

内蒙古文得根枢纽大坝防渗型式变更分析

秦边疆

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

摘要: 本章以内蒙古自治区文得根枢纽工程大坝为例,在对当地气象水文资料分析的基础上,就防渗心墙粘土施工中遇到的有效储量不足、原材质量差异大、无法大规模机械化作业、翻晒、工艺繁琐等问题,结合周边地区水库大坝工程特点,对大坝防渗型式变更进行了分析,提出了优化方案。

关键词: 工程概况; 施工问题; 工艺材料

前言

引绰济辽水利枢纽工程属于国家水利建设172项重点项目,水利部、自治区领导和专家十分关注。文得根水库是整个引绰济辽工程的龙头,能否按期建成直接决定引绰济辽项目整体的成败。能使心墙站住不倒并使心墙发挥抗渗防水作用的坝体的质量尤为重要。本工程土料的性质和不均匀性,施工过程质量控制难度大,严重影响填筑碾压质量,从而危及大坝安全,尤其像文得根这样平原型水库,心墙施工质量控制更是关键中的关键。

1 工程概况及气象水文资料

1.1 工程概况

文得根水利枢纽工程坝址位于内蒙古自治区兴安盟扎赉特旗音德镇上游90公里处,是绰尔河流域的骨干性控制工程,是具有调水、灌溉、发电等多项功能的大型枢纽工程。水库总库容 $19.64 \times 10^8 \text{m}^3$,灌溉面积为 74.98×10^4 亩,电站装机容量36MW。工程为I等工程,工程规模为大(1)型,水利枢纽主要由粘土心墙砂砾石坝(主坝)、右岸岸坡溢洪道、左岸混凝土坝(副坝)、左岸发电兼灌溉洞、电站厂房及左岸鱼道等建筑物组成。

主要建筑物主坝、副坝、溢洪道为1级建筑物,主坝最大坝高48米,最大坝长1368米,发电兼灌溉洞为2级建筑物,电站厂房为3级建筑物,左岸鱼道梯身建筑物为3级建筑物

1.2 气象水文

绰尔河流域地处大兴安岭东侧,使从太平洋吹来的暖湿气团前进受阻与西伯利亚的冷气团相遇,形成锋面气旋雨。年最大洪峰流量多出现在6月~9月,降水量约占全年降水量的84.2%,春季降水量占全年的13%。引绰济辽工程所在各流域属中温带大陆性季风气候区。受大气环流的影响,在冷暖气团交替控制之下,四季气候变化十分明显。

根据绰尔河流域胡尔勒气象站资料统计,多年平均气温 3.8°C ,历年极端最高气温 40.3°C ,历年极端最低气温 -38.4°C ;多年平均降水量424.5mm;多年平均风速 3.25m/s ,多年平均最大风速 19.3m/s ,历年最大风速 25.7m/s (1973年),相应风向SE;最大冻土深度 2.34m 。多年平均封冻期为122d。最大冰厚 1.15m (1985年)。

1.3 天气与气温因素分析

2019年温度分析表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均最低温度 $^\circ\text{C}$	-17	-14	-5	2	9	15	19	16	10	0	-10	-19
平均最高温度 $^\circ\text{C}$	-5	-2	7	16	23	27	29	24	25	13	0	-10
极端最低温度 $^\circ\text{C}$	-20	-25	-9	-4	5	11	16	13	4	-6	-16	-26
极端最高温度 $^\circ\text{C}$	2	12	17	26	34	38	35	33	32	30	11	0

2019年晴雨分析

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
晴天数量	21	22	19	20	11	7	5	7	20	19	14	8
雨天数量	0	0	0	1	11	16	22	22	5	6	1	0
多云或阴天数量	9	6	11	8	9	7	4	2	5	5	12	20
雪天数量	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3	3

我们以2019年为例，对4、5、6、9、10五个月份晴天数量进行重点分析，4月份晴天20天，5月份晴天11天，6月份晴天7天，9月份晴天20天，10月份晴天19天。4月份与10月份最低温度进行分析，都在负温以下。

结论：6、7、8月份是雨季，4、5、9、10四个月份昼夜温差大，4月、10月负温，5、6、9月晴天数量少，但日照时间明显不足。

2 防渗心墙粘土施工存在问题

2019年，我部试验室与建设各方紧密配合，对坝上缓坡、巴彦乌兰、坝下土料场分别进行复查，以挖坑法为主，洛阳铲打孔辅助，进行了比较系统的物理力学性能试验，并对现场土料开展一系列复查、开采、制备、碾压试验等现场工作。在这些现场工作过程在发现土料施工存在一些问题，应当引起建设各方的重视，现分述如下：

2.1 粘土料场有效储量不足

土料储量统计表

序号	料场名称	设计勘探储量 (1×10 ⁴ m ³)	施工复查储量 (1×10 ⁴ m ³)	备注
1	坝上缓坡土料场	39.39	16.0	
2	坝下土料场	-44.11	-17.2	业主禁用
3	巴彦乌兰土料场	78.98	35.2	
4	新增巴彦乌兰1区	23.35	23.35	联合勘查
5	新增巴彦乌兰2区	8.6	8.6	
6	新增巴彦乌兰3区	25.0	25.0	
合计		219.43	108.15	

文得根现有土料场4个，分别为巴彦乌兰土料场（主料场）、坝上缓坡土料场、坝下土料场（备用）、巴彦乌兰新增备用土料场（共3区）。施工复查和联合勘查合计储量125.35×10⁴m³，扣除坝下缓坡土料场17.2×10⁴m³（备用），剩余108.15×10⁴m³。储量理论计算时采用平行断面法，对于覆盖层、有害无用层与合格土料为“一刀切”，部分块状分布土带以点带面连接成面，均计算在可利用土料储量内，由于几个料场都偏于Ⅲ类土场，施工机械在开挖中很难将理论计算土料全部开采成品土料。

本工程所需土料包括大坝防渗心墙粘土63.67×10⁴m³（压实方），大坝粘土心墙与混凝土防渗墙连接段高塑性粘土5.32×10⁴m³（压实方），合计69×10⁴m³（压实方）。设计需要量考虑在开采运输过程及施工中的各种损失，考虑料场复查的精度、以及开挖运输、机械分料损耗、坝面清理、返工削坡损失等；按照相关施工规范，料场土料储量应是填筑实际使用量的2.0~2.5倍，即料场土料储量至少应有138×10⁴m³，而现在土场储量108×10⁴m³，储量比较勉强^[1]。

2.2 土料原材质量差异大

文得根现有4个土料场，分别为巴彦乌兰土料场（主料场）、坝上缓坡土料场、坝下缓坡土料场（备用）、巴彦乌兰新增备用土料场（共3区）。其中坝上3个土场位置均在库区淹没区以下，分布在山脊与冲沟之间，地势极不平坦，且多数土料是受其他外力地质作用、洪积等沉积形成，土层分布薄厚不一，土层呈现间断交错

状，料层分布不连续，中间夹杂有角砾土和碎石土等无用层，夹层较多。土料场土层复杂，均匀性差。料场按照地形地质条件分类，应属于Ⅱ类与Ⅲ类土场之间，偏于Ⅲ类，见文得根土料场复查报告探坑柱状图。

从料场探坑柱状图上可以看出，土料场合格可用土料主要为浅黄色和红色低液限黏土，多为重粉质黏土。黄色粘土土层均在下层1米以下，覆盖层厚1.0m~2.3m。且主料场巴彦乌兰土料场地下水位高，见料场复查柱状图7、图8。造成合格土料含水率偏高。土场土料均匀性差异大，土料分区检测结果显示；击实最大干密度1.69g/cm³~1.88g/cm³；黏粒16.1%~29.9%，特别是砂砾含量高达5.6%~40.3%，混杂在土料之中，难以区分，砂砾与掺混砾石不同，砂砾严重降低土料防渗性能，是非常有害的物质。高塑性土料和一般土防渗料错综交杂，难以区分，土料压实标准难以确定，且在本次新增复勘中发现巴彦乌兰新增备用土料场（共56.95×10⁴m³）多为高塑性土料。大规模机械化挑选合格土料比较困难，合格土料极易混杂腐殖土、砾石层等有害层，故土料开采适合立采，不适合平采，影响土料翻晒。

此外，土料击实试验结果与原设计有一定偏差，在巴彦乌兰土料场复查过程中共做击实试验16组，坝下土料场在复查过程中共做击实试验3组，试验土料采用干法制备，击实方法采用标准击实。通过室内土料击实试验得知，本料场实际最优含水量低于原设计给定值18.7%。但土料分区击实试验结果中最大干密度和最优含水率差

别较大,说明土料的压实特性差别较大。

2.3.1 土料场土料天然含水率高,波动大,统计见

2.3 受厄尔尼诺现象影响明显,土料天然含水率变化较大,明显偏高,难以降低,无法大规模机械化作业

下表:

土料含水率统计表

序号	料场名称	天然含水率 最大值 (%)	天然含水率 最小值 (%)	天然含水率 平均值 (%)	最优含水率 平均值 (%)	备注
1	坝上缓坡土料场	19.2	17.5	18.4	16.1	
2	坝下土料场	21.6	20.3	21.0	17.8	
3	巴彦乌兰土料场	24.3	17.5	22.1	17.8	
4	新增巴彦乌兰1区	25.2	18.4	22.5	/	
5	新增巴彦乌兰2区	23.4	19.7	22.3	17.0	
6	新增巴彦乌兰3区	24.7	22.8	23.4	17.0	

土料天然含水率的主要问题,一是土料天然含水率分布不均,同一区域内不同部位之间土料含水率差别大,料场部分区域地下水位偏高,造成含水率偏大。同一部位不同深度的土料含水率差别较大,料场复查结果显示巴彦乌兰土料场、巴彦乌兰新增备用土料场(共3区)最大含水率在22%~25%之间波动,平均天然含水率高于平均最优含水率约5%~7%;二是土料含水率受季节气候的影响较大,本地区特别是2018年与2019年两年受厄尔尼诺现象影响明显,暴雨与降水量与往年相比大幅增加,扎赉特旗气象台多次发布暴雨、暴雪预警。雨水饱和,土场天然含水率受之影响比可研初设阶段含水量明显提高,参见设计单位料场勘探报告和《引绰济辽文得根水利枢纽主坝坝型比选》,作者吴允政,尹一光等。

含水率均超过最优含水率,需要采取工程措施来降低土料的含水量,国内通行的做法就是翻晒,翻晒合格后才能填筑碾压。

2.3.2 土料性质制约翻晒效果

2019年我部做了大量翻晒试验,结合现场碾压试验发现,本工程土料多属于重粉质粘土,土质较细且分散性差,保水性强。土料开挖出来后,呈现10~50cm左右块状,晾晒过程中,表面失水形成干缩硬壳,但土块内部水分变化不大,采用机械反复破碎,破碎翻晒时内部湿土表层失水又形成约10cm左右的结块,表层失水部分土料含水率低于最优含水率,形成干硬块,难以压实结合,部分结块集中土料压实后有空隙,不容易达到规定的压实度,增加碾压遍数和提高压实功能又会造成压实合格土体剪切破坏。设计要求的99%压实度质量标准,由于土料的性质和不均匀性,施工过程质量控制难度较大。

2.3.3 土料有效施工期内翻晒时间不足

从气象资料分析,内蒙古扎旗地处寒冷地区,土料全年可施工的时段分别为4月15日至6月15日,9月1日到

10月15日,实际施工天数加起来为105天(水利部松辽委员会吴承章著文《察尔森水库土坝第二阶段工程的快速施工》土料填筑年施工日为110天)左右,夏季6月15日到9月1日属于雨季,不具备土料施工天气条件。4月15日到6月15日、9月1日到10月15日,相对具备土料填筑施工条件,但是气温处于冬春回升、秋冬下降阶段,昼夜温差大,夜间温度很低,白天日照时间不充分,仅几个小时正温。特别是4月份、10月份,夜间气温处于零度以下,根据中国水利水电出版社出版碾压式土石坝施工技术列举的有关工程实例,平均气温低于6℃以下,蒸发量0.5mm/d,不适合土料翻晒。加之随机降雨,可以翻晒土料时间十分有限,翻晒效果不明显。所以,土料降低含水率完全建立在不确定的因素上,没有时间保障^[2]。

3 翻晒工艺与料场的地质情况相矛盾

土料开采分为立面开采与平面开采,从料层分布不均的地质情况来看,几个土场都适合立采,但翻晒工艺需要平面薄层翻晒开挖,这两者之间工序上有矛盾,正常必然的翻晒工艺可能造成土料质量的问题和土料用量的减少^[3]。

3.1 土料施工强度满足不了大坝填筑节点目标要求

受自然条件变化和“新冠疫情”等多重因素影响,水库枢纽施工的工期面临新的巨大压力。截流前粘土心墙施工时段已经十分有限,10月份截流之后,2021年5月底,粘土心墙填筑到全断面达到361拦洪度汛高程的目标由于上述问题的存在,上坝强度和拦洪度汛高程没有保证。一旦发生险情,将对下游绰勒水库产生巨大威胁,可能造成重大安全事故和社会影响。

4 方案变更的提出

建议大坝心墙采用沥青混凝土,有利条件如下:

4.1 沥青混凝土施工技术可行,工艺成熟,机械化作业程度高,工程质量有保证。

4.2 沥青混凝土施工适应当地气候条件,从4月到10月均可施工,可以实现大坝均衡上升,能最大程度上实现时间、空间平衡,料尽其用^[4]。

4.3 沥青混凝土施工工期可控,能够保证上坝强度,安全度汛有保证,不会由于超标洪水对下游水库产生威胁。

4.4 能把由于疫情带来的施工滞后不利态势能够扭转回来,甚至实现工期提前,有利于工程投资按期完成,早日建成受益。

4.5 不会由于粘土取料而占用草原耕地,利于环保,不会由于新增土场而增加复耕费用。

结语

文得根水库工程受近两年自然条件变化和制约,以及“新冠疫情”影响,大坝防渗如继续采用粘土,将使

得大坝工程技术、质量、工期整体上无法得到保证。防渗心墙如采用沥青混凝土,技术可行,质量可控,工期将得到可靠保证。单纯比较工程费用,采用沥青混凝土稍有增加,但工程综合效益将得到保障。

参考文献

[1]水利枢纽工程安全的重要意义再认识[J].雷爱中.水利经济.2021(04)

[2]水利枢纽大坝基础处理的设计分析[J].宋精华.科学技术创新.2021(14)

[3]软基岩层上的混凝土重力坝设计及基础处理[J].薛晓鹏,王维维,郑柯君.水利与建筑工程学报.2020(03)

[4]水利枢纽大坝基础处理设计[J].高平.河南水利与南水北调.2020(10)