

# 白岩水库提水建筑物（泵站）的布置初探

占美群

山东省水利勘测设计院有限公司贵州分公司

**摘要：**水库工程是我国水利工程项目建设工作当中非常重要的组成部分，水库工程建设可以为周围农业产业发展、人们的日常生活、生产用水以及实现水体资源储存、调度和利用提供保障，并且在水库工程项目建设工作过程中，必须要对提水建筑物的相关布置工作加以充分重视，保证水库工程供水工作质量和效果。基于此，本文以白岩水库工程项目为例展开分析和研究，重点提出该水库工程泵站的相关控制工作要点，保证泵站各项功能得以充分发挥，提高水库整体运行工作质量和稳定性，为后续类似工作的顺利开展提供相关参考和借鉴。

**关键词：**水库工程；泵站；设计；安全；应用

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.062

白岩水库工程水库枢纽工程由混凝土面板堆石坝、右岸岸边式溢洪道、右岸导流兼取水建筑物等组成。输水工程总布置，由提水泵站、高位水池、供水管道分两干管供水，一路向下游的群丰村，另一路沿现有道路平行布置至上游的高位水池，然后向各效益区供水，管道总长约42.87km。

白岩水库工程等别为IV等，工程规模为小（1）型，挡水建筑物、泄水建筑物、取水建筑物、消能防冲等主要建筑物为4级建筑物；提水泵站为3级建筑物，其他次要建筑物及临时建筑物为5级建筑物。面板堆石坝、泄水建筑物、取水建筑物等主要建筑物按50年一遇洪水设计，500年一遇洪水校核，消能防冲按20年一遇洪水设计；泵站按30年一遇洪水设计，100年一遇洪水校核；同意输水管道按10年一遇洪水设计，30年一遇洪水校核；导流、临时建筑物按5年一遇洪水设计。

## 一、水库工程建设特性

白岩水库工程是以集镇和农村人畜供水及扶贫产业供水的综合性水利工程。水库坝址以上控制流域面积30.3km<sup>2</sup>，多年平均径流量1333万m<sup>3</sup>，多年平均流量为0.423m<sup>3</sup>/s。水库校核洪水位（P=0.1%）1461.47m，正常蓄水位1458.50m，死水位1431.00m，总库容933.0万m<sup>3</sup>，兴利库容734.0万m<sup>3</sup>，死库容63.9万m<sup>3</sup>。水库总供水量（不含环境水）793.0万m<sup>3</sup>/a，其中向集镇供水水量为63.8万m<sup>3</sup>/a，农村人畜饮水供水量355.1万m<sup>3</sup>/a，扶贫产业供水量374.1万m<sup>3</sup>/a（P=95%），以及下放环境水量133.3万m<sup>3</sup>/a，具体参数如表1：

表1 水库特性表

项目名称	单位	上坝线	下坝线	备注
集水面积	km <sup>2</sup>	30.0	30.3	
正常蓄水位	m	1458.50	1458.50	
正常蓄水位库容	万m <sup>3</sup>	798.0	798.0	
校核洪水位	m	1461.47	1461.47	P=0.1%
设计洪水位	m	1460.49	1460.49	P=2%
死水位	m	1431.00	1431.00	
总库容	万m <sup>3</sup>	933.0	933.0	
兴利库容	万m <sup>3</sup>	734.0	734.0	
死库容	万m <sup>3</sup>	63.9	63.9	
库容系数	%	55.1	55.1	
调节性能		多年调节	多年调节	
供水流量	m <sup>3</sup> /s	0.394	0.394	

## 二、提水建筑物（泵站）布置工作要点

根据对供水区域分布高程、泵站级数及泵站站址比选分析，本次白岩水库供水系统主要由两级泵站提水。根据效益区高程与平面分布，将整个供水范围划分为3个片区，分别为：群丰片区、水库上游片区及马干山片区。其中群丰片区通过坝后一级泵站提水至位于右坝肩缓坡台地的200m<sup>3</sup>高位水池，200m<sup>3</sup>高位水池接输配水管解决群丰片区的供水问题。水库上游片区通过坝后一级泵站提水至位于水库上游白岩村的云盘脚山坡上的2000m<sup>3</sup>高位水池，然后从2000m<sup>3</sup>高位水池接输配水管解决水库上游片区的供水问题。马干山片区通过马干山二级泵站提水至位于马干山恒大牧场附近的200m<sup>3</sup>高位水池，然后从200m<sup>3</sup>高位水池接输配水管解决马干山片区的供水问题<sup>[1]</sup>。

### （一）坝后一级泵站

#### 1. 泵站等级及建筑物级别

白岩水库坝后一级泵站设计流量为0.261m<sup>3</sup>/s（939.6m<sup>3</sup>/h），泵组设置4台D360-50×9卧式多级离心泵机组，3用1备，单机功率710kW。群丰泵组设计提水流量为0.03m<sup>3</sup>/s（108.0m<sup>3</sup>/h），泵组设置2台D120-50×4卧式多级离心泵机组，1用1备，单机功率110kW。泵站总装机容量3060kW，根据规范泵站等级为III等，泵站规模为中型，主要建筑物等级为3级，次要建筑物等级为4级。

#### 2. 泵站布置

根据地形、地质条件，结合工程大坝枢纽布置，本工程共设计两级泵站提水，一级泵站布置在大坝下游取水放空隧洞出口闸阀室左侧的平台上，从闸阀室DN1200取水管上接DN800引水管，再从DN800引水管接6

根泵站进水管；其中高区泵4台，进水管为DN250，出水管为DN300；群丰2台泵组，进水管为DN150，出水管为DN150。高区泵将库水加压后，4根出水管（DN300）并联接入DN600高区上水管，将库水提至位于水库上游白岩村的云盘脚山坡处的2000m<sup>3</sup>高位水池，水池底板高程为1840.00m。群丰泵将库水加压后，2根出水管（DN150）并联接入DN150群丰上水管，将库水提至位于右坝肩缓坡台地的200m<sup>3</sup>高位水池，水池底板高程为1611.00m。白岩水库坝后一级泵站设计流量为0.261m<sup>3</sup>/s（939.6m<sup>3</sup>/h），泵组设置4台D360-50×9卧式多级离心泵机组，3用1备，单机功率710kW。群丰泵组设计提水流量为0.03m<sup>3</sup>/s（108.0m<sup>3</sup>/h），泵组设置2台D120-50×4卧式多级离心泵机组，1用1备，单机功率110kW。泵站总装机容量3060kW，根据规范泵站等级为III等，泵站规模为中型，主要建筑物等级为3级，次要建筑物等级为4级。

### 3. 泵站设计流量

根据《室外给水设计规范》（GB50013-2006）规

表2 D360-50×9型水泵性能参数表

泵型号	流量 (m <sup>3</sup> /h)	扬程 (m)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 (kW)		NPSHr (m)	泵重 (kg)
					轴功率	电机功率		
D360-50×9	300	477	1480	75	520	710	4.65	1593
	360	450		78	566		4.7	
	440	414		75	661.8		5.4	

### 2. 群丰泵组选型

群丰村方向水泵设计扬程180.2m，最高扬程190.7m，最低扬程161.2m，属于小流量、高扬程离心泵

定和供水对象的特点，并结合当地水资源条件，白岩水库的供水保证率取95%，供水流量为0.261m<sup>3</sup>/s，本工程采用24小时提水工作时间，则提水计算流量Q=0.261×3600=939.60m<sup>3</sup>/h，其中高区泵组提水流量Q=939.60m<sup>3</sup>/h；群丰Q=108.0m<sup>3</sup>/h。

### （二）水泵选型

本着既要满足设计要求、经济合理、又便于管理运用的原则，通过对效率、机电设备、土建投资、运行管理等方面进行技术经济分析确定，水泵型式比选详见“第六章 机电及金属结构”相关章节，本处仅引用泵型选择结论。

#### 1. 高区泵组选型

高位水池方向水泵设计扬程410.4m，最高扬程420.9m，最低扬程390.9m，设计流量0.261m<sup>3</sup>/h，属于小流量、高扬程离心泵范围。根据国内水泵生产情况，确定采用多级离心泵。经比选确定选用D360-50×9卧式多级离心泵4台，3用1备，配套电机功率710kW，水泵性能参数如下表所示：

范围。根据国内水泵生产情况，确定采用多级离心泵。经比选确定选用D120-50×4卧式多级离心泵2台，1用1备，配套电机功率110kW，水泵性能参数如下表所示：

表3 D120-50×4水泵性能参数表

泵型号	流量 (m <sup>3</sup> /h)	扬程 (m)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 (kW)		NPSHr (m)	泵重 (kg)
					轴功率	电机功率		
D120-50×4	96	220	2950	73	78.79	110	3.2	442
	120	200		73.3	89.17		5.1	
	140	169.2		67.5	95.57		6.7	

### （三）坝后一泵站上水管

泵站出水管从坝后一级泵站布置至群丰高位水池和坝后一级泵站高位水池，群丰上水管与坝后一级泵站上水管并排铺设，两管道间距0.6m，管线途经大坝右坝肩→马力功→大坡→弯潭沟→云盘脚→坝后一级泵站2000m<sup>3</sup>高位水池。坝后一级泵站上水管长3398m，进出口高差433m，管材为DN600无缝钢管，单管布置，埋管敷设，管壁厚12~24mm；群丰上水管长574m，进出口高差204m，管材为DN150无缝钢管，单管布置，埋管敷设，管壁厚6.0mm。在管道水平转弯及纵剖面变坡处设置镇墩，在没有转角和变坡的情况下，每隔50m设置镇墩，镇墩采用C25钢筋砼镇墩。沿线布置70个镇墩<sup>[3]</sup>。在管道最低处设置DN200泄水阀，共6个；管道最高处设置DN50排气阀，共6个；阀体处设置闸阀室，共设置12座阀室。利于管道排气、排沙、放水和检修。管线基础多为

强风化基岩。

### 三、泵站附属建筑物设计

上水管为单管输水，输水线路应设检修阀；长距离输水管道的阀门间距可控制在3~5km；上水管长度为3.398km，管道最低处设置泄水阀，检修时利用泄水阀放水，因此不单独设置检修阀。上水管附属建筑物有排气阀室6座、泄水阀室6座。

#### （一）排气阀室

长距离输水管线上正确安装进气排气阀是系统正常运行的关键。进气排气阀的设置有三个作用：管道敷设完毕或断水维修后充水时将管内空气迅速排出，使充水正常进行；管道停止运行，管内水需要排除时，通过进气排气阀空气及时进入管内，避免管内形成负压破坏管道及接口；管道运行时溶解于水中的空气会分离出来，在管道的高点形成气囊产生气阻，影响输水能力和输水

的稳定,进气排气阀必须将这部分空气及时排除,保证管道的正常运行。

进气排气阀的安装位置应按下列要求确定:在管道隆起点和平直段的必要位置上,应安装补排气阀。管道埋设高程起伏不平时,应在管线易形成气阻的位置安装进气排气阀,即在靠近管段变坡高点的位置安装<sup>[4]</sup>。

输水管道在坡度小于1‰时,每隔0.5~1.0km设置进气排气阀,一般情况下,每隔1.0km左右设置进气排气阀。排气阀安装在闸阀较高的一端。进气排气阀的直径宜取输水管道直径的1/8~1/12。输水管道口径大于DN400以上时应安装双孔排气阀。进气排气阀的工作压力应同所安装的管道一致。安装进气排气阀时必须同时安装检修用的闸阀。本工程设置6个DN50排气阀及6座排气阀室。进气排气阀室设在镇墩侧,地面以下为矩形室,尺寸为2.4×3.4m;室身采用C25现浇钢筋混凝土结构,阀室净尺寸根据管径确定,壁厚0.3m室净高2.95m;室顶设置0.8×0.8m矩形进人孔,壁厚0.1m,孔顶高出地面不小于0.1m,孔高随地形高程确定。阀室设置于室壁上的爬梯进入室底。

## (二) 泄水阀室

为了在检修时及时排空管道内的积水,在管线低凹处设置泄水管。泄水室的泄水方式为尽量利用地形自排,不能自排时采用移动式潜水泵抽排以便检修时放空管道。泄水阀室为矩形断面,净尺寸为2.5×1.4m矩形断面,室高2.9m。泄水阀室为C25现浇钢筋混凝土结构,壁厚0.3m,底板厚0.3m;泄水管出口排向低地。闸阀室顶部设0.8×0.8m矩形进人孔,C25现浇钢筋混凝土结构,壁厚0.2m,顶部高程超过地面不小于0.5m,通过设置于室壁的爬梯进入室底。泄水管出口排向低地<sup>[4]</sup>。

## (三) 交叉建筑物设计

坝后一级泵站上水管仅与小冲沟、河道、乡村公路和上坝公路交叉。管道穿越冲沟、河道时,采用C15砼包管从地下通过,表层设置厚度不小于500mm块石护面防冲刷。管道穿越上坝公路时,采用C15砼包管从地下通过,表层按上坝公路路面要求布置;管道穿越乡村公路时,采用C15砼包管从地下通过,表层按原状路面恢复。管道外包混凝土厚度不小于0.3m,管顶距路面距离不小于1m。外包混凝土和路面之间回填废渣。本工程沿市政道路布置,与市政建筑物难免交叉。对与管线交叉的水管、电缆、光缆或天然气管道等,应先查明所涉及的具体范围和程,在做好保护措施的情况下,输水管道穿越水管、电缆、光缆或天然气管道等最小距离应满足规范要求,安装完成后恢复地面原貌,并设置相应的标志、标识。

当供水管与污水管交叉时,供水管应布置在上面,且不应接口重叠;若供水管铺设在下面,应采用钢管或设钢套管,套管伸出交叉管的长度每边应不小于3m,套管两端应采用防水材料封闭。供水管道与沿线建筑物基础的水平净距应大于3.0m;与围墙基础的水平净距大于1.5m;与电力电缆、通信及照明线杆的水平净距应大于

1.0m;与高压电杆支座的水平净距应大于3.0m;与污水管、煤气管的水平净距应大于1.5m<sup>[6]</sup>。

## (四) 马干山二级泵站上水管

根据现场勘探,马干山泵站主要是为凤山乡马干山居委会和白宫村供水,上水管道沿线采用埋管敷设方式,采用单管布置,管道线路途经:马干山泵站→流沙坡→后山→马干山高位水池,管线总长3079m。管道管材为DN150无缝钢管,壁厚为6mm。在管道水平转弯及纵剖面变坡处设置镇墩,在没有转角和变坡的情况下,每隔50m设置镇墩,镇墩采用C25钢筋砼修筑。沿线布置62个镇墩。在管道最低处设置DN50泄水阀,共5个;设5座排水阀室;管道最高处设置DN25排气阀,共5个,设5座排气阀室;利于管道排气、排沙、放水和检修。管线基础多为强风化基岩。基础开挖后,在岩基上浇筑混凝土结构,对于覆盖层较浅部位基础,清除覆盖层后浇筑C15砼垫层,覆盖层较厚部位,铺设0.1m厚细砂垫层后再浇筑C15垫层。镇墩基础须置于基岩上。泵站上水管与本工程部分输水管管径、承压基本相当,即马干山二级泵站上水管设计计算不再些重复。

## 四、结语

综上,通过上述分析可以看出水库工程泵站的布置工作要点相对比较复杂,其中所涉及的技术内容相对较多,要求相关工作人员必须要全面了解水库工程泵站的整体结构构成情况,对泵站管道,机组进行合理选择,同时还需要考虑到相关附属建筑物的设计工作,保证整个水库工程泵站功能可以充分发挥,提高泵站运行工作的安全性和稳定性,实现工程项目建设单位的良好经济效益和社会效益。

## 参考文献

- [1] 乔双. 万坝水库主库混凝土面板堆石坝枢纽布置及结构设计[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(15): 100-103.
  - [2] 王志远, 翟光耀, 朱劲木, 龙新平. 鲤鱼洲泵站水泵机组大范围调速运行及出水池出水状态分析[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(S1): 330-335.
  - [3] 袁帅, 李海涛, 向志波. 浮船式泵站在徐家河水库引水工程中的应用[J]. 地下水, 2021, 43(02): 199-202.
  - [4] 孔波, 付少杰, 黄强. 大型复杂跨流域调水工程电站-水库-泵站群多目标优化调度[J]. 水资源保护, 2020, 36(06): 67-72.
  - [5] 张薇薇, 赵平伟, 薛明, 白妙顺. 基于水力模型的供水泵站运行能耗分析及调度辅助示范[J]. 净水技术, 2019, 38(S1): 275-281.
  - [6] 龚志浩, 程吉林. 山湖水库“一库两站”联合运行优化调度方法[J]. 排灌机械工程学报, 2019, 37(02): 124-129.
- 作者简介: 占美群, 女, 1990.06, 江西上饶, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 水利设计。