

粤赣高速公路龙祖山隧道洞口浅埋段施工

蔡业青, 林锋泉

(广东粤赣高速公路有限公司 河源市 517000)

摘 要: 粤赣高速公路龙祖山隧道左、右洞上陵端浅埋且为软弱的全风化花岗闪长岩地段, 施工采取了明、暗挖方案, 洞外采用套拱、护拱、钢花管注浆加固岩体以及对洞前边坡、洞口仰坡采用钢花管注浆加固措施, 洞内采用多台阶短开挖、加强支护、改变传统砂浆锚杆为注浆锚管等施工技术, 这些措施控制了全风化花岗闪长岩遇水崩解坍塌的地质病害, 成功地开通了浅埋软岩地段, 至今山体稳定, 隧道结构安全。

关键词: 隧道; 浅埋; 软岩; 施工技术

1 龙祖山隧道概况

浅埋隧道根据围岩的完整程度, 要求不同的洞顶覆盖层厚度, 见表 1。根据我国隧道调查资料, V 类以上围岩整体性好, 强度高, 一般不出现由于浅埋而失稳破坏的情况。通常在 I~IV 类围岩中设计浅埋隧道, 由于围岩自稳能力有限, 要考虑施工过程的辅助技术手段, 尤其是在施工初期, 由于围岩压力大、变形快, 极易产生坍塌, 因此, 针对具体情况采取相应的处理措施, 是浅埋隧道施工的关键问题。

表 1 浅埋隧道的条件	
围岩类别	覆盖层厚度
Ⅳ	$\leq (0.5 \sim 1.0)B$
Ⅲ	$\leq (1.0 \sim 2.0)B$
Ⅱ	$\leq (2.0 \sim 3.0)B$

注: 本表适用于少水或无水情况; 隧道上部为 2 种以上岩层时应综合考虑, 其覆盖层厚度不宜包括第四系地层; 表中 B 为隧道洞身开挖宽度, m。

龙祖山隧道位于粤赣高速公路南段广东省东源县灯塔镇境内, 为分离式单向行车双车道隧道, 左洞里程为 ZK86+210~ZK86+580, 最大埋深为 72 m; 右洞里程为 YK86+132~ZK86+600, 最大埋深为 62 m。

龙祖山隧道穿越地段属于低山丘陵地貌, 高度在 210~300 m, 相对高度约 80~100 m, 坡度 30°~40°, 植被较发育。进出口均有一废弃采石场, 基岩出露。洞身穿过岩体为花岗闪长岩, 大部分处于全、强风化带, Ⅱ类围岩约占总长的 55%, Ⅲ类围岩约占总长的 20%, IV 类围岩仅占 25%。全风化花岗岩呈粉土状, 遇水易崩解, 稳定性极差。本地区地震基本烈度为 4 度。

左线地表覆盖第四系坡残积土, 一般为 2~3 m, 下伏基岩为花岗闪长岩, 全、强风化层厚约 3~11 m, 出口端较薄, 岩层节理发育, 有 4~5 组, 岩体多呈碎块状。隧道进、出口岩体较破碎。

右线地表覆盖第四系残积粉土、填土, 厚 2~4 m, 洞口端覆土较厚, 上陵端进口覆土约 10 m, 大部分为人工填土。下伏基岩为花岗闪长岩, 全、强风化层厚 5~17 m, 岩层节理发育, 有 4~5 组, 岩体多呈碎块状。洞口地段未见弱风化及微风化层。

区内地表水主要接受大气降水补给, 以地表径流及蒸发的形式排汇, 季节变化大。隧道穿越地段地下水主要为基岩裂隙水, 由于花岗闪长岩节理裂隙发育, 为地下水的流通及排泄提供了较好的条件, 由于降水渗透补给, 枯水季节水量甚微, 雨季右线隧道地下水丰富, 多次出现泉水涌出。

收稿日期: 2005—08—12

的整治与对策[J]. 世界隧道, 1998, (1).

[27] 陈绍林, 李茂竹, 陈忠恕, 等. 四川广(安)—渝(重庆)高速公路华蓥山隧道岩溶突水的研究与整治[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(9).

[28] 吴应明. 气密性混凝土在瓦斯隧道中的应用[J]. 铁路建筑技术, 1995, (5).

2 洞口明挖、套拱固定、边坡加固

2.1 采用明暗挖并举开挖

上陵端左线隧道洞口，由于受路线线形控制，隧道从一沟谷中进洞，洞顶有一水塘，原设计洞口桩号为ZK86+235，明暗分界桩号为ZK86+259。根据现场实际情况，ZK86+259~ZK86+305段洞顶埋深约7~8 m，其中淤泥厚约4 m，下伏粘土3~4 m，洞口段处于全风化的花岗闪长岩中，风化层呈粉土状，施工时正逢雨季，风化边坡遇水崩解。因此，浅埋、特软岩（淤泥）地段开挖后，很难形成压力拱，同时沟中有不断流动的水，如果采取加固措施，更难以保证顶部稳定，因此决定将ZK86+259~ZK86+305浅埋段变更为明挖，暗洞变为明洞。

2.2 加固明挖段路堑边坡

隧道施工从2004年5月开始，正值雨季，因隧道洞口段为全风化的花岗闪长岩，呈粉土状，强度低，稳定性差，边坡有裂隙水出露，5月21日~23日降

大雨，左侧边坡坡脚受水浸泡，崩解发生坍塌，给隧道施工造成威胁。因此，对边坡采取反压回填至坍塌体顶部（坡顶以下1.0 m），将边坡坍塌地段顶部夯实并挂 $\phi 6$ 钢筋网，间距为20 cm \times 20 cm，喷射10 cm厚的C20混凝土。对边坡顶出现裂缝的地段采用 $\phi 42$ 钢花管注浆加固，钢管长4.0 m，间距为1.5 m \times 1.5 m，再喷10 cm厚的混凝土（原开挖后已挂网，喷C20混凝土厚10 cm）。

2.3 修筑明洞地段套拱

在暗挖变更为明挖后，边坡高达25~30 m，5月份又连降暴雨，在ZK86+220~ZK86+295段右侧边坡出现了较大范围的边坡开裂，局部还出现了坍塌。在暗改明地段，已锚喷加固的边坡又出现了裂缝，并有扩大的趋势，为确保边坡不再坍塌，且不影响明洞施工，确保工期，确定在ZK86+245~ZK86+285段设置40 m套拱，如图1所示，回填反压，控制边坡的继续变形。

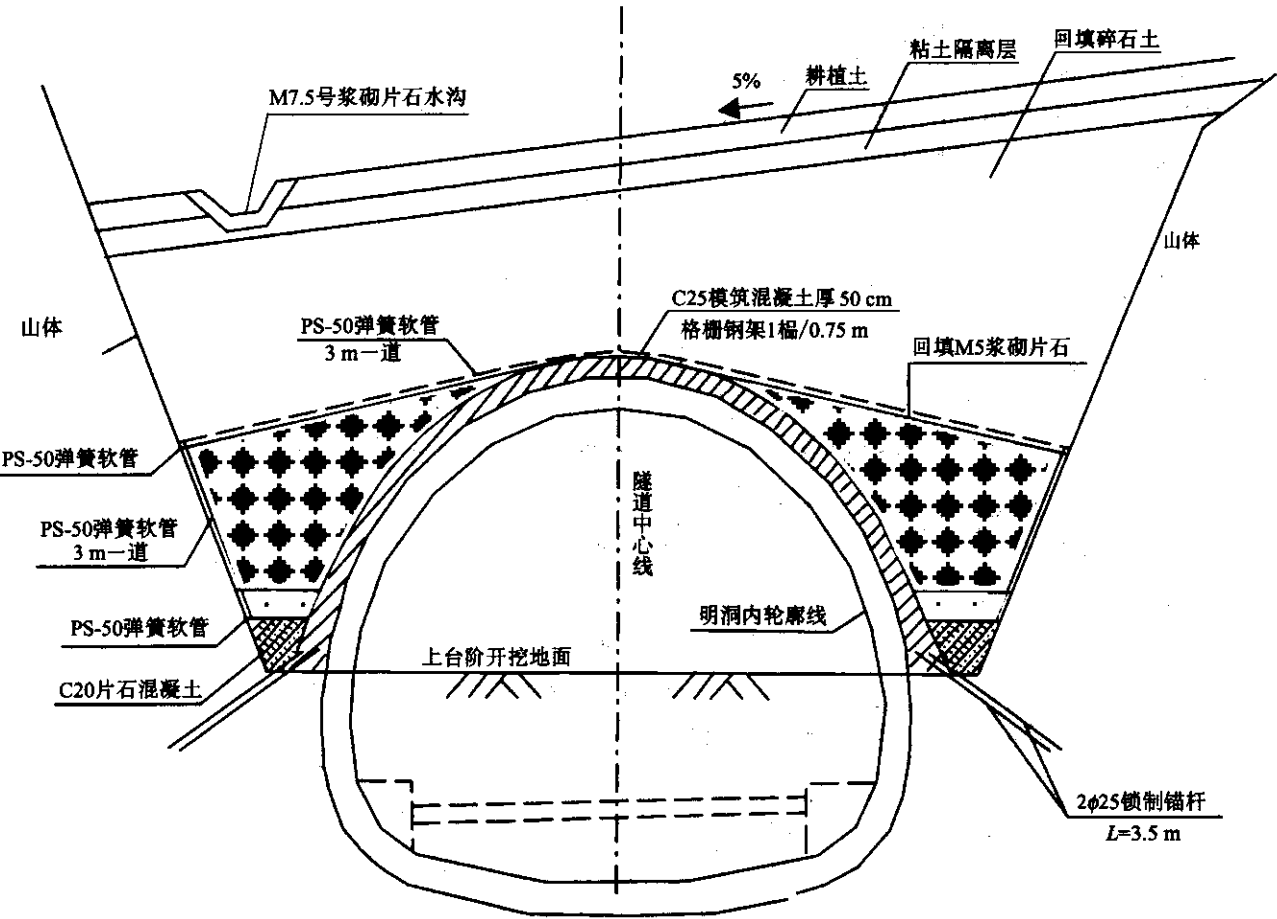


图1 左线明洞套拱

3.2 浅埋段洞顶地表加固

浅埋隧道通常位于软弱破碎、自稳时间较短的围岩中,在施工过程中往往出现拱部围岩受拉压连

通、拉裂破坏成为洞体稳定性的主要威胁。如果对变形控制不力,会造成冒顶大塌方。为了防止塌方,从地表对围岩进行预加固,见图 3 所示,其措施如下。

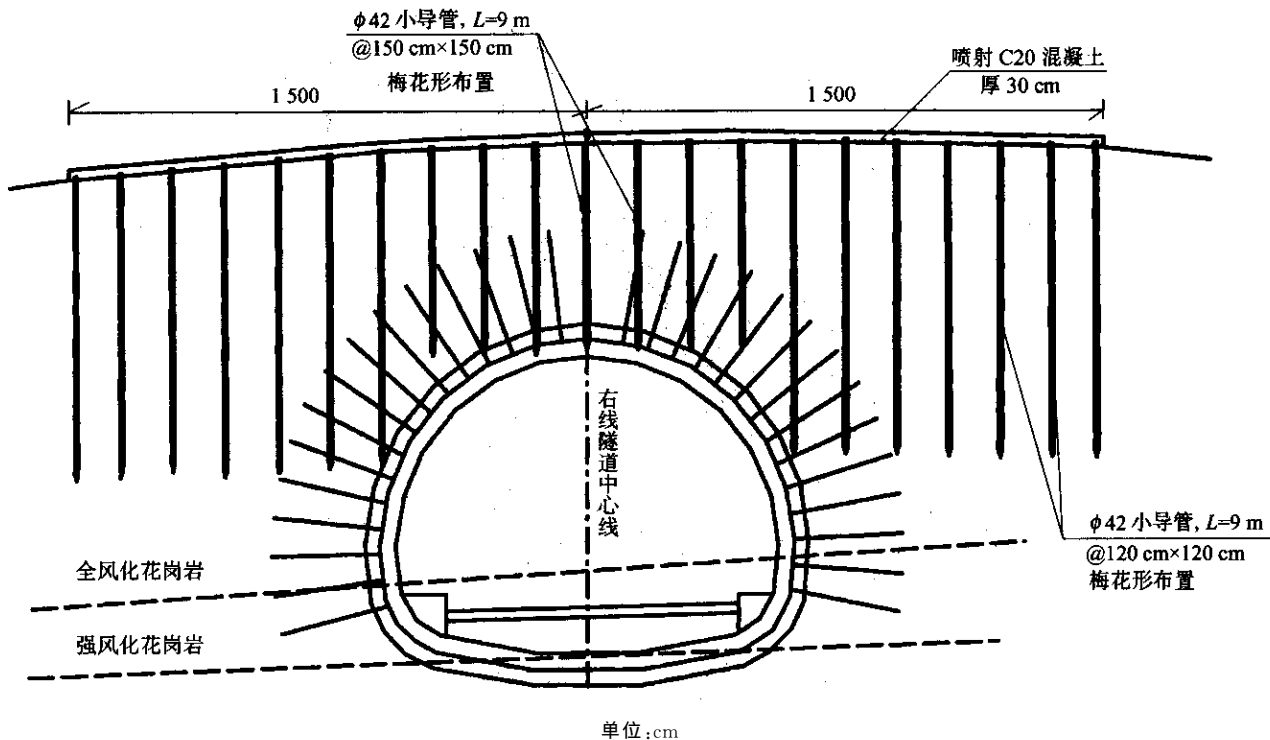


图 3 右线洞顶钢花管注浆

(1)从地表进行注浆加固的主要技术参数:采用 $\phi 42 \times 3.5$ 无缝钢花管,长 9 m,基本伸入拱部,间距为 $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,注水泥浆,以提高土体的物理力学指标,注浆压力为 1.2 MPa,并设止浆盘,止浆盘可起到护拱作用。

(2)洞顶特浅埋段(左侧拱腰外侧仅埋深 3.8 m),采用钢筋混凝土护拱,用 4% 的水泥土反压回填,见图 4 所示。

(3)完善洞顶排水系统,把原通过顶部的截水沟改变其排水方向,并用网喷防护沟槽,防止开裂渗水。

(4)切断通过洞顶的施工便道,防止重车碾压,破坏地表,以防止积水下渗破坏围岩的稳定性。

(5)设置地表变形及沉降观测点,加强监控量测,提供信息,以防不测。

3.3 洞内支护措施

浅埋段开挖后,洞顶下沉变形快,为了控制洞顶下沉,除在地表注浆加固山体围岩外,在洞内采取了短开挖、少扰动、强支护、勤量测、管超前、早封闭的施工措施,有效地控制了围岩松动变形,防止了塌方

的发生。其具体措施如下。

(1)开挖采用多台阶弧形导坑短开挖留核心土法,每次在上台阶(三个台阶)开挖 0.6 m,开挖后对所有开挖面(包括掌心面)先进行喷射混凝土,局部松散易塌处适当打锚杆进行临时封闭。

(2)加大钢架的支撑能力,采用刚度较大的 I20b 工字钢钢架,间距 0.5 m 一榀,每个台阶的钢架拱脚均设注浆锚管($\phi 42$ 小钢管)代替砂浆锁脚锚杆,以加固基底,提高基底承载能力,防止拱脚下沉。目的是保证拱圈的稳定性。

(3)以注浆锚管 $\phi 42 \times 3.5$ 无缝钢花管代替系统锚杆,长 3.5~4.0 m,加固开挖轮廓以外一定范围的围岩,形成一个承载拱圈,以减轻初期支护承受的山体压力。

(4)加强监控量测和超前地质预测预报,以便提前确定施工方法和对支护的加固措施。

3.4 支护结构早封闭

(1)初期支护每开挖 0.6 m 就设置一榀钢架,如果围岩变形快,就采用 CD 法,每个台阶均封闭成环,也就是每个台阶的钢架均高于临时仰拱,以抑制

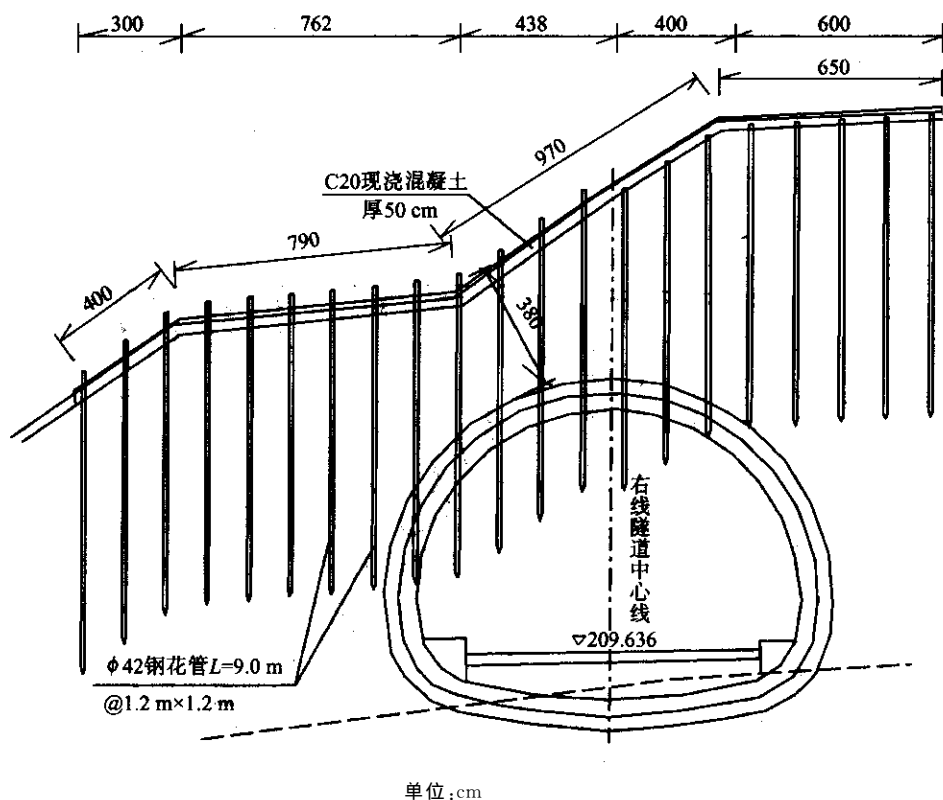


图 4 右线 YK86+177 的反压护拱

拱脚应力集中引起下沉。开挖采用超短台阶法,上台阶仅超前 3~5 m,上下台阶相距 15~20 m,下部台阶严禁对称开挖,严防钢架拱脚下沉,每个台阶钢架的施工均为一榀(开挖 0.6 m),减少其对围岩的扰动,对仰拱钢架要及时施做,形成闭合环,改善初期支护的受力条件。

(2)二次衬砌采取了紧跟的措施,二次衬砌的灌注,原则上是在围岩和初期支护变形基本稳定后才进行,使围岩、初期支护、二次衬砌形成一个整体结构。

实践证明,在软弱围岩条件下,初期支护的稳定是相对的,旱季和雨季相差较大,因为围岩类别受地下水的多少而影响其等级的划分。一般讲软岩地段地下水发育时,围岩类别就降一级。在雨季,由于雨水的渗漏,促使围岩的物理力学指标降低,山体压力增大,围岩变形加快。所以说在未下雨时初期支护可能是处于稳定的,一旦下大暴雨,由于围岩的等级降低,又发生新的变形,不少隧道初期支护在雨季遭到破坏就是这个原因。因此,在软岩及洞口浅埋地段在雨季施工时,一定要及时施做二次衬砌,不一定等待

初期支护变形处于稳定状态,这种状态还不一定会存在,因为变形是绝对的,如果及时施做二次模筑衬砌,定能保证洞体的稳定和安全。

(3)加强排水措施,疏通台阶上的水流,对排水沟适当用砂浆护壁,并严禁排水沟靠近拱脚,以避免软化拱脚基础,从而降低承载能力。

4 结语

龙祖山隧道上陵端左、右洞均处于浅埋地段,围岩完整程度低,地表条件复杂,分别采用了明挖、暗挖不同的方案,明挖方案配合洞口套拱、边坡加固措施,暗挖方案辅助于软岩加固和洞内支护手段。实践证明,所采取的方案是成功的,本隧道在2005年6月16日~26日经历了本地区百年一遇的特大洪水,至今山体稳定,隧道结构安全。

参考文献:

- [1] JTJ 042-94,公路隧道施工技术规范[S].
- [2] 铁路隧道新奥法指南[M]. 北京:中国铁道出版社, 1998.

文章编号: 0451-0712(2005)12-0213-05

中图分类号: U452.2

文献标识码: B

西藏协荣公路隧道设计

李进洲, 王晓东

(西藏交通公路勘察设计院 拉萨市 850001)

摘要: 西藏协荣公路隧道采用整体式断面, 主要介绍隧道的设计、环境保护、施工方法等特点。

关键词: 隧道工程; 设计; 环境保护; 施工方法

西藏拉萨~贡嘎机场公路改建工程项目包括拉萨河江麦大桥、嘎拉山协荣隧道、跨雅鲁藏布江贡嘎大桥的“两桥一隧”新建段和省道 S101 线旧路改建段共两段。协荣隧道工程是西藏拉萨~贡嘎机场公路改建工程项目的一部分。该项目位于拉萨河与雅鲁藏布江之间, 在协荣村西侧穿越嘎拉山。协荣隧道全长 2 437 m, 是西藏高原地区修建的第一条公路长隧道。

1 工程概况

1.1 隧址区自然条件

西藏协荣隧道位于西藏自治区拉萨市西南, 拉萨市曲水县与山南地区贡嘎县交界地带, 距拉萨市

约 50 km。隧道从北向南穿过拉萨河与雅鲁藏布江的分水岭嘎拉山。隧道进口位于拉萨市曲水县协荣村西侧, 隔拉萨河与国道 318 线相邻。

协荣隧道地处西藏高原, 隧道区内最大海拔高程为 4 330 m, 最低海拔高程为 3 576 m, 相对高差约 760 m。隧道区属于高原高山河谷地貌, 河谷深切, 呈 U 形, 河谷宽阔, 山坡陡峻, 自然横坡 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 植被极差。隧道所处地区属于高原温带干湿季节分明的大陆性气候, 日照时间长, 太阳辐射强烈, 气压低, 空气稀薄, 常年气温偏低, 昼夜温差大, 年温差小, 四季不分明。隧道区内年平均降雨量少, 为 348.9~620.8 mm, 全年降雨过程集中在 6 月~9 月之间; 年蒸发量大, 为 660~1 268 mm, 空气干燥。隧道区冬

收稿日期: 2005-08-02

Construction of Shallow-Buried Section of Longzu Mountain Tunnel Entrance on Yue-Gan Expressway

CAI Ye-qing, LIN Feng-quan

(Guangdong Provincial Yue-Gan Expressway Co. Ltd., Heyuan 51700, China)

Abstract: On the basis of the construction of the shallow-buried section of the Shangling end entrance of Longzu Mountain Tunnel on Yue-Gan Expressway, some construction methods are introduced, including open cut and covered cut methods, uses of lag arch and protection arch on the outside of the tunnel, steel pipe grout for stabilizing the round rock and slope, adopting much and short benches for the tunnel driving, strengthening bracing, and changing traditional mortar anchor rods into grouting anchor rods. The practice shows that the techniques control the devolution of the decayed granite and diorite, make the tunnel passes through the shallow-buried soft rock section successfully and ensure stability of the piedmont and safty of the tunnel structure.

Key words: tunnel; shallow-buried; soft rock; construction technique