多布水电站基坑排水方案优化

王斯珍¹, 王永平², 王 舜¹

(1. 中国人民武装警察部队 水电第八支队,重庆 401320;2. 中国人民武装警察部队 水电第三总队,四川 成都 611130)

摘 要:多布水电站基坑以边坡由细砂和砂砾石层交替沉积形成的软弱地层和大渗水这一独特工程地质、水文地质条件为 特点,施工过程基坑排水方案根据实际情况经过优化后,形成了以明沟、集水坑抽排水、井点降水、地连墙隔水等相结合的综 合排水方案,有效地解决了施工过程中存在的基坑排水问题。

文章编号:1001-2184(2015)04-0062-03

在水利水电工程建设中,为保证水工建筑物 干地施工,在施工过程中,水流控制为重点需要解 决的问题。根据工程结构以及所处的工程地质、 水文地质条件特点进行基坑排水方案设计并在施 工过程中不断优化,将获得良好的效果。

1 工程概述

多布水电站位于西藏自治区林芝县更章乡多 布村,距林芝地区行署所在地八一镇约28 km。 为尼洋河流域的一座河床式水电站,是西藏自治 区"十二五"能源发展规划重点项目,其以发电为 主,兼顾灌溉,装机容量为12万kW。工程枢纽从 左到右依次由左副坝、发电厂房、泄洪闸、右主坝 等建筑物组成。大坝总长609 m,主要建筑物为 三级。厂房及泄洪闸整体基坑等效平面尺寸270 m×250 m,最大开挖深度较尼洋河河床低30 m。

坝址工程地质条件为由细砂和砂砾石层交替 沉积形成的软弱地层(图1),地基承载力差;水文 地质条件为地下水特别丰富,存在潜水和承压水。 工程采用分期导流:一期为在左岸阶地边缘设置 纵向围堰(设防渗墙),将厂房和泄洪闸基坑围住 先完成厂房和泄洪闸施工,原河床过流;二期由泄 洪闸和机组过流,在原河床上、下游设置横向围堰 将右主坝坝基围住完成右主坝施工。

2 原基坑排水方案概况及存在的问题

2.1 原方案概况

原基坑排水方案依据招标文件中的水文地质 勘察资料编制,采用设置明沟、集水坑抽排水的方 式。在厂房基坑、泄洪闸消力池和尾水渠末端共

收稿日期:2015-07-10



图1 坝址地层构造照片

设置了3个大集水坑(图2),采用24台离心式水 泵昼夜不停抽水,平均每天总抽水量约23万m³。 由于细砂颗粒随水流不断汇入集水坑中,集水坑 很快被淤满,需不断进行开挖清理,同时使得集水 坑边坡不断垮塌。



图 2 基坑集水坑照片 2.2 原方案存在的问题

2015 年第4期

通过分析原方案的支撑依据材料并与开挖过 程中的抽排水实际效果相对比,发现原方案存在 以下几个问题:

第一,由于地下渗水量异常大,加之细砂地层 稳定性差这一特殊工程地质特性,抽水过程中基 坑边坡遭流砂、管涌破坏不断塌陷,难以形成稳定 边坡。

第二,开挖巨大的基坑,且因地下含水层厚度 如此之大,基坑总涌水量巨大,根据抽水降落漏斗 原理,集水井必须挖得大而深,如此实施将造成土 石方超挖、混凝土超填工程量巨大,浪费工程投 资。

第三,抽水过程产生流砂现象,带走大量地层 细颗粒,造成地层密实度降低,承载力下降,极有 可能产生不均匀沉降而使建在其上的水工建筑物 遭到破坏,其严重后果是建筑物产生裂缝、止水拉 裂而渗漏,进而影响电站的安全运行。

第四,设置巨大的集水坑和庞大的抽水设施, 集水坑位置还需根据施工组织情况不断变换位 置,同时,集水坑经常被细砂淤积而需要定期挖 除,集水坑移位及开挖将耗费大量的施工成本。

3 优化基坑排水方案

针对该电站基坑特点以及采用单一明排方式 降水等诸多不利因素,经过仔细分析研究并经现 场反复试验,最终确定的优化排水方案如下:

基坑排水应尽量不破坏边坡及地层稳定性, 保证干地施工,抽水设置布置对其他工程施工干 扰小。为此,可以采用井点降水的方式将地下水 位降至厂房基坑大面高程以下1m,待抽水降落 漏斗稳定后,泄洪闸、消力池、引水渠以及尾水渠 设计开挖高程均在降落漏斗之上而成干地,厂房 局部深处(厂外集水井位置)设置地连墙隔水,对 于剩下的少量渗水通过明排方式予以解决。形成 以井点降水为主,集水坑明排以及地连墙隔水方 式相结合的综合降排水措施,该方案布置情况见 图 3。

4 井点降水设计步骤及技术要点

4.1 分析基础资料及现场实际情况

根据招标文件之设计勘察资料和施工过程实际揭露的地层情况得知,该地层由细砂和砂砾石层交替沉积形成,土体孔隙比较大。地下水位为高程3054 m,含水层底高程为3020 m,实际渗透



图3 厂房、泄洪闸基坑降排水方案布置图 系数远远大于设计勘察资料提供的数据,因此, 在估算基坑涌水量时需要重新测定渗透系数。厂 房基坑开挖等效平面尺寸为225 m×135 m,地下 水位需降深26 m(高程3054~3028 m)。

4.2 基坑等效半径及抽水影响半径的确定

厂房基坑边缘所围图形面积 F 为 34 910 m²,基 坑等效半径按公式 $r_0 = \sqrt{(F/\pi)}$ 计算为 105.4 m。

抽水影响半径可根据公式计算,此处根据地 层岩土粒径大小查表选取经验数值,再按地层构 造取加权平均值求得。现场实际勘察地层岩土情 况为:3 020 ~ 3 054 m 高程范围由 22 m 厚细砂层 和 12 m 厚砂砾石层组成,细砂层抽水影响半径取 100 m,砂砾石层抽水影响半径取 1 500 m,以厚度 为权求加权平均值,即地层综合抽水影响半径为 (22 × 100 + 12 × 1 500) ÷ (22 + 12) = 594.1 (m)。

4.3 渗透系数的确定

渗透系数的确定可以通过抽水试验测定。依据《水利水电工程钻孔抽水试验规程》(SL320 – 2005)表 B – 2 第 2 个公式(潜水完整井公式)计算。如图 4 所示,现场试验实测数据:Q = 4 800 m³/d、H = 25.65 m、 $S_1 = 0.64$ m、 $S_2 = 0.41$ m、 $r_2 = 39.07$ m、 $r_1 = 19.44$ m、代入公式计算得出渗透系数 K = 92.2 m/d。

$$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$$

由于施工现场抽水试验受基坑明排抽水以及



图 4 潜水完整井抽水试验渗透系数测定图 其他诸多干扰因素影响,为了提高渗透系数的准 确性和可靠性,同时利用目前基坑明排抽水情况, 按图5中的公式反算一个渗透系数,约为192.1 m/d。综合抽水试验测得的数据和基坑明排抽水

$$Q = \frac{1.366KS(2H-S)}{\lg R - \lg r_0} + \frac{6.28KSr_0}{1.57 + \frac{r_0}{(1+1.185\lg\frac{K}{4})}}$$

4.5 单井抽水量及井点数量的确定

每口井设置一台容量为250 m³/h的潜水泵 进行抽水,效率按85%计,则单井日抽水量q= $5 \ 100 \ m^3/d_{\odot}$

井点数量按公式 n = 1.1 Q/q 计算得到 n =54,系数1.1 为考虑到井管堵塞、水泵维修、地层 不均匀等因素影响而取10%的备用系数。

4.6 井点布置

井点均匀布置在厂房基坑边缘外侧(图3), 基坑边缘周长约700 m,共54 口井,间距13 m。

在每口井内设水位计,抽水形成稳定降落漏 斗后,可用厂房基坑设计降至水位(高程3028

反算的数据,取其平均值142.15 m/d 作为渗透系 数的最终测定值。

4.4 基坑总涌水量估算

如图 5 所示,将 K = 142.15 m/d、S = 26 m、H= 26 m R = 594.1 m r_0 = 105.4 m m_0 = 8 m 代入 公式计算,求得基坑总涌水量 $Q = 24.6 \, \text{Tm}^3/\text{d}_{\odot}$



图 5 基坑涌水量估算图

$$\frac{r_{0}}{1.57 + \frac{r_{0}}{m_{0}}(1 + 1.185 \lg \frac{R}{4m_{0}})}$$

m)减去水力坡度(取10%)与基坑等效半径105. 4 m 之积产生的水位落差 10.5 m 得出, 即 3 017. 5 m,水泵应安置在3017.5 m 高程以下。井管每 根为4m长,井内水位以下设置一根花管作为过 滤器,底部设置一根普通井管作为沉砂管,每口井 底设计高程为3009.5 m。

4.7 地下水位降深的验算

为检验井点降水设计方案是否能达到设计降 深(26 m)要求,根据《建筑基坑支护技术规程》 (JGJ 120-99)第8.3.7条规定,干扰井群抽水 时,基坑中心点水位降深按下式计算:

$$H_{0} = H_{0} - \sqrt{H_{0}^{2} - \frac{Q}{1.366K} [\lg(R + r_{0}) - \frac{1}{n} \lg(r_{1} \cdot r_{2} \cdots r_{n})]}$$

式中 含水层厚度 H₀ = 34 m; Q 为各井抽水总量 $(54 \Box \# Q = 275 400 \text{ m}^3/\text{d}); K = 142.15 \text{ m/d}, R$ =594.1 m $_{r_0}$ = 105.4 m $_{r_1}$ = 54, r_{1} , r_{2} , … r_{n} 为各 井距基坑中心的距离。将数据代入公式计算得出 $S_0 = 32 \text{ m}_{\circ}$ 该数据大于设计降深(26 m),说明该 设计方案在技术上可行。

5 地连墙隔水

厂外集水井设计开挖高程为3025.4 m,比厂 房基坑大面高程3029m低3.6m,为整个基坑最 深处,其大小为24 m×20 m。在集水井结构边线 四周设置地连墙以隔断四周边坡大部分渗水,同 时起到挡土墙作用,减少开挖放坡工程量(图6)。

底板渗水采用水泵及时抽排出基坑之外,开挖到 底板可能出现管涌现象,此时,采用麻袋混凝土反



图 6 集水井四周地连墙隔水 (下转第84页)

2015 年第4期

格嘎冰川位于玉松河段下游,冰川前缘发育 有格嘎沟、直白沟和不隆弄沟3条冲沟(均为冰 川泥石流沟),沟口距玉松河段河道距离均大于5 km,其中直白沟规模最大,沟口距玉松河段河道 距离约6 km,沟口河水面高差约100 m。

分析认为,在现今气候条件下不可能发生类 似末次冰期冰川活动事件,因此,不存在发生大量 的冰川堆积物堵塞雅鲁藏布江,形成高达数百米、 范围达数公里的堰塞坝。

1950 年察隅 8.6 级大地震引发的格嘎冰川 跃动和 1968 年直白沟泥石流两次事件堵江后的 壅水高度均未超过玉松河段附近的江水位。

预测在 200 年一遇暴雨条件下,格嘎沟、直白 沟和不隆弄沟单独发生泥石流时不会完全堵塞雅 鲁藏布江,而3条冲沟同时爆发有可能短暂堵塞 雅鲁藏布江,但其堵塞后的回水高度和距离均在 玉松河段以下,不会对玉松河段带来不利影响。

5 结 论

(1)晚更新世中晚期的末次冰期导致雅鲁藏 布江入口处的格嘎冰川发生过大规模的堵江和堰 塞,沉积了多层堰塞湖相地层。

(2)格嘎冰川泥石流对玉松河段的影响不 (上接第64页)

压。按此方案实施在实际施工过程中取得了较好 效果。

6 结 语

综上所述,笔者分析了多布水电站基坑排水 原方案存在的问题,提出了优化排水方案的思路, 详细介绍了井点降水设计步骤及技术要点,通过 优化后的排水方案现场实施效果验证,说明优化 后的方案在解决多布水电站基坑降排水中存在的 问题切实可行,对类似工程具有一定的参考价值。

(上接第80页)

- [2] Duncan M S, Isely J J, Cooke D W. Evaluation of shortnose sturgeon spawning in the Pinopolis Dam tailrace, South Carolina [J]. North American Journal of Fisheries Management. 2004, 24(3): 932 - 938.
- [3] 高 勇,陶江平,乔 晔,等. 葛洲坝近坝区及船闸 鱼类分布、活动规律研究[C]. 北京:中国水利学 会第四届青年科技论坛论文集, 2008.
- [4] 经向文. 葛洲坝船闸过鱼能力及其改进措施研究 [D]. 湖北:三峡大学硕士学位论文,2014.

大,但对玉松以下河段影响较大,有可能带来直接 的威胁。

(3)在200年一遇暴雨条件下,格嘎沟、直白 沟和不隆弄沟3条冲沟同时爆发泥石流有可能短 暂堵塞雅鲁藏布江,但其堵塞后的回水高度和距 离均在玉松河段以下,不会对玉松河段带来不利 影响。

参考文献:

- [1] 杨逸畴,李炳元,尹泽生,等. 西藏高原地貌的形成和演化 [J]. 地理学报, 1982,37(1):76-87.
- [2] 张沛全,刘小汉,孔 屏.雅鲁藏布江大拐弯地区末次冰期 以来的冰川活动证据及其构造——环境意义[J].地质科 学,2008,43(3):588-602.
- [3] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学[M]. 武汉:中国地质大学 出版社,1995.
- [4] 张文敬. 南迦巴瓦峰跃动冰川的某些特征[J]. 山地研究, 1985,3(4):234-238.
- [5] 王明业,郑绵平.西藏高原第四纪冰川遗迹[J].地理学报, 1965,31(1):63-47.

作者简介:

- 王 毅(1962-),女,四川成都人,高级工程师,学士,从事水电工 程勘测设计工作;
- 张运达(1976-),男,四川万源人,专业副总工程师,高级工程师, 学士,从事水电工程勘测设计工作.

(责任编辑:李燕辉)

- [1] 陈幼雄. 井点降水设计与施工[M]. 上海:上海科学普及出版社,2004.
- [2] 《水利水电工程施工手册》编委会.水利水电工程施工手册 - 土石方工程[M].北京:中国电力出版社,2002.

作者简介:

- 王斯珍(1980-),男,江西赣县人,工程师,学士,从事水利水电工 程测量、施工技术与管理工作;
- 王永平(1968-),男,陕西甘泉人,高级工程师,学士,从事水利水 电工程施工技术与管理工作;
- 王 舜(1981-),男,重庆长寿人,工程师,学士,从事水利水电工 程施工技术与合同管理工作. (责任编辑:李燕辉)

作者简介:

- 王承恩(1984-),男,四川通江人,工程师,硕士,从事水利和港口 工程建设技术与管理工作;
- 杨桥培(1968-),男,重庆开县人,高级工程师,学士,从事水利工 程和港口建设技术与管理工作;
- 李英文(1963-),男,四川大竹人,教授,博士,硕士生导师,中国科 学院水生生物研究所客座研究员,从事动物生物学、水产 生物技术、鱼类生理学方面的教学及科研工作.

(责任编辑:李燕辉)

84 Sichuan Water Power