

水利工程中坝体加固设计技术探讨

陶俊佳

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

摘要: 本文主要简单介绍了水利工程中坝体建筑的常见病害,研究了水利工程中坝体建筑的加固技术,以某水库工程为例,通过对水库建筑中出现的主要问题进行分析,来探讨坝体建筑的除险加固设计要点,旨在加强对水利工程坝体建筑加固设计的研究,充分发挥现代科学技术作用,进一步优化水利工程坝体加固设计方案,选用先进的加固技术,从而提高水利工程坝体建筑的稳定性,保障其安全。

关键词: 水利工程; 坝体加固; 设计技术; 常见病害

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.072

近年来,随着我国社会经济的高速发展,水利工程也随之蓬勃发展,取得了不错的成绩,受到人们的广泛关注。坝体建筑是水利工程建设中必不可少的一部分,其不仅具备良好的蓄水能力,还有着不错的防洪性,为水利工程发电提供了重要支持。水利工程中的部分坝体建筑在长时间使用之后,其稳定性会有所下降,容易引发坝体松动问题,甚至于出现部分坝体坍塌的现象,这不利于水利工程的可持续发展,难以保障相关人员的安全。基于此,要定期对水利工程坝体建筑进行检查,一旦发现其有松动情况,则要实施加固措施,根据实际情况科学设计坝体加固方案,使坝体建筑结构更加稳固,延长其使用年限,从而获取更多的综合效益。

一、水利工程中坝体建筑的常见病害

水利工程中坝体建筑的常见病害主要有以下几种:第一种是坝体渗漏。坝体渗漏是坝体建筑中的常见问题,具有一定的危险性。由于坝体具有透水性,只有将渗透量控制在允许范围内便不会对坝体建筑造成较大损伤。可根据坝体渗透量大小来判断其是否符合规定标准,有效区别坝体的正常渗漏和非正常渗漏。非正常渗漏会增加坝体水分渗透量,这极大程度地影响了坝体的蓄水功能,同时也难以保障坝体局部的稳定性。坝体建筑中不仅仅是坝体存在渗漏状况,坝基、涵洞也会渗漏,如若不加以重视,实施有效措施来处理,则容易影响坝体建筑的使用寿命,造成难以预估的后果^[1]。

第二种是坝体裂缝。部分坝体裂缝较为明显,直接从外部就能够看出来,但有的裂缝则处于坝体内部,并不容易被看到。相较于外部裂缝来说,内部裂缝影响更大,如若不加以有效处理,很容易影响整个坝体的质量,裂缝程度达到一定之后可能会引起坝体坍塌。不同的裂缝,在长度、宽度上会有所不同,有的裂缝长度仅有一米,而有的裂缝可能有十几米、上百米。基于此,

一定要根据坝体裂缝的实际情况来进行分析,依照裂缝程度来采用适宜的修复措施来解决裂缝问题,对坝体进行有效维护。横向裂缝是坝体裂缝中最为严重的裂缝类型,其贯穿于整个坝体,可能会影响坝体的渗流通道,短时间内对坝体造成严重破坏,影响了坝体质量。

第三种是滑坡。滑坡是坝体中较为常见的问题,产生滑坡的原因较多,可能是因为坝体坡度相对来说比较大,又或许是坝体抗剪力度不够,地震等外界振动状况,也会引发坝体滑坡现象。一旦出现滑坡,那么坝体的整个性能都会受到损伤,当滑坡范围较大的时候,便会威胁到周围人们的生命财产安全。需要对坝体进行有效的评估,了解其真实的抗滑能力,这就应当科学计算坝体抗滑稳定安全系数,检查坝体老化程度。如若检查之后发现坝体抗滑能力达不到规定要求,便需要对坝体进行加固处理。

二、水利工程中坝体建筑的加固技术

(一) 坝体裂缝灌浆加固技术

在对坝体建筑进行加固的时候,可以采用坝体裂缝灌浆加固技术。其需要对坝体孔底进行注浆,或是采用全孔灌注方式来施工,需要把控好灌浆压力,利用这一压力使坝身劈裂成缝,然后将配制好的浆液直接灌入到裂缝中。实施该项加固技术的时候,要先对坝体裂缝的产生原因进行分析,寻找规律,全面了解坝体应力状况,然后来合理布孔,再严格按照相关步骤来灌浆,从而加固坝体。坝体裂缝灌浆加固技术的原理是水利劈裂原理,需要发挥水压力作用,扩大坝体原本产生的裂缝,以便于进行浆液灌注^[2]。同时,施工人员还应当分析坝体应力分布规律,准确计算坝体的应力,为灌浆布孔施工奠定扎实基础。泥浆能够填充坝体劈裂的缝隙,填充工作需要和灌浆作业同时开展,需充分发挥高压泥浆作用,填满坝体裂缝,从而提高坝体稳定性。要注意的是,实施坝体裂缝灌浆技术的时候,可能会出现湿陷状况,这一现象有利于强化坝体稳固能力,降低坝体的若应力,需通过多次灌浆来填满裂缝。

(二) 混凝土防渗墙技术

混凝土防渗墙技术,是坝体建筑加固技术的一种,其能够强化坝体的防渗漏功能,取得不错的施工效果。在设计混凝土防渗墙的时候,必须在规定的防渗要求下展开工作,防渗墙应当具备渗流截断作用,要能够在一定程度上见效渗流坡度,同时还需要有良好的抗压能力,满足抗拉、抗剪力的设计要求。目前使用较多的混凝土防渗墙技术有两种:一种是射水造槽法。该技术所

需要的施工设备市场中常见，而且无须过高的价格，适用于多种不同的土质开挖施工中。操作上较为简单，对施工人员的技术要求并不高。另一种是机械造槽法，该方法的速度很快，能够缩短施工周期，有着较高的成孔率，能够规避二次施工，不需要耗费大量的水泥用量，但是不太适用于砾卵石地层中。所使用的机械设备比较重，不具备良好的灵活性，不太容易连接防渗墙和坝体基岩。

三、某水库工程概况

某水库工程的总库可容纳一亿多平方米，其作用在于为该区域进行灌溉，并做好防洪工作，同时也可以使用水能来发电，属于具有综合性的大型水库工程。水库库区的建筑物有两个坝，一个是主坝，一个是副坝，还设置了溢洪道、发电站。自建设完成后投放至今，该水库工程在各方面都取得了不错的成效，获得了较高的应用价值，经济效益得到大幅提升。

四、水库建筑中出现的主要问题

该水库建筑工程中的主坝采用的是砂壳土坝，采用了黏土实心墙，坝顶宽度为三米，坝底宽度则有二十五米。在建设该坝体的时候，受到资金方面的限制，所使用的施工技术相较于当下已经比较落后，以致于坝体在使用过程中还存在着些许问题，尤其是在长时间应用中这些问题更是愈发严重，需要进一步加固解决，否则会影响整个坝体质量，给水库工程带来安全隐患。水库建筑中出现的主要问题有以下几种：一是未能满足主坝坝体的规范要求。这主要表现在两个方面：一方面是主坝心墙和壳体的填筑未能达到规定的压实度要求。可使用探井、钻孔等技术来全面检查主坝坝体，以了解坝体当前的填筑情况。通过有效的地质勘查工作能够获取坝体填筑土压实度的平均值，根据所得数值可发现无论是心墙还是坝壳土体都没能达到规定要求^[3]。而且坝体土不具备良好的均匀性，部分位置的压实度严重欠缺，这容易造成坝体坍塌，存在着严重的安全隐患。而且心墙土、坝壳土都属于中等透水性，有一定的压缩性，不具备较好的阻水性，这就导致水库在长期运行过程中，主坝心墙渗透高于允许渗透的比降值，坝体容易因为渗透问题而发生变形，引发安全事故；另一方面，距离坝体较近的库岸存在不稳定性。靠近坝库的岸边坡以全风化土质为主，存在着花岗岩残坡积，土体的厚度在五米以上，在水库的浸泡下，在一定程度上降低了花岗岩残坡积强度，导致库岸边坡不具备良好的岩性条件。在山丘间低垭位置创建坝体，由于三面临水，很难保证边坡的稳定性。

二是主坝坝基和坝肩清基不到位。该工程中的坝基岩土体主要是弱风化黑云长花岗岩，河流冲击过程中会因为局部清基不干净而形成粗砂黏土透镜体。同时，左坝肩顶位置也有一层花岗岩残坡积覆盖于表层上，这形

成了含砂黏土。坝体的中部是花岗岩全风化土，下部是花岗岩强风化层；右坝表层同样形成了含砂黏土，但其呈现出可塑状态。花岗岩全风化土是碎块状结构，该区域有着较大的透水率。一旦没有清理干净坝基和坝肩，则很容易遇到坝体渗漏问题，大大影响了坝体的稳定性。

五、水利工程坝体建筑的除险加固设计要点

（一）做好除险加固设计前的准备工作

在实施水利工程坝体建筑除险加固设计之前，要先做好相应的准备工作，主要有以下几点：一是要全面开展地质勘察工作。要对坝体的实际运行情况进行检查，看其是否存在坝体渗漏、坝基不稳定等情况，如若有问题存在，则要进一步勘察坝体、坝脚，需了解坝基的实际情况。就目前而言，常见的勘探技术有钻探技术，一般需要根据坝体的实际情况来科学布置钻探孔。除此之外，还应当重点勘探溢洪道、输水涵等存在危险性的建筑；二是要重视地形测量工作。为了确保水库除险加固设计方案的可行性，一定要针对加固范围进行地形测量，其中最关键的部分是测量横断面，还需进行有效的平面测量。要按照规定比例来进行总体规划，设计好主建筑的横断面、纵断面；三是要采集与水利工程坝体建筑相关的各项资料，可以与当地水管人员加强交流与沟通，也可从周围村民的访谈中进一步了解坝体运行实况。结合现场勘察工作来全面了解水库的建设历史以及目前使用情况。

（二）主坝加固设计

想要在风化岩层中进行造孔，难度非常大。在处理该工程中右坝坝基的风化岩石层时，需要使用五至二十米的帷幕来实施灌浆作业。在完成混凝土塑性防渗墙施工之后，不可破坏黏土心墙，要找准坝轴线的中心线。混凝土塑性防渗墙的长度为三百六十米，墙顶高程在七十米左右，水位达到了七十米以上，主河床墙底的高程在三十三米左右，墙高为三十八米。主河床段的混凝土塑性防渗墙的风化岩石厚度较小，弱风化岩石层的厚度在半米左右，右坝段的风化岩石层厚度则在五米至二十米之间。在进行帷幕灌浆施工的时候，要于墙底风化岩石层中设置单排孔，孔和孔之间要保持两米的距离。灌浆孔需要伸入到岩石中，可根据实际情况来确定防渗墙的深度参数。要注意的是，防渗墙的深度设计还需要考虑机械设备因素。

在进行主坝加固设计的时候，需要先计算防渗墙的结构。基于文克尔假定理论，防渗墙会直接支撑于坝体土上，防渗墙和坝体会发生变位，需要根据实际情况来进行相应的调整。这一点的变位和各点墙上的反力呈现出正比关系，当深度直线会因为地层变化而变化，而反力系数也会因为深度直线变化而变化。水库运行时间较长，主坝体变形基本完成，墙体两侧不会有太大的变形

摩擦力,在进行防渗墙设计的时候需要考虑水平荷载情况,要制定相应的计算简图,计算的时候可应用有限差分法。

从施工工艺方面来看,设计防渗墙的时候,需要使用膨润土浆液来加固护壁,造孔的时候可使用两钻法,运用混凝土泵来进行角逐。在施工中,槽段两端要使用冲击钻来钻主孔,要控制冲击钻的钻入深度,凿空的时候还要把控好槽内的浆液面,如若出现浆液渗漏情况,则要进行补浆处理。可应用帷幕灌浆法来处理右坝段防渗墙底部风化岩石。要先做好钢管预埋工作,进行有效的清孔处理,完成混凝土角逐施工前,要仙姑顶安装架,将其固定在适宜位置上,并要把控好间距,一般在十米左右。固定好钢管后,要进行混凝土浇筑,浇筑强度必须达到设计标准要求,一般使用钻孔灌浆技术。

(三) 灌溉发电隧洞的建筑加固设计

灌溉发电隧洞建筑加固设计是水库除险加固设计的重要组成部分。水库在长期运行过程中,洞壁剥落的混凝土会遭受环境的损坏,难以将松动的混凝土清理干净。基于此,实际施工中需要根据施工情况来适当加大混凝土清理力度,如若发现有被腐蚀厉害的外露钢筋,一定要使用新钢筋代替。可通过焊接补漏的方式来处理新钢筋,被腐蚀不严重的钢筋则需要进行有效的除锈工作。完成混凝土和被腐蚀钢筋清理工作后,要进行找平施工,可使用环氧砂浆来处理,旨在提高其坚固性。同时,隧洞出口部位的钢板若是也被锈蚀,那么可利用环氧玻璃丝布来进行修补和加固。

在进行环氧砂浆建筑设计的时候,需提升环氧砂浆和混凝土的黏结力,做好加固工作,需处理好基底的混凝土露筋表面,清理表面的乳皮,确保表面无杂质、没有污染物,并且也没有被锈蚀。可使用凿毛机来实施凿毛处理,做好修补工作,对于露筋部位的污渍、锈迹,可使用钢丝球来进行擦拭,基面部位则可利用棉纱浸渍丙酮擦拭。丙酮发挥其作用后,可在变白的混凝土部分涂刷一定量的基液,涂刷完成后等待十至三十分钟后,再来涂抹环氧砂浆。实际施工中需要充分考虑气温条件和环境因素。

在使用环氧玻璃丝布的时候,要保持隧洞出口钢板的洁净性,清理掉锈斑,并对钢板进行凿毛处理,再于钢板上涂抹一层十毫米厚的环氧砂浆,做好找平工作。需将玻璃丝布粘贴在环氧砂浆面上,使用玻璃丝布之前要先利用皂液法来进行脱腊处理,保持粘贴面的干净性,不可有油污存在,可利用丙酮来擦洗。擦洗之后再涂抹环氧基液,需均匀涂抹,不可太厚。粘贴玻璃丝布的时候,要消除其中的气泡,以免影响粘贴效果。

(四) 溢洪道加固设计

在进行水利工程坝体除险加固的时候,还需要进行

溢洪道加固设计。该工程中的溢洪道处于六副坝和七副坝之间,由多个部分组成,不仅包括了进水渠、泄槽,还设计了宽顶堰和消力池。当前的溢洪道在陡坡段结构在设计上存在一定的不合理性,出现水流混乱的情况,这大大增加了地基渗漏压力,容易出现严重的安全问题。加固设计溢洪道的时候,应当从以下几个方面着手:一是要加固设计进水段。该工程中溢洪道进水段的总长度在二十八米左右,宽度约为四十七米,使用的是直立式导墙。设计的受前端部分需要采用下潜式进行倒流,后段则要把控制好导墙的长度、顶部高程。在进行现浇施工的时候,进水渠底板可使用钢筋砼来处理,要设置适宜的纵横缝;二是在溢洪道控制段中,则要根据实际情况来把控溢洪道的宽顶堰高程,于两侧设计重力式挡墙。要将钢筋网布设于导墙的迎水面,设置纵横缝;三是溢洪道的泄水段需要设计重力式挡墙,控制好顶宽和墙背坡比。边墙的上端部分要连接控制端的边墙,而下端部分则需要与消力池边墙连接。底板要设置纵横排设施;四是溢洪道中的消力池部分的设计,可应用消能防冲设施型,需根据工程所处区域的地质条件和实际情况,来控制消力池的长度、深度以及底板高程和厚度。同样要在迎水面布设钢筋网,底板位置设置排水设施。两侧挡墙可使用重式挡土墙;五是在设计溢洪道的出水渠时,可使用梯形断面。按照规定来设计出水渠的长度、底部宽度和边坡坡比。要将出水渠道和消力池尾坎相连接。底板位置要设计纵向缝隙,缝隙间距为十五米,水平方向则要设置三条缝,并将止水设置于缝隙间,于底板安设好排水设施。

六、结束语

总而言之,在水利工程建设过程中一定要注重坝体建筑的加固设计。大部分的水利工程建设时间较为久远,其在长时间的运行过程中很容易出现问题,需要定期对坝体进行检查。通过全面勘察来了解和判断坝体的实际运行情况,需找到其存在问题的地方,然后根据实际情况来制定适宜的除险加固设计方案,以提高坝体结构的稳定性,保证水利工程的正常运行。在这个过程中一定要严格按照相关要求来执行作业,把控好施工过程中的每一个环节,不断地完善和优化坝体加固设计,应用先进的加固技术,从而提高坝体加固设计技术水平。

参考文献

- [1] 陈健明. 试论水利工程中的坝体建筑加固设计技术[J]. 建材与装饰, 2019, (23): 316-317.
- [2] 屈华非. 水利工程中的坝体建筑加固设计技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019, (16): 168.
- [3] 卢守秋. 水利工程中坝体建筑加固设计技术的研究[J]. 低碳世界, 2019, 9(02): 100-101.