

# 富水地区隧道渗漏水整治措施

陈荣国

(中铁二局集团广西工程公司, 南宁 530031)

**摘要** 针对南昆线临管运营期间部分隧道出现的渗漏水现象, 文章简要地分析其原因之后, 重点介绍了整治措施、范围、工艺和材料, 对富水地区铁路隧道的渗漏水整治有一定的参考意义。

**关键词** 铁路隧道 渗漏水 整治

## 1 概述

为了提高运输能力, 近年来我国加快了既有铁路的电气化改造, 而现行设计规范要求隧道“拱部不滴水, 边墙不滴水, 安装设备之孔眼不渗水”, 这就要求对存在渗漏水的隧道进行整治, 以提高其防排水等级。南昆线设计为电气化铁路, 但防排水等级低、措施少, 在近几年的临管运营中, 部分隧道出现不同程度的渗水、滴水、滴水、线流等现象。为防止渗漏水对衬砌、轨道、通信及电力设备的损坏、腐蚀和电力牵引区段放电等危害, 我们同建设单位、柳州铁路局一道, 对隧道渗漏水情况进行了详细调查, 并逐一制定整治方案。从目前情况来看, 存在渗漏水现象的隧道经整治后达到了防渗等级的要求, 整治方法行之有效。

## 2 渗漏水的原因

(1) 广西地区雨量充沛, 一年中雨期达5~6个月, 雨水下渗, 围岩裂隙水丰富, 而该段隧道围岩普遍为砂岩夹泥岩、泥岩、页岩互层, 风化较严重, 节理发育, 自稳力较差, 隧道开挖过程中大小坍方连绵不断, 形成了良好的地下水补给通道。

(2) 隧道设计时无防水层及防水混凝土, 对衬砌只有强度要求, 无抗渗要求。

(3) 先拱后墙法施工时拱部刹尖封顶和拱脚与边墙的封口处理不密实, 混凝土灌注不连续造成的接缝多而不严, 以及沉降缝与伸缩缝设计无防水措施, 致使衬砌遇缝必漏。

(4) 拱圈、边墙混凝土捣固不密实, 造成蜂窝状洞眼, 形成了渗水通道。

(5) 安装电气化承力索的锚杆孔密封不实。

(6) 隧道衬砌为长大体积素混凝土, 在温度应力、围岩应力及衬砌不均匀沉降的共同作用下, 使隧道衬砌, 主要是在拱部, 产生许多环向裂缝和网状裂纹。

## 3 整治原则

拱部渗漏水整治采用堵、排结合, 综合治理; 边墙以排为主, 仅在伴有泥砂涌出时采用堵的方法进行整治; 拱部及边墙水量较大的集中出水点, 均以凿槽嵌埋管方式引至洞内排水沟。

**点漏:** 拱部单点漏水为射流、股流、线流时, 采用凿槽嵌埋管直接引排; 拱部单点漏水为滴水时, 采用衬砌内部注浆封堵。

**缝漏:** 对于有股水、射流出现且缝宽较大( $>3$  mm)的漏水缝采用凿槽埋管引排; 对于有渗漏水, 水量中等且缝宽较小( $<3$  mm)的漏水缝采用沿缝进行衬砌内部注浆, 在注浆后集中出水点凿槽引排; 对于仅为渗水、水量较小的滴水缝, 采用凿槽嵌缝进行封堵。

**面漏:** 拱部衬砌渗漏面无明显集中出水点, 仅因成片渗水聚积成滴水时, 采用凿毛衬砌表面内贴防水层封闭堵水; 拱部多处渗漏水采用衬砌内部注浆, 在注浆后集中出水点凿槽引排, 表面凿毛贴防水层综合堵、排。

## 4 整治措施及材料、工艺

### 4.1 整治范围

(1) 点漏: 单独点仅整治出水点, 相邻点视其距离、相对位置考虑是否合并整治, 其距离小于1 m的合并整治; 同一里程不同高程时, 凿槽埋管以较高位

置为起点;里程相差位置超过1 m时,分别整治;介于两者之间,采用“Y”形凿槽埋管处理;相邻出水点均采用压浆封堵,应先压注出水量小的一点,另一点视其他点封堵后水量之变化确定采用引排或压浆封堵。

(2) 缝漏:环状裂缝,整治时向无渗漏方向延伸0.5 m;水平裂缝、斜向裂缝,起迄点以外延伸0.5 m;拱部施工缝向两端各延伸1.0 m。

(3) 面漏:在凿毛检查的漏水范围向四周外延0.5 m。

#### 4.2 衬砌内部注浆施工

通过向衬砌内部压注化学浆液,增强混凝土自身的抗渗性,对整治衬砌裂损、混凝土不密实、施工缝隙等引起的漏水效果不错,近年来被逐渐推广。

##### 4.2.1 注浆管的设置

注浆管的埋设 of 钻孔固管(图1),采用冲击电钻或风钻钻孔,直径不小于3 cm,孔深约为衬砌厚度的三分之一,不得超过衬砌厚度的二分之一,一般控制在8~10 cm。

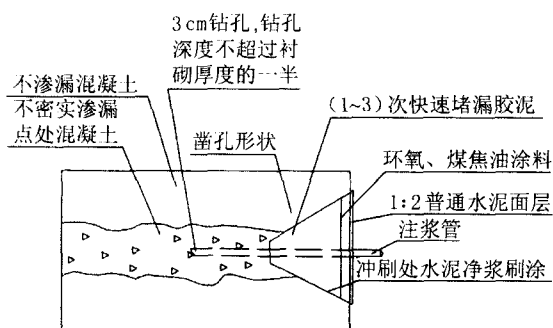


图1 凿孔注浆堵漏示意

Fig. 1 Scheme of leakage stopping with hole grouting

点漏直接对准出水点钻注浆孔。面漏需先凿除面漏范围2~3 cm厚表层混凝土,查找主要漏水点,当漏水点难以查找时,在面上洒干水泥,最早有湿渍处即漏水点。缝漏首先沿缝凿宽深均为8 cm之“V”形槽,槽顶端正对漏水缝,钻注浆管孔紧抵漏水缝,其间距在水量大、裂缝大(如施工缝)时为0.6~1.0 m;水量小、裂缝小时为0.3~0.5 m。用FⅡ封缝快凝胶泥紧密填塞管孔间隙及“V”形槽,并用铁抹压实抹平。注浆管埋设封缝固管后,其外露部分长度为8~10 cm,以便与注浆设备之管路连接。封缝完成后,待封缝快凝胶泥固结,对其进行质量检查,其渗漏只能从注浆管内流出,其他部位不得有渗水现象,否则应重新封埋。

##### 4.2.2 注浆

待FⅡ封缝快凝胶泥固结达到强度,封缝、固管、抹面质量合格后,通过注浆管向衬砌内部压注高分子丙烯酸胺(丙凝)化学双液浆液。点漏注浆先注漏水小者,后注较大者。垂直裂缝、施工缝由下而上依次注浆,水平或斜裂缝由水量较小端向较大端依次注浆。面漏由周边管向中心依次注浆。

注浆前对整个注浆系统进行全面检查,在注浆机具运转正常、管路畅通的条件下,可配制浆液注浆。当注浆系统与注浆嘴牢固联结后,打开排水阀门排水,开放注浆系统全部阀门并启动压水泵,待浆液从排水阀门流出后,关闭排水阀加压进行注浆。注浆压力为0.3~0.4 MPa。

当吸浆量与预计的浆液用量差不多、压力较稳定、且吸浆量逐渐减少至0.01 L/min时,再继续压注3~5 min即可结束注浆。注浆过程中随时观察压力变化,当压力突然增高应停止注浆;压力急剧下降时应停止该孔注浆,调整浆液的凝结时间(减少缓凝剂用量)及浆液浓度后继续注浆。注浆结束时,立即打开泄浆阀门,排放管路及混合器内残浆,拆卸管路并进行清洗。用铁丝将注浆管外露部分反转绑扎,待浆液终凝后,割除外露部分,再以封缝快凝胶泥将孔口补平抹光。

##### 4.2.3 注浆材料

丙凝是以丙烯酸胺为主剂的4~6种丙烯酸胺类浆材,其特点是:

① 浆液粘度低(与水相近),渗透性好,能注入<0.1 mm的细微裂缝中,可在有水 and 很潮湿的环境下凝结。可通过调整部分材料配合比,控制在数秒钟至数十秒钟内凝结。

② 抗渗性好,其抗渗系数为 $2 \times 10^{-10}$  cm/s,几乎是不透水的,胶凝后在水中还稍有膨胀(膨胀率5%~8%),干缩后遇水还可膨胀,能保持良好的堵水性能。

③ 能耐酸碱、细菌的侵蚀和大气影响。

配合比:通常以丙凝的10%浓度为标准溶液浓度,使用时视具体情况在7%~15%浓度范围内变化。A液与B液配合比为1:1,详见表1。

表1所示为标准液的配合比,正式配合时,应按渗漏水流量、环境温度,在施工前经过试配确定凝固时间。一般在渗漏水流量 $\leq 1$  L/s时,可选用8%~10%浓度的浆液;当渗漏水流量 $> 1$  L/s时,可选用12%~14%浓度的浆液,并加速凝固时间。无论那种浓度的浆液,只通过增减A、B液的水量调节,丙烯酸胺与甲基比丙烯酸胺之比为10.5:0.6不变。

表 1 丙凝配合比

Table 1 Mixture ratio of propylene gel

体系	原料名称	作用	用量/kg	备注
A 液	丙烯酰胺	主剂	10.5	
	甲基比丙烯酰胺	交联剂	0.6	
	三乙醇胺	还原剂	0.4	
	氯化亚铁	速凝剂	0~0.05	选用
	铁氰化钾	缓凝剂	0~0.05	选用
	水(饮用水)		40	
B 液	过硫酸胺	引发剂	0.5~0.75	
	水		50	

注:凝固时间都为 5 min

加速凝固的方法有:加氯化亚铁,但不超过 0.05%;加大过硫酸胺,但不超过 1%;加大三乙醇胺,但不超过 2.5%。

若需延长丙凝浆液凝固时间,可采取与上述相反的措施。取消 A 液中的氯化亚铁,铁氰化钾掺量控制在 0.05% 内,其余各材料均不得低于标准溶液中的含量。

各材料均应用塑料桶或陶瓷桶密封贮存,配剂时将 A、B 液材料分别按配合比加水搅拌均匀。在注浆前必须将 A、B 液分别存放,不得使两液混合。

#### 4.3 衬砌嵌缝堵漏施工

在局部衬砌裂缝或施工缝浸水、渗水、潮湿等水量较小处,采用沿裂缝凿宽 2 cm、深 6 cm 槽后嵌入复合膨胀橡胶条,并结合边墙凿槽埋管,将水引至侧沟。

嵌缝材料:水泥-水玻璃砂浆,具有水泥的优点,兼有化学浆材的特色,凝固后结石体的固结率可达 100%,抗渗性强,不易开裂,不易老化。砂浆凝固的时间通过加缓凝剂可按需要在几秒至几十分钟之间调节。

配合比:

水玻璃:水:水泥:砂=1:2:2.5:2.5。

配 制:将水玻璃加水配制成水剂,将水泥、砂干拌均匀,然后加入水剂,和易性和干硬性与普通砂浆相似,砂浆要随配随用,以免硬化变质。

#### 4.4 衬砌凿槽埋管排水施工(图 2)

本办法在以下情况中采用:拱部、边墙具有单一点的线流、股流、射流,水量较大,而不易采用注浆抹面、嵌缝等堵水措施时采用;拱部经衬砌内部注浆、抹面防水层后,渗水集中于一点,但水量较大,而形成一处线流或股流时采用。

(1) 在漏水处先凿 U 形槽,尽可能通过较多的

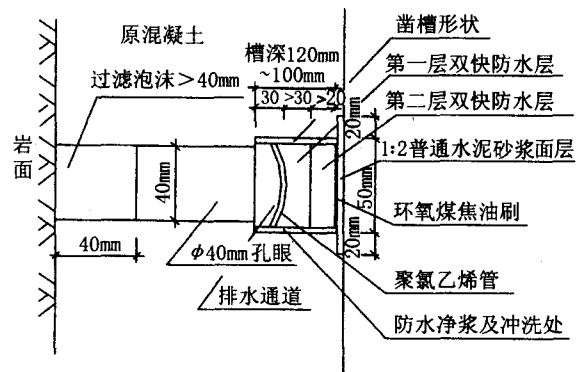


图 2 凿槽埋管排水示意

Fig. 2 Scheme of draining with pipe buried in trough

出水点,槽宽通常 5~6 cm,深 10~12 cm,松动混凝土要凿除干净。上口稍小于下口,下口平顺,凿槽以较高位置为起点,尽可能相邻渗漏点合并整治,以减少凿槽量,可采用“I”、“Y”、“ψ”形凿槽埋管处理,先用观察、撒干水泥等方法确定出准确渗漏点部位,然后从渗漏水处自上而下凿槽。

(2) 在凿好的槽中渗漏水较多的渗水点之上打孔眼,打到岩面使地下水集中从孔眼排出,孔眼内用  $\leq 40$  mm 厚的泡沫堵眼滤水,防止岩石遇水风化后石碴堵塞孔眼及引水管。

(3) 用高压水、钢刷清洗槽壁,清除槽内松动混凝土块及残屑,然后刷一层氯化铁水泥净浆,其质量比为:水泥:水:防水剂=1:0.6:0.04。

(4) 用剖开的  $\phi 40$  mm 聚氯乙烯塑料管作为引排水通道,安放时割去 1/3,割口朝内侧,把渗漏水引入管内。塑料管仅作临时隔水层,老化后不会影响排水效果,防水胶浆形成了自然泄水通道。防水胶浆采用水泥及 BR-2 型增强防水剂现场拌制,其配合比为水泥:BR 增强防水剂:BR-2 专用粉:水=1:0.16:0.35:0.3。

(5) 用掺有防水剂、膨胀剂、增粘剂和速凝剂配出的双快、密实、微膨胀水泥浆抹压在塑料管上面,厚度 3 cm 以上,形成第一道防水层。其质量比例为:水泥:砂:氯化铁防水剂:U 形混凝土膨胀剂:速凝剂:A107 型增粘剂=1:0.8:0.04:0.10:0.08:0.01,以稠度控制用水量,未加速凝剂时为 10~12 cm。

(6) 第一道防水层完工后,制作第二道防水层,其质量比例为:水泥:砂:氯化铁防水剂:U 形混凝土膨胀剂:速凝剂:A107 型增粘剂=1:0.8:0.04:0.10:0.05:0.01,厚 2 cm 以上,以稠度控制用水量,未加速凝剂时厚 7~9 cm。

(7) 抹压时,要将已拌好的胶浆搓成条形,待胶

浆开始凝面、发热时,迅速填入已安排水管的沟槽中,并向两侧用力挤压密实,使水泥胶浆与槽壁紧密结合,整个槽分段按此堵塞。

(8) 做好这两道防水层后,不急着下一步工序,待一段时间之后观察是否渗漏。若渗漏,需反工重来。然后用环氧煤焦油涂料刷两次以上(每隔 24 h 涂刷一次),厚度 1~2 mm,以保证永久性密封。

#### 4.5 衬砌表面施做防水层

拱部衬砌成片渗水聚积成滴水,造成大面积渗漏时,通过凿毛、埋管挤压引排,按图 3 施作防水砂浆防水层来整治。

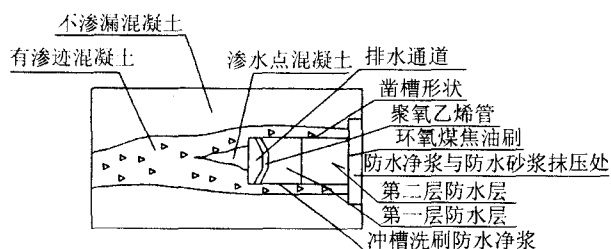


图 3 大面积渗漏嵌缝、凿毛示意

Fig. 3 Scheme of caulking and chipping at area with severe water leakage

(1) 先凿除面漏范围 2~3 cm 厚表面混凝土,迄点以外延伸 0.5 m,凿面应平整,并清除混凝土块及残屑。

(2) 查找主要漏水点,针对漏水点凿槽埋管引排,一般面漏范围要埋两条以上环形排水管,操作程序同 4.4(1)~(4)。

(3) 完毕后,清洗凿面,抹 2~3 mm 的氯化铁水泥浆一道,再抹 4~5 mm 的氯化铁水泥砂浆一道,用木板抹平。24h 后,用同样方法再抹氯化铁水泥浆和氯化铁水泥砂浆各一道,最后压光,12 h 后洒水养护 7 d。氯化铁防水砂浆质量比为:水泥:砂:氯化

铁:水 = 1:2.5:0.03:0.5;氯化铁水泥浆质量比为:水泥:氯化铁:水 = 1:0.03:0.5。最后涂贴环氧煤焦油涂料两层做面层,施做方法同 4.4(8)。

涂贴材料:环氧煤焦油具有强度高、粘结力强、膨缩小、化学稳定性好和能在室温下固化等优点,适于修补大面积渗漏水,效果显著。配合比如表 2 所示。为了便于操作,环氧煤焦油在配置时可随时调整稀释剂(甲苯)和填料(水泥)的用量。

表 2 环氧煤焦油配合比  
Table 2 Mixture of epoxy coal tar

名称	环氧树脂	煤焦油	乙二胺	甲苯	苯二甲配二脂	水泥
底层	100	100	12	50	5	100
面层	100	50	12	25	5	100

## 5 施工注意事项

(1) 严格执行“请消点”制度,只能在供电臂停电的“天窗”时间作业,严禁带电施工。

(2) 确保施工和行车安全,作业平台、脚手架设在可移动式的平板车上,且其外轮廓尺寸和机具材料堆放应在行车建筑限界以内。

(3) 施工地段两端必须有防护人员并有可靠的预防措施。

(4) 化学材料堆放使用必须专人保管,严格领料、用料制度,避免发生事故。

(5) 施工人员应严格执行有关劳动保护规定,一有过敏反应,立即退出,进行治疗。

(收稿日期:2002 年 3 月 26 日)

〈作者简介〉

陈荣国 男 副总经理 工程师

## Treatment to water leakage in tunnel at water abundant area

Cheng Rongguo

(Guangxi Engineering Co. of No.2 China Railway Civil Engineering Group, Nanning 530031)

**Abstract** In this paper, the reasons for water leakage in some tunnels on Nanning - Kunming railway during operation are analyzed, focusing on treatment measures, technology and material, which can be taken as a reference for the tunnels encountering water leakage at water abundant area.

**Keywords** Railway tunnel; Water leakage; Treatment