

工程地质围岩分类在引水隧洞中的重要作用

李吉艳

新疆水利水电勘测设计研究院勘测总队

DOI:10.12238/hwr.v6i2.4242

[摘要] 简述工程地质围岩分类的工作内容,及时判定围岩类别,保障施工安全与质量。对出现的塌方进行地质原因分析和描述。

[关键词] 工程地质围岩分类判定; 围岩评分; 支护形式; 断层

中图分类号: TV554 文献标识码: A

The Important Role of Engineering Geological Surrounding Rock Classification in Diversion Tunnel

Jiyan Li

Survey Corps of Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey, Design and Research Institute

[Abstract] This paper briefly describes the work content of engineering geological surrounding rock classification, timely determines the surrounding rock category to ensure the construction safety and quality, and describe and analyze the geological causes of the collapse.

[Key words] classification and judgment of engineering geological surrounding rock; surrounding rock scoring; support form; fault

随着科技水平的不断发展,新技术新仪器的不断开发与研究,水利施工项目从地表浅表层逐渐往中深部开发。施工阶段的地质工作是工程建设不可缺失的一部分,能够尽量消除地质隐患,优化施工方法、提供选择合理的支护形式,既能充分保证施工进度又能保障工程安全运行,具有非常重要的现实意义。

1 工程介绍

1.1 工程概况

本引水工程是一项在保证河流域生态环境不破坏及当地用水的条件下,通过修建长距离输水隧洞^[1]及输水管道,将水引调至位于新疆天山北坡经济开发带东部等矿区供水的长距离调水工程,以满足各矿区煤炭开采及煤电、煤化工及新型工业化发展的需水要求。引水隧洞总长500km,平均埋深320m,最深780m,采用TBM、盾构机及钻爆法施工。

1.2 隧洞工程地质条件

洞线由西北向东南穿越中山区、低山丘陵区,沿线基岩出露,冲沟发育,地形起伏较大,海拔高度较高,主要为戈壁荒漠区。地层岩性主要为石炭系灰黑色片理化凝灰质、石炭系青灰色凝灰岩和华力西期灰白色黑云母花岗岩。整个引水线路洞身段附近的断层和节理不发育,节理以中~陡倾角为主;节理面多闭合、少数微张、局部充填白色钙膜;有少量区域性大断裂,还发育多条规模不等的次级断层,断层破碎带以挤压碎裂岩和糜棱岩为主,局部夹少量断层泥。地下水主要是赋存在断层、节理和上部

基岩风化层中,由于隧洞均处于埋深较大的新鲜岩体内,涌水量相对较小。

2 工程地质围岩分类判定及支护形式

2.1 工程地质围岩分类判定

工程地质围岩分类主要通过围岩稳定的岩石强度、岩体完整程度、结构面状态、地下水和主要结构面产状五项因素之和的总评分为判据依据。

2.1.1 岩石强度

可通过取岩块样或柱状岩芯样进行点荷载试验,计算单轴饱和抗压强度。

$$I_s = \frac{P}{De^2} \quad De = \sqrt{\frac{4WD}{\pi}} \quad I_{s(50)} = F \cdot I_s$$

$$F = \left(\frac{De}{50} \right)^m$$

I_s : 岩石的点荷载强度(MPa) P : 试件两点之间的破坏荷载(KN)

De : 等价岩芯直径(mm) W : 试件加载点处的平均宽度(mm)

D : 加载点间距(mm)

F : 修正系数 m : 修正系数,可取0.4~0.45

$I_{s(50)}$ 平均值的确定：舍去前两个最大值和后两个最小值，再计算其它数的算术平均值，以该算术平均值为该组岩石点荷载强度。

饱和抗压强度 R_c 的计算： $R_c = 22.82 \cdot I_{s(50)}^{0.75}$

R_c ：岩石单轴饱和抗压强度 R_b (MPa)

注：坚硬岩 $R_b > 60$ ，中硬岩 $60 \geq R_b > 30$ ，较软岩 $30 \geq R_b > 15$ ，软岩 $15 \geq R_b > 5$ 。当岩石饱和单轴抗压强度大于100MPa时，岩石强度评分为30分；小于5MPa时，岩石强度评分为0分。

2.1.2 岩体完整程度

(1)物探测试岩体完整程度计算： $K_v = (V_{pm}/V_{pr})^2$

K_v ：岩体完整性系数 V_{pm} ：岩体弹性纵波速度 (km/s) V_{pr} ：岩石弹性纵波速度 (km/s)

(2)体积节理数统计

①取顺洞轴线方向10个正方形(1m×1m)的小块，分别统计每个小块范围内的节理数，延伸长度小于1m的节理按四舍五入法加入统计；节理充填物若为硅质、钙质，且胶结良好的不加入统计；将统计的每个小块内的节理数相加，即可得统计面积的总节理数；用所得的总节理数除以总的统计面积(10)，即可得面积节理数 S_v ；体积节理数 $J_v = \text{面积节理数} S_v \times 1.5$ 。

②取洞室内洞顶或左右边墙1个(1m×1m)的小块，统计小块范围内节理延伸长度大于0.3m的节理数，其余方法同①计算。

体积节理系数(J_v)与岩体完整性系数(K_v)对应表 表1

J_v (条/m ³)	<3	3~10	10~20	20~35	>35
K_v	>0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15
岩体完整性	完整	较完整	完整性差	较破碎	破碎

2.1.3 结构面状态

节理是否闭合(充填物 $W < 0.5\text{mm}$)、微张(充填物 $0.5 \leq W < 5.0\text{mm}$)、张开(充填物 $W \geq 5.0\text{mm}$)、充填物的颜色性质(岩屑、泥质或者钙质、石英脉等)；节理面起伏粗糙情况(平直光滑、平直粗糙、起伏粗糙、平直粗糙)，节理延伸长度。

注：结构面的延伸长度小于3m时，硬质岩、较软岩的结构面状态评分另加3分，软岩加2分；结构面的延伸长度大于10m时，硬质岩、较软岩减3分，软岩减2分。

2.1.4 地下水

查看洞室围岩情况，水量 q (L/min·10m洞长)或压力水头 H (m)。干燥到滴水渗水($q \leq 25$ 或 $H \leq 10$)、线状流水($25 < q \leq 125$ 或 $10 < H \leq 100$)、涌水($q > 125$ 或 $H > 100$)。

2.1.5 结构面产状

洞室围岩描述主要结构面产状，计算结构面走向与洞轴线

夹角，通过夹角与结构面倾向进行评分，分析围岩对洞室的洞顶或者边墙有不利结构面进行扣分项。

注：按岩体完整程度分级为完整性差、较破碎和破碎的围岩不进行主要结构面产状评分的修正。

2.2 围岩工程地质分类

I类围岩稳定，围岩长期稳定、一般无不稳定岩体，总评分 $T > 85$ 分，围岩强度应力比 $S > 4$ 。坚硬岩、岩体完整、节理不发育。

II类围岩基本稳定，围岩整体稳定、不会产生塑性变形，局部可能产生掉块。总评分 $85 \geq T > 65$ ，围岩强度应力比 $S > 4$ 。坚硬岩、岩体较完整、节理较发育。

III类围岩局部稳定性差。围岩强度不足，局部会产生塑性变形，不支护可能产生塌方或变形破坏。总评分 $65 \geq T > 45$ ，围岩强度应力比 $S > 2$ 。坚硬岩或中硬岩、岩体完整性差、节理较发育或发育。

IV类围岩不稳定。围岩自稳时间很短，规模较大的各种变形和破坏都可能生。总评分 $45 \geq T > 25$ ，围岩强度应力比 $S > 2$ 。中硬岩或软岩、岩体较破碎、节理发育。

V类围岩极不稳定。围岩不能自稳，变形破坏严重。总评分 $T \leq 25$ ，软岩、岩体破碎、节理极发育。

2.3 围岩工程地质分类对应的支护形式^[2]

I类围岩视围岩裂隙、节理发育情况，进行随机 $\Phi 22$ 砂浆锚杆($L=2.5\text{m}$)，随机挂 $\Phi 8$ 钢筋网(长200cm×宽200cm)；随机喷射C30混凝土厚度8cm。

II类围岩拱顶120°进行系统 $\Phi 22$ 砂浆锚杆^[3]($L=2.5\text{m}$ 、每排6根，环向间距1.2m，拱顶中心相邻两根锚杆间距1.5m，其余纵向排距1.2m)，系统挂 $\Phi 8$ 钢筋网(长200cm×宽200cm)、每片钢筋网不少于3个锚固点；拱顶120°喷射C30混凝土厚度12cm。

III类围岩拱顶180°进行系统 $\Phi 22$ 砂浆锚杆($L=3\text{m}$ 、每排10根，环向间距1.2m，拱顶中心相邻两根锚杆间距1.4m，其余纵向排距0.9m)，顶拱180° $\Phi 8$ 钢筋网(长200cm×宽200cm)，网片超出系统锚杆范围，采用50cm长(入岩深度40cm) $\Phi 22$ 钢筋固定，钢筋外漏部分直弯钩固定网片，单片钢筋网3个锚固点，锚筋间距大约70cm；可根据需要设置 $\Phi 16$ 钢筋排(间距10~20cm)结合钢筋网支护，钢筋排与钢拱架采用点焊固定，钢筋排搭接长度20cm；随机钢拱架HW125，(间距90~180cm)；连接筋 $\Phi 22$ ，顶拱270°，环向间距1m，连接筋长度根据拱架幅距自行调整，塌空区或稳定性较差洞段环向间距加密至0.5m或用10#槽钢代替 $\Phi 22$ 连接筋；锁定锚杆每幅拱架锁定3点，锁定锚杆长度3.15m，入岩深度2.9m，L型焊接拱架翼板外侧；拱顶270°喷射C30混凝土厚度15cm。

IV类围岩拱顶270°进行系统 $\Phi 22$ 砂浆锚杆($L=3\text{m}$ 、每排12根，环向间距0.9m，拱顶中心相邻两根锚杆间距1.3m，其余纵向排距0.9m)，顶拱270°钢筋排结合钢筋网支护，其中钢筋排 $\Phi 16$ (5~20cm)范围为顶拱140°，剩余130°范围布置 $\Phi 8$ 钢筋网(长200cm×宽200cm)，钢筋排与钢拱架采用点焊固定，钢筋排搭

接长度20cm;系统钢拱架HW150(间距90~180cm);连接筋 Φ 22,顶拱270°,环向间距1m,连接筋长度根据拱架樛距自行调整,塌空区或稳定性较差洞段环向间距加密至0.5m或用10#槽钢代替 Φ 22连接筋;锁定锚杆每樛拱架锁定3点,锁定锚杆长度3.15m,入岩深度2.85m,L型焊接拱架翼板外侧;270°喷C30混凝土厚15cm+后期进行衬砌厚50cm。

V类围岩拱顶270°进行系统 Φ 22砂浆锚杆(L=3m、每排16根,环向间距0.9m,拱顶中心相邻两根锚杆间距1.3m,其余纵向排距0.9m),顶拱270°钢筋排结合钢筋网支护,其中钢筋排 Φ 20(5~20cm)范围为顶拱140°,剩余130°范围布置 Φ 8钢筋网(长150cm×宽150cm),钢筋排与钢拱架采用点焊固定,钢筋排搭接长度20cm;系统钢拱架HW150(间距45~120cm);连接筋 Φ 22,顶拱270°,环向间距1m,连接筋长度根据拱架樛距自行调整,塌空区或稳定性较差洞段环向间距加密至0.5m或用10#槽钢代替 Φ 22连接筋;锁定锚杆每樛拱架锁定3点,锁定锚杆长度3.15m,入岩深度2.85m,L型焊接拱架翼板外侧;270°喷C30混凝土厚18cm+后期进行衬砌厚50cm。

3 工程地质围岩分类及评分实例

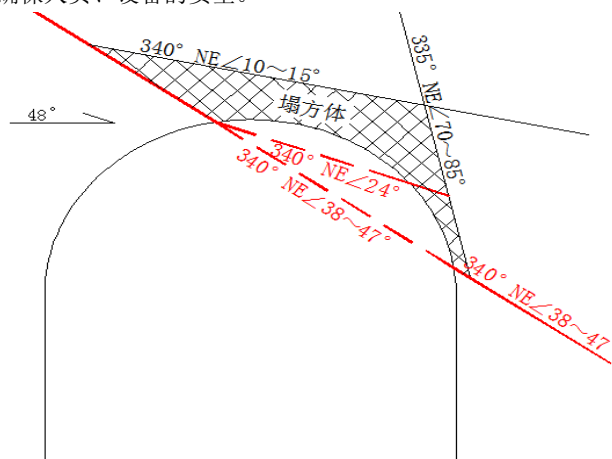
桩号135+504.6~135+483段为灰黑色泥盆系凝灰岩,埋深480m,为上游钻爆段。施工坚持“光面爆破、喷锚紧跟、监控量测、及时反馈和修正”的原则。采用快速高效的大型机械配套施工,实现开挖出渣机械施工作业线,喷锚机械配套作业线相配合一条龙作业。软弱围岩坚持“短进尺、弱爆破、快封闭、强支护、勤测量、紧衬砌”的原则,及时封闭成环。单个循环进尺不超过2.5m,爆破完成后进行机械排险、人工排险,由地质人员确定围岩类别后进行及时支护,紧跟掌子面,即开挖一段,支护一段。

该段岩石中硬,围岩较破碎、新鲜,呈中厚层状,洞轴线方位角为138°。主要发育3组节理裂隙:(1)340°NE \angle 10~15°,与洞轴线夹角22°(洞轴线138°),节理发育微张1~2mm、少量张开5~10mm,充填灰白色钙质白膜,节理面较平直粗糙,延伸长可见4~6m,发育间距0.3~0.5m,节理间断短小节理发育、间距5~10cm,该组节理对拱顶稳定不利;(2)330°SW \angle 67°,与洞轴线夹角12°,微张1~3mm,充填灰白色钙质白膜,节理面平直粗糙,切割深2~5m,个别切穿洞室,发育间距0.1~0.2m;(3)75°SE \angle 73°,与洞轴线夹角63°,闭合、裂隙面较平直粗糙,切割深2~4m,发育间距0.2~0.5m,多被(2)组节理截断。断层f135+552小角度斜穿洞室,在桩号135+500掌子面可见断层从拱顶左侧(面向下游)通过,有“人”字型断层分支,主断层产状:340°NE \angle 38~47°,与洞轴线夹角22°,断层宽5mm,充填断层泥,断层面呈铁锈色、较平直,分支断层与主断层间,为灰绿色碎裂岩,

破碎(示意图)。该段围岩整体稳定性差,洞室干燥,仅在右侧边墙局部有滴渗水现象,综合评定为VI类围岩(岩石强度15分、岩体完整程度8分、结构面状态21分、地下水-6分和主要结构面产状0分)。

从桩号135+504~135+483段左侧边顶至顶中部存在掉块及小塌方^[4],主要沿(1)组节理和一条产状335°NE \angle 70~85°节理以及f135+552断层塌落,形成楔形体塌方,块体直径一般5~20cm,最大30~40cm,塌腔深度0.2~1.8m左右、宽1~4m。

施工方按VI类围岩及时进行支护,对大于0.3m的空腔预埋注浆管,回填灌浆处理。支护完成后进行下一循环爆破作业,已确保人员、设备的安全。



桩号135+504~135+483段典型断面示意图

4 结论

及时对引水隧洞进行围岩判定,能够快速有效的为施工单位提供合理性、准确性的支护形式,对消除地质隐患、保证工期和安全性有重要意义。

[参考文献]

- [1]陈诚.某TBM引水隧洞塌方段控制技术研究[J].水利规划与设计,2021,(7):85-87,118.
- [2]王浩宇.长输水隧洞中地下水影响评价分析及措施[J].陕西水利,2020,(1):117-119.
- [3]冯艺.加卸载条件下砂浆锚杆力学响应试验研究[J].水利水电技术,2020,51(11):190-196.
- [4]顾鑫杰,闫兴田.山岭隧道塌方成因分析及治理[J].西北水电,2016,(6):17-21.

作者简介:

李吉艳(1989--),男,汉族,江西宜春人,本科,工程师,从事于地质勘探工作。