

厄瓜多尔 CCS 项目 TBM 隧洞内采用无轨门机 拆卸轨道和架高架的应用与改进

张 国

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:TBM 掘进完成后,隧洞的清理及拆除将是一项繁重的工作,其距离长、工作面单一且后期清理及拆除均会受到总工期的影响,故研究采取高效、安全的拆除方案意义重大。CCS 项目采用无轨门机拆卸轨道与架高架,在以往 TBM 史上为创新,所取得的经验可为今后同类 TBM 掘进拆除轨道以及常规隧洞清理提供思路。

关键词:TBM 隧洞;拆卸工艺;无轨门机;应用与改进;厄瓜多尔 CCS 项目

中图分类号:TV7;TV543;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增 2-0158-03

1 工程概况

CCS 项目输水隧洞总长 24 779.39 m,为无压明流洞,纵坡 0.173%,最大引水流量 233 m³/s。输水隧洞开挖洞径为 9.11 m,管片衬砌采用左右环 6+1 型式,管片厚 0.3 m,衬砌内径 8.2 m。水电十局承担 2#支洞下游段 13.8 km 的掘进施工任务。TBM 掘进期间,采用有轨运输系统承担后配套各种材料的补给和人员运输,由于所采用的管片为 6+1 左右型管片类型,其底部管片无固定位置,故需将轨道架高以满足运输的要求,该项目采用了混凝土结构和钢结构两种类型的轨道架高架。

根据隧洞设施布置及通道并结合拆除进度综合考虑后决定,从 2#错车平台(桩号 15 km)向下游出口方向采用无轨门机拆除,拆除长度为 9.8 km;2#错车平台向上游采用轮式挖机辅助人工进行拆除,拆除长度为 4 km。

混凝土结构架高架每块重 1.92 t,其分布情况:输水隧洞 K22+800.48~K24+779.48 段为连续铺设 1 100 片,K20+079~K20+279 段间隔安装 87 片,K16+680~K18+879 段间隔安装 956 片,共计 2 143 片,每片混凝土架高架宽 1.8 m。

钢结构轨道架高架采用 I20 工字钢,长度为 3.829 m,单榀重 116 kg,总计 9 375 榀,总重量为 1 100 t。

火车轨道钢为 43#轨道钢(44.653 kg/m),每根长度为 12.5 m,每根轨道重 560 kg。每两根轨

道之间用平均 5 颗螺栓连接;每条轨道与单榀架高架之间有 4 颗螺栓,平均间距 0.8 m,每组轨道上总计有 64 颗螺栓。

2 隧洞拆除项目与总进度要求

TBM 掘进贯通后,后续工作有 17 个项目,分别为:(1)管片破损修补(火车轨道以上部位错台修补);(2)排水孔施工;(3)隧洞固结灌浆(火车轨道以上部位);(4)风筒、钢丝吊绳及吊耳拆除;(5)皮带、延伸支架和吊具拆除;(6)排水系统及其支架拆除;(7)给水系统及其支架拆除;(8)光纤拆除;(9)400 V 照明电缆、配电箱柜和支架拆除;(10)10 kV 电缆、变压器及其支架拆除;(11)洞内插筋及其它预埋件处理;(12)20 kV 电缆拆除;(13)混凝土架高架、I20 工字钢架高架和火车轨道拆除;(14)隧洞固结灌浆(轨道以下部位);(15)管片破损修补及错台修补(轨道以下部位);(16)隧洞清理;(17)隧洞 TBM2 段最终验收。

通过对以上项目进行分析后认为:控制工期且难度最大的是混凝土架高架、I20 工字钢架高架和火车轨道的拆除。因需充分考虑拆除项目之间的逻辑关系,又要充分预留后期(轨道以下部位)的施工工期,最终决定将轨道及架高架拆除时间作为具体节点时间控制。

根据调蓄水库充水时间(2016 年 8 月 30 日)倒排工期,考虑到水库剩余项目的进度及道路布置,最晚能够提供出口工作面的时间为 2016 年 6 月 15 日,换言之,TBM 掘进完成后(2 月 4 日贯通),其出口部位的工业广场设施拆除至最晚提

收稿日期:2018-01-07

供时间(6月15日)共计4个月零10d。通过对其它项目逻辑关系进度进行分析,得知出口段9.8 km 轨道与架高架拆除只有50 d 时间,平均强度需达到196 m/d 的拆除量。

3 选用无轨门机的思路与论证

通过对上述拆除项目进行分析和进度要求得知,若采用全人工拆除方式,按三班作业并保证人员数量的前提下,每班需达到6组轨道并含架高架,该强度在钢支撑段估计有可能可以实现,但在混凝土架高架段将不可能达到,故此必需借用吊装设备。

论证方案一:采用全人工,洞内配备反挖吊装。人工方案,第一步需将连接螺栓采用板手卸松,然后由人工一榀一榀搬运至12.5 m 外的火车板车里。时间计算:每班8 h 拆除6组轨道,需用时45 min 完成一组轨道装车(扣除火车返程时间),在保证人员数量充足的前提下,一组轨道上有16榀钢支撑架高架,每2人一组负责拆卸一榀钢支撑螺栓并搬运上车,看似应该可以,但轨道及螺栓处基本被水泥浆液凝固,拆除相当困难。通过对2#错车平台拆除轨道的效率进行分析得知:平均每班仅拆除3组,与计划拆除相比相差甚远,并且受雇员劳动情绪影响,全人工方案不可控,故

其不可取,仅做调剂备选方案。

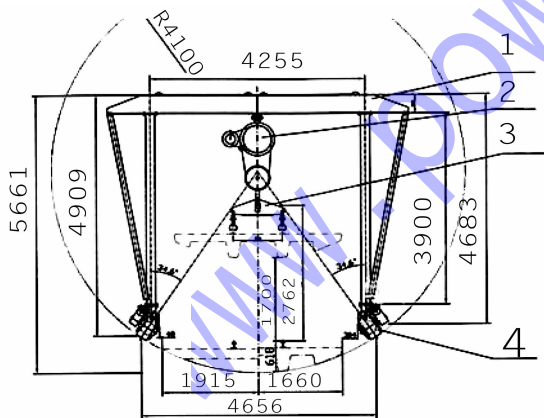
论证方案二:采用25 t 吊车方案。首先在场外进行试重校验和时间测算,经场外实际验证,吊车可以顺利起吊单根轨道和架高架,平均为1 h 起吊一组轨道。但结合现场实际情况,因洞底板积渣高度基本与轨道面一样高且有流水,吊车行走极为困难,洞内吊车准备工作时间长且在此种作业条件下吊车工效无法保证,亦不可取。

论证方案三:通过对上述两种方案所需的时间进行对比分析得知:每班拆除量要达到6组轨道,必需将12.5 m 轨道和连接架高架一起整吊、直接装车后由洞外人员进行分解。故思考能够吊运最大重量为16.5 t(不含积渣)且需自己行走至12.5 m 以外的吊装设备而引发使用无轨门机的思路,并研究了其运行原理、结构及荷载分布。

4 无轨门机的结构设计

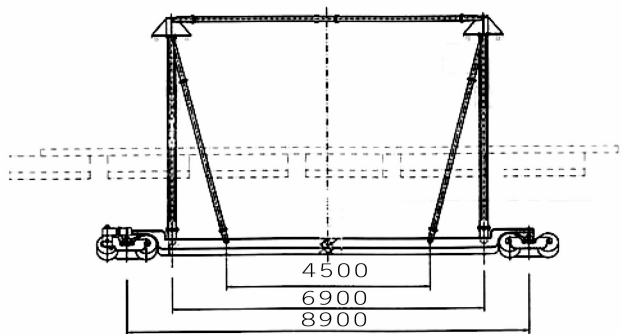
无轨门机主要由七大构件组成:大车梁、立柱和吊梁、连系架、从动轮系、主动轮系、2台10 t 电动葫芦、实心胎。主动轮驱动电机单台功率为1.1 kW(共2台),2台10 t 电动葫芦,总功率为13 kW,总重量约8.8 t。无轨门机外形尺寸长×宽×高为9 m×4.6 m×5.6 m(图1)。

5 无轨门机吊装工艺与流程



1. 立柱和吊梁;2. 10 t 电动葫芦;3. 轨道吊具;4. 大车梁及轮系

图1 无轨门机结构图(单位 mm)



5.1 反挖辅助脱松轨道和架高架

首先由人工辅助反挖并清理大量的积渣块,反挖整体抬动12.5 m 轨道一头至脱松,人工清理吊物上的浮渣以减小吊重。

5.2 无轨门机就位

移位无轨门机就位至吊物中部,期间通过行

走轨迹调校平行度,启动电动葫芦吊物平衡,通过调整吊点位置达到基本平衡,人工予以辅助配合。

5.3 无轨门机的行走

吊物基本平衡后,启动主驱动行走电机,行走至距离12.5 m 外的火车板车处,期间通过观察门机行走轨迹,以便于下一循环调校。行走期间需

专人看守电缆。

5.4 吊物装车

无轨门机行走至运输车后下放吊物,观察其是否置于板车中部,通过人工配合电动葫芦调整。每列火车板车内可装3组整体轨道和架高架。

5.5 无轨门机的进入下一循环准备

当吊物卸吊后,收起电动葫芦,整理电缆,待进入下一循环工作。

6 无轨门机的主要技术创新点

(1)无轨门机自带行走系统用于整体吊装轨道和架高架,在同类TBM工程中为首创。

在类似TBM工程中,后期清理及拆卸均会占用大量的时间及工期,通常采用简易的起吊装置、与火车板车运行充分联系起来。而CCS项目采用的无轨门机是作为一个单独的运行体系与火车完全分离出来,使其自由发挥余地增大,换言之,只要火车板车足够多,无轨门机即可以连续装载。通过CCS项目拆卸无轨门机的应用,此种拆卸的思路值得推广。

(2)12.5 m长轨道连接的钢支撑或混凝土架高架整体提运,高效安全,降低了劳动强度。

将每组轨道做为一个整体考虑,减少了洞内螺栓拆卸的时间和一些不明情况,为提高工效的主要途径;减少了劳动力和人员管理的复杂性,将人员充实到下一循环准备工作中去,有问题提前处理,从而为提高工效创造了条件。轨道和架高架作为整体提运,在正常情况下高效且安全。

(3)在实际应用过程中,采用反挖辅助起吊更加高效。

由于底部积渣受灌浆时水泥浆液不同程度的渗漏都具有一定的强度,且多数轨道和架高架基本埋于积渣中,导致清理螺栓部位的渣量极为困难且费时,而采用反挖抬高一头协助脱松便于人工配合清理的方法为加快无轨门机寻找吊点提供了便利条件。

7 无轨门机的施工历程与施工效果

无轨门机现场组装与调试历时15 d。自2015年4月25日具备吊装条件,至6月15日共计51 d完成出口工作面9.8 km轨道及架高架拆

除的任务,平均拆除量为192 m/d,最高拆除量为钢支撑架高架段312 m/d,混凝土架高架288 m/d。吊装运输期间未发生任何安全事故,安全管理可控。无轨门机虽然在遇到故障时有所影响,但期间采取了多种应急保障措施,故总体评估无轨门机的应用满足进度要求。

8 无轨门机的应用与改进

(1)无轨门机长时间运行后出现结构尺寸变化,故需加强其整体刚度和稳定性。

(2)轮系传动磨损和轴承损坏过快,降低了工效。由于无轨门机在空间上运行处于“螺旋”运动轨迹,4组轮系共计8个轮组接触面不是均匀受力,促使部分主结构垂直受力的轮系荷载加大,导致轴承磨损或散架,进而导致传动轴轴面磨损,故需加大传动轴尺寸和轴承直径并使用强度更高的材质,以上这些均需在现场充分备用。

(3)10 t电动葫芦变速箱箱体与卷盘结合部位出现环向裂纹。该问题是在吊装混凝土架高架时才出现,估计与起重重量有关。因投入的电动葫芦前期已使用过一段时间,其内部零配件已有不同程度的磨损(特别是轴承),故此,需投入质量过关、全新的电动葫芦且需有1台备用。

(4)发电机的正常使用是关键,若发电机发生故障,势必采用人工运输与装车,若遇到混凝土架高架时,人工根本无法吊装。故此,需备用两套发电机组。

(5)在吊装混凝土架高架时,经常会出现连接轨道的压板螺栓承受不起混凝土支撑的重量而出现脱落的现象;而将吊点改到架高架后,又因其底部积渣太多、准备起吊影响的时间太长而影响工效。故此,需改进混凝土架高架自身结构和工艺,从根本上予以解决。

(6)通过无轨门机的实际应用,对今后无论采用何种型式的架高架,在掘进期间均需高度重视其底部清渣,应组织专人进行清理,给后期拆除创造高效的条件。

作者简介:

张 国(1978-),男,湖南洞口人,印尼巴丹托鲁项目常务副经理,高级工程师,从事国际工程项目施工组织与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)