

# 芦家山一号隧道防排水技术及其分析

陶 坤

(中国交通建设股份有限公司第二公路工程局, 陕西 西安 710065)

**摘 要:**以西(安)合(肥)大通道——陕西境商界高速公路芦家山一号隧道防排水施工的工程实例为基础,着重论述了复合式衬砌隧道综合防排水施工工艺、关键部位施工控制要点以及材料的选择。

**关键词:**公路隧道;防排水;复合式衬砌

**中图分类号:**U455 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)04-0074-04

**Waterproof and Drainage Technology in 1<sup>#</sup> Tunnel of Lujiashan and the Analysis/TAO Kun** (No. 2 Highway Department of China Communication Co., Ltd, Xi'an Shanxi 710065, China)

**Abstract:** Based on the engineering case of waterproof and drainage in 1<sup>#</sup> tunnel of Lujiashan, the paper detailed the construction technology of waterproof and drainage for compound tunnel lining, construction control points of important parts and selection on materials.

**Key words:** highway tunnel; waterproof and drainage; compound tunnel lining

在隧道及地下工程的施工和使用过程中,时刻都受到地下水的危害。由于地下水的渗透和侵蚀作用,使工程产生严重的病害,轻则影响洞内设备的正常使用、行车安全及美观,重则影响衬砌结构,使整个工程毁坏,造成巨大的经济损失和严重的社会影响。本文以芦家山一号隧道工程实例为基础,简述其综合防排水的设计与施工,总结关键、薄弱部位的施工控制要点以及防排水材料的选择。

## 1 工程概况

芦家山一号隧道全长 2514 m,双向六车道,建筑限界净宽 14.0 m,净空限界高度 5.0 m,最大开挖面积 147.1 m<sup>2</sup>,设计时速 80 km/h。隧道衬砌结构按“新奥法”原理设计,采用复合式衬砌结构形式。

隧道围岩分级以 V、IV 级为主。隧道穿越连绵山体,具较大的汇水面积,且与周围山脉相连,水力联系密切。山体水位较高,洞室位于地下水位以下,流量相对较大且流量稳定。该区域雨量充沛,多年平均年降雨量为 687 mm,全年降雨天一般为 90 天左右,降雨是该区地下水的主要补给来源。

## 2 综合防排水设计

隧道的防排水遵循“防、排、截、堵相结合,因地制宜,综合治理”的原则。商界高速公路芦家山一

号隧道永久性防排水工程设计包括防水工程和排水工程,具体形式如下(参见图 1)。

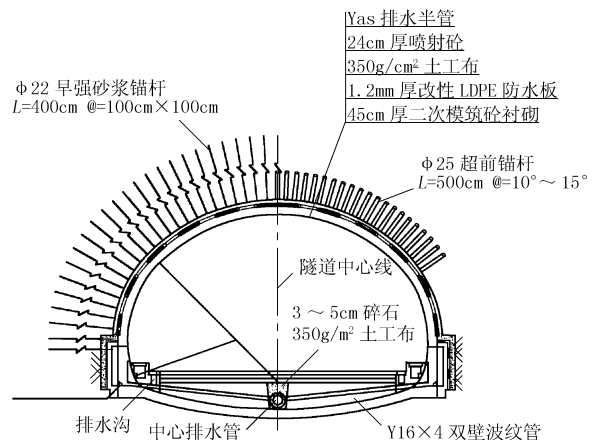


图 1 芦家山一号隧道防排水断面图

(1) 洞外排水。洞门上方设截水沟,将地表水引入路基边沟或洞外自然沟谷,以此形成完善的洞外排水系统。

(2) 衬砌防水。隧道在初期支护和二次衬砌间敷设土工布及防水板,防水板敷设范围从隧道拱顶至边墙下部引水管;二次衬砌沉降缝采用中埋式橡胶止水带止水,施工缝采用遇水膨胀止水条止水。

(3) 衬砌排水。在初期支护中,根据地下水量大小,按照规定间距设置环向排水半管将水引入衬砌两侧墙脚设置的纵向打孔双壁波纹管;沿隧道路

收稿日期:2007-03-28; 改回日期:2008-03-11

作者简介:陶坤(1982-),男(汉族),湖北黄冈人,中国交通建设股份有限公司第二公路工程局助理工程师,隧道与地下工程专业,从事桥梁工程、隧道工程施工工作,陕西省西安市含光南路 176 号交通科技大厦中交二局隧道公司 8909 室,taokun52014@yahoo.com.cn。

面下设置中心排水管,纵向排水花管通过横向排水管引入中心排水管。

(4)路面基层排水。为了预防路面渗水,在路面下设置 18 cm 厚水泥处置碎石排水基层,将水引入路面两侧边沟或中心排水沟。

### 3 防排水施工

#### 3.1 Ω 弹簧半圆排水管

##### 3.1.1 材料选择

Ω 弹簧半圆排水管目前还没有国家标准,在材料选择上可以根据检测结果与企业出厂标准或供货合同来判断是否可用。

##### 3.1.2 Ω 弹簧半圆排水管施工

当隧道开挖断面符合设计要求后,由于围岩裂隙的水全面流出,立即喷射第一层砬(厚度 5 cm)进行封闭,随着围岩的变形,第一层喷射砬表面产生裂隙漏水,凡漏水处均设排水半管。排水管采用向其表面涂抹 1~2 cm 速凝灰浆包裹固定,然后喷第二层砬进行封闭,具体施工工艺见图 2。继续观察喷层表面,若还有渗漏水现象,在各渗漏水处钻眼引水,再加排水半管。在初期支护趋于稳定的条件下,最终逐层喷射砬封闭直至喷层表面干燥无水。在大面积淋水或地下水流量大的地段,按上述方法设置多层暗埋式排水管,通过暗埋式排水管将水引入墙脚纵向排水管排出洞外,以达到“排水通畅,衬砌表面干燥无水”的要求后,再铺设防水层和土工布。在较长无渗漏水地段,可每隔 5~10 m 沿墙壁上下钻眼,按上述方法预设排水半管,以保证隧道在运营期间地下水变化及时排出,减小水压。

板或由其他天然地下水或水泥浆形成的任何腐蚀性混合物起化学反应,且具有一定的排水性能。

#### 3.2.2 土工布施工

施工工艺如图 3 所示。

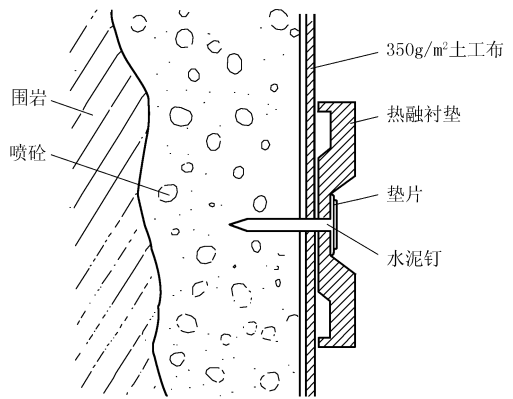


图 3 350 g/m<sup>2</sup>土工布施工工艺图

在铺设土工布前先要进行监控量测或观察,当确认围岩初期支护基本稳定后才能进行铺设;对初期锚喷支护的基面进行认真检查,对外露的钢筋头、锚杆头、铁丝等杂物进行清除,对尖锐岩面进行凿除,然后涂抹砂浆,使基面平顺圆滑,防止刺破土工布,对于喷砬表面凹凸不平的部位要修整平顺,超挖过大处要挂网补喷,使其凹凸量不得超过 ±5 cm,同时要认真检查初期支护后的隧道净空,保证二次衬砌厚度满足要求。

基面处理完成后,在混凝土表面先把 350 g/m<sup>2</sup>土工布用热融衬垫贴上,然后用射钉枪钉上水泥钉锚固,水泥钉长度 < 50 mm,平均拱顶 3~4 点/m,边墙 2~3 点/m,每幅搭接长度 < 10 cm。

#### 3.3 1.2 mm 厚改性 LDPE 防水板

##### 3.3.1 材料选择

HDPE 的密度范围为 0.935 ~ 0.970 g/cm<sup>3</sup>, LDPE 的密度范围为 0.915 ~ 0.935 g/cm<sup>3</sup>,前者拉伸强度、断裂伸长率、抗撕裂强度等性能较后者略高,但是密度高则晶体粒间的连接分子较少,易产生脆裂,硬度增加,不易铺设,故采用 LDPE 防水卷材。要求防水板防水渗透性能好,能承受铺设作业及浇灌砬时产生的冲击及荷载,同时应有足够的承载能力;为使防水层形成整体,防水板还应有良好的搭接粘合性能及充分的接缝强度,确保防水施工的可施工性、安全性及经济性,并能抗腐蚀和抗老化。

##### 3.3.2 施工机具

对于整幅防水板之间的焊接采用“自动控温爬焊机械双焊缝热融粘结技术”,使用设备为 TH-501 型隧道防渗膜焊接机;对于热融衬垫、局部破损

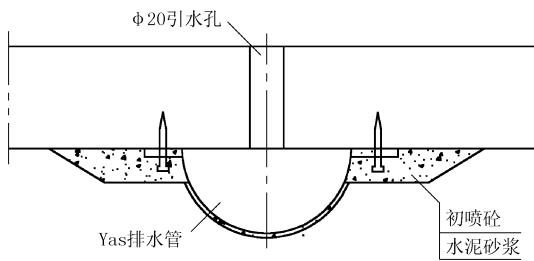


图 2 Ω 弹簧半圆排水管施工工艺图

#### 3.2 350 g/m<sup>2</sup>土工布

##### 3.2.1 材料选择

无纺土工布的作用主要是:(1)保护防水板,防止其在施工期间被刺破;(2)排水作用,排除渗过初期支护混凝土的地下水,以减小作用于防水板上的水压力。因此,无纺土工布必须具备混凝土浇注时挤压最低限的强度和伸缩性,同时绝对不能与防水

防水板的修补使用设备为 THRF 热风焊枪。

### 3.3.3 防水板施工

防水板铺设采用“无钉铺挂”工艺,如图4所示。对砼基面和土工布进行仔细检查后,用手动热风焊枪热熔在衬垫上,两者粘结剥离强度不得小于防水板的抗拉强度。整幅防水板之间结合部位 $\leq 100$  mm,采用焊接机进行双焊缝热融粘结,粘接剥离强度不得小于母体拉伸强度的80%,并且粘接结合部位采用真空加压检测,在0.2 MPa压力作用下5 min不得小于0.16 MPa。

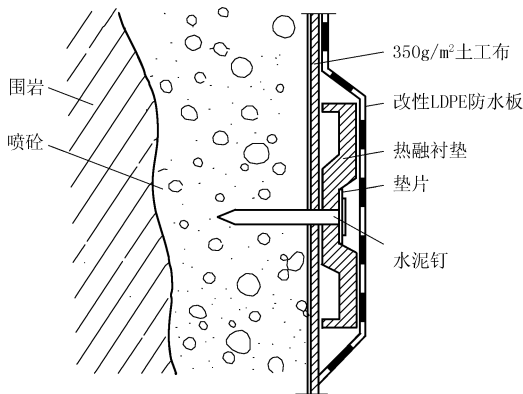


图4 “无钉铺挂”工艺图

防水板铺设时,考虑二次衬砌的挤压作用,必须松紧适度,无紧绷现象,而过度的松弛必然导致鼓包,导致初衬与二衬之间形成较大间隙,影响二衬厚度。铺设防水板时要伸出二次衬砌外50 cm,以保证与下一组防水板有足够的搭接长度,也便于施工操作。衬砌施工中要注意保护好防水板,防止损伤拉伤,尤其是钢筋砼衬砌段,焊接钢筋时需对防水板加以保护,以防止烧焦、损坏,防水板破损处,必须立即做出明显标记,以便毫不遗漏地把破损处修补好。

### 3.4 止水带、止水条

施工缝及沉降缝是隧道防水的薄弱环节,处理不好常导致隧道渗漏水。据调查,95%的渗漏水与施工缝和沉降缝有关。

#### 3.4.1 材料选择

我们选用300 mm×10 mm橡胶止水带、20 mm×30 mm遇水膨胀橡胶止水条进行了试验,具体试验参数符合有关标准要求。

#### 3.4.2 止水带、止水条施工

根据实际施工情况,二次模筑砼衬砌平均按9 m一个环节全断面施作施工缝;在衬砌类型变化界面、明洞进暗洞界面、连续V、VI级围岩中每隔30 m以及距洞口100~200 m范围衬砌每隔20 m,均需设置变形缝,缝宽2 cm。施工缝采用带注浆管膨润

土橡胶遇水膨胀止水条;沉降缝采用止水带。

止水条安装时间控制在下一环二衬砼浇筑前,不得安装过早,以免止水条遇水膨胀后失效。施工止水条时,采用衬砌堵头板背面钉设 $\varnothing 2$  cm的纤维绳,砼灌注后拆模时将绳子一起取出,即形成一道凹槽,并配合加密射钉的钉设间距,从而保证施工缝的防水效果。

止水带施工工艺如下:(1)沿衬砌设计轴线间隔0.5 m在挡头板上钻 $\varnothing 12$  mm钢筋孔;(2)将加工成型的 $\varnothing 10$  mm钢筋卡由待模筑砼一侧向另一侧穿入,内侧卡紧止水带一半,另一半止水带平结在挡头板上;(3)待模筑砼凝固后拆除挡头板,将止水带靠中心钢筋拉直,然后弯曲 $\varnothing 10$  mm钢筋卡套上止水带,模筑下一环砼;(4)沉降缝空隙填塞沥青麻絮。止水带安装定位见图5。

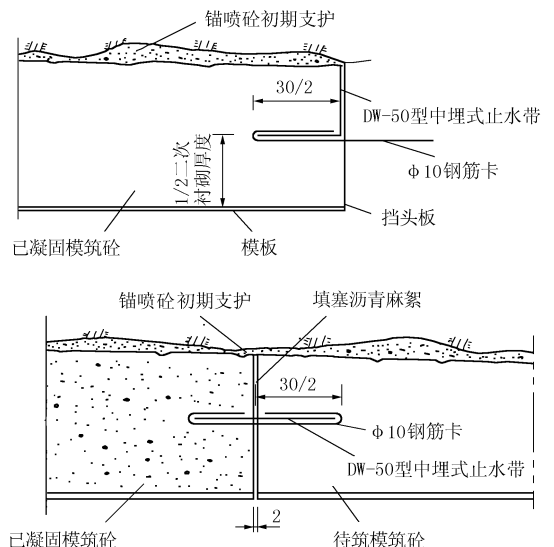


图5 变形缝止水带安装定位示意图

土二次衬砌表面每个施工缝环向预留宽5 cm、深3 cm矩形槽,与两侧人行道板预留矩形槽相接,使少量渗漏水流入两侧排水边沟。

### 3.5 导排水系统

隧道采用中央排水管、纵向排水管、路缘侧排水沟的导排水系统。

#### 3.5.1 中央排水管

施工中随时注意检查砼基础的坡度,不仅要总体坡度应符合要求,而且局部的几个管段间也要符合要求,并尽量避免高低起伏。管段铺设时,首先将具有透水孔的一面朝上。管段逐个放稳后,再用水泥砂浆将段间接缝密封填实。待砂浆凝固后,应逐段进行通水试验,发现漏水,及时处理。之后用土工布覆盖管段透水孔,并保证横向排水管出口处与中

央排水管接头处牢靠、密实,确保其正常的排水能力。

### 3.5.2 纵向排水管

纵向排水管在整个隧道排水系统中是一个中间环节,起着承上启下的作用,其施工图如 6 所示。施工前先用水准仪检查、测定纵向排水管的坡度,使地下水进入纵向排水管后在一定的坡度下按指定的方向流动,然后用 C10 素砼为纵向排水管作好基础。在布设时首先用土工布将纵向排水管包裹,使泥砂不得进入纵向排水管。然后用防水卷材半裹纵向排水管,使从上部下流之水在纵向排水管位置尽量流入管内,而不让地下水在排水管位置纵横漫流,纵向排水管上方用 3~5 cm 碎石设置碎石排水基层,将水引入路面两侧边沟或中心排水沟。

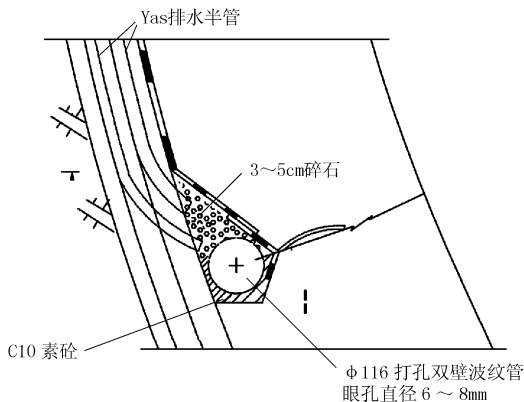


图 6 纵向排水管施工图

施工时要认真检查纵向排水管的包裹安装情况,杜绝粗放施工,为隧道后期排水创造条件,并注意上部环向弹簧排水管与纵向排水管的连接,采用环向排水管出口与纵向排水管简单搭接的方式,避

免两管之间被喷射砼隔断。其次注意检查纵向排水管与横向排水管的连接,保证接头牢靠,防止松动脱落。

## 4 结语

(1) 防排水是保障公路隧道运营安全和使用寿命的重要技术环节,衬砌结构防排水处理采用堵排结合;但是在保护地下水环境、限制地层沉降要求高的工程中应该以堵为主。

(2) 在隧道防排水施工中,要特别注意材料、施工机具的选择,对关键工序要建立严格的质量控制体系。

(3) 防水板的搭接、施工缝、沉降缝等均为薄弱部位,也是隧道渗漏水容易出现的地方,在施工过程当中,必须精心施工、仔细检查,防止在此部位出现渗漏水问题。

(4) 中央排水管、纵向排水管施工时,要注意坡度应符合要求,接头处牢靠、密实,确保其排水畅通。

(5) 地质条件对隧道渗漏水影响很大,地质条件好,渗漏水出现频度低;反之,地质条件差,渗漏水出现频度高,渗漏水严重。对于长大隧道,可以考虑采取分区防水的设计措施,将水控制在软岩区段。

## 参考文献:

- [1] JTJ 042-94,公路隧道施工技术规范[S].
- [2] 刘文武,史焕祥.铁路隧道防排水工程的质量控制[J].铁道建筑,2004,(8).
- [3] 李兴高,刘维宁.公路隧道防排水的安全型综合解决方案[J].中国公路学报,2003,16(1).
- [4] 殷怀连,张民庆.铁路隧道工程结构防排水设计理念及施工措施的探讨[J].铁道标准设计,2006,(6).

## 我国地质灾害“群测群防”体系 10 年避灾 4 千余起

据 2008 年 04 月 16 日新华网消息 中国紧密依靠城镇各单位和乡、村基层组织,初步建立了地质灾害群测群防体系,开展监测预警工作,1998 年以来全国共成功避让地质灾害 4000 多起,安全转移 18 万多人,减少经济财产损失数十亿元。

从在湖南长沙召开的“第十七期国土资源管理市长研究班”获悉,在开展以省为单元的地质环境调查基础上,1999 年以来,国土资源部陆续部署安排了全国 1430 个地质灾害较为严重的县(市),开展以县为单元的地质灾害专项调查,基本查清了地质灾害隐患点、危险点的分布情况,划定了地质灾害易发区,为在这些地区开展防治工作打下了坚实的基础。

中国地质和地理环境复杂,地质灾害种类多、分布广、危害大,是世界上地质灾害最严重的国家之一。滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害的易发区面积约占国土面积的 65%。

1995~2007 年,中国因地质灾害共造成 13650 人死亡和失踪,财产损失达 717 亿多元,平均每年因地质灾害死亡和失踪 1050 人,直接

经济损失 55.2 亿元。

国土资源部的最新统计表明,目前全国约有地质灾害隐患点近 23 万处,其中特大型和大型滑坡、崩塌、泥石流地质灾害隐患点 25000 处。20 个省份因为采矿导致采空塌陷,塌陷面积超过 1150km<sup>2</sup>;中东部的平原和盆地因为超采地下水,导致地面沉降面积达 6.4 万 km<sup>2</sup>。

国土资源部有关负责人表示,随着中国工业化、城镇化步伐的加快,人类工程活动力度的进一步加大,以及由于气候变化带来的局地暴雨次数的增多和沿海地带台风的频繁袭击,崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝和地面沉降等地质灾害对人民群众的生命财产安全的威胁必将越来越大。

“第十七期国土资源管理市长研究班”是受中组部委托,由国土资源部承办的,来自全国 40 多个地质灾害较为严重城市的政府主要负责人和国土资源局局长参加了这个研究班。