

Discussion on Connection of Tunnel Primary Support Arch and Lower Step Arch—Taking the Construction of Zhong-tiaoshan Tunnel as an Example

Haigang Wang

China Railway Tunnel Group 2 Co., Ltd., Sanhe, Hebei, 065201, China

Abstract

The traditional connection mode of primary support arch and lower steps, the excavation of the lower step arch foot is difficult to form according to the design contour, overdig seriously; after the closure, the arch foot is not the main part of the force, the force is easy to cause fracture, and the arch and foot plate below the connection is easy to cause grouting incomaction. The connection mode of the tunnel first support arch and the lower step arch improves the connection position from the lower step side to the bottom of the lower step, which is conducive to overexcavation control; the force is evenly distributed on the arch to avoid the connection fracture caused by stress concentration and improve the stability of the redundant arch and foot plank at the connection to save the cost and facilitate the grouting compaction control.

Keywords

grille; primary support back arch; connection mode; arch frame; foot plank

一种隧道初支仰拱拱架与下台阶拱架连接方式探讨——以中条山隧道施工为例

王海刚

中铁隧道集团二处有限公司, 中国·河北 三河 065201

摘要

传统的初支仰拱拱架和下台阶的连接方式, 存在下台阶拱脚处开挖困难, 难以按照设计轮廓线开挖成型, 超挖严重; 封闭成环后, 拱脚处已不是受力主要部位, 受力主要集中在连接处的螺栓上, 易造成断裂; 且连接处以下的拱架和脚板冗余, 易造成喷浆不密实。隧道初支仰拱拱架与下台阶拱架连接方式将连接位置由下台阶侧面改进到下台阶底部, 开挖轮廓变成圆弧形, 有利于超欠挖控制; 受力均匀分布在拱架上, 避免应力集中造成连接处断裂, 提高了初支的稳定性; 减少连接处冗余的拱架和脚板, 既节约了成本, 又有利于喷浆密实度控制。

关键词

格栅; 初支仰拱; 连接方式; 拱架; 脚板

1 引言

在中国铁路隧道工程建设中, 针对不同的隧道围岩情况有着不同的开挖施工方法, 其中台阶法开挖在围岩破碎的地质情况下是优先选择的施工方法。针对目前仰拱初支滞后下台阶初支施工完成后未及时施工初支仰拱, 仰拱和下台阶封闭成环距离掌子面较远的传统台阶法施工这一现状, 在中条山隧道率先开展仰拱与下台阶一次开挖支护的施工方法, 以“新奥法”为施工理念, 开挖完成后及时封闭成环, 最大限度地减少围岩暴露时间, 有效地控制围岩变形, 同时减少工序施工的相互干扰, 加快施工进度。而按照传统的初支仰

拱拱架和下台阶的连接方式, 存在下台阶拱脚处开挖困难, 难以按照设计轮廓线开挖成型, 超挖严重; 封闭成环后, 拱脚处已不是受力主要部位, 受力主要集中在连接处的螺栓上, 易造成断裂; 且连接处以下的拱架和脚板冗余, 易造成喷浆不密实^[1]。论文以中条山隧道为例, 针对现有技术的不足和缺陷, 研究了一种隧道初支仰拱拱架与下台阶拱架新型连接方式。

2 概况

中条山隧道位于中国山西省运城市, 线路穿越中条山脉, 设计为双洞单线隧道, 左线 DK615 + 065~DK633 + 470, 全长 18405m; 右线 DK615 + 075~DK633 + 485, 全长 18410m。隧道采用复合式衬砌, 由初期支护、防水层与二次衬砌组成。初期支护由 C25 湿喷混凝土、钢筋网、锚

【作者简介】王海刚(1989-), 男, 中国河南新乡人, 本科, 工程师, 从事隧道施工技术管理研究。

杆和钢架组成,喷混凝土采用湿喷工艺,二次衬砌采用模筑混凝土。

3 下台阶和仰拱的连接方式

论文以四肢箍 H150 格栅钢架为例,传统的隧道下台阶与仰拱拱架连接方式是,在下台阶拱架侧边焊接连接角钢,连接角钢为 $\angle 125 \times 80 \times 10\text{mm}$,长 28cm,与仰拱钢架连接角钢采用 6 颗螺栓连接,见图 1。新的连接方式将初支仰拱拱架与下台阶拱架连接位置由传统下台阶侧面改进到下台阶底部,连接处连接角钢为 $\angle 125 \times 80 \times 10\text{mm}$,长 18cm,与仰拱钢架连接角钢采用 4 颗螺栓连接,见图 2。连接角钢使用离子切割机切割成型,冲剪机冲孔径为 26mm 的螺栓孔。将连接角钢与下台阶和仰拱钢架按设计位置焊接牢固,每个接头处四块。开挖完成后,进行钢架安装,先安装下台阶钢架,上部与上台阶钢架连接,然后安装仰拱钢架,仰拱连接角钢与下台阶下部连接角钢对齐,使用 M24 $\times$ 60 螺栓连接牢固,进入下道工序施工。

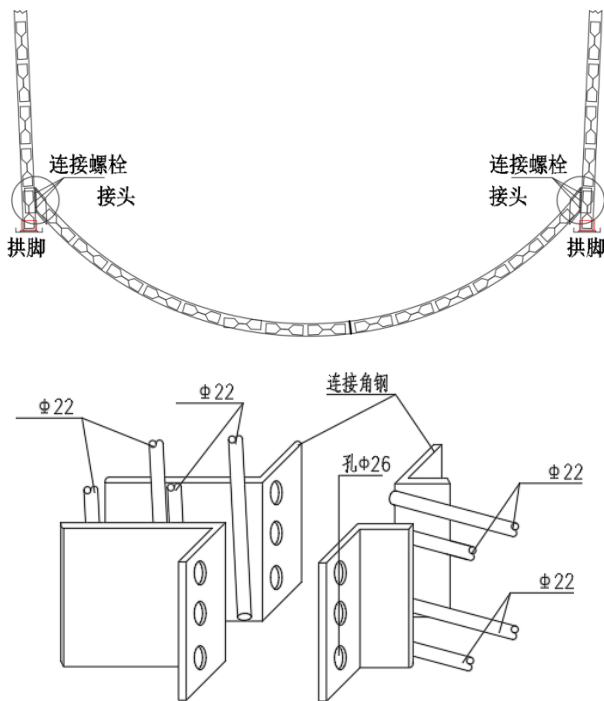


图 1 传统的隧道下台阶与仰拱拱架连接方式

4 优缺点对比分析

①传统的连接方式在下台阶拱架底部开挖轮廓线为折线形,开挖施工控制困难,为保证下台阶拱脚能够准确的安装就位,必将造成严重超挖,而超挖部分需要使用喷射混凝土进行回填,增加成本。

新型连接方式开挖轮廓变成圆弧形,有利于断面成型和超欠挖控制。

②传统的连接方式在下台阶接头处,为保证连接质量,

通常采用 6 根螺栓进行连接,使用 28cm 长的角钢做连接脚板,喷射混凝土施工时,脚板会遮挡喷射混凝土进入拱架里面^[2],导致拱脚板处喷射混凝土不密实,强度不足,而连接处又是受力的集中点,给初支的安全稳定留下隐患。

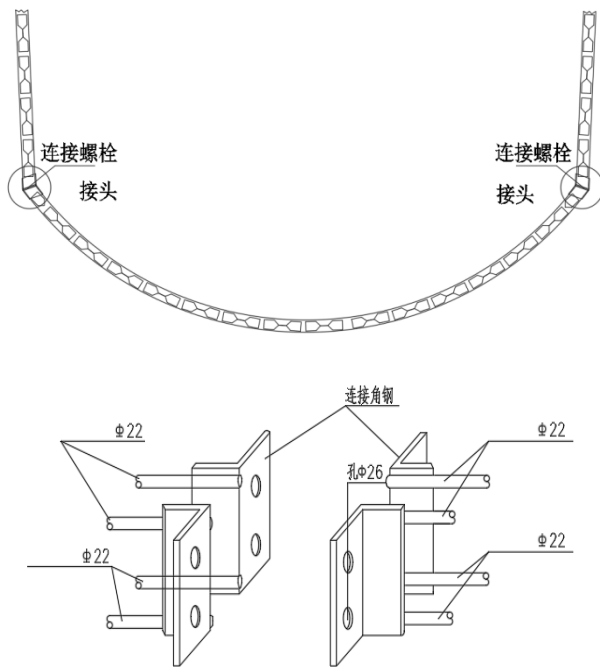


图 2 改进后的隧道下台阶与仰拱拱架连接方式

③传统连接方式在周边土压力的作用下,在接头处受力集中,且集中在连接螺栓上,而不是钢架整体受力,螺栓受到较大的剪切力,很容易出现断裂,导致隧道坍塌事故。

采用新型连接方式,将连接接头放在下台阶底部,使仰拱和下台阶很好的连接成为整体,受力时周边土压力会由喷射混凝土和钢架形成的钢筋混凝土来承担,无受力集中点,更加安全可靠。

④采用新型连接方式,下台阶拱架长度缩短,缩小了拱脚板尺寸,减小了材料投入,减轻了构件的重量,有利于现场安装施工,提高了工作效率,又节约了成本^[3]。

5 实例分析

5.1 施工段落

在 DK623+039.25~DK623+009.25 段 30m 采用新型连接方式进行初期支护施工。

5.2 地质状况

该段围岩为震旦系中统北大尖组(Z2bd)地层,岩性以砂岩为主,局部夹页岩,砂岩属硬岩,呈灰白色,页岩属较软岩,呈青灰色、灰黑色,弱风化,薄层状;节理发育,岩体破碎,呈碎石角砾状构造,掌子面湿润。

5.3 初期支护设计参数

本段采用 Va 型衬砌支护类型,开挖断面 61.670m³/m,总高 10.1m。采用 H150 格栅钢架,间距 1m/ 榀;连接

筋采用为 $\phi 22$ 螺纹钢, 环向间距 1.0m/ 根。上台阶锁脚锚杆采用 3.5 米 $\Phi 22$ HRB400 螺纹钢, 下台阶锁脚锚管采用直径 42mm、壁厚 3.5mm 无缝钢管, 长度 $L=4\text{m}$ 。网片采用纵向 $\phi 6\times$ 环向 $\phi 8$, 网格间距 $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ 。采用 C25 湿喷混凝土, 厚 22cm, 设计喷射混凝土方量为 $6.315\text{m}^3/\text{延米}$ 。

5.4 施工顺序

施工准备→测量放线→隧道开挖→初喷混凝土→钢架安装→锁脚锚杆施做→纵向连接筋施做→铺设钢筋网片→复喷混凝土→下道工序施工。

5.5 材料节约分析

采用新型的初支仰拱拱架与下台阶拱架连接方式, 优化了下台阶长度, 减少了拱脚板数量和开挖断面面积, 节约了喷射混凝土量, 同时节约了下台阶拱脚下垫的槽钢, 具体节约数量见表 1。

表 1 每循环材料节约分析表

序号	项目	单位	设计量		节约量
			传统连接方式	新型连接方式	
1	格栅钢架	kg	925.78	864.5	61.28
2	喷射混凝土	m^3	6.315	6.12	0.195
3	槽钢	kg	27.4	0	27.4

5.6 稳定性对比分析

采用新型的初支仰拱拱架与下台阶拱架连接方式,

优化了拱架整体的受力形式, 有助于初支封闭成环后的稳定性, 挑选优化前后拱顶下沉回归曲线进行对比分析, DK623+057 为传统拱架连接方式, 稳定时间约为 55 天, 累计最大沉降量为 12.09mm (见图 3), DK623+032 为新型连接方式, 稳定时间约为 45 天, 累计最大沉降量为 9.00mm (见图 4), 新型的连接方式能够使初支更快的稳定, 沉降量相对更小^[4]。

6 结论与建议

隧道初支仰拱拱架与下台阶拱架连接方式将连接位置由下台阶侧面改进到下台阶底部, 优化拱架的受力形式, 即减少了超挖量, 节约了钢材和喷射混凝土量, 加快施工进度, 又能提高隧道初支的密实度, 保证隧道施工安全。

参考文献

[1] 张献伟,洪开荣,陈鸿,等.重载铁路隧道仰拱施工关键技术应用——以中条山隧道为例[J].铁道科学与工程学报,2021,18(1):184-191.

[2] 刘招伟,李建华.台阶法(带仰拱)一次开挖施工技术在软岩隧道中的应用[J].隧道建设(中英文),2018,38(2):287-294.

[3] 皮圣.浩吉铁路黄土隧道初期支护格栅钢架应用研究[J].隧道建设(中英文),2021,41(4):604-612.

[4] 刘军,杨志男,王利民,等.隧道初期支护型钢格栅节点受力性能影响研究[J].铁道标准设计,2020,64(2):124-129.

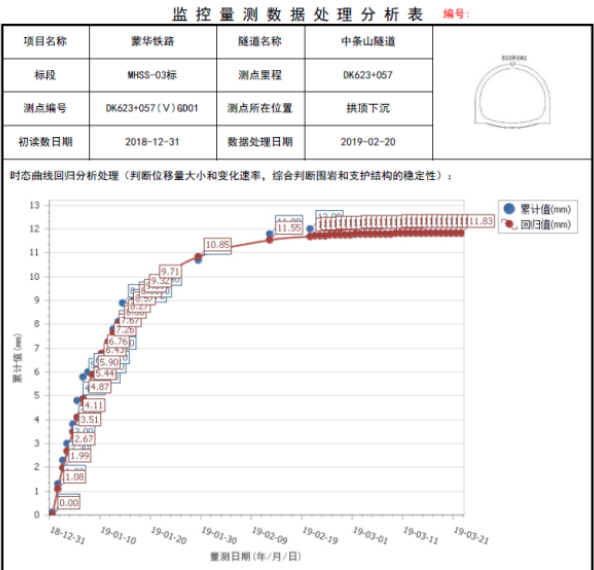


图 3 DK623+057 拱顶沉降回归曲线

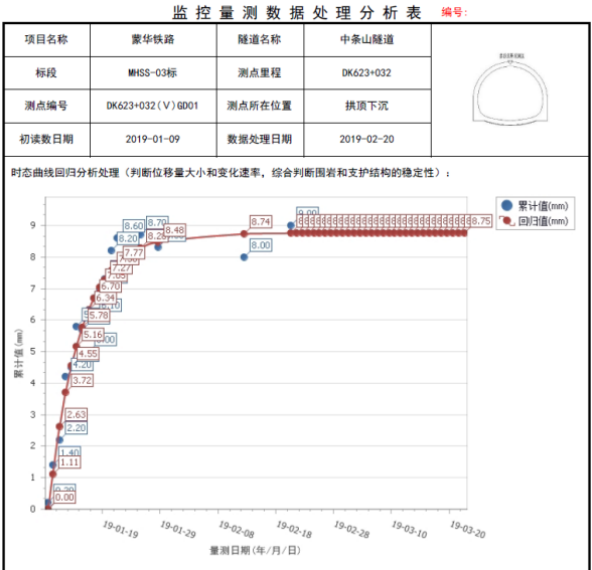


图 4 DK623+032 拱顶沉降回归曲线