

渝西水资源配置工程金刚沱泵站布置设计

程洁铃 孟刚 李娇娜

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北武汉 430000

摘要: 长江金刚沱泵站作为渝西水资源配置工程水源工程首个提水泵站, 自长江内取水, 保证取水可靠、有效应对泥沙问题、适应复杂水文与河势、保证取水水质是金刚沱泵站布置设计中需要考虑的重点与难点。通过工程类比、数值分析、方案比较等技术手段, 解决了金刚沱泵站取水头部位置选择、各建筑物结构型式选择、关键设计参数确定等技术问题, 确定了经济合理、施工方便的泵站布置格局。相关设计成果可为同类工程提供参考^[1-3]。

关键词: 江内取水; 提水泵站; 泥沙; 经济

渝西水资源配置工程等别为 I 等, 工程规模为大型(1)型。长江金刚沱泵站为工程水源区首个提水泵站, 自长江内取水, 提水入圣中水库。保证取水可靠、有效应对泥沙问题、适应复杂水文与河势、保证取水水质是金刚沱泵站布置及设计中需要考虑的重点与难点。本文对金刚沱泵站的布置及重点研究问题进行论述。

一、地形地质条件

长江 II 级阶地, 但阶地不完整, 地形为浅丘与槽谷交叉, 地面高程 215 ~ 245m。布置区域覆盖层主要为 (Q_3^{2al}) 的卵砾石夹土, 前缘少量 I 级阶地的粉质粘土夹卵砾石, 覆盖层厚约 2.0 ~ 22.10m。下伏基岩为侏罗系上统遂宁组 (J_3s) 紫红色泥岩、泥质粉砂岩夹薄层砂岩、粉砂岩, 部分层面发育有石膏脉, 脉宽 1 ~ 2mm, 结合一般, 基岩顶面高程 217.80 ~ 231.50m。强风化层厚约 1.0 ~ 4.7m, 弱风化层 13.6 ~ 48.5m, 以下岩石微新。岩

层近水平, 岩层产状: $280^\circ \angle 3^\circ \sim 5^\circ$, 区内未见断层及破碎带。裂隙不发育, 岩体较完整。

二、泵站总布置

金刚沱泵站位于重庆市江津区油溪镇长江河段左岸刁家坪, 采用固定式河床取水型式, 共安装 4 台(备用 1 台)立式离心泵, 额定流量 $28.6\text{m}^3/\text{s}$, 设计扬程 75m。取水头部、引水管、进水井、泵房、出水隧洞、出水塔等主要建筑物为 1 级, 管理房等次要建筑物为 3 级; 金刚沱泵站边坡定为 1 级。

取水头部伸入长江主流, 离左岸边约 320m, 位于长江金刚村江段航道部门设置的丁坝上游约 310m 处。取水头部采用箱式钢筋混凝土结构型式, 纵轴线方向为 $NW30.2^\circ$ 。

引水管垂直深入取水头部箱体取水, 采用两机一管引水, 圆形断面, 直径为 3.2m。平面上采用平行直线接

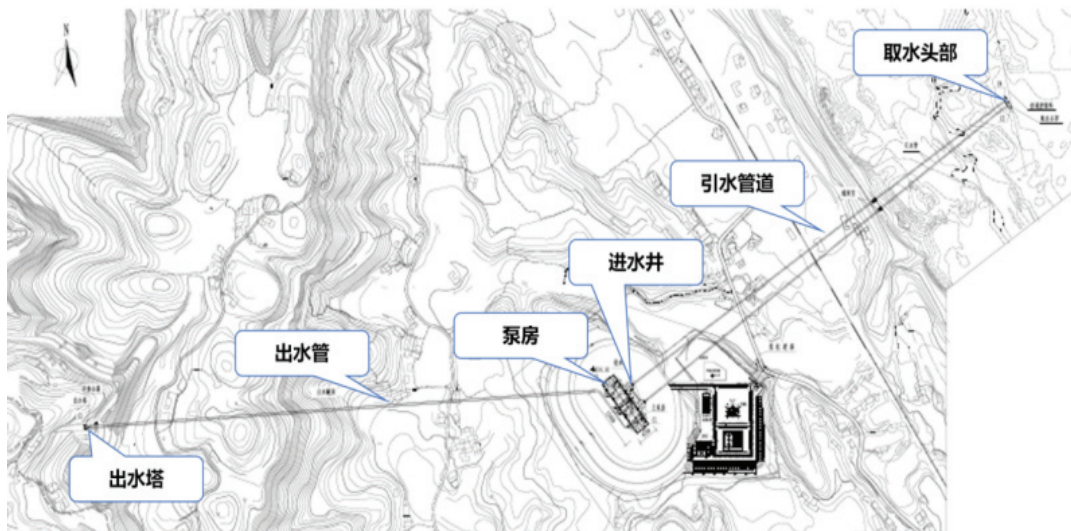


图1 金刚沱泵站总布置图

曲线转弯后再接直线的布置方式。立面上依次由下平段、斜管段和上平段组成，出口接进水井。

进水井布置在泵房上游侧，为两个独立的钢筋混凝土圆筒结构。进水井上游侧、引水管末端布置两道检修闸门。进水井下游侧接2根直径为2.6m的进水钢管，分别与4台机组蜗壳相连。

泵房平行于进水池布置，纵轴线方向 $NW37.9^\circ$ ，总尺寸为 $124.5m \times 41.5m \times 64.5m$ （长 \times 宽 \times 高），分三段布置，4台水泵呈一字排列分设在三个泵房内，从左至右分别为1#~3#泵房。

出水隧洞采用四机一洞，四根钢管在出泵房后合为一根主管，后进入隧洞，主洞为圆形断面，直径4.0m。平面上采用直线条曲线转弯后再接直线的布置方式，立面上依次由下平段、斜直段和上平段组成。

出水塔布置在圣中水库内，位于大坝右侧，离右坝

肩直线距离约300m，为岸塔式结构。

三、取水头部布置设计

根据国家相关法律法规规定、可研阶段的选址结果、与工程布置的相对位置关系，初步选择取水江段。在确定取水江段的基础上综合考虑江段的地形地质条件、取水河段河势、冲淤变化情况、航道布置情况以及圣中水库位置等因素，结合取水头部泥沙模型试验成果确定进水口位置。

从工程适用性、地形地质条件、工艺进流形式、运行条件、泥沙淤积情况、施工条件等方面选择了河床式箱式取水头部。

取水头部采用钢筋混凝土箱式结构，平面为菱形，最大尺寸为 $27.87m \times 7.0m$ 。受枯水位控制，顶部高程为183.0m，底高程为169.50m。采用顶部进水，可取长江上层水并防止河床推移质，箱顶设置“人”字形拦污格栅。取水头部左右对称布置，侧墙厚度为0.5m。

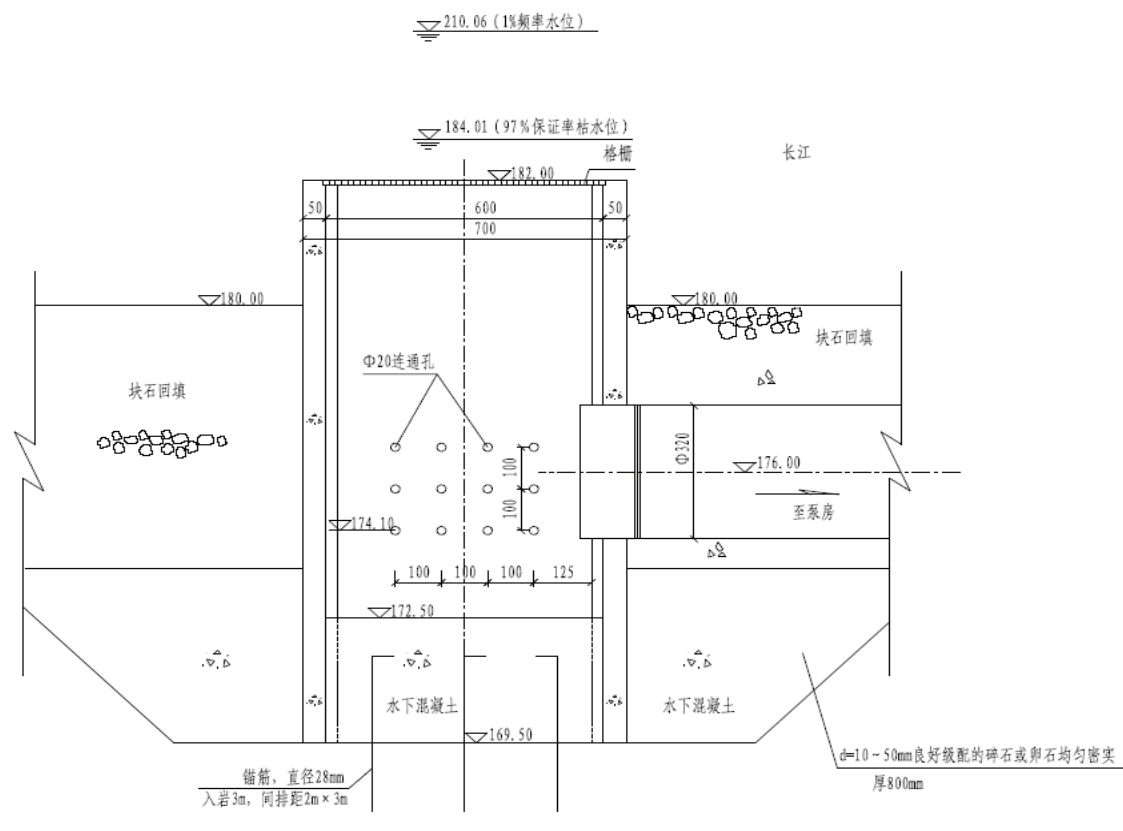


图2 取水头部剖面图

四、引水管道布置设计

引水线路的选择主要取决于泵房、取水口的位置及其轴线方向。金刚沱泵站进水线路布置为：两条进水口相隔10.3m，其后采用15.9m平行直线经12m半径曲线转 6.6° 、 4.68° 后再接直线的布置，进入泵房前624.92m

处检修阀室，两条引水管平面上总体呈直线布置（夹角 1.92° ），阀室后采用直接接入进水井，出口处轴线与两个泵站机组取水口均呈对称 50° 交角。立面上受取水头部高程、水泵装机高程控制，沿线地形地质条件及考虑泥沙影响，确定引水压力管道立面布置方案。

考虑引水管线的地形地质情况、长江水位、施工方式、成洞条件等因素，引水管江中段采用水下埋管的，岸边段采用顶管，其后通过钢管接至进水井。岸边段采用适于顶管施工且能承受内力的钢筋混凝土管。

根据选定的取水头部及泵房位置，结合引水隧洞线路及型式布置，引水管断面采用受力及水力条件较好的圆形断面。参考同等规模工程经验，考虑过流能力满足泵站取水流量需求、泥沙启动流速、顶管施工的管径、便于检修等因素，再结合水下敷设管道规模、调保计算、施工条件、施工难度、工程投资、运行后费用现值综合分析，确定引水管管径全长为3.2m。

五、进水井布置设计

进水井承接来自引水管的水流，并将其平稳地引入水泵取水头部。

两个进水井布置于泵房上游侧厂区，独立平行于泵房轴线布置。进水井上游连接引水钢管，下游连接泵站机组引水管。

进水井埋深较大，边墙承受较大水、土压力，进水井采用受力条件好的圆形断面，为钢筋混凝土结构。为保证进水井水下容积和流态要求，根据水力过渡过程计算成果，进水井直径确定为16m，井壁厚1.5m。

1#、2#进水井上游侧分别与1#、2#引水管相连，在引水管末端，进水井内侧布置1道引水管检修闸门。为满足水泵调度需求，1#、2#进水井间设连通管，连通管在2#进水井内侧设控制闸门。

六、泵房布置设计

根据取水口位置比选结果，结合地形地质条件、圣中水库布置及洪水情况，分别从地形地质条件、边坡规模、渗漏处理、水头损失、征地移民和工程投资等方面对两个泵址方案进行综合比选，选定瓦厂村泵址。

在选定泵址的基础上进行泵房轴线选择。分别从地形地质条件、边坡规模、渗漏处理、施工条件和工程投资等方面，对两个泵房轴线方案进行综合比选。轴线2方案上游存在冲沟，在暴雨条件下可能存在水往泵站基坑涌入的可能性，影响对外交通的布置，同时在基坑渗漏处理、施工条件等方面轴线1方案更有保障，因而金刚沱泵站轴线选择方案一。

从地形地质条件、工程技术难度、施工条件、运行管理、环境影响和占地等方面，对地面泵站、地下泵站两种泵房型式进行比较。地下泵站方案建筑物规模较大，洞室围岩均为软质泥岩，洞室围岩稳定问题突出，不确定因素多，技术难度及施工难度大。地面泵房方案工程

风险可控，可保证投资及工期。经综合比较，选定采用地面泵房型式。

为避免完全独立泵房带来的运行管理不便以及机电设备投资增加的问题，经经济比较，金刚沱泵房采用“下圆上方三联筒”布置方案，即4台水泵分设在三个一字形排开的泵房内，单个泵房在地面层以下为圆筒形结构，彼此相互独立，泵房之间在水泵层、联轴层及电机层设连通通道。泵房地面层以上厂房部分为矩形，三个泵房的上部厂房相通，为通廊式厂房。

由于单个机组尺寸较大，单个泵房按最多布置两台机组考虑，综合考虑了进、出水支管控制阀吊物孔尺寸、电动机风罩外径、通道宽度、机电设备辅助用房及泵房结构尺寸等因素，单个泵房圆筒直径为35m，壁厚3m；底板尺寸为41.5m×41.5m。地面以上厂房采用矩形，尺寸为118m×30m。1#、2#、3#泵房之间用永久缝分隔。

为满足最低取水水位、水泵吸水性能、设备安装尺寸的要求，水泵安装高程确定为174.00m。根据出水支管缓闭式液控蝶阀和检修蝶阀、进水管检修蝶阀等尺寸要求，确定水泵层高程为172.8m。根据水泵电动机轮廓尺寸，并考虑设备安装、检修及土建结构尺寸等要求，确定联轴层、电机层高程分别是180.00m、183.50m。泵房地面层的设计标高，按300年一遇洪水水位+波浪爬高+安全超高计算，不低于212.7m，结合泵房周边的地形和进场道路的布置，综合确定地面层设计标高为214.30m。根据机组安装检修时采用75t桥机起吊大件高度的需求，确定桥机轨道顶高程224.8m。屋面结构拟采用轻型钢网架，考虑桥机结构及其运行空间的需要，钢网架顶面高程为229.3m。

电机层、联轴层上游侧布置检修阀吊物孔，下游侧布置蝶阀吊物孔；1#、2#、3#泵房上游侧各布置一部楼梯，1#泵房布置一部电梯。1#泵房左侧、3#泵房右侧的电机层布置变频调速装置等。联轴层机组右侧布置励磁变压辅助设备。

水泵层上游侧布置检修阀坑，下游侧布置蝶阀、油压装置，1#、2#、3#泵房上游侧各布置一部楼梯，1#泵房还布置一部电梯；1#泵房左侧布置有空压机室，油处理室和油罐室；3#泵房右侧布置有检修、渗漏集水井。水泵层四周布置一道环向排水沟，将积水引至渗漏集水井排出。（见图3）

七、出水管布置设计

考虑泵站总取水流量不大、隧洞断面按泥沙不淤流速及施工条件控制、引水线路较长等因素，从泵站运维条件、施工方便、节省工程量等角度出发，确定采用四

泵房水泵层平面布置图

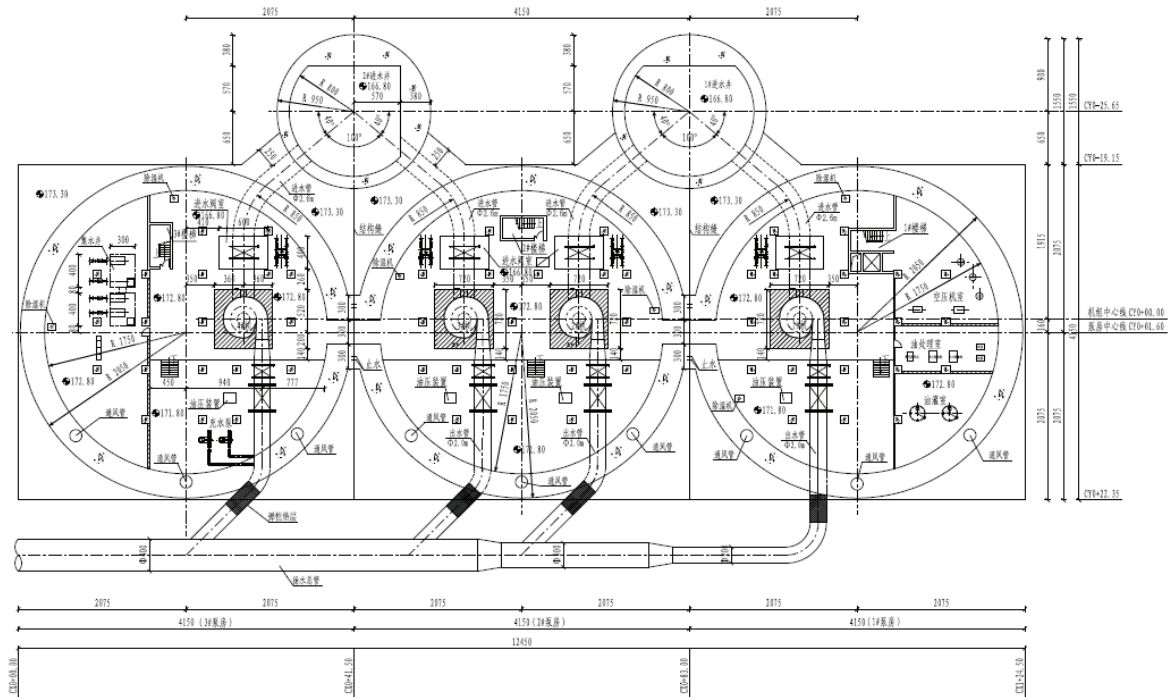


图3 金刚沱泵房水泵层平面布置图

机一洞的出水方案，确定金刚沱泵站出水隧洞为4m圆形断面。四根直径 $\Phi 2.0\text{m}$ 的钢管在出泵房后合为一根直径 $\Phi 4.0\text{m}$ 主管，后进入隧洞。出水线路主要取决于泵站和出水口的位置及其轴线方向，根据地形地质条件、确定的泵站和出水口位置、引水隧洞洞径等方面考虑，该区域无重大地质制约因素，出水线路平面上可采用直线连接。立面上依次由下平段、斜直段和上平段组成。

八、出水塔布置设计

出水塔布置在圣中水库内，位于大坝右侧，离右坝肩直线距离约300m，采用结构相对简单、运行检修便利的岸塔式结构。出水塔紧接渐变段布置，平面尺寸 $10\text{m} \times 8.5\text{m}$ ，流道底坎高程为243.0m，塔顶高程为257m，与圣中水库坝顶高程相同，塔高16m。顺水流方向布置一扇检修闸门，塔顶布置交通桥与下游侧边坡马道相接。

九、边坡设计

泵站建筑物边坡开挖高度为50m~81m，永久边坡最高约31m，均为岩石与土质混合边坡。针对金刚沱泵站地形与地质条件、与长江各水位之间的关系，岩体受环境影响大，考虑到边坡站立时间较长，边坡开挖采用地质推荐较缓坡比，并布置系统喷锚支护、系统排水

孔，通过计算对采用锚索支护进行敏感性分析。边坡开挖上部覆盖层，开挖坡比1:2；岩石边坡开挖坡比采用1:1，每12m设一级马道，马道宽2m。

结语

长江金刚沱泵站作为渝西水资源配置工程水源工程首个提水泵站，自长江内取水，为保证整个工程取水可靠、有效解决泥沙问题、适应复杂水文与河势、保证取水水质，设计过程中通过工程类比、数值分析、以及充足的经济比较，解决了金刚沱泵站取水头部位置选择、各建筑物结构型式选择、关键设计参数确定等技术问题，确定了经济合理、施工方便的泵站布置格局。相关设计成果可为同类工程提供参考。

参考文献

- [1] 杜申伟, 张存慧, 刘惟, 王煌. 乌东德水电站引水发电建筑物布置设计. 人民长江, 2014, 45(20).
- [2] 孙海清, 陈锐, 李娇娜, 陈捷平. 卡洛特水电站引水发电建筑物布置设计. 人民长江, 2020, 51(2).
- [3] 贾广钰. 水电工程建设与管理技术创新[J]. 甘肃水利水电技术, 2015, v.51; No.204(12).