

公路双连拱隧道常见病害防治

胡光进, 刘登聪

(浙江省隧道工程公司, 浙江 杭州 310005)

摘要:通过对公路双连拱隧道的结构、施工特点及其常见质量病害成因的分析,提出了隧道质量病害的防治措施。

关键词:公路隧道;双连拱隧道;质量病害;防治措施

中图分类号:U457+.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)04-0069-05

Disease Control on Double-arched Tunnel in Expressway/HU Guang-jin, LIU Deng-cong (Zhejiang Tunnel Engineering Company, Hangzhou Zhejiang 310005, China)

Abstract: Based on the analysis on structure, construction features and causes of common quality disease, control measures on tunnel quality diseases are presented in this paper.

Key words: tunnel in expressway; double-arched tunnel; quality diseases; control measures

双连拱隧道因其能节约公路用地,有利于路线穿越不良地形条件,减少隧道两端山体边坡开挖量,对环境破坏小等诸多优点,目前在高等级公路中得到越来越广泛的应用。但因其出现的时间较短,设计和施工还不成熟,目前,在已建成通车的部分双连拱隧道中,出现了漏水、墙体开裂等质量病害,影响了隧道使用的安全性和耐久性。本文对此进行分析,并提出相应的防治措施。

纵向施工缝,左右洞防水布紧贴在中隔墙顶,排水管预埋在中隔墙中间,如图 2。

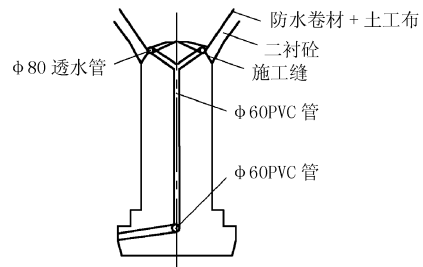


图 2 直墙式中隔墙

1 连拱隧道的结构和施工特点

1.1 双连拱隧道的结构特点

如图 1 所示,与分离式相比,双连拱隧道的最大特点是其左右洞之间由一道中隔墙分隔,加大了隧道跨径,因此,中隔墙就成了结构受力的关键部位。目前公路隧道常见中隔墙结构形式有如下几种。

25 号砂浆锚杆
钢筋拱架
钢筋网, C20 喷射砼
防水卷材+土工布
钢筋砼二次衬砌

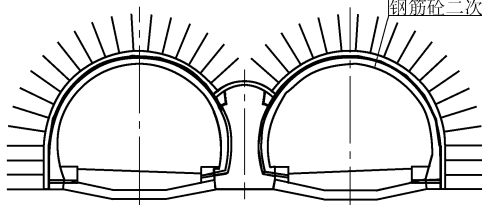


图 1 双连拱隧道的结构

(2)曲墙式:又分 2 种,第一种如图 3,墙身一次浇筑成形,主洞二衬在中隔墙肩部连接,肩部有两道纵向施工缝,左右洞防水布紧贴在中隔墙顶,排水管预埋在中隔墙中间;第二种如图 4,墙身分 3 次浇筑,墙身第一次浇筑时,预留出二衬厚度,待主洞开挖后再与二衬一起浇筑,左右洞防水布在中隔墙第一次浇筑时紧贴墙顶预埋,排水管在二衬时埋设。

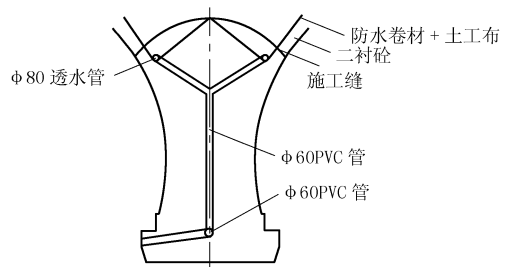


图 3 曲墙式中隔墙 a

(1)直墙式:墙身一次浇筑成形,在肩部有 2 道

收稿日期:2007-09-11; 改回日期:2008-03-21

作者简介:胡光进(1971-),男(汉族),浙江永康人,浙江省隧道工程公司项目经理,采矿工程专业,从事水利、市政、公路工程施工及矿业开发工作,浙江省杭州市湖墅南路 356 号锦绣大厦七楼,402931705@qq.com;刘登聪(1972-),男(汉族),湖南湘阴人,浙江省隧道工程公司工程师,采矿工程专业,从事水利、市政、公路工程施工及矿业开发工作。

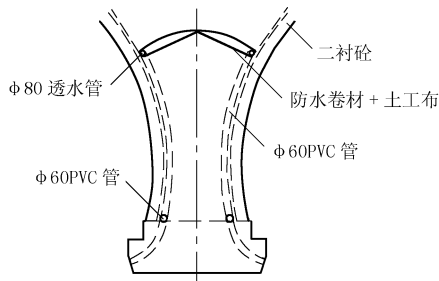


图4 曲墙式中隔墙b

1.2 连拱隧道的施工特点

连拱隧道施工多采用三导坑或多导坑先墙后拱法施工。即洞口明挖和支护完成后,在超前支护(管棚或锚杆)保护下,先进行中导坑、侧壁导坑的开挖、支护,再进行中隔墙和侧墙的施工,根据中隔墙的不同结构形式又采用不同的施工方法,墙体完成后再进行拱部和核心部位岩体的开挖,最后进行仰拱和拱部二衬砼的施工。在岩石完整坚硬地区,完成中导坑、中隔墙后,左右洞室也可采用全断面开挖。但无论采用上述那种方法开挖,中隔墙顶部围岩均受到洞室开挖的多次扰动,围岩稳定性受到很大影响,同时,先期浇注完成的中隔墙也受到左右洞室开挖的爆破震动波的影响,易产生裂缝(见图5)。图6为拱顶裂缝。



图5 中隔墙裂缝



图6 拱顶裂缝

2 双连拱隧道常见质量病害及成因分析

双连拱隧道的结构和施工特点,决定了其病害特点与分离式隧道有不同点也有相同点。

2.1 隧道二次衬砌开裂

(1)中隔墙中间的竖向裂纹:一是由于中隔墙一般厚度 $>1\text{ m}$,有的达 2.5 m ,属于大体积砼,且采用泵送,水泥用量高,水化热大,易产生干缩和温度应力裂纹,特别在每模浇注长度 $>10\text{ m}$ 的情况下,易在中间部位产生裂纹;第二,因地质原因或施工时清基不干净,中隔墙基础承载力不足,产生不均沉降开裂;第三,中隔墙顶部部分脱空,在围岩变形后,墙体受力不均,应力集中,产生裂纹。

(2)沿中隔墙和拱部砼各自施工缝方向延伸开裂的环向裂缝:因中隔墙砼和拱部砼施工不同时,墙、拱施工缝没有严格对齐,在温度应力等作用下,产生裂纹。

(3)中隔墙肩部墙拱交接处裂缝:从连拱隧道的结构特点可看出,一般情况下,中隔墙顶部围岩变形最大,墙体受力大,肩部承受较大压力,同时,浇筑中隔墙时,因中导洞的型钢等初期支护影响作业,往往需要拆除,从而影响中导洞初期支护的稳定性,使中导洞中的喷砼产生变形、剥落、开裂,导致墙顶脱空;另外中导洞顶部为弧形,施工时墙顶中间部位砼很难紧贴洞壁,存在空隙,使肩部二衬局部应力集中,易产生裂纹甚至墙拱交接处纵向施工缝错台。

(4)拱顶部位纵向裂缝:一方面因泵送砼坍落度大,拱顶部位粗骨料下沉,砂浆集中;另一方面,砼泌水最后都集中在拱部,没排出仓面,使拱部砼水灰比变大,由此产生砼干缩裂纹。

(5)寒冷地区,地下水对衬砌体反复冻胀产生裂纹。

(6)其他不规则裂缝:隧道偏压导致中隔墙承受单边推力过大、施工时砼水灰比偏大而产生干缩、浇注时钢模台车下沉、拆模太早、砼养护不及时、局部衬砌脱空,围岩变形超出二衬设计能力等均能产生裂纹。

2.2 墙身漏水

双连拱隧道漏水主要集中在墙身纵向和环向施工缝处、中隔墙肩部裂缝处,以及墙脚与基础的交接处(图7)。另外,在拱顶等其他部位的裂缝处也有漏水现象。墙身漏水的成因主要有:

(1)中隔墙顶与防水布之间有间隙,围岩积水易通过缝隙从中隔墙肩部的纵向施工缝、环向施工缝或裂缝中渗出;



图 7 中隔墙肩部、施工缝漏水使排水不畅

(2)当排水管预埋在中隔墙中间,弯接头多,浇筑时易脱节堵塞,使排水不畅;

(3)止水带、防水布在施工时破损和老化,如在第二种曲墙结构中,在第一次浇筑中隔墙时防水布预埋在中隔墙顶,主洞开挖时,防水布保护困难,易破损;

(4)在开挖平整度差部位,防水布铺设过紧,浇筑时,被顶破。

2.3 隧道腐蚀

地下水沿着砼裂缝长期渗漏,腐蚀性地层中的 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 Mg^{2+} 等离子与水泥中偏铝酸、 Ca^{2+} 离子等反应生成可溶性物质,产生“析霜”现象(见图 8),降低隧道砼强度,直至破坏。另外,渗水和空气对暴露在裂缝中的钢筋或型钢拱架长期作用,产生锈蚀。



图 8 中隔墙肩部腐蚀、析霜

2.4 建筑界限受侵

成因有:中隔墙为大体积砼,一次性浇注成型,当用非台车钢模,易跑模;隧道局部塌方超挖或地压过大,砼衬砌时偏压,模板刚度不够,跑模;地层松软,模板下沉;围岩变形过大,导致二衬侵入界限。

3 双连拱隧道常见质量病害防治

根据隧道质量病害特点,可从设计、施工及病害处治等环节对其进行防治。

3.1 设计措施

3.1.1 完善隧道结构

目前常见的几种中隔墙结构形式都存在或多或少的不足,为此,建议对中隔墙的结构形式作适当修改,如图 9 所示。

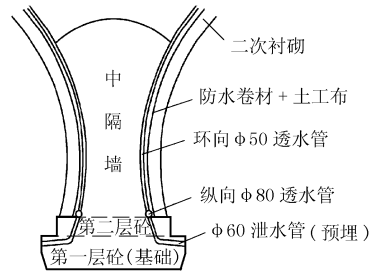


图 9 隧道中隔墙结构示意图

此结构形式的中隔墙墙身仍为曲墙形式,分 3 次浇筑,后两次与主洞二衬一起浇筑,防水布和排水管铺设第一次浇筑的墙身之外,为抵消因中隔墙分 3 部分而引起的强度影响,在中隔墙底部设置适当数量的抗滑锚杆,并把中隔墙顶部锚杆延长至中隔墙墙身内,与墙身结成一体。

此结构形式的优点是:(1)隧道的连拱受力简化为 2 个单拱受力,减少了中隔墙肩部的剪应力,增加了中隔墙的压应力,使砼的受压性能得到充分发挥;(2)拱圈无纵向施工缝,拱结构整体性好;(3)施工方便,中隔墙顶无须预埋防水布,也无须连接二衬与中隔墙中的钢筋;(4)防水效果好,围岩积水不会从中隔墙肩部渗出;(5)中隔墙分次浇筑,外层与主洞二衬一起浇筑,减少砼水化热,且砼外观质量易控制;(6)在中隔墙上下设置抗滑阻推锚杆,可防隧道偏压引起的单边推力。

此结构在 05 省道(新登—千岛湖)炮台山隧道和仰天坞隧道中应用后,取得了较好的效果。

3.1.2 作好隧道渗漏水的“防、排、截、堵”设计

(1)采用 C20 以上抗渗砼,在初期支护和二衬之间设置夹层防水层,对渗水严重处的围岩采取预压注水泥浆液或化学浆液;(2)在防水层里面埋设 $\varnothing 100$ mm 带孔排水盲管或在衬砌背后用砂、砾石等设置透水网,以减少衬砌背后的渗水压力和渗水量;(3)截走地表水,减少地表水下渗,采用导坑、泄水洞、井点降水等措施,减少地下水流向衬砌周围;(4)采用注浆、喷涂、嵌衬抹面等方法堵住渗水裂隙、空隙;(5)整个隧道排水系统与路基排水系统相结合,确保排水畅顺。

3.1.3 采用新工艺、新材料

为防渗水腐蚀砼,可在砼中加 BR 型增强防水

剂;在地下水发育和寒冷地区砼抗渗标准从 S4 提高到 S6;防水层的防水材料采用高强度、延伸率大、抗老化的 PVC 防水布;为防钢筋网与岩石的接触面在喷砼时脱空,可改钢筋网喷砼支护为喷钢纤维砼支护,并采用湿喷工艺等。

3.2 施工措施

3.2.1 作好不良地质段的开挖与支护,减少围岩变形量

为保证不良地质段开挖质量,可采取以下措施。

(1)做好地质预报工作。中导洞开挖时,随时注意岩层的变化,对照施工图纸,及时调整光爆参数和支护方案,并对岩层变化作详细记录,为主洞施工提供依据。

(2)严格按照新奥法原理,采取短进尺、少装药、勤支护、细观察、多量测等手段进行施工。对于个别塌方地段,待石块停止塌落,围岩基本稳定后,立即对塌方区进行喷砼,封闭裂隙,再采用型钢拱架和锚杆进行支护,然后加厚喷砼,必要时对围岩进行固结注浆,待围岩变形收缩后,再用 C30 砼回填至设计开挖尺寸。

3.2.2 控制模筑砼施工质量,减少砼裂纹

除严格控制砼水灰比、砼原材料质量外,还应注意以下几点。

(1)浇筑中隔墙前清基必须干净,无松软层,以防中隔墙不均匀下沉开裂。

(2)施工缝间距设置适当,每模长度控制在 10 m 以内,基础、拱、墙施工缝严格对齐。

(3)考虑到中隔墙为大体积砼,模板所受侧压力大,为防胀模而影响二衬砼厚度,对中隔墙的模板和支架刚度作加固处理。

(4)为确保中隔墙顶砼回填密实,在砼浇筑接近墙顶时,对顶部再进行隔仓浇筑,每仓长 2~3 m。

(5)二衬砼采用整体式钢模台车衬砌,台车设计时充分考虑结构受力强度,使台车有足够的安全系数,并采用泵送砼一次浇筑成形,从而保证了砼的外观质量。

(6)二衬前,先对围岩变形观察数据进行分析,确保二衬时围岩变形已收敛,并对洞身尺寸进行量测,对不合格点进行处理,确保二衬砼的厚度。

(7)二衬时,对台车轨道基础浇筑加固。确保台车不下沉,台车安装定位经多人量测复核,保证洞身线条流畅、美观。

(8)浇筑砼时,台车两侧进料均匀上升,防止产生偏压。拱顶进料时,要不断振动,并使砼产生一定

的压力,以保证拱顶砼密实,仓内砼泌水要及时排出。

(9)台车拆模时间 > 24 h,拆模后及时洒水养护。

(10)对中隔墙顶部等二衬脱空部位进行灌浆回填。

3.2.3 做好防水层施工

(1)采用高强度、延展性好、抗老化的止水带、防水布,施工时对止水带、防水布质量进行检验,合格后方可使用。

(2)安设止水带、防水布时要注意保护,不得在其上打洞。对凹凸不平整的喷砼表面要修凿、补喷,并不得有钢筋断头、锚杆外露。防水布可用吊索法安装:即在侧墙上打眼,镶木钉、钉带绳环的钉子,将绳环与防水布吊索绑紧吊牢固定。

(3)防水布接头要焊接严密,搭接时要确保接头长度,一般不小于 10 cm。止水带可在厂家定做成无接头。

(4)防水布铺设松紧要适度,不可太紧,确保能紧贴岩壁,以防被围岩顶破。

(5)排水管安装时用钢筋箍固定牢固,以防砼振捣时脱落、堵塞。

(6)对于涌水地段,可采用辅助坑道排水,超前小导管预注浆、超前围岩预注浆堵水或井点降水及深井降水等措施。

3.2.4 做好防腐蚀工作

施工时采用抗蚀系数高的水泥,提高砼的抗渗系数,彻底防住衬砌的渗漏水,并保证钢筋的保护层厚度 ≤ 5 cm。

3.3 病害处治

对于运营中的隧道出现的病害可根据其病害部位、类型、严重程度的不同采用不同的方法进行治疗。

3.3.1 隧道水害治理

总的原则是:因势利导,给地下水以排走的出路,将水迅速地排到洞外;将流向隧道的水流截断,或尽可能使其水量减少;堵塞衬砌背后的渗流水,集中引导排出。具体措施如下。

(1)对于局部裂缝渗漏水,采用在裂缝处凿槽埋管引排地下水,再用防水砂浆或环氧树脂砂浆嵌补裂缝表面。

(2)对于衬砌施工缝处渗漏水,在施工缝处凿槽埋管引排地下水,表面抹防水层。

(3)对于面积较大水量较小的渗漏水,采用多

处凿槽埋管引排地下水,表面抹防水层,再喷砼止水,也可在出水点进行局部裂隙注浆予以封闭。

(4)对于大面积涌水段,可采用全断面高压注浆,将水流封堵在开挖面之外。即以高压的水泥浆液或化学浆液注入岩石裂隙,使隧道沿周边形成一个封闭环。注浆时注意:注浆孔深应穿过衬砌深入围岩0.5 m,梅花型布置;注浆压力要比围岩静水压力大0.5~1.5 MPa;注浆顺序应从下而上,从无水、少水向有水或多水,从下坡向上坡方向,从两端洞口向洞身中间压浆,每段长度 ≥ 20 m;注浆效果检查,检查孔吸水率 > 1.0 L/(min·m)时必须进行补充注浆;注浆时,应防止压浆而堵塞衬砌背后的排水设施。

3.3.2 隧道衬砌腐蚀病害处理

治理腐蚀的最佳措施是彻底治理二衬渗漏,即以排为主,排、堵、截并用,综合治水;对于已腐蚀的二衬砼,采取以下措施。

(1)侵蚀深度 < 10 cm、渗水较小部位,凿除侵蚀砼,在清洗好的基面上作抹面防水层,埋好排水管,重新用防腐砼或环氧树脂砂浆补平。

(2)在各种腐蚀病害较为严重,侵蚀深度 > 10 cm的地段,除采取排水降低水压外,要对已侵蚀的衬砌进行翻修,即凿除病害砼,在清洗好的基面上敷耐腐材料作为防腐层,再立模浇筑抗侵蚀、防水砼,使防水、防腐设施与结构合为一体。

3.3.3 隧道衬砌裂缝病害的处理

根据裂缝成因,开裂程度,发展趋势,采用不同方法进行处治。

(1)由砼干缩、温度应力等引起的未贯穿衬砌厚度的局部细小裂缝,且裂缝基本无渗水,在裂缝处凿槽,用环氧树脂浆液嵌补。

(2)局部纵向长渗水裂缝或环向渗水裂缝,可在裂缝处凿槽,埋管引排地下水,再用环氧树脂浆液嵌补。

(3)衬砌段存在大面积开裂,但裂缝未错动和全部贯穿衬砌厚度,采用钢筋砼套拱。

(4)某衬砌段裂缝明显错动,且存在较大面积贯穿衬砌厚度,更换该段衬砌。

(5)衬砌背后存在空洞和积水而导致开裂漏水,可采用套拱或锚喷加固、注浆堵水。

(6)衬砌材质大面积劣化、裂缝分布密度较大的,采用锚喷注浆加固。

(7)因围岩软弱破碎或原塌方体处理不当,引起衬砌严重变形而引起的开裂、错动,从而侵入建筑界限的,凿除开裂砼,用长锚杆、喷砼加小导管注浆加固围岩,如有必要,再加型钢拱架加固,而后再立模重新浇筑该段防水砼。衬砌背后如有可能形成水囊,应对围岩进行止水处理。

4 结语

本文仅对一般地质条件下的连拱隧道的病害的成因及防治措施做初浅的探讨,对于特殊地层(如松软地层、高压岩爆地层、软土地层、膨胀土地层、高寒地层等)中的隧道的病害未做研究,希望本文能起到抛砖引玉的作用。敬请有关专家批评指正。

(上接第68页)

钻探成本衡量其优劣才是最科学、最合理的。但是,由于钻探成本的影响因素较多,且又不在同一批钻头中算出,因此综合评价金刚石钻头是很困难的。将物元分析理论与模糊集合理论结合是解决金刚石钻头综合评价问题的一种新途径。这比单纯考虑精确量值的物元分析方法具有更好的适应性。模糊物元模型物理概念清楚、计算过程简单,具有一定的推广、应用价值。

参考文献:

- [1] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报, 1983, (1).
- [2] 蔡文. 物元分析[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1987.
- [3] 张斌, 雍岐东, 肖芳淳. 模糊物元分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [4] 冯玉国. 模糊优化理论模型在金刚石钻头优选中的应用[J]. 地质技术经济管理, 1993, 15(2).
- [5] 冯玉国. 用相对灰色关联分析综合评价金刚石钻头[J]. 探矿工程, 1997, (2).