

# 关于旧梁家山隧道病害机理分析及几种整治措施

蔡小雄

中国神华能源股份有限公司神朔铁路公司 陕西 神木 719316

**摘要:** 根据本人对梁家山隧道病害长期检查的结果,分析目前隧道病害存在的不同形式,其病害主要是拱部边墙腐蚀剥落、掉块、裂纹、渗漏水、拱墙相接部位错台、隧底及侧沟裂损、翻浆冒泥、道床下沉、拱部边墙冻害、结冰、附属建筑物损坏等,本文针对旧梁家山隧道病害机理成因进行分析,从而提出相应的整治措施,对隧道整治整修有一定的参考价值。

**关键词:** 隧道病害、渗漏水、裂纹、盲沟、翻浆冒泥、整治措施

## 隧道简介及地质概况

旧梁家山隧道始建于1992年,单线曲墙和直墙式隧道:全长1780.7米,中心里程K30+236米,隧道穿越惇牛川与乌兰木伦河之间的舌形山梁,最大埋深约126m,穿越地层为侏罗系中下统砂岩地层,围岩为Ⅳ、Ⅲ类,个别地段为页岩夹砂岩、泥岩、和烘烤岩并夹煤层,裂隙水丰富。页岩属柔性岩石,遇水易软化膨胀,烘烤岩裂隙孔洞较发育,砂岩性脆,结构多是遇风干裂,造成的裂隙含水层。烘烤岩上覆及下伏地层均为砂、页岩、砂岩往往夹于页岩中,砂岩及烘烤岩中的地下水顺近于水平的地层向低处运动,遇有临空面就流出地表形成滴水情况,隧道内局部断面长期存在滴水情况。经本人长期观察及总结分析关于梁家山隧道现存的病害原因主要有三:隧道不规范施工缝隙造成积水下渗,勘察设计者判定失误造成排水系统不匹配,周边工矿企业乱施工造成的不良影响。旧梁家山隧道目前病害严重,因素复杂,严重影响列车通行安全、需要及时整治。

## 1 隧道拱顶渗漏水的机理成因

### 1.1 隧道现场调查病害部位分析

① 隧道防排水应采用新技术、新材料、新工艺整治措施。拱部大面积或边墙渗漏水处理,隧道衬砌严重风化、腐蚀造成衬砌掉块、剥落。衬砌重复抹面补砌、大

面积渗水、拱腰渗漏水以及现场施工人员不良操作(混凝土振捣不密实)是造成隧道衬砌掉块和产生裂纹病害的主要原因,整治隧道的拱顶渗漏水首先分析地层的围岩类别,确定其隧道围岩空洞及回填层的范围,再须采取打孔注浆的方法处理,即:延隧道顶纵向间距5米,环向拱顶间隔为2.5米范围设2个注浆孔,梅花型布置,钻孔直径50mm(打穿衬砌或深入空洞区域),纵向间距小于5米时设一环注浆孔,压注普通水泥或特种水泥浆液注浆处理,注浆时注浆管附近严禁站人,以防爆管、脱管伤人,对于拱顶局部裂纹渗漏水应采取“拱堵边排”的方法,即:延拱部裂纹采用每隔20厘米,钻孔插入注浆管压注聚氨酯堵漏剂或AB树脂浆液以及壁可法封堵处理,在两拱腰处或边墙做排水盲沟引入侧沟,这种方法能有效地确保衬砌不渗漏水、不结冰、不吊挂、钢轨及道床无积水、结冰等现象,使隧道衬砌面整体美观,能够有效地确保列车运输安全,而目前采用的打补丁法(即绝缘板堵漏)和温测排水法只能用于零时补救,长期使用存在的隐患是绝缘板铆钉处易出水,会造成道床、钢轨及道床表面积水结冰成柱状(附图1、2),如不及时打冰处理、或一旦积水结冰冻胀绝缘板铆钉渗水易松动,严重会影响列车运行,不能得永久有效的治理。



图1



图2

② 本人历经三年逐月现场调查，发现梁家山隧道的病害情况：其主要构成原因是不规范局部设计、不合理施工条件；不宽泛的隧道建筑限界导致渗漏水，不能在拱顶环向凿槽引排（附图9-1）；此外盲沟排水管也不符合排水要求（图9-2），造成渗漏水的主要原因是施工用料材质不合格，施工缝结合不密实；造成边墙裂纹的因素有缝隙渗漏水（图9-3），隧底仰拱局部断裂致使的道床翻浆冒泥（图9-4），从而导致线路地段局部下沉，以上现状给桥隧及线路作业人员维修养护带来极大的困难。



图9-1



图9-2



图9-3



图9-4



图9-5

本隧道盲沟损毁地段有89处，（其中渗漏水地段33处图9-5、拱顶滴水打绝缘板地段12处附图9-6），隧道边墙施工缝地段渗漏水7处（缝宽2-6mm总长约95米），拱

顶剥落地段K31+020-070（图9-7），翻浆冒泥地段K30+200-410（图9-8）。



图9-6



图9-7



图9-8

### 1.2 隧道渗漏水机理分析与整治措施

隧道首先应重视防止地表水的下渗，当隧道地表的冲沟渠、坑洼积水对隧道有影响时，宜采取疏导、铺砌和填平等措施，对外建厂矿废弃的坑穴、钻孔等应填实封闭，防止地表水下渗，隧道附近的溪流、井泉水有可能深入隧道，应采取封堵处理。在整治隧道渗漏水处理

的过程中首先要查明水源、渗漏水的位置及漏水量的大小，遵循“防、截、排、堵相结合，因地制宜、综合治理”的原则进行整治。在治理之前要找到造成这种漏水现象的主要原因，然后再制定相应的解决方案及措施。

#### 隧道盲沟损坏的原因和整治措施

目前隧道盲沟损坏的主要原因是排水管材料腐蚀破损不具备排水设施要求（见图1、2），盲沟凿槽布置和混凝土的配料施工方法都存在问题，从而造成现已出现的渗漏水病状，当重载铁路隧道出现明显的渗漏水情况一般会采用凿槽引排和放射性凿槽引排方式，即在隧道衬砌凿除宽25cm，深30cm的盲沟，埋设Φ75HDPE180度单壁打孔波纹管盲管，盲管将水引排到水沟排出，这种方法即经济又简单、成本核算底，施工效益快，能有效确保隧道衬砌不再出现渗漏水现象，这种方法主要针对因施工缝和变形缝引起的多处渗漏水，具体的步骤是：探测水的来源→观察并确定槽位→开槽→清洗槽口→埋设管道→打安置管卡→封闭槽身以及最后养护工期



图1



图2

#### ③ 隧道衬砌表面裂缝处理措施

裂缝是对混凝土结构物承载能力、耐久性及防水性降低的主要原因，为此经长期总结分析归纳出一下几种处理方法：

##### 封闭法处治裂缝

表面封闭法适用于宽度 $W \leq 1\text{mm}$ 深1-10mm的蜂窝麻面，可用环氧树脂浆液修补处理

表面封闭法适用于宽度 $1\text{mm} \leq W \leq 3\text{mm}$ 深20-50mm深20-50mm不渗水的干裂缝的裂缝可用采用“V”型槽处治。

压力注浆法采用宽度 $0.2\text{mm} < W < 5\text{mm}$ 深100-450mm垂直衬砌表面打孔注浆，注入AB环氧树脂胶液进行封闭修补，如有渗漏水可配新型的堵漏剂配合使用（图3），其施工步骤：



压力注浆法采用垂直衬砌表面打孔注浆，注入AB环氧树脂胶液进行封闭修补，其施工工艺如下：

(1) 用裂纹放大镜或测缝检测仪测定裂缝宽度、深度和长度。

(2) 基层处理：清除裂缝表面的灰尘、油污。用钢丝刷及压缩空气枪将裂缝粉尘、碎屑清除干净。

(3) 确定注入口：一般按照10-30cm距离设置一个注入口，注入口的位置尽量设在裂缝较宽、开口较畅通的



部位，贴上胶带，预留。

(4) 封闭裂缝：采用YJ-快干型封缝胶，沿裂缝表面涂刮，留出注入口。

(5) 安设塑料底座：揭去注入口上的胶带，用封缝胶将底座粘于注入口上。

(6) 安设灌浆器：将配好的灌树脂注入软管中，把装有树脂的灌浆器旋紧于底座上。

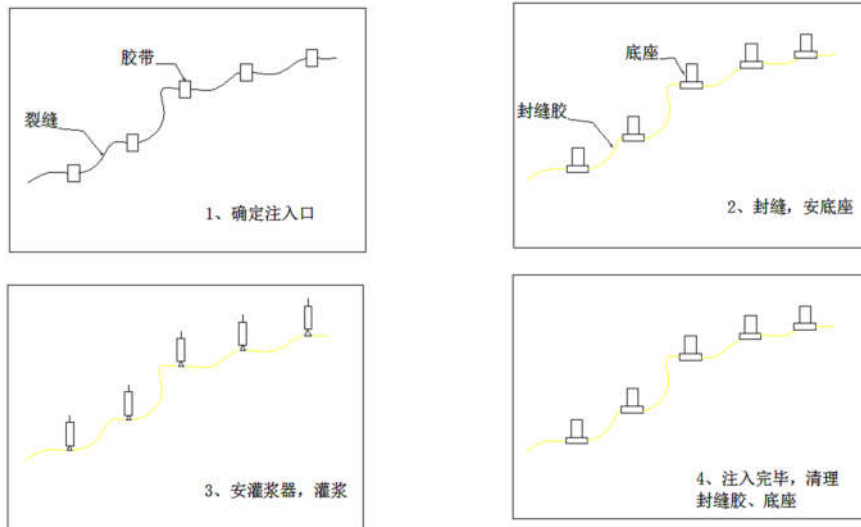
(7) 灌浆：松开灌浆弹簧，确认注入状态，如树脂不足可补充再继续注入。

(8) 注入完毕：待注入速度确认不再进胶后，可拆除灌浆器，用堵头将底座堵死。

(9) 灌浆树脂固化后，敲掉底座和堵头，清理表面封缝胶。

1) 本灌浆器适合修补0.2-5mm的裂纹，利用低压及毛细管现象注入低粘度树脂，因而可以解决微细裂纹填充。

2) 软管可装树脂量为50g，有效注入量为40g，一次性注入不足时可继续补充。



裂缝灌浆过程示意图3

#### ④ 隧道拱顶衬砌掉块及剥落处理措施

根据多年的观测和经验的分析，以往的隧道都是注重周围的边墙的强度，而忽视了拱部，拱顶布设防水层及基底的强度，在对拱顶衬砌处理中，没有先进的施工方法，从而造成拱顶衬砌强度不够，并有弥补衬砌的迹象，使得拱顶衬砌不稳定，形成大面积衬砌剥落和掉块的现象。

1) 采取措施:型钢钢架+钢板+自密实混凝土方案整治效果较波纹板方案好，对限界要求低。

型钢钢架+钢板+自密实混凝土加固：这种方法既能有效地防护拱顶掉块危害，又能确保隧道衬砌整体受力均匀，即使隧道盲沟损坏边墙渗漏水也能有效的及时治理。本人不支持拱部拱钢拱架挂网+锚索加固方案和波纹板加固处理措施，拱部钢拱架挂网+锚索的缺点：当锚索锚固剂遇地下水失效或失去锚固作用时，钢拱架挂网就无法永久的起到加固衬砌掉块的安全性以及确保列车运行安全，所以须经常观察以防锚索松动滑出，影响行车安全。波纹板加固缺点：锚杆加固打眼太多，不仅破坏混凝土结构的整体性和强度，而且对拱部边墙衬砌出现

裂纹无法观察以及衬砌渗漏水不易根治造成很多隐患，对于隧道限界不足，锚杆加固一旦触电后果无法想象。

2) 打锚索（或锚杆）拆旧补新法加固处理。

拆旧补新法加固：这种方法彻底有效地解决拱部衬砌掉块和边墙衬砌掉块、剥落的危害，从而保持新旧混凝土的结合，并能有效的解除隧道限界不足所造成的影响以及衬砌加固部件导致的侵线，从整体上实现了隧道衬砌美观一体化，衬砌结构强度的局部保障，施工顺序：先打锚索（或锚杆）→撤除既有混凝土（环向不超过4米、纵向宽不超过2米、深0.4米）→清除松动岩层→喷锚围岩→安装脚手架→打入锚索4米（或锚杆）支撑模板→灌注混凝土→拆模→养护。

#### ⑤ 隧道仰拱断裂及翻浆冒泥治理措施

仰拱断裂主要问题就是局部基础下沉、塌空以及施工单位未按设计要求标准施工致使隧道仰拱厚度不足。从而造成仰拱断裂，地下水沿缝隙流出使道床翻浆冒泥，造成隧道侧沟淤泥排水不畅等。

1) 隧道仰拱断裂及下沉处理措施

2) 清理注浆区段排水沟上部的道砟等覆盖物。

3) 对道床混凝土填充找平层和排水沟的裂缝及破损部分采取封堵和修补措施。

4) 注浆孔位按横纵向梅花型布置, 钻孔前需对注浆孔位置加以维护, 以满足钻孔、注浆操作、监控测量等需要。具体的操作步骤是: 将注浆孔处道砟全部扒出, 露出仰拱上部混凝土填充找平层后, 安置不小于150mm的PVC管, PVC管高出轨底面100mm。钻孔深入穿透仰拱底部及分化软弱层达到未分化层进入未分化基岩50mm为宜。横向60cm纵向120cm打 $\Phi 32$ cm注浆孔压注高效发泡树脂胶进行加固处理。这种方法能有效的解决隧道基底下沉和仰拱断裂病害。

## 2 翻浆冒泥地段及水沟排水不畅处理措施

2.1 在K30+200-410翻浆冒泥地段(图4)附近避车洞内打直径1.50m深9.6m降水井, 在降水井内壁1米处靠线路一侧每隔30cm打孔径为10cm的泄水孔2排, 交错布置, 用抽水泵抽出井内水输送到铺设好的排水管道排出, 这种方法能彻底有效地将仰拱低部的地下水渗入井内, 从而解决翻浆冒泥根本问题。



### 2.2 隧道侧沟排水不畅的处理方法:

梁家山隧道K30+400-K31+120侧沟密井多达289个, 其中左侧144个、右侧145个, 由于密井内孔径设计不规范, 淤泥很容易堵塞, 给隧道排水造成极大的危害, 建议全部凿通输出。隧道排水不畅的主要原因有两种情

况: (1) 排水沟坡度未达到设计要求。(2) 排水沟断裂致使地下水带出泥浆导致排水不畅。

### 2.3 处理方案

①压浆处理: 找出排水沟断裂和翻浆冒泥根源, 延裂缝或翻浆冒泥段每隔20cm打注浆孔, 压注环氧树脂防水堵漏胶或防水聚氨酯堵漏剂。

②注浆, 采用 $\Phi 42$ 小导管, 进行压注高标号水泥浆液回填, 后压注TGRM水泥基超早强灌浆材料(水灰比0.37-0.45, 注浆压力0.4-0.6MPa)注浆管横向三排梅花型布置, 纵向间距1.5m, 注浆管深入岩层不少于0.5m。

③将既有排水沟挖深150cm, 靠近道床一侧的侧沟墙应增设构造钢筋, 并留泄水孔直径4-10cm, 间距100-300cm。这些方法适用于短、中隧道水沟多处翻浆冒泥地段, 对于长隧道来说施工期比困难, 但是能有效彻底解决隧道水沟淤泥不畅之病害。

### 结束语:

经过多年对隧道病害整治的体会: (1) 目前隧道病害大多数是渗漏水造成的原因。(2) 施工现场必须结合实际情况先审图后再进行施工, 发现问题提出变更意见。3现场监管单位主要负责人必须与施工单位、监理、紧密配合, 这个环节是非常重要的, 监管单位的现场负责人必须责任心强、有原则性, 施工现场经验丰富, 能识图, 对于突发事件, 具有解决应变能力。本人鉴于梁家山隧道提出以上病害治理措施, 经供参考, 有不足之处, 多请指教, 期待与隧道病害治理的爱好者们, 共同探讨, 对今后的隧道病害整治提出更好治理措施。

### 参考文献

- [1]铁路桥隧建筑物修理规则TG/GW103.2010(4)
- [2]冶金工业部建筑研究总院.北京治建工程裂纹处理中心, 裂纹处理2001(1)
- [3]北京安通伟业铁路工务技术有限公司, 仰拱加固方案2014(7)