

不同叶轮结构型式对污水泵性能的影响

施卫东¹, 曹卫东¹, 刘厚林¹, 仇宝云², 刘小龙¹

(1. 江苏大学; 2 扬州大学)

摘 要: 污水泵属于无堵塞泵中的一类, 主要用于输送含有纤维、纸屑、颗粒等固体悬浮物的液体, 在环保、市政、水利、污水处理等行业应用十分广泛。污水泵要实现无堵塞性能, 关键在于叶轮的结构型式。该文简要分析了目前常用的污水泵叶轮的主要结构型式、优缺点, 重点探讨了闭式叶片式叶轮与流道式叶轮的特点, 并对它们的水力设计及叶轮的主要几何参数进行了比较, 试验结果表明流道式叶轮具有较陡降的 $H-Q$ 曲线, 较平坦的 $P-Q$ 曲线, η_Q 曲线的峰值较高, 高效区较宽。另外流道式叶轮还具有抗缠绕、无堵塞性能好, 通过能力强, 料浆的输送浓度高, 运行可靠等优点, 所以采用流道式叶轮代替通常污水泵设计中所用的闭式叶片式叶轮是一种发展趋势, 具有较好的推广应用价值。

关键词: 污水泵; 叶轮; 结构; 性能; 影响

中图分类号: TH311

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)01-0114-03

1 引言

污水泵属于无堵塞泵中的一类, 主要用于输送城市污水、粪便或液体中含有纤维、纸屑、颗粒等非腐蚀性固体悬浮物的液体, 被输送的固液混合物的温度不超过 80 。由于被输送的介质中含有易产生缠绕或聚束的纤维物, 故此种泵的流道容易堵塞。一旦堵塞严重, 会使泵不能正常工作, 甚至烧坏电机。因此, 污水泵要想实现无堵塞性能, 关键在于叶轮的结构型式。目前作为无堵塞泵叶轮的主要结构型式有: 开式或半开式叶轮、闭式叶片式叶轮、旋流式叶轮、螺旋离心式叶轮、流道式叶轮等。开式或半开式叶轮、旋流式叶轮的水力损失大, 效率低, 长期运行会浪费大量的能源, 所以一般应用较少。而螺旋离心式叶轮由于制造比较困难, 对叶轮平衡的要求较高, 且一般不易控制和掌握, 废品率较高, 成本大, 所以也没有得到进一步的推广应用。本文就污水泵中常用的闭式叶片式叶轮和流道式叶轮的特点及对污水泵性能的影响作一分析、比较。

2 闭式叶片式叶轮与流道式叶轮的特点

2.1 闭式叶片式叶轮

污水泵闭式叶片式叶轮的制造和一般清水泵闭式叶轮相仿, 如图 1 所示。闭式叶片式叶轮的效率相对较高, 并且能够保证在较长时间内运行工况稳定。

采用闭式叶片式叶轮, 产生的轴向力小, 且可在前后盖板上均设置副叶片。前盖板上设置副叶片, 对进口泄漏及密封处磨损都会起到减轻作用。后盖板上设置副叶片, 当泵在运转时防止污物进入轴封引起剧烈的磨损, 起保护轴封的作用; 另外是平衡泵的轴向力。

闭式叶片式叶轮的缺点是易缠绕, 抗堵塞性能较

差。

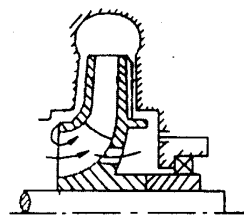


图 1 闭式叶片式叶轮

Fig 1 Closed vane impeller

2.2 流道式叶轮

流道式叶轮又称无叶片叶轮, 从叶轮进口至叶轮出口是一个或两个弯曲的流道, 特别适合于输送含大颗粒或长纤维物质的液体, 如图 2 所示。它的抗缠绕、无堵塞性能好, 效率较高, 功率曲线较平坦, 耐磨损性也好, 尤其是流道式叶轮的流道较宽, 能够顺利通过较大的固体颗粒。

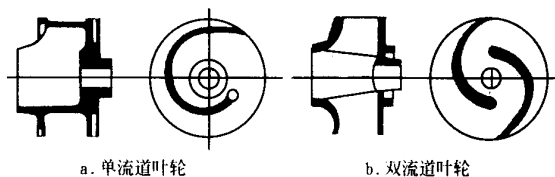


图 2 流道式叶轮

Fig 2 Channel impeller

流道式叶轮又可分为单流道叶轮和双流道叶轮 2 种, 由于双流道叶轮对称布置, 平衡性好, 运行平稳、可靠, 因此在污水泵的设计中一般大多采用双流道叶轮结构型式。

3 闭式叶片式叶轮与流道式叶轮的水力设计

污水泵的水力设计主要包括 2 部分, 即叶轮的水力设计与压水室的水力设计。就压水室水力设计而言, 无论是闭式叶片式叶轮还是流道式叶轮, 其差别不是很大, 对泵性能的影响也不大。故这里主要考虑闭式叶片

收稿日期: 2001-11-09 修订日期: 2002-11-20

基金项目: 江苏省“九五”重大科技攻关项目(BG98007-3)及江苏省教育厅“青蓝工程”学术带头人基金资助项目

作者简介: 施卫东, 副院长, 研究员, 江苏省镇江市 江苏大学能源与动力工程学院, 212013

式叶轮与双流道叶轮的水力设计。

通过对一个实例的设计来进行分析、比较, 其设计参数为: 流量 $Q = 145 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 $H = 10 \text{ m}$, 转速 $n = 1\,450 \text{ r/min}$, 电机功率 $P_{\text{电机}} = 7.5 \text{ kW}$, 要求通过固体颗粒的最大直径为 45 mm 。为了便于说明问题, 对于闭式叶片式叶轮分别给出了按普通清水泵及污水泵的设计结果。所有的水力设计均采用速度系数法进行, 其中闭式叶片式叶轮的设计方法参见文献[1], 双流道叶轮的设计方法参见文献[2]。表 1 列出了上述叶轮主要几何参数的对比情况。

表 1 叶轮主要几何参数对比表							
Table 1 Contrast of main geometric parameters among different types of impeller							
项 目	进口直径 D_1 /mm	出口直径 D_2 /mm	出口宽度 b_2 /mm	叶片数 Z	包角 φ	出口安放角 β_2	叶片出口厚度 δ_2 /mm
清水泵闭式叶片式叶轮	125	205	35	5	90°	30°	3.5
污水泵闭式叶片式叶轮	120	210	67	3	100°	25°	5
双流道叶轮	115	220	80	双流道	170°	14°	7

4 闭式叶片式叶轮与流道式叶轮的试验结果

把上述 3 种不同的叶轮分别安装到特殊型式的污水泵即潜水排污泵上, 并在具有 B 级精度的开式试验台上进行型式试验, 其主要试验结果为:

- 1) 采用闭式叶片式叶轮的泵完全满足 GB 3216-92、GB/T 13007-91、JB 5118-91 等标准的要求, 采用流道式叶轮的泵也完全满足 CJ/T 3038-1995 标准的要求, 所以该产品完全合格。
- 2) 闭式叶片式叶轮的 $H-Q$ 曲线较平坦; 而 $P-Q$ 曲线却随流量的增加上升较快, 斜率较大, 因此易发生过载。
- 3) 双流道叶轮具有较陡降的 $H-Q$ 曲线; 而 $P-Q$ 曲线较平坦, 斜率较小, 且在全扬程范围内轴功率具有最大值为 6.29 kW , 小于额定功率 7.5 kW ; $\eta-Q$ 曲线峰值较高, 高效区较宽。采用双流道叶轮潜水排污泵的性能曲线如图 3 所示。

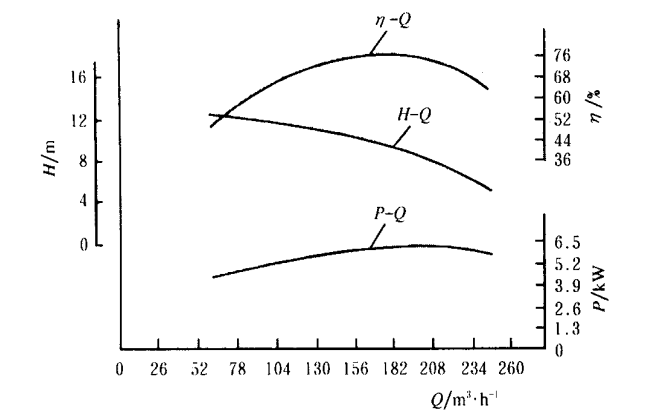


图 3 采用双流道叶轮潜水排污泵的性能曲线

Fig 3 Performance curves of sewage pump with double channel impeller

- 4) 按清水泵设计的闭式叶片式叶轮具有最高效率, 其泵效为 78.11% ; 流道式叶轮的效率次之, 其泵效为 74.04% ; 而按污水泵设计的闭式叶片式叶轮效率最低, 其泵效为 72.52% 。

5 结 论

- 1) 按清水泵设计的闭式叶片式叶轮尽管效率最高, 但由于叶片数较多, 叶片扭曲, 且叶轮出口宽度较窄, 故在抽送污水污物时易产生缠绕和堵塞, 甚至不能工作, 并且很容易发生过载, 故在工程实际中一般不用。
- 2) 按污水泵设计的闭式叶片式叶轮的叶片数相对较少, 一般为 2~3 枚, 叶轮出口宽度也较大, 叶片为圆柱形, 且叶片头部圆柱的直径较大, 叶片厚度也较厚, 因而具有一定的防缠绕、抗堵塞性能, 在以前相当长的一段时间内常被用作各类污水泵的叶轮, 但效率相对较低, 且也有过载危险。
- 3) 双流道叶轮的出口宽度大, 远大于标准中对要求通过固体颗粒最大直径的规定值, 且从进口至出口是两个弯曲的流道, 因此抗缠绕、无堵塞性能好, 通过能力强。
- 4) 双流道叶轮的效率高, 高效区宽, 额定工况点泵的效率比 CJ/T 3038-1995 标准的规定值高 13.04% 。
- 5) 双流道叶轮的功率曲线较平坦, 在从零扬程到关死扬程的全扬程范围内的最大轴功率远小于额定功率, 无过载性能好, 可以在全扬程范围内安全运行。
- 6) 由于流道式叶轮具有明显优点, 所以采用流道式叶轮代替通常污水泵设计中所用的闭式叶片式叶轮是一种发展趋势。另外, 从抗缠绕、无堵塞性能、通过能力、效率指标、工艺性、经济性、可靠性、先进性等的综合分析比较, 流道式叶轮也优于其它几种叶轮结构型式, 因而具有很强的推广应用价值。

[参 考 文 献]

[1] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京: 宇航出版社, 1995

[2] 施卫东等. 高效无堵塞泵[R]. 江苏省“九五”工业重大科技攻关项目验收材料, 2000. 9

[3] 施卫东. 污水泵水力设计综述[J]. 流体机械, 1997(8): 26~29, 37.

[4] 施卫东, 李传君, 刘厚林等. QW 15-22-2 2 型低比转速潜水泵的水力设计[J]. 农机化研究, 2002(1): 76~78

[5] 刘厚林, 关醒凡, 李幼康. 双流道式叶轮的设计方法[J]. 流体机械, 1999(9): 15~17.

- [6] 刘厚林, 袁寿其, 施卫东等. 双流道泵叶轮内湍流的数值模拟[J]. 农业工程学报, 2002(2): 9~ 12
- [7] 施卫东, 刘厚林, 张荣标等. 小流量低比转速潜水排污泵的设计[J]. 农业工程学报, 2002(2): 65~ 67
- [8] Kelder J D H, Dijkers etl R J H, van Esch B P M, et al. Experimental and theoretical study of the flow in the volute of a low specific-speed pump. Fluid Dynamics Research, 2001(4): 267~ 280
- [9] Tourlidaks A. Numerical modeling of viscous turbomachinery flow with a pressure correction method[D]. England: Cranfield Univ, 1992
- [10] 刘厚林, 关醒凡, 施卫东等. 双流道泵叶轮轴面图的数学模型[J]. 水泵技术, 2001(4): 7~ 10
- [11] 中华人民共和国城镇建设行业标准 CJ/T3038-1995 潜水泵[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995

Influence of different impeller structures on performance of sewage pump

Shi Weidong¹, Cao Weidong¹, Liu Houlin¹, Qiu Baoyun², Liu Xiaolong¹

(1. Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China; 2. Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: The sewage pump is a type of unlogged pump, being applied mainly in the transportation of fluid, including suspending solid substances such as fibre, wastepaper, and grains. It is used extensively in environmental protection, civic works, irrigation works, and the disposal of sewage and industrial waste. To realize the unlogged capability of sewage pumps, the key importance lies in the model of impeller con. This paper briefly analyzes common models of impeller structures presently used in sewage pumps and their advantages and disadvantages, probing into the features of both enclosed-blade impeller and channel impeller and comparing their hydraulic design and their primary geometrical parameters. Experimental results show the following features of the channel pump: a steeper $H-Q$ curve, a more planar $P-Q$ curve, a higher peak value in the η_Q curve and a wider region with high performance. Additionally, the channel impeller has the advantages of anti-twistability, unlogged, unobstructed, transporting the high concentration fluid medium and running reliably. Therefore, it is a growing trend that the channel impeller substitutes the common enclosed-blade impeller, which is usually applied in the design of the sewage pump and is reference to popular practice.

Key words: impeller; structure; sewage pump; performance; influence