

隧道仰拱基底机械清扫刷

王炎军

(中铁十七局集团第五工程有限公司 山西 太原 030000)

【摘要】仰拱是为改善上部支护结构受力条件而设置在隧道底部的反向拱形结构，是隧道结构的主要组成部分之一，它一方面要将隧道上部的地层压力通过隧道边墙结构或将路面上的荷载有效地传递到地下，而且还有有效的抵抗隧道下部地层传来的反力。仰拱与二次衬砌构成隧道整体，增加结构稳定性，仰拱在开挖完成后，存在大量虚渣，如果虚渣清理不彻底，将不利于仰拱落底，影响隧道整体受力，为后期运营造成安全隐患。

【关键词】隧道仰拱；虚渣；机械清扫

引言

在甘肃省S35景礼高速公路陇南段项目7标段香山2#隧道施工过程中，使用传统的人工清理虚渣方法，耗时长，成本高，严重影响施工进度与施工安全。为了有效提高仰拱虚渣清理效率，保证仰拱施工质量，确保仰拱混凝土落到“实处”，我标段对清理仰拱虚渣的工具进行了改进，采用挖机配备钢丝刷对仰拱开挖之后的虚渣进行清理，充分发挥了机械作业的优势，减少了人力成本，大大缩短了工作时间。

一、工程概况

香山2#隧道位于甘肃省礼县永兴镇新堡村北侧山体，穿行于长车沟与中沟之间的山体。隧道为左右行分离式的双洞岩土混合长隧道。右线里程桩号为YK95+036~YK96+785，长1749m；左线里程桩号为ZK94+952~ZK96+682，长1730m，隧道最大埋深205m。设计净空宽×高=10.25×5.0m，进出口采用端墙式洞门，采用机械通风，灯光照明。

本标段隧道设计时速80km/h，隧道具体建筑限界和内轮廓主要指标为：

- ①公路等级：高速公路；
- ②行车道数：双向四车道；
- ③隧道设计速度：80km/h；
- ④设计汽车荷载：公路—1级。

二、地质概况

(一) 地层岩性

根据地质调绘、钻探揭露并结合室内岩土土工试验，隧址区地层按其时代及成因分类，在勘察深度范围内上覆地层为第四系全新统坡积粉质粘土(Q4d1)，上更新统冲洪积黄土(Q3al+pl)；下伏基岩为新近系泥岩、疏松砂岩、砂砾岩(N)，泥盆系含炭薄层状板岩(D2x)，构造角砾岩。

(二) 地质构造

隧址区位于西汉水左侧低缓红层丘陵剥蚀山区的西礼盆地内，礼县—罗家堡分支断裂(F14-11)与路线相交于YK95+065~YK95+105(ZK95+015~ZK95+055)，该断裂走向240°，倾向150°，倾角70~80°，宽约40m，为非活动断裂，受主断裂及次生断裂影响，造成区内岩体较为破碎。

(三) 水文地质条件

1. 地表水

隧址区地表水主要为西汉水及其支流长车沟、中沟中的常年流水。

2. 地下水

隧址区地下水主要为第四系孔隙性潜水、基岩裂隙水。

3. 隧道水文地质评价

根据隧道两侧沟道地表水水位2.53~3.19m/L，属软水；对混凝土结构的具有微腐蚀性，对钢筋砼结构中钢筋的具有微腐蚀性。

三、行车隧道主洞建筑限界

净宽0.75+0.5+2×3.75+0.75+0.75=10.25m，净

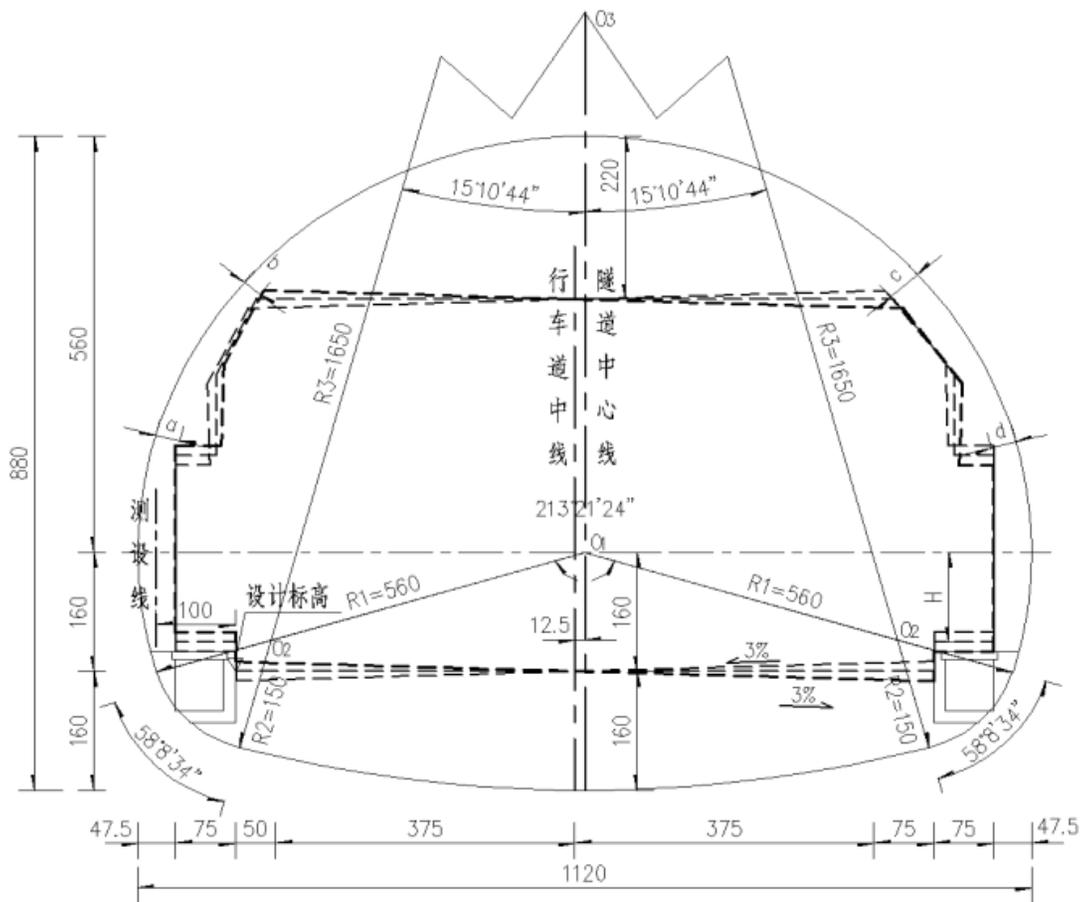


图1 隧道主洞建筑限界及净空断面图

高5.0m。隧道主洞内轮廓拱部及侧墙采用 $R=560\text{cm}$ 单心半圆，仰拱半径为 1650cm ，仰拱与侧墙间采用 $R=150\text{cm}$ 小半径圆弧连接；隧道紧急停车带段拱顶部采用 $R=772.1\text{cm}$ 圆弧，侧墙半径 $R=560\text{cm}$ 圆弧，仰拱半径为 1800cm ，仰拱与侧墙间采用 $R=150\text{cm}$ 小半径圆弧连接（如图1）。

四、仰拱施工

（一）仰拱施工工序

测量放样→开挖出渣→清除浮渣→安装仰拱衬砌钢筋→安装模板→模筑C30钢筋砼→中心水沟模板立设→仰拱回填及检查井

（二）仰拱开挖

仰拱开挖不能半边跳槽开挖施工，必须一次全断面开挖，封闭成环，施工临时通行设刚便桥跨越，V级围岩地段仰拱开挖长度控制不大于两榀拱架，为了避免两侧初期支护悬空，可在拱脚处增加一些临时支撑，确保结构安全。

仰拱采用挖掘机开挖，人工修整到位，必要时采用控制爆破；基底开挖应圆顺、平整，不得欠挖，超挖部分应用同级混凝土回填。

仰拱采用自卸车出渣，出渣后应及时清除仰拱上的浮渣。

（三）基底虚渣清理

仰拱虚渣清理一般采用人工清扫，该隧道围岩较破碎，拱底参差不齐，清理难度大，耗费时间长，人工费用高，严重影响隧道施工进度。

为了有效提高香山2#隧道进口仰拱虚渣清理效率，保证仰拱施工质量，确保仰拱混凝土落到“实处”，我标段改进了仰拱虚渣清理工艺，只做了专用的“清扫”工具，采用挖机配备钢丝刷对仰拱开挖之后的虚渣进行清理，充分发挥了机械作业的优势，减少了人力成本，大大缩短了工作时间。

五、关键技术

隧道仰拱基底机械清扫刷，是利用钢丝绳制作

刷头，将挖掘机的挖斗更换为单钩并焊接槽型夹具，然后再将钢丝刷头固定在夹具内，由挖掘机控制清扫刷来清扫仰拱底部虚渣的一种工具。同时，可利用废旧钢丝绳制作刷头，节约成本。

六、操作要点及工艺流程

钢丝刷制作步骤如下(图2)：

①利用钢丝绳制作刷头，根据夹具的尺寸将钢丝绳切割为60cm一节，将多束钢丝绳用U型卡环固定，需辅以千斤顶挤压密实，保证后续使用过程中不会松散脱落，共加工5组钢丝绳刷头；

②将挖掘机挖斗更换为单钩，将加工好的槽型夹具焊接至单钩上，槽型夹具采用钢板加工而成，在底部提前预留孔洞保证夹板及螺杆位置准确；

③将5组钢丝绳刷头安装至槽型夹具后，用夹板拧紧压实。



a刷头制作

b刷头安装



c虚渣清理

d钢丝刷使用后效果

图2 钢丝刷制作步骤

工艺流程如图3：

七、应用效果及应用范围

(一) 应用效果

该工具已在香山2#隧道进口投入使用，此前清理6m仰拱虚渣需10人，耗费9-10小时，人工费250元/人·天，所需工费2500元；现采用人工配合挖机清理，挖机1小时，约200元，用人工4人，3小时完成，约500元，共需700元。

| 成本项目 | 人工清理 | 机械清理 |
|------|--------|--------|
| | (元/6m) | (元/6m) |
| 人工费 | 2500 | 500 |
| 机械费 | 0 | 200 |
| 合计 | 2500 | 700 |

综合比较，使用隧道仰拱基底机械清扫刷，每6m仰拱施工，施工时间可节约5-6小时，成本可节约1800元。

该工具制作简单、使用便利，同时可大大节省施工成本与施工时间，而且仰拱施工时间的缩短降低了安全风险，具有很大的实用性，经济效益显著。

(二) 应用范围

此工具在无水少水地段均可使用，也可用于洞门墙基础、挡墙基础等需要清理虚渣的工程中。

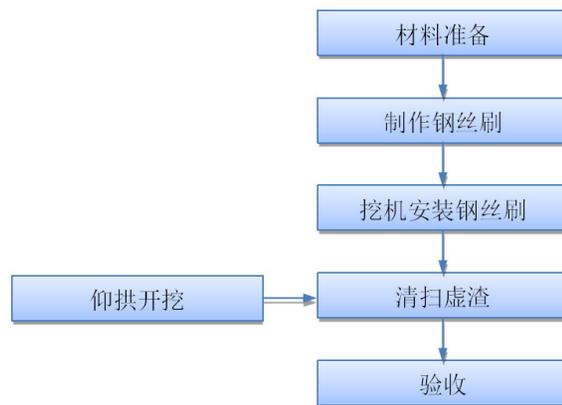


图3 工艺流程

八、结语

随着全国高速公路里程的不断延伸，机械化作业在其中的占比越来越高。隧道仰拱基底机械清扫刷具备安全、实用、经济的优势，在隧道工程施工建设中具有极大的推广价值。

参考文献：

[1] 《公路隧道施工技术规范》JTG/T3660-2020.