

溜筒河大桥及连接线等县乡公路复建工程

芭蕉隧道

实施性施工组织设计



业 主：溪洛渡水电站雷波库区大中型水电站
复建项目服务中心

监 理：四川国际工程监理有限公司

承 包 人：江西省路桥工程集团有限公司

编制日期：2013 年 09 月 01 日

溪洛渡水电站雷波库区等县乡公路复建工程

芭蕉隧道

1. 编制根据

- 1.1. 两桥一路协议文件。
- 1.2. 芭蕉隧道施工图设计图。
- 1.3. 公路隧道施工技术规范（JTG F60-2023）。
- 1.4. 公路质量验收原则、技术安全规则及有关要求。

2. 工程概况

2.1. 概述

金沙江溪洛渡水电站是金沙江下游河段水电梯级开发中的一座特大型水电站，坝址位于四川省雷波县和云南省永善县接壤的溪洛渡峡谷，距两县城分别为 20km 和 7km。水库总库容 122.3 亿 m^3 ，正常蓄水位 600m。装机容量 12600MW，近期年发电量 573.5 亿 $kW \cdot h$ ，是国家规划的“西电东送”的主要电源基地，兼有拦沙、防洪、改善下游航运的作用。溜筒河大桥及其连接线工程为溪洛渡水电站复建工程，公路等级为四级公路，路线全长 3.508km。实际施工中，溜筒河连接线 K0+000~K0+649 段边坡局部发生垮塌，路基上方发生较大拉裂缝，考虑到边坡卸载及边坡防护工程量较大，安全性得不到确保，对该段路线采用隧道方案进行优化设计，改隧道方案路线起点桩号 K0+000，终点桩号 K0+766.294，设计路线长 766.294m，其中隧道长度为 605m。

2.2. 隧道构造形式

隧道设计净宽 3.5×2 米，净高 4.5 米

，衬砌构造：采用复合式衬砌，以锚杆、湿喷混凝土（挂钢筋网）等为早期支护，辅以钢拱架、注浆小导管等为支护措施，二次衬砌采用 C25 砼，仰拱模砼采用 C25 砼，用 C15 片石混凝土填充。

2.3. 地貌与地质情况

隧洞洞口上部基岩裸露，岩体破碎，易产生倒塌。隧道进口处出露地层为寒武系泥质灰岩，岩层产状为 $290^{\circ} \angle 30^{\circ}$ ，发育 1 组裂隙（节理），I 组裂隙，产状为 $15^{\circ} \angle 72^{\circ}$ ；边坡坡向 72° ，自然坡角 32° ；隧道出口处出露地层为寒武系泥质灰岩，岩层产状为 $285^{\circ} \sim 320^{\circ} \angle 20^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ，发育 1 组裂隙（节理），I 组裂隙，产状为 $25^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ；边坡坡向 73° ，自然坡角 29° 。岩层倾向与自然边坡走向一致，倾向相反，属稳定构造；I 组裂隙与自然边坡走向、倾向均相同，倾角不小于坡角，属稳定构造。隧道进出口段为 II 类围岩，洞身以 III、IV 类围岩为主，隧道进出口处于偏压状态。

2.4. 气象、水文

隧址区地势高差悬殊，气候垂直变化明显，库周区域属于亚热带干热气候。据坝址附近的永善气象站、雷波气象站和中兴场气象站资料，数年平均气温为 $12.0^{\circ}\text{C} \sim 19.7^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温 $34^{\circ}\text{C} \sim 41^{\circ}\text{C}$ ，出目前 6~8 月，极端最低气温 0.3°C ，出目前 12~1 月，无霜冻现象。数年平均降水量 $586.3 \sim 851.2\text{mm}$ ，主要集中在雨季 4~10 月，占整年的 $90.37 \sim 96.55\%$ 。数年平均年蒸发量 2139.0mm ，数年平均相对湿度 67%，平均风速 3.0m/s 。库区暴雨多集中在 6、7、8 月，最大一日降雨量可达 100mm ，在暴雨中心区往往触发滑坡复活和泥石流暴发，是不良物理地质现象发生的主要诱发原因。隧址区冲沟仅在雨季有汇集的地表水流，其他季节干涸无水。根据地质调查，隧道洞体

埋深范围内未见地下水。

2.5. 地震烈度

地震烈度为Ⅶ度。

2.6. 主要技术原则

公路等级：四级双车道。

设计荷载：公路Ⅱ级。

设计行车速度：20Km/h。

行车道宽度： $2 \times 3.25\text{m}$ 。

2.7. 主要工程数量

芭蕉隧道洞口部分工程数量表

材料种类	石方开挖（明挖）	土方开挖（明挖）	洞门 C25 砼（含墙帽、侧墙）	洞门 C15 片石砼场地回填	HRB335 钢筋	洞口边坡喷砼（C20）	砂浆锚杆（Φ22，L=4.0m）	砂浆锚杆（Φ25，L=4.5m）	自进式中空锚杆（Φ25，L=6.0m）	钢筋网（Φ6.5）	M7.5 浆砌片石截水沟	SNS 防护系统（FSS-PD-500 型）	大理石	装饰漆	拱顶回填粘土隔水层	拱顶回填土石	回填 C15 片石砼	M7.5 水泥砂浆防水层
单位	m³	m³	m³	m³	kg	m²	根	根	根	kg	m³	m²	m²	L	m³	m³	m³	m²
数量	2100	400	340	80	498	550	140	172	65	1146	48	210	41.5	16	60	192	188	130
材料种类	C25 混凝土外边墙	拱墙模砼衬砌（C25）	仰拱模砼（C25）	模筑砼 HPB235 钢筋	模筑砼 HRB335 钢筋	仰拱填充 C15 片石砼	EVA 防水板+无纺布	Φ100 双壁波纹管	Φ100PVC 泄水管	石方开挖（洞挖）	注浆小导管（Φ42，L=4.5m）	喷砼衬砌 C20 砼	Φ22 砂浆锚杆，L=2.5m	钢筋网（Φ6.5）	型钢钢架			
															I18 工字钢	纵向连接钢筋 Φ22	锁脚锚杆（L=3.0m）	
单位	m³	m³	m³	kg	kg	m³	m²	m	处	m³	根	m²	根	kg	kg	kg	根	
数量	336	154.4	63.1	2871	19956	85.2	265.5	93	12	702	125	65.0	262	689	7604	582	115	

隧道洞身部分工程数量表

材料种类	石方开挖（洞挖）	锚杆			格栅钢架					型钢钢架					
		Φ 22, L=2. 5m	Φ 22, L=3. 0m	Φ 22, L=3. 5m	HPB235 钢筋	HRB335 钢筋	型钢（含 连接角钢、 垫槽钢）	螺栓、螺 母	锁脚锚 杆	I16 工 字钢	I18 工字钢	钢板	螺栓、 螺母	纵向 连接 钢筋 Φ 22	锁脚 锚杆
单位	m³	根	根	根	kg	kg	kg	kg	根	kg	kg	kg	kg	kg	根
数量	40310	4187	4755	1264	1678	96585	14569	1859	1554	24322	129767	20236	3020	17889	2603
材料种类	喷砼衬砌 C20 砼	喷锚支护钢筋网（HPB235）	拱墙模砼衬砌(C25)	仰拱模砼(C25)	模筑砼 HPB235 钢筋	模筑砼 HRB335 钢筋	仰拱填充 C15 片石砼	水泥砼路面面层（厚 23cm）	路面基层 C20 砼（厚 12cm）	HPB235 钢筋	HRB335 钢筋	传力杆	拉杆	路面标线	隧道轮廓标
单位	m³	kg	m³	m³	kg	kg	m³	m²	m²	kg	kg	kg	kg	m	个
数量	2510. 6	26791	4999. 2	1531. 2	6762	80914	2660. 5	3932. 5	3932. 5	643	100	1388	977	1210	60
材料种类	突起路标	Φ 50HDPE 单壁波纹管盲沟（纵向）	Φ 50HDPE 单壁波纹管盲沟（环向）	Φ 50HDPE 单壁波纹管盲沟（横向）	Φ 100HDPE 单壁波纹管盲沟（纵向）	排水沟	Φ 100PVC 泄水管	EVA 防水板+无纺布	651 型橡胶止水带	遇水膨胀橡胶止水条	超前锚杆（Φ 25, L=4. 5m）	注浆小导管（Φ 42, L=4. 5m）			
单位	个	m	m	M	m	m	处	m²	m	m	根	根			
数量	80	1210	1108	78	1210	1210	30	11542. 7	250	1750	500	2371			

3. 建设、设计、监理及施工单位

建设单位：溪洛渡水电站雷波库区大中型水电站复建项目服务中心

设计单位：成都勘测设计研究院

监理单位：四川国际工程监理有限公司

施工单位：江西省路桥工程集团有限公司

4. 总体施工布署

4.1. 施工准备

4.1.1. 施工平面布置

隧道出口右侧 K0+670 处设拌和站，K0+730---K0+850 处搭设施工用活动板房，设现场办公室、生活区、材料库等。高压电由项目部安装到施工现场，变压器设在出口右侧。空压机房、蓄水池布置在隧道出口右侧，弃渣场设在 K0+800 路线左侧米处。

详见“芭蕉坡隧道平面布置图”（附图 01）。

4.1.2. 临时工程

4.1.2.1. 施工便道

施工便道利用已基本完毕的根本路基，及原有便道。

4.1.2.2. 施工用水

利用隧道出口右下侧金沙江水源泵送至蓄水池，然后利用增压水泵抽水形成高压水送到施工作业面。生活用水使用项目部水管引水处理。

4.1.2.3. 施工用电

使用项目部架设的施工高压线路引至隧道出口右侧处的 630kVA 变压器，供给隧道施工用电；另配置 1 台 50kW 发电机以备用。

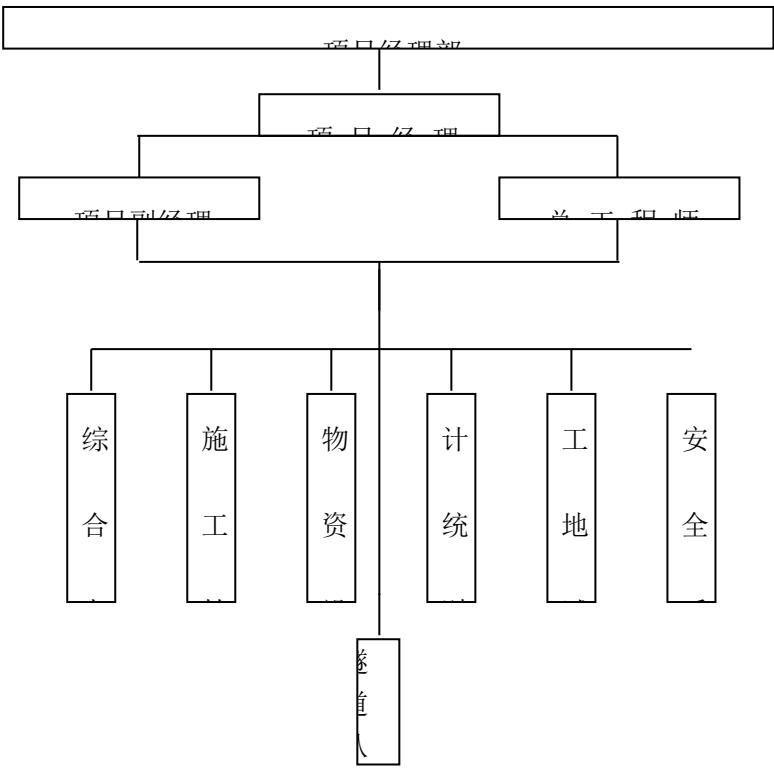
4.1.2.4. 临时通讯

工程队采用移动 ，进行对外通讯联络。并配置对讲机，以便隧道洞内外进行联络。

4.1.3. 组织机构及任务划分

4.1.3.1. 组织机构

拟为承包本协议工程设置的组织机构图



阐明：

- 1、项目经理：本工程实施项目经理责任制，由项目经理全方面负责本协议段工程的施工管理、进度、质量、投资等工作，项目经理直接对总企业负责。
- 2、总工程师：对工程实施过程中的质量、技术负全责，制定、落实质量、安全、工期管理目的、技术规章制度。

3、施工技术部: 负责各分部分项工程实施性施工组织的设计与实施, 对协议工程从试验、质检、测量、施工等方面进行详细控制, 并为现场施工提供技术服务, 全方面实施并完毕多种计划任务。

4、物资设备部: 负责全部工程机械设备的使用、维修与调配以及劳动力的组织安排工作; 负责工程材料的采购、验收、供给及其结算工作。

5、计统财务部: 负责项目的计划安排工作, 以计划指导施工, 同步不断修正计划, 为施工服务; 负责项目的计量、结算以及协议管理工作; 负责施工技术资料归档工作; 负责工程资金的计划、筹备、调拨、使用, 做好项目的成本核实工作。

6、安全质量部: 负责工程的全方面质量管理, 建立健全质量确保体系, 落实质量管理目的, 对协议工程从原材料供给、工序质量、分部分项工程质量等进行检验、控制、评估; 负责工地安全工作, 制定多种安全规章制度, 并予以检验、落实, 负责职员安全教育工作, 对工地现场安全与生产安全负全部责任。

7、工地试验室: 负责全标段试验工作。

8、综合办公室: 负责文书处理、征地拆迁以及工程建设中的环境保护工作, 并协调与地方的关系。

4.2. 劳动力安排

劳动力配置表

序号	工 种	数量(人)	进场时间	备注
1	爆破工	2		
2	风枪手	18		
3	喷锚工	8		

4	钢筋工	8		
---	-----	---	--	--

5	电焊工	4		
6	砟 工	5		
7	模板工	4		
8	修理工	2		
9	电 工	2		
10	多种台车司机	4		
11	装载机司机	2		
12	挖掘机司机	2		
13	空压机司机	1		
14	拌合机司机	1		
15	砟输送泵司机	1		
16	测量人员	3		
17	试验员	4		
18	安质员	3		
19	管理人员	14		
合 计		88		

4.3. 材料供给方式及起源和组织计划

4.3.1 按照“提前准备、略有富裕、确保供给、加速资金周转、做到工完料尽”的原则，根据总工期、各分项工程工期安排和工程量情况，拟定每月材料使用计划，及时报送有关部门作为材料领取、采购、供给的根据。材料供给拟计划如下：

4.3.2 水泥拟采用宜宾筠连水泥

，由厂家直接送货到施工现场；钢材采用成都达钢、四川攀钢提供的产品，其运送方式与水泥相同；砂、石等材料，根据试验成果就地取材加工；雷管、炸药等民爆物品按照《民爆物品管理要求》进行采购、运送、储备和使用。

4.4. 施工机械配置计划

机械配置计划表。

序号	名称	规格/型号	单位	数量	进场时间	备注
1	风钻	YT-28	台			
2	风镐	G10A	台			
3	20m3 电动空压机	XP900E/135KW	台			
5	多功能台架		台			
7	射流风机（22KW）	DKJ-N010	台			
8	装载机	ZL50C	台			
9	红岩自卸汽车	8t	台			
10	砼输送泵	HBT-60C	台			
11	衬砌台车	L-12m	台			
12	砼搅拌站	JDY750	台			
15	砼湿喷机（11KW）	TK961	台			
17	注浆机（5.5KW）	ZJB（BP）30	台			
18	混凝土运送车（6m3）	XZJ5057	台			
20	挖掘机	PC200-6	台			
24	发电机	50KW	台			

25	抽水机 (80m ³ /h) M3m	D46-30*5	台			
----	----------------------------------	----------	---	--	--	--

26	钢筋加工设备		套			
27	交流电焊机	DX-400	台			
28	切缝机	QGR500	台			
29	刻纹机	KW-500	台			

5. 工程特点

5.1. 浅埋软弱围岩

隧址区岩性多寒武系泥质灰岩，多夹泥灰岩、页岩等。部分基岩裸露，构造涣散，裂隙较发育，因为岩体层面与裂隙相互切割，部分岩体严重松动，有的危岩体仅有底面与斜坡基岩接触，周围临空，易产生倒塌现象。隧道进出口为浅埋段，围岩厚度约为 0—20 米。根据设计资料围岩类别低，易坍塌，成洞困难，需采用小导管注浆固结处理。

5.3. 工程难点

隧道进出口段设计为半明挖半暗开挖段。属于偏压隧道，且偏压力较大，且隧道进出口 II 类围岩开挖支护是施工难点。

4.4. 施工顺序

隧道从出口端单向掘进贯穿。芭蕉隧道总体施工顺序如下：

施工准备→半明半暗隧道及洞门施工→洞身开挖及支护→仰拱及填充→二次衬砌→洞内装饰→路面

4.5. 分项施工顺序

4.5.1. 半明半暗隧道施工顺序

反压挡墙施工→明挖段施工→山体平台开挖→钢架格栅施工→模板安装

→浇筑混凝土→洞顶回填

4.5.2. 洞门施工顺序

挖基→洞门墙施工（含锁口圈梁）→挡墙→边沟、截水沟

4.5.3 洞身开挖、支护作业施工顺序

4.5.4 类浅埋围岩

导管预注浆超前支护→双侧壁导坑开挖→锚、喷、网、钢格栅联合支护→
开挖中洞关键土→临时钢支撑→拱部锚、喷、网、钢格栅联合支护→拆除临
时钢支撑→出碴

5.5.5、V级围岩

超前小导管注浆加固围岩→上部断面台阶法开挖→锚、喷、网、钢格栅
联合支护→出碴→下部开挖→出碴→锚、喷、网、钢格栅联合支护

5.5.6、IV级围岩

上部断面台阶法开挖→出碴→锚、喷、网、钢格栅联合支护→下部开挖→
出碴→锚、喷、网、钢格栅联合支护

5.5.7、III级围岩

上部断面台阶法开挖→清危→爆破效果检验→出碴→视情况支护→下部
断面台阶法开挖→清危→爆破效果检验→出碴→视情况支护

5.5.7、 衬砌施工顺序

5.5.7.1、V、IV级围岩有仰拱断面

仰拱开挖→仰拱早期支护→仰拱混凝土施工→隧底填充→墙基以上衬砌
断面施工→电缆槽、水沟施工

5.5.7.2、III级围岩无仰拱断面

衬砌台车就位→防水层施工→安装模板→浇筑混凝土→拆模→养生

5.5.8、洞内路面施工顺序

现场清理→砼整平层施工→养生→砼面板施工→养生

5. 施工进度计划

本工程施工工期安排为 6 个月，即 2023 年 9 月动工至 2023 年 3 月竣工。

6. 采用的施工措施及技术

- 1、锚喷支护加固成洞面及防护洞顶仰坡的措施和技术。
- 2、小导管超前注浆及中空注浆锚杆超前支护。
- 3、实施分部施工，预裂可控弱振爆破、光面爆破施工措施及技术。
- 4、利用系统中空注浆锚杆、砂浆锚杆、U 型钢支撑、锚喷砼进行围岩的加固的施工措施及技术。
- 5、从工程地质总体稳定及安全进行施工程序安排的系统工程措施和技术。

7. 半明半暗隧道施工方案及措施

7.1、施工方案

首先开挖并施作洞口边仰坡截水沟，以截排地表水，截水天沟开挖线距倾坡边沿不小于 5m，沟底纵坡不小于 3%，排水沟与路基排水系统相衔接。

因为山体岩石整体稳定性比较差，在实际施工中，明挖部分开挖完毕之后，将接近山体一侧开挖成平面顶面作为早期支护的一种支撑点，立即用钢格栅和模筑混凝土进行支护，使早期支护和山体共同形成一种封闭环，混凝土达成设计强度后，立即进行回填，达成抵抗山体偏压的作用。施工时首先将明挖部分逐段开挖支护完毕并进行回填，然后再进行暗挖施工。暗挖采用上下台阶法开挖，采用钢格栅喷射混凝土进行支护。待围岩变化趋于稳定后，立即进行混凝土衬砌。

7.2、施工措施

7.2.1. 反压挡墙施工

7.2.1.1、靠隧道壁一侧墙身按 1:0.35 放坡开挖。

7.2.1.2、施作反压挡墙，墙身断面尺寸，墙顶宽 0.5m，挡墙高度 10.529m，面坡为 1:0.3，。

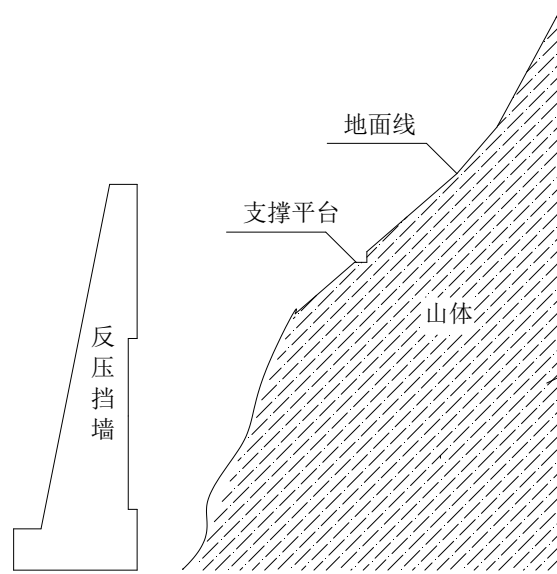
7.2.1.3、测量放线，施作反压挡墙，反压挡墙采用 C25 砼施作。用全站仪精拟定出墙身位置。

7.2.2. 明挖开挖

右侧明挖部分采用人工配合挖掘机开挖，顺序开挖洞身左半部，遇有岩石，放小炮开挖。

7.2.3. 修筑支护平台

采用人工风镐进行开挖 50cm 宽台阶，用作早期支护的支撑平台，用砂浆进行找平，预防早期支护受力不均。作业时注意观察岩体，施工人员系好安全带，禁止上下交叉施工，确保施工安全，如下图所示。



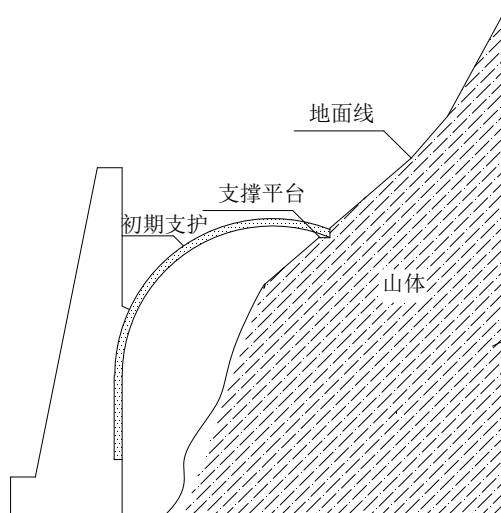
支撑平台施工图

7.2.4. 明挖部分早期支护

7.2.4.1、对明挖部分进行早期支护，纵向每间距 0.6m 安装型钢钢架，环向每间距 0.4m 焊接 $\Phi 22$ 连接筋，与钢筋网及锚杆焊接在一起，预防钢架倾覆。

7.2.4.2、模筑 C25 砼浇筑, 进行早期支护，形成半个封闭环。

7.2.4.3、回填 C15 砼到拱顶，再用土石回填 1.5m 最终铺 0.5m 厚粘土隔水层。如下图所示



明挖部分早期支护施工

7.2.5 右侧暗挖部分开挖支护。

暗挖部分采用上下台阶法施工。

7.2.4.1、测量放线，用全站仪精确拟定出超前导管的打入位置，采用风枪钻孔，注浆机注浆。

7.2.4.2、开挖，采用光面爆破施工，正台阶法预留关键土开挖，开挖进尺每循环不小于 0.5m。顺序开挖洞身左侧，开挖至起拱线标高。

7.2.4.3、支护，拱部边墙挂 $\Phi 6.5$ 钢筋网片，按梅花形 $0.6 \times 1.0\text{m}$ 布置方式打 $\Phi 20$ 中空锚杆，长 3.5m 注水泥浆。

7.2.4.4、环向每 1m 焊 $\Phi 22$ 连接筋。

7.2.4.5、施作临时支护，用型钢与右侧钢格栅连接在一起，采用焊接。

7.2.4.6、施作早期支护，喷射 C20 砼厚 0.3m，形成封闭环。

7.2.4.7. 洞口与半明半暗隧道同步施工同步浇筑，确保洞门与洞身的整体性。

8、洞身土石方开挖方案及措施

8.1、开挖作业

8.1.1. V级围岩

8.1.1.1 V级围岩段地段，采用上下台阶法施工。开挖时考虑预留变量8CM，施工中切实遵照“早预报、勤量测、管超前、弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、紧衬砌”的原则。采用微震光面爆破或预裂爆破掘进，尽量降低超挖，减轻对围岩的扰动和破坏。

8.1.1.2、 V级围岩施工顺序

先超前支护（支护导管采用 $\Phi 42$ 超前小导管，长度4.5m，环向间距40cm，纵向间距300cm），后开挖并及时早期支护；开挖时应短进尺，弱爆破，每循环进尺不得超出1米；早期支护及混凝土施工应及时封闭仰拱。

8.1.2、 IV级围岩段

8.1.2.1. IV级围岩段地段，断面掘进分上、下台阶进行，开挖时考虑预留变量5CM，采微震光面爆破或预裂爆破，切实降低爆破对围岩的震动。

8.1.2.2、开挖时要短进尺、弱爆破，以减轻爆破振动对围岩的破坏，确保围岩的稳定，除渣采用侧卸式装载机装碴，自卸汽车运碴。除渣完毕后用 $\Phi 20$ 砂浆锚杆（长度2.5m，环向间距100cm，纵向间距120cm全断面梅花形布置）支护，网喷锚格栅钢架早期支护，循环进尺设计为2.0m。洞身开挖后，立即施作锚喷网格栅拱架早期支护，及时封闭围岩。

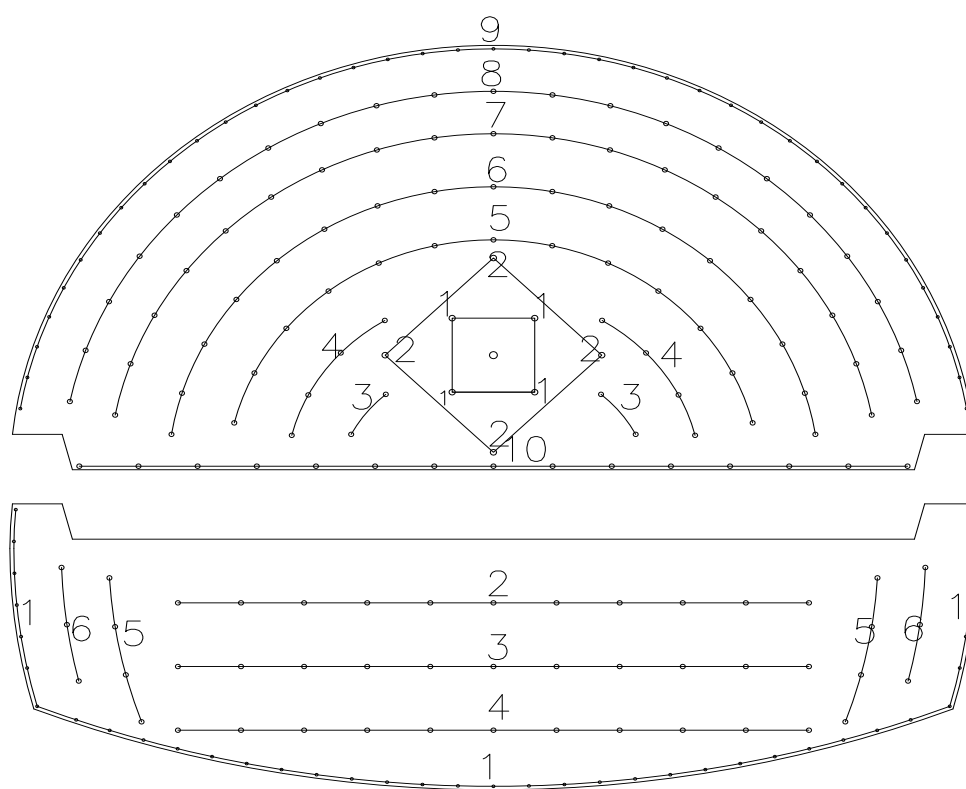
8.1.3、 III级围岩段

8.1.3.1、 III级围岩段，断面掘进分上、下台阶进行，开挖时考虑预留变量3CM， III级围岩比较稳定，开挖时可提升循环进尺，每循环设计进尺3m。

8.1.3.2、III级围岩喷锚与掘进平行作业，光面爆破开挖，锚喷网早期支护，待围岩变形基本稳定后，全断面施作二次衬砌，采用侧卸式装载机装碴，自卸汽车出碴，

8.2、钻爆设计

8.2.1、钻爆设计是隧道施工控制工期、确保开挖轮廓的关键。为了充分发挥围岩的自承能力，减轻对围岩的振动破坏，采用微振控制爆破技术，实施全断面光面爆破，并根据围岩情况及时修正爆破参数，达成最佳爆破效果，形成整齐圆顺的开挖断面，降低超欠挖。钻爆设计示意图如下。



芭蕉隧道钻爆设计示意图

8.2.2、爆破设计原则：一是炮孔布置要适合机械钻孔；二是提升炸药能量利用率，以降低炸药用量；三是降低对围岩的破坏，周围采用光面爆破，控制好开挖轮廓。对于IV、V级

围岩，考虑开挖线内的预留量，爆破后，机械凿除至开挖轮廓线；四是控制好起爆顺序，提升爆破效果；五是在确保安全前提下，尽量提升掘进速度，缩短工期。

8.2.3、 钻爆参数

III类围岩全断面开挖爆破参数表

项 目	爆 破 参 数
周围眼间距 E(cm)	65
周围眼抵抗线 W(cm)	80
相对距 E/W	0.8
装药集中度 (kg/m)	0.25
钻眼深度 (m)	2.7
堵塞长度 (cm)	40
装药构造 (周围眼)	间隔装药
起爆方式	非电起爆

IV类围岩台阶法开挖爆破参数表

项 目	爆 破 参 数
周围眼间距 E(cm)	45
周围眼抵抗线 W(cm)	60
相对距 E/W	0.8
装药集中度 (kg/m ³)	0.2
钻眼深度 (m)	1.7
堵塞长度 (cm)	40
装药构造 (周围眼)	间隔装药
起爆方式	非电起爆

阐明：1. 单位药耗:0.5kg/m³

2. 单次起爆最大药量：14.4kg

3. V级根据实际情况合适调整。

4. 周围眼采用光面爆破。

8.3 钻爆作业光面爆破施工工艺流程

放样布眼→定位开眼→钻孔→清孔→联结起爆网络→起爆→洒水降尘埃→通风→瞎炮处理→爆破效果检验

采用钻孔台车架配手持式风动凿岩机钻孔，人工装药起爆。按照爆破设计进行钻眼、装药、接线和引爆。如围岩出现变化需要变更爆破设计时，由主管工程师拟定。炮孔的装药、堵塞和引爆线路的连接，均由考核合格的爆破工负责。

8.3.1 测量

测量是控制开挖轮廓精确度的关键。采用隧道断面激光测量仪进行断面和炮孔划线。每循环都由测量技术人员在掌子面标出开挖轮廓和炮孔位置。

8.3.2 定位开眼

采用钻孔台车钻眼时，台车与隧道走线保持平行，台车就位后按炮眼布置图正确钻孔。对于掏槽眼和周围眼的钻眼精度要求比其他眼要高，开眼误差要控制在 3~5cm 以内。

8.3.3 钻孔

钻工要熟悉炮眼布置图，要能熟练地操纵凿岩机械，尤其是钻周围眼，一定要丰富经验。钻孔时严格按照炮孔布置图正确对孔，以确保爆破质量。周围孔外插角 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ，炮孔相互平行，周围孔在断面轮廓线上开孔（在 II、III 类围岩地段，周围孔在断面轮廓线内 5~10cm 处开孔），周围孔对孔误差环向不小于 5cm。掏槽孔对孔误差不小于 3cm，其他炮孔开眼误差不小于 10cm。在钻眼过程中，应根据岩孔位置及掌子面岩石的凹凸程度调整炮眼程度，以确保炮眼底在同一平面上。

8.3.4 检验选用合格的爆破器材

在装药前做好爆破器材的检验挑选工作。以尽全力预防爆破中出现的盲炮。检选场合必须是选定的安全地点。

8.3.4

. 1、雷管检验：雷管有无破损，变形与导爆管（或脚线）的连接是否牢固，密封是否良好，导爆管是否变形，破损，管内是否缺药，有无进水或其他异物。电雷管的脚线有无破损或短路，折断。并用导通表检验雷管的桥丝是否通畅，检验仪表的工作电流必须不小于 30mA。

8.3.4.2、导爆索检验：索的粗细是否均匀，索是否受潮或遭油浸，色覆层是否散乱。

8.3.4.3、炸药检验：粉状硝铵药是否受潮，结块。2#岩石硝铵等含 TNT 的炸药还需要看是否变色（防止在阳光下暴晒）。乳化炸药应检验是否破乳，结了硬层。

做好以上检验，选用合格的爆破器材。

8.3.5 装药

钻完孔后，用高压风吹孔，经检验合格后装药。装药分片分组负责，自上而下严格按爆破设计要求的装药量、雷管段号“对号入座”。药应装到位，周围孔为不偶合装药。

8.3.6 堵塞

全部装药炮孔均需堵塞炮泥。堵塞用的炮棍不得使用金属棍，应使用竹木等材料。不可对炸药过份挤压或反复捣弄。注意保护好导爆管（或电雷管脚线），不可刺破，压扁，拧细，打折，并预防水或其他异物进入管内，堵塞长度按设计要求，至少不小于 40cm，要确保堵塞质量。

8.3.7 起爆线路连接

起爆措施为孔内微差。孔外用导爆索将雷管伸出孔外的导爆管全部连接起来。最终在总起爆点接上瞬发电雷管准备起爆。导爆管与导爆索的联接采用垂直搭接。若改用电毫秒微差雷管起爆，则以串连电路为好。全部接头要牢固且与地绝缘。连接时导爆管，导爆索、电线等应有合适的充裕量，以免拉断网路。

8.3.8 起爆

必须放出警戒，且现场确认安全后方可起爆。

8.3.9 爆后检验

放炮后，充分通风 15 分钟，并用水喷洒爆堆后施爆人员方可进入现场检验有无瞎炮（盲炮），危石冒顶等并及时处理。若发觉瞎炮，当先检验明原因，若是孔外线路损坏，修复后重新起爆。若是孔内部分出了问题，按“爆破安全规程”中“浅孔爆破的盲炮处理”方式处理。

8.3.10 瞎炮处理

发觉瞎炮，应首先查明原因，假如是孔外的导爆管损坏引起的瞎炮，则切去损坏部分重新连接导爆管即可，但此时的接头应尽量接近炮眼，如因孔内导爆管损坏或其本身存在问题造成瞎炮，则应参照《爆破安全规程》有关条款处理。

8.4 超欠挖控制

钻爆法开挖是否经济、高效，关键是控制好超欠挖，施工中将采用如下措施：

8.4.1 根据不同地质情况，选择合理的钻爆参数，选配多种爆破器材，完善爆破工艺，提升爆破效果。对于Ⅱ、Ⅲ类围岩，考虑开挖线内的预留量，爆破后机械凿到设计开挖轮廓线。实践证明此法对于光面爆破十分有效，可起到事

半功倍的效果。

8.4.2 提升画线、钻眼精度，尤其是周围眼的精度，是直接影响超欠挖的主要原因，所以要仔细测画中线高程，精确画出开挖轮廓线。

8.4.3 提升装药质量,杜绝随意性,预防雷管混装。

8.4.5 断面轮廓检验及信息反馈。了解开挖后断面各点的超欠挖情况,分析超欠挖原因,及时更改爆破设计,降低误差,配专职测量工检验开挖断面,超挖量(平均线性超挖)应控制在10cm以内。

8.4.6 建立严格的施工管理。在处理好超欠挖技术问题的同步,必须有一套严格的施工管理制度来确保技术的实施,为此从进洞前制定严格的奖罚制度,用经济杠杆来调动施工人员的主动性,造成人人关心超欠挖,人人为控制超挖去努力。

8.5 装碴运送

隧道洞内出碴采用无轨运送方式,侧卸式装载机装碴,自卸汽车运碴至弃碴场。为了提升出碴效率,缩短循环时间,确保安全,采用如下措施:

8.5.1 加强装运碴设备的维护保养,备足易损配件,发觉故障及时排除。

8.5.2 设专人养护道路,保持道路平整、无积水,定时铺碴维修。尤其雨季,设专人及时排除安全隐患。

8.5.3 加强洞内排水与照明,保持洞内有良好照明和路况。

8.5.4 加强通风,确保洞内空气新鲜。

8.5.5 弃碴场采用推土机平整,专人指挥倒碴。

8.5.6 教育司机遵守交通规则,控制行车速度,礼貌行车,禁止带故障行车和酒后驾车。

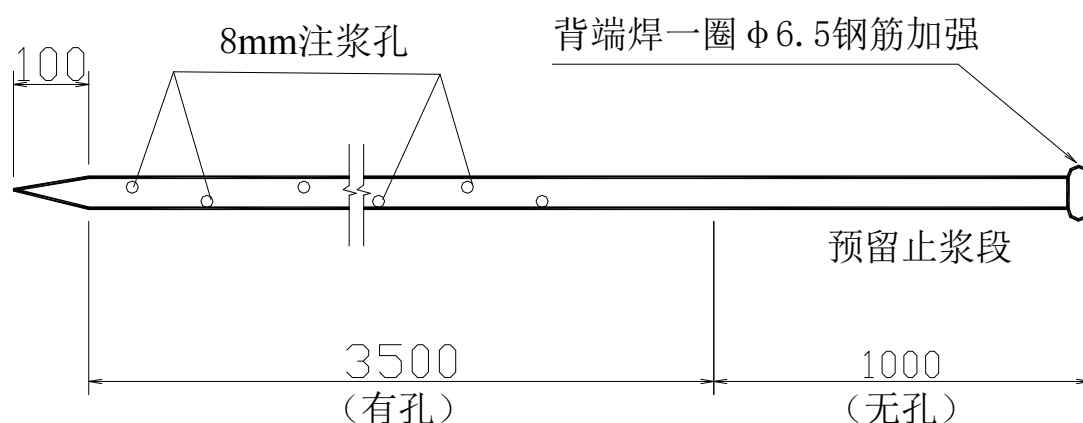
8.5.7 施工便道经常洒水,预防尘土飞扬。

8.6 支护施工方案及措施

8.6.1 超前注浆小导管支护

本隧道在V类围岩浅埋段洞口段采用 $\Phi 42$ 超前注浆小导管支护洞口第一环后来的洞内纵向每开挖3m施作一环超前注浆导管支护。支护拱部 120° 范围，采用直径42mm、长4.5m的热轧无缝钢管，环向间距40cm，纵向间距300cm，搭接长度150cm。

注浆前，应对开挖面及5m范围内的坑道喷射厚为50~100mm的混凝土或用模筑混凝土封闭。



注浆导管示意图

注浆压力 $P=0.5\sim 1.0\text{Mpa}$ ，必要时可在孔口处设置能承受要求的最大注浆压力和水压的止浆塞。注浆后至开挖前的时间间隔，视浆液种类宜为4~8h。开挖时应保存1.5~2.0m的止浆墙，预防下一次注浆时孔口跑浆。

8.6.2、超前锚杆支护

在IV类围岩深埋段采用 $\Phi 25$ 超前砂浆锚杆支护。支护拱部 120° 范围，锚杆每根长度4.5m，环向间距40cm，纵向间距300cm，搭接长度150cm。

8.6.3、早期支护施工方案及措施

8.6.3.1.

早期支护能迅速控制或限制围岩松弛变形，施工时严格按照有关规范和设计要求进行，早期支护参数如下表。

衬砌 型号	喷射 厚度 (cm)	锚杆			Φ 6.5 钢筋网		间距 (cm)		
		布置形 式	长度 (m)	间距 (cm) 环×纵	设置部位	间距 (cm)	I 18 型 钢拱架	I 16 型 钢拱架	4×Φ 25 格栅钢架
SP _{7.0}	25	梅花	3.5	100×60	拱墙	20×20	60	—	—
V _{7.0}	25	梅花	3.5	100×100	拱墙	20×20	100	—	—
IV _{7.0}	22	梅花	3.0	100×100	拱墙	20×20	100	—	—
IV _{7.0} ^B	22	梅花	3.0	100×100	拱墙	25×25	—	100	—
IV _{7.0} ^A	20	梅花	2.5	100×120	拱墙	25×25	—	—	120
III _{7.0}	10	梅花	2.5	120×120	拱墙	25×25	—	—	—

8.6.3.2. 喷射砼措施

喷射混凝土采用湿喷法。其工艺是将喷射混合料按实际水灰比加高效减水剂预拌成坍落度较大的塑性混凝土，用混凝土运送车送至受喷面，经过湿喷机与压缩空气混合后形成流态混凝土，在喷嘴口与计量泵压送的液态速凝剂形成料束，喷至受喷面。

8.6.3.3. 喷射前准备工作

8.6.3.3.1 检验受喷面尺寸，确保开挖面符合设计要求。

8.6.3.3.2 处理好岩面，拆除障碍物，必要时，安设工作台。

8.6.3.3.3 清除受喷面松动岩石及浮渣，并用高压风冲洗受喷面。

8.6.3.3.4 铺设钢筋网时先清除污锈。钢筋网与锚杆联结牢固，接头稳定。埋设控制混凝土厚度的标志。

8.6.3.3.5 作业区有良好的通风和足够的照明装置。喷射作业前，对机械设

备、风、水管路和电线路等进行全方面检验和试运转。

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/456104052023010152>