

浅谈抽水蓄能电站厂房首层开挖施工工艺

马胜超

(中国水利水电第十二工程局有限公司, 浙江 杭州 310030)

摘要: 抽水蓄能电站项目地下厂房的跨度较大、开挖高度较高、地质条件比较复杂, 地下厂房的开挖施工通常自上而下分层进行。首层是顶拱层, 施工期间安全风险大, 且随厂房逐渐向下开挖而形成高边墙, 在后期顶拱可能发生大的变形或者掉块, 因此, 确保抽水蓄能电站地下厂房首层在施工期的安全性及工程的安全显得尤为重要。本文以某地抽水蓄能电站厂房首层开挖为基础, 对其施工工艺进行深入研究, 供相关人员参考。

关键词: 抽水蓄能电站; 首层开挖; 工艺

中图分类号: TV743; TV52 **文献标志码:** A



由于地下厂房的房顶拱层具有较大跨度, 在爆破后产生的震动会导致顶拱层的围岩稳定性受到影响。同时随着持续的下挖, 在地下厂房开挖的周围会形成约50 m高的围墙, 此时如果顶拱层稳定性出现问题, 就会导致后续施工建设受到影响。因此必须保证顶拱层的稳定性和施工质量, 同时有针对性地采取有效措施, 从而使抽水蓄能电站厂房的施工质量和施工安全得到保障。

1 工程概况

1.1 工程地质条件

厂房区地面标高300~410 m, 东西两侧被近南北走向的冲沟切割, 切割深度约20 m, 终年流水不断, 上覆岩体厚215~275 m。厂房洞室围岩以二长片麻岩为主, 夹有少量薄层状黑云质斜长角闪长岩, 部分可见闪长岩侵入体, 部分呈熔融接触。岩体为块状~次块状构造, 部分镶嵌构造, 部分微裂隙较为发育, 岩体完好, 相对完整, 部分完整性较差, 岩石坚硬^[1]。

1.2 水文条件

洞室地下水活动普遍较弱, 洞壁大多干燥, 部分沿节理面渗流、滴水、主要沿NNE方向, NE方向及NW方向的中陡倾角结构面裸露, 其中, f309、325断裂上存在小股线状流水是探洞中出水较多的部位, 水流平稳。地下厂房区岩体透水性为0.1~0.9 Lu, 部分为2.9 Lu, 最大流速为30~40 L/min, 表现为弱透

水性。

2 施工技术准备

第一, 做好施工测量工作, 对主副厂房挖掘的轮廓线、中心线和走向进行放样, 同时向监理单位提交上述成果进行复核检查。第二, 按照设计图纸、地质情况、爆破材料和钻孔机械的要求, 完成施工方案的制定, 以及报批和爆破手续的处理。第三, 技术交底。施工方案经审查批准后, 工程技术部门应随即制定作业指导书, 并对工区、班组和作业人员实施安全技术交底。技术交底要内容翔实, 针对性强, 指导性强, 全体参与者必须理解安全技术交底的精神与内容, 签名确认并保留影像资料, 形成书面交底记录^[2]。

3 某地抽水蓄能电站厂房首层开挖具体施工工艺

3.1 主要施工方法

第一, 上下游边顶拱开口区的扩挖方式。上下游边顶拱开口区的扩挖, 当地质探洞(中导洞)和通风安全进出线洞的工作面移交完毕后, 方可开工建设。采用中导洞已经开挖成型的临空面进行钻孔爆破扩挖施工, 同时结合中导洞在开挖过程中揭露的地质条件, 选取适宜的扩挖部位进行施工, 计划在下游边顶拱开口区进行开挖, 然后在上游边顶拱开口区进行开挖, 开口区规划开挖长度为15 m。开口区利用“短进尺, 弱爆破”挖一块梯形区, 边顶拱留1.5 m厚做保护层二次爆破开挖。上下游边顶拱开口区保留15 m长的

保护层,并计划分为四层六段进行开挖,其中前四段各开挖45 cm厚、每爆进尺3.0 m,共挖厚1.8 m(含技术超挖30 cm),用手风钻钻光爆孔,钻孔角度偏角 8.53° ,每次钻孔深度需按实际开挖断面测量后精确计算。爆破装药采用 $\phi 32$ mm药卷,毛竹片间隔装药。后两段根据设计轮廓线挖钻水平光爆孔各爆进尺1.5 m为保护层修改段,同时将毛竹片隔开装药。对上下游边顶拱开口区的预留保护层进行开挖时,采取以下施工质量控制措施:

(1) 预留保护层应严格按照分层次、分段落分步掘进,不允许擅自改变有关施工参数。(2) 在选择预留保护层的开始位置后,需要对开口线上钻孔孔位进行放样处理,对各孔位所处位置及临时开挖轮廓线处超欠挖资料进行详细实测,最后算出各炮孔第1段孔深,第2段到第4段用相同的办法。(3) 按各段计算孔深钻孔时,钻杆必须做好尺寸标记并严格控制钻孔深度。

第二,上下游边顶拱的扩挖办法。上下游边顶拱的扩挖在开口区留设保护层开挖结束时实施,同时上下游边拱地扩挖错间距大于30 m时,首先向安装间的端墙方向施工,再向副厂房端墙方向施工,一次全断面爆破成型,以自制钢结构钻爆台车、YT-28型手风钻钻进,四周光面爆破,周围孔孔间距为50 cm(针对爆破的实际效果进行优化),挖渣采用侧翻装载机装车,由自卸车运输到指定区域。

第三,左右端墙的挖法。为确保主副厂房端墙的爆破开挖质量,采用预留保护层进行开挖,保护层厚度为1.5 m。主副厂房左、右端墙保护层开挖分两块进行,每块又分三次爆破开挖。开挖采用地质探洞(中导洞)和边顶拱扩挖掘进形成临空面双向钻光爆孔,一种是保护层的顶拱位置与端墙垂直钻光爆孔,另一种是端墙位置与端墙平行钻光爆孔。其中YT-28型手风钻钻孔用于周边光爆孔和主爆孔。

3.2 洞室开挖工艺

由于主、副厂房第I层断面尺寸较大(宽 \times 高:28.25 m \times 11.0 m),开挖分为中导洞和上下游边顶拱两部分。中导洞已由其他标段进行施工,计划中导洞工作面移交后,进行上下游边顶拱错距开挖,错开距离控制在30 m以上。在主副厂房I层掘进过程中,周边孔使用光面爆破,先进行爆破试验,同时借助试验测定光面爆破周边孔各参数,主要有孔径和孔距、线装药密度、药卷直径和装药结构形式等参数。

3.3 不良地质段处理

第一,对断层破碎带进行治理。开挖时,针对围

岩特点,在局部失稳处加装随机锚杆。对IV类及以上围岩循环进尺不超过1.5 m,必要时喷混凝土围护掌子面。在疏松软弱破碎岩体上掘进洞室时,应最大限度减小对围岩的干扰,采用一挖一支护及稳步推进的方法,即先掘进一个周期喷入混凝土,然后施工锚杆和挂网并喷入混凝土达到设计厚度。

第二,塌方及较大裂隙处理。出现塌方或遇到较大裂隙,应与监理人一起及时确定塌方原因及大小、规律,同时提出快速治理措施,阻止塌方持续扩展。塌方和较大规模裂隙段的施工应遵循下列原则:在塌方区域建立安全警戒线,对端部未损坏支护或者岩体进行加固,加固处理措施可以采用永久支护相结合的方式,在塌落物没有堵住洞室的情况下,应先对洞室顶部进行支护,然后清理石渣。

第三,地质缺陷处理。防治塌方是保证洞室工程质量和安全的首要问题,在开挖、支护等过程中,施工均把防治塌方作为中心,应严肃对待。一定要做到严格按照设计标准、设计规范执行,因地制宜地按地质变化编制施工方案。掘进后达到快速找顶、早喷锚、强支护的目的。定期进行检查、量测,一旦发现异常围岩变化情况,应立即采取有效的处理措施。

3.4 洞室支护工艺

主副厂房第I屋顶拱支护参数为普通砂浆锚杆+喷C30聚丙烯粗纤维混凝土,边墙支护参数为普通砂浆锚杆+钢筋挂网+喷C25混凝土,此外,针对围岩渗水问题设置随机排水孔,在支护期间开挖不大于6 m的未支护段,同时在开挖后的断层破碎带紧跟掌子面。

3.4.1 普通砂浆锚杆的施工技术

(1) 钻孔方面,钻孔为三臂凿岩台车与人工钻孔相配合,孔深和孔位应满足设计要求。锚杆孔角及孔深、锚杆排列方向要尽可能垂直于开挖面,孔深误差不得超过10 cm。采用先插杆后注浆施工工艺:进浆管深入管内长度30 cm左右,排气管深入管内至孔底约15 cm,排气管与锚杆杆体绑扎在一起。注浆压力为0.6~1.5 MPa,应以浆液均匀、缓慢注入管内为准。排气管出浆后或排气管停止排气后,继续灌注2~3 min结束。锚杆安装完成后,应立即在孔口采取临时性固定措施,不得敲击、碰撞或拉拔锚杆。砂浆锚杆采用中粗砂,最大粒径不得大于2.5 mm,使用前过筛清洗,水泥选用42.5级普通硅酸盐水泥,浆液强度等级不得低于设计要求,所用材料应达到有关规定要求。

(2) 树脂锚杆施工技术。①钻孔采用三臂凿岩台车配合人工钻孔,孔深及孔位需符合设计要求。锚杆

孔的角度和深度,以及锚杆布置方向应尽量与开挖面垂直,孔深误差不得大于10 cm。针对锚固剂的灌注,用压缩空气吹扫孔内积水、岩粉、泥浆,同时在钻孔验收合格后方可注入锚固剂。锚固长度根据测试结果确定,药卷先入孔,用40 mm的PVC(聚氯乙烯)管塞入内锚段孔底,每打入一卷锚固剂,直至打入锚固剂药卷占内锚段长度为止,在推送过程中不可捅破锚固剂卷,否则,以普通砂浆锚杆处理。由于围岩的成孔不规律,锚固剂的实际掺量大于理论掺量,具体的现场掺量以模拟试验结果为依据,对锚固剂掺量进行合理调整。②插杆的设计。锚固剂注入后,应适时插上锚杆,锚杆架设前应检查注浆管和排气管的通畅情况,检查后用三臂凿岩台车或者手动将杆慢慢推到孔底,外露长度至少为25 cm(制作外露长度标识),用三臂凿岩台车钻头扣紧锚杆杆体并搅拌,搅拌时间为30 s,当锚杆和锚固剂、锚固剂和岩壁完全接触后,借助木楔将杆体暂时固定。③垫板和螺母的安装。锚固剂最终凝结后,开始装垫板、垫圈和螺帽等,垫板安装时一定要平整并保证和杆体轴线垂直。④自由段注浆。在树脂锚杆锚固后,自由段二次注浆,注浆材料为M30水泥砂浆,砂的最大尺寸不超过2.0 mm,使用前要进行筛分,水泥采用象山海螺P.O 42.5级普通硅酸盐水泥制成,采用的材料应符合相关法规的要求。砂浆拌和为机械强制拌和方式,注浆浆液拌和均匀且随掺随打,在浆液初凝前使用完毕,严防石块和杂物掺入浆液中,砂浆取样应符合规范^[1]。

安装48 h后在自由段封孔注浆,注浆管与锚杆同步安装,排气管向孔内深入锚固段挡圈10 cm左右,排气管内径10 mm,排气管和锚杆杆体捆扎连接。注浆管设置在孔口处,注浆管进入孔口的深度约40 cm,注浆管内径10 mm。注浆压力0.25 MPa,注入时升压要慢,确保注入密实。在确定排气管通畅后方可对孔内自由段注浆且自由段注浆要饱满,待排气管停止排气且有浆液外溢后,即可终止自由段注浆。自由段灌浆3 d以后,用声波物探仪测试锚杆注浆密实度,锚杆注浆密实度应不小于80%。

3.4.2 钢筋网片施工

钢筋网主要用来挂网喷射混凝土,主、副厂房I楼的挂网钢筋为 $\Phi 8\text{mm}@15\text{ cm}\times 15\text{ cm}$ 、龙骨筋为 $\Phi 12\text{ mm}@1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$ 。网片由数控网片成型机在钢筋加工场地加工成型,网片之间的距离、长度均符合图纸和规范的要求,由现场手工安装,同时借助电焊机与锚杆点焊或者捆绑固定,网片与网片之间的搭接长

度为1~2个网格间距即可。

3.4.3 喷射混凝土施工

主副厂房I层喷射混凝土均为湿喷工艺。混凝土利用外购商品混凝土,借助混凝土搅拌运输车输送到主副厂房,利用湿喷台车进行喷射操作。在喷射混凝土时,应适当缩小喷头和受喷面之间的距离,调整喷射角度,以免喷头朝向钢筋。若发现有脱落混凝土或用钢筋网架设大量回弹物,要及时清理干净。喷射混凝土终凝2 h后,开始喷水养护,养护时间不得少于7 d,气温低于5℃时,不得进行喷水养护。在锚喷支护完成后,应对围岩或者边坡的稳定情况进行监测和控制。

3.4.4 排水孔施工

主、副厂房排水孔按围岩渗水情况进行随机排列,随机排列的排水孔孔径为 $\Phi 50\text{ mm}$ 、 $L=3.0\text{ m}$ 、 $\Phi 38\text{ mm}$ 弹簧排水管引至边墙排水系统。排水孔由三臂凿岩台车钻孔,在三臂凿岩台的升降操作平台手动设置排水管。孔位、孔向、孔斜、孔径、孔深均应满足设计要求。洞内顶拱部分排水孔与顶拱垂直设置,边墙部分排水孔向上倾斜 10° 。钻孔平面位置偏离设计位置不得超过10 cm,钻孔完成后进行冲孔。钻孔深度误差不得超过或者低于孔深。安装排水管时一定要在成孔时及时完成,同时要固定牢靠,还要确保透水性好。如果钻进时排水孔被堵,应按要求重新钻孔。排水孔钻进时,会遇到松散体,针对断层破碎带或者软弱岩体的具体情况,应按照有关要求予以治理。

4 结束语

考虑到抽水蓄能电站下穿厂房顶拱层跨度较大,存在较高施工安全风险,因此应有针对性地制定各种管理及技术措施,其中包括强化对前期设计方案的管理、施工技术方案的审批管理、施工方案的实施管理等控制措施,同时施工过程中合理采取相关控制措施,确保所有正在建设的地下厂房的安全、稳定,从而确保项目的施工质量与施工安全。

参考文献

- [1] 李闯.五岳抽水蓄能电站地下厂房岩壁起重机梁开挖技术[J].中国新技术新产品,2021(24):105-107.
- [2] 马军峰,李博.永泰抽水蓄能电站主副厂房洞爆破开挖技术[J].云南水力发电,2021,37(10):165-169.
- [3] 罗超,翁凯乐.地下厂房岩锚梁层开挖支护施工技术[J].砖瓦世界,2020(22):63-64.