

浅谈二道沟水库基础断层的设计处理方案

姜兴培

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5160

[摘要] 二道沟水库位于哈密地区东天山支脉莫钦乌拉山北坡,水库距离哈密市约250km,有一条顺河断层垂直二道沟水库大坝,为了防止断层产生水库渗漏,本次在断层处加强了现浇混凝土塞,同时根据先导孔实验在顺河断层段加强帷幕灌浆的处理,经过11年的运行,证明基础断层的设计处理防渗效果比较好,没有出现渗漏问题。

[关键词] 水库基础断层; 设计处理; 地质条件

中图分类号: TV62 **文献标识码:** A

Discussion on the Design and Treatment Plan for the Foundation Fault of Erdaogou Reservoir

Xingpei Jiang

Hami Toshi Water Resources and Hydropower Survey and Design Co., Ltd

[Abstract] Erdaogou Reservoir is located on the north slope of Moqinwula Mountain, a branch of the East Tianshan Mountains in Hami Prefecture. The reservoir is about 250km away from Hami City. There is a Shunhe fault perpendicular to the Erdaogou Reservoir Dam. In order to prevent reservoir leakage caused by the fault, cast-in-place concrete plugs were reinforced at the fault location. At the same time, curtain grouting was strengthened in the Shunhe fault section based on pilot hole experiments. After 11 years of operation, Prove that the design and treatment of the foundation fault have a good anti-seepage effect, and there have been no leakage problems.

[Key words] Reservoir foundation fault; Design processing; geological conditions

引言

在水利工程建设中,基础断层的设计处理是一个关键的问题。水库是我国重要的水资源调配和防洪工程,而断层是地质构造中常见的构造破裂带,其存在可能会对水库的稳定性和安全性造成严重威胁。因此,在水库的设计和建设中,如何有效处理基础断层是一项重要的技术难题。本文以位于哈密地区的二道沟水库为例,介绍了其基础断层的设计处理方案及其取得的良好效果。二道沟水库位于哈密市东天山支脉莫钦乌拉山北坡,距离市区约250km,其大坝直接垂直于顺河断层。为了防止断层产生水库渗漏问题,工程设计采取了现浇混凝土塞的加固措施,通过将混凝土塞施工于断层处,阻断了水流沿着断层渗透的可能性,确保了水库的安全性。此外,根据先导孔实验的结果,针对顺河断层段进行了帷幕灌浆加固处理。帷幕灌浆是一种通过向断层带注入灌浆材料来加固和封堵断层的方法,能够有效地降低断层带的渗透性。通过加强措施的实施,二道沟水库在经过11年的运行验证后,证明了基础断层的设计处理方案的防渗效果良好,水库未出现渗漏问题。本文通过对二道沟水库的实践经验进行总结,对于基础断层的设计处理提供

了有益的借鉴。合理的断层处理方案是确保水库稳定性和安全性的重要手段,通过采取相应的加固措施,可以有效地防止断层产生水库渗漏等问题的发生。因此,进一步的研究和探索在水利工程中断层处理方案的优化和创新,有助于提高我国水库建设的安全性和可靠性。

1 流域概况

二道沟小流域位于哈密东天山的莫琴乌拉山北麓,其东部与三道沟流域、头道沟流域相邻,南部与乌拉山脊线相连,北与三(三塘湖)淖(淖毛湖)大戈壁相连。整个流域位于巴里坤县,其径流量以融雪水、基岩裂隙水和夏季降水为主,没有冰川,也没有永雪。出山口以上流域面积83.0km²,出山口海拔高程1725m,河道平均坡降66.1‰,流域平均海拔高程2405m,河长20.4km,二道沟多年平均年径流量563.5万m³。

2 气象条件

二道沟流域位于欧亚大陆的腹地,属于中温带干旱气候区域。这里的气候特点是夏季凉爽,冬季严寒,光照充足,无霜期长,大风天气多,降水量少,蒸发量大,昼夜温差显著,并有明显的垂直变化。多年的年平均气温为1.7℃,其中一月份最冷,七月份最

热。一月份的平均气温为 -17.9°C ,而七月份的平均气温则为 17.7°C 。这里的极端最高气温可达 34.8°C ,极端最低气温则可达 -43.6°C 。二道沟流域的降水量在年内分配极为不均。连续的四个最大月(6月至9月)的降水量占据了全年降水量的65.3%。其中,历年七月份的平均降水量为47.5mm,占全年降水量的22%;而历年二月份的平均降水量仅为3.3mm,占全年降水量的1.5%。最大年降水量出现在2007年,为342.4mm;最小年降水量则出现在1962年,为121.4mm。最大年降水量与最小年降水量的比值为2.8倍。此外,水面蒸发量与气温的变化趋势基本一致,但与降水量的变化趋势相反。总体来看,年蒸发量在山区小于平原,且随着海拔高度的增加而逐渐减小。据巴里坤气象站的观测数据,多年平均水面蒸发量为1659.1mm(使用20cm口径的蒸发器)。其中,六月份的蒸发量最大,占全年蒸发量的16.7%;一月份的蒸发量最小,占全年蒸发量的0.9%。另外,根据巴里坤气象站的观测数据,多年平均风速为2.7m/s,年平均最大风速为20.0m/s,瞬间最大风速可达32.0m/s(记录于1969年)。这里的风向主要以东风为主。

3 地质条件

坝址位于二道沟沟口上游1.8公里处,河谷方向为 $\text{NW}320.0^{\circ}$,河床坡降为4.0%,河谷底部宽度为50.00m,河谷类型为“U”型谷。坝址区的河谷沉积物为第四系全新统冲洪积(Q4a. p1)的卵石和砾石层,最大厚度为9.20m,地下水埋深为1.20~1.50m。坝址区左岸的地层为石炭系下统亚曼苏组第三亚组,主要为紫色和灰绿色相间的杏仁状玄武玢岩和安山玢岩;右岸的地层为泥盆系下统莫钦乌拉群三道沟组,主要为灰绿色和深灰色安山质岩屑、晶屑凝灰岩。这两组地层为断层接触,受区域构造影响,岩体裂隙发育,较为破碎。莫钦乌拉大断裂的末支穿过库区河床段。断层走向为 $\text{NW}320.0^{\circ}$,倾向NE,倾角为 70.0° ~ 75.0° ,断距为10.0~20.0m。断裂带内的岩石强烈破碎,裂隙发育。根据区域地质资料,该断层形成于石炭纪晚期,贯穿水库库区的莫钦乌拉大断裂末支在阿尔卑斯和新构造运动期无活动迹象。坝基岩性分为两层:上层为第四系冲洪积卵石、砾石层,最大厚度为9.20m,渗透性良好,需进行处理;下层为玄武玢岩、安山玢岩和凝灰岩。河床以下基岩强、弱风化层构造节理、裂隙发育,主要为高陡角度节理、裂隙,不存在抗滑稳定问题。坝基基岩的强、弱风化层存在一定的绕坝基渗漏问题,需对强风化层进行清除,弱风化层进行帷幕灌浆处理。导流(放水)洞位于右岸山体内,全长333m,进口高程海拔1842.00m,出口高程海拔1838.51m。洞身围岩为安山质凝灰岩,受区域构造影响,基岩裂隙较为发育,岩体完整性较差,为次块状结构-块状结构。围岩类别为III类,稳定性较好,成洞性较好。建议对洞身进行喷锚支护或采用薄层衬砌。出口消能段地基为安山质凝灰岩,满足底板建基要求。溢洪道位于左坝肩,全长155.0m。溢洪道地段基岩裸露,主要为紫色、灰绿色相间的杏仁状玄武玢岩、安山玢岩。溢洪道底板多为弱风化的基岩,岩体较为破碎,抗冲刷能力较弱,建议采取抗冲刷保护措施。

4 莫钦乌拉大断裂末支大坝基础断层的处理

河床有莫钦乌拉大断裂末支从河床通过,碾压式沥青混凝土心墙坝具备以下优势:较强的适应地基变形能力、较小程度的受气候影响施工、以及较少的地基处理工程量,二道沟水库坝型采用碾压式沥青混凝土心墙坝为推荐坝型。

(1)两岸及河床基础处理。河床内坝基砂砾石覆盖层最大厚度达到9.2米。根据《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2001)的规定,当砂砾石层的深度在15米以内时,明挖回填截水槽是一种适宜的处理方案。因此,本工程决定采用开挖后浇筑沥青砼防渗心墙的坝基处理方案。这样的处理方式既充分利用了明挖回填截水槽的优点,又充分考虑了工程的实际需要和可能。方案施工工序包括开挖、回填、心墙浇筑、基坑排水。

覆盖层清除后的河床段和两岸岸坡段均将表层强风化基岩挖除,浇筑混凝土灌浆盖板,灌浆盖板厚度为1.0米,底宽为6.6米,使用C25混凝土、F300强度等级、W8抗冻性能。它将直接与沥青混凝土心墙连接,接缝处设置紫铜片止水,并经过冷底子油和1cm厚沥青玛蹄脂的处理,以提高防水性能。将对弱风化基岩进行固结灌浆和帷幕灌浆。固结灌浆孔布置为两排,孔、排距均为 2×3 米。灌浆深度为10米。帷幕灌浆孔为双排,孔距为2米,每8个灌浆孔设一个检查孔。灌浆深度深入岩体透水率小于5Lu区域。混凝土灌浆盖板与沥青混凝土心墙连接,接缝处设紫铜片止水,并刷冷底子油和1cm厚沥青玛蹄脂。

坝肩基础处理:左坝肩山体坡度相对较缓,沿着溢洪道溢流堰的山体顺向进行帷幕灌浆处理,处理长度为65米。而在右坝肩山体上,由于坡度较陡,将进行开挖灌浆平洞的方式进行帷幕灌浆处理,处理长度为50米。坝肩帷幕灌浆孔将布置成单排,孔距为2米,灌浆深度将深入岩体透水率小于5Lu的区域。通过以上工程措施,能够有效地提高山体的稳定性,增强其防渗性能,从而确保整个工程的安全可靠。

(2)河床断层处理。根据坝址钻孔岩芯采取情况分析,莫钦乌拉大断裂末支由库区河床段通过,断层走向为 $\text{NW}320.0^{\circ}$ 度,倾向NE,倾角为 70.0° ~ 75.0° 度,断距在10.0~20.0米之间。沿着断裂带的岩石表现出强烈的破碎和破劈理发育的情况。根据区域地质资料,并结合坝址钻孔岩芯采取情况,推测莫钦乌拉大断裂末支形成于石炭纪晚期。坝址钻孔岩芯采取情况对断层的特征进行了进一步的确认。岩芯的观察和分析表明,在断层带附近存在明显的岩石破碎和破劈现象,这与断层的存在和活动密切相关。这些发现对工程设计和施工非常重要。在处理莫钦乌拉大断裂末支时,需要采取适当的措施来应对强烈的岩石破碎和破劈现象,以确保工程的稳定性和安全性。可能需要采用加固和支护技术,如注浆、锚杆和喷锚等,以增加断层带的承载力,并保持岩石的稳定性。根据坝址钻孔岩芯采取情况可以进一步确定莫钦乌拉大断裂末支的特征和形成时代,并为工程设计和施工提供了关键的地质信息和处理策略。断裂带构造岩虽然已经二次固结,但其完整性,强度均较周边岩体差。根据断层情况,为避免断层带中有泥质充填物,灌浆时不吃浆还易被渗水冲蚀的现象

发生,对断层破碎带表层8m深度进行清理后开挖和回填混凝土塞处理,8m以下断层破碎带需将软弱层全部清除干净并回填混凝土。之后采用直径0.6m的大口径钻孔连续成帷幕,中间填以砾,形成砾防渗墙。混凝土塞深度初定为8m,沿坝轴线宽度初定为43m,顺断层方向宽度初定为20m,砾防渗墙深度初定为40m,填塞混凝土标号为:C20、F200、W8(断层处理的深度和宽度最终以开挖后地质条件确定)。砾防渗墙与填塞混凝土相接。接下来,将对断层破碎带心墙下游侧进行强化灌浆。其中,固结灌浆将设置四排,采用梅花形布置,孔排距均为2m,初步定为深度30m。而帷幕灌浆将采用双排梅花形布置,孔排距同样为2m,深入岩体透水率小于5Lu的区域。防渗体由沥青混凝土心墙、固结灌浆和帷幕灌浆处理后的稳定基岩组成,旨在封闭地面以下的渗流通道,从而形成完整的防渗体系。这一防渗体系将确保工程的安全稳定,防止因渗流问题导致工程事故的发生。该水库历经2年建设,于2014年3月下闸蓄水运行至今9年,运行良好,断层没有出现渗漏现象。

5 经验总结

(1)建在顺河断层(断层垂直大坝轴线)水库大坝,首先工程地质一定要先查明断层的宽度、走向、产状及其分布规律。

(2)在对断层进行帷幕灌浆前先进性先导孔试验,根据先导孔资料来确定帷幕灌浆深度、排数以及浆液浓度和帷幕灌浆压力等级。

6 结束语

在建设基于断层的水库大坝时,准确了解断层的特征和分布规律是非常重要的。只有充分了解断层的宽度、走向和产状等信息,才能制定出有效的处理方案。其次,采取现浇混凝土塞的加固措施可以有效防止断层产生水库渗漏问题。混凝土塞的

设置能够切断水流沿断层渗透的通道,保证了水库的稳定性和安全性。另外,帷幕灌浆技术在处理顺河断层段上的应用效果也得到了验证。通过先导孔实验,可以准确确定帷幕灌浆的深度、排列方式以及浆液的浓度和帷幕灌浆压力等参数,从而有效地加固和封堵断层,降低了断层渗透的可能性。最后,经过二道沟水库的实际运行验证,基础断层的设计处理方案显示出良好的防渗效果,水库未出现渗漏问题。这为今后水利工程中基础断层的处理提供了有益的经验。总之,二道沟水库基础断层的设计处理方案的成功应用证明了其可行性和有效性。在今后的水利工程建设中,我们可以借鉴和应用类似的断层处理方案,以提高水库的安全性和可靠性。同时,还需要进一步深入研究和探索,对断层处理技术进行优化和创新,为水利工程的发展提供更加可靠和可持续的解决方案。

[参考文献]

[1]李海轮,李刚,李奇,等.控制性断层对洞室群围岩稳定及衬砌破坏形态的影响[J].人民长江,2021,52(2):158-163.

[2]宋岳.断层交会带及其对水工建筑物的影响[J].水力发电,1985,(01):11-16.

[3]潘奕舟.区域断层对深孔闸井开挖的影响及处理[J].河南水利与南水北调,2020,49(08):113+115.

[4]邢林生.陈村水电站大坝坝基F_(32)断层的补强处理[J].水利水电技术,1991,(03):37-42.

[5]张磊.弥勒坝水库大坝断层确认过程及处理方案探讨[J].水科学与工程技术,2021,(1):75-77.

作者简介:

姜兴培(1966--),男,汉族,湖南省人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程设计。