相间分布的格挡式构造格局。隧道横 穿西山背斜，该背斜北起于铜梁县东南四公里，南止于成渝铁路上的长河碛，南 北端均倾没消失于红色地层之中， 全长约 52km，宽 4-5km；背斜内出露的最老地 层为三叠系嘉陵江组石灰岩，两翼依次为三叠系须家河组，侏罗系自流井组、沙 溪庙组地层组成。地层走向为 N20° E-N50° E，有较大的变化，背斜轴走向也有

变化，使背斜南段略呈“弓”形弯曲。

隧址区内背斜南东翼岩层倾向 129° - 148°，倾角 20° -55°；北西翼岩层倾 向 300-302°，倾角 30° -56°，隧址区由须家河组碎屑岩、三叠系嘉陵江组四段 盐溶角砾岩夹白云质灰岩和三段灰岩组成，中风化岩体较完整，隧道区内未见大 的断裂构造。

洞身段主要发育三组裂隙：①、 179~190° ∠45~85°，裂面平直，粗糙， 微张， 无充填， 延伸 1~2m，发育间距 0.8~1.5m，结合程度一般； ②、95~100° ∠45~85°，裂面较平直，闭合，无充填，延伸 2~4m，发育间距 1~2m，结合 程度一般；③、 50° ∠83°，裂面较平直，无充填，微张，延伸 1~3m，发育问 距 1.5~3.0m，结合程度一般。

4、地层岩性

据地质调绘及钻孔揭露，隧址区分布地层主要为第四系填土层、残坡积层、 三叠系上统须家河组和下统嘉陵江组，经调查核实隧址区雷口坡组缺失，各层岩 性由新至老分述如下：

(1)第四系

填土层(Q₄^{ml})：杂填土，褐黑色，主要由煤渣、砖块、碎块石、粉质粘土等组成回以煤渣为主。结构稍密，稍湿。土石比 3：7，堆填时间 5~10 年，厚 0.5~3.10m，主要分布在隧道出口外(K35+356-K35+425)斜坡底部冲沟内。

残坡积层(Q₄^{el+dl})：主要以粉质粘土为主，夹少量角砾、碎石、块石，呈黄褐色、黄灰色，厚度一般较小，0~5.0m，分布在槽谷底部(K33+700-K33+937) 及隧道进口(K32+065-K32+087)斜坡上。

(2)三叠系上统须家河组(T_{3xj})

为区内含煤岩系，岩性为黑灰色页岩、砂质页岩与灰色砂岩，按沉积旋回及岩性组合特征，分为上、下两个亚组及六个岩性段。上亚组：由两套砂岩夹一套 煤系组成，与下亚组间具明显冲刷面；下亚组为两套黑灰色页岩夹一套灰色砂岩 组成，下部页岩厚度变化极大。在西山背斜两翼出露，厚度 400-600m，与下伏地层呈平行不整合接触，分布于背斜两翼。

(3)三叠系下统嘉陵江组(T_{1j})

为浅灰色灰岩、白云岩、白云质灰岩，夹页岩及盐溶角砾岩构成多个沉积旋 回，按岩性分四段。在西山背斜轴部槽谷一带(K33+200-K34+250)出露，隧道洞身段开挖只揭露该地层的第三段和第四段。

嘉陵江组四段(T_{1j}⁴)：下部为灰色中~薄层状灰岩，中部为浅灰色厚层状白云质灰岩上部为厚层块状灰岩、盐溶角砾岩夹白云质灰岩。厚 40~80m。

嘉陵江组三段(T_{1j}³)：为灰、浅灰色，薄~中层状灰岩夹少许白云质灰岩，层厚 180~260m。

5.2 隧道建筑限界与内轮廓

- 1、隧道主洞
- 建筑限界宽 15.25m，高 5.0m，隧道衬砌内轮廓拟定为三心圆曲墙结构，隧道内轮廓拱顶净高 8.20m，净宽 16.24m，内净空面积 108.35 m²，同时还考虑了通风照明、消防、交通工程等营运管理设施所需空间。
- 2、紧急停车带段
- 紧急停车带衬砌内轮廓拟定：结合停车带加宽宽度、主洞衬砌内轮廓形式确定，拟定为与主洞相似的三心圆曲边墙结构，拱部大圆半径 R1=1018.4m，边墙小圆半径也 R2=6.4m。紧急停车带内轮廓净宽 18.49m，净高 8.716m，内净空面积 130.83 m²。

6 隧道涂层设计

6.1 隧道涂层设计原则

- (1) 公路隧道内壁涂层设计应满足安全性、节能性、舒畅性和经济性要求。
- (2) 涂覆于隧道表面的涂层，应无空鼓、剥落和满足涂层施工的平整度要求。
- (3) 涂层总体厚度不应低于 150 μm，不宜大于 300 μm。其中底层不宜低于 120 μm， 面层不宜低于 30 μm。
- (4) 根据经济性原则，隧道内壁涂层可在检修道以上 30cm 起开始涂装。
- (5) 公路隧道内壁涂层的设计使用年限应不低于 5 年。

6.2 隧道涂层设计内容

- 本次隧道涂层设计内容为巴岳山隧道两侧边墙涂装工程设计。设计内容为：
- 1、隧道入口 90 米内和隧道出口 90 米内全断面涂装，其余区段在隧道壁沿检修道上 3 米高度范围内涂装，颜色为珍珠白。
- 2、在隧道入口 90 米内和隧道出口 90 米内，在隧道壁沿检修道上 3 米高度设置绿色腰线，绿色腰线宽 30cm。在整个隧道沿检修道开始 30cm 内设置灰色踢脚线，灰色踢脚线宽 30cm。在消防设备箱周围，涂装红色边框，边框宽度 30cm。
- 3、在涂装范围内的其他设备箱周围，涂装橙黄色边框，边框宽度 30cm。

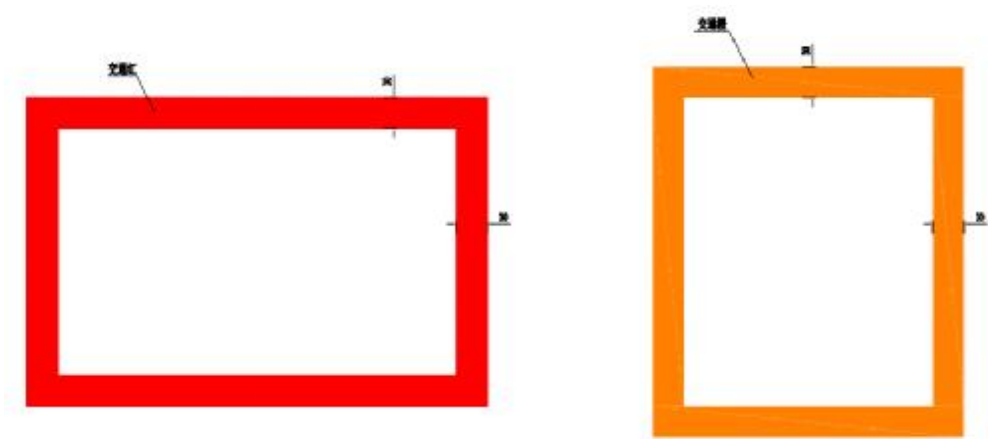


图 5 公路隧道消防设备及其他设备视线诱导设计

- 4、在隧道车行横通道口和人行横通道口涂装橙黄色边框，边框宽度 50cm。

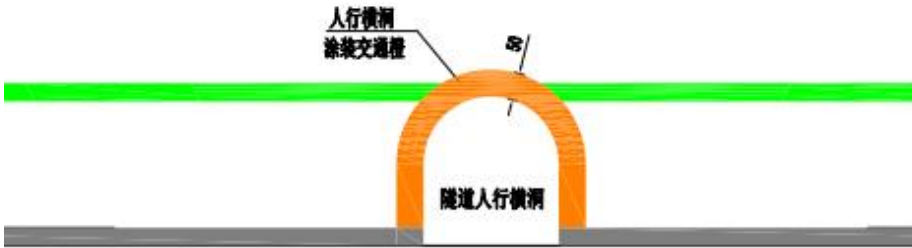


图 6 公路隧道人行横通道设计

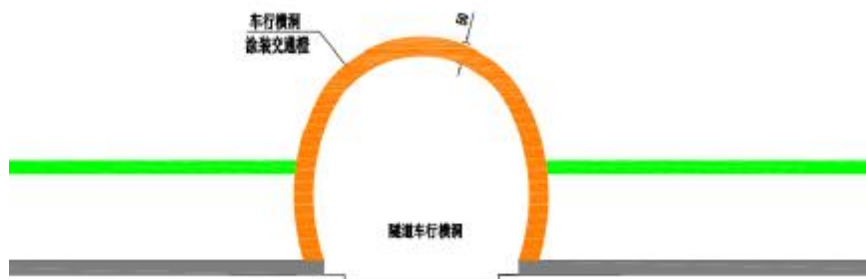


图 7 公路隧道车行横通道设计

- 5、底层两道（干膜总厚度 50 μm）+面层两道（干膜总厚度 80 μm）。
- 6、涂层体系设计

表2 腐蚀环境C3级下涂料配套体系

涂层体系编号	底漆		后道涂层	涂层体系	防腐蚀寿命
	漆基类型	干膜厚度 um	漆基类型	干膜厚度 um	

01	丙烯酸类，氯化乙烯聚合物类，氯化橡胶类	40	丙烯酸类，氯化乙烯聚合物类，氯化橡胶类	160	中
02	丙烯酸类，氯化乙烯聚合物类，氯化橡胶类	40	丙烯酸类，氯化乙烯聚合物类，氯化橡胶类	200	高
03	环氧类	40	环氧类，聚氨酯（脂肪族或芳香族类）	120	低
04	环氧类	40	环氧类，聚氨酯（脂肪族或芳香族类）	160	中
05	环氧类	40	环氧类，聚氨酯（脂肪族或芳香族类）	200	高

本次涂层体系设计参照《陕西省地方标准 DB61/T 1036-2016》，本次采用材料为环氧磁漆涂料，防腐蚀寿命低，因此采用涂层体系编号 03。本次设计厚度不低于规范厚度值。

8、涂装方案详见下表

表 3 涂装方案表

序号	部位	方案	备注
1	进出口段	底层（底层两道,干膜总厚度 50 μm）	全断面涂装，进口90m，出口90m
		珍珠白面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	
		绿色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	腰线，设置高度 3m，宽度 30cm
		灰色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	踢脚线，电缆沟上方，宽度 30cm
2	中间段	底层（底层两道,干膜总厚度 50 μm）	全断面涂装
		珍珠白面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	
		灰色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	踢脚线，电缆沟上方，宽度 30cm
3	横通道	橙黄色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	边框宽度50cm
4	消防洞室	红色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	边框宽度30cm
5	其它洞室	橙黄色面层（面层两道,干膜总厚度 80 μm）	边框宽度30cm

9、涂装材料选择

目前国内隧道涂装材料常见的有丙烯酸涂料、环氧磁漆涂料、多功能涂料(不蓄能发光)和多功能蓄能发光涂料，材料对比见下表。综合造价等因素，推荐采用渗透型环氧封闭清漆（底层）+环氧磁漆涂料（面层）。

表 4 涂装材料对比表

序号	涂料名称	表面特征	是否易清洗	颜色	综合单价 (元/m²)
1	丙烯酸涂料	不耐灰，不耐污	难清洗	多色可选	20
2	环氧磁漆涂料	较耐灰，较耐污	易清洗	多色可选	50

3	多功能涂料（不蓄能发光）	非常难粘污	极易清洗	多色可选	55
4	多功能蓄能发光涂料	非常难粘污	极易清洗	多色可选	120

10. 材料的性能指标要求

隧道涂料的主要性能指标包括涂层厚度、附着力、耐水性、颜色等。

- （1）外观：表面色调均匀一致，漆膜平整；
- （2）不挥发物含量：≥70%；
- （3）干燥时间：表干≤10h，实干≤24h；
- （4）柔韧性：≤2mm；
- （5）附着力：《色漆和清漆划格试验》GB/T 9286≤1级；
- （6）耐冲击性：≥40cm；
- （7）耐酸性（5% H₂SO₄）:720h 漆膜不起泡，不开裂，不脱落；
- （8）耐碱性（5% NaOH）:720h 漆膜不起泡，不开裂，不脱落；
- （9）耐盐性（3% NaCl）:720h 漆膜不起泡，不开裂，不脱落；
- （10）涂层耐温变性 5 次循环：无异常；
- （11）涂层耐洗刷次数不应低于 10000 次；
- （12）耐人工加速老化[人工辐射暴露（滤过氙弧辐射）]: 1000h 不起泡，不生锈，不开裂，不脱落。粉化，变色，失光均为 1 级；
- （13）大交通量高速公路隧道内壁涂层应满足半年内耐污性不大于 10%；
- （14）涂层材料环保性要求：放射性能内照射指数≤1.0；外照射指数≤1.3；挥发性有机化合物含量 VOC(g/L)≤50；涂装材料中苯、甲苯、乙苯、二甲苯、甲醛总和不高于 10mg/kg，铅、镉、铬、汞、砷等含量均低于 10mg/kg；
- （15）涂层材料耐候性要求:抗细菌性能满足《抗菌涂料》（HG/T 3950）Ⅰ级，抗霉菌性能满足《抗菌涂料》（HG/T 3950）Ⅰ级；
- （16）公路隧道内壁涂层的设计使用年限不低于 5 年；
- （17）反射率：白色和浅色系涂层初始反射率应不低于 0.7，阈值增量 TI（%）最大初始值应不大于 15；
- （18）涂层材料不燃性等级应不低于《建筑材料及制品燃烧性能分级》（GB 8624）中的 A2 级

规定；

- （19）涂层应满足良好的连续表层外观，无缩孔和开裂现象；
- （20）涂层表面应具备良好的防静电性能，表面电阻不应高于 $10^{10}\Omega$ ；
- （21）涂层应具备良好的易清洗性，采用清水或简单洗涤工具清洗实现 85%以上清洗率效果。

6.3 隧道涂层施工

涂层施工前隧道基层衬砌应符合《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）的规定。

- （1）制定对应的施工组织方案，合理安排施工工序，工序交叉应满足每道工序的涂层表干时间要求。
- （2）根据隧道内壁基层类型和要求制定不同的施工方案，有衬砌开裂、渗漏水等病害的隧道应做好病害整治后再开展涂层施工。
- （3）采用高压水对基面进行冲洗，去除浮尘，泥浆等杂物。对存有油污和油性脱模剂的局部表面应采用专用（或调制）去脂剂进行去污处理，然后采用清水冲洗。保证涂料与基面的附着。
- （4）拱顶用登高车上高压水进行基面冲洗、去除浮尘、泥浆等杂物。对存在油污和油性脱模剂的局部表面采用专用（或调剂去脂剂进行去污处理，采用清水冲洗→打磨→再冲洗，保证涂料附着力。
- （5）涂层施工应遵循自上而下的原则，避免流挂、滴落或污染。
- （6）涂层施工现场温度宜在 5℃~35℃，当现场温度低于 5℃时，应选择具备防冻功能的涂料。
- （7）涂层施工空气相对湿度宜为 15%~60%，当相对湿度超过 80%时，应停止施工。
- （8）施工前应对可能被污染的部位、设备和元器件做好防护，涂层施工全过程中应避免被保护部位被污染或损坏。

（9）涂层施工前应检查材料的合格证书、性能检测报告，当相关证明材料缺失或不一致时，应进行补充及核对。

- （10）涂层施工前应进行现场材料取样检测，检测结果符合设计要求。
- （11）处理好的混凝土基面应尽快涂覆封闭，停留时间最长不宜超过一周。
- （12）涂层施工采用高压无气喷涂方式，喷枪压力宜控制在 0.4~0.8MPa 范围内。
- （13）涂层施工应满足设计要求的厚度要求，并做好检查记录。

6.4 隧道涂层施工流程

（1）涂层施工应按照基层处理、喷涂界面剂（水性抗剪封闭底漆）、防水腻子层施工、底层

施工、面层施工和现场清洁的工序进行。

- （2）下一道工序应在上一道工序膜系表面表干后进行施工。
- （3）界面剂喷涂应均匀，无漏喷，涂面干燥并确认完全封闭基面后，方可进行下一道工序。
- （4）防水腻子层施工符合以下要求：

①涂装基层局部不平整区域可通过刮涂腻子进行找平，涂刮 2 道，厚度宜为 1~2mm；②喷涂第一层腻子，应保证表面均匀、无漏喷，2 小时以上待表面干透后再进行下一道工序；③刮批第二层腻子，保证表面均匀、平整度高，通过测试表面平整度、盖色均匀度、是否有瑕疵来进行判定。宜 1-2 天待表面干透后再进行下一道工序；④对局部不平整或色泽不均匀区域进行修补腻子。表面均匀、平整度高，通过表面平整度、盖色均匀度、是否有瑕疵来进行判定。宜 1 天以上待表面干透后再进行下一道工序。

- （5）对腻子层表面进行打磨，保证表面均匀、平整度高、光洁度属性一致。
- （6）底层施工前，根据涂装设计范围，采用挡板挡住不需喷涂部分。
- （7）底层施工时，将涂料搅拌均匀并喷涂于基层表面，表面颜色应均匀、平整度高，不同色号区域内无串色、无着色污染等明显瑕疵。

（8）当发现漏涂、流挂等情况时，应及时进行修复处理。

（9）每道工序完成，宜进行自检，自检合格后经监理或建设管理单位检查合格记录后，才能进行下道工序施工。

（10）涂层全部施工完毕后应进行现场清洁，材料、垃圾等应按要求处理，因施工造成路面、植被、设备和元件等污染或损坏，应及时进行修复。

6.5 隧道涂层基层处理

（1）公路隧道不同基层类型采用下表进行处理

表5 不同类型基层建议处理方法	
基层类型	施工处理方法
砂浆、混凝土基层	除去浮浆和附着的杂质，采用清洁剂清洗油脂及因涂刷隔离剂而留下的油污，采用高压水冲洗或扫帚、毛刷清理尘土、粉尘等。将起壳部位铲除后重新抹面，测试墙体的 PH 值。若 PH>10 又急需施工时，用 5%盐酸冲洗 2~3 次，再用水冲少数次，待干燥后除去粉末和浮粒，再检查 PH 值直至符合材料施工要求。
旧涂层	疏松的涂层应予清除，附着牢固的涂层可用少量水将局部润湿，一定时间后观察如果松软，应尽量铲掉，露出原来的基层；涂层润湿后不起泡，用砂纸打磨平整起砂毛即可。

- （2）公路隧道基层平整处理符合以下要求：
- ①对于施工缝错台较大部分采用凿平方式处理，再打磨平整，错台较小部分可直接打磨平整；
- ②对于表面的小撮混凝土可铲掉后，再打磨平整；
- ③对于表面的小块凸起油污等附着物，可将油污清除后，采用高压水枪对表面进行全面清洗；
- ④对处理后的表面用粘度较高的腻子进行平整度处理，并打磨平整；
- ⑤对于有错台的基层可采用砂浆挂网的工艺修补平整，表面干燥后，将表面打磨平整，并结合腻子补平工艺。
- ⑥除隧道衬砌因素外，相邻 20cm 范围内基层表面高度差宜不超过 2mm 或设计要求。
- （3）隧道内壁基层裂缝或渗漏水修补处理应符合以下要求：
- ①对于缝宽在 2mm 以内的微小裂缝，可后续找平过程中，直接用水泥砂浆填补；
- ②对于缝宽 2-5mm 的裂缝，可先清除缝中的杂物及尘土，再在缝内干燥状态下，填入水泥砂浆，填入深度约为缝深的 2/3，最后将溢出缝外的水泥砂浆清除并找平；
- ③对于缝宽 5-10mm 的裂缝，可先除去已松动的裂缝边缘，保证裂缝边缘无松动表层，再在缝内干燥状态下，填入水泥砂浆，填入深度约为缝深的 2/3，将溢出缝外的水泥砂浆清除，并在裂缝表面贴上抗裂贴。
- ④对于缝宽>10mm 的裂缝或正在渗漏水的裂缝，应进行二期处理，前期先开展病害整治，在病害整治完成后再进行涂层施工。
- （4）基层处理后表面应结实、平整、清洁和干燥，无油污、无浮尘、无麻面及无松散空鼓现象，含水率可采用便携式测试仪按产品要求进行检测，且不宜大于 10%。

6.6 隧道涂层质量控制

- （1）涂层质量控制包括涂层材料质量控制、涂层施工过程质量控制和涂层施工后的质量检测控制。
- （2）涂层质量控制由监理、建设管理单位或委托具有专业资质的第三方机构完成。
- （3）涂层施工过程中应对每个施工工序进行质量控制，并做好记录。
- （4）涂层施工后可按抽检的方式进行涂层质量现场检测，检验合格率应不低于 95%。
- （5）质量检查结束后，将检验数据进行收集整理并归档。
- （6）检测要求：①相同条件下同批次施工的隧道内壁涂层，应按每 500 m²划分为一个检验批；不足 500 m²的可直接划分为一个检验批。②每个检验批的抽样率不应低于 10%，即每 500 m²至少抽

查一处，每处不小于 10 m²。不足 100 m²的，至少检验一处。

- （7）涂层质量现场检测项目和要求应满足下表。

表6 涂层质量现场检测要求				
序 号	项目	验收要求	验收方法	检测要求
1	外观	涂层闭合，无明显色差、露底、漏涂、起 皮、空鼓、脱层、掉粉、流坠、乳突和蜂窝麻面等现象	目测法及手触法	必测
2	反射率	≥0.7	反射率测定仪进行检测	必测
3	厚度	应均匀，平均厚度满足设计要求，允许偏差：底层厚度±10 μ m、面层厚度±10 μ m	重量分析法	必测
4	腰线	应符合设计高度，平直顺滑，无明显折线	目测法或采用卷尺和水准仪检测	必测
5	附着力	涂层与基层及各层间应粘结牢靠，附着力应满足设计要求	划格法	选测
6	耐污性	满足半年内耐污性不大于 10%	/	选测
7	平整度	无明显错台（除隧道衬砌结构因素外），相邻 20cm 范围内表面高度差不超过 2mm	采用 2m 靠尺和塞尺检测	选测

6.7 隧道涂层检查与维护

- （1）涂层保护

在涂料施工后，要想取得最终的优良装饰效果，还必须注意成品保护，涂料的成品保护有两上阶段。

a. 涂料干燥前的成品保护

在涂料干燥之前，成品保护尤为重要，含灰尘较大的风和过往工程车所扬起的灰尘可能造成饰面污染，温度过低会造成涂料成膜不充分的缺陷等。所以在涂料施工之前要充分注意到温度的变化，选择适宜涂料成膜的温度进行施工。喷涂面漆时应封洞作业，防止过往工程车所扬起的灰尘对饰面的污染。

除温度变化的影响外，还有人为的对饰面造成破坏的因素，如移动台车的搬移不当造成对饰面

的磕碰等，都会损坏饰面，这一切都要避免。

b. 涂料干燥后的成品保护

涂料成膜干燥之后，虽然温度变化不会影响饰面质量，但人为的因素对饰面损坏威胁还很大，除了灰尘的污染之外，移动台车及工装机具的拆除，稍不注意，便会造成饰面的划痕和碰伤，不但影响饰面质量，而且即使修复，也很难保持原有模样。

（2）巡检应以目测法为主对涂层外观进行检测，当出现空鼓、起皮等病害时，可采用小锤敲击、手触和摄像等方法记录。

（3）涂层因车辆刮擦、碰撞、火灾或其他原因造成损坏时，应及时修补并复检。修补采用的涂料应与原涂料相同或者相容。

（4）当涂层达到使用年限时，应先对涂层进行全面检查，并符合以下要求：

①涂层表面应无明显裂纹、气泡、粉化现象；②检查附着力与反射率，若仍符合设计要求时，则涂层可以保留继续使用，③若反射率低于 0.7 时，应对其进行冲洗、除污、清理等工作，直到达到设计要求为止。

（5）当涂层有严重的裂纹、气泡、粉化或起皮时，可先按表 1 的方法进行基层处理，然后按规程要求开展涂层改造施工。

（6）建立涂层档案卡和维护数据库，内容包括涂层施工、竣工资料和涂层维护过程中的检查、维修和检测记录等。

7 隧道病害整治施工安全设计

7.1 施工风险评价

由于本项目隧道位于运营期高速公路上，车流量较大，本次交通组织拟采用边通车、边施工的方式，存在一定的交通风险。因此，隧道病害处治施工前应合理编制交通组织方案，确保施工期间的交通安全。

7.2 隧道施工安全作业方案

施工前应详细阅读掌握本设计文件，领会设计意图，并应贯彻《中华人民共和国安全生产法》“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，严格按《公路隧道施工技术规范》(JTG/T3660-2020)、《公路工程施工安全技术规范》(JTGF90-2015)等规范规程的相关要求，详细编制实施性施工组织

设计，包括隧道各项施工工序详细的施工安全措施和应急预案。

为了保障施工作业人员和设备的安全以及车辆的安全运行，规范病害处治工程的施工安全管理和作业行为，特制定以下安全要求：

7.2.1 施工作业安全

- 1、在全路段上进行施工作业的人员必须全部穿反光背心。
- 2、必须按照要求摆放相关标示牌、警示牌、警示灯，并指派专人负责维持交通并管理安全标志摆放情况。
- 3、在施工过程中，除安全管理人员摆放安全标志外，禁止其他作业人员进入车辆通行的车道。
- 4、在作业时必须要有专职安全人员，不得做出违规、危险的操作行为，更不得在施工中嬉戏、打闹等。
- 5、洞内施工照明必须满足作业要求，并覆盖整个工作区域，贴好反光贴，同时警示灯必须开启。

7.2.2 洞内高空作业

由于隧道涂装施工过程中涉及大量高空作业，因此施工单位应在施工前要编制专项施工方案，并在施工中严格按照高空作业要求进行施工。

- 1、高空作业时使用的安全带，各种部件不得任意拆卸，有损坏的不得使用，安全帽必须戴稳，系好下颌带。
- 2、登高作业中使用的各种梯子要坚固，放置要平稳。使用的梯具必须定期检查，梯具不能作为长时间和 2 人以上共同工作的高空立足工具。
- 3、在隧道涂装施工时，需要注意安全问题。对于高空作业和载重作业，应采取相应的安全措施，确保施工人员的安全和施工顺利进行。

7.2.3 雨、雾天安全作业

- 1、雨、雾天必须在隧道外作业控制区警告区、上游缓冲区增设置警示灯，相应增加反光标志。
- 2、必要时设置黄色警示灯，并且增加旗手、安全员分布在绕行出入点路口进行职守。

8 施工工期

根据本次涂层施工内容及交通组织等内容综合考虑，本项目推荐方案施工工期为57天，具体如下表：

表 7 施工工期表

时间(天) 工序	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	主要内容
施工准备											人机料准备、交通管理等
基层表面处理											原涂层清除，基地打磨，500m/天
涂层施工											巴岳山隧道左右洞合计长约6572m，白天施工，300m/天
清理现场，交工											清理现场，交工验收

（1）本图为设计单位建议施工方案和工期进度计划，采取占道施工的交通方式，建议巴岳山隧道（左右洞）总工期为57天。施工单位可根据人机料的配备情况合理调整；在施工前，施工单位应编制详细的实施性施工组织方案和期安排计划，并报有关部门批准。

（2）施工单位应合理安排各工序的衔接，在纵向可形成交叉施工，尽量缩短断道施工时间。

9 环境保护

9.1 施工单位应建立健全文明施工及环境保护制度

- 1、责任制：健全职责制，明确项目部、各施工队的责任人、环保员，使责任落实到人。
- 2、教育制：加强管理施工人员的文明施工及环境保护法规教育，增强管理施工人员的文明施工及环境保护意识。
- 3、检查制：定期组织对施工现场文明施工及环境情况进行监测、检查，发现异常情况及时整改。
- 4、奖罚制：健全文明施工及环境保护经济奖罚制度，加强对各施工队文明施工及环保指标考核，优则表扬奖励，劣则批评处罚。

9.2 加强文明施工及环境保护措施

- 1、工程施工中固体废物应妥善处理，减少对环境污染。
废旧混凝土、旧基层材料等固体废物必须按照相关的规范、标准进行处理，严禁随意丢弃或沿沟、坡、河道倾倒。
- 2、加强对废气、噪声控制，减少噪声、废气污染。
（1）建筑施工场地的噪音应符合《建筑施工场界噪声排放标准》(GB12523-2011)的规定，并遵守当地有关部门夜间施工的规定。

- （2）隧道内临时放行期间，加强机械通风，保持隧道内的空气质量。
- （3）禁止燃烧垃圾、废弃材料等。

3、加强项目驻地的卫生、防疫工作，并设专职人员负责。

10 应急预案

- 1、成立施工项目经理为组长的安全保畅小组，小组成员要以高度的责任心进行安全保畅工作。若出现紧急情况，要以人员安全、交通保畅为第一要务，在最短的时间内赶到现场，协助交警尽快组织处理。
- 2、联系应急救援车辆，用于紧急救援和抢险工作。
- 3、加强宣传，争取过往车辆司乘人员的理解，与养护管理部门及时沟通，并制作警示灯、警示牌和指示运行线路的各种反光牌告知行驶者的变换路线等，协助执法单位加强交通管理，使车辆在交通管制路段按时段、按顺序行驶，不因争抢车道引起交通堵塞。
- 4、若有事故发生，安全保畅小组配合事故调查处理小组的工作，按要求写出书面的事故报告。

11 施工注意事项

- 1、施工时应遵循相关规范。如有违反规范可能导致严重的后果，如火灾等。
- 2、根据设计文件，严格按照施工工序进行施工，过程中应保证每道工序质量，前一道工序检测通过后才能进行下一道工序施工。施工完成后，需进行质量检查，确保涂层平整、光滑、无气泡、龟裂等问题。若发现缺陷，应及时修补和处理。
- 3、在隧道防火漆施工过程中，应注意通风换气，避免因涂料挥发物浓度过高而引起身体不适。
- 4、公路隧道内壁涂层质量控制应根据涂层技术要求进行指标检测。
- 5、公路隧道内壁涂层竣工后，应制定涂层维护计划，并定期清洗、检查和记录。
- 6、底层应具有与基层较高的附着力，为面层提供牢固的基础。
- 7、涂层的表干时间不应高于 2h。
- 8、面层应具有亮化性、耐候性、抗侵蚀性能和耐摩擦性能。
- 9、涂层耐洗刷次数不应低于 10000 次。
- 10、涂层应具备良好的易清洗性，采用清水或简单洗涤工具清洗实现 85%以上清洗率效果。
- 11、施工中如发现异常，应及时与相关各方进行沟通，制定合理的处治方案。

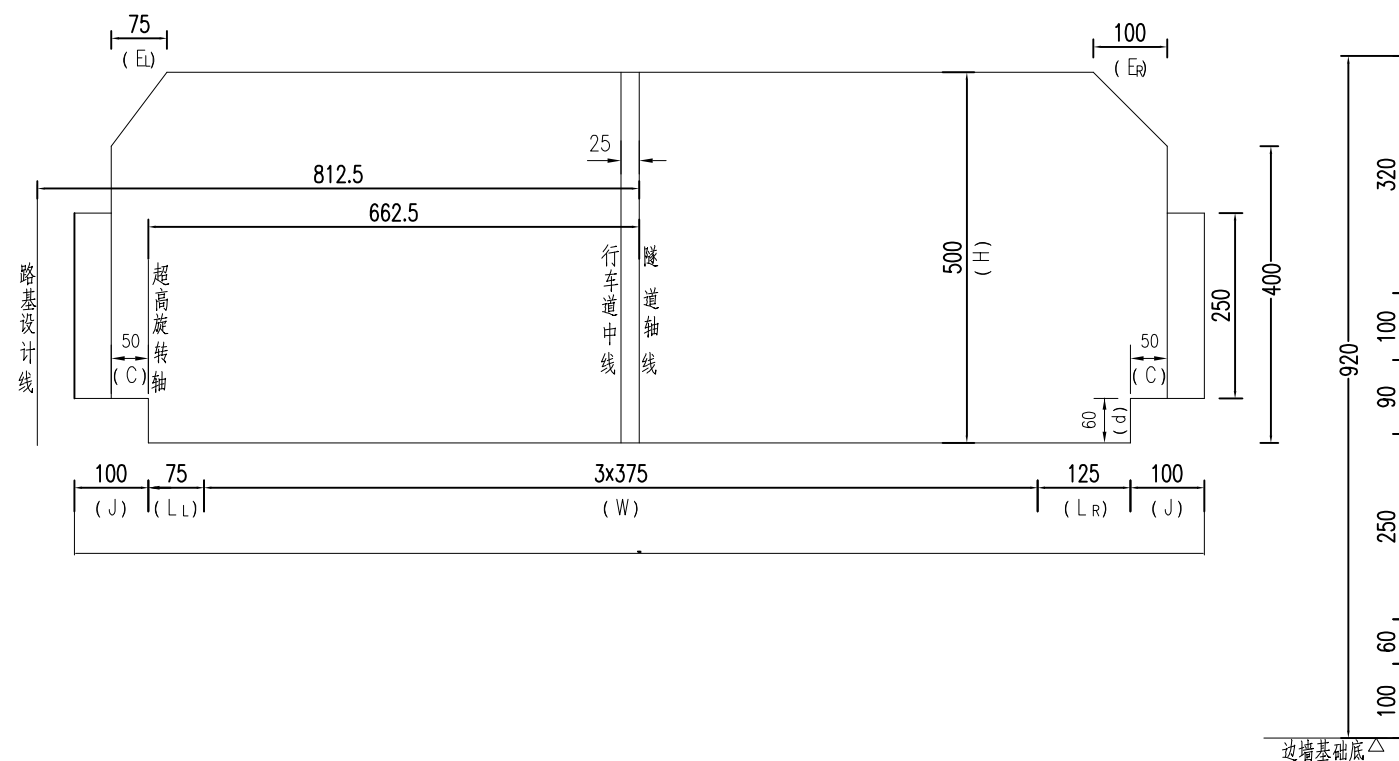
12 建议

- 1、隧道涂层施工从设计-施工-管理整个环节来看，属于精细化工程，应充分重视。
- 2、隧道涂层施工应充分遵循动态设计的准则，根据开挖后的现场情况灵活调整、优化设计方案，不可生搬硬套。
- 3、由于隧道涂层施工会对既有交通造成不可避免的影响，前期设计应充分论证交通分流方案的可行性，在保证整治有效的前提下，最大限度减少交通影响。
- 4、隧道内如发生火灾，为了避免火灾情况下产生的有害物质影响行人、行车安全，建议加强监控，定期开启隧道风机，加强通风，降低有害物质影响。

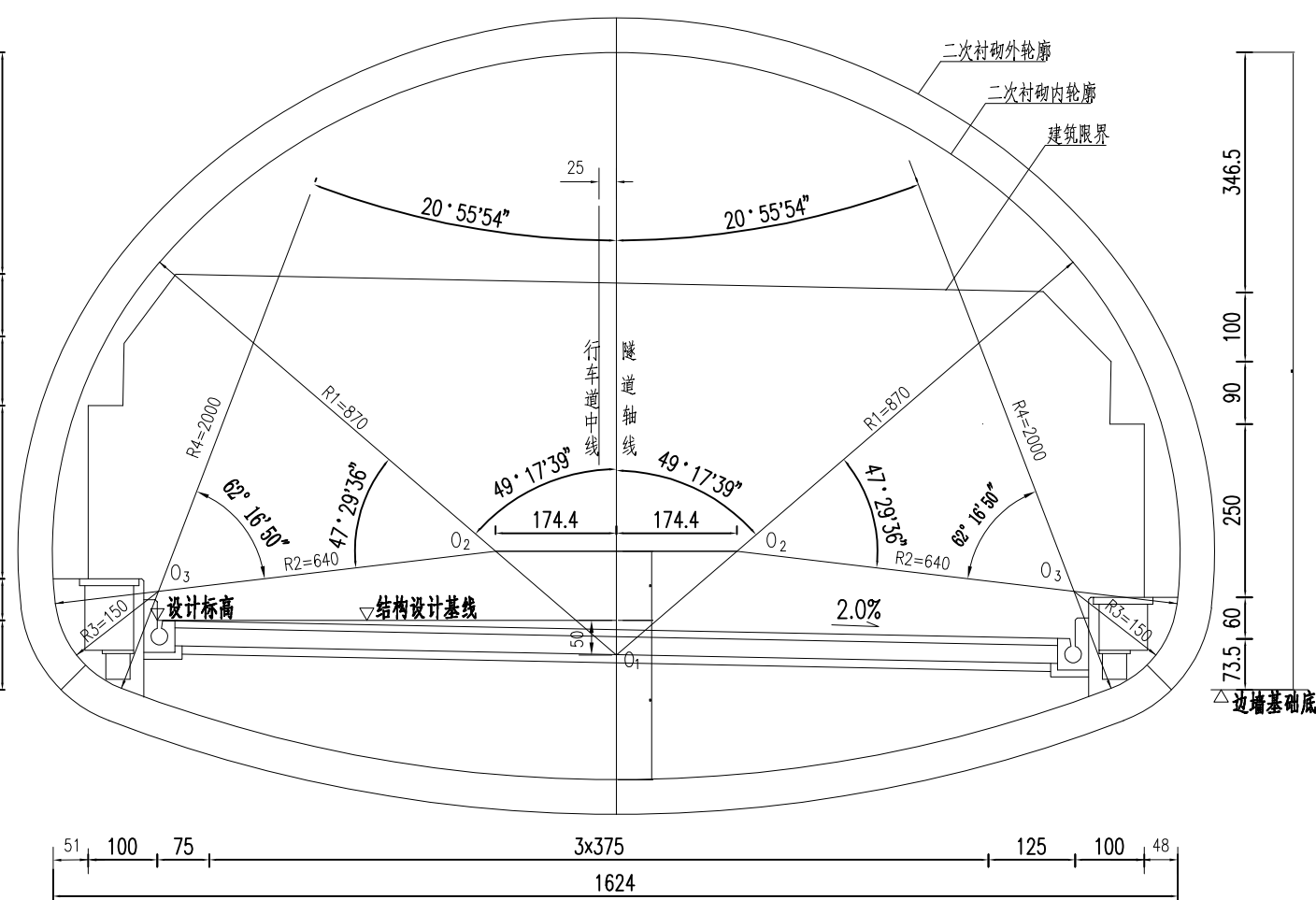
隧道涂装工程数量表汇总表

序 号	项 目 名 称	单 位	数 量	备 注
一	洞身涂装工程			巴岳山隧道
1.1	旧涂层凿除	m ²	37272	(左线3270m,右线3302m)
1.2	基层表面处理(打磨、拉毛)	m ²	37272	
1.3	喷涂界面剂(水性抗剪封闭底漆)	m ²	37272	涂装高度3m
1.4	防水腻子层	m ²	37272	
1.5	渗透型环氧封闭清漆	m ²	37272	底层(涂装高度3m)
1.6	环氧磁漆涂料(珍珠白)	m ²	37272	面层(涂装高度3m)
1.7	踢脚线(灰色)	m ²	3943.2	左右线隧道边墙
二	洞口(进洞口、出洞口)涂装工程			全断面涂装
2.1	基层表面处理(打磨、拉毛)	m ²	8892	
2.2	喷涂界面剂(水性抗剪封闭底漆)	m ²	8892	
2.3	防水腻子层	m ²	3600	进出口段涂装高度5m
2.4	渗透型环氧封闭清漆	m ²	8892	底层
2.5	环氧磁漆涂料(珍珠白)	m ²	8892	面层
2.6	腰线(绿色)	m ²	216	
三	洞身其他涂装工程			
3.1	消防(红色)	m ²	290	
3.2	其他机电(橙黄色)	m ²	202.8	
3.3	人行横通道(橙黄色)	m ²	73.6	
3.4	车行横通道(橙黄色)	m ²	64.8	
3.5	环氧砂浆	m ³	0.2	用于消防及机电设施周围找平

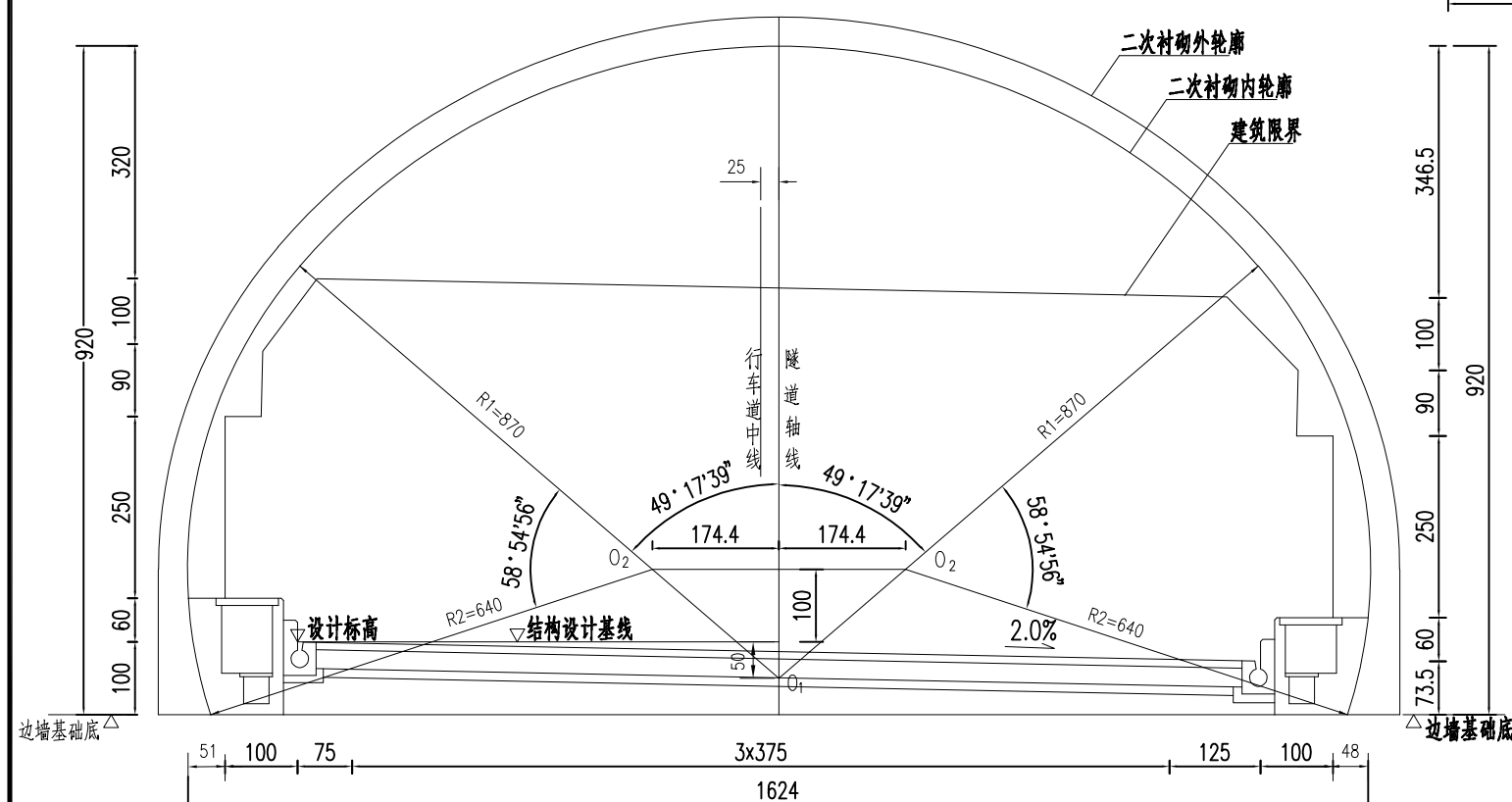
正常段隧道建筑限界图 1:100



隧道衬砌内轮廓图 1:100
(正常段有仰拱)

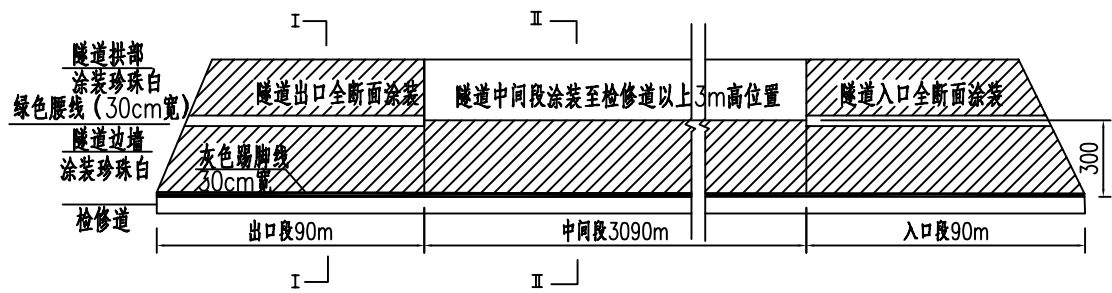


隧道衬砌内轮廓图 1:100
(正常段无仰拱)

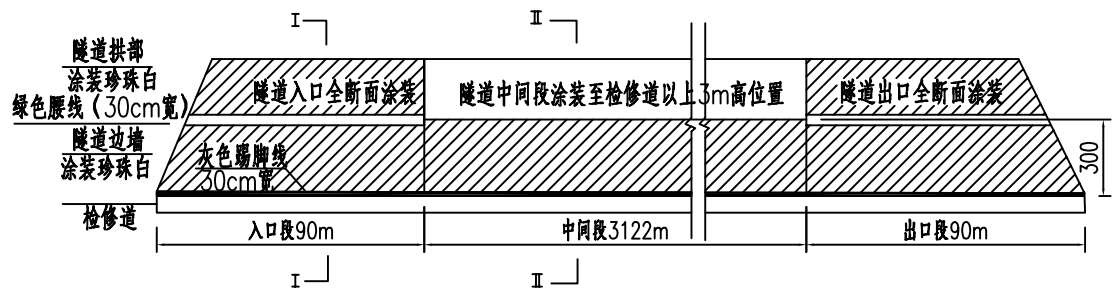


说明:

- 1、本图尺寸均以厘米为单位。
- 2、隧道建筑限界根据《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)、《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)的要求,按设计车速120Km/h双向六车道高速公路技术标准施工。
- 3、隧道施工建筑限界宽15.25m,高5.0m。
- 4、隧道衬砌内轮廓根据确定的建筑限界施工,施工内轮廓时考虑了运营所需空间、隧道结构
- 5、所施工的隧道衬砌内轮廓净宽16.24m,净高8.20m,内净空面积 $S=108.35\text{m}^2$ 。受力特性、工程造价及方便运营养护等因素,经综合比较施工。

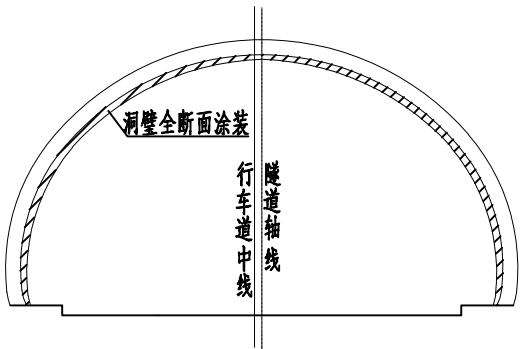
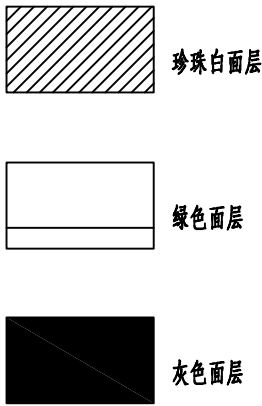


隧道左洞涂装立面图

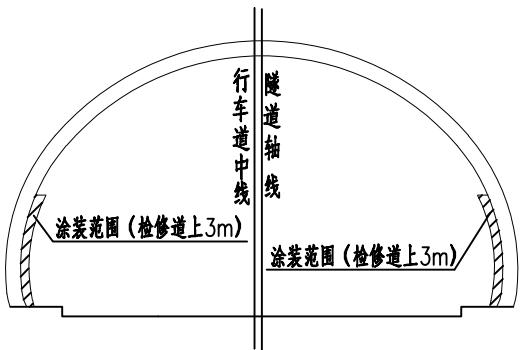


隧道右洞涂装立面图

图例：



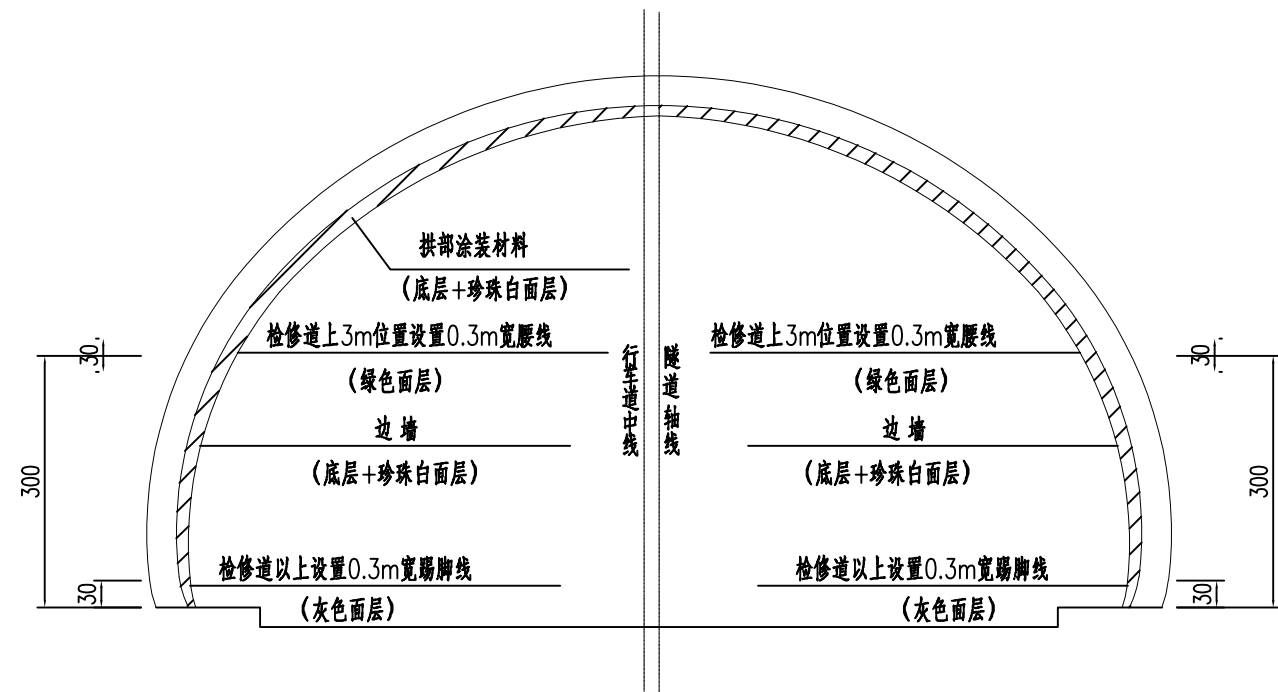
I—I 断面示意图



II-II 断面示意图

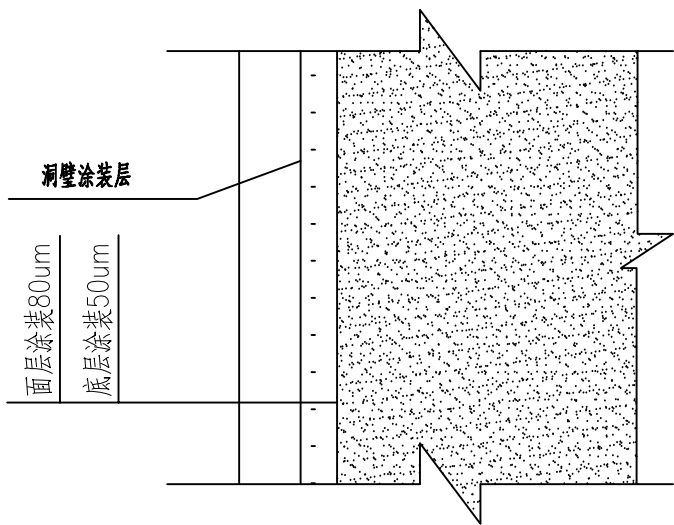
说明：

- 1、本图尺寸除标注外，其余均以厘米计。
- 2、隧道进出口各90m范围内全断面涂装，中间段涂装至检修道以上3m。
- 3、隧道涂装工艺详见设计说明。



隧道洞壁涂装布置图

1:100



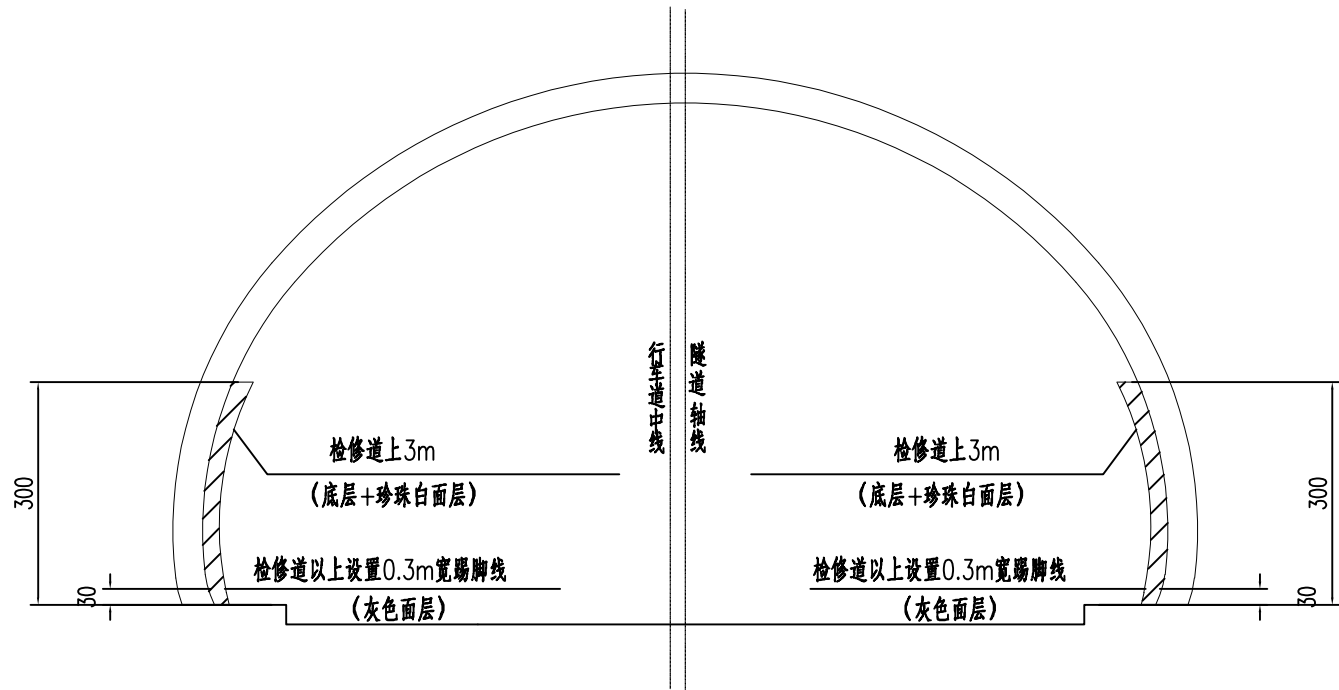
内装剖面示意图

隧道单洞每延米内装饰工程数量表

项目名称		单位	数量	备注
主洞	底层	m ²	24.7	底层两道,干膜总厚度50um
	珍珠白面层	m ²	24.7	面层两道,干膜总厚度80um
	绿色面层	m ²	0.6	面层两道,干膜总厚度80um
	灰色面层	m ²	0.6	面层两道,干膜总厚度80um

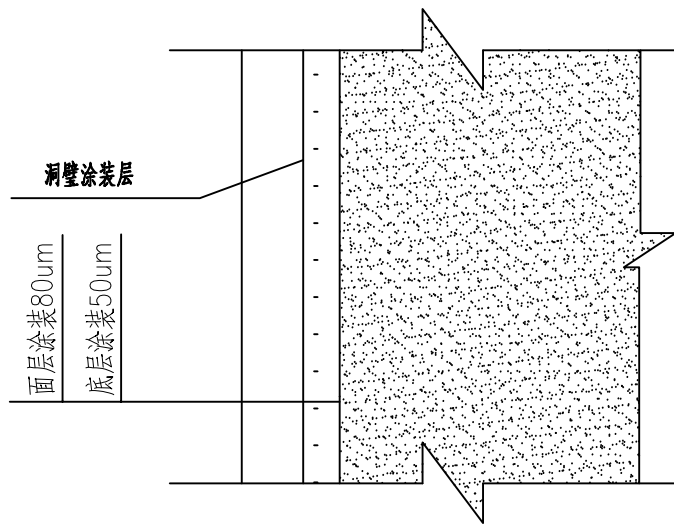
说明:

- 1、本图尺寸以cm计,适用于隧道进口90m及出口90m段涂装。
- 2、底层涂装两道,面层涂装两道。
- 3、如隧道出现渗水,漏水,开裂等病害时,应先行进行病害整治后再进行涂装。
- 4、说明未尽之处,按相关规范,规定办理。



隧道洞壁涂装布置图

1:100

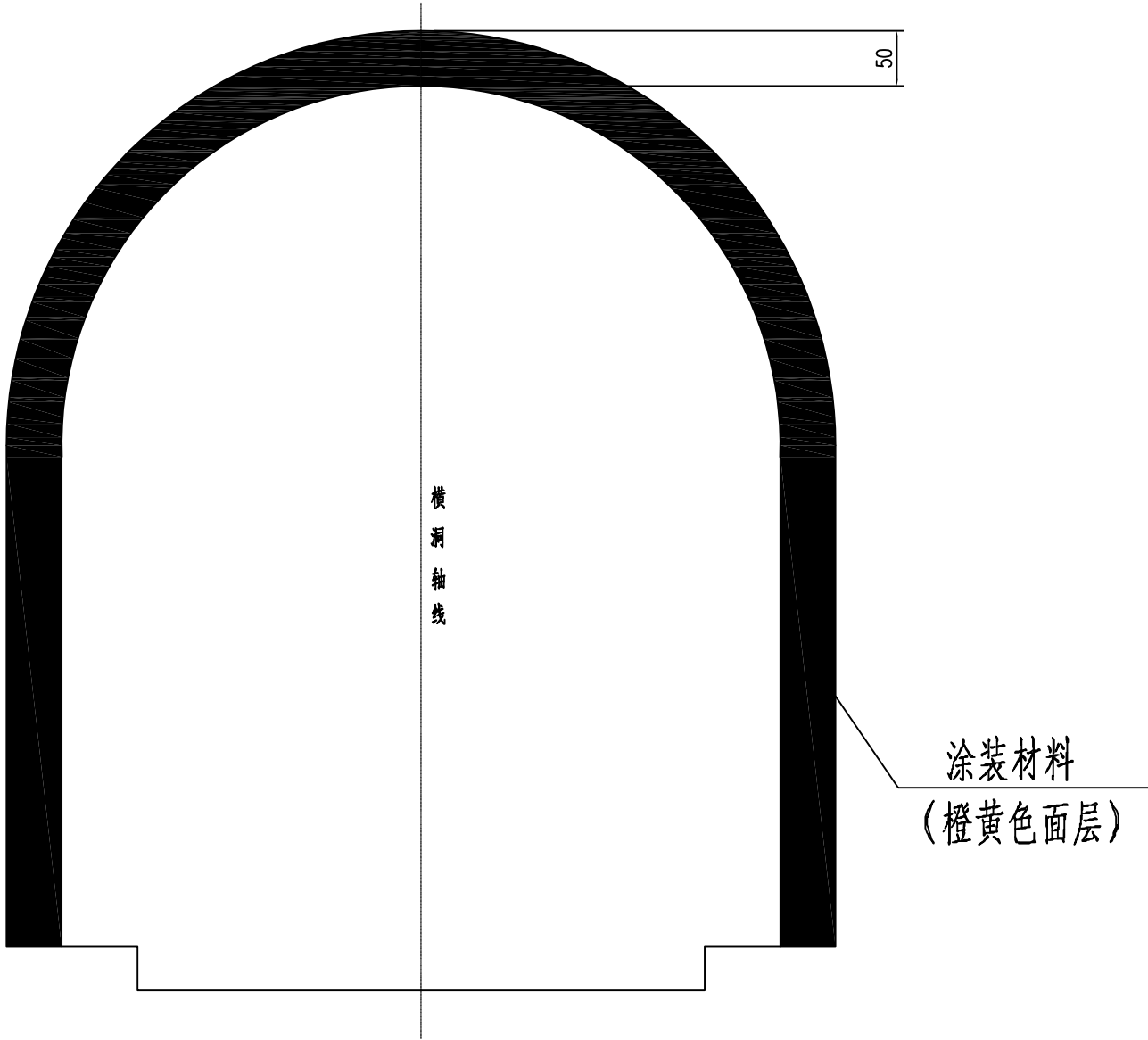


内装剖面示意图

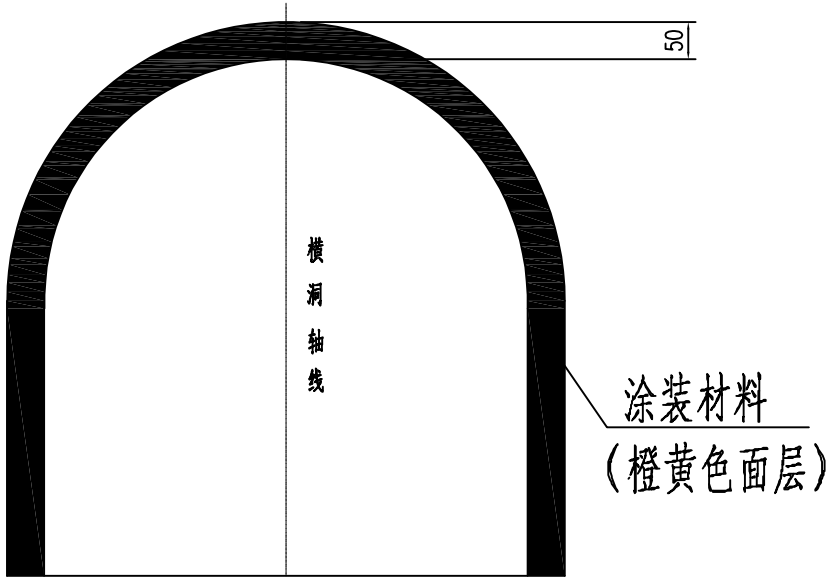
隧道单洞每延米内装饰工程数量表

项目名称		单位	数量	备注
主洞	底层	m ²	6.0	底层两道，干膜总厚度50um
	珍珠白面层	m ²	6.0	面层两道，干膜总厚度80um
	灰色面层	m ²	0.6	面层两道，干膜总厚度80um

说明：
1、本图尺寸以cm计，适用于隧道中间段涂装。
2、底层涂装两道，面层涂装两道。
3、如隧道出现渗水，漏水，开裂等病害时，应先进行病害整治后再进行涂装。
4、说明未尽之处，按相关规范,规定办理。



车行横洞涂装立面图
1:50

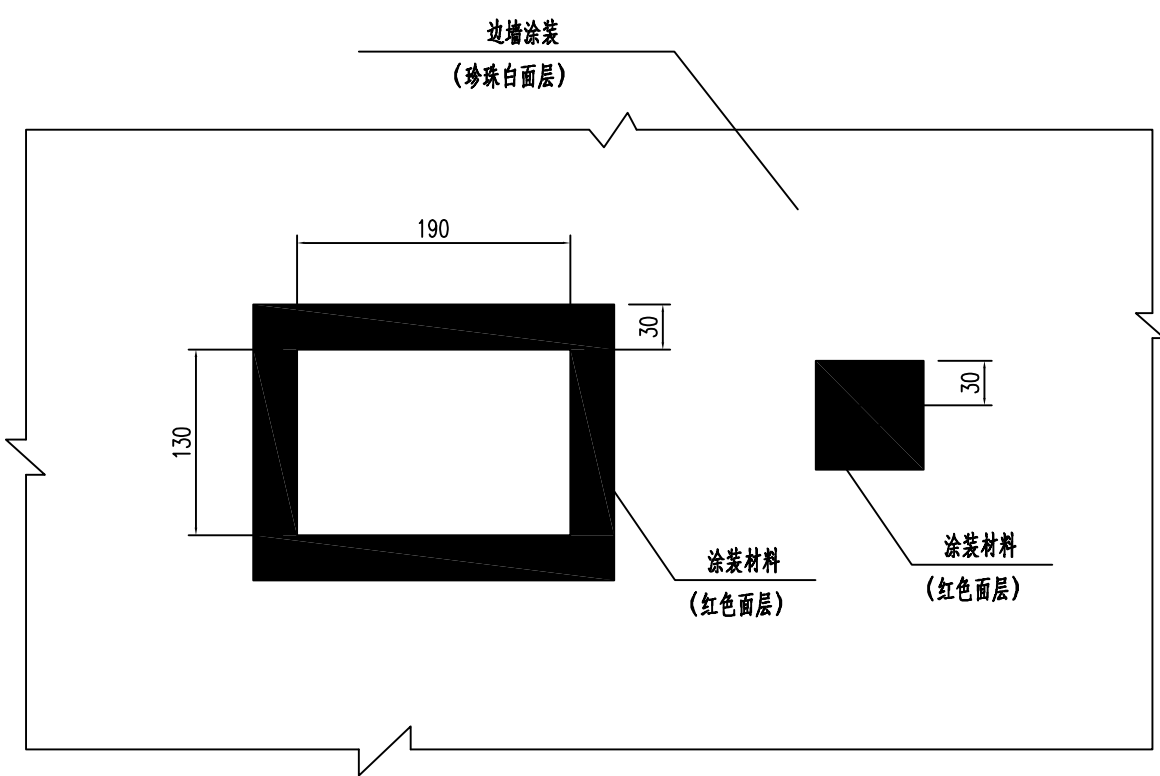


人行横洞涂装立面图
1:50

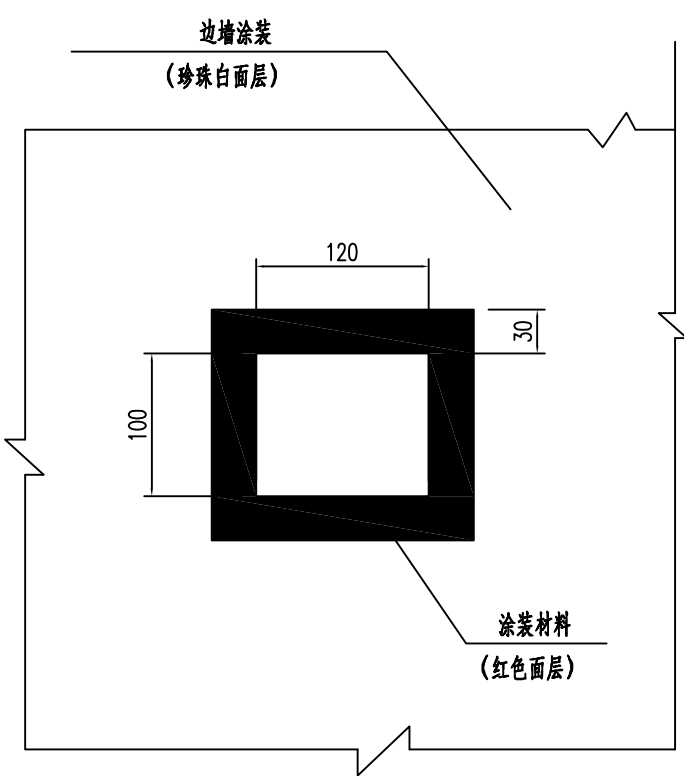
每处横洞洞口内装饰工程数量表

项 目 名 称		单 位	数 量	备 注
车行通道	橙黄色面层	m ²	8.1	面层两道，干膜总厚度80um
人行通道	橙黄色面层	m ²	4.6	面层两道，干膜总厚度80um

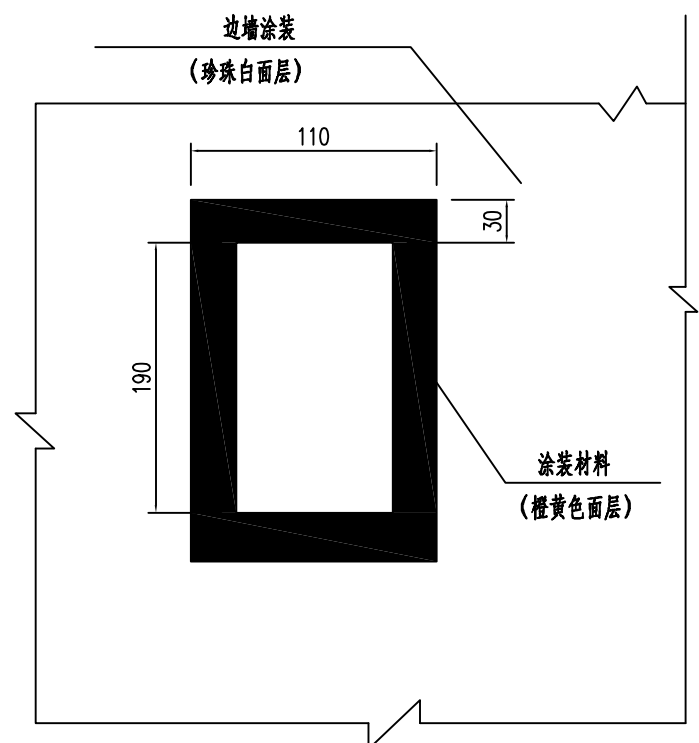
说明：
1、本图尺寸以cm计，适用于隧道横通道洞口涂装。
2、底层涂装两道，面层涂装两道。
3、如隧道出现渗水，漏水，开裂等病害时，应先进行病害整治后再进行涂装。
4、说明未尽之处，按相关规范规定办理。



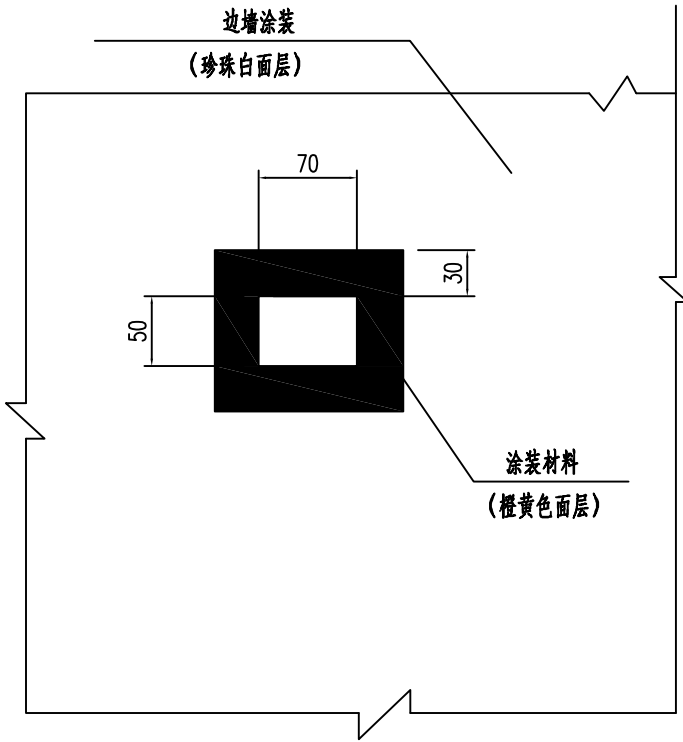
消防洞室I涂装立面图
1:50



消防洞室I涂装立面图
1:50



紧急电话洞室涂装立面图
1:50

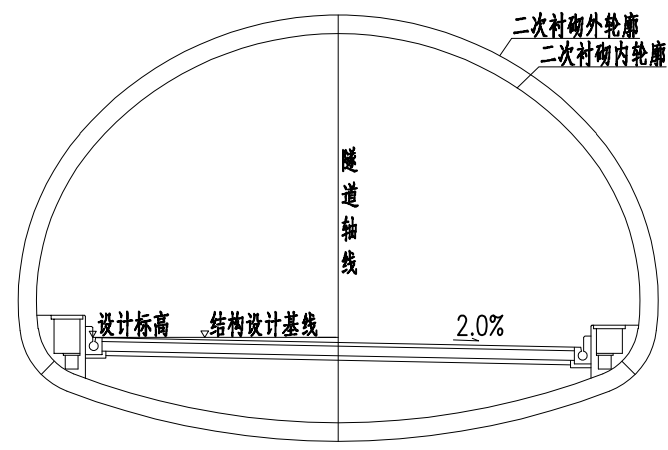


配电箱边框涂装立面图
1:50

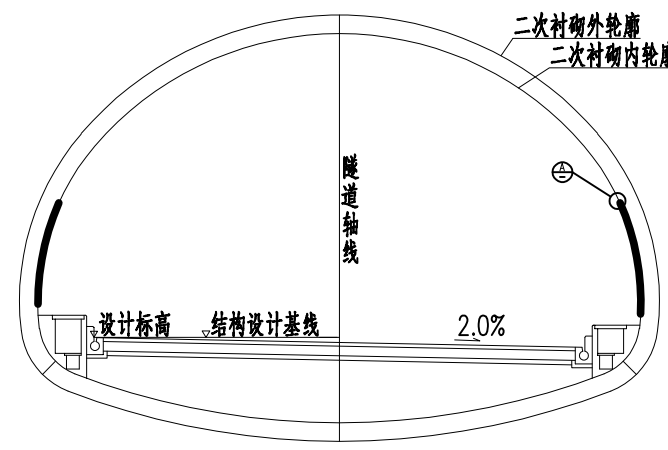
每处洞室内装饰工程数量表

项目名称		单位	数量	备注
消防洞室I	红色面层	m²	2.82	面层两道，干膜总厚度80um
消防洞室I	红色面层	m²	2.04	面层两道，干膜总厚度80um
紧急电话洞室	橙黄色面层	m²	2.04	面层两道，干膜总厚度80um
配电箱边框	橙黄色面层	m²	0.72	面层两道，干膜总厚度80um

说明：
1、本图尺寸以cm计，适用于隧道洞室涂装。
2、底层涂装两遍，面层涂装两遍。
3、如隧道出现渗水，漏水，开裂等病害时，应先进行病害整治后再进行涂装。
4、说明未尽之处，按相关规范,规定办理。



第一步：基层表面处理（旧涂层凿出+表面拉毛），核实洞内渗漏水及裂缝处治是否处治到位。



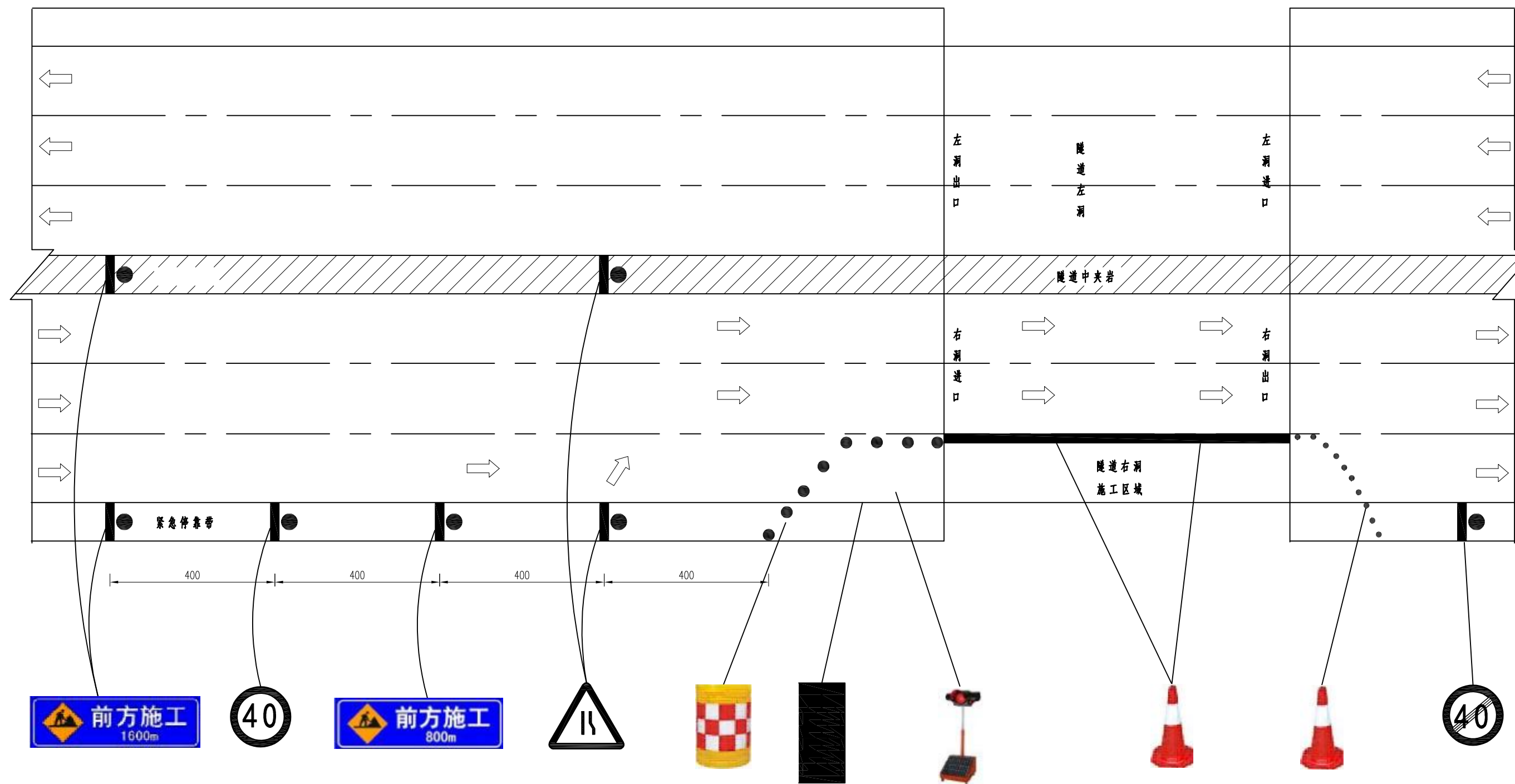
第二步：边墙涂装施工，清理现场。

隧道涂层施工组织图

时间（天） 工序	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	主要内容
施工准备											人机料准备、交通管理等
基层表面处理											原涂层清除，基地打磨，500m/天
涂层施工											巴岳山隧道左右洞合计长约6572m，白天施工，300m/天
清理现场，交工											清理现场，交工验收

说明：

- 1、本图为设计单位建议施工方案和工期进度计划，采取占道施工的交通方式。预估巴岳山隧道（左右洞）占道时间总计为57天，施工单位可根据人机料的配备情况合理调整，
在施工前，施工单位应编制详细的实施性施工组织方案和工期安排计划，并报有关部门批准。
- 2、施工单位应合理安排各工序的衔接，在纵向可形成多工作面、多工序交叉施工，尽量缩短占道交通时间。
- 3、施工前，施工单位应对处治段支护结构现状及病害进行现场调查、核实，若发现实际情况与设计不符，应及时联系有关单位，以便处理。
- 4、施工工序建议：原涂层清除→基层表面处理→涂层施工→其它零星工程。同时兼顾洞内行车与施工卫生环境。
- 5、其他说明未详尽处详见措施表说、相关规范、规程。



说明:

- 1、本图尺寸以m计。
- 2、施工区长度根据现场实际情况确定。
- 3、应利用作用区上游可变信息板显示“前方X公里封闭车道施工，请谨慎驾驶！”的信息。
- 4、本图适用于隧道右洞维修加固施工交通组织，左洞施工与此相同。
- 5、其他说明未详尽处详见相关规范、规程。