

新疆输水隧洞 TBM 不良地质处理与施工

张 伟

652901199202251414

摘 要: TBM施工是长距离、深埋深调水隧洞的主要施工方法, 文章结合新疆某TBM隧洞不良地质实际施工情况, 结合现场实际情况, 总结了该TBM施工过程中, 在经过连续不良地质段时进行有效支护及极端不良情况下的处理措施, 在现场实际施工引用中得到了较好的施工效果, 为TBM通过不良地质段提供思路和解决方案。

关键词: TBM施工; 不良地质段处理措施; 支护处理措施

Bad geological treatment and construction of Xinjiang water conveyance tunnel TBM

Wei Zhang

652901199202251414

Abstract: Tunnel Boring Machine (TBM) construction is the main method for constructing long-distance and deep-buried water tunnels. This article summarizes the effective support measures and handling measures for extreme adverse geological conditions during the TBM construction process, based on the actual construction situation of a TBM tunnel in Xinjiang, China. The findings have been successfully applied in the field and provide insights and solutions for TBM construction through adverse geological sections.

Keywords: TBM construction; Bad geological section treatment measures; Support treatment measures

一、概述

1.1 简述

TBM在施工过程中遭遇多次不良地质洞段, 露出护盾的岩石软弱破碎, 形成塌腔掉块, 刀盘及护盾顶部大量碎石积压, 施工过程中经历TBM刀盘及护盾前方及顶部较大规模塌腔、设备卡机、高瓦斯煤系破碎地层、刀盘内“结泥饼”、护盾后钢拱架支护区域钢筋排变形、局部较大渗涌水等多次不良地质条件。

1.2 工程地质条件

该段为埋深约650m隧洞, 出露岩性为片理化凝灰岩, 呈灰黑色~青灰色, 中硬岩, 呈鳞片状结构, 层状构造, 洞壁围岩局部可见炭化现象, 炭化夹层呈灰黑色, 层厚0.2~0.5m, 层间距3~7m, 多为断层影响带, 断层破碎带宽约3~10m, 洞内影响范围约10~20m, 两侧影响带宽约4m, 断层破碎带由糜棱岩、断层泥、及少量碎裂岩填充, 断层带伴有线状流水现象, 初见水量约1~3m³/h。围岩稳定性极差, 断层影响带及破碎带洞室岩体破碎, 综合判定为IV、V类围岩。

二、极端不良地质处理方案

2.1 施工总体方案

TBM施工进入连续断层破碎带, 刀盘及护盾顶部连续出现塌方, 刀盘被困, 护盾后方部分钢支撑变形, 无法正常掘进等异常情况, 主要采取以下处理措施:

2.2 不良地质段处理措施

第1步: 先对出护盾段变形钢支撑采取加固处理措施;

第2步: 对TBM护盾及刀盘与塌腔之间进行固结包裹, 使用化学灌浆(充填发泡固结型)组合聚醚多元醇, 隔离保护护盾及刀盘;

第3步: 刀盘正前方采用M25砂浆对塌腔松散堆积体进行固结, 注浆效果不理想时可适当降低砂浆稠度或辅助采用0.5:1的水泥浆进行灌浆;

第4步: 刀盘及护盾顶部根据塌腔深度不同, 采用C30喷混凝土回填处理、对大塌腔区进行M25砂浆或轻质混凝土分层回填, 在回填轻质混凝土施工时, 若出现轻质混凝土从刀盘及护盾间隙流出时, 对间隙进行化学灌浆(充填发泡型)组合聚醚多元醇进行充填封闭;

第5步: 顶拱120°范围施做超前管棚, 管棚长度30m, 若成孔困难可分段注浆后再钻孔;

上述步骤1~5处理程序如下图1所示:

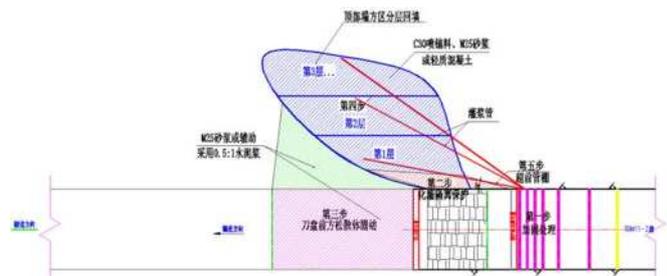


图1 不良地质段处理程序示意图

2.3 不良地质段处理措施

2.3.1 出护盾拱架加固措施

(1) 钢拱架区域采用I12槽钢及I14mm钢板进行加强支护,使用联系型钢替换原设计拱架间联系钢筋,联系型钢采用HW125型钢,环向间距1m,采取在环向联系钢筋中间交错布置连接型钢,布设范围根据现场情况确定,增加拱架间连接强度,保证施工安全。

(2) 在钢支撑变形区域布设 $\Phi 25$ 自进式中空锚杆,通过中空锚杆进行注浆加固处理。

2.3.2 TBM刀盘及护盾化灌保护

根据总体施工方案,为了避免再次塌方造成刀盘护盾被卡及后续灌浆糊住刀盘护盾等情况的发生,为使护盾与岩体之间的间隙充填密实以保护护盾。采用化学灌浆(充填发泡固结型)组合聚醚多元醇,进行化学灌浆在TBM护盾与岩体之间间隙,化学(充填发泡固结型)灌浆法以使用机械的高压动力(高压灌注机),通过刀盘收渣口或利用护盾可见空腔采用YT28手风钻,插入专用化灌ABS导管,2种浆液经专用混合器混合后,注入裂隙或松散体后,会迅速扩散、乳化、发泡、膨胀、固结,将护盾与岩体之间空腔充填,形成胶凝体,确保刀盘前方及顶部大规模空腔灌浆回填时浆液不渗漏或少渗漏,达到隔离保护的,确保护盾及刀盘不被卡,

注浆材料:充填发泡固结型化灌材料为双组份组合聚醚多元醇材料,组份A为专用树脂,组份B为硬化剂,自然环境下发泡率约30倍,在封闭空间里高压注入,发泡率变小,扩散性、粘结性、胶结性和强度递增,有一定的固结作用应用在松散围岩,产品型号:A8553,两种材料的体积配比为1:1,以现场施工情况进行具体调整。

(1) 护盾及刀盘隔离防护:利用刀盘收渣口可见空腔及护盾,人工插入DN15灌浆导管,注入发泡型组合聚醚多元醇化灌材料,使其迅速扩散、乳化、发泡、膨胀、固结在空腔内,将护盾与岩体之间空腔充填,形成胶凝体,确保刀盘前方及顶部大规模空腔灌浆回填时浆液不渗漏或少渗漏,保护护盾及刀盘不被卡,达到隔离保护的目的。

(2) 进行超前固结灌浆在护盾上部 180° 范围内松散岩体,采用超前管棚机械进行灌浆造孔,向外倾角控制在 $5^\circ\sim 15^\circ$,根据现场实际情况调整钻孔角度、深度,安装灌浆管在钻孔完成后,灌浆管采用 $\Phi 50\text{mm}$ 钢管制作而成,连接注浆设备,对安装完成的导管进行化学灌浆,采用化学

灌浆(固结型)组合聚醚多元醇,灌浆压力不大于 0.3MPa ,灌浆施工采取至下而上,隔孔施作,。

(3) 刀盘周边破碎围岩超前固结,利用收渣孔造孔,外插角控制在 $5^\circ\sim 15^\circ$,钻孔深度根据现场情况调整,钻孔完成后安装DN15灌浆管,连接注浆设备,对安装完成的导管进行化学灌浆,采用化学灌浆(固结型)组合聚醚多元醇,灌浆施工采取至下而上,隔孔施作。

(4) 防止TBM掘进后出现二次卡机及减少掘进产生泥浆,对刀盘正前方松散岩体超前固结,根据现场条件设置孔位方向拆除刀盘对应位置刀具,根据现场实际情况确定孔位、孔深。安装DN15灌浆管在钻孔完成后,采用固结型组合聚醚多元醇材料进行化学灌浆,直接在孔口连接注浆设备,尽可能固结掌子面正前方松散岩体。

2.3.3 刀盘前方及周边松散体固结

形成护盾及刀盘保护在化灌材料发泡固结层后,即同步开始刀盘前方及周边松散体的分段分次固结施工,采用ZLJ-700钻机及YQ100B轻型潜孔钻机在刀盘周边超前钻孔,根据现场设备空间调整好钻机位置,TBM主梁上部布置ZLJ-700钻机,主梁两侧锚杆钻机部位布置YQ100B轻型潜孔钻机,开孔位置距护盾边沿 $0.5\text{m}\sim 1\text{m}$,向掌子面前方钻孔,顶拱 180° 范围内沿护盾尾部钻孔,孔位环形间距 50cm ,结合现场实际施工条件,钻孔仅能进行倾斜孔,向外倾角控制在 20° 左右,钻孔深度、角度根据现场实际情况调整,钻孔完成后安装灌浆管,采用 $\Phi 89\text{mm}$,厚 6mm 的无缝钢管制作而成,连接注浆设备,采用M25砂浆对安装完成的导管进行回填灌浆,注浆效果不理想时可适当降低砂浆稠度或辅助采用 $0.5:1$ 的水泥浆进行灌浆;灌浆施工采取至下而上,隔孔施作,尽可能回填掌子面正前方塌腔体并固结松散堆积体。

2.3.4 护盾及刀盘顶部塌腔体回填

TBM刀盘前方及周边松散体固结施工完成之后,开始进行顶部大塌腔体分层回填,回填材料根据塌腔深度不同,选择使用C30喷混凝土、M25砂浆或轻质混凝土,当塌腔深度小于 30cm 时直接使用C30喷混凝土喷至设计结构,塌腔深度大于 30cm ,小于 1m 时采用M25砂浆回填,当塌腔深度大于 1m 时,使用轻质混凝土回填密实;其中C30喷混凝土及M25砂浆采用TBM系统支护施工配合比,轻质混凝土配比详见表1;在回填轻质混凝土施工时,若出现轻质混凝土从刀盘及护盾间隙流出时,先采用化学灌浆(充填发

泡固结型)组合聚醚多元醇对间隙进行充填封闭,以防止回填的轻质混凝土从间隙中流出达不到效果。

表1 轻质混凝土施工配合比

水泥品种及等级	水灰比	泡沫剂掺量	密度(kg/m ³)	每方材料用量(kg/m ³)		
				水	水泥	发泡剂
P·MSR 42.5	0.6	1.5%	1257.55	496	743	18.55

三、极端不良地质现场施工情况

3.1 出护盾拱架加固措施

钢拱架区域采用I12槽钢及I14mm钢板进行加强支护,使用联系型钢替换原设计拱架间联系钢筋,联系型钢采用HW125型钢,环向间距1m,采取在环向联系钢筋中间交错布置连接型钢,布设范围根据现场情况确定,增加拱架间连接强度。

3.2 TBM护盾化灌保护

根据总体施工方案,避免再次塌方造成刀盘及护盾卡死情况的发生,采用化学灌浆(充填发泡固结型)组合聚醚多元醇,使护盾与岩体之间的间隙充填密实以保护护盾。进行化学灌浆对TBM护盾与岩体之间间隙,

3.3 轻质混凝土回填料塌体

TBM护盾顶部塌腔体化灌固结包裹施工完成后,回填料优先使用轻质混凝土,进行大塌腔体分层回填料,在回填料轻质混凝土施工时,若出现轻质混凝土从刀盘及护盾间隙流出时,先采用化学灌浆(充填发泡固结型)组合聚醚多元醇对间隙进行充填封闭,以防止回填的轻质混凝土从间隙中流出达不到效果。

3.4 超前管棚施工

(1)根据现场实际情况,超前管棚的施工范围为顶拱120°,具体根据现场实际情况局部进行了调整。

(2)采用ZLJ-700钻机进行钻孔,管棚具体长度根据现场实际情况进行了调整,钢管采用φ89mm,厚6mm的无缝钢

管制作而成;环向间距30~50cm,管棚角度受已施做钢支撑的影响,具体的角度根据现场实际情况确定。

(3)浆液采用水灰比为2:1~1:1水泥浆,灌浆压力不大于0.2MPa控制,注浆结束后用1:1水泥砂浆充填无缝钢管,同时在管棚内设置一组3φ22钢筋束进行补强增强钢管强度和刚度。

3.5 非动火装配式支护体系

穿煤段不良地质段施工禁止动火作业,根据设计支护体系,对锁脚锚杆及钢拱架与钢筋排、联系槽钢体系进行了设计优化,避免了动火作业,且形成了统一牢靠的支护体系,施工过程中应用效果较为理想。

四、结语

长隧洞工程要求不断完善TBM,使之能更好地满足工程建设的需要。首先,要求TBM能更适应不利的地质条件。在TBM的工程施工中,遇到不良地质状况是经常发生,以上只是对TBM掘进施工中遇到不良地质所应用的施工技术的一些阐述,其施工技术措施都在施工中得以应用,并取得了较好的效果。要使TBM有更大的生存空间和更广阔的使用前景,就必须挖掘TBM的潜能,使TBM在不良地质中也能快速、高效地进行施工,以充分发挥TBM的工作效能。

参考文献:

- [1]梁晨曦.敞开式TBM遇不良地质洞段的处理[J].水利科学与寒区工程.2021,4(03)
- [2]蔡龙.TBM法隧洞不良地质问题处理措施应用分析[J].建筑技术开发.2017,44(19)
- [3]孙丽娜.不良地质段TBM开挖及初期支护施工具体处理措施[J].现代农业.2012,(04)
- [4]李瑞.新疆某隧洞不良地质洞段支护及地质缺陷处理措施研究[J].东北水利水电.2022,40(05)
- [5]李大海.隧洞掘进施工中不良地质段的处理[J].农业科技与信息.2018,(21)