



坝基土石方开挖施工关键技术研究

王二红

(山西省水利建筑工程局,山西 太原 030006)

【摘要】 坝基开挖作为水利工程的基础部分,其施工质量直接决定水利工程的使用寿命长短,故坝基土石方开挖施工关键技术研究刻不容缓。本文从开挖特点及要求、工程量计算、开挖方式三个方面对坝基的土方开挖和石方开挖分别进行阐述,系统介绍了两者的施工技术体系。

【关键词】 水利工程;坝基开挖;施工技术

中图分类号:TV52

文献标识码:B

文章编号:1005-4774(2017)010-0014-04

Research on key technology of dam foundation earthwork excavation construction key technology

WANG Erhong

(Shanxi Water Conservancy Construction Engineering Bureau, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Dam foundation excavation is regarded as a basic part of the water conservancy project. Its construction quality directly decides the service life of the water conservancy project. Therefore, it is urgent to study dam foundation earthwork excavation construction key technology. In the paper, dam foundation earth excavation and stone excavation are respectively described in three aspects of excavation features and requirements, the calculation of engineering quantity and excavation method. The construction technology system thereof are introduced systematically.

Key words: water conservancy engineering; excavation of dam foundation; construction technology

1 概述

水利工程建设与人们的生活息息相关,其主要功能是为提供生活用水和发电,在进行水利工程建设过程中坝基土石方开挖是非常重要的部分,直接决定水利工程能否合理、有效地应用^[1]。坝基土石方开挖通常包括左右岸坝肩、上游护坡、坝基等部位开挖,在进行任何部位施工时一定要按照相应的施工要求,运用最佳的施工技术合理进行施工,以保证坝基开挖工程高质量完工,为建设坚固、实用的水利工程创造条件。

坝基土石方开挖是水利水电工程的基础性工程和

重要施工内容,现阶段主要具有工程规模大型化、地质条件复杂化、施工进度高速化、施工管理科学化等特点。在机械设备、施工材料、施工工艺等大力发展的背景下,坝基土石方开挖技术不断改进与提升,日益成为水电工程建设研究的重点,主要包括土方开挖和石方开挖两大方面。

2 土方开挖

土方开挖是坝基开挖的首要环节,其施工效果直接决定后续坝基开挖施工能否有效进行^[2]。土方开挖是将土进行松动、破碎、挖掘并运出。为了保证土方开

挖能够顺利完成,在进行具体的土方开挖前一定要做好节流防护工作,挖掘临时排水沟,避免施工过程中受到地表水的影响而无法施工。在进行具体施工时,挖掘机需放置在最佳位置,能够全面处理整个坝基土方。保证推土机和运输车辆相互配合,及时将土方运出。在土方挖掘过程中按照由上至下的顺序实施,保证开挖土方规范进行。

2.1 开挖特点及要求

水利水电工程坝基土方开挖,一般具有以下特点:

- a. 工作面集中、工程量大、干扰多、工期紧。
- b. 各种土壤特性有一定差异,随外部条件改变而改变。为保障施工安全,设计前应对土壤特性做充分勘测。
- c. 因地形、地貌、水文地质条件不同,坝基土方开挖的施工难度、工期和造价差异较大。
- d. 坝基通常开挖深度较大,易形成高边坡,施工难度大。
- e. 地下水、地表水、气候条件等对开挖影响较大,若处理不当,易发生工程事故。

常用的坝基土方开挖技术措施包括以下几个方面:

- a. 掌握气象、地下水、土质分层等自然条件,据此正确制定施工措施和安全防护措施。
- b. 勘测设计阶段,做好测量、放线、计量等工作,开挖土方量计算值误差不得大于5%。
- c. 比较选定开挖方法,合理布置开挖工作面,确定开挖分区、分段、分层及开挖程序,充分发挥机械生产效率。
- d. 做好汛期防洪、边坡保护等措施,防止边坡坍塌引发事故。
- e. 开挖弃土尽量不占或少占农田;充分利用弃土,做好挖填平衡或弃土造田工作。

2.2 工程量计算

坝基土方开挖工程量通常与工程规模、弃土运距、施工条件等因素有关,可根据定额手册折算成劳动工日数。工程量的基本核定方法有平均断面法和平均高度法两种,而平均高度法主要用于场地平整土方量计

算,故坝基开挖土方计算应采用平均断面法^[3]。

平均断面法计算土方开挖工程量时,常见的计算公式包括近似计算和精确计算两种。

近似计算:

$$V = (F_1 + F_2)L/2 \quad (1)$$

精确计算:

$$V = (F_1 + 4F_0 + F_2)L/6 \quad (2)$$

式中 F_1 、 F_2 ——开挖两端的断面面积, m^2 ;

F_0 —— $L/2$ 处的断面面积, m^2 ;

L ——开挖段的长度, m 。

2.3 开挖方式

常见的坝基土方开挖方式有人工开挖、机械开挖、爆破开挖等3种。

人工开挖适宜于工程量小、开挖精度要求较高的坝基部分。开挖时,应自中心向外分层下挖,先深后宽,边坡处可按边坡比挖成台阶状,待挖至设计要求深度时,进行削坡。开挖方式主要有一次到底法和分层下挖法两种。其中,一次到底法适用于土质较好,挖深较浅的坝基,开挖时应先进行排水,再按阶梯状逐层向下开挖;分层下挖法适用于土质不好,挖深较大的坝基,特点是断面小、土方量少、施工安全。

机械开挖常用的挖装机械有正铲和反铲挖掘机、抓斗挖掘机、拉铲挖掘机、斗轮挖掘机、铲运机等,机械选用时应根据工程规模、工期要求、地质情况以及施工现场条件等来确定。开挖机械的选型配套及数量计算是机械开挖设计的重点,其基本原则为首先确定对施工强度、工程单价起决定性作用的主导机械,其他各种机械的类型和数量服从主导机械进行对应配置,尽量减少机械的类型、规格,以利于调度管理和维修。主导机械的数量按式(3)确定:

$$N = \frac{Q\eta}{TmP} \quad (3)$$

式中 N ——主导机械数量,台;

Q ——土方开挖工程量, m^3 ;

T ——施工期限内有效施工天数, d ;

η ——施工不均匀系数,取 1.1 ~ 1.3;

m ——每日施工班数,班;

P ——机械的台班产量,根据定额或生产率计



算确定, $\text{m}^3/\text{台班}$ 。

在坚实黏性土和冻土坝基开挖中,采用爆破松土与推土机联合开挖的方式,可显著提高开挖效率,称为爆破开挖。爆破开挖时,多选用洞药壶集中放药包,装药量可按式(4)计算:

$$Q = mqW^3 \quad (4)$$

式中 Q ——土方松动爆破装药量, kg ;

M ——松动爆破系数,台阶地形取 $0.33 \sim 0.4$,
平坦地形取 $0.4 \sim 0.5$;

Q ——标准爆破单位耗药量, kg/m^3 , 坚实黏土取 $1.1 \sim 1.2 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

3 石方开挖

坝基开挖工程中石方开挖是对施工技术要求较高的一个环节,在进行具体的石方开挖施工时一定要依据分区、自上而下的挖掘原则,规范进行石方开挖,才能够保证施工质量。坝基石方开挖时需要对施工过程中所应用的技术进行了解和掌握,高效处理不同地质的坝基。

对于坝肩上长满灌木的坝基,应当借助自卸汽车或反铲来施工,依据规范性文件,对坝基石方进行处理,并将废弃的石渣运送到专门场地,必要时可以将灌木铲除,避免影响施工。若石方开挖位置机械无法进入,需要采用爆破方式,将坚固石方爆破,在破碎后应用机械将碎石运走。坝基石方开挖主要处理坚固性较强的石方,人工开挖方式不适合于石方开挖,通常需要借助机械或爆破的方式来处理,在进行施工过程中注意施工人员的安全,尽量保证整个施工过程安全、有效、规范地完成。

3.1 开挖特点及要求

水利水电工程坝基石方开挖,一般具有以下特点:

a. 工程量大、地质条件差、易形成高边坡、施工难度大。

b. 通常为露天作业,受气候和水文条件影响大,工期难以保障。

c. 水文地质条件复杂多变,勘测设计阶段和实际开挖阶段确定的地质参数不统一。

d. 坝基开挖轮廓复杂,基岩开挖要求施工技术标准较高。

常用的坝基石方开挖技术措施包括以下几个方面:

a. 根据地质、地形、枢纽布置、导流方式和施工条件等具体情况合理安排石方开挖施工流程。

b. 重点部位重点考虑,不良地质地段要求开挖措施得当,尽可能避免上下层作业及工序间干扰。

c. 尽量保证岩体完整和边坡稳定性,缩小辅助工程量,充分发挥施工机械的生产能力。

d. 对易受洪水威胁,与导截流有关的部位,应优先安排开挖;对不适宜在雨、雪天或严寒季节开挖的部位,应尽量避免这种气候条件。

3.2 工程量计算

坝基石方开挖工程量计算主要采用平均断面法,按截取断面形式不同可分为剖面法和等高线法两种^[4]。

剖面法是按垂直方向平行截取一组剖面,分别计算每个剖面的面积,然后求两者的平均值,用平均面积乘以两者的间距即为该两剖面间开挖的石方体积。依次类推逐个推算分割出的各个相临剖面间的石方体积,最终相加即得开挖石方工程量。剖面法计算精度取决于设定的两剖面间的间距,间距越小,计算结果越精确。

等高线法计算原理与剖面法相似,沿等高线水平截取断面,分别计算每个断面的面积,然后计算相临两个断面的平均面积,用平均值乘以间距即为两断面间开挖的石方体积,依次类推计算各个相临剖面间的石方体积,最后求和即可。

坝基石方开挖常采用自上而下的施工工序,故采用等高线法计算石方开挖工程量更贴近工程施工实际情况。

3.3 开挖方式

坝基石方开挖施工方式的选择与地质条件、工程规模、机械设备、经济指标等有关。常见的坝基石方开挖方式有机械开挖、钻爆法开挖两种。

坝基石方开挖采用机械开挖时,常采用重型推土机破碎岩石。机械开挖适用于施工场地宽阔、开挖石

方量大的工程。其优点是不需要风、水、电等辅助设施,场地布置较为简单,施工进度快,生产能力强,但难以满足坚硬坝基岩石开挖的施工要求。

钻爆法开挖是通过钻孔、装药、爆破开挖岩石的方法,通常需要综合考虑开挖量、开挖范围和深度、开挖施工技术和工期要求等条件,选定开挖技术参数。钻爆法开挖关键技术涉及3个方面:爆破器材的性能、使用条件和检验方法;爆破作用机理、爆破参数设计方法;爆破对周围环境的影响等。遇到较完整的新鲜基岩时,常采用钻爆法开挖,施工时应避免产生爆破裂隙。为减轻爆破振动对基岩的破坏,应根据具体的施工条件选用微差爆破、预裂爆破、光面爆破等方法。

4 结 语

水利工程建设在中国经济社会的发展中具有重要的地位,现阶段仍存在诸多不良因素限制水利事业的发展,其中坝基土石方开挖作为工程建设的基础环节,对推动水利工程建设具有重要意义。为此,坝基土石

(上接第22页)

4 方案选择

各方案均能满足安全要求,但该隧洞主洞施工时,因工期较长,需进行经济性比选,以选择最优方案,降低施工成本。根据工期要求,隧洞主洞作业时间3年,风机从低档到高档逐步转换,计算时按750天考虑风机负荷,各方案经济性对比见表9。

表9 各方案经济效益分析对比

比选方案	风机费用/万元	风带费用/万元	电费/万元	合计/万元	备 注
方案1	34	56	1647	1737	作业时间按1000天考虑
方案2	42	60	711	813	作业时间按1000天考虑
方案3	34	50	919	1003	作业时间按1000天考虑

从表9可以看出,采用方案2,相对于方案1,节约费用924万元,占总成本的114%;相对于方案3,节约

方开挖施工关键技术的研究刻不容缓。本文从开挖特点及要求、工程量计算、开挖方式三个方面对坝基的土方开挖和石方开挖分别进行阐述,系统介绍了两者的施工技术体系。其中,土方开挖工程量计算多采用平均断面法,可依据工程要求,选用近似计算和精确计算两种方式;可依据工程条件,选择人工开挖、机械开挖、爆破开挖等土方开挖方式。坝基石方开挖推荐采用高线法计算开挖工程量,可选用的施工方式包括机械开挖、钻爆法开挖两种。◆

参考文献

- [1] 黄波. 三峡水电站坝基灌浆分析[J]. 电网与清洁能源, 2000, 16(2):19-22.
- [2] 崔凌芳, 赵普鸿. 水利工程建设中坝基固结灌浆施工技术[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(5):95-98.
- [3] 敖细平, 张华. 滩坑水电站坝基淤泥质深覆盖层开挖施工技术[J]. 科协论坛, 2010(8):36-37.
- [4] 张汝舫. 坝基开挖及处理施工中的一些经验和体会[J]. 水力发电, 1955(7):20-25.

费用190万元,占总成本的23%。从经济性角度考虑,推荐采用比选方案2。

5 结 语

隧道施工中,节能减排一直是技术人员研究的重点,也是科技攻关的难点,其直接影响项目的经济效益。本文通过实际案例,对斜井进主洞的小断面隧洞通风方案进行了比选,既选择了最优方案,又降低了成本投入,对类似工程可参考使用。◆

参考文献

- [1] 陈进明. 小断面长大过水隧洞通风设计[J]. 工程建设, 2015, 47(5):28-32.
- [2] 赖涤泉. 隧道施工通风与防尘[M]. 北京:中国铁道出版社,1991.
- [3] 张梅,王晓州,等. 铁路隧道施工通风技术与标准化管理指导手册[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.
- [4] 朱永全,宋玉香. 隧道工程[M]. 北京:中国铁道出版社,2013.