

# 隧道混凝土衬砌裂损原因及整沉措施

铁道部第五工程局 赵永明 邓松华

## 1. 工程概况

云南省某单线铁路隧道,全长 1705m。隧道地处构造剥蚀低山区,沟多深切,树木茂盛,基岩为白垩系下统普昌河组(K<sub>1</sub>P)紫红色泥岩、泥灰岩夹砂岩。隧道出口为谢家村背斜的东翼,受宝马山断层影响,岩层破碎。地下水主要来源于隧道的右侧,涌水量 $1540\sim 5000\text{m}^3/\text{d}$ 。隧道纵断面如图 1 所示,穿过围岩以Ⅲ类为主,原设计采用正台阶法,喷锚临时支护施工,后因施工单位机械设备不配套等问题而改为矿山法施工。该隧道于 1993 年 5 月初完成开挖和衬砌,7 月 1 号通车,8 月初发现隧道衬砌上有许多纵、横及交叉发展的细小裂缝,并有继续发展的趋势。为保证安全,对所有观测到的裂缝均采取了相应的补强措施,典型地段的衬砌裂缝展示图如图 2 和图 3。

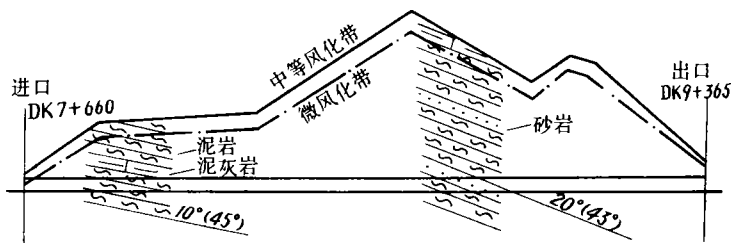


图 1 隧道纵断面图

## 2. 隧道衬砌裂缝发展规律

(1)隧道进口及中段拱部裂缝较多;出口段拱部裂缝较少,而过墙沿工作缝开裂的较多。裂缝沿隧道拱顶两侧分布不对称,也没有贯穿长度超过 30m 的纵向裂缝,裂缝宽 1~4mm 不等,以 1~2mm 为多。

### (2)边墙

横向(环向)裂缝均沿工作缝从墙脚(指水沟盖板顶面)裂至墙顶;纵向和斜向裂缝以墙中及偏下为多;边墙上的纵、横向裂缝基本都无渗水现象。

### (3)拱部

整个隧道衬砌拱部裂缝较多,且多为纵面和斜面裂缝,纵面裂缝又以拱腰及偏上部位较

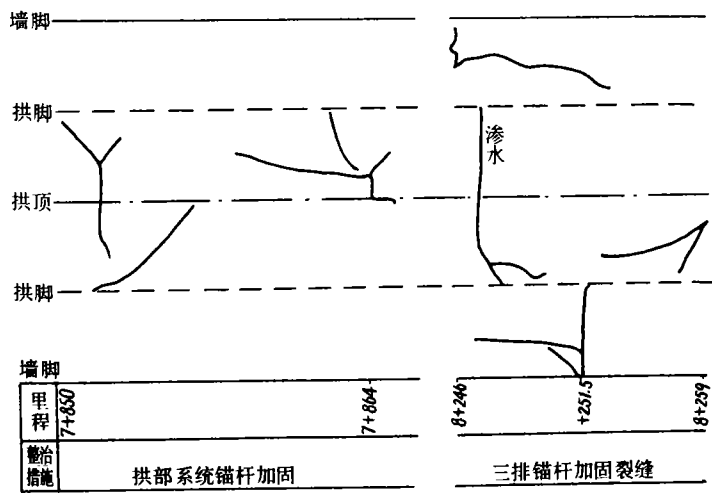


图 2 衬砌裂缝展示图

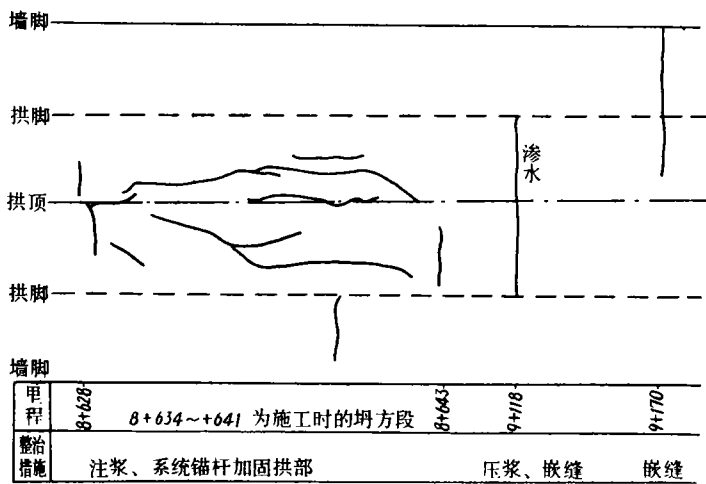


图 3 衬砌裂缝展示图

多;环面裂缝较少,且基本上都是沿工作缝开裂的。部分地段的拱部裂缝有渗水、渗浆现象,有的地段拱部只有一条,有的段有多条纵、斜裂缝。

3. 衬砌产生裂缝的原因

(1)施工方法不当。该隧道以泥岩和泥灰岩夹砂岩为主,地下水比较丰富,泥岩遇水软化。施工中采取上下导坑、木支撑一次灌注混凝土进行永久支护,因支护不及时和木支撑强度不足,以及多次放炮震动,造成围岩松动、软化、坍塌,没能充分利用围岩的自承能力,使衬砌过早地承受了较大的松动压力。

(2)隧道工期提前。该隧道本应挖花马口进行边墙衬砌的,由于抢工期,迫使施工开挖对

开马口,加大马口长度,提早拆除拱墙模板,致使衬砌早期受力较大;由于要保证“七一”通车,限制了部分地段矮边墙的抢修,造成边墙产生纵向和斜向裂缝,加上马口接头缝处理不当(混凝土不密实等),造成衬砌沿工作缝的开裂。

(3)软岩段,上下导坑先拱后墙法施工,拱部开挖后由于拱脚虚碴及上部没能形成封闭的承载环,以及对开边墙马上使拱脚处于无支撑状态,整个拱圈混凝土衬砌结构悬空,在侧压作用下,拱背衬砌所受的拉应力过大,超过允许应力而产生沿拱顶及两侧发展的纵向和斜向裂缝。当整个隧道衬砌完成后,在竖压和侧压作用下,拱腰及以上部位混凝土衬砌的内侧又受拉,在原外侧(拱背)有裂缝的薄弱地方就产生贯穿混凝土衬砌厚度的纵向和斜向裂缝。

(4)由于该隧道以泥岩为主,且采用矿山法施工,所以,拱部施工中大小坍方较多,而在坍方段灌注混凝土衬砌时,坍洞高处人工填塞背柴十分困难,拱顶坍洞很难回填密实;拱圈衬砌后,由于抢工期,未能及时压浆填充,造成坍洞继续扩大,当压力超过设计荷载时,衬砌就开裂并不断发展。

#### 4. 混凝土衬砌开裂的整治措施

在完成隧道全部衬砌和压浆工作后,采取如下整治措施。

##### (1)边墙

沿工作缝的横向裂缝:将裂缝开凿成倒梯形后,用 200 号膨胀水泥砂浆或加膨胀剂的水泥砂浆嵌补即可。

边墙纵向、斜向裂缝:沿缝下边距裂缝 0.5m 打一排间距 1.0m、长 2.0m 的 18 普通水泥砂浆锚杆;沿裂缝上边打两排 18 的水泥砂浆锚杆,第一排距裂缝 0.5m,锚杆长 2.5m,第二排距裂缝 1.5m,长 2.0m,间距均为 1.0m;三排锚杆呈梅花状布置并超出裂缝长度前后两列,裂缝两端各打一根 18 长 2.5m 的锁缝锚杆,如图 4 所示。裂缝开凿(倒梯形)后,再用 200 号膨胀水泥砂浆嵌补。

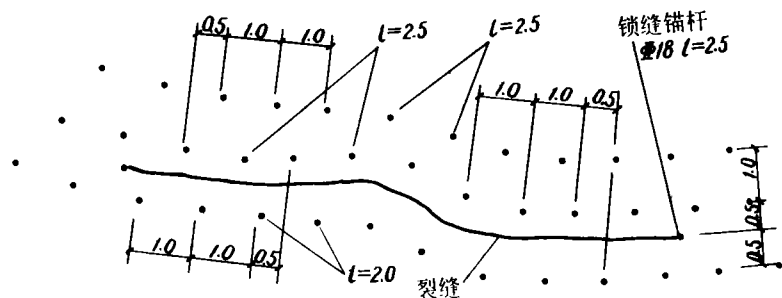


图 4 边墙纵向和斜向裂缝三排锚杆如图

(图中尺寸单位以米计)

锚杆钻孔孔径大于杆体直径 15mm,砂浆重量配合比——水泥:砂为:1:1~1:1.5,水灰比宜为 0.40~0.42,砂的粒径不能大于 3mm。

##### (2)注浆加固和止水

对拱部有大片状渗水地段、裂缝有二条以上且较长地段,原施工时的坍方且有裂缝发展

地段,均注浆加固及止水。为防止注浆时裂缝进一步恶化和衬砌强度的不足,在这些地段注浆时,据实际危险情况而立木排架,恢复钢拱架,拱架榫间距 1.0m,拱架与混凝土内缘面之间用木楔背紧。为加强拱架刚度,在拱脚处设对口撑,并在其上铺设工作平台。

拱部注浆用 1:2 水泥砂浆(细砂),注浆孔按梅花形布置,注浆分 2~3 次进行,扩散半径按 2m 计算。第一次注浆孔深 1.0m(穿透衬砌 0.4m 左右),孔间距 3.2m,注浆压力 3~4kg/cm<sup>2</sup>;第二次注浆孔深 3.0m,孔间距 2.2m,注浆压力 6~8kg/cm<sup>2</sup>;对坍方段和裂缝发展较严重地段,根据前两次注浆情况再决定是否进行第三次注浆。当注浆压力升至“定值”并稳定一定时间(20min 左右)或附近裂缝出现跑浆时,即可结束注浆。通过注浆,使衬砌背后形成 3m 左右厚度的加固层。

拱部只有一处或一条裂缝,一条工作缝渗水,在嵌补后仍渗水时,再沿渗水缝两侧打深 1.0m,间距 0.5m 的孔进行压浆即可,注浆压力控制在 4kg/cm<sup>2</sup> 以下。

为防止漏浆,先封填注浆段的表面裂缝,等其凝固后,再压注浆液。

在注浆时,严格观测衬砌变形动态,注意安全。特别是要保证孔口封堵质量,并做好施工记录。

### (3)拱部锚杆加固

对于拱部只有一条主要裂缝的地方,锚杆加固方法同边墙纵、斜向裂缝加固,对于拱部有多条(二条以上)裂缝的地段,在拱部设置系统锚杆进行加固。

拱部锚杆用长 3.0m、 $\varnothing 22$  的螺纹钢。拱腰以下用早强水泥砂浆锚杆,拱腰以上部位用早强药包式锚杆。系统锚杆间距按Ⅲ类围岩取用,即为 1.0m,梅花状布置。

## 5. 结语

用上述方法对隧道衬砌裂损进行整治,效果很好,通过近三个多月的观测,没有产生新的裂缝。本工程也从反面揭示我们:

(1)在隧道尤其是软岩隧道施工中,选择合理的施工方法(全断面或上下半断面新奥法施工)是减少隧道坍方和防止衬砌开裂的一项非常重要的工作。

(2)每个隧道,根据地质情况,隧道长度,场地,机械设备配置等,都有一个合理的施工工期,不能为达到某目的,而在施工过程中任为随意地去改变它,要尊重科学,否则为抢工期,可能造成质量和安全上的问题。

(3)隧道是一种地下工程,运营中维修整治比较困难,造价也高,所以,施工时各工序应严格科学化,规范化,以免质量上的原因而给运营造成无穷的后患。