

上湾子 I 级水电站引水隧洞塌方成因分析

胡艺腾

(克什克腾旗水电开发公司, 内蒙古 赤峰 025350)

摘要:从内蒙古赤峰市克什克腾旗上湾子 I 级水电站引水隧洞地质特征及施工实践出发, 通过分析地质状况、施工爆破、地下水等因素与塌方类型的关系, 阐述了隧洞掘进中的塌方成因: ①塌方与围岩构造断裂带有关, 断裂、含水带与塌方相伴存在, 每遇断裂破碎带就产生塌方; ②地下水的活动降低围岩强度, 加速围岩破坏进程; ③爆破震动造成岩体松塌。提出塌方的防治措施: 应及时支护和严格控爆, 妥善处理地下水, 提高岩体自稳能力, 把施工方法和喷锚技术紧密结合起来, 形成系统的防治体系。

关键词:水电站; 引水隧洞; 塌方类型; 断裂破碎带

中图分类号: TV732

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2002)06-0055-02

内蒙古赤峰市克什克腾旗上湾子 I 级水电站位于内蒙古赤峰市克什克腾旗的西南部, 西拉沐沦河的上游支流萨岭河的中下游。电站为引水式、地面式厂房, 装机总容量为 3 200 kW, 隧洞采用有压引水, 设计过流量为单机 $3.57 \text{ m}^3/\text{s}$, 双机 $7.14 \text{ m}^3/\text{s}$, 设计水头 57.1 m, 隧洞总长 1 098 m。根据地形、地质条件及施工条件确定开挖断面为圆形, 隧洞断面为直径 3 m 的圆形洞。由于隧洞轴线与多条断层以小角度斜交, 并且有与断层隔开的蓄水构造, 因此围岩破碎多水, 泥化膨胀, 工程地质条件较差。加之施工中某些环节考虑欠周, 故在某些断层交汇处出现较严重的塌方。处理塌方存在一定的难度, 影响了工期, 同时又增加了投资。该电站于 1994 年 11 月开工, 1998 年 5 月投产发电, 历时 4 年多, 概算投资增大的原因之一即为隧洞的塌方处理费用增加。

1 塌方成因分析

a. 塌方与围岩构造断裂带有关。引水隧洞顶部为风积砂及少量壤土组成的第四系沉积层, 厚度变化较大, 进口部位地形较缓, 覆盖层不厚, 洞线中部覆盖厚度最厚可达 20 m 以上。洞线上方出露岩性较为复杂, 分布较多的有: 流纹质角砾凝灰岩、安山岩、蚀变安山岩、玄武岩、凝灰岩等。基岩裂隙发育, 风化破碎严重, 进出口部位洞深 60 m 左右为强风化岩, 成洞条件不好。因构造作用及岩性变化较大, 不同地层风化程度存在较大差异, 最大强风化厚度达 35 m 以

上, 但洞身大部均在弱风化岩中通过, 成洞条件较好。

沿线断裂构造较复杂, 在整个洞线长 1 098 m 的长度中, 共有 29 条断层, 其中在蚀变的安山岩中有 1 条, 凝灰质粉砂岩中有 12 条, 在流纹质斑状安山岩中有 16 条。主要断层有 F_{13} , F_{24} , F_{28} , 小者断距为 0.1 m, 大的断距为 0.5 ~ 1 m, 两侧有影响带 0.2 ~ 1 m 不等。多深切成谷, 陡倾角在 $60^\circ \sim 80^\circ$, 走向基本与洞轴线斜交, 交角较小, 约 $15^\circ \sim 20^\circ$, 其中 F_{13} 断层走向与洞线相交仅 5° 左右。

根据断层带对地下工程围岩应力分布及其稳定性影响, 按弹性有限元法分析, 结果如下: ①断裂破碎带内应力差一般都变大, 由于破碎带的存在, 开挖过程中围岩应力状态产生剧烈变化, 开挖后应力差迅速增大, 使应力超过岩体强度产生拱体效应破坏; ②有断裂的洞体, 开挖后拉应力范围扩大, 其值也相应地增大; ③断裂带破坏了岩体的连续性, 同时积聚了大量的残余应力, 应力状态发生很大的变化, 甚至由受压变成受拉状态。另外, 岩石破坏促使岩体进一步风化, 雨水积聚残积土入侵, 使岩石产生软化等现象。上湾子 I 级电站的施工实践表明, 断裂、含水带与塌方相伴存在, 每遇断裂破碎带就产生塌方。

b. 地下水的作用。地下水活动使岩石泡水、软化, 降低围岩强度。在开挖时, 地下水形成指向临空面的渗透压力, 加速围岩破坏的进程。在 F_{13} 断层出现塌方时, 在 (0 + 390) m ~ (0 + 405) m 段的 15 m 范围内出现大量涌水, 并带出 40 m^3 左右的泥石。

c. 爆破的影响. 爆破次数越多, 由爆破震动波产生的剪切效应造成松塌的可能就越大. 另外, 塌方规模和速度对围岩收敛有影响, 一般地说, 破坏规模越大、速度越快, 收敛就越快.

总之, 在围岩的内在原因和外部条件的相互促进下, 塌方可成带出现. 以岩体结构为基础的工程地质分区, 可直接确定工程布局, 预报工程施工中可能出现的问题.

2 塌方的类型及规律性

2.1 塌方的基本类型划分

上湾子 I 级水电站引水隧洞在施工过程中出现的塌方大体分为两类:

a. 蠕变型塌方. 在 $(0+217)\text{m} \sim (0+225)\text{m}$ 处的 F_7 断层, 走向 $N290^\circ W$, 倾向 SW , 倾角 88° ; $(0+248)\text{m} \sim (0+251)\text{m}$ 处的 F_9 断层, 走向 $N310^\circ W$, 倾向 SE , 倾角 47° ; $(1+003)\text{m} \sim (1+003.7)\text{m}$ 处的 F_{24} 断层, 走向 $N20^\circ E$, 倾向 NW , 倾角 $80^\circ \sim 85^\circ$, 破碎影响带 $0.2 \sim 0.3\text{m}$, 断层宽 $30 \sim 50\text{cm}$, 主要由角砾岩、压碎岩、断层泥组成. 地质状况为硬塑的断层泥和糜棱化构造岩, 软岩和含膨胀物质具破碎结构的中硬岩, 强或全风化受地质构造影响严重的及非粘性的松散土层冲积层, 砂卵石碎石坡积层等, 具有裂隙密集、分布杂乱、富含泥质等特征; 当有滴水或浅状流水时, 急速降低岩体强度, 严重影响围岩稳定. 其形成原因是由于吸水膨胀崩解, 结果整体强度不足而产生屈服破坏. 对蠕变型塌方的处理, 一般宜用柔性支护(喷锚), 而且要及时衬砌.

b. 崩塌型塌方. 在 $(0+166.5)\text{m} \sim (0+182.7)\text{m}$ 处的 F_3 断层, 走向 $N20^\circ \sim EW$, 倾向 $SW \sim S$, 倾角 80° , 破碎带宽度 $0.8 \sim 1.30\text{m}$; 在 $(0+370)\text{m} \sim (0+410)\text{m}$ 处的 F_{13} 断层, 走向 EW , 倾向 S , 倾角 65° , 破碎带宽度 $0.5 \sim 1.0\text{m}$, 影响带 $0.5 \sim 1.0\text{m}$; 在 $(1+061)\text{m} \sim (1+063)\text{m}$ 处的 F_{28} 断层, 走向 SN , 倾向 E , 倾角 70° , 破碎带宽度 $0.3 \sim 0.5\text{m}$, 影响带 $0.3 \sim 0.5\text{m}$; 在 $(1+055)\text{m} \sim (1+067)\text{m}$ 处的 F_{29} 断层, 走向 $N310^\circ W \sim SN$, 倾向 $NE \sim E$, 倾角 $70^\circ \sim 77^\circ$, 破碎带 $0.2 \sim 4.0\text{m}$. 这些断层由角砾岩、压碎岩、断层泥组成, 断层沿凝灰岩软弱泥化带展布, 与层面平行, 与洞线呈锐角相交, 断层风化破碎严重, 沿断层面渗水较严重. 地质状况为: 厚层、块状结构, 结构面及其组合杂乱并多有粘土充填, 多组裂隙面相互切割造成岩面破碎——镶嵌结构的中硬岩或软硬岩层, 结构面多为平直光滑或张开, 组成各种不利结构面; 沿结构面有渗流或小涌水, 冲刷填充物, 降低其抗剪强度. 塌方特征: 一部分结构体首先将最弱结构面拉

开, 然后向自由空间滑移, 具有鲜明的间歇性, 顶拱或侧壁坍塌, 断面往往参差不齐. 可见, 结构面不能很好地结合是造成松脱破坏的关键. 对崩塌型塌方的处理, 应从防止塌方恶化着手, 及时处理、支护, 小塌清, 大塌穿, 先护顶后出渣.

2.2 塌方与围岩类别的关系

上湾子 I 级水电站引水隧洞的塌方程度与围岩类别有内在的联系, 即围岩地质条件越差, 塌方规模越大, 塌落也越大. 实际上影响塌方的主要因素, 除了围岩岩性外, 还取决于结构面组合性质、含水的程度以及施工特性. 一般中等坚硬层状围岩, 收敛变形存在非对称性, 急倾的上方容易塌坍, 山岩压力也可能是局部的, 薄层缓倾岩层, 沿隧洞有斜交或直交的软弱面切割时, 将构成平卧式或梯形的分离体. 中厚层岩因为洞顶有夹角小, 倾向两侧的软弱面交叉切割, 则可能出现枝形分离体. 另外, 岩体破碎较均匀的话, 会经过几次调整, 形成对称拱, 就会短时间平静. 强的或重风化的砂岩、粉砂岩、断层泥或糜棱岩, 在渗透水的作用下, 饱和后几乎没有自稳能力, 处于硬塑状态, 其破坏的规模往往受涌水程度的控制. 因此, 在水的膨胀作用下也能造成塌方.

3 控制塌方的技术措施

控制塌方包括防和治两个方面. 由于传统施工对 IV 类和 V 类围岩效果十分显著, 所以极有必要强调支护的及时性和爆破的控制性. 另外对渗透破坏严重的地质岩层, 应妥善处理地下水, 千方百计地提高岩体的自稳能力, 把施工方法和喷锚技术紧密结合起来. 最后根据量测成果指导设计和施工.

喷锚支护之所以能有效控制围岩变形破坏, 主要是由于施工灵活、快速, 能及时封堵裂口, 又有系统锚杆直接加强松弛圈, 喷层紧贴岩面且楔入缝隙, 因而避免了因“拱冠石”松脱而产生的恶性循环. 同时也可根据需要分别与钢架组合, 把岩石荷载转化为受力结构. 另外, 以喷锚代替挂网, 不但避免了挂网作业困难, 同时缩短循环时间, 又提高了抑制塌方的能力. 总之, 采用超前排水, 超前支护, 严格控爆, 喷锚支护的观测渐进法治理塌方, 在技术上可行, 在经济上也是合理的.

(收稿日期: 2001-07-24 编辑: 张志琴)

