

设计经验

## 武汉市金融港应急排涝泵站工程设计

郝学凯, 郭 军, 熊卫民

(武汉市工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430000)

**摘 要:** 光谷金融港泵站为武汉市政府 2016 年灾后重建重点督办项目, 主要服务于光谷金融港地区的排水防涝, 设计通过模型计算确定泵站规模  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ 。该泵站位于武汉东湖高新区秀湖公园用地范围, 占地面积约  $8\,942 \text{ m}^2$ , 属于市政、景观绿化复合式用地, 是武汉市新时代首座公园式排涝泵站, 同时也是武汉市首座大流量低扬程的竖井式贯流泵站, 水泵装置及进出水流道均通过模型试验及 CFD 数值优化, 确保水泵总体运行效率高于 72%, 另外还对水泵机组设置了在线监测系统。设计从排水系统、工艺、绿色、生态、节能、智慧泵站等方面均充分体现了新时代下市政排涝设施的全要素设计、创新理念, 同时该泵站形式在武汉市水环境、水安全方面具有推广意义。

**关键词:** 城市排涝; 贯流泵; 公园式泵站

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)06-0041-05

## Design of Emergency Drainage Pumping Station in Wuhan Financial Port

HAO Xue-kai, GUO Jun, XIONG Wei-min

(Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Wuhan 430000, China)

**Abstract:** The Guanggu Financial Port Pumping Station was a key project of Wuhan Municipal Government for the post-disaster reconstruction in 2016. It mainly serves for drainage and waterlogging prevention in Guanggu Financial Port area. The scale of pumping station  $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$  was determined by model calculation. The pumping station located in Xiuhu Park of Wuhan Donghu High-tech Zone, covering an area of  $8\,942 \text{ m}^2$ , which belongs to municipal, landscape and greening compound land. It was the first park-type drainage pumping station in Wuhan in the new era of municipal administration and landscape greening. It was also the first vertical shaft tubular pumping station with large flow and low head in Wuhan. The pumping device and the inlet and outlet channels were all optimized by the mold T-test and CFD numerical model to ensure that the overall operating efficiency of the pump was higher than 72%. In addition, an on-line monitoring system was set up for the pump unit. The design fully embodied the whole factor design and innovative idea of municipal drainage facilities in the new era from the aspects of drainage system, technology, green, ecology, energy saving, intelligent pumping station, etc. At the same time, the form of the pumping station had promotional significance in water environment and water safety of Wuhan.

**Key words:** urban drainage; tubular pump; park-type pumping station

### 1 项目背景

武汉市是具有滨江、滨湖特色的现代化城市, 城

区湖泊众多, 水网密集, 汤逊湖水系位于武昌南部地区, 跨洪山区、武昌区和江夏区, 承雨面积  $457 \text{ km}^2$ ,

是武汉市的重要水系之一,内纳湖域周边陆上雨水,外排长江。

2016年6月30日—7月6日,武汉市普降大到暴雨,导致市区有187处路段出现不同程度渍水,在本次强降雨过程中光谷金融港地区内涝导致的损失惨重,严峻的内涝形势引起市委、市政府领导的高度重视和社会的广泛关注。因此,光谷金融港泵站为武汉市政府2016年灾后重建重点督办项目。

该泵站位于武汉市东湖高新区秀湖公园用地范围,占地面积为8 942 m<sup>2</sup>,属市政、景观绿化复合式用地。

## 2 现状分析

### 2.1 排水水系

金融港位于汤逊湖水系最上游,距离排江出口较长(20 km),水力坡导致金融港排口水位较高(19.35~19.85 m),对市政排水管道排水产生一定顶托,不利排水。

另外汤逊湖水系(见图1)水位受限于围湖养殖等情况,水位控制较难实现,容易导致强降雨时水位高于规划控制水位。



图1 汤逊湖水系

Fig. 1 Tangxunhu water system

### 2.2 建筑密集

研究范围内主要为城市建成区,大部分以居住、工业用地为主,建筑密度高,径流系数大,区域径流量大。

### 2.3 区域地势

区域地势见图2。汤逊湖水系中的光谷大道、高新四路和滨湖路三部分子汇水区总汇水面积为30.3 km<sup>2</sup>。整体地势为周边高中间低,最低处分布在光谷金融港地区,为内涝高风险区域。

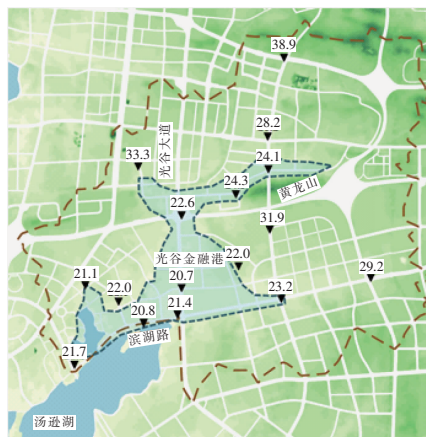


图2 区域地势

Fig. 2 Regional topography

### 2.4 排水管网

现状排水管网设计标准见图3。可见,排水管道标准较低,汇水范围较大,且区域主通道尚未完全建成。



图3 现状排水管网标准

Fig. 3 Current drainage pipeline standards

## 3 系统规划

### 3.1 雨水系统分区

为了有效提升金融港地区排水防涝标准,拟将现光谷大道雨水主干管区域(汇水面积约17.7 km<sup>2</sup>)分区排放(见图4),按照地势分为光谷大道主干管系统以及光谷一路主干管系统,将地面高程相对较高的黄龙山北部地区(汇水面积约8.5 km<sup>2</sup>)从原光谷大道雨水主干管系统分离,该区域雨水通过新建2-d4 500 mm~2-BH=5 m×2.5 m雨水通道单独自排进入汤逊湖,而地势相对低洼的金融港地区(汇水面积约9.2 km<sup>2</sup>)基本维持现有排水主干管系统(局部改造升级),在系统末端新建金融港地区应急排涝泵站,形成相对独立的区域性自排、抽排结合运行

的排水防涝系统。

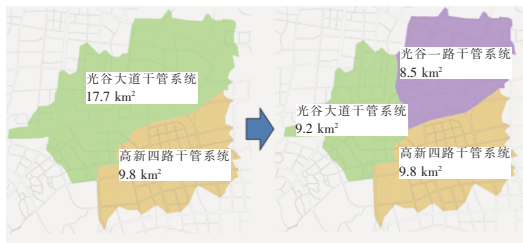


图4 排水系统分区

Fig. 4 Drainage system zoning

### 3.2 金融港泵站功能定位

金融港泵站为金融港地区应急排涝泵站,是金融港区域超标渍水的排除设施,当汤逊湖水位超过规划控制水位(19.85 m)时,自排系统受外围高水位顶托严重,关闭金融港区域自排闸,打开抽排闸,区域雨水通过金融港泵站抽排进入汤逊湖,最终由排江泵站抽排出江。

本工程泵站定性为应急排涝泵站,主要功能为保障金融港区域防灾排涝。故仅对规划设定的有效应对50年一遇<sup>[1]</sup>暴雨进行复核计算(有效应对指城市地面积水深度不超过0.4 m)。

### 3.3 泵站规模

根据《金融港应急防灾泵站模拟计算报告》,按照降雨条件为50年180 min(172.7 mm),规划金融港自排系统受汤逊湖水位(19.85~21.3 m)顶托严重,自排能力骤减,此时关闭金融港区域自排闸,开启抽排闸,通过金融港应急排涝泵站抽排进入红旗渠。

泵站抽排能力为40 m<sup>3</sup>/s。

渍水最严重情况见图5,4 h后积水情况见图6。从以上模拟情况分析,金融港泵站(规模 $Q=40$  m<sup>3</sup>/s)在规划排水系统内可基本实现规划提出的“有效应对50年一遇暴雨”的标准。



图5 渍水最严重情况

Fig. 5 The most serious waterlogging situation



图6 4 h后积水情况

Fig. 6 Water accumulation after 4 hours

### 3.4 泵站等别

金融港泵站设计等别为Ⅲ,泵站工程规模为中型,主要建筑物级别为3级,次要建筑物为4级<sup>[2]</sup>。

## 4 工程设计

### 4.1 工艺设计

#### ① 水泵选型

金融港泵站特性见表1。

表1 泵站水位特征(85国家高程)

Tab. 1 Pumping station water level characteristic (85 national elevation system) m

部位	项 目	高程
进水池	最高水位	20.50
	最高运行水位	20.50
	设计水位	19.85
	平均水位	18.65
	最低运行水位	18.00
出水池	防洪水位	21.30
	最高运行水位	21.30
	设计水位	19.85
	最低运行水位	19.85

根据以上分析,结合水泵曲线,金融港应急泵站的雨水泵参数最终确定如下:

工况点1: $Q=11.6$  m<sup>3</sup>/s, $H=2.05$  m, $\eta\geq 72\%$ , $N=630$  kW。

工况点2: $Q=12.5$  m<sup>3</sup>/s, $H=1.8$  m, $\eta\geq 75\%$ , $N=630$  kW。

工况点3: $Q=10$  m<sup>3</sup>/s, $H=3.25$  m, $\eta\geq 75\%$ , $N=630$  kW。

雨水泵工作范围: $Q=13.3\sim 9.2$  m<sup>3</sup>/s, $H=0.6\sim 3.9$  m。

根据各工况点情况,设计选择竖井式贯流泵。水泵的有效工作范围为: $Q=13.3\sim 9.2$  m<sup>3</sup>/s, $H=0.6\sim 3.9$  m,总体运行效率高于72%,要求水泵在此范围内能够稳定运行。



根据以上设计参数,特别邀请江苏省水利动力工程重点实验室进行竖井贯流泵模型装置试验,主要测试内容有泵装置模型能量性能试验、汽蚀性能试验以及飞逸特性试验。经模型试验表明,水泵叶轮直径  $D=2\,000\text{ mm}$ ,水泵转速为  $167.3\text{ r/min}$ ,电机采用 8 级电机,额定功率为  $630\text{ kW}$ ,电压为  $10\text{ kV}$ ,可满足设计要求。

## ② 泵房设计

泵房设计根据拟选定的泵型和机组的台数进行布置,泵站紧邻秀湖,为与秀湖及周边景观相协调,泵房采用全地下式钢筋混凝土结构,整体性好,不均匀沉降较小。4 台设计流量为  $10\text{ m}^3/\text{s}$  的竖井贯流泵机组一列式布置,进水流道采用方形渐变为圆形、出水流道采用圆形渐变为方形的流道。进水流道具体线型由江苏省水利动力工程重点实验室编制的《金融港应急排涝泵站工程竖井贯流泵装置 CFD 数值优化报告》提供,确保进水流道流态稳定均匀,水力损失较小。

综合考虑泵型、进水流道、机组间距、辅机室、工作通道、设备吊运、对外交通等主要因素,确定泵室主要尺寸及控制高程如下:

顺水流方向:根据拟定泵型尺寸、安装检修以及启闭设备的布置等要求,泵室底板顺水流向长度确定为  $11.8\text{ m}$ ,进水流道长度为  $12.94\text{ m}$ ,出水流道(扩散渐变段)长度为  $11.35\text{ m}$ 。泵室下部竖井呈椭圆形,竖井内安置水泵电机、齿轮箱等机电设备,竖井内还设置爬梯,方便工作人员进入竖井。

垂直水流方向:站内一排式布置 4 台设计流量为  $10\text{ m}^3/\text{s}$  的竖井贯流泵机组,机组间由墩墙隔开。按水泵水力条件、安装、检修等要求,并按照 CFD 数值优化报告,确定机组中心距为  $6.2\text{ m}$ 。泵室垂直流向总宽为  $24.8\text{ m}$ 。

高度方向:泵站最低抽排水位为  $18.00\text{ m}$ ,根据水泵淹没深度、进水口的淹没要求:水泵叶轮(中心轴)的安装高程定为  $15.85\text{ m}$ ,进、出水流道底板顶面高程均为  $14.00\text{ m}$ 。由于选用的是竖井贯流泵,因而泵室为地下竖井式结构,竖井顶部高程为  $21.70\text{ m}$ 。平时用定制的可吊装盖板封闭竖井,安装、检修时,利用吊车移开盖板,吊出机组至泵室一侧的安装检修间,进行检修维护。

## 4.2 电气自控

主要内容包括泵站的动力设备配电、电气照明、

防雷接地设计以及泵站自动化监测系统设计。

本工程设计负荷等级为二级负荷,引入两路  $10\text{ kV}$  电源采用双回路供电,并且每一回路均能独立承担全部负荷,要求一路电源发生故障时,另一路电源不得同时受到损坏。

泵站水泵电机电压等级确定为  $10\text{ kV}$ ,采用  $10\text{ kV}$  直配模式,泵的启动方式为软启动。

### ① 系统描述

泵站自动监控系统遵从“集中管理、分散控制”的原则,各泵自带 LCU,通过工业以太网与主 PLC 通信。有相对独立性;并可利用网络技术完成系统的纵向与横向扩展;检修系统的任何一部分,不会影响其他部分的正常运行。

站区主要工艺区域设置视频监控系统,一旦发生警情,网络硬盘录像机将联动报警录像,通知值班员及时处理。另外设置了水泵机组在线监测系统,对水泵机组的重要部件进行在线监测,实时监测水泵机组部件运行情况。

### ② 系统组成

该泵站自动控制系统由设备层、控制层、管理层组成。

设备层:由各种智能测控单元(带标准总线接口)组成,包括高压配电系统的电力监测仪、低压配电系统电量检测仪表、抓斗清污机成套设备、水泵在线监测系统等。

控制层:本控制层由连接在以太网上的 PLC 主站及泵 LCU 子站组成。

管理层:管理层设在变电间控制室,由操作员站、打印机及 CCTV 视频监控系统等组成。

### ③ 系统功能

本工程控制方式设置如下:

手动模式:通过就地控制箱或 MCC 上的按钮实现对设备的启/停操作。

遥控模式:即远程手动控制方式。操作人员通过中控系统操作站的监控画面用鼠标器或键盘来控制现场设备。

自动方式:设备运行完全由 PLC 根据工况及工艺参数完成对设备的启/停控制,不需要人工干预。

通过电气设计中的“就地/遥控”切换开关可实现就地现场手动控制和 PLC 监控,其中就地现场手动控制优先权高于 PLC 监控,以保证现场操作维修安全。

### 4.3 建筑景观

配电管理综合楼:二层框架结构建筑,层高4.2 m和3.6 m,建筑总高为8.1 m,室内外高差0.30 m,含值班、办公、餐厅、会议、储藏间、变配电间等功能,总建筑面积为1 170.23 m<sup>2</sup>,建筑占地面积为638.71 m<sup>2</sup>。配电管理综合楼建筑等级为三级,耐火等级二级,设计使用年限为50年,屋面防水等级Ⅰ级,防水耐用年限25年,楼梯间屋面防水等级为Ⅱ级,防水耐用年限为15年。

建筑鸟瞰图见图7。



图7 建筑鸟瞰图

Fig. 7 Aerial view

### 4.4 结构岩土

泵房采用钢筋混凝土结构,基坑开挖结合现状地形采用放坡+钻孔灌注桩支护开挖。

## 5 结语

设计从排水系统、工艺、绿色、生态、节能等方面均充分体现了新时代下市政排涝设施的全要素设计、创新理念。

① 排水系统创新:在保证上位规划原则不变的前提下,因地制宜,将现有排水系统划分为“高低排系统”,地势较高区域维持自排系统,地势低洼区域改造为自排、抽排结合运行的排水防涝系统。

② 技术创新:该泵站为武汉市首例全地下式主体构筑物的大流量低扬程泵站,引用水利工程中常用的竖井式贯流泵进行抽排,水泵及进出水流道均通过模型试验及CFD数值优化。

③ 绿色共享创新:本工程为公园式泵站,站内

建有景观游园,与秀湖公园整体景观和谐共享、融为一体。

④ 节地节能创新:泵站用地为市政、绿地复合式用地,本着节地节能的原则,泵站主体结构为全地下式,地下为泵房,地面为景观绿化,是国内鲜有的公园式排涝泵站。

⑤ 推广应用:针对其大流量低扬程的特性,可推广应用于武汉市湖泊水系连通之间的活水循环,提升水体自净能力。

### 参考文献:

- [1] GB 50014—2006,室外排水设计规范[S]. 2016年版. 北京:中国计划出版社,2016.  
GB 50014—2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering[S]. 2016 ed. Beijing: China Planning Press, 2016(in Chinese).
- [2] GB 50265—2010,泵站设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2011.  
GB 50265—2010, Design Code for Pumping Station[S]. Beijing: China Planning Press, 2011(in Chinese).



作者简介:郝学凯(1988—),男,山西晋中人,硕士,注册公用设备工程师(给水排水),主要从事市政给水排水规划、设计及水环境治理设计工作。

E-mail: 42073599@qq.com

收稿日期:2018-09-20