

长距离深埋隧洞TBM拆机研究

马 骋

新疆伊河开发建设管理局, 新疆 乌鲁木齐
Email: mach2000@126.com

收稿日期: 2021年4月2日; 录用日期: 2021年4月21日; 发布日期: 2021年4月28日

摘 要

本文结合新疆某隧洞工程施工实例,对长距离深埋隧洞TBM拆机方案提出了拆卸洞室前置法与“拆 + 埋”法,从地质、工程安全、投资、工期进行分析研究,最终采用“拆 + 埋”法实现TBM拆机,以期对长距离深埋隧洞TBM拆机施工提供借鉴,从而达到快速、安全、经济的目的。

关键词

TBM, 拆机, 方案比选, “拆 + 埋”法

Research on Dismantling of TBM in Long-Distance and Deep-Buried Tunnel

Cheng Ma

Development, Construction and Administration Bureaus for Yili River Basin, Urumqi Xinjiang
Email: mach2000@126.com

Received: Apr. 2nd, 2021; accepted: Apr. 21st, 2021; published: Apr. 28th, 2021

Abstract

Based on a construction example of a tunnel project in Xinjiang, this paper proposes the pre-demolition method and the “demolition + burying” method for the TBM dismantling plan of a long-distance deep-buried tunnel. The analysis and research are carried out from the perspective of geology, engineering safety, investment, and construction period. Finally, the “dismantling + burying” method is adopted to realize the TBM dismantling, in order to provide a reference for the TBM dismantling construction of long-distance deep-buried tunnels, so as to achieve the purpose of rapid, safe and economical.

Keywords

TBM, Dismantling, Plan Comparison and Selection, "Dismantling + Burying" Method

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 工程概述

新疆某输水隧洞全长 41.823 km, 最大埋深 2268 m, 设计内径 5.3 m, 纵坡 1/565, 隧洞设计为无压洞, 隧洞进口 10 km 软岩洞段采用人工钻爆法施工, 其后 32 km 洞段采用 2 台全断面隧洞硬岩掘进机 (Tunnel Boring Machine 以下简称: TBM) 从隧洞进、出口相向掘进。TBM 开挖洞径 6.53 m, 隧洞衬砌采用现浇钢筋混凝土, 其中 TBM1 标段完成施工掘进任务, 现场从掌子面前方地质条件、设备性能、工程总工期、施工通风、施工排水、施工降温各方面综合分析, 在桩号 25 + 600 处实施就地拆机。

2. 工程地质及拆机位置选择

目前 TBM1 已掘进至桩号 25 + 600, 其中在掌子面前方桩号 25 + 620~26 + 000 段, 段长 380 m, 隧洞埋深 1615~1735 m, 地貌上属构造剥蚀高山。隧洞穿越的主要地层为志留系上统博罗霍洛山组(S3b)。属滨海相—浅海相沉积, 受构造及热接触变质作用影响, 地层经历过变质作用, 主要岩性为变质粉砂岩或变质泥质粉砂岩。本段位于博罗科努山复背斜范围内, 复背斜呈北西西方向展布, 地层产状不稳定。根据前期勘察成果和已施工洞段判断, 无大的断裂构造。该段最大地应力分量为垂直应力 σ_v , 量值介于 35~41 MPa 之间。

距掌子面最近的重要含水构造是 26 + 664~27 + 095 灰岩富水带, 该富水带分布在 F7 与 F41 断层之间, 岩层产状多陡立, 且较破碎, 导致灰岩岩体中含水丰富, 而 TBM1 为顺坡掘进, 逆坡排水, 且排水距离已达 18.4 km, 净扬程已达 279 m, 若发生超出已配排水能力的突涌水, 将很快发生淹机事故, 即使不发生淹机, 排水成本数量级增加, 故 TBM1 应在桩号 26 + 664 前拆卸。

拆卸洞室应设置于 III 类及以上围岩中, 从地质纵剖面分析, 桩号 25 + 600~26 + 076 为 III 类围岩, 所以拆卸位置应位于桩号 25 + 600~26 + 076 洞段。

3. 拆除方案

3.1. 拆卸洞室拆机方案

根据本工程施工特点, 结合类似工程拆机经验, 考虑以下 2 种 TBM 拆机方案:

方案一: 拆卸洞室前置法, 即拆卸洞室位于主洞拆机法;

拆卸洞室位于刀盘之前, TBM 掘进任务完成后(掘进至主洞桩号 25 + 564.8), TBM 前端预留 35 m 拆卸洞室。拆卸洞室采用钻爆法开挖, 从护盾尾部开挖旁通洞绕至刀盘前, 采用钻爆法在刀盘前 35 m 开挖成为 TBM 主机拆卸洞室。

在拆卸洞室顶部布设主机拆卸吊具, 主机向前边步进边进行主机拆除。并将刀盘中心块、主驱动基座、主梁一、后支撑等难以整体运输的重大件在拆卸地分割肢解后运出[1]。

采用拆卸洞室前置法拆机方案时, 拆卸洞室布置于掘进机前方, 需通过旁洞开挖。该方案地质条件

要求相对不高,遇到围岩完整性较差时,也可以实现。

1) 重大件整体拆除法

首先需对桩号 14 + 225~14 + 234 钢拱架变形段的钢拱架进行更换,随后还需进行以下工作:① 在 TBM 桥架位置开挖侧壁洞并布设泵站,将原主洞 TBM 开挖段 3 级排水改为 1 级排水,一级将污水排至主支洞交叉段上游蓄水池;② 将主支洞 TBM 开挖段沿线布设的 4 处排水泵站、主洞 16 km 供水管及(25 处)闸阀、主洞布设的变压器(3 处)、支洞排水管镇墩(3 处)和闸阀(1 处)拆除;③ 将主、支洞 TBM 开挖段沿线所有排水管闸阀(约 26 个)的手轮、阀杆、阀盖等拆除后,采用法兰进行封堵。重大件全部运输完成后方可恢复。

TBM 主机拆除的主要程序为:在主驱动基座两侧安装顶升油缸(油缸安装工位在边块焊缝刨除工位开挖时进行开挖) → 主驱动前方和后方隧洞底部安装翻身葫芦耳座 → 利用顶升油缸将主驱动基座及底护盾顶升 345 mm,并在顶升工装上加装斜支撑 → 主驱动基座前方和后方各安装两个 50t 的翻身葫芦 → 利用翻身葫芦将主驱动基座旋转至水平状态 → 主驱动基座前后两侧安装临时支撑(防止倾倒),并将翻身葫芦拆除 → 底部安装轨道 → 采用轨行式板车将主驱动基座运出洞外。后配套就地拆解运出洞外[2]。

如前所述,隧洞施工断面布置不满足重大件(刀盘中心块、主驱动基座、主梁一、后支撑)整体运输的要求,需对洞内运输条件进行改造。

2) 重大件分割拆除法

TBM 的主机拆卸方法与整体拆除法相同,主机拆除后在不进行洞内运输条件改造的情况下,将重大型结构件在拆卸地进行肢解后运出洞外。需肢解的重大件有:刀盘中心块、主驱动基座、主梁一及后支撑[3],其肢解方案见表 1。

Table 1. Dismemberment scheme of TBM large components

表 1. TBM 大型组件肢解方案

序号	大型组件名称	肢解后尺寸(长 m*宽 m*高 m)	肢解后重量(t)	备注
1	刀盘中心块	4.0 × 2.0 × 1.76	27.50	分为 2 块
2	主驱动基座	2.56 × 2.56 × 1.93	28.75	分为 4 块
3	主梁一	3.93 × 2.0 × 2.0	14.00	分为 4 块
4	后支撑	4.05 × 3.12 × 3.8	15.00	分为 2 块

3.2. “拆 + 埋”法

TBM 掘进至桩号 25 + 600 后,利用 TBM 调向系统,以 400 m 的水平转弯半径、向下 1.8‰ 的坡度,向左掘进约 150 m(若揭露围岩为 IV/V 类围岩或受桥架影响转弯困难时,只掘进约 100 m,将桥架钢结构拆除,并运出洞外),TBM 开挖的偏离主洞的左侧洞室作为 TBM 的拆卸洞室。TBM 停止掘进后,将主机及桥架区域配置的设备(如刀具、驱动电机、L1 区和 L2 区支护设备、主推油缸、电气及液压等设备)拆除,将刀盘、主驱动基座、主梁一、主梁二、撑靴、鞍架、后支撑、及桥架等难以拆除的钢结构件(合计约 642 t)就地舍弃至左侧拆卸洞内。

掌子面三角体在 TBM 主机及桥架区域配置的设备及台车钢结构拆除完成后,采用爆破法进行开挖。掌子面三角体拟开挖断面为直径 6.5 m 圆形(与 TBM 开挖断面一致)。拆卸洞室洞口封堵回填厚度不小于 3 m,掌子面三角体钻爆开挖的同时,利用钻爆开挖石块,将 TBM 拆卸洞洞口采用 M10 浆砌石+灌注 C25 细石混凝土/M10 砂浆进行封堵回填,详见图 1。

本方案重大件不拆除,均埋于拆卸洞室内,后配套拆除方法同方案一。

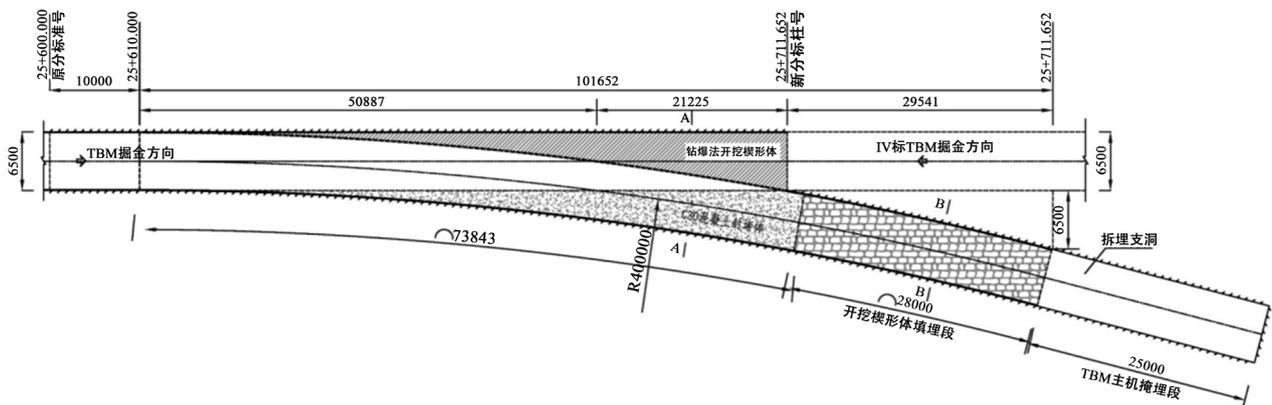


Figure 1. Layout plan of dismantling and burying cavern

图 1. 拆埋洞室平面布置图

4. 拆机方案比选分析

4.1. 对工程安全的影响分析

1) 方案一拆卸洞室前置法

a) 本方案拆卸洞室采用钻爆法扩挖，拆卸洞室断面大，尺寸为 9.9 m 宽 × 11.2 m 高，拆卸洞室对围岩的完整性要求高，且爆破作业火工品使用量较大，爆破循环产生 CO 等有害气体较多，施工周期长(约 3.4 个月)，且作业环境条件差，但当前通风系统通风能力不足，存在一定的安全风险[4]。

b) 本方案若采用重大组件整体拆除法，需对洞内设施进行拆除或改造，尤其是对排水系统改造，其工期约需 27 天，其间排水工作中断，而洞内实测稳定排水量高达 230 m³/h，排水系统停止工作 1 h 后，TBM 主机区域积水深度为 40 cm，将导致施工人员无法正常工作；排水系统停止工作 10 h 后，TBM 区域积水深为 1.5 m，积水区域长达 900 m，TBM 区域的排水泵站被淹没，将导致排水系统难以恢复，存在极大的安全风险。

c) 本方案若采用重大组件整体拆除法，重大件的吊运及支洞大坡度运输存在较大的安全风险[5]。

d) 本方案若采用重大件分割拆除法，因切割工作量较大，其过程中产生较多 CO、CO₂、SO₂ 和 O₃，在通风能力不足的情况下，将对作业人员健康产生有害影响。

2) 方案二“拆 + 埋”法

a) 本方案采用 TBM 开挖拆埋支洞，与主洞正常段开挖支护条件相同，风险小；只有支洞与主洞交叉部位三角楔形体采用钻爆法扩挖，工程量小，涉及爆破作业的火工品使用量小，爆破循环产生 CO 等有害气体较少，施工周期相对较短(约 1 个月)，作业环境条件相对较好，安全风险相对较低。

b) 本方案无需对排水系统进行改造，排水系统的排水功能不中断，淹机风险小；

c) 本方案拆卸起吊结构件重量小于 10 t，吊运及支洞大坡度运输安全风险小。

d) 本方案实施过程切割工作量小，拆机过程中产生的 CO、CO₂、SO₂ 和 O₃ 相对较小，作业环境相对较好，对作业人员健康有害影响小。

4.2. 对投资的影响分析

本次 ABH 输水隧洞工程 III 标 TBM 拆除方案投资编制原则和依据、基础单价、工程单价取费标准同初步设计概算。其中前置法拆卸方案工程直接投资 293.68 万元，拆埋方案工程直接投资 256.9 万元，上述工程费用只计取建筑工程投资未计列其他工程费用。

4.3. 对施工工期的影响分析

方案一钻爆法开挖及运输改造工期 107 天, 主机拆除工期 92 天, 后配套拆除工期 103 天, TBM 拆卸总工期 195 天, 即 6.5 个月。

方案二钻爆法开挖工期 25 天, 主机拆除工期 26 天, 后配套拆除工期 42 天, TBM 拆卸总工期 97 天, 即 3.2 个月。TBM 采用拆 + 埋方案时, 本标段施工工期可缩短 3.3 个月。

5. 结论

本文通过从地质、工程安全、投资分析 TBM 拆机方案, 首先地质条件对拆机方案无制约。拆卸洞室前置法扩挖断面大, 对围岩的完整性要求高, 爆破作业产生有害气体较多, 作业环境条件差, 对施工排水影响大, 施工周期长(约 3.4 个月), 重大件的吊运及支洞大坡度运输存在较大的安全风险。而采用“拆 + 埋”方案开挖量小, 作业环境条件相对较好, 安全风险相对较低, 无需对排水系统进行改造, 结构件重量小, 吊运安全风险小, 工期较短(约 1 个月), 施工工期可缩短 3.3 个月, 投资优于拆卸洞室前置方案; 最终确定采用“拆 + 埋”方案。该方案的选取过程为本工程及今后类似工程施工提供参考。

参考文献

- [1] 李世民. 大型敞开式 TBM 长大隧洞内无损拆机技术[J]. 云南水力发电, 2019, 35(5): 126-128, 135.
- [2] 黄金光. TBM 拆卸洞及拆机起重系统优化设计研究[J]. 隧道建设, 2017, 37(2): 242-249.
- [3] 肖海晖, 郭荣伟. TBM 洞内拆卸方案[J]. 山西建筑, 2010, 36(3): 362-363.
- [4] 冯欢欢, 陈馈. 西秦岭隧道洞内拆机方案设计与探讨[J]. 铁道工程学报, 2016(3): 87-92.
- [5] 宋卿. 双护盾 TBM 洞内拆机施工组织及方法[J]. 冶金丛刊, 2018(14): 251-252.