

# 新型双向轴流泵在中小型泵站中的应用研究

徐洪云

(江苏省淮安市水利局, 江苏 淮安 223005)

**摘要:** 中开剖分式双向轴流泵进口设直导叶, 进口收缩锥管与泵出口导叶扩散管对称布置, 泵段沿轴向中开, 在需要调向时, 泵轴和电机不动, 泵及前后联接壳体调头, 改变直导叶和扭曲导叶的位置, 更换转轮体, 不动机泵联接及支承, 利用此泵在淮安市兴建了两座低扬程小型双向泵站, 据应用研究表明, 这种双向轴流泵站具有投资省、切换方便、运行管理简单、正反向效率不变等优点。

**关键词:** 中开剖分; 双向轴流泵; 泵站; 双向流道

**中图分类号:** TH312; TV675

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-7647(2001)05-0036-02

江苏省淮安市现有排灌结合要求的泵站 372 座, 39 127 kW, 控制灌溉面积 7.54 万  $\text{hm}^2$ 。目前淮安市的低扬程灌排结合泵站多采用一站四闸、闸门式贯流泵等技术, 在工程投资、生产运营方面既有一定的优点, 也有很多不足之处。为继续推广应用新技术, 研制开发适用平原地区以及沿江滨湖圩区低扬程有灌排结合综合要求的双向轴流泵站, 淮安市引进了国家专利技术——新型中开剖分式双向轴流泵, 并在两座低扬程有双向要求的泵站中作了应用研究。实践证明, 这种新型双向轴流泵及泵站投资省、运行管理方便、效率较高, 具有很好的社会效益与经济效益。该研究获 1999 年度江苏省水利科技进步二等奖和江苏省科技进步三等奖。

## 1 水泵性能参数

中开剖分式双向轴流泵, 就其和流道组合的形式可为卧式轴流泵, 也可以是立式轴流泵, 水泵结构的设计思路是: 泵进口设直导叶, 进口收缩锥管与泵出口导叶扩散管对称布置, 泵段沿轴向中开, 在需要调向时, 泵轴和电机不动, 泵及前后联接壳体调头, 改变直导叶和扭曲导叶的位置; 同时更换转轮体(备用两付叶轮、一正一反), 对大泵则采用 180°全调节机构。故水泵实现正、反向调头时, 不动机泵联接及支承, 无须重新安装。双向轴流泵切换操作时, 需要排除泵内余水, 对闭锁门止水要求亦高; 切换操作过程中, 水泵层进水(水面与进口水面平), 切换操作结束后再抽排出去。根据研究需要, 按设计参数在江苏省高邮水泵厂生产了两台 500ZLB-125 型新型双向轴流泵。

## 2 新型双向轴流泵站开发建设

根据双向轴流泵的性能特点和泵站设计规范以及工程实地对灌排工作的具体要求, 在淮安市楚州区林集镇山河村、溪河镇林舍村开发建设了采用此种双向轴流泵的两座新型双向轴流泵站。两座泵站具体设计参数分别为:

a. 林集山河泵站, 收益面积 66  $\text{hm}^2$ , 灌溉设计扬程为 2.8 m, 排涝设计扬程为 1.4 m, 灌溉设计流量为 0.4  $\text{m}^3/\text{s}$ , 排涝设计流量为 0.65  $\text{m}^3/\text{s}$ , 双向轴流泵的参数为  $H = 3.5 \text{ m}$ ,  $Q = 980 \text{ r/min}$ , 叶片安装角度  $-4^\circ$ , 电机采用 30 kW 6 极潜水电机,  $n = 980 \text{ r/min}$ , 选用 S<sub>7</sub>-10/0.4, 50 kV·A 变压器一台。

b. 溪河林舍泵站, 受益面积 100  $\text{hm}^2$ , 灌溉设计扬程为 2.95 m, 排涝设计净扬程为 1.21 m, 灌溉设计流量为 0.6  $\text{m}^3/\text{s}$ , 排涝设计流量为 0.75  $\text{m}^3/\text{s}$ , 新型双向轴流泵设计参数:  $H = 3.5 \text{ m}$ ,  $Q = 0.79 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $n = 980 \text{ r/min}$ , 叶片安装角度正反向均为  $0^\circ$ 。根据配套要求, 电动机选用 Y280s-6 型电动机, 功率 45 kW,  $n = 980 \text{ r/min}$ , 选用 S<sub>7</sub>-10/0.4, 50 kV·A 变压器一台。

为了验证此种新型双向轴流泵在低扬程泵站中应用的实效, 针对泵站进行了各种技术参数的现场测试, 并由此计算出泵站装置效率。根据现场测试, 林舍泵站的正向性能见表 1, 反向性能见表 2。

## 3 技术经济分析

### 3.1 测量数据准确性分析

在测量过程中, 对于电动机输入功率采用“两瓦

作者简介: 徐洪云(1973—), 男, 江苏淮安人, 工程师, 主要从事农村水利与机电排灌研究。

表1 林舍双向泵站现场测试情况(正向)

| 测次 | 流速<br>/(m·s <sup>-1</sup> ) | 流量<br>/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 净扬程<br>/m | 输入功率<br>/kW | 泵站装置<br>效率/% |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|
| 1  | 6.69                        | 0.892                                     | 0.47      | 25.2        | 16.32        |
| 2  | 6.56                        | 0.875                                     | 0.70      | 27.0        | 22.25        |
| 3  | 6.25                        | 0.833                                     | 0.89      | 28.2        | 25.79        |
| 4  | 6.44                        | 0.859                                     | 0.98      | 28.8        | 28.67        |
| 5  | 6.33                        | 0.844                                     | 1.15      | 30.0        | 31.74        |
| 6  | 6.28                        | 0.837                                     | 1.30      | 30.6        | 34.88        |
| 7  | 6.25                        | 0.833                                     | 1.40      | 31.8        | 35.98        |
| 8  | 6.20                        | 0.827                                     | 1.48      | 32.4        | 37.06        |
| 9  | 6.17                        | 0.823                                     | 1.66      | 33.6        | 39.89        |
| 10 | 6.12                        | 0.816                                     | 1.73      | 33.6        | 41.22        |
| 11 | 6.09                        | 0.812                                     | 1.92      | 35.4        | 43.20        |
| 12 | 6.03                        | 0.804                                     | 2.08      | 36.6        | 44.82        |
| 13 | 6.03                        | 0.804                                     | 2.16      | 37.8        | 45.07        |
| 14 | 5.99                        | 0.799                                     | 2.26      | 34.2        | 51.80        |

注:由于现场测试条件所限,正向排灌扬程未能达到或超过设计扬程。

表2 林舍双向泵站现场测试情况(反向)

| 测次 | 流速<br>/(m·s <sup>-1</sup> ) | 流量<br>/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 净扬程<br>/m | 输入功率<br>/kW | 泵站装置<br>效率/% |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|
| 1  | 6.66                        | 0.888                                     | 0.885     | 25.6        | 30.12        |
| 2  | 6.57                        | 0.876                                     | 1.165     | 29.1        | 34.50        |
| 3  | 6.82                        | 0.901                                     | 1.420     | 36.2        | 34.63        |
| 4  | 6.93                        | 0.924                                     | 1.510     | 38.4        | 35.64        |
| 5  | 6.91                        | 0.921                                     | 1.680     | 39.6        | 38.33        |

注:由于受现场水情影响,反向排灌扬程无法达到泵站设计扬程,实测的泵站装置效率受到很大影响。

特”法,两只功率表型号为 D6-W,精度为 0.5 级,串芯式电流互感器型号为 HL,精度等级为 0.2 级;扬程测量采用连通器法钢卷尺测量;流量测量采用毕托管差压法测量。据计算,电动机输入功率测量误差在  $\pm 2.37\%$ ,扬程测量误差为  $\pm 1.5\%$ ,流量测量误差为  $\pm 2\%$ 。经专家现场监测,测试数据准确可信。

### 3.2 正反向运行分析

按照水泵设计思路,林舍泵站正向运行时,进水口为喇叭口,进口处设直导叶,出口处设扭曲导叶,出水口为锥形出水流道。当需反向运行时,利用启闭设备吊起水泵外壳并导叶体,在空中调转  $180^\circ$ ,随之调整水泵叶轮安装角度或者置换另一个叶轮,使之在反向运行时保持与正向一致,再将水泵壳和导叶放下。这样在反向运行时水泵进水口为肘形流道,导叶仍为直导叶,出水口为扩散喇叭管,出口导叶为扭曲导叶。整个吊装过程不需移动电动机和进出水口装置。据现场拆装,一般情况下正反向调头仅需 40 min 左右,且水泵运行时无振动和杂音,正反向拆装简单方便,运行较为稳定。林舍双向泵站正反向运行效率与扬程关系见图 1。

从图 1 可以看出,泵站正向运行时,泵站装置效率随净扬程增加而增加,当扬程达到 2.26 m 时,泵站装置效率已经达到 51.8%,按照水利部颁发的中小型泵站效率标准,低于 2 m 的泵站,装置效率不低于 45%;2~3 m 时,效率不低于 50%;大于 3 m 时,效

率不低于 54.4%。从图 1 中可以看出,水泵正向运行效率已经超过部颁标准,而且装置效率随着扬程的增长还有提高的趋势。泵站反向运行时,由于受当时现场测试条件和水情影响,扬程未达到理想的数值,但是泵站装置效率仍有随着扬程提高而不断提高的趋势,而且,在同样扬程的条件下与正向的装置效率基本一致。由此说明,林舍双向轴流泵站正反向运行效率不变,且效率较高,据理论预计,当扬程达水泵最优工况时,泵站装置效率会更高。

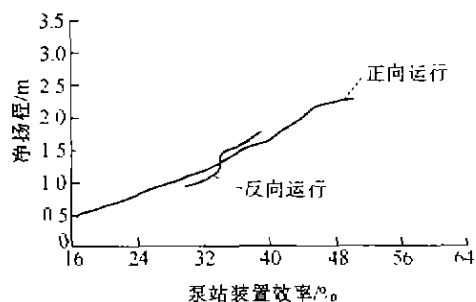


图1 泵站装置效率与扬程关系

### 3.3 经济及社会效益

平原地区及沿江滨湖圩区低扬程泵站多有灌、排结合综合利用要求,根据目前国内双向灌排结合泵站的工程实践和泵、泵站技术发展,利用水利规划和工程设计实现灌排结合要求的双向泵站大致有以下三种:①枢纽布置采用“一站四闸”方式,通过配套节制闸和泵站调度运用实现提灌、提排、自引、自排,是普遍采用的灌、排结合典型方案型式,但是这种方案具有工程投资大、占用土地多等明显的缺点。②工程设计采用双向流道“闸站结合”方式,通过流道进、出口处闸门的启闭控制实现上述要求。双向流道泵站投资较省、占地少,但运行操作要通过闸门有效配合,闸门的启闭、控制较复杂;泵及泵站运行经济性往往不理想。③设备选型采用双向轴流泵,通过机泵整体调头、改变转动方向实现双向运行要求,或通过泵叶片  $180^\circ$  调节并切换导叶,实现正、反向高效运行。单向泵机泵整体调头实现双向提水的方案,优点是土建投资省,占地少,泵效率高,缺点是土建和水机配合复杂,对于大中型泵机组,吊装设备及配套设施要求高。单向泵配以适当的进、出水流道,通过改变电动机接线而改变转动方向,亦可实现双向工作的要求,但是单向泵逆向工作时,由于叶片进、出口边换位,加之泵导叶由导流、回收能量而变为阻流及耗能,因此泵效率较正向工作低,耗能太大。

但是,从工程投资、占用土地以及运行经济性方面分析,采用中开剖分式新型双向轴流泵建设的双向泵站,相对于上述几种双向泵站具有一定的优势。

(下转第 64 页)

面摊铺 20 cm 左右嵌挤型二灰结石,再铺设 10 cm 左右 AC 结构类型的沥青混凝土面层;经过 2 年日交通量达 1.5 万~2 万辆的运营,目前使用状况良好,路面裂缝很少.应该说,处理方案是切实可行的.

苏州 324 省道昆太线段,老路原行车道水泥混凝土路面宽 9.0 m,两侧慢车道沥青路面各为 3.0 m.原有老路路面平整,全线 6.0 km 仅 7 块板出现单条裂缝,板块弯沉抽查值见表 3.

由表 1 及表 3 可知,昆太线段单点弯沉均小于  $40 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ,其中  $l \leq 20 \times 10^{-2} \text{ mm}$  占 60%,且板块传力效果较好,这种路况采用直接加铺沥青面层是完全可以的.根据上海市政工程管理处、同济大学的实体试验经验,不加任何措施的纯沥青罩面层,接缝反射到罩面层的临界弯沉值为  $24 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ,采用特种金属网有效地防止早期裂缝的临界弯沉为  $30 \times 10^{-2} \text{ mm}$ .本工程控制板块单点弯沉值  $l \leq 25 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ,弯沉差  $\Delta l \leq 10 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ,不满足弯沉指标者,对板块进行注浆,注浆板块比例约为 20%~30%,折合为 90 元/ $\text{m}^2$ ,沥青面层最小厚度为 10 cm,面层下设玻纤格栅.

(收稿日期:2001-04-04 编辑:马敏峰)

(上接第 13 页)

b. 工程布置.对双铰浮体卧倒门、浮箱门、浮动扇形门和有轨浮箱直升门 4 种门型方案做了工程布置,推荐有轨浮箱直升门方案.闸底板采用预制钢筋混凝土空箱浮运沉放结构,采用桩基协同抗滑;边墩和翼墙采用地下连续墙结构.施工期开挖临时航道,不断航施工.

c. 挡潮闸运行.就抗御台风高潮而言,预报吴淞站高潮位 5.50 m 情况下关闸挡潮,关闸频次 5~10 a 一次,每年至多关闸一次.

d. 工程投资匡算和施工工期.吴淞公园闸址方案投资匡算约为 39.78 亿元,水产码头闸址方案投资匡算约为 41.99 亿元,均低于再次加高加固防汛墙投资匡算.施工工期约 5 a,短于再次加高加固防汛墙施工工期.

(收稿日期:2001-04-29 编辑:熊水斌)

(上接第 30 页)

b. 流道进口上缘安置垂直隔板,可以有效消除流道进口前的漩涡.

c. 无整流设施方案流道内喇叭口下易产生涡带,经优化的消涡设施方案,可有效消除涡带,改善流道内的流态.

d. 引水最低水位水泵启动时,进水流道顶板将受约 8.5 kPa 的负压作用,结构设计时应充分考虑顶板负压的影响.水泵稳定运行工况,脉动压力的平均

324 省道绕城改线段西段,该段老路结构及弯沉指标见表 1 和表 3,从表面看,该路段弯沉指标良好,但根据苏州机场路等相似路面结构实例来看,一旦开放大交通,特别是重型交通,路面结构立刻会全面崩溃,因此,该种路面结构不能直接加铺沥青面层,需加设结构补强层.虽然板块脱空现象不明显,但基层空隙大,故仍需对路面基层进行注浆加固.

## 4 结 语

上述列举了路网改造的实例.同样的混凝土路面黑色化改造,3 个路段分别采取了 3 种不同处理方案.尽管处理效果有待进一步观察,但改造思路和方法是可行的.笔者的体会是:

a. 水泥混凝土路面黑色化改造,必须调查分析清楚老路路况,包括板块弯沉值、差异弯沉值、弯沉值成因、老路路基和路面结构现状.

b. 防反射裂缝处置方法较多,应根据平、纵、横及老路交通量大小等灵活运用.

c. 本文所提板块弯沉临界指标、注浆弯沉控制值应注意有关试验路段的边界条件,不能生搬硬套.

(收稿日期:2001-04-04 编辑:马敏峰)

强度不大,且属低频脉动.

e. 设计流量下进出水流道的水头损失分别为 0.131 m 和 0.330 m,出水流道对效率的影响远大于进水流道的影响.

## 参考文献:

- [1] 田家山.水泵及水泵站[M].上海:上海交通大学出版社,1989:71~77.
- [2] 蔡坤、董瑾、曾正,等.导流锥节能原理及设计安装[J].排灌机械,1997(1):20~24.
- [3] 徐辉、王高鹏、张宜.轴流泵进口导流体的研制[J].排灌机械,1995(3):3~6.

(收稿日期:2000-04-06 编辑:张志琴)

(上接第 37 页)

## 4 结 语

双向轴流泵正向、反向运行效率较高,空蚀性能好;能根据不同的扬程要求,可选用任意轴流泵水力模型;泵体结构和安装形式多样,可为贯流式、立式、卧式等各种不同型式.通过在淮安市两座低扬程双向灌排结合轴流泵站建设中的应用研究可见,在有灌、排结合双向要求的低扬程泵站工程中,采用双向轴流泵及泵站方案与“一站四闸”枢纽方案、“闸站结合”双向流道方案、整体调头方案以及“S 型叶片”方案相比均有突出优点.因此,推广应用双向轴流泵及泵站技术有着巨大的社会、经济意义.

(收稿日期:2000-03-06 编辑:熊水斌)