

高铁项目隧道衬砌及防水施工方案

目录

一、项目概况	0
1.1 编译依据	0
1.2 编译原理	0
1.3 隧道工程概述 1 0 段净空测量 9	

隧道衬砌及防水施工方案

1、项目概况

1.1 编译依据

- (1) 新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标准隧道设计图；
- (2) 新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标段招标文件、补充说明、指导施工组织设计；
- (3) 新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标段招标图纸及工程量清单；
- (4) 新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标准管理文件编制，规范管理文件；
- (5) 吊拱施工单位的工程设计文件和图纸；
- (6) 新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标段相关勘察资料；
- (7) 在环境保护和节水方面，依据《中华人民共和国环境保护法》、《环境影响评价法》、《水污染防治法》、《水土保持法》、《文化《文物保护法》及相关法规及有关省（区）市法律法规、规章和《环境保护、水土保持、文物保护管理办法》由辽宁省管理文件编制鲁南铁路；
- (8) 山东省有关地方政策法规；
- (9) 实施新建鲁南铁路（临朐段）LQTJ-3标团岳山隧道施工组织设计；
- (10) 我单位同类项目的施工经验和设备。

1.2 编译原则

科学组织施工，满足施工单位对工程工期、质量、安全等方面的要求，合理安排施工组织，充分利用各种条件，确保工程顺利施工，确保施工安全.根据项目建设特点，建立与项目相适应的管理组织和质量体系，对项目质量安全目标的顺利实现感到满意。

1.3 隧道工程概论

团月山隧道两端与路基相连。隧道起止里程为 DK242+640~DK245+025，全长 2385m，隧道最大埋深 157m。位于 DK243+800；整个隧道位于 R=6000m 的左偏曲线上。除入口段 DK242+640~DK242+660 外，整个隧道采用明挖法施工，设置偏斜裸眼衬砌；出口段 DK244+995~DK245+025 采用明挖法施工，设置坡口段和坡口延伸段。外衬；其余部分采用地下开挖法施工，设置复合衬砌。

王庄隧道两端与路基相连。隧道起止里程 DK249+810~DK250+280，全长 470m，隧道最大深度 69m。位于 DK250+070； +280 剖面采用明挖法施工，设置偏斜裸眼衬砌；其余部分采用明挖法施工，并设置复合衬砌。线路纵坡为 5.0‰和-5.0‰的人字形坡，整个隧道位于 R=4500 的右偏曲线上。

隧道结构采用锚、网、喷、钢拱组成的复合衬砌型式，将初支与二次模板混凝土相结合。不低于 P10。

1.4 地形

隧道场地为丘陵相间的丘陵地貌，地势起伏，自然横坡为 5-15°，局部陡峭，上覆第四纪土层较薄，分布在入口处的下部地势和退出，基岩很大。部分裸露。有农村公路通达，交通便利。

1.4.1 工程地质条件

(1) 隧道围岩分级及岩土工程分级见下表。

团月山隧道围岩分类

起步里程	结束里程	长度 (米)	围岩水平
DK242+640	DK242+660	20.00	V
DK242+660	DK243+125	465.00	V
DK243+125	DK243+205	80.00	IV
DK243+205	DK243+305	100.00	V
DK243+305	DK243+455	150.00	IV
DK243+455	DK243+715	260.00	III
DK243+715	DK243+915	200.00	IV

起步里程	结束里程	长度（米）	围岩水平
DK243+915	DK244+285	370	III
DK244+285	DK244+435	150	IV
DK244+435	DK244+515	80	V
DK244+515	DK244+705	190	IV
DK244+705	DK244+795	90	V

表 2 王庄隧道围岩分级表

起步里程	结束里程	长度	围岩水平
DK249+810	DK249+925	115	五
DK249+925	DK249+965	40	IV
DK249+965	DK250+020	55	III
DK250+020	DK250+200	180	IV
DK250+200	DK250+280	80	五

表 3 岩土工程分类

项目岩性		建设项目分类	风化程度
Q_{4}^{dl+cl}	粉质粘土	二	硬塑料
ϵ_{2}^{jz}	石灰石	四	W3
		五	W2
	马尔	四	W3
		五	W2

(2) 根据中国地震局中国地震参数区划图 (GB18306-2015) 和鲁南高速铁路客运走廊临沂至曲阜段建设项目抗震安全评价报告 (鲁振安平[2015]604号) 根据划分后, 该区域地震动加速度峰值为 0.10g, 地震动响应谱特征周期为 0.40s。

1.4.2 水文地质条件

地下水类型主要为基岩裂隙水和岩溶水。主要产于张霞组灰岩中。调查期间, 没有泉水等地下水暴露。

大气降水是该区地下水补给的主要来源, 地下水主要沿基岩裂隙运移, 没

有明显的地下水排放点。

地下水对混凝土无腐蚀性，环境作用等级为 T2。

1.5 主衬工程数量

表 4 团月山隧道暗洞衬砌工程量

项目和建筑材料规格		单元	进口量			出口量			全部的	
			III	IV	V	III	IV	V		
黑洞长度		米	260	263	565	370	587	290	2135	
衬砌砌体	步	C20 混凝土	立方米	10	11	23	15	23	12	138
	反转填充/平整层	C20 混凝土	立方米	1789	1809	3887	2546	4039	1995	23550
	拱墙	C30 纤维混凝土 (T2)	立方米	2727	0	0	3783	0	0	9237
		C35 钢筋混凝土 (T2)	立方米	0	3132	7436	94	6964	3823	32017
		纤维素	公斤	2453	0	0	3403	0	0	8309
	倒置	C30 混凝土 (T2)	立方米	2047	12	5	2912	17	5	7062
		C35 钢筋混凝土 (T2)	立方米	0	2038	4814	0	4549	2471	20724
	衬里钢筋	HPB400 (Φ12~Φ25)	公斤	4035	343180	914398	13130	763339	469957	3769652
		HPB300(Φ6~Φ10)	公斤	0	43257	166476	480	96236	85524	601706

		钢筋连接器	个 人	0	13150	28250	270	29350	14500	126920
--	--	-------	--------	---	-------	-------	-----	-------	-------	--------

表 5 团月山隧道明洞衬砌工程量

项目和建筑材料规格			单元	进口	出口	全部的
明洞长度			米	20	30	50
衬砌砌体	步	C20 混凝土	立方米	1	1	2
	反转填充	C20 混凝土	立方米	202	207	409
	拱形墙	C35 钢筋混凝土(T2)	立方米	831	1080	1911
	衬里钢筋	HPB400(Φ 12~Φ 25)	公斤	57734	58983	116717
		HPB300(Φ 6~Φ 10)	公斤	11097	11710	22807
		钢筋连接器	个人	748	1060	1808

表 6 王庄隧道暗孔衬砌工程量

项目和建筑材料规格			单元	工作量			全部的
				III	IV	V	
黑洞长度			米	55	220	150	425
衬砌砌体	步	C20 混凝土	立方米	2	9	6	17
	反转填充/平整层	C20 混凝土	立方米	378	1514	1032	2924
	拱墙	C30 纤维混凝土 (T2)	立方米	513	0	0	513
		C35 钢筋混凝土 (T2)	立方米	63	2606	1971 年	4640
		纤维素	公斤	461	0	0	461
	倒置	C30 混凝土 (T2)	立方米	432	4	0	436
		C35 钢筋混凝土 (T2)	立方米	0	1705	1278	2983
	衬里钢筋	HPB400(Φ 12~Φ 25)	公斤	5560	285607	242423	533590

		HPB300(Φ6~Φ10)	公斤	320	36023	44156	80499
		钢筋连接器	个人	180	11000	7500	18680

表 7 王庄隧道明洞衬砌工程量

项目和建筑材料规格		单元	进口	出口	全部的	
明洞长度		米	25	20	45	
衬砌砌体	步	C20 混凝土	立方米	1	1	2
	反转填充	C20 混凝土	立方米	252	202	454
	拱形墙	C35 钢筋混凝土 (T2)	立方米	973	779	1752
	衬里钢筋	HPB400(Φ12~Φ25)	公斤	58017	46413	104430
		HPB300(Φ6~Φ10)	公斤	7009	5607	12616
		钢筋连接器	个人	800	640	1440

2、建设计划

在保证合同总工期的同时，确保施工安全、工程质量和环境保护、文明施工目标得到充分实现和全面落实；施工组织科学，工序安排合理，将施工相互干扰降至最低；为减少建设投资，缩短建设工期，尽量实现主要工序的均衡生产。

隧道施工工期严格按照招标文件中有关总工期的要求安排。合理安排施工顺序，尽可能进行平行流作业。团月山隧道于 2017 年 5 月 3 日至 2018 年 12 月 31 日完成衬砌施工，王庄隧道于 2017 年 5 月 1 日至 2017 年 9 月 31 日完成衬砌施工。

3、总体建设方案

3.1 总则施工方法

根据各隧道段尺寸一致，出入口设置一套通用模板台车。

模板台车施工：隧道采用台车施工，台车全长设计为 12m。纵向施工缝的数量按两条纵向通道的整条隧道长度计算，环向施工缝的数量按 1 个 12m 计算。

行人十字孔采用红色脚手架，车行十字孔采用简单的钢凳作为工作平台。模板由钢模板制成。

用防水板车在隧道内铺设防水材料。

隧道钢筋施工：钢筋集中加工厂加工后，运至隧道二次衬砌钢筋施工现场，采用防水板车作为钢筋安装施工平台进行钢筋施工。

隧道二衬施工：混凝土输送泵将混凝土从地面泵送到模板台车，混凝土浇筑以自密实为主。

3.2 衬里类型

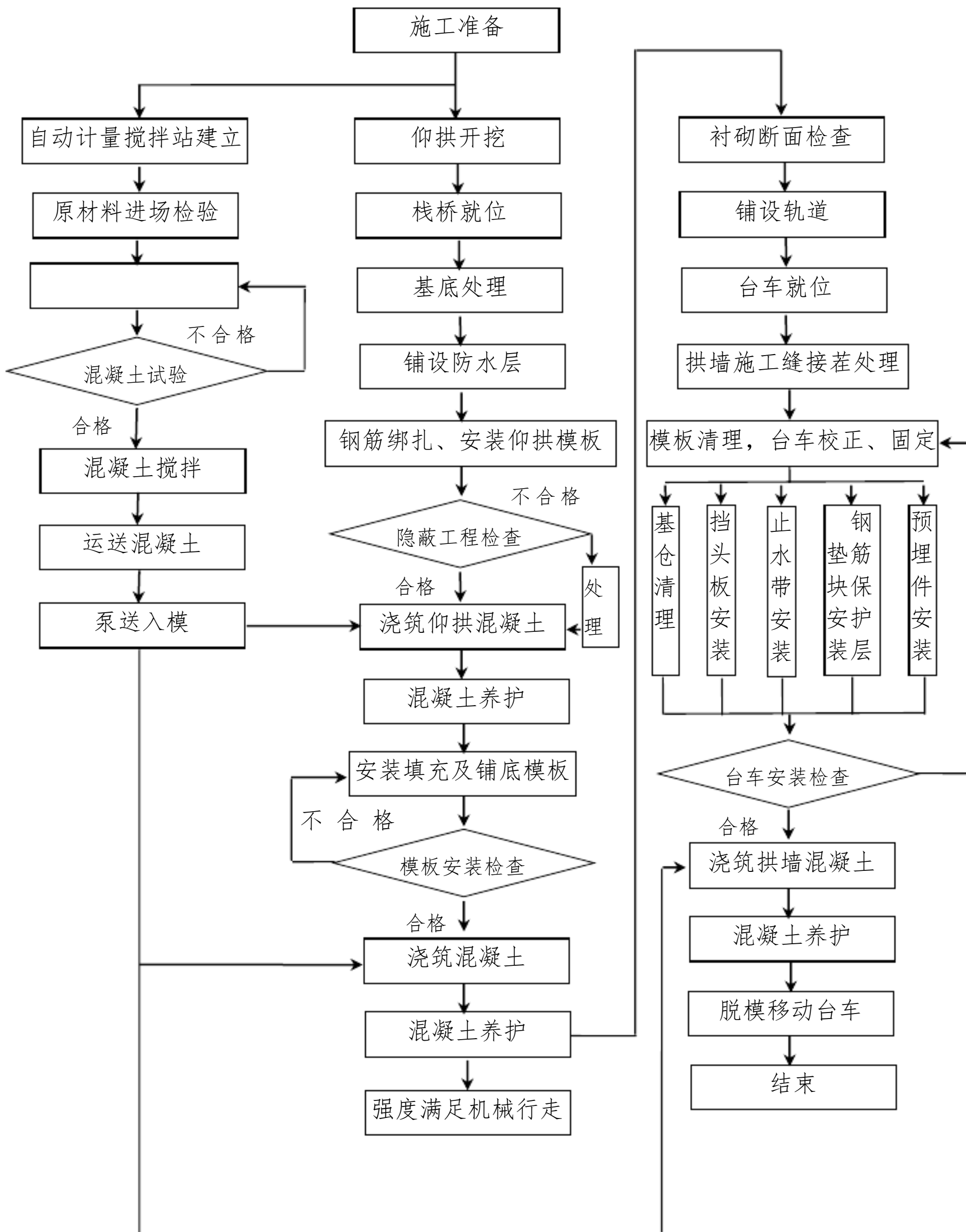
团月山隧道和王庄隧道的衬砌类型如下：

序列号	分段里程		长度	围岩分类	衬里类型
	起步里程	结束里程			
1	DK242+640.00	DK242+647.00	7	五	偏压式开孔不开
2	DK242+647.00	DK242+650.00	3		偏开孔
3	DK242+650.00	DK242+654.00	4		偏压式开孔不开
4	DK242+654.00	DK242+657.00	3		偏开孔
5	DK242+657.00	DK242+660.00	3		偏压式开孔不开
6	DK242+660.00	DK242+695.00	35	五	Vb型化合物
7	DK242+695.00	DK242+800.00	105		Vb型化合物
8	DK242+800.00	DK242+960.00	160		Vb型化合物
9	DK242+960.00	DK243+125.00	165		Vb型化合物
10	DK243+125.00	DK243+205.00	80	IV	4b 型化合物
11	DK243+205.00	DK243+305.00	100	五	Vb型化合物
12	DK243+305.00	DK243+455.00	150	IV	4b 型化合物
13	DK243+455.00	DK243+715.00	260	III	3a 型化合物
14	DK243+715.00	DK243+915.00	200	IV	4b 型化合物
15	DK243+915.00	DK244+173.00	258	III	3a 型化合物
16	DK244+173.00	DK244+176.00	3		3a 下锚化合物
17	DK244+176.00	DK244+185.00	9		3a 型化合物

	DK244+185.00	DK244+188.00	3		3a 下锚化合物
19	DK244+188.00	DK244+197.00	9		3a 型化合物
20	DK244+197.00	DK244+200.00	3		3a 下锚化合物
二十一	DK244+200.00	DK244+285.00	85		3a 型化合物
二十二	DK244+285.00	DK244+435.00	150	IV	4b 型化合物
23	DK244+435.00	DK244+515.00	80	五	Vb型化合物
24	DK244+515.00	DK244+705.00	190	IV	4b 型化合物
25	DK244+705.00	DK244+795.00	90	五	Vb型化合物
26	DK244+795.00	DK244+875.00	80	IV	4b 型化合物
27	DK244+875.00	DK244+960.00	85		Vb型化合物
28	DK244+960.00	DK244+995.00	35		Vb型化合物
29	DK244+995.00	DK244+998.00	3	五	斜面延伸部分没有穿孔
30	DK244+998.00	DK245+001.00	3		斜面延伸开口
31	DK245+001.00	DK245+009.00	8		斜面延伸部分没有穿孔
32	DK245+009.00	DK245+025.00	16		斜切部分
33	DK249+810.00	DK249+835.00	25		偏向明洞
34	DK249+835.00	DK249+855.00	20	五	Vb型化合物
35	DK249+855.00	DK249+925.00	70		Vb型化合物
36	DK249+925.00	DK249+965.00	40	IV	4b 型化合物
37	DK249+965.00	DK250+003.00	38		3a 型化合物
38	DK250+003.00	DK250+006.00	3		3a 型中锚复合
39	DK250+006.00	DK250+015.00	9	III	3a 型化合物
40	DK250+015.00	DK250+018.00	3		3a 型中锚复合
41	DK250+018.00	DK250+020.00	2		3a 型化合物
42	DK250+020.00	DK250+200.00	180	IV	4b 型化合物
43	DK250+200.00	DK250+245.00	45		Vb型化合物
44	DK250+245.00	DK250+260.00	15	五	Vb型化合物
45	DK250+260.00	DK250+280.00	20		偏向明洞

4、

4.1 施工工艺



↓
结束

4.1 施工流程图

4.2

二次衬砌与掌子面安全距离：IV级围岩二次衬砌与掌子面距离不大于90m；V级围岩二次衬砌与掌子面距离不大于70m。

和王庄隧道以复合衬砌为主，明洞段采用斜明洞衬砌。隧道采用弧形墙和倒拱衬砌的形式。

隧道衬砌应遵循“引倒拱、衬拱墙整体”的原则。初步支护完成后，为有效控制其变形，倒拱应尽可能靠近开挖面施工。运输问题，以及全宽一次性结构。仰拱施工完成后，使用多功能操作平台人工铺设防水板。加固施工完成后，采用液压整体衬砌台车进行二次衬砌，拱墙一次性整体注浆施工，最终完成整体道碴床施工。混凝土由搅拌站集中搅拌，由混凝土搅拌车运至孔内，泵送浇注，插入式捣固杆配合所附振动器进行捣固。

4.2.1 隧道一次支路段间隙测量

隧道二衬施工前，测量组将测量隧道主支路段的净空，检查隧道净空，竣工后上报测量结果。侵入限位部分需提前加工，加工完成后进行复试，监督检查合格后进行下道工序。

4.2.2 底部清洁和基面处理

- (1) 清底应采用反铲人工进行，清底时应注意对隧道初始支护的保护。
- (2) 第一支撑基面集中在渗漏部位进行灌浆堵水，渗漏部位涂以防水砂浆或堵漏灵的刚性防水层，做到不滴、不漏、不流水、不线流动或泥沙流出，以保证基面干燥清洁。

- 3) 从拱顶向两侧，将基面上裸露的钢头、铁丝、锚管、排管、锚杆等尖锐物剪掉并锤平，并用砂浆抹平，不得出现尖锐物。
- (4) 基面不平整用砂浆凿平，最大不平整度为 3mm。基面阴阳角部分用砂浆抹成圆弧，圆弧半径为 100mm。
- (5) 基面加工完毕并验收合格后，方可进行下道工序施工。
- (6) 倒拱是由移动栈桥建造的，但倒拱的填充物不是与倒拱同时注入的。拱墙的衬砌采用液压钢模板衬砌台车施工，最后施工水沟和电缆槽。

4.2.3

混凝土倒拱在衬砌前及时施工，倒拱和倒拱内填混凝土分段浇筑，二次衬砌超前 20-30m，保证支护结构的稳定性。倒拱和倒拱填料不得同时浇筑，应按设计厚度一次浇筑成型，总则浇筑段长度为 8-10m。为解决倒拱施工与开挖与道砟相互干扰的矛盾，保证倒拱的混凝土强度不受影响，倒拱采用移动栈桥施工。 III、IV V 级围岩包括倒拱混凝土浇筑和倒拱填充层浇筑。

4.2.3.1 仰拱的主要施工方法

(1) 测量放样

一是在隧道两侧侧壁设置导点，每隔 5m 设置一组导点，标高与里程设计标高一致。然后根据测量点进行放样开挖。

(2) 倒拱开挖支护

隧道底部开挖应按实测放样进行，开挖轮廓和底部标高必须符合设计要求。当隧道底部岩石坚硬时，岩石的个别突出部分（每 1m² 不超过 0.1m²）侵入衬砌的深度应小于 5cm。倒拱开挖前，必须完成钢架锁紧锚杆，每周期进尺不大于 3m。开挖完成后，应及时喷洒混凝土，并尽快封环。

(3) 浇筑仰拱混凝土前，基层应作如下处理

清理基渣、积水等杂物；用高压风水冲洗基面，确保基面清洁后再浇筑混凝土。如果倒拱设计有初始支撑，则在浇筑混凝土前，必须用高压风水冲洗初

(4) 倒拱和倒拱填充混凝土浇筑

倒拱和倒拱填料不得同时浇筑，要求倒拱最后浇筑并灌满混凝土。

仰拱紧跟下部台阶的施工，结合断面条件和现有施工技术，拟将仰拱和填料分两步施工。第一步先建倒拱，第二步建倒拱填充。

(5) 倒拱填充混凝土的厚度和标高必须符合设计要求。

(6) 仰拱填充混凝土强度达到 5MPa 后，行人才能通行，强度达到 50 % 且混凝土不损坏时，车辆才能通行。

4.2.3.2

中心水沟及两侧索槽与倒拱填充层同时施工。模板按设计尺寸安装，模板采用组合钢模板。模板使用前，除锈并涂上脱模剂。模板支撑牢固，安装严密。

在混凝土投入模板之前，测量混凝土的温度、坍落度和空气含量等工作性能。只有性能符合设计或配合比要求的混凝土才能浇注到模板中。混凝土入模温度控制在 5℃~30℃，坍落度控制在 140mm~180mm，含气量控制在 4% 以内，混凝土入模前应洒水。

振动时，避免与模板和预埋件碰撞。每个振点的持续时间应为 20-30S，使混凝土不再下沉，不出现气泡，表面出现浮浆，防止过振、漏振。

4.2.4 两层拱墙施工

4.2.4.1 拱墙测量放样

首先检查边墙基础的结构尺寸，检查是否满足拱墙衬砌的间隙和模板台车就位的尺寸。如果侧壁的基础结构侵入到位模板台车的间隙，应进行修复和凿边。净空达到要求后，用水平仪将隧道两侧的侧壁找平，用红漆标出模板台车就位标高，并用全站仪标出隧道中心线和模板台车在防水板上的法线。中心线必须放在拱墙衬砌的两端。放线长度以隧道施工位置表为准。应预留不少于

10cm ，并在构建过程中促进点的可用性。

4.2.4.2

隧道开挖支护后，围岩变形达到收敛，即无变形、无沉降后即可进行衬砌施工。铺设防水层前，应检查开挖段的净空，对未开挖部分进行处理，确保不侵犯设计要求的净空。同时对喷好的混凝土进行基层处理，要求基层平整度：凹凸部分高度差不得大于 5cm。

复合衬砌要求隧道混凝土二次衬砌应为围岩收敛变形稳定后的最佳衬砌时间。但在软弱围岩和断层破碎带，由于围岩自稳定能力差，初期支护难以完全完成。因此，根据支护情况和测量资料，为保证洞室的稳定性和施工安全，应经监理工程师同意，及时进行二次衬砌，并沿开挖面施工。必要时密切关注。

主孔衬砌段侧拱模板采用定制 12 米衬钢模板衬砌台车，通过调整液压元件对模板进行正确对中。混凝土通过浇注窗，自下而上，从浇筑段的接缝处向未填充方向浇筑，横向、对称分层浇筑。小时内，初凝前应保证上下层混凝土结合良好，不得形成施工冷缝，垂直自由落体高度不得超过 2m。捣固时应使用附加振动器和插入式振动器。内外灯火通明。

为减少二次衬砌混凝土表面的气泡，采取措施在塞板上设置排水孔，将浆水排出。插板垂直方向每隔 20-30cm 设有可封闭的孔（ $\phi 10-14$ 的螺丝孔即可）。浇筑时，根据混凝土水平，依次开孔排水，排水后及时封孔。

衬砌台车由专业厂家加工，现场根据拱段尺寸和功能要求组装而成。衬砌台车具有足够的强度和刚度，可以满足下锚段扩面和衬砌的要求，站立方便。

预留洞室等构筑物内衬简易衬砌台，组合钢模板立模，混凝土泵入库房。施工时与主孔衬砌的连接段预留 1m 长度，与主孔衬砌同时浇筑。

混凝土浇筑完成 12 小时后，从床头板浇水进行养护。

4.2.4.3 边墙基础、拱墙施工接缝基础表面处理

铺设防水层并安装防水排水结构，并通过自检、监检、充气试验后，应清

理侧壁基础顶面焊渣、杂物等，然后用水冲洗。待水干后，涂上界面剂。拱墙的施工缝必须凿开，用水冲洗，使止水带变直。

4.2.4.4 手推车到位

- (1) 立模（台车就位）：根据线的位置，移动台车就位。台车就位后，按要求检查台车的位置、尺寸、方向、标高、坡度、稳定性，放置拱形接缝止水、界面剂和灌浆管，并在通过前安装止水头模板。资格审查。获得监理工程师签证后方可浇筑侧拱混凝土。
- (2) 台车就位前，先检查模板台车各部位是否牢固，模板的强度和刚度是否满足施工需要。
- (3) 台车就位前，先打磨模板台车的模板，保证台车表面平整度和光洁度。使用色拉油作为脱模剂。脱模剂的涂刷必须均匀，不得有油料下流或聚集一簇现象。
- (4) 台车就位前，台车底部导轨的安装必须满足以下要求：一是必须保证导轨安装后的刚性要求，即导轨在自身承受时不能下沉混凝土浇筑过程中的静载荷和动载荷。轨道间距误差不应超过 5mm，足以让小车行走。同时，应使用钢楔夹住台车轮，以保证台车在浇注过程中不移动。
- (5) 对于有钢筋的拱墙混凝土，必须在钢筋上使用与设计保护层厚度相同的高级砂浆垫层，保证钢筋保护层符合设计要求，二次衬砌钢筋的安装不能侵入清关。
- (6) 台车的定位基于测量组的放样点。台车的安装必须牢固可靠，接头严密，不漏浆。模板与混凝土的接触面必须清洗干净并涂上脱模剂。
- (7) 台车就位后，对台车进行检查，其允许偏差必须满足以下要求：

序列号	项目	允许偏差 (mm)	测试方法
1	侧壁脚平面位置和标高	±15	措施
2	拱线标高	±10	

3	拱顶高程	+10 0	调平
4	模板表面平整度	5	2m尺和塞尺
5	相邻浇筑段之间的表面高度差	±10	措施

(8) 检查完毕并满足设计要求后，进行预埋件和止动头模板的安装。预埋件主要有背装式橡胶止水带、埋地式橡胶止水带、止水带。止水带用 U 型钢线材固定在止水头模板上，一半嵌入模板内，另一半需在止水头模板内。它用钢筋固定和加固。带注浆管的膨胀止水带采用预留安装槽。在模板圆顶（最高点）上安装通风孔和灌浆孔。注浆孔间距为 5-10m。块头模板和止水带采用异形木加工，止水带与支撑面之间采用不等宽模板，根据超挖实际情况进行组合。

4.2.4.5 混凝土浇筑

混凝土浇筑：边拱混凝土浇筑时，应自下而上对称浇筑，两侧同时浇筑或交替浇筑。浇注。拱门先采用出口式浇注，最后采用压入式封顶。混凝土采用附装式振捣器和插入式振捣器进行夯实，并有专人负责，确保混凝土内密实外光滑。并注意保护预埋在混凝土中的注浆管，防止其歪斜、倾翻，以保证二次衬砌后回填注浆的顺利进行。应有足够的备用捣固设备，以防捣固设备故障，造成捣固泄漏或捣固不准。混凝土浇筑必须连续进行。由于某种原因，无法进行连续浇注。当间歇时间超过混凝土初凝时间时，必须按规定进行留茬处理。

4.2.4.6 混凝土结构的自防水

二次衬砌采用防水混凝土，拱墙混凝土掺有防水剂，仰拱混凝土掺有高效抗裂防水膨胀剂。

一、准备：

混凝土浇筑前，要检查输送泵是否完好，搅拌站是否运转正常，混凝土罐车是否到位，配合比和外加剂是否调整好。各种工具（篡改器等）是否准备就绪并可用。

2、混凝土浇筑：

3、混凝土浇筑前，先清理侧壁基础顶面，清除杂质，涂抹界面剂，并仔细检查台车模板表面的平整度和清洁度。

四、主要技术措施

为保证衬砌混凝土的抗渗等级不低于设计要求等级，达到内外美观、不渗漏、不开裂、混凝土表面不湿渍的质量标准，采取以下主要技术措施控制施工过程。

(1) 衬里间隙控制

在衬拱墙之前，测量并放样模板的安装位置。模板架设位置比设计位置净空大 5cm。检查模板结构尺寸和衬砌间隙，调整和加固模板。

(2) 混凝土质量控制

对钢材、水泥、粗细骨料、水、外加剂等原材料进行仔细检测。试验后，精心挑选符合设计强度标准的原材料进行配合比设计和持续优化。对隧道内的渗水进行水质检测，看看是否对混凝土有腐蚀作用，以便在配合比的设计中采取相应的措施，如原材料的选择。施工中严格按配合比计量混凝土，严格按配合比拌制混凝土。它必须由自动计量混合站混合并通过重量法测量。混凝土的搅拌时间不得少于 3 分钟；否则，将被重新测试或报废。通过将混凝土泵入模具中来浇注所有混凝土。必须测试脱模时间，确保脱模前混凝土强度达到 8MPa 以上，脱模后应及时进行养护。

(3) 拱形混凝土压实和空隙解决方案

1) 分层窗铸件

混凝土从下向上，从浇筑段的接缝处向未填充方向泵入库房。充分利用台车的上、中、下窗，将混凝土逐层对称浇注，在出料管前端加一根 3-5m 同径软管，使喷嘴朝下，以免混凝土表面水平。混凝土浇筑时，自由落体高度不能

超过 2 米。当超过时，采用加长软管的方法来解决混凝土下落过大的问题。

2) 封盖工艺

当混凝土浇筑面接近顶部（限位高于模板台车顶部）时，进入封盖阶段。为保证空气能顺利排出，在预留的灌浆孔内安装排气管（采用 $\Phi 12.5\text{mm}$ 镀锌管）。排气管的一端尽可能靠近闪光灯的顶部。将排气管的另一端固定在模板台车上并固定牢固。随着浇筑的继续，当发现有水（实际上是混凝土表面的隔离水和浆液）从排气管流出时，说明仓内混凝土已完全填满，停止浇筑混凝土，疏通排气管，取出泵软管。

加盖混凝土时，尽量从内向端浇注，以排除空气。后期（混凝土强度达到设计的 70% 以上），由于混凝土收缩，可用排气管填充拱顶空隙，回填注浆压力控制在 0.1 -0.5MPa。

3) 在浇筑过程中，有专人负责对混凝土进行振捣，以保证混凝土的密实性。封顶前准确安装拱顶排气管，确保封顶过程中不出现空隙，该管用于后期注浆，使衬砌背面填密。

4) 模具拆卸和维护

混凝土强度达到 8Mpa 后即可拆除混凝土拱墙模板。模板拆除后，应进行浇水养护作业。维护期为 14 天。

5) 其他技术措施

① 严格控制从混合出料到进模的时间。温度 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 时不超过 1h，温度 $10^{\circ}\text{C} \sim 19^{\circ}\text{C}$ 时不超过 1.5h。冬季和雨季施工期间，应严格按照保障措施和规范执行混凝土搅拌、运输和浇筑。

② 脱模保养：每次脱模后及时保养模板台车：清洁模板，对变形和麻点表面进行翻新打磨，涂抹脱模剂

③ 衬里厚度、密实度及外观检测方法

内衬外观应视觉上光滑平整，无蜂窝麻点。截面尺寸、中心线、标高用钢尺结合经纬仪、水平仪测量，内轮廓必须符合设计要求。内衬厚度由雷达检查。混凝土回弹仪用于密实度检测，同时制作混凝土试件进行强度检测，并进行抗压强度试验。

4.2.5 防水排水施工

隧道防水主要利用混凝土的自防水能力，混凝土的抗渗等级不得低于 P10（王庄隧道）和 P12（团月山隧道）。拱墙后设置复合防水卷材，防水板厚度为 1.5mm。隧道变形缝采用外贴橡胶止水带+中埋钢边止水带+内沿双组份聚氨酯密封胶填缝（不小于 5cm）+聚乙烯硬泡板填缝间防水，隧道施工接缝采用外接橡胶止水带+中埋钢边止水带。

4.2.5.1 系统排水管布置

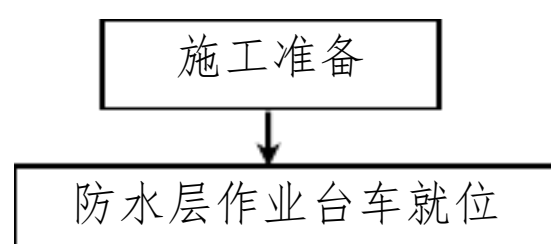
（一）环向排水盲管的安装

首先，在喷射混凝土表面上定位和划线。线路布置原则上按设计进行，但要根据洞壁实际渗水情况进行适当调整，尽量通过喷射混凝土层的低凹处和出水点。沿线路两侧钻定位孔，定位孔间距 30-50cm，将膨胀螺栓打入定位孔内，用铁丝将环形盲管定位在膨胀螺栓上，见流程图排水盲管布置。在集中出水口沿水源方向钻孔，然后插入单根死水导流管，并用速凝砂浆密封周边，使地下水集中流出管道。方式。

（2）垂直排水盲管的安装

根据设计位置，在侧壁底部测量死管设置线，沿线钻孔，打入膨胀螺栓，安装纵向死管，用夹子夹住死管，固定在膨胀螺栓上。

4.2.5.2 隧道防水排水工艺流程如下图所示



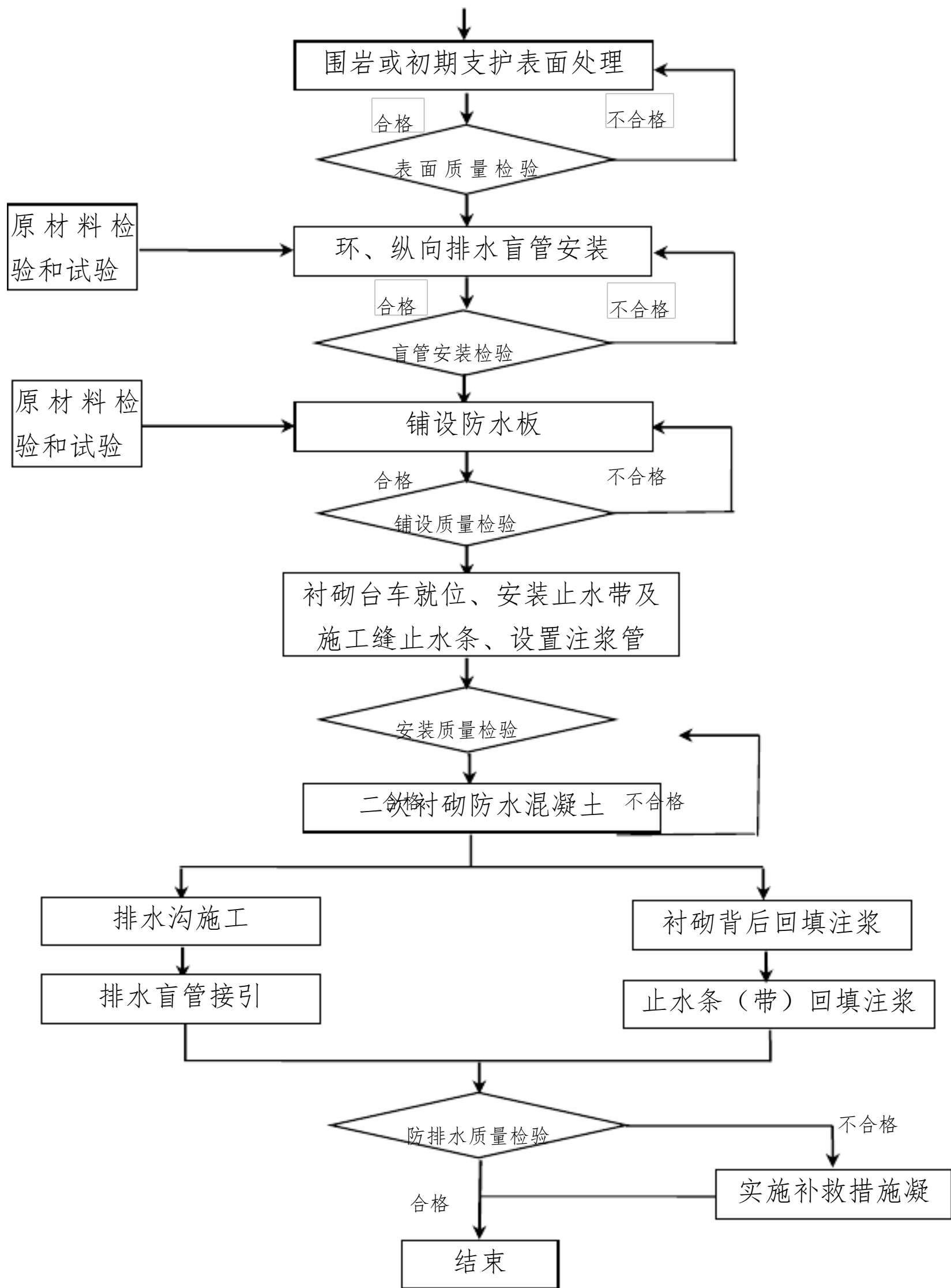


图 4.2.5. 隧道结构防水排水施工工艺流程

4.2.5.3 基面处理基面处理主要处理初始支撑面的漏水、外露突起和表面不平整等问题。

1、基面渗漏处理，采用灌浆堵水或埋排水管将水直接排至边沟，保持基面无明显漏水；

2、剪掉暴露在初始支撑混凝土表面的螺栓头、钢筋尖端等硬物。

(1) 对于钢网等凸出部位，先剪断，再用锤子敲碎砂浆素灰。

(2) 对于突出的管道，用砂浆抹平。

(3) 当螺栓上有突出部分时，在螺丝头顶部预留 5mm，并用塑料帽将其切断。

3、处理初始支撑面的不平整，使混凝土表面光滑，凸凹面满足 $D/L \leq 1/6$ (D 为两个凸凹面之间的凹入深度， L 为距离在两个凸面和凹面之间)。

4、基面处理质量检验

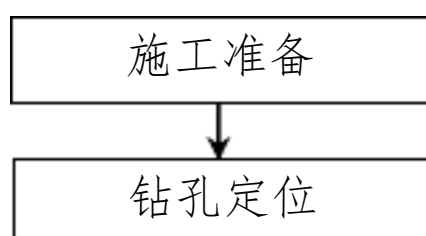
间隙检测是用全站仪等仪器进行，检查支撑断面是否符合设计尺寸，每 10 米检测一个断面。

初始支撑面应平整，无空洞、裂纹、脆性。用 2m 尺检查表面平整度，其平整度应 $\leq 20\text{mm}$ 。

4.2.5.4 盲排水管施工

排水死管包括环形排水死管、纵向集水死管和水平排水死管。三者由三通相连，形成完整的排水系统。其中，竖向排水盲管是整个隧道排水系统中的一个中间环节，起到承前启后的作用，是关键环节。

环向和纵向排水盲管施工主要包括钻孔定位孔、地脚螺栓安装、盲管铺设安装等，施工过程如下图所示。



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/627131154151010004>