

西安市黑河水库泄洪洞(兼导流洞)洞室坍塌与支护加固

万 鑫

(水利部陕西水利电力勘测设计研究院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:在黑河水库工程泄洪洞(兼导流洞,简称导泄洞)的施工开挖中,对极不稳定的V类围岩,先后采用了管棚、断层带固结灌浆、地面钻孔向洞周围固结灌浆等加固处理方法.但由于地质条件复杂,影响因素较多,其效果都不理想.后通过对导泄洞塌方支护加固处理方案比较,摸索出采用喷锚、挂网、支护,结合钢拱架支护一套完整的加固支护措施,取得了良好的效果.

关键词:导流洞;泄洪洞;断层破碎带;坍塌特征;支护加固

中图分类号:TV651.3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)07-0120-03

黑河水库工程泄洪洞(兼导流洞,简称导泄洞)位于金盆坝址左岸山梁下,两洞在平面上位于同一轴线(方向 $NE32^{\circ}34'28''$).当导流洞完成导流任务后,在桩号 $0+164.785\text{ m}$ 以前以龙抬头形式与泄洪洞洞身衔接而成泄洪洞.泄洪洞进口洞底高程 545 m ,起点桩号 $0+20.73\text{ m}$;导流洞进口洞底高程 496.43 m ,起点桩号 $0+087\text{ m}$.二洞洞型为城门型,断面 $10\text{ m}\times 13\text{ m}$.导流洞桩号 $(0+087)\sim(0+164.785)\text{ m}$,比降 $1:5000$;泄洪洞桩号 $(0+20.73)\sim(0+163.785)\text{ m}$ 为陡段,比降 $1:2$,之后比降 $1:150$.出口桩号 $0+540\text{ m}$,底板高程 493.4 m .

隧洞在施工掘进中,洞室围岩的拱顶发生坍塌,塌方部位在:一是Ⅲ、Ⅳ类围岩软弱结构面的不利结合处,规模较小,一般为掉块或小范围滑塌;二是在V类围岩段(断层破碎带),洞室发生3处规模较大的洞顶塌方,分别为 F_4 、 F_{21} 、 F_{23} 断层带.本文对三处断层塌方的形成、规模、原因及支护加固处理情况进行分析介绍.

1 F_4 断层塌方及处理

F_4 断层位于导流洞 $(0+019)\sim(0+006.4)\text{ m}$ 段(底板)、属区域性大断层.产状:走向 $91^{\circ}\sim 105^{\circ}$,倾向SW,倾角 $58^{\circ}\sim 31^{\circ}$,为顺层发育压性断层,与洞轴线的交角 $58^{\circ}\sim 73^{\circ}$.洞室在上导洞掘进过程中,于1996年7月18日在洞身桩号 $(0+005)\sim(0+010)\text{ m}$ 段拱顶沿断层塌方,塌方高度 5 m ,总方量约 150 m^3 ,塌方压毁支护的钢拱架6榀,拱顶部加固的锚杆脱落(图1).

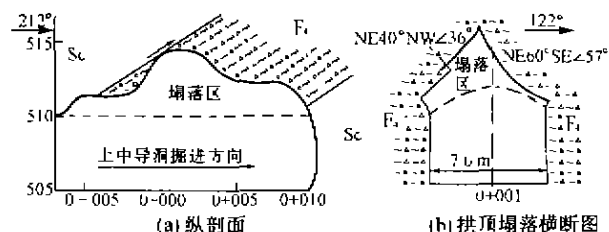


图1 F_4 断层塌方示意图

造成塌方原因:① F_4 断层规模较大,揭露的垂直厚度达 7.4 m ,由断层泥、糜棱岩及碎裂片状岩组成,断层影响带宽约 $10\sim 20\text{ m}$,顶部发育两组节理裂隙,一组走向 $NE60^{\circ}$,倾向SE,倾角 57° (弧形错动面);二组走向 $NE40^{\circ}$,倾向NW,倾角 36° ,组成“入”字不稳定型结构面,岩体沿该结构面塌落.②断层带处于地下水位以下(两年前进 PD_{18} 地质探洞排水疏干断层带地下水位已降至 505 m 以下),断层带处于干燥状态并具有一定强度,但断层带构造岩揉皱强烈,岩石破碎,按超前 2 m 爆破掘进,破坏其稳定性.③系统锚杆长 3 m ,没有深入到负荷岩体,未起到锚固作用.

塌方处理:塌方段无地下水作用,首先喷混凝土对岩面进行封闭,然后沿洞轴方向每米设一榀钢拱架,在拱架上部再设置不规则的复式钢桁架,撑住岩面(如图2所示),最后在塌方岩面进行锚固、挂网、喷混凝土,完成塌方段支护加固处理.

2 F_{21} 断层塌方及处理

F_{21} 断层为顺层逆断层,出露在洞室中桩号 $(0+278.2)\sim(0+289)\text{ m}$ 段,岩性为弱风化云母石英片

作者简介:万鑫(1949—),男,河南光山人,工程师,主要从事工程地质勘测工作.

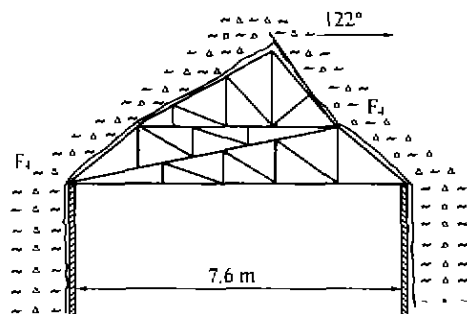


图2 F_4 复式桁架示意图

岩,产状:走向NW305°,倾向SW,倾角24°~40°,开挖揭露厚度为5.4 m,宽度10.80 m,由断层泥、糜棱岩及碎裂片状岩组成,断层下盘有2条垂直洞线的风化斜长斑岩脉,厚约50~60 cm。开挖期洞顶大范围线状滴水,在掘进上中导洞时,断层带岩体在桩号(0+297)~(0+303) m段从洞顶沿断层下盘突然下滑,水石俱下,形成6 m高的空腔,总塌方量约180 m³,见图3。

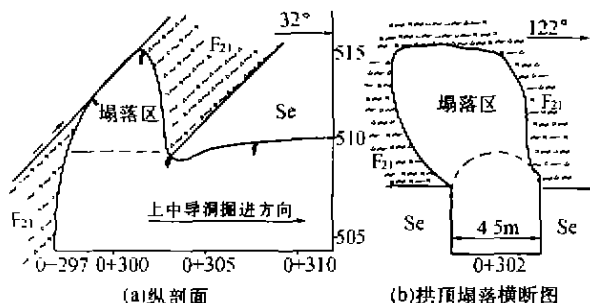


图3 F_{21} 断层塌方示意图

塌方原因:①断层带物质充水后变软呈流塑状,强度低;②洞室排水不畅,地下水位高,渗透压力大;③ F_{21} 断层向南倾,洞身开挖由下游向上游施工(由北向南),断层下盘首先暴露于洞顶,形成较大空间临空面;④施工时对断层认识不足,未及时加固支护。

塌方处理:塌方初期,暂停掘进,沿洞轴方向每隔0.8 m设置一排钢拱架,拱架以上的塌方空腔用圆杂木充填,阻止上部岩体再次下滑,然后缓慢通过断层带揭穿断层储水构造,地下水位下降,空腔内岩体含水量降低,岩体强度逐渐提高,再经过一段时间搁置,使断层具有一定的自稳能力后,取掉上部空腔圆木,对空腔周边岩面喷混凝土,再进行锚固挂网喷混凝土,最后在拱架上用不规则的钢桁架支撑至顶部岩面,使其支护塌方空腔岩体形成一个整体,完成塌方处理。

3 F_{23} 断层塌方及处理

F_{23} 断层在洞室全断面开挖后在左边墙显示呈一带状构造,分布在洞底46.1 m范围内有4条分支,

即 F_{23-1} , F_{23-2} , F_{23-3} , F_{23-4} 。 F_{23} 断层由 F_{23-3} , F_{23-4} 组成;间夹2 m构造岩体,出露桩号(0+416)~(0+426) m岩性为弱风化云母石英片岩,产状:走向NW290°,倾向SW,倾角38°~48°,揭露厚度7.029 m,宽度10.5 m。洞室在上中导洞向两侧扩洞时,共有三次塌方。第一次于1997年5月15日,在桩号0+429 m断面的左侧拱脚处,塌方高度3.5 m,长约5 m,总方量约40 m³。第二次于1997年5月17日,仍在0+429 m断面左侧拱顶沿 F_{23} 断层上盘塌2 m×2 m大岩块。第三次于1997年5月20日凌晨4时发生大的塌方,造成洞顶塌落,并使原中导洞的锚杆拉断或拔脱,塌方范围(0+429)~(0+443) m,塌方高度最高8 m,塌方量达350 m³,见图4。

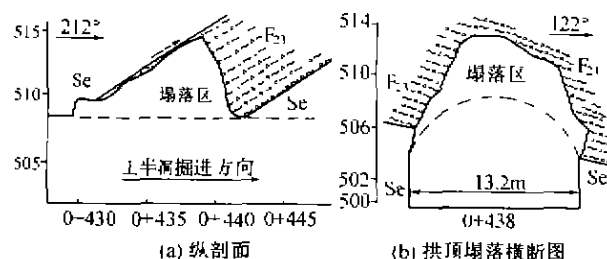


图4 F_{23} 断层第三次塌方示意图

塌方原因:① F_{23} 断层带物质挤压揉皱强烈,岩体破碎松软,自稳能力差;② F_{23} 断层影响带在洞身桩号(0+405)~(0+450) m范围,扩洞由两个施工队分别从上游(1号支洞)、下游(2号支洞)向中间扩挖,其界点0+430 m恰好是洞顶断层不稳定的关键部位,在上游桩号0+429 m拱脚侧墙塌方未加固处理情况下,下游施工在桩号0+438 m断面的右侧进行爆破扩洞,爆后仅2 h就产生塌方;③ F_{23} 断层带发生塌方之前,在界点0+430 m洞顶就出现掉块的先兆,施工单位未能积极采取有效加固支护措施,致使不稳定岩体长期临空,促使塌方加剧。

塌方处理:①首先对断层下盘未塌洞室的钢拱架用4根 $\varnothing 168$ mm的钢管立柱顶住,不使塌方向下游延伸;②对塌方空腔多次喷混凝土进行封闭,初步稳定周边围岩;③用手风钻打浅锚杆,挂网再喷混凝土加固;④塌方处重新架设钢拱架(间距0.8~1.0 m),在拱架上架设不规则钢桁架支护岩面,完成塌方段加固支护处理。

4 F_{21} , F_{23} 断层下盘岩体处理措施

由于断层下盘岩体受构造及塌方影响,其完整性遭到破坏,自稳能力相对较差。经过 F_{21} 断层在桩号0+307.5 m及0+312 m设点观测,在一个月的时间内累计下沉为7~10 mm。为了控制断层下盘岩体下沉变形,采用管棚与斜向锚杆束锚固措施,以 F_{23}

断层为例,在桩号 0+446m 及 0+448m 顶拱设两排孔(孔距形,呈梅花形布设),由洞顶向上游以 55° 交角成孔,孔深 18m,插入锚杆束由两筋一管组成,注入水泥浆固结,见图 5。由于锚杆束横穿断层深入到完整稳固岩体中,控制了断层下盘岩体下沉变形,也起到了阻止断层岩体沿断层面下滑,对塌方区的岩体稳定起到保护作用。

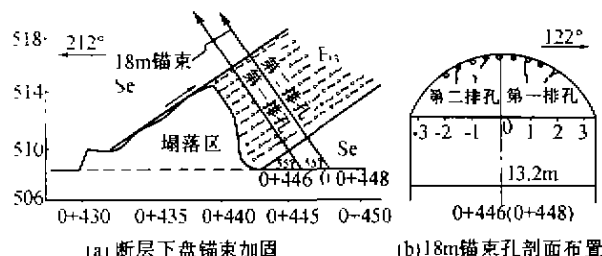


图 5 F_{21} , F_{23} 断层下盘岩体处理示意图

5 断层在拱脚(侧墙)、拱顶加固处理措施

首先对上中导洞所揭露的 F_4 , F_{21} , F_{23} 断层,按出露桩号每 3m 切制一个地质剖面(图 6),依据地质剖面断层出露位置布设不同加固方案。当断层出露在洞顶拱脚以下(侧墙)时,则采用锚束、锚固,其施工方法为:用潜孔钻成孔,插入一根 $\varnothing 36$ mm 管,一根 $\varnothing 25$ mm 钢筋,注入水泥浆(简称一筋一管或两筋一管),孔排距 1.0m × 1.0m,深度以穿过断层深入到完整岩体为宜。若断层在洞顶出现,采用超前管棚锚挂网支护结合钢拱架的加固方案,其施工方法(以 F_4 断层处理为例)为:首先沿顶拱开挖线布设孔距 30cm,孔深 5.2m,孔径 $\varnothing 50$ mm,上倾 3° ~ 5°, 24 kg/m 轻轨管棚,限定每次掘进 1.0m,管棚设置后,随后锚固 8m 与 6m 相间锚杆,之后架设钢拱架(间距 1.0m),锚杆与拱架相互焊接,连接成整体。为保证拱角及钢拱架整体稳定,在拱角和侧墙部位增加部分锚杆束(2 $\varnothing 25$ mm + $\varnothing 36$ mm 或 $\varnothing 25$ mm + $\varnothing 36$ mm),同时在上部侧墙及拱角 1m 范围内用 200 号混凝土回填,为防止拱架间的松软断层物质脱落,在拱顶挂网喷混凝土封闭,直至全部完成断层带的加固支护处理。

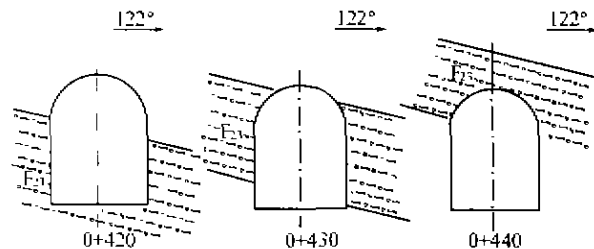


图 6 F_{23} 断层横断面

6 对 V 类围岩段(破碎岩体)的开挖处理

在导泄洞桩号(0+492)~(0+540)m 段,围岩受背斜构造的影响,岩层平缓揉皱强烈破碎,岩体中发育近平行洞轴线多条高倾角云煌斑岩脉,产状:走向 NW340° ~ NE20°, 倾向 SW 或 NW, 倾角 70° ~ 85°, 宽 0.5m 左右,将岩体沿洞轴向切割成宽度不等长条。而右侧山体单薄(宽度 10~15m),呈强风化,稳定性极差。所以每次洞室爆后造成洞顶岩体呈块状塌落。

处理措施:①首先由桩号 0+492m 左下侧开挖 2m × 2m 的导洞至 0+540m,查清地质条件,降低地下水位;②进行上半洞全断面开挖每次掘进不得超过 1.0m,并在周边设减震孔;③爆后尽快进行喷混凝土封闭,然后沿顶拱开挖线设置间距 30~50cm,孔深 5.2m 与水平呈 60° 交角超前锚杆予以锚固如图 7,之后按间距 1m 架设钢拱架,拱架与洞顶锚杆焊接,挂网喷混凝土;④当洞身掘进 10m 左右,对钢拱架的拱脚部位浇筑混凝土,使钢拱架的支护成一体,直至通过破碎带岩体为止。

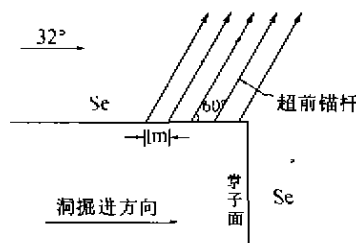


图 7 洞顶超前锚杆示意图

7 结 语

上述断层带的塌方及破碎岩体加固支护处理措施,在黑河水库导泄洞开挖施工运用中效果显著,在洞室贯通均未发生变形破坏,证明该加固支护措施是成功的。由此得到几点启示:

a. 对断层带或各类结构面(软弱)要高度重视,无论它处于何种状态都要认真对待。

b. 隧洞的锚固系统设计,一般锚杆的有效长度等于或大于开挖宽度的 1/3,且锚杆间距不应超过锚杆有效长度的 1/2。

c. 还应进一步加强支护,使其围岩与所采取的加固措施形成一个完整的支护整体,保证洞室的安全稳定。

d. 加强施工地质预报工作,及时采取正确的施工方法和支护措施,如事先排水,弱爆破,短掘进及时支护等,防患于未然。

本文得到濮声荣、郭庆国教授级高级工程师的指导和帮助,在此表示感谢。

(收稿日期:2001-07-18 编辑:马敏峰)