

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.05.039

引排结合多工况泵站总体布置型式探讨

刘聪,杨蕾,徐玉亭

(南京市水利规划设计院股份有限公司,江苏南京 210000)

摘要: 泵站工程从功能上来说可分为引水和排涝两大类。某些平原圩区泵站枢纽工程要求同时具备机排、机引、自排、自引多种工况调度功能,相对于传统泵站,其具有节省投资、减少占地、管理集中等优点。引排结合泵站的设计要点和难点在于总体布置型式的选择及运行调度方案的确定。文章结合阜阳市某水系连通项目,对引排结合多工况泵站的几种总体布置方案进行了介绍及分析,设计方案均合理可行,可为其他相关的引排结合泵站设计提供思路和借鉴。

关键词: 泵站;引排结合;泵站选型;X形流道;双层流道

中图分类号: TV675

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0162-04

0 引言

我国水资源空间分布整体呈现南方多北方少、东部多西部少的特点,某些中部城市^[1],地形特征属平原圩区,过境水资源主要集中在某一两条大型外河,其既是圩内生产取水的主要水源,又是片区涝水外排的主要通道。为同时解决取水及排涝需求,相应的临河泵站枢纽工程要求能够同时满足机引、机排、自引、自排多种工况的运用^[2]。引排结合多工况泵站具有占地少、节约投资、管理模式集中等优点,其中总平面布置及调度运行方案是设计的关键点。本文以阜阳市某水系连通项目为例,对设计过程中提出的几种可行的泵站布置型式进行介绍及探讨,可供类似项目参考。

1 工程概况

1.1 项目简介

项目位于安徽省阜阳市,建设目标为颍州区全境 623 km² 范围内构建“引蓄结合,可调可控”的智慧水网,工程措施包括河道整治、新建泵站、新建闸坝、改造桥涵、沿河截污、智慧水务等。

颍州区主要过境河流有沙颍河、泉河等,沙颍河是淮河最大支流,河道全长 619 km,流域总面积 36 651 km²,泉河是沙颍河的主要支流,其中阜阳段河长 81.3 km,流域面积 1 990 km²。沙颍河与泉河在

阜阳城区内交汇,并建有阜阳闸水利枢纽,可保证上游 28.0 m 以上的蓄水水位。颍州区位于泉河右岸,岸线长度 35.1 km,中心城区泉河堤防防洪标准规划 100 a 一遇,内部排涝标准为 30 a 一遇;其他区域防洪标准 20 a 一遇,排涝标准 10 a 一遇。

颍州区整体地形南高北低、西高东低,临近泉河堤后位置为低洼地,且泉河设计洪水高于场地高程;同时区内城区面积 260.69 km²,农业区域面积 238.75 km²,地区降雨量少,灌溉及环境用水以泉河为主要补水水源。综上,泵站要求同时具备机引、机排、自排多工况调度功能。

1.2 泵站需求

靠近泉河堤防设置引排枢纽泵站,可行选址有 3 处,位于片区主干河沟连接泉河堤防末端,分别为永丰河泵站、李竹园泵站、小韦庄泵站。为进一步满足高地势区域补水需求,在内部干沟设置二级提水站,为龙新沟泵站。方案中 4 座泵站所属干沟,均承担汛期正向排涝+日常反向补水功能,泵站功能需求统计见表 1。

表 1 泵站工况及参数统计表

泵站名称	功能定位	工况需求
永丰河泵站	一级枢纽站	机引 5.0 m ³ /s+ 机排 27.0 m ³ /s+ 自排 51.6 m ³ /s
李竹园泵站	一级枢纽站	机引 7.2 m ³ /s+ 机排 10.5 m ³ /s+ 自排 21.3 m ³ /s
小韦庄泵站	一级枢纽站	机引 5.0 m ³ /s+ 机排 10.6 m ³ /s+ 自排 28.0 m ³ /s
龙新沟泵站	二级提水站	提水 6.0 m ³ /s+ 自排 12.3 m ³ /s

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 刘聪(1992—),男,硕士,工程师,从事水工结构设计工作。

2 泵站整体布置方案

2.1 正向进出水,一字形排列——永丰河泵站

2.1.1 设计条件

(1) 进出水条件。结合当地习惯采用堤后式泵站,选址位于永丰河接泉河堤后,河道走向与堤线正交,引排进出水均通过同一条河道过流,且永丰河河道较宽,上口宽在 32.0 m 以上。

(2) 特征参数

根据使用需求分析,泵站日常控制工况以机引、自排为主,降雨量超过一定标准时才启动机排。根据特征参数分析(见表 2),机引、机排工况设计流量、扬程差别较大,且调度运行分开,设计机引、机排分开选泵,流道及泵室并列布置^[3]。

表 2 永丰河泵站特征参数

工况	流量 / (m ³ ·s ⁻¹)	净扬程 / m
启泵引水	5.0	1.50
启泵排涝	27.0	4.77
自排	51.6	/

2.1.2 总体布置方案

(1) 总体布置。泵站沿轴线自圩内向外河分别由以下建筑物组成:进水渠、前池、清污机闸、进水池、泵室、出水箱涵、防洪闸、出水口、下游衔接段、出水渠。泵站厂区配套设置泵房、配电管理房、道路、围墙、大门等,见图 1。

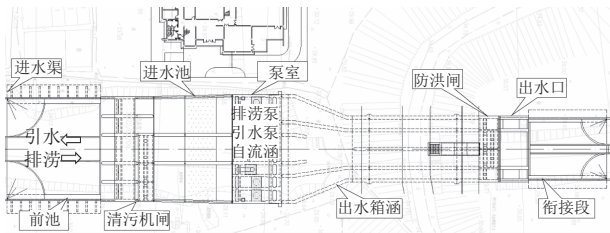


图 1 永丰河泵站总布置图——正向进出水,一字形排列

(2) 泵室设计。泵室总体尺寸为顺水流向 15.85 m,垂直水流向 34.80 m。设计 6 台潜水轴流泵,其中 4 台水泵排涝、2 台水泵引水,引排水流方向相反,6 台水泵对称布置在泵室两侧,泵室中孔为自流涵。排涝泵型号 1600ZDBX-75, $Q=6.75 \text{ m}^3/\text{s}$, 引水泵型号 900ZDB-125, $Q=2.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 泵站总装机功率为 3 520 kW。泵室中孔为自流涵,孔宽 8.0 m,设防洪闸门一道,采用潜孔式平面定轮直升式钢闸门。

2.1.3 运行调度

引排水泵单独设置,分别调度。关闭自流涵闸门,引水工况开启引水泵,排水工况开启排水泵;自排工况时,关泵并开启自流涵闸门。

2.2 正向进出水,竖向 X 形流道——李竹园泵站

2.2.1 设计条件

(1) 进出水条件。同样采用堤后式泵站,选址位于李竹园沟接泉河堤后,河道走向与堤线正交,引排进出水均通过李竹园沟,上口宽约 20.0 m。

(2) 特征参数(见表 3)。泵站日常控制工况同样以机引、自排为主,降雨量高时机排。根据特征参数表分析,机引、机排工况设计单泵流量、扬程接近,可共用水泵,分工况调度。不同扬程下的流量差别可通过电机变频控制转速适当调整。

表 3 李竹园泵站特征参数

工况	流量 / (m ³ ·s ⁻¹)	净扬程 / m
启泵引水	7.2	2.50
启泵排涝	10.5	3.50
自排	21.3	/

2.2.2 总体布置方案

(1) 总体布置。泵站沿轴线自圩内向外河分别由以下建筑物组成:进水渠、衔接段、清污机、前池、泵室、出水池、箱涵、防洪闸、出水口、出水渠,泵站场区配套设施同上,见图 2。

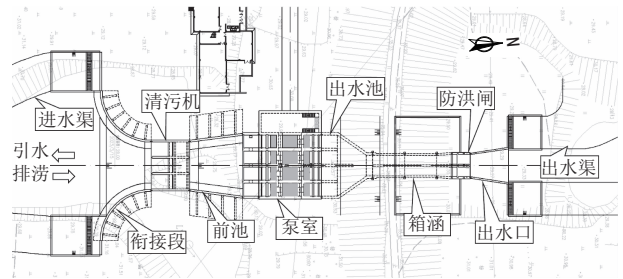


图 2 李竹园泵站总布置图——正向进出水,竖向 X 形流道

(2) 泵室设计(见图 3)。泵室总体尺寸为顺水流向 19.6 m,垂直水流向 27.6 m。设计 4 台(排涝 3 用 1 备、引水 2 用 1 备)双向潜水轴流泵, $Q=3.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $N=280 \text{ kW}$, 泵站总装机容量 1 120 kW。4 台机组在平面上呈一列式布置,各台机组中心距 4.0 m。设计排涝时开启 3 台水泵,引水时开启 2 台水泵,水泵在排涝时和引水时水流方向相反。泵室分上下两层,并设置两道闸门 + 两道蝶阀控制水流方向,自排工况通过下层流道;机排机引工况由下层流道进水,水泵提升后通过上层流道出水,水流动态呈竖向 X 形^[4]。

2.2.3 运行调度

引排共用同一套水泵,分工况调度运行。引水工况时,关闭闸门 1 蝶阀 2,开启 2 台水泵;排涝工况时,关闭闸门 2 蝶阀 1,开启 3 台水泵;自排工况时,关泵开启闸门 1、2。

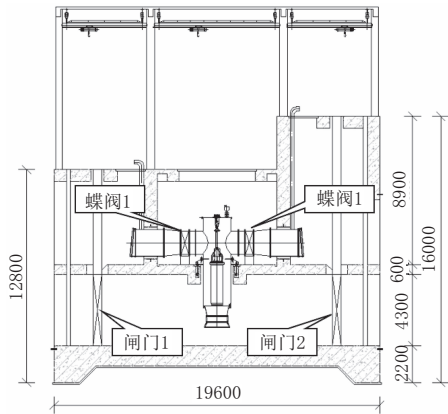


图3 李竹园泵站泵室示意图(单位:mm)

2.3 侧向进出水,平面X形流道——小韦庄泵站

2.3.1 设计条件

(1)进出水条件。采用堤后式泵站,现状有2条河沟分别承担引水及排涝功能,西侧为高水渠,其为填高式灌溉渠,渠底高程为29.6 m,渠顶高程32.1 m;东侧为低水渠,为下沉式排涝渠,渠底高程为26.5 m,场区地面高程为30.5 m。

(2)特征参数(见表4)。与小韦庄泵站控制工况及特征参数类似。机引、机排设计单泵流量、扬程接近,共用水泵,分工况调度。

表4 小韦庄泵站特征参数

工况	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	净扬程/m
启泵引水	5.0	2.50
启泵排涝	10.6	3.50

2.3.2 总体布置方案

(1)总体布置见图4。结合高低水两条渠道泵站按两条轴线布置,低水渠轴线上分别为:进水渠衔接段、进水闸、前池、引水及自排涵、防洪闸、进出水口;高水渠轴线上分别为:出水渠衔接段、挡洪闸、出水池、机排出水涵、防洪闸、出水口。高低水渠中间连接段垂直布置清污机、进水池、泵室段,作为机泵引排水共用流道段。

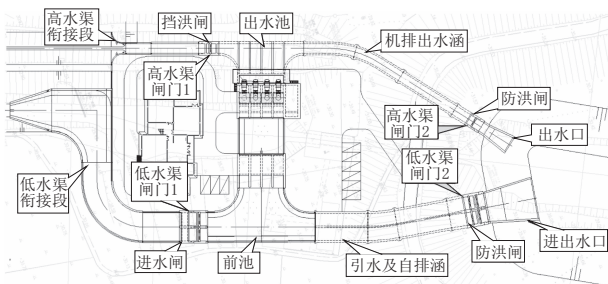


图4 小韦庄泵站总布置图——侧向进出水,平面X形流道

(2)泵室设计。泵室总体尺寸为顺水流向11.1 m,垂直水流向20.0 m。设计4台潜水轴流泵, $Q=2.65\text{ m}^3/\text{s}$,

$N=280\text{ kW}$,泵站总装机容量1 120 kW。4台机组在平面上呈一列式布置,各台机组中心距3.6 m。排涝时4台水泵全开,引水时开其中2台水泵,水泵在排涝时和引水时水流方向相同。从总布置角度看,机排工况时自低水渠圩内侧进水,经泵室段提升后由高水渠外河侧排出;机引工况时自低水渠外河侧进水,经泵室段提升后由高水渠圩内侧排出;机排、机引工况水流流态呈平面X形^[5]。自排工况时水流经低水渠正向排出。

2.3.3 运行调度

引排共用同一套水泵,分工况调度运行。引水工况时,关闭低水渠闸门1+高水渠闸门2,开启2台水泵;排涝工况时,关闭低水渠闸门2+高水渠闸门1,开启4台水泵;自排工况时,关泵开启低水渠闸门1、2。

2.4 闸泵一体化布置——龙新沟泵站

(1)设计条件

龙新沟二级站位于圩内干沟龙新沟,其运行工况为两种:补水工况启泵提水,水流机提由北向南;排涝工况开放流道,水流方向自流由南向北。根据运行需求,适宜采用布置位于河道以内的闸泵结合式泵站。龙新沟泵站特征参数见表5。

表5 龙新沟泵站特征参数

工况	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	净扬程/m
启泵提水	6.0	1.00
开闸自拍	12.3	/

(2)总体布置

龙新沟泵站采用闸泵合建的形式^[6],闸泵共用流道,本次设计布置2个流道,单流道净宽4 m,为保证分区蓄水要求,每个流道各设置2道平板直升门,其中一台为蓄水工作门,另一台为一体化闸泵,见图5。

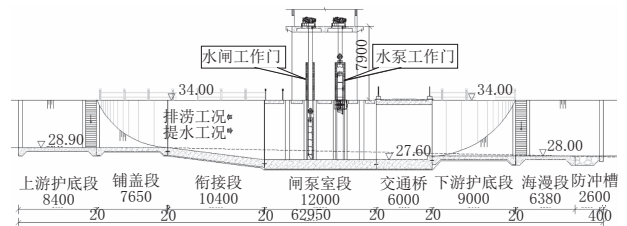


图5 龙新沟泵站布置图——闸泵一体化布置(单位:mm)

水泵闸门:每孔流道1扇,共2扇,闸门尺寸4.0 m×4.4 m(宽×高),配备叶轮内置式贯流泵900QGLN-125,单机功率132 kW,闸门启闭采用250 kN卷扬启闭机。

工作闸门:每孔流道1扇,共2扇,闸门尺寸4.0 m×4.4 m(宽×高),闸门启闭采用200 kN卷扬启闭机。

3 方案特点总结及适用性分析

根据进出水特点及泵站特需求参数,共介绍了4种引排结合多工况泵站布置型式,其各自的特点及适用性总结见表6。

4 结 语

本文依托阜阳某水系连通项目,对引排结合多工况泵站的四种典型总体布置型式进行了介绍及探讨,可以得到以下结论。

表6 四种引排泵站布置型式及特性统计表

泵站名称	永丰河泵站	李竹园泵站	小韦庄泵站	龙新沟泵站
布置型式	正向进出水,一字形排列	正向进出水,竖向X形流道	侧向进出水,平面X形流道	闸泵一体化
主要特点	1.引排水泵分开,单独控制; 2.中孔布置自排涵	1.引排共用一套水泵; 2.引排反向,通过闸门、蝶阀控制	1.引排共用一套水泵; 2.引排同向,通过闸门控制	闸泵结合,启泵提水,开闸排涝
优点	1.引排调度明确; 2.对不同工况的流量扬程差别适应性强	1.节省投资及占地; 2.调度、检修在泵房内完成	1.节省土建投资; 2.泵型常规,技术成熟。	1.闸泵结合节省投资; 2.排涝不缩减断面
缺点	1.土建投资较高; 2.占地面积较大	1.调度闸阀需注意开关顺序; 2.引排扬程差别大时适用性差	1.运行调度相对繁琐; 2.设多道控制闸,检修复杂	引排调度需一定频率管理开关闸门
适用性	适用于场地宽阔、引排工况流量扬程差别较大的情况	适用于引排经同一条河道、引排工况流量扬程接近的情况	适用于引排河道分开的情况	适用于提水排涝反向的内部河道

(1)对于临靠外河的引排结合枢纽泵站,其布置型式可以从以下三种选取:正向进出水,引排水泵分开一字形排列;正向进出水,引排泵结合竖向X形流道布置;侧向进出水,引排泵结合平面X形流道布置。

(2)对于内部河道的二级提升泵站,其布置型式可以选择闸泵结合一体化布置。

(3)泵站的布置需同时考虑场地进出水条件、水泵特征参数、管理调度需求等因素,综合确定优选最佳方案。

参考文献:

[1] 马慧君,杨肖丽,高甜.我国中部地区水资源利用效率评价及归因分析[J].中国环境科学,2023,43(5):2662-2672.

[2] 沈昊,陈小鹏,罗海东,等.堤后式排灌两用泵站设计方案分析[J].人民长江,2012,43(20):85-87,91.

[3] 闫国范.浅议郭家店灌排泵站枢纽布置设计要点[J].吉林水利,2016(9):58-60.

[4] 曲晓辉,王世军.上五圩港双向泵站的布置方案比选[J].吉林水利,2020(10):1-4.

[5] 崔冬.白湖农场西大圩五号泵站改建总体布置方案研究[J].江淮水利科技,2022(3):39-42.

[6] 张一平,吴萍.闸门泵设计与应用[J].城市道桥与防洪,2019(2):186-187.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com