

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

季干旱寒冷,多积雪冰冻,最大冻土深度 28 cm。隧道区的地震烈度为 7 度。隧道最大埋深约 550 m,根据地温梯度计算隧道最高温度为 21℃,对隧道施工没有影响。

1.2 工程地质条件

隧址区出露的地层主要有:第四系坡残积、冲洪积、坡崩积、风积层等,下伏基岩为第三系花岗闪长岩。冲洪积、坡崩积、风积层分布在洞口处拉萨河阶地之上,表层以含砾风积砂为主,其下为冲积砾砂和风积的细粉砂互层,地表上有植物生长,含水性较好,厚度较大。花岗闪长岩,灰白色,风化后呈灰黄色~铁锈色。中细~中粗粒或不等粒,似斑状或粒状结构,块状构造。主要矿物成分为碱性长石、斜长石、石英及暗色矿物角闪石、黑云母等。长石总含量在 60% 以上,其中碱性长石与斜长石之比为 1:3,石英含量在 15%~25%,暗色矿物总含量在 5%~15%。岩体中含有闪长岩包体,灰黑色,细粒结构,块状构造。包体大小不等,形状不一,与花岗闪长岩胶结紧密,局部见有冷凝边。岩体在北坡粒度较大,为中~中粗粒,含云母较多,脉岩发育,风化较强,高岭土化普遍。南坡则粒度较小,为中~中细粒,角闪石含量相对较多,脉岩发育较差,风化较弱,高岭土化较普遍。钻孔岩芯普遍较为完整,局部有高岭土化带。虽贯通节理不多,但局部存在节理密集带,一般节理间距在 3~10 cm,大者 30 cm 以上,节理宽度 1~3 mm,大者 5 mm 以上,多为白云石脉充填。此类岩性段经机械破碎后,岩芯多呈碎块状。

协荣隧道位于岗底斯—念青唐古拉板片南段岗底斯火山岩—岩浆弧带上,南临雅鲁藏布江缝合带北缘。区域活动构造带主要有:西部和亚东—羊八井—当雄活动构造带相距 80~100 km,东部和桑日—错那活动构造带相距 100 km,南临雅鲁藏布江活动断裂带。隧址区位于被活动断裂带(地震活动带)所包围的相对稳定的“安全岛”上,属于强地震带中的相对稳定区。但是,由于南侧雅鲁藏布江缝合带至今还在活动,使得隧址区岩体沿节理贯通面发生较轻微的扭动,节理得以拉张和延伸,在隧址区洞口南侧出现了与构造有关的 3 个较大张性节理。由于这些节理相互切割,在隧道施工中容易形成洞顶掉块或坍塌。

隧址区不良地质现象为风积砂、危岩落石及岩爆。风积砂在现有地形条件下对隧道建设影响较小;危岩落石可结合人工刷坡予以清除,对隧道施工也

没有影响;岩爆段对隧道施工有一定影响,应在施工时加强支护,做好防、排水工作。

1.3 水文地质条件

隧址区进口工区主要河流为拉萨河。拉萨河水流方向由东北向西南,在隧道西面汇入雅鲁藏布江,交汇处河床高程为 3 567 m。隧址区地下水主要由大气降雨及河水侧向渗透补给,主要表现为第四系孔隙水及基岩裂隙水,按照地下水富水性等级划分属于贫水区。

隧址区第四系堆积物厚度较小,且多发育在缓坡—沟谷地带,所含孔隙水量小,在沟谷低洼以泉或山涧间歇溪流形式排泄,对隧道影响较小。隧址区基岩裂隙水可分为风化裂隙水和构造裂隙水。风化裂隙水一般赋存于基岩弱风化带中,其性质与第四系孔隙水相似。构造裂隙水赋存于节理密集发育带、脉岩和侵入岩接触带,多呈带状或脉状。基岩裂隙水因其发育不均匀,对隧道施工有一定影响。

2 隧道设计

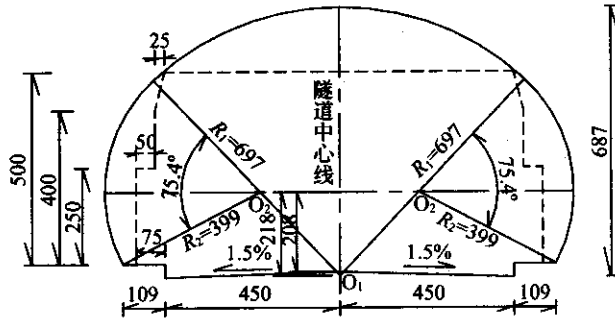
2.1 总体

协荣隧道平面线形设计以服从路线总体为原则。隧道平面线形为直线,进、出口条件均较理想。隧道进口位于拉萨河南岸、协荣村西侧,出口位于雅鲁藏布江北岸,隧道大致呈南北走向,全长 2 437.0 m。考虑到为减少高程损失、减缓隧道纵坡、方便运营等因素,隧道内纵向坡度总体上采用 1.15% 的单向坡,出口方向为下坡方向。为了与起讫点高程平顺接头,满足隧道进口端的接线纵坡应有一段距离与隧道纵坡保持一致的要求,隧道进口有很短的一段(80 m)设置了 1.43% 的上坡。

协荣隧道进、出口地段,路线基本与地面等高线垂直相交,仰坡较陡,地表植被极差。为了避免不当开挖引起洞口段病害,保护和美化洞口自然环境,依据早进晚出的原则,通过适当加接明洞的措施,将隧道进、出口位置分别设置在 K40+858 和 K43+295 处。

协荣隧道是拉萨~贡嘎机场公路的控制性工程,设计采用二级公路(预留远期一级公路条件),设计行车速度为 80 km/h 的标准,隧道路基宽度为 10.5 m (9.0 m+2×0.75 m),双向两车道行驶。设计交通量按预测远景年(2020 年)平均日交通量计 9 018 辆/d(中型车)计,路面基本照明亮度为 3.0 cd/m²,CO 允许浓度不超过 150 ppm,烟尘允许浓度为 0.007 5 m⁻¹。隧

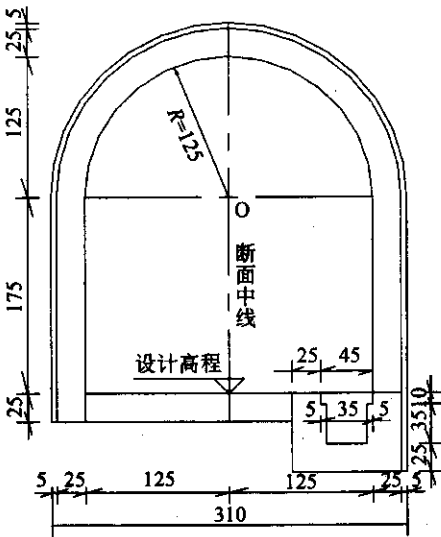
道内轮廓断面的确定,除了应满足建筑界限的要求外,还考虑了通风及隧道内其他运行设施所需的空
间,同时还对结构的受力、施工难度、工程造价和美观舒适等诸多因素进行了比较分析,本着断面利用
率高、结构受力合理的原则,确定隧道内轮廓采用曲
墙型式,见图 1 所示。



单位:cm

图 1 隧道建筑界限及衬砌内轮廓

结合隧道通风、防灾、施工等条件,在隧道的
进、出口分别设置了长达 687 m 和 675 m 的两段平
行导坑,每端的平行导坑按照 200~300 m 的间距
设 3 处横通道与正洞相连。为了兼顾远期二线隧道
的建设条件,平行导坑设在隧道左侧(东侧),距离
隧道中线 40 m 处。平行导坑断面只按疏散人群考
虑,采用 2.5 m(宽)×3.0 m(高)的净空,见图 2
所示。



单位:cm

图 2 隧道平行导坑横断面

2.2 洞门

洞门设计,主要考虑与地形配合及实用、经济、

美观等因素,结合洞口排水要求,遵从“早进洞,晚出
洞”的设计原则,尽量减少洞口边、仰坡的开挖,保证
山体的稳定。洞门的选择考虑了隧道周围景观的协
调、藏族历史文化及隧道的位置等因素,在此前提
下,力求洞门结构简单,与洞口地形、景观协调一致,
洞门见图 3 所示。



图 3 协荣隧道洞门设计效果

协荣隧道进、出口端均设有明洞,明洞结构采用
曲墙式(同隧道内轮廓)钢筋混凝土整体式衬砌结
构。隧道进、出口洞门型式设计均采用端墙式。洞
门的胸坡面采用 1:1~1:1.5。洞口的边、仰坡采用人
字形骨架种草绿化防护,见图 4 所示。

2.3 支护衬砌结构设计

隧道结构除明洞以整体式衬砌结构设计外,洞
内均根据新奥法原理,采用柔性支护体系为主要受
力结构,以充分发挥围岩自承载能力,保证施工安
全,便于机械化快速施工,并提高隧道衬砌抗震性
与防水效果,同时也有利于对高地应力地段围岩稳
定的处理。

衬砌结构设计按照新奥法原理支护系统信息
化设计方法及流程图,根据围岩类别和埋深条件,采
用工程类比法,结合构造要求,根据围岩类别和埋
深条件的不同,确定相对应的支护类型。根据隧道
穿越的地层条件,共划分为 5 类围岩,结构计算分
析主要针对 II、III 类围岩支护衬砌进行。初期支
护采用 3D-6 软件验算;二次衬砌采用 Algor Feas
验算。经过分析调整,各类围岩隧道复合式衬砌
支护参数见表 1。

根据地质勘察资料,隧道围岩属花岗岩硬质
岩石,隧道最大埋深达 550 m,埋深超过 450 m 的
地段施工中将会产生岩爆现象。岩爆地段长约 300
m,属弱岩爆,岩爆区段隧道支护参数见表 1。

沟排至洞外。两侧电缆槽的积水通过其底部所设塑料管排入两侧排水沟中,有平行导坑的地段,则通过横通道将正洞的水引入平导排出洞外。隧道进出口端洞门顶结合地形于仰坡 5 m 外设天沟拦截地表水。

由于隧址区最冷月平均温度高于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$,不需采取防冻措施。

2.5 洞内路面及装饰

隧道内(含洞外 20 m 长度范围)路面采用 C35 水泥混凝土路面,路面厚度为 23 cm。路面横向坡度采用 1.5%。洞内路面宽度为 9.0 m,中间设一条纵向施工缝;紧急停车带与行车道间设一条纵缝;沿路线方向 4.5 m 设一条横缝。纵缝均为施工缝,横缝分为横向胀缝、缩缝和施工缝。路面板每个板纵缝设置拉杆,横向胀缝设置传力杆,位于横向胀缝处的路面板板角设置发针型补强钢筋。

由于协荣隧道所处位置极其重要,隧道交通量大、行车速度快,为了改善隧道内的视觉条件和行车视线诱导效果,隧道洞内采用米色防水材料全断面喷涂进行装饰。

3 环境保护

协荣隧道工程是首府拉萨~贡嘎机场公路改建工程项目的一部分,拉萨~贡嘎机场公路是首府拉萨市通往贡嘎机场的“区门第一路”,沿线环境优美。设计与施工中考虑了对环境的保护,避免因人文活动而导致新的山体病害的产生,尽量减少对工程附近的建筑、居民生活、生产和生态环境的不良影响。因此在隧道工程环境中主要考虑了以下几个方面。

(1)隧道设计时采用早进洞、晚出洞的原则,减少深挖路段,保护自然坡体和植被。

(2)协荣隧道正洞出渣约 26 万 m^3 ,平行导坑出渣约 2.3 万 m^3 。隧道开挖后的石渣尽可能纵向调配,作路基填料。硬质、优质石渣在石料加工场集中堆放,用于砌体工程和混凝土粗集料,弃方集中堆放,选好弃渣场地,做好坡脚挡护,以防弃渣流失危害

环境。

(3)隧道施工期的污水应集中排放,并经过沉淀、过滤净化。协荣隧道施工期间进、出口各设污水处理池一处。另外,由于隧道排出的地下水总 α 放射性比活度指标超限,不能作为饮用水,且须经过检测、处理后方可排放。

(4)洞口边仰坡开挖采用光面爆破,严禁放大炮。

(5)做好竣工后的清理、绿化工作,保护自然环境。

4 施工方法

协荣隧道划分为两个工区,其中进口工区长 1 104 m,出口工区长 1 333 m。隧道除明洞采用拱部明挖、墙脚暗挖法施工外,其余均采用新奥法原理为指南的施工技术,大型配套施工机械施工作业生产线。对Ⅱ、Ⅲ类围岩地段施工,坚持“短进尺、强支护、勤测量”的施工原则,采用上半断面开挖法施工,对Ⅱ类围岩采用弧形导坑(中部留核心土)法施工,在上部支护完成后,及时挖出隧道中部的核心土,进行仰拱施工以封闭成环。对Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ类围岩采用全断面光面爆破技术施工(岩爆地段采用正台阶法施工),在施工中严格控制超、欠挖。二次衬砌均采用模板台车全断面施工。开挖及锚杆施工采用凿岩台车钻孔(平行导坑施工采用人工钻孔),装渣机装渣,电瓶车出渣,有轨运输,模板台车筑衬砌。由于光面爆破技术日臻完善,对保证工程质量奠定了坚实的基础。

5 结语

西藏协荣公路隧道于 2003 年年初开工建设,总工期 34 个月。由于西藏地区地质复杂,不仅地震、崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害严重,而且属于多年连续冻土地带,协荣公路隧道的建成通车,将对西藏地区的公路隧道建设具有一定的指导作用。