

# 头道白杨沟水库(两种坝型结合)设计要点分析

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.v8i1.5147

**[摘要]** 头道白杨沟流域地处新疆哈密地区东天山支脉莫钦乌拉山北坡,头道沟白杨沟水库坐落在头道白杨沟流域沟口往上2km处。水库大坝分主坝和副坝,水库最大坝高81m,库容400万 $m^3$ 。主坝为拦河坝采用碾压沥青混凝土心墙坝型,在主坝左侧为古河道,古河槽沉积物为第四系中更新统(Q2a-pL),冲、洪沉积卵砾石组成,密实,达到了坝体筑坝的指标要求。古河槽渗漏是水库主要工程地质问题之一,需加强对古河槽的防渗处理。主坝左侧古河槽作为副坝采用混凝土面板作为坝体的防渗处理,基础采用固结灌浆和帷幕灌浆材料,运行10年来,两种坝型结合防渗效果良好。

**[关键词]** 两种坝型结合; 碾压式沥青混凝土; 坝体设计

**中图分类号:** TV331 **文献标识码:** A

Analysis of the key points of the design of the Baiyanggou Reservoir (combination of two dam types).

Xingpei Jiang

Hami Tuoshi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Co., Ltd

**[Abstract]** The Toudaobaiyanggou watershed is located on the northern slope of the Moqin Wula Mountain, a branch of the East Tianshan Mountains in Hami area, Xinjiang, and the Toudaogou Baiyanggou Reservoir is located 2km above the mouth of the ditch in the Toudaobaiyanggou watershed. The reservoir dam is divided into main dam and auxiliary dam, with a maximum dam height of 81m and a storage capacity of 4 million  $m^3$ . The main dam is a barrage dam with RCC concrete core wall dam type, on the left side of the main dam is the paleochannel, and the paleoriver channel sediment is the Quaternary Middle Pleistocene (Q2a-pL), and the alluvial and flood sediments are composed of gravel and compact, which meets the index requirements of dam construction. The seepage of the paleoriver channel is one of the main engineering geological problems of the reservoir, and it is necessary to strengthen the anti-seepage treatment of the paleoriver trough. The ancient river trough on the left side of the main dam is used as the auxiliary dam with concrete panel as the anti-seepage treatment of the dam body, and the foundation is made of consolidated grouting and curtain grouting materials, and the anti-seepage effect of the two dam types is good in the past 10 years of operation.

**[Key words]** combination of two dam types; Roller-compacted bitumen concrete; Dam design

## 引言

头道白杨沟水库由主坝和副坝组成,主坝为拦河坝采用碾压沥青混凝土心墙坝型,最大坝高81m,库容达到400万 $m^3$ 。而副坝采用混凝土面板作为坝体的防渗处理,并采用固结灌浆和帷幕灌浆材料来加强其基础的渗漏防治。本文将着重分析头道白杨沟水库设计要点,主要包括主坝与副坝的结构形式、坝体材料选择、基础防渗措施等方面。

## 1 概况

头道白杨沟水库地处木垒河上游,库区海拔高度在1800-2200米之间,年平均气温为8℃左右,四季分明。水库控制流域面

积为1790平方公里,总库容为1.69亿立方米,兴利库容为1.18亿立方米。水库大坝为粘土心墙砂砾石坝,坝高123.5米,坝顶长630米。头道白杨沟水库的主要功能是为下游灌区提供灌溉水源,保障农业丰收。同时,水库还具备发电、防洪、生态、旅游等综合效益。水库电站装机容量为3.6万千瓦,年发电量为1.8亿千瓦时。在防洪方面,水库可有效减轻下游地区的洪水灾害威胁。

## 2 气象及地质条件

### 2.1 气象

头道白杨沟水库属于温带大陆性气候。这种气候特点是四季分明,降水量少,蒸发强烈,日照时数长。头道白杨沟水库地区

年平均气温约为8℃,最冷月份(1月)平均气温-12℃,最热月份(7月和8月)平均气温约25℃。头道白杨沟水库地区降水量较少,年平均降水量在200-300毫米之间,主要集中在夏季(6-8月)。由于地处内陆,气候干燥,头道白杨沟水库地区蒸发强烈,年平均蒸发量在1500-2000毫米之间。头道白杨沟水库地区日照时数长,年平均日照时数在2800-3000小时左右。头道白杨沟水库地区主导风向为西北风,冬季风速较大,夏季风速较小。

### 2.2 水库库区工程地质条件

头道白杨沟发源于莫钦乌拉山北坡,河长21.0km,山区段河床坡降大,河谷窄,上游河段,没有合适的建库地形。通过比选,头道白杨沟水库的库区位于沟口上游0.50km至2.50km的河段,这里的地理形态为侵蚀构造低中山地貌。地势特点是南部较高,北部较低。两岸山顶的海拔高度在1920.0m至1990.0m之间,河谷的海拔则在1850.0m至1920.0m之间。河谷与两岸山顶的相对高差在70.00m至80.00m之间。河床的平均坡降在3.5%至4.0%之间,河流的流向为东北方向,角度在10.0°至20.0°之间。河谷的底部宽度在30.00m至80.00m之间。河谷的形状为“U”型,这是新构造运动的影响,地壳间歇抬升的结果。在库区河段内,可以看到I级残留阶地。河流出沟口沿两岸均可见I、II、III级阶地,阶地类型为堆积阶地。

## 3 工程总体布置

头道白杨沟水库为拦河水库,水库枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物和放水建筑物等组成。

**挡水建筑物:**挡水建筑物由主坝和副坝组成,主坝坝型采用碾压式沥青混凝土心墙坝;副坝段(古河槽段)采用混凝土面板防渗。

### 3.1 坝体横剖面设计

头道白杨沟水库的拦河坝主体为碾压式沥青混凝土心墙坝。坝体总长410.5米,其中,主坝段(河床段)长220.0米,副坝段(古河槽段)总长190.5米。主坝段采用沥青混凝土心墙进行防渗,最大坝高79.8米;坝顶高程为1930.85米,防浪墙顶高程为1932.05米,高出坝顶1.2米。上游坝坡比例为1:2.25,下游坝坡比例为1:1.8,下游综合坡度为1:2.2。河床段碾压式沥青混凝土心墙厚度分别为:1900.00米高程以上厚50厘米,1900.00米至1880.00米高程厚70厘米,1880.00米高程以下厚100厘米。副坝段采用40厘米厚钢筋混凝土面板进行防渗,坝顶高程为1930.85米,防浪墙顶高程为1932.05米,高出坝顶1.2米。上游坝坡比例为1:1.6。主坝段的防渗体由沥青混凝土心墙、固结灌浆处理后的稳定基岩,以及副坝段的混凝土防渗面板、趾板、帷幕灌浆处理后的稳定基岩组成。主坝段和副坝段的固结灌浆均为2排,排距3米、孔距3米,固结灌浆深度10米。帷幕灌浆为2排,孔、排距2米。对于建基面高程低于1928.38米的段落,帷幕灌浆深度需伸入基岩透水率小于5LU的区域;建基面高程高于1928.38米的段落,帷幕灌浆深度需伸入基岩透水率小于10LU的区域。

### 3.2 主坝段坝体分区设计

主坝段(河床段)的沥青混凝土心墙坝主要结构由以下几部

分组成:沥青混凝土防渗心墙、心墙上下游过渡层以及坝壳砂砾石区。

沥青混凝土防渗心墙是坝体的重要组成部分,承担着防止水分渗透的关键任务。心墙采用高质量的碾压式沥青混凝土建造,以确保良好的防渗性能。

心墙上下游过渡层位于心墙两侧,其主要作用是缓冲水压力变化对心墙的影响,降低坝体受力状况。过渡层采用沥青混凝土或其他适宜的材料建造,以保证大坝的稳定运行。

坝壳砂砾石区位于心墙下游,主要由砂砾石组成,具有较好的排水性能。坝壳砂砾石区的主要作用是减小坝体承受的水压,提高大坝的整体稳定性。

### 沥青混凝土心墙:

碾压式沥青混凝土心墙厚度:1900.00m高程以上厚50cm,1900.00m~1880.00m高程厚70cm,1880.00m高程以下为厚100cm。心墙顶部距坝顶1.4m,心墙底部由2.5m厚C25F300W8混凝土基座与基岩连接。

### 碾压式沥青混凝土心墙技术指标:

- a、渗透系数 $k \leq 1 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ;
- b、孔隙率 $n \leq 3\%$ ;
- c、水稳定系数不小于0.90;

沿心墙轴线左右两岸坡心墙与基岩连接时,在基岩上开挖梯形槽,底宽6.6m、边坡1:0.3,开挖完毕后在基岩槽内浇筑2.5m厚的C25F300W8灌浆的压顶板。沥青混凝土心墙直接与混凝土压顶板相连接,心墙与混凝土压顶板连接处设置厚度1.0mm紫铜片止水,连接处的心墙厚度逐渐扩大到2倍心墙厚度,心墙扩大处斜面坡度1:0.3,连接处混凝土压顶板应凿毛,喷涂0.2kg/m<sup>2</sup>阳离子乳化沥青,待充分干燥后,再涂一层厚度为1mm的砂质沥青玛蹄脂。

### 过渡层:

设计沥青混凝土心墙过渡层1900.00m高程以上上下游宽度各3m,1900.00m~1880.00m高程上下游宽度各2.9m,1880.00m高程以下上下游宽度各2.75m。均选用坚硬、耐风化的砂砾石料。过渡区应具有连续的级配, $D_{\max} \leq 80 \text{mm}$ ,小于5mm的颗粒含量宜为25%~40%,小于0.075mm的颗粒含量 $< 5\%$ ,碾压指标:相对密度 $\geq 0.85$ ,过渡层与沥青混凝土心墙同步施工。

### 坝壳砂砾石区:

坝壳砂砾石区采用沟口坝壳料场和库区坝壳料场的砂砾石料,砂砾石料场储量及质量均满足坝体填筑料要求。坝基覆盖层开挖料也可作为筑坝料上坝。

坝体砂砾石料要求级配良好,最大粒径不超过压实层厚度的2/3,经碾压后坝体砂砾石的相对密实度 $\geq 0.85$ 。

### 爆破料利用区:

导流、放水洞、溢洪道以及坝体灌浆盖板开挖的石方爆破料均可利用作为上坝料,将其设置在下游坝坡脚处,根据爆破料的数量,设置堆置顶高程为1880m,顶宽40m。利用料堆积区孔隙率为20%~28%。

### 抗震措施:

根据构造、施工、运行和抗震等要求,头道白杨沟水库拦河坝的坝顶宽度设计为10米。考虑到当地料场的筑坝材料情况以及已建工程的参照,结合地震基本烈度为7°,从安全、经济和施工便利性等方面出发,下游坝坡设计为1:1.8。为了在施工和运行期间解决交通问题,在下游坡设置了宽度为8米、纵坡为8%的“之”字形上坝路。这样一来,最大断面处的下游综合坝坡就变成了1:2.2。总之,头道白杨沟水库拦河坝的设计充分考虑了各种因素,如施工、运行和抗震等要求,采用了适当的材料和结构,以确保大坝的稳定运行。这些措施为水库提供了良好的防渗效果,保障了水库的水资源安全。

### 3.3副坝段坝体分区设计

副坝段(古河槽段)的设计是依据坝址区的地形地质条件和筑坝材料的物理力学性质来进行的。坝体自上游向下游被分为多个区域,这些区域包括上游盖重区、上游铺盖保护区、砼面板、垫层区、周边缝垫层小区以及趾板。上游盖重区和上游铺盖保护区的主要作用是保护坝体免受水流冲击,同时也有助于提高坝体的整体稳定性。砼面板和垫层区则是主要的防渗结构,能够有效地阻止水分的渗透。周边缝垫层小区和趾板则分别负责处理坝体与周边地基的接合部位,以及保护坝体免受水流侵蚀。

#### 3.3.1上游盖重区

上游盖重区位于面板的上游部分,其顶部高程为1890米,顶宽为3米。上游坡度设计为1:2.5,其主要作用是确保上游铺盖区边坡的稳定。上游盖重区的设计考虑了地形、地质以及筑坝材料的物理力学性质等因素,以确保大坝的稳定运行。同时,该区域还负责保护面板免受水流冲击,提高坝体的整体稳定性。

#### 3.3.2上游铺盖区

上游铺盖保护区位于面板的上游部分,其顶部高程为1890米,顶宽为3米。上游坡度设计为1:2,采用料场土料,其主要作用是形成面板上游的防渗补强区,并与垫层区共同防止周边缝的开裂,实现自愈的效果。上游铺盖保护区的设计充分考虑了地形、地质以及筑坝材料的物理力学性质等因素,以确保大坝的稳定运行。同时,该区域还负责保护面板免受水流冲击,提高坝体的整体稳定性。

#### 3.3.3垫层小区

设计确定垫层小区顶部水平宽度为3m。垫层小区料的最大粒径不超过40毫米,其中小于5毫米的颗粒含量控制在35%至55%之间,小于0.075毫米的颗粒含量小于8%。这种材料需要具有连续的级配,压实后应具有稳定的内部渗透性、低压缩性和高抗剪强度。压实后的相对密度应达到或超过0.85。垫层小区料的设计要求充分考虑了地形、地质以及筑坝材料的物理力学性质

等因素,以确保大坝的稳定运行。同时,这种材料还需要具备良好的防渗性能,以保护水库的水资源安全。

#### 3.3.4无砂混凝土排水体

副坝段坡面无砂混凝土排水体位于钢筋混凝土面板下部,厚度为30cm,混凝土标号为C20F200,无砂混凝土采用20mm~40mm砾石,在高程1885.0m处无砂混凝土排水体内设置一根DN200排水花管,排水管排入导流、放水涵洞无压洞内。

#### 3.3.5趾板设计

趾板线长300m,趾板采用平趾板,趾板宽度为6m,厚度为0.6m,趾板混凝土标号C25F300W8。趾板钢筋布置在中部,采用单层双向钢筋,每向配筋率为0.3%。在周边缝侧的趾板混凝土中,设置抗挤压钢筋以防止止水周围混凝土的破坏。为了加强趾板与基础的连接,确保趾板在固结、帷幕灌浆压力及其他外力下的稳定,趾板通过锚杆锚固在基岩上,锚杆直径为 $\phi 25$ mm,深入基岩锚固深度4m,孔、排双向间距1.5m,呈梅花形布置。副坝防渗体由砼防渗面板、固结灌浆、帷幕灌浆处理后的稳定基岩组成,封闭地面以下的渗流通道,形成完整的防渗体系。

## 4 结语

头道白杨沟水库于2013年5月动工兴建历时10个月,于2015年5月下闸蓄水,水库运行至今良好,主坝和副坝没有出现坝基渗漏和绕坝渗漏问题。头道白杨沟水库是一座两种坝型的结合体。主坝采用了碾压式沥青砼心墙坝,副坝段采用了采用40cm厚钢筋混凝土面板防渗。为我们今后根据不同的地质、地形条件修建优化大坝提供了非常好的借鉴经验。

## [参考文献]

- [1]王新疆,周佳.白杨沟水库大坝安全监测设计[J].科技创新与应用,2014,(9):158.
- [2]朱新英.头道白杨沟水库古河槽处理方案设计[J].大坝与安全,2015,(4):66-69.
- [3]张超.叶巴滩水电工程施工初期导流标准优选[J].人民长江,2016,47(16):58-61.
- [4]刘洋,杨宗彭,吴学斌,等.水利水电工程施工进度控制[J].科技风,2023,(5):76-78.
- [5]林万旭,韩鹏辉,王琳琳,等.黄河上游某水电站初期导流标准风险分析[J].西北水电,2018,(5):74-76,83.
- [6]钟平.凌津滩工程施工导流标准及导流建筑物型式的确  
定[J].大坝与安全,2002,(2):12-15.

## 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。