

# 隧道塌滑体贯通施工技术

任 懿 李 英

(中铁十九局集团第二工程有限公司锦屏项目部,四川 西昌 615000)

**【摘要】**本文以铁城水电站民门公路改道工程为例,分析了帽砂湾隧道洞口塌滑的原因,提出了解决隧道塌滑体贯通方案及施工工艺流程。

**【关键词】**隧道;塌滑体;施工

**【中图分类号】**U457+.5 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2007)03-0048-04

铁城水电站民门公路改道工程属于水电站库区改道的唯一一条交通要道,是整个水电站截流的控制性工程,帽砂湾隧道是大坝截流后连接大坝下游与上游的交通枢纽。隧道设计桩号为 DK0+400~DK0+603,公路等级为三级,设计行车速度为 30km/h,隧道内行车道宽度为 7m,两侧设检修兼人行道,宽为 0.75m。本隧道按新奥法原理设计为复合式衬砌,衬砌结构型式采用半圆断面型式,衬砌与初期支护之间设置由 EVA 防水板与排水管组成的排水层,初期支护采用 C25 喷射混凝土锚喷支护;隧道 DK0+400~DK0+428 段设计为双层钢筋复合式衬砌,衬砌砼厚度为 60cm,路面为 15cm 厚 C15 填充砼与 22cm 厚 C30 路面混凝土,其设计见图 1:

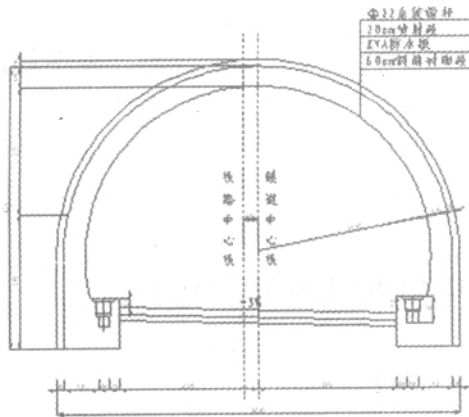


图 1 隧道复合式衬砌图

## 1 隧道进口塌方概述

按照设计图纸隧道 DK0+400~DK0+407 为

明洞段,经现场实际开挖,隧道实际进洞桩号为 DK0+411,因此明洞段变更为 DK0+400~DK0+411。但明洞洞顶开挖边坡高度已达到 30m,由于洞顶地势陡峭,自然边坡 0.4,因此设计松散岩石边坡开挖按 0.3 进行,以防洞口开口线以上部位塌滑,并要求边坡开挖与锚喷支护同步进行施工;隧道达到进洞条件后,为确保洞口施工安全,施工中实施了 5m 长双层钢筋砼明洞段,形成防碎石下落平台,得到了各参建单位的认可。由于隧道石方洞挖到 DK0+425 段时,岩体破碎,洞内出现与洞轴线正交的古滑体(棕黑色泥状,夹少量渗透水,专家判断为古滑体)。施工中,采取了 I<sub>18</sub> 型钢拱架与锚喷施工相结合进行支护,但由于山体沉降明显,不到 24 小时导致支护拱架拱部变形和喷射砼表面开裂,不到 48 小时,导致明洞段衬砌钢筋砼向前推移 10cm,且明洞段拱部、边墙砼呈现纵横交叉裂缝;原支护高边坡开口线外 15m 范围内出现 10cm 宽环向裂缝,洞口高边坡不断下落块石。经过参建各方代表研究决定,该隧道属于洞口围岩破碎,洞顶边坡大部分属于坡积体,边坡本身不移动,洞内出现古滑带,导致 DK0+425 至明洞外坡积体在爆破的影响下很不移动,最终通过专家预测以 24Kg 炸药以明爆的方式进行试验,证实了洞口属于塌滑体。洞内明爆试验后,整个高边坡开裂体以向前推移的方式坍塌下来,淹埋了明洞以及成型洞段。

## 2 塌滑体贯通的原因

收稿日期 2007-05-20

作者简介:任懿(1977-),男,助理工程师,主要从事水利工程隧道研究开发工作。

隧道塌方后,经各方专家建议,另开洞门或改移线路,由于多方面原因,最终确定隧洞按原设计线路继续掘进,施工单位提出塌滑体贯通方案,由设计单位校核计算出图,确保工程安全与实施的可能性。

### 3 隧道塌滑体贯通步骤及方案

(1) 为确保本工程控制性工期目标,计划以隧道出口为主要掘进方向;

(2) 隧道进口端,首先将塌滑体高边坡从上至下进行清理,尽可能少扰动高边坡;

(3) 在隧道出口端掘进的同时,对塌滑体高边坡进行锚喷砼支护,对下部大体积塌滑体进行双液注浆回填固结;

(4) 塌滑体固结完成后,开始进行长度为 33m 的大管棚施工,形成钢棚,达到超前支护目的;

(5) 在塌体开挖前,隧道进口与塌滑体尾部(DK0+407~DK0+412 和 DK0+425~DK0+432) 仍然采取钢拱与钢筋砼衬砌形成明洞和洞内二次支护;

(6) 塌滑体 DK0+412~DK0+425 段采取单侧壁小导洞开挖方式探明地质情况和注浆密实度,再进行隧道上导洞开挖与支护紧跟的方式进行施工,衬砌砼采取先拱后墙的方式确保施工安全;

(7) 当隧道全面贯通后,采取跳槽开挖马口的方式进行边墙混凝土衬砌,确保塌滑体衬砌段均匀沉降。

### 4 施工主要工艺

#### 4.1 塌滑体注浆

为确保施工安全,预防塌滑空洞、松散坡积体二次开挖再次产生坍塌,施工中决定采取双液注浆的方式进行塌滑体回填与固结灌浆,以充分发挥围岩自身应力,达到 IV 类围岩开挖条件。

考虑到坡积体松散,回填注浆压力大等因素,施工中对整个塌滑体表面进行 20cm 厚喷射混凝土全封闭,形成天然止浆墙。当止浆墙形成后,开始用潜孔钻进行注浆孔钻孔施工,孔位成型后,按 2~4m 间距打入  $\phi 50$  钢管。钢管长度不等,最初为 6m,再施钻 12m,最后施钻 18m,施工中采取潜孔钻触探方法检测注浆密实度。其注浆施工示意图如下:

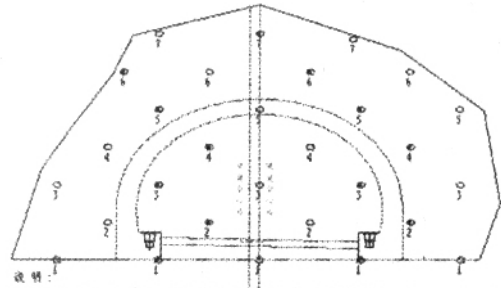


图 2 隧道塌滑体注浆孔分布图

考虑到塌滑体空洞多,坡积体上部开口多,雨季易渗水,注浆浆液易外渗等特点,施工中采用双液注浆工艺。通过试验调整水玻璃与水泥比例确定浆液初凝及终凝时间,有效控制注浆固结半径。施工中采取了水玻璃模数为 28Be', 水灰比为 1:0.4、0.6、0.8、1.0 四种比例由稀到浓进行注浆,双液浆初凝时间分别为 4 分 25 秒、3 分 20 秒、3 分 1 秒、2 分 8 秒,双液注浆泵压力由小变大,由 0MPa、0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa 最后增加至 3MPa。

#### 4.2 塌滑体超前支护

当塌滑体注浆完成后,开始进行超前管棚支护,考虑到充分发挥固结山体围岩应力和确保施工安全,施工中采取了沿开挖轮廓线外 40cm 设置  $\phi 89$  大管棚内穿三根  $\phi 22$  钢筋束进行超前管棚注浆。钻孔采取英格索兰 MB100 潜孔钻进行施工。管棚按 2m 间距环向布置直径为 1.5cm 注浆孔,以利于管棚与山体注浆密实。管棚加工示意图如下:

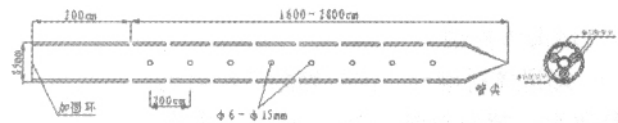


图 3 管棚加工示意图

#### 4.3 塌滑体单侧壁导洞开挖

为进一步探明塌滑体地质情况以及注浆密实度,施工中采取从隧洞右侧进行导洞开挖,开挖示意图如下:

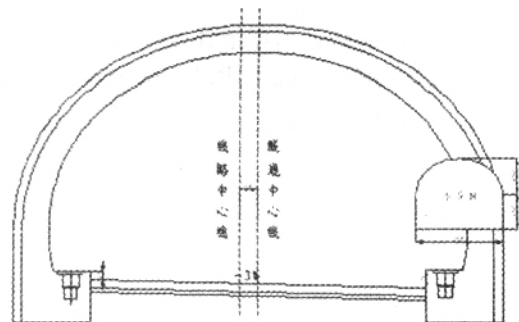


图 4 单侧壁导洞开挖示意图

#### 4.4 塌滑体上导洞开挖

当隧道导洞开挖完成后，并对塌滑体注浆密实度及围岩固结情况检验合格后，然后对管棚两端进行上半断面衬砌，使其管棚两端锚固于有永久支护的围岩内。当衬砌混凝土强度达到 75% 以上后，开始上下导洞台阶开挖法掘进，隧道掘进中采取风镐凿除原支护钢筋砼，再采取挖掘机清运弃渣，对

于围岩比较完整的洞段，采取小型爆破技术进行爆破开挖，以尽可能减小对围岩的扰动。

隧道开挖采取支护紧跟措施，对成型开挖洞段采取先素喷混凝土，再进行系统锚喷与拱架支护，使整个塌滑体形成钢管棚，达到棚室效应。其开挖与支护示意图如下：

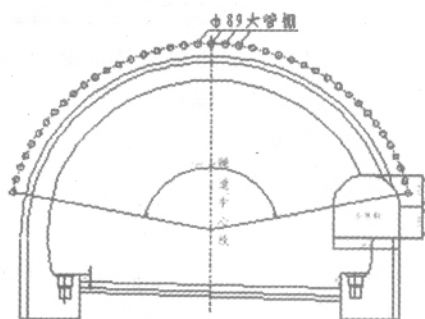


图 5 超前管棚支护示意图

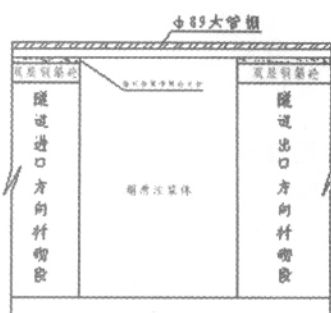


图 6 塌滑体前后衬砌示意图

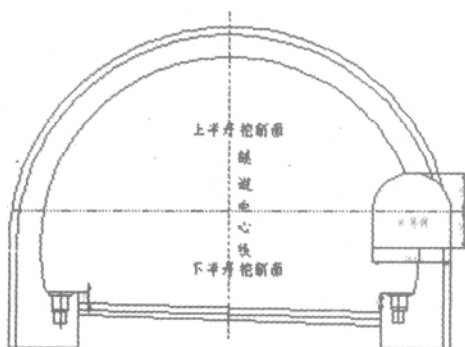
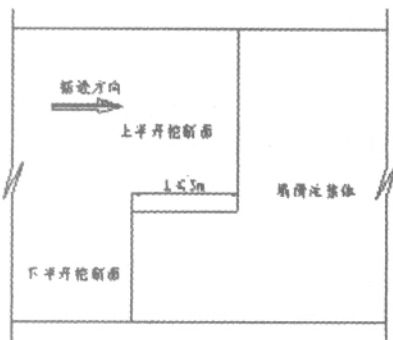


图 7 塌滑体半断面开挖示意图



#### 4.5 塌滑体衬砌

塌滑体衬砌分一次衬砌和二次衬砌，一次衬砌参数为：超前锚杆  $\Phi 25-30\text{cm}$ ，系统锚杆  $\Phi 22@100\text{cm}$ ，挂  $\Phi 8$  网片  $20 \times 20\text{cm}$ ，初喷 C20 混凝土 5cm，架设 I20 工字钢，间距 100cm，喷射 C20 混凝土 20cm。塌滑体二次支护为钢筋衬砌混凝土，支护参数为： $\Phi 22-15\text{cm}$  双层环向主筋，纵向分布筋  $\Phi 16-40\text{cm}$ ，衬砌混凝土为 C25。塌滑体所有支护均按上下断面分部进行，当塌滑体下半断面开挖完成后，采取跳槽开挖马口的方式进行下边墙与拱脚支护施工，以防隧道上半部分支护产生不均匀沉降。

积体、软弱围岩、大塌方等隧洞贯通施工具有重要的参考意义；

#### 5.2 双液注浆

通过双液注浆试验，对固结松散体、渗水洞段与有效固结围岩，对于充分发挥围岩应力具有重要的指导作用；

#### 5.3 管棚支护和单侧壁导洞开挖

大管棚贯穿钢筋束注浆施工和单侧壁导洞开挖配合半断面开挖施工，对大跨度隧洞施工具有借鉴作用。

### 5 施工成果

#### 5.1 隧洞塌滑体贯通技术

隧洞塌滑体成功贯通，其施工技术对松散体、坡

### 6 结束语

塌滑体贯通施工技术采取了双液注浆与超前管棚施工工艺，并采取了单侧壁导洞结合半断面开挖方案，技术实施回归于新奥法支护与开挖理论，并确保了隧洞安全可靠贯通。

## 参考文献：

- [1]梁炳. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京:中国电力出版社, 1999.
- [2]冶金部建筑研究总院. 锚杆喷射砼支护技术规范 (GB50086—2001)[S]. 北京:中国计划出版社, 2001.
- [3]王毅才. 隧洞工程[M]. 北京:人民交通出版社, 2000.
- [4]交通部重庆公路科学研究所. 公路隧道施工技术规范 (JTJ042-94)[S]. 北京:人民交通出版社, 2003.

## Tunnel Landslide Breakthrough Construction Technique

REN Yi, LI Ying

*(Jinping Project Engineering Department of the China Railway  
No. 19 Engineering Bureau, Xichang, Sichuan 615000)*

**Abstract:** This paper takes Minmen road diverting project as an example, which located at Tiecheng hydro-electric power station. By analyzing the causes of Shamaowan Tunnel collapse, we worked out a solution to the problem. At the same time, a practicing schedule for the construction of tunnels landslide breakthrough has also been proposed in this paper.

**Key words:** Tunnel ; Landslide ; Construction

(责任编辑:张荣萍)