

江垭水电站尾调室预留中层法施工技术

宋学伦, 张 敏, 李 星

(中铁第十六工程局 北京 100018)

摘 要 江垓水电站尾调室第Ⅳ层由于施工通道和施工机械的限制,在开挖时采用了深度达 18 m 的一次深孔爆破施工技术,取得了成功。介绍了该层的施工方法和具体实施技术。

关键词 江垭水电站 ;尾调室 ;中层 ;深孔爆破 ;支护

中图分类号:TV542 文献标识码:B 文章编号:1000-3746(2002)01-0064-03

1 工程概况

江垓水电站位于娄水河岸,是澧水流域梯级开发的一期水电站,其主要洞室——主副厂房、主变洞、尾调室平行布置,尾调室开挖最大长度 69.65 m(第Ⅱ~Ⅴ层为 55.65 m),最大跨度为 13 m,最大高度为 45.1 m(标高 151.0~105.9 m),其中在第Ⅱ层设计有 200 t 的岩锚吊梁。

尾调室位于 P_5^{8-1} 岩组,即捷覆岩组,岩层为厚层及中厚层白云质灰岩及夹页状滑石质灰岩,属于 II 类围岩,岩层构造简单,产状一般 $55^\circ \sim 65^\circ/SE \angle 35^\circ \sim 40^\circ$,走向与河流正交,稳定性较好,有 f_{512} 、 f_{521} 等层间错动带与层间反倾向节理切割洞室。

2 施工分层及运输通道

可供尾调室施工使用的运输通道有以下几条：

(1) 3号交通支洞,底板高程 145.0 m,用于尾调室 I 层和部分 II 层开挖;

(2) 7号临时施工支洞,底板高程 133.0 m,用于尾调室部分Ⅱ层开挖和Ⅲ层开挖;

(3)尾水隧洞 底板高程 105.29 m,用于尾调室V层开挖。

根据施工运输通道和施工机具的实际情况,确定尾调室共分 V 层开挖,具体开挖分层如图 1。

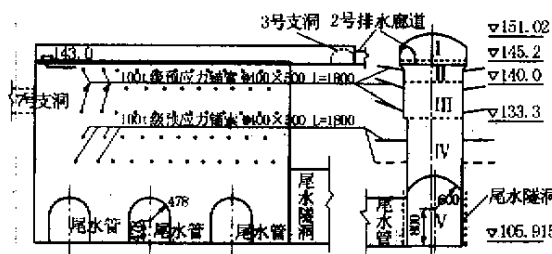


图 1 尾调室分层开挖立面图和纵剖面图

第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ层开挖支护完成后即进行第Ⅳ层开挖,第Ⅳ层长55.65 m、宽11.15 m、厚18 m,开挖方量总计11118.9

m^3 , 对该层如继续采用斜坡道开挖从 7 号临时施工支洞出渣, 由于受运输机械能力所限, 其开挖深度只能达到 5~6 m。如果开挖深度继续加深后机械机具很难运出开挖面, 原施工方案曾提出用分层深孔爆破漏斗法开挖, 此法虽有提高施工效率和方便分层支护的优点, 但分层深孔爆破后仍需大型机械到工作面进行推渣, 清渣也仍存在道路不通、施工机械难以运离施工场地的困难。经反复比较分析认为, 第Ⅳ层施工采用一次性深孔爆破预留中层施工较适宜, 其开挖方法概括为先挖Ⅲ层至Ⅴ层的竖井、拉中槽展开临空面, 周边进行深孔预裂爆破, 其它部分用洞内深孔爆破开挖, 落渣至Ⅴ层, 通过尾水隧洞出渣。

这种开挖方法是基于以下条件而提出的：

(1)尾调室岩性稳定性好,为Ⅱ类围岩,只有 f_{512} 、 f_{521} 等层间错动带通过第Ⅳ层,这对深孔爆破后围岩的稳定有利;

(2)Ⅲ层的全部支护和Ⅴ层锚杆施工已全部完成,同时设置在Ⅱ、Ⅲ层 143、138、135 m 高程的锚索也已施工完毕,可防止Ⅳ层开挖后的围岩浅层和深层产生较大的变形;

(3)Ⅳ层开挖时,其相邻洞室(3号、7号施工支洞,主变洞,尾水隧洞,尾水管)均已开挖完成,围岩的应力和变形在这些洞室开挖时已经释放,不会因Ⅳ层突然开挖而产生过大的应力释放和变形,从而造成Ⅳ层的边墙失稳;

(4) IV层开挖后,可及时在落渣上进行支护:

(5)在拱顶、拱座及岩锚梁内部均埋置有多点位移计和锚杆应力计,可及时了解围岩的应力和变形情况,为开挖提供可靠的依据。

3 层开挖施工

3.1 施工步骤

第Ⅳ层深孔爆破预留中层法施工步骤可概括为“一点、二线、三面”,即选一点作为竖井开挖,在竖井挖通后即向垂直于轴线方向两边墙扩挖形成中槽,中槽形成后利用已形成的上、下、侧3个临空面的有利条件,通过边墙预裂爆破和洞

收稿日期: 2001-05-20

作者简介 宋学伦(1972-)男(汉族),青海平安人,中铁第十六工程局工程师,地质工程专业,从事地下工程施工工作,湖南省长沙市芙蓉区火星镇127号信箱中铁第十六工程局长沙办事处(410001)(0731)4734981 张敏(1940-)男(汉族),天津人,中铁第十六工程局高级工程师,桥梁工程专业,从事地下工程施工工作 李星(1977-)男(汉族),湖南涟源人,中铁第十六工程局助理工程师,工业与民用建筑专业,从事地下工程施工工作 万方数据

内深孔爆破进行大面积开挖 ,开挖后及时进行支护 ,开挖顺序见图 2。

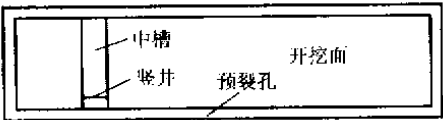


图 2 第Ⅳ层开挖顺序平面图

3.2 施工方法

3.2.1 竖井开挖

竖井的作用是为拉中槽开创临空面 ,同时为提高深孔爆破效果和开挖质量创造有利的条件。

竖井的位置不仅要考虑到对尾水管和第Ⅳ层自身的施工进度和施工安全的影响 ,也要考虑便于竖井开挖出渣运输及扩挖 ,施工安全且对局部边墙破坏较小的位置。竖井位置选在距西端墙 3.5 m、下游边墙 1.5 m 处。

竖井开挖尺寸应根据施工方法的需要 ,满足施工人员及施工机具正常进行钻爆作业和爆破效果确定断面尺寸。如果断面尺寸过小 ,受爆破夹制效应影响 ,爆破效果较差而且扩挖工作量大 ,断面过大则影响施工进度 ,在地质情况较复杂的情况下 ,容易产生局部坍塌。竖井的尺寸还要满足爆破后石块的滑落要求 ,在洞室内开挖竖井断面尺寸选定为 2.0 m×2.0 m。

竖井开挖采用简易约克提升机法 ,即先用潜孔钻在竖井中心位置钻出直径为 120~150 mm 钻孔通至Ⅴ层 ,然后将通过孔内的钢丝绳吊着吊篮由卷扬机提升 ,施工人员在吊篮内进行钻孔、装药、排险作业。

3.2.2 拉中槽开挖

在竖井开挖形成临空面的基础上 ,开挖为大面积爆破而开挖的条形通槽 ,它是竖井的扩挖 ,也是大面积开挖的试验。

中槽的位置以竖井的中心沿尾调室宽度方向开挖一条长度为 12 m(与尾调室宽度相同) ,宽度为 3 m 的中槽。

为避免中槽开挖过程中堵塞竖井 ,最小抵抗线的尺寸应由小到大 ,即由竖井扩挖后再延长最小抵抗线的炮眼间距。钻孔的位置、深度、角度均要准确 ,以确保井壁平直和竖井不断扩大 ,爆破后的石渣能顺利通过漏斗。

3.2.3 大面积开挖

大面积开挖是在有上、下、侧 3 个临空面的条件下 ,在中槽深孔爆破试验的基础上进行的。为维护边墙稳定 ,减少爆破对岩锚梁的影响 ,力求使开挖后边墙平顺 ,避免过多超欠

挖发生 ,首先沿边墙进行深孔预裂爆破。

3.3 爆破施工

3.3.1 开挖的爆破施工控制

3.3.1.1 影响爆破冲击波形成和传播的因素

在洞室中进行深孔爆破 ,不同于洞室中一般的钻眼爆破 ,由于进行深孔爆破时 ,装药量大 ,爆破所产生的冲击波能量也大 ,爆破时 ,冲击波的传播受到洞室的阻拦 ,衰减要比在无限空间中慢得多。地下爆破时空气冲击波的形成与传播取决于以下因素 :

(1)冲击波的能量不仅直接与炸药量有关 ,而且与爆破方式、装药结构、装药工艺和堵塞质量有很大关系。尤其是爆破方式和堵塞质量是影响空气冲击波的主要因素。

(2)各炮之间的爆破顺序使形成的空气冲击波相互发生作用。

3.3.1.2 爆破控制措施

为减弱爆破冲击波对岩锚梁和喷砼的破坏及对洞室振动影响 ,根据以上因素 ,在爆破中采用的控制措施如下 :

(1)通过深孔爆破试验 ,找出科学的爆破方式、装药结构、装药工艺和堵塞质量的最优方式。

(2)采用微差控制爆破。加大起爆段位 ,相邻起爆时差间隔 < 50 ms ,此时各段爆破形成冲击波彼此相互独立不再进行重合叠加 ,冲击波破坏岩石的强度大为降低。

(3)控制一次起爆药量 ,根据《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》(SL 47—94)的规定 ,爆破时岩锚梁的振动速度控制在 6~8 cm/s 的范围 ,由下式可取得一次爆破所能使用的最大药量 :

$$Q_{\max} = R^3 (V/K_c)^{3/a}$$

式中 : $Q_{\max}$ ——一次允许起爆的最大装药量 ,kg ; R ——爆源至构筑物的距离 ; V ——振动速度 ,岩锚梁为重要结构 ,设计要求为 6~8 cm/s ,取 7 cm/s ; K_c ——与传播爆破地震波的介质有关的系数 ,土壤取 200 ,岩石取 30~70 ,岩石强度大的取小值 ; a ——爆破震动衰减指数 ,一般取 1.5 ,远距离取 1.0。

通过计算 ,一次起爆的最大装药量为 119.6 kg。

3.3.2 爆破开挖施工

为取得良好的爆破效果 ,钻孔采用 KQT100 型潜孔钻机 , $\varnothing 85$ mm 硬质合金钻头 ,导爆索一次全孔起爆 ,导火索引爆的爆破方式 ,其深孔松动控制爆破主要爆破参数见表 1 ,装药结构见图 3。

表 1 梯段高度 18 m 爆破主要爆破参数

项目	炮眼孔径 /mm	炮眼间距 /m	最小抵抗线 /m	炮眼深度 /m	底部装药量 /kg	柱状装药量 /kg	柱状装药密度 (kg·m ⁻¹)	比装药量 (kg·m ⁻³)	不耦合 系数	炮眼堵塞 长度/m
边墙预裂爆破	85	1.0	1.3	17	4	12	0.80		1.8	2.0
中槽爆破	85	1.5	1.5	17	14.3	13.4	3.66	0.68		3.0
大面积开挖爆破	85	2.0~2.5	2.0	17	11.66	21.5	4.64	0.46		3.0

施工中严格控制一次起爆量 ,每次 3 个孔同时起爆 ,一次最大起爆装药量为 33.16×3=99.48 kg < $Q_{\max}$ = 119.6 kg。

当炮孔较多时要加大毫秒雷管段位分组起爆 ,两组间不得少于 4 个段位或间隔时间 < 70 ms ,以防止震动波叠加 ,每次连续起爆不得超过 3 组。

4 支护施工

尾调室支护设计有锚杆支护、挂网喷砼支护和预应力锚索支护 ,Ⅳ层支护的方法采用爆破后在渣堆上支护和搭脚手架支护。

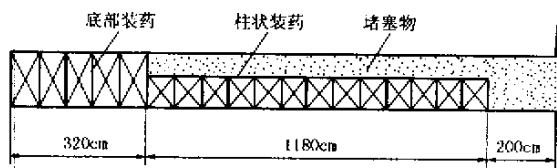


图3 爆破孔装药结构示意图

4.1 锚杆支护

尾调室第Ⅳ层设计有4 m和6 m锚杆,锚杆杆体材质经实验室检验合格后方能使用。锚杆进场后分类堆放、分批安装。锚杆长度和外露长度作明显标记,防止差错,便于检查。

锚孔放样,根据锚杆设计的行距和排距,用红油漆标出其相应的位置。

钻孔:YT-27型凿岩机钻孔。

开钻前,锚孔角度必须核实符合设计要求,方可开钻,锚杆长度根据孔深配备,并用连接套连接,钻孔后用高压水将孔内岩粉冲洗干净,下倾角锚孔在注浆前用高压风吹干净孔内积水和岩粉。

砂浆采用水泥:砂:水=1:1:0.45的水泥砂浆。

4.2 挂网喷砼支护

挂网前,首先清除各种浮石和爆破震松的岩块,高压水冲洗围岩表面上的岩粉、岩渣和其它杂物,然后素喷3~5 cm砼,进行挂网,挂网钢筋应与基岩面保持3~5 cm的间距,挂网钢筋绑扎牢固,挂网主筋与锚杆焊接,挂网后进行二次喷砼。

喷砼前用高压水将基岩冲洗干净,无岩屑及小块悬挂体。层错及断层破碎带的掏挖深度应为夹层宽度的1~1.5倍。网喷砼施工时,先素喷3~5 cm砼,进行挂网,挂网后进行二次喷砼。二次喷砼前要将喷层表面乳膜、乳尘物冲洗干净,喷层厚度采用现场插签法及钻孔法检查。

4.3 预应力锚索支护

预应力锚索主要通过深层的锚固,对岩体施加预应力来确保洞室稳定。它不仅造价低,而且施工速度快,工程效果明显。本工程采用A型普通系列锚索(APLSMS)。

4.3.1 锚索施工工艺流程

钻孔] → 锚索安装 → 内锚固段注浆 → 锚墩制作 → 安装锚具 → 单根预张拉 → 张拉 → 张拉段注浆 → 外部防护。

4.3.2 施工方法

(1) 造孔和清孔。采用KQT100型钻机钻孔,造孔完毕后用高压风、水将孔内粉尘、岩屑等清洗干净,以防影响锚固力。

(2) 锚索制作。锚索制作在专用场地进行,锚索采用7根1570级钢绞线。锚索每隔1~1.5 m安装一对中支架,用铅丝绑牢,制好的锚索按锚孔编号挂牌,以防错用。锚束安装要保持进浆、排气管道畅通,止浆塞必须完好。

(3) 内锚固段注浆。锚索安装好后,即可进行内锚固段注浆。注浆浆液配合比经试验确定采用水泥:砂:水=1:1:0.40,掺10%的TQ微膨胀早强剂,替代水泥质量。

(4) 张拉。对穿锚索安装好后,即可进行张拉,内锚固段

锚索待锚固段达到设计要求后张拉。先用YCD240Q千斤顶进行预张拉,以减小不均匀系数。锚索张拉采用YCW150型千斤顶。张拉时,张拉速率不超过锚索设计荷载的1/10,锚索最终张拉力按设计张拉力的1.05~1.10倍锁定。

(5) 张拉段注浆。张拉段注浆采用与内锚固段相同配合比的水泥砂浆,相同的注浆方法。

(6) 封锚。锚索张拉完成后,用1:1的水泥砂浆将外露钢绞线及钢垫板封堵密实。

5 施工效果

(1) 采用预留中层法开挖尾调室第Ⅳ层解决了分层斜坡开挖法和深孔爆破漏斗法开挖难以克服的困难,在中槽开挖后钻孔、装药、出渣运输、支护平行作业,采用梅花形布眼,适当增加了炮眼间距,增强了爆破效果,炸药消耗量由0.92 kg/m³降至0.38 kg/m³,工期也较原计划缩短了一半。

(2) 边墙部位深孔预裂爆破效果良好,炮眼残孔率达到85%,大于规范规定的50%的标准,爆破后沿设计轮廓线形成连续预裂缝宽一般达到1~2 cm,开挖轮廓线与设计轮廓线之差在±10 cm之内,围岩表面无明显破坏。

(3) 由于施工坚持了边开挖边支护、先支护后开挖的原则,高边墙变形一般在允许范围内。在支护过程中,虽然在洞室交叉处由于受_{f₅₁₂}层间错动带的影响有局部坍塌,但没有影响整个高边墙的稳定。

(4) 维护了岩锚梁的安全和高边墙的稳定,严格控制一次齐爆药量和边墙预裂爆破,减弱了爆破振动,确保了岩锚梁的安全,经量测仪器量测和人工观察无异常变化。

6 结语

(1) 预留中层法开挖尾调室第Ⅳ层通过“一点、二线、三面”的施工步骤达到了预期的目的,证明了在大洞室施工中,对解决中层开挖是行之有效的。

(2) 对开挖部位的上下游边墙及时进行支护,是开挖后边墙保持稳定的关键之一。

(3) 严格控制一次齐爆药量,加大起爆段位,对维护高边墙的稳定和岩锚梁安全的措施是正确的。

(4) 在锚索的施工中,采用TQ微膨胀早强掺合剂,极大地缩短了内锚固段砂浆龄期,为提前锚索的张拉,维护边墙的稳定起到了积极的作用。

(5) 一次深孔爆破进行高边墙洞室施工,目前国内外尚无经验可循,只有在以后的施工中不断总结完善,才能使之成为一种快捷、经济、安全有效的施工方法。

参考文献:

- [1] 梁炯望等.工程地质体控制论[A].梁炯望科技文选——岩土工程技术与概念发展[C].北京:中国矿业大学出版社,1999.
- [2] 康世荣,陈东山.水利水电工程施工组织设计手册[M].北京:中国水利水电出版社,1996.
- [3] 胡承器,张敏,宋学伦.A型普通L系列锚索(APLSMS)在江垭水电站洞室的应用[A].地面岩石工程锚固与注浆技术学术研讨会论文集[C].北京:地质出版社,1997.