

关于平原水库库盆设计浅谈

刘晓寒

中国水利水电建设工程咨询渤海有限公司 天津 300221

摘要:随着我国水网建设的进行,应急调蓄水库工程成为水网建设、检修、应急处理的重要保证。大型平原水库不仅起到调节供水的作用,还可以有效改善水库附近的水生态环境。平原水库的建设同山区水库相比有共同之处,也具有一定的特色,尤其是库盆设计,本文就平原水库库盆设计中的几个常见问题进行了讨论。

关键词:平原调蓄水库;库盆设计;防渗

1 基本背景

平原水库,一般位于大江、大河下游冲积平原地区,主要工程任务为蓄水,解决当地的供水问题。平原水库以蓄水为主,同时还可以改善水生态环境,完成进入水库的管线水质交换。由于我国多暴雨、多干旱,年内、年季降雨极不平衡,洪涝旱灾发生频繁,防洪、兴利、抗旱迫切需要修建水库、存蓄地表水^[1]。平原水库作为减灾的主要工程措施一直起到了巨大的作用,也为当地人民的生活、工业、农业用水等提供保障。随着我国水网建设的进行,逐渐形成了各地水系联通,同时南水北调工程的中线一期、东线一期通水成功后,各地调水工程的兴建来解决我国水资源不均的情况。平原水库成为调水工程的一个又一个的枢纽,既完成了供水任务,调节了供需平衡,保证了检修地区水网的正常供水又完成水体交换,提高了水质。

为加快构建国家水网主骨架和大动脉的建设,平原水库利用其自身的优势,在水网建设中发挥着重要作用,其建设也如火如荼。水网建设中,供水工程多由管线、渠道利用泵站或者自流把水引入受水区,在过程中常会遇到管线、渠道、水闸、泵站等水利建筑物的检修与维护,导致受水区供水保证率的下降。为保证供水的连续性和受水区供水率,修建平原水库是必要的。

平原水库多位于冲积平原,没有有利的地形形成天然的库盆,需要开挖并修筑围坝形成一个封闭的库盆。平原水库的建设需要大量开挖,开挖料多为各种壤土、砂壤土、砂土等,因此平原水库的围坝大多为土石坝。围坝设计包含:围坝坝高的选择、围坝结构布置、坝顶设计、坝坡设计、坝坡坡比确定、护坡型式、护坡抗冻设计、防渗设计、排水设计、地基处理、围坝渗流及稳定计算、围坝渗流计算、相关进出水建筑物等。

平原水库的轴线即库盆设计的边缘线,直接涉及到移民占地的问

题;弃渣量、库底防渗、投资、弃渣场的选择等因素,即为库盆设计,需要进一步确定。本文就结合围坝的轴线、坝高、防渗几个方面结合设计、工程实践等对水库的库盆设计进行浅谈。

2 围坝的轴线

平原水库的平面布置与围坝轴线,应根据库址区的地形、地质和附近村镇、道路等条件,经多方案的技术经济比较确定。在工程实际操作中,应按照地方规划、充分考虑用地指标,移民征迁的难易程度等确定轴线。

考虑水库蓄水后对周围村庄的浸没等影响,征地范围围线与村庄的最小距离不宜小于200m。对蓄水后库外地下水位变化不大的,距村庄距离可以适当减小。平原水库的平面布置与围坝轴线应因地制宜地选定,在条件允许时,围坝在平面宜布置成近似圆形或多边形,还应考虑减小主风向的吹程和波浪高度、降低坝高、降低护坡造价等因素^{[2][3]}。若平原水库有调蓄功能的,轴线设计要有利于水体交换,杜绝死角等。就每个坝段而言,坝轴线宜采用直线,直线段长度一般不短于200 m,在转折处应设置曲线段,曲线段的曲率半径不小于坝顶交通对转弯半径的要求^[2]。

3 坝高和开挖深度的选择

3.1 设计原则和基本方法

平原水库围坝的合理坝高(或蓄水深度)在库址、坝轴线和库容基本确定后进行,应根据土地资源、地基及筑坝土料等因素,参照已建类似工程经验,选择二至三个坝高(或蓄水深度)进行技术经济方案比较,选用技术可行、经济合理的坝高(或蓄水深度),并据此调整、优化围坝轴线^[6]。

因水库距周边村庄一般较近,围坝较高可能使周边居民产生心理和感观上的恐惧;新建围坝过高对以后城市发展影响较大,与周边建筑物和城市景观不易协调,因此结合城市总体规划,兼顾环境景观效果,利于城市

长远发展,考虑城市防洪安全和周边居民产生心理和感官上的舒适感,确定了坝高^[4]。

由于平原水库的坝高一般较低,属于低坝,同一个围坝轴线布置方案,围坝坝高关于工程投资的敏感度就更高,不同的坝高(对应不同正常蓄水位)一般每0.5m~1m一个级差进行比较更为合适,进而找到挖填平衡下的投资最省高度。

3.2 设计中常见问题

3.2.1 明确弃渣场

在既定的坝轴线范围内,围坝越高,开挖越深,库容越大。水库开挖后产生大量的土石方,有的可用于围坝建设,有的需要弃渣。为了节省投资,设计中对土石方的平衡更要重视,减少弃渣量,是有效控制工程投资的手段之一。因为平原水库建设的一个重点、难点是弃渣场的选择,新建的平原水库大部分都为大型水库,弃渣量在千万方以上,涉及到征地和水土保持的问题。大型弃渣场的建设耗费资金庞大,在施工过程中变更、索赔更易发生,同时由于弃渣场是非工程性主要建筑物,在设计中更容易忽视设计的重要性,需要提引起重视,否则容易引起塌陷等安全问题。

弃渣场的选择应同建设方和当地政府落实,在项目前期找到方案,在可研阶段就要确定弃渣场的位置,如果弃渣有别的工程可以消纳,在这一时期一定要落实到位,否则在初设时很容易由于弃渣场的调整导致投资大幅上升,甚至开工后会出现弃渣无法处理的问题,工程进度大受影响,工程投资无法控制。

3.2.2 围坝高度有上限

此时库容确定后,地面以上围坝坝高的上限的问题是设计中常遇见的。国内平原水库地面以上超过10m的较少,围坝越高,越能用掉库底开挖料,虽然国内土石坝的工程建设和施工经验丰富,但不是越高越好,要考虑当地居民的心里接受能力。同时具备紧急情况下,水库快速由正常蓄水位泻至地面高程水位的能力,时间限制应符合工程归属方或当地政府的救灾抢灾的时间要求。

如在平原区建设大型调蓄工程,基本需要开挖成库,工程弃渣量大,且市区内多属平原,村庄密集,基本农田数量大。受库容、轴线的限制,围坝坝顶不能过高,只能深挖,增加弃渣,弃渣太多导致投资又增加,容易出现矛盾,提供以下方法供参考。

增设防浪墙,适当提高正常高水位,提高库底开挖高程,降低工程弃渣。适当提高坝顶高程和增设防浪墙相结合的方式,替换库底开挖工程量。或者坝顶无法提

高后,也可减少工程弃渣。防浪墙可根据当地文化融入设计,提升工程形象,同时减少弃渣。

采取库盘开挖方案研究与正常蓄水位优化同步进行的方式,调整库盘开挖方案和正常蓄水位以达到挖填基本平衡的目标。并结合土石方挖填平衡和正常蓄水位论证,分区域进行库底开挖。库盆的盆底设计可以不是一马平川的高程,在开挖时,配合库底防渗、水质置换等要求,分区开挖,不仅可以减少弃渣量,还有利于后期的管理运行。

3.3 平原水库防渗设计浅谈

水库的水主要用于生活生产,减少渗漏,能存蓄住正常库容,是保证水库功能性的主要任务,水库渗漏不仅直接影响到水库的正常运行,严重的将危及水库土坝的安全。水库防渗设计包含坝体和库底的防渗内容,坝体防渗同筑坝材料密切相关,由于平原水库的地理位置、地质条件的特点,坝体一般为当地材料坝,土石坝更是主要坝型;平原地区表层黏土及亚黏土较薄,由于平原水库一般占地面积较大,库盆挖深有限,底部很难形成天然的隔水层。

“上堵下排”是水库设计防止渗透破坏的基本原则,常见的上堵措施有:水平防渗与垂直防渗。水平防渗主要有黏土水平铺盖、土工膜铺设;垂直防渗主要有土工膜垂直铺塑、黏土贴坡、黏土截水槽、混凝土防渗墙、水泥防渗墙、高压喷射板墙灌浆等;下排措施主要水平排水和竖直排水,或者相结合的方式。平原水库的主要目的是蓄水,所以“上堵”防渗是主要目的,下排是为了保证水库的安全,其结合方式应该根据地质条件、建筑材料选择、防渗条件等结合技术安全、经济合理等原则确定^[1]。

4 坝体防渗

围坝坝体的设计主要为渗透稳定,防渗设计是其中的重要部分,根据选择的坝型不同,防渗体也不同,例如均质坝、心墙坝、斜墙坝等。防渗设计中坝体上游较多采取土工膜铺塑、水平铺盖、防渗墙等措施;下游防渗体注意反滤层的设计,尤其是防渗体下游材料变化区,注意满足防渗要求,防止渗透曲线过高;对于非防渗体的部分材料渗透系数改变较大时也应注意增加反滤层。

为减少弃渣,围坝断面的设计往往会比正常土石坝设计范围大,尤其是下游常会增设压坡平台,更应注意反滤层的设计,同时增加褥垫排水、贴坡排水、截流沟等。褥垫排水的长度根据渗透稳定计算确定,并满足伸进坝体的极限尺寸,黏性土均质坝宜为底宽的1/2,砂性

土均质坝宜为底宽的1/3,土质防渗体分坝与防渗体下游的反滤层连接或与竖式排水相连接^[5]。

由于平原水库围坝下游大而广,且离居住区较近,良好的护坡景观设计有利于提升工程面貌,为周围居民带来幸福感,因此坝面排水与水土保持措施相结合,采用常见的几种排水形式联合使用。

4.1 库底防渗

平原水库的库底防渗措施有很多,同山区水库类似,根据地质条件选择合适的防渗处理办法。主要措施仍然为垂直防渗、水平防渗、或者两者相结合,有时也同坝基、库底地基处理相结合。

现在新建的许多平原水库多数存在坝址及库区内机井和灌溉井的清查和封堵方案问题,需要采取可靠的工程措施,防止水库建成后在库底形成渗流通道,以保证水库蓄水效果。所以对于封堵问题应引起重视,进行专门的勘察和封堵设计,以完善水库防渗设计。

4.2 平原水库常用防渗措施介绍

水平防渗是较常用的一种防渗形式,垂直防渗是坝基或坝体防渗的一种行之有效的方法,但适用范围相比较而言较小。水平防渗中常拟定混凝土铺盖、粘土铺盖和复合土工膜等进行方案比较。

混凝土铺盖比较适用于水体规则、水面区域面积较小的人工湖,主要型式为现浇混凝土和混凝土预制块拼装,使用年限一般可达30~50年。混凝土铺盖防渗防冲性较好,耐久性较强,但大范围应用工程造价较高。该方案需要将设计库底高程以下一定厚度的土层挖除,基础进行碾压后,铺设素混凝土垫层和混凝土衬砌混凝土^[4]。

粘土铺盖属于传统防渗方法,对于有优质粘土的地区具有投资省、工艺简便的特点,且有利于生态交换,使用年限一般为25年左右。考虑粘土防渗所需土方总工程量巨大,适合能够就地取材的情况。该方案需根据作用水头将设计库底高程以下不少于2.0m厚的土层挖除(需结合土质和根据渗漏试验确定),换填同等厚度粘土,压实度不小于0.98^[4]。

复合土工膜防渗具有渗透系数小、较强的耐酸碱、抗老化、抗紫外线的的能力,并能适应各种复杂的环境,变形能力强,经久耐用、施工简便、工程造价低、工期短的优点,广泛用于水利工程^[4]。

平原水库建设中,一般会缺乏防渗系数小的粘土材料,因此水平防渗,在经过投资、耐久性、环境适应性

等综合必选后,往往采用复合土工膜的方案。

随着土工合成材料的发展,复合土工膜技术日益成熟,土工膜的物理性能、耐久性和施工性能大大提高,防水效果较好,可达 $1 \times 10^{-10} \sim 10^{-13} \text{cm/s}$,较粘土防渗提高10万倍以上,替代了粘土等材料,越来越多的用于防渗工程,尤其是除险加固工程,取得了显著成效。平原水库的防渗坝体和坝基可以由复合土工膜一体防渗,也可以局部防渗^[1]。

土工膜的种类较多,复合土工膜的性能指标,应根据选用的复合土工膜的结构、材料的种类与规格等具体情况选择。有供、饮水功能的水电工程土工膜的性能指标应符合国家现行标准的有关规定。用于水库库底、坝(岸)坡等铺设与焊接条件较好的防渗材料,可选择聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、氯磺化聚乙烯(CSPE)等土工膜。用于垂直防渗或焊接施工条件较差时,宜选择易于粘接、嵌固连接的土工膜,例如:择聚氯乙烯(PVC)、氧化聚乙烯(CPE)、氯磺化聚乙烯(CSPE)和三元乙丙(乙烯/丙烯/二烯共聚物,EPDM)等^[6]。

库底防渗设计采用复合土工膜设计,多与各种地基处理相结合,例如存在液化问题,需要与坝基防液化翻压土层设计相结合;湿陷性黄土状土处理,研究强夯与置换组合完善强夯处理方案相结合等。

结语

平原水库建设同山区水库相比具有其独特的型式,目前国内尚未制定水利行业标准或设计规范,仅有地方标准或团体标准,但随着国家水网建设的加快,平原水库的优势将进一步显现,在供水、调水、水质置换等工程任务中承担着越来越重要的作用。

参考文献

- [1]王殿武,于本洋.平原水库工程技术与实践[M].北京:中国水利水电出版社.2003:1-4,143-145,159.
- [2]DB37/1342-2021,平原水库工程设计规范[S].
- [3]国务院南水北调工程建设委员会办公室.南水北调工程平原水库技术规程.[Z].2009.
- [4]河北省水利水电勘察设计院.河北省廊坊市应急供水工程广阳水库工程可行性研究报告(报批稿).[R].2011.
- [5]SL274-2020,碾压式土石坝设计规[S].
- [6]NBT35027-2014,水电工程土工膜防渗技术规范[S].