

低扬程双向流道泵装置研究

刘超 周济人 汤方平 袁家博 成立

【摘要】 针对沿江滨湖地区双向抽水的广泛需要,在分析水力计算的基础上,提出一种新的立式轴流泵出水结构,并辅以适当措施,使立式双向轴流泵装置性能大幅度提高,模型试验最高装置效率达到71%以上;所提出的消涡防涡栅从根本上解决了进水流道内的涡带问题。这两项技术已在工程中成功地推广应用。

叙词: 泵 效率 模型试验

中图分类号: S227.9⁺2

文献标识码: A

Study on a Low-lift and Two-way Pumping System

Liu Chao Zhou Jiren Tang Fangping Yuan Jiabo Cheng Li

(Yangzhou University)

Abstract

Based on analysis and hydraulic computation, a new outlet diffuser of a vertical, axial-flow pump was brought up in this paper, which could meet an extensive requirements for two-way pumping in riverside and littoral areas. With some proper means, the system can greatly promote the pumping performance. The maximum efficiency from the model test was over 71 percent and a vortex eliminating/preventing grid successfully eliminated the vortex in the inlet passage. Both the outlet diffuser and the grid were applied in engineering.

Key words Pumps, Efficiency, Model test

引言

我国是世界上采用双向流道泵装置较早、应用最广泛的国家,其进水流道有肘形对接式、钟形对接式和涵洞式^[1],出水流道大多为有压管道和开敞水槽。双层涵洞的出水形式为水槽,泵导叶后有一出水锥管,即所谓的开敞式轴流泵。上述各种双向流道泵装置的效率都很低,装置水力效率为60%~65%。中国水科院参照国外形式,采用长直锥管开敞出水结构,装置最高效率现场实测达65%,但转速低,为980 r/min,流量小,为250 L/s,且出水锥管过长,大中型低扬程泵站难以采用。江苏高港枢纽泵站泵装置模型流量为340 L/s,扬程为3.23 m,转速为1450 r/min,流量大,使提高泵装置效率增大了难度。

1 模型方案设计

双层涵洞式进水流道的上层为泵出水流道,下层为泵进水流道,在进出水侧各设一工作闸门控制流向,进出水流道均可作为涵洞引排水,泵体必须采用无弯管出水,即无弯管轴流泵,泵的进口为喇叭形,用金属或者用混凝土与流道中隔板浇注成整体。针对这样一种装置的基本结构,既要保证水泵安全、平稳,不出现水力振动,又要保证获得较高的装置效率,为此,专门设计了多种泵装置构件(图1)。

根据已有试验资料,选择典型的流道尺寸,改变流道截面大小,结合上述不同构件方案,分别构成20余种试验组合。图2为最终推荐方案模型泵装置结构示意图,包括出水渐扩管和出水锥体,进水喇叭和进水导流锥。

收稿日期: 2000-03-24

刘超 扬州大学副校长 教授, 225009 江苏省扬州市

周济人 扬州大学水利与建筑工程学院 副教授

汤方平 扬州大学水利与建筑工程学院 副教授

袁家博 扬州大学水利与建筑工程学院 副教授

成立 扬州大学水利与建筑工程学院 硕士

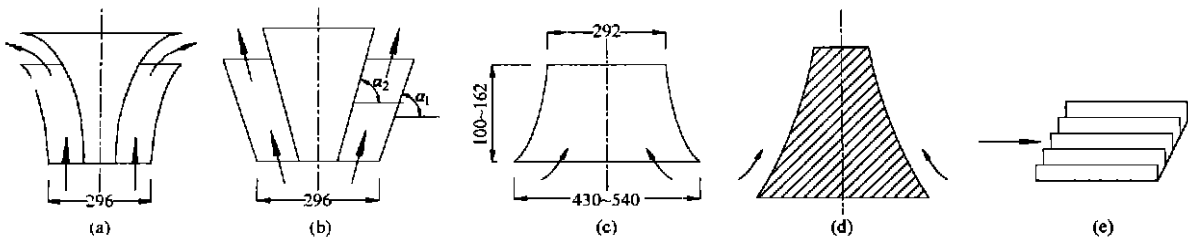


图 1 泵装置构件设计方案

(a) 泵曲线渐扩出水室(水流流速、流向渐变) (b) 泵直线扩散出水室(水流流速渐变) (c) 泵口曲线收缩进水喇叭(水流流速、流向渐变) (d) 进水导流曲线锥体(消除水流流变奇点) (e) 进水消涡栅(消除水流涡源)

2 试验结果

表 1 为推荐方案和同类泵装置(双层涵洞进出水流道)最高效率点数据,图 3 为其综合性能曲线^[2]。二者相比,本推荐方案性能明显优于现有同类泵装置,最高效率比同类泵装置高 6.0%,流量比同类装置大 13%,其余各对应叶片角下性能也有明显提高。

安徽某双向流道泵站,装置效率最高点参数为: $H = 6\text{ m}$, $\eta_{\text{max}} = 68.8\%$, $\eta_p = 81\%$, 当量损失扬程(全部损失均折算为损失扬程)为 1.4 m; 而本装置

当量损失扬程为 0.56 m, 损失较小, 故效率较高。

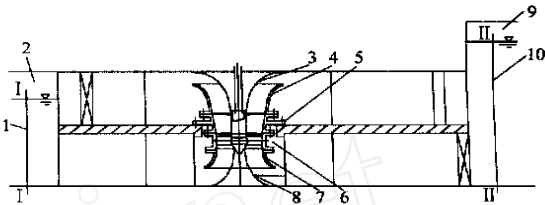


图 2 模型泵装置(推荐方案)结构示意图

1. I-I 测压断面 2. 进水箱 3. 出水锥体 4. 出水渐扩管
5. 导叶体 6. 转轮室 7. 进水喇叭 8. 进水导流锥
9. 出水箱 10. II-II 测压断面

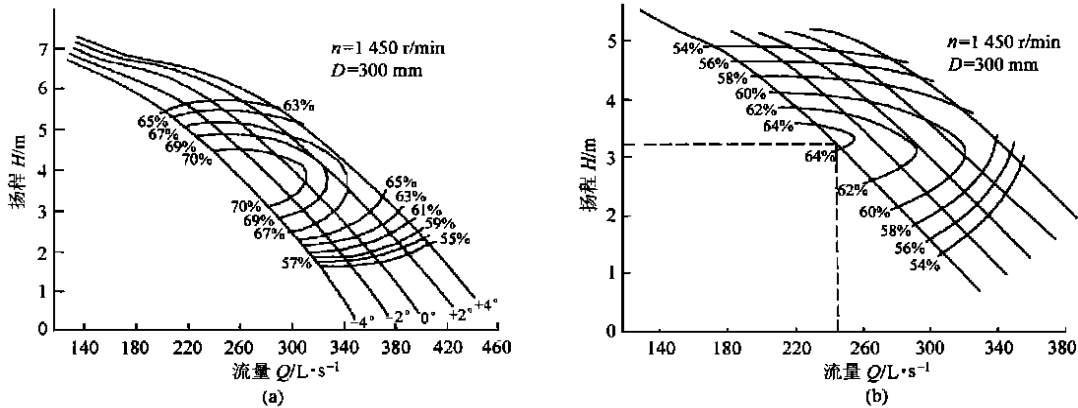


图 3 推荐方案和同类泵装置综合性能曲线

(a) 推荐方案 (b) 同类泵装置

表 1 推荐方案与同类泵装置最高效率点数据

方案类型	叶片角 / (°)	扬程 H /m	流量 Q /L · s ⁻¹	效率 η / %	管道效率 η_p / %	转速 n /r · min ⁻¹	损失扬程 /m
同类泵装置	- 4	3.12	245	64.7	78.0	1 450	0.88
推荐方案	- 4	3.34	277	71.08	85.5	1 450	0.56

3 影响泵装置性能的主要因素

为深入研究影响泵装置性能的主要因素,对多种方案进行了试验。

3.1 进水喇叭管

在同一进水流道和同一出口直径(292 mm)喇叭口下,配用不同喇叭管分别进行试验,各喇叭管尺寸如表 2 所示。

表 2 进水喇叭管特征尺寸

特征尺寸	喇叭管编号				
	1	2	3	4	5
喇叭管高度/mm	162	162	162	100	0(无喇叭管)
进口直径/mm	432	492	540	430	442(法兰外径)
出口直径/mm	292	292	292	292	292

试验表明,采用表 2 所列不同高度、不同进口直径喇叭管的泵装置性能基本相同。喇叭管高度、进口

直径在上述范围内变动, 泵性能不受影响。在无喇叭管时, 泵装置效率降低最大, 为 2%。

在有压进水流道内, 喇叭管对泵性能的影响是基本确定的, 不随其尺寸改变而明显改变。这种影响与弯管进水大体相同。

3.2 流道内的涡带和消涡防涡装置

涡带是一种进水流道内常见的有害流态, 在涵洞式进水流道极有可能出现。

试验表明, 如果进水流道内没有涡带, 进水流道尺寸在较大的范围内变动都能够获得较好的出口流态, 即使采用最简单的涵洞形式也能保证水泵的正常运行。因此, 消除涡带对进水流道设计至关重要。试验中发现, 箱涵式进水流道内有附底、附顶和附壁漩涡, 基于流体力学原理和涡带实际成因分析, 笔者设计了一种简便可靠的消涡防涡栅, 成功地用于消除附底、附顶和附壁涡(涡带)。该消涡防涡栅已获国家专利。采用该措施后, 涡带消除, 泵装置效率不受其影响, 试验结果见图 4(叶片角为+ 2°)。

这种消涡、防涡栅与通常的导流锥等相比, 效果相同, 但不增加水流阻力, 并可增加涵洞引排水自流能力, 实用性极强。

为了避免附顶涡带, 进水流道顶板应当向进口方向翘起, 上翘角应大于 5°; 以防止在吸水口顶部形成气囊, 或便于启动时排出流道内的存气。实践证明是有效的。

3.3 出水室

类似涵洞式双向流道泵站效率低的原因主要是出水室结构不合理, 这在同台试验中亦已得到证明。

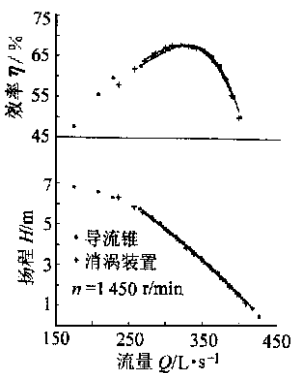


图 4 不同消涡、防涡措施的泵装置性能曲线

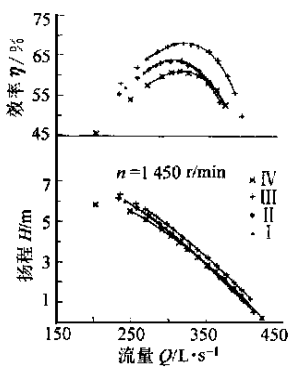


图 5 4 种出水室的泵装置性能曲线

经过计算, 并参考国外有关资料, 设计出 4 种不同型式的出水室, 性能如表 4 所示, 性能曲线如图 5 所示(叶片角为+ 2°)。

表 3 4 种型式出水室及装置性能比较

型 式	扩散角		计算水力 损失/m	装置最高 效率/%	扬程 /m	流量 /L · s ⁻¹
	α ₁	α ₂				
直线扩管 I	24	22	0.318	63.64	4.19	311
直线扩管 II	20	20	0.317	63.51	4.02	316
曲线扩管 III			0.265	67.77	4.15	324
无外扩管 IV				60.97	3.98	314

表 3 中所提供的计算水力损失为理论计算预测的出水室的出水损失, 计算用的流量为 350 L/s(泵段最高效率流量), 装置最高效率为水泵叶片角为+ 2°时的工况参数。上述计算依据严格的试验流体经验公式^[4], 因此是可靠的。本试验结果亦说明了这一点。

比较几种出水室相应装置性能, 两种直线渐扩管性能相近, 曲线渐扩管最佳, 其装置效率明显提高, 达 4%, 在各种双向进出水流道立式泵装置中为最高, 其装置性能在不同试验台上得到验证。这种曲线渐扩管已获得国家专利。

由此可见, 出水室是影响泵装置效率的主要因素之一, 出水室对泵导叶后动能的回收起重要作用。

4 结 论

(1) 所设计的双向进出水流道低扬程立式泵装置能够获得较高的泵装置效率(> 70%), 达到与单向的进出水流道相近的性能。

(2) 设计的立式泵装置涵洞式进水流道以其最为简单的结构获得与其他型式的进水流道相同的效果, 使进水流道得以最大限度的简化。

(3) 双层涵洞式进出水流道既有良好的水流流态, 同时又具有自流引、排水的节制闸功能, 在需要自流引排水的地方, 是一种可取的方案。

(4) 出水室型式对泵装置动能回收起重要作用。本试验装置效率大幅度提高的主要因素是曲线型渐扩出水室, 它比常见的直线型渐扩出水室装置的效率高出 3%~ 4%。

参 考 文 献

1 刘超 大型泵站双向进水流道研究 江苏农学院学报, 1986, 7(1): 9~ 12
2 江苏机电排灌工程研究所 泰州引江河工程高港枢纽泵站装置模型试验报告, 1996