

小流量低比转速潜水排污泵的设计

施卫东, 刘厚林, 张荣标, 曹卫东, 刘小龙

(江苏大学)

摘 要: 探讨和提出了小流量低比转速潜水排污泵的设计方法, 给出了 QW 102202115 型泵的设计实例和试验结果。结果表明该方法完全可行, 该泵性能优良, 运行可靠。

关键词: 小流量; 低比转速; 潜水排污泵

中图分类号: TH311

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0220065203

低比转速离心泵一般是指比转速 $n_s = 30 \sim 80$ 的离心泵, 流量 Q 较小, 一般为 $Q = 3 \sim 200 \text{ m}^3/\text{h}$; 扬程 H 较高, 一般为 $H = 10 \sim 150 \text{ m}$ 。从几何形状上看, 叶轮窄而长, 叶片出口宽度 b_2 较小, 通常 $b_2 = 3 \sim 20 \text{ mm}$, 给设计、制造等带来了较大的困难, 有些泵由于 b_2 太小, 甚至无法进行铸造。另外, 从性能曲线上看, 流量-扬程曲线变化比较缓慢, 有时可能会出现驼峰, 使运行工况不稳定; 流量-功率曲线随流量的增加上升较快, 易发生过载; 流量-效率曲线尽管比较平坦, 但效率较低, 浪费能源。尽管低比转速离心泵存在上述一些问题, 但由于它具有流量小、扬程高的特点, 因此仍然广泛应用于农业排灌、城市给排水、锅炉给水、矿山、石油和化工等领域, 为经济建设和社会发展作出了积极贡献。

潜水排污泵是一种泵与电机合二为一的特殊的输送液体的机械, 机电一体潜入水中工作。它主要用于城市泵站和污水处理厂抽送含有长纤维及固体颗粒物质的污水和泥浆, 在工业上用来抽送冷却水、流程用水、废水等, 还可用于建筑工地、隧道、矿山、堤坝、岩洞等的排水等。随着材料科学、密封技术、控制和保护技术的发展, 潜水排污泵得到了飞速发展。

1 小流量低比转速潜水排污泵的设计

1.1 潜水排污泵叶轮结构型式的研究

要使潜水排污泵实现无堵塞性能, 关键在于叶轮的结构型式, 而这一点对于小流量低比转速的潜水排污泵而言显得尤为重要。我们对目前作为潜水排污泵叶轮的几种主要结构型式, 即闭式叶轮、开式

或半开式叶轮、旋流式叶轮、螺旋离心式叶轮、流道式(双流道、单流道)叶轮等进行了仔细分析。在广泛调研、用户试用的基础上, 并从抗缠绕、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, 决定在潜水排污泵的设计中主要采用双流道叶轮结构型式, 从而解决了泵尤其是小流量泵在运行中的缠绕与堵塞问题。

1.2 流道式叶轮的特点

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。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, 这对小流量潜水排污泵而言至关重要。

流道式叶轮又可分为单流道叶轮和双流道叶轮两种, 由于双流道叶轮对称布置, 故平衡性好, 运行平稳、可靠, 因此对小流量低比转速潜水排污泵的设计采用双流道叶轮结构型式。

1.3 小流量低比转速潜水排污泵的水力设计

小流量低比转速潜水排污泵的水力设计主要包括两部分, 即双流道叶轮的水力设计与压水室的水力设计。由于潜水排污泵对压水室并没有什么特殊要求, 只是为了保证使大颗粒和长纤维能够顺利通过, 基圆直径 D_3 应比普通离心泵为大, 一般取 $D_3 = (111 \sim 112)D_2$ (D_2 为叶轮出口直径); 另外, 蜗室进口宽度 b_3 、蜗室隔舌安放角 α 均比普通离心泵略大些即可。因此, 压水室的水力设计可按一般清水离心泵的步骤进行, 也可采用我们开发的计算机辅助水力设计软件进行。本文主要讨论小流量低比转速潜水排污泵双流道叶轮的水力设计方法。

我们统计了 50 余种规格的优秀双流道叶轮的水力模型, 用最小二乘法回归计算出了在用速度系数法设计叶轮各主要尺寸时的各系数值。

1) 叶轮进口直径 D_j

收稿日期: 2001210218 修订日期: 2001212224

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, 研究员, 副院长, 镇江市 江苏大学能源与动力工程学院, 212013

D_j 主要取决于泵的流量,常按下式计算

$$D_j = k_j \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \tag{1}$$

式中 k_j ——叶轮进口速度系数, $k_j = 315 \sim 410$;
 Q ——流量, m^3/s ; n ——转速, r/min 。

2) 叶轮出口直径 D_2

D_2 主要由泵的扬程决定,常按下式计算

$$D_2 = k_2 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \tag{2}$$

式中 k_2 ——叶轮出口速度系数, $k_2 = (918 \sim 1012) \left(\frac{n}{100} \right)^{1/62}$ 。

3) 叶轮出口宽度 b_2

当叶轮出口断面为圆形时,叶轮的无堵塞性最好,但是设计中一般只能保证叶轮出口断面近似为圆形。但应保证单个流道的出口断面面积大致等于叶轮进口断面面积的一半,一般按下式计算

$$b_2 = (0.165 \sim 0.17) D_j \tag{3}$$

4) 叶轮平面图流道中线

叶轮平面图流道中线的形状决定了流道的包角及流道的进、出口角 B_1 、 B_2 ,采用等变角对数螺旋线绘制叶轮平面图流道中线,可以很方便地通过改变 B_1 、 B_2 的值来改变叶轮平面图流道中线的形状和流流的进、出口角,这使设计过程变得简单、可靠。

流道中线截面积从进口至出口可按凹的圆弧规律变化,这样有利于提高叶轮的无堵塞性。

5) 流道包角

为了获得较平坦的功率曲线,且保证具有一定程度全扬程运行的特点,对于小流量低比转速的双流道叶轮,可取较大的流道包角 U 和较小的流道出口角 B_2 。一般取 $U = 200 \sim 250^\circ$; $B_2 = 10 \sim 18^\circ$ 。

2 设计实例

对于双流道叶轮的水力设计,我们已经在上述设计方法的基础上,开发成功了其计算机辅助水力设计软件,功能全,实用性强,设计范围广,效果理想。并利用该软件进行了 QW 102202115 型小流量低比转速潜水排污泵的设计。

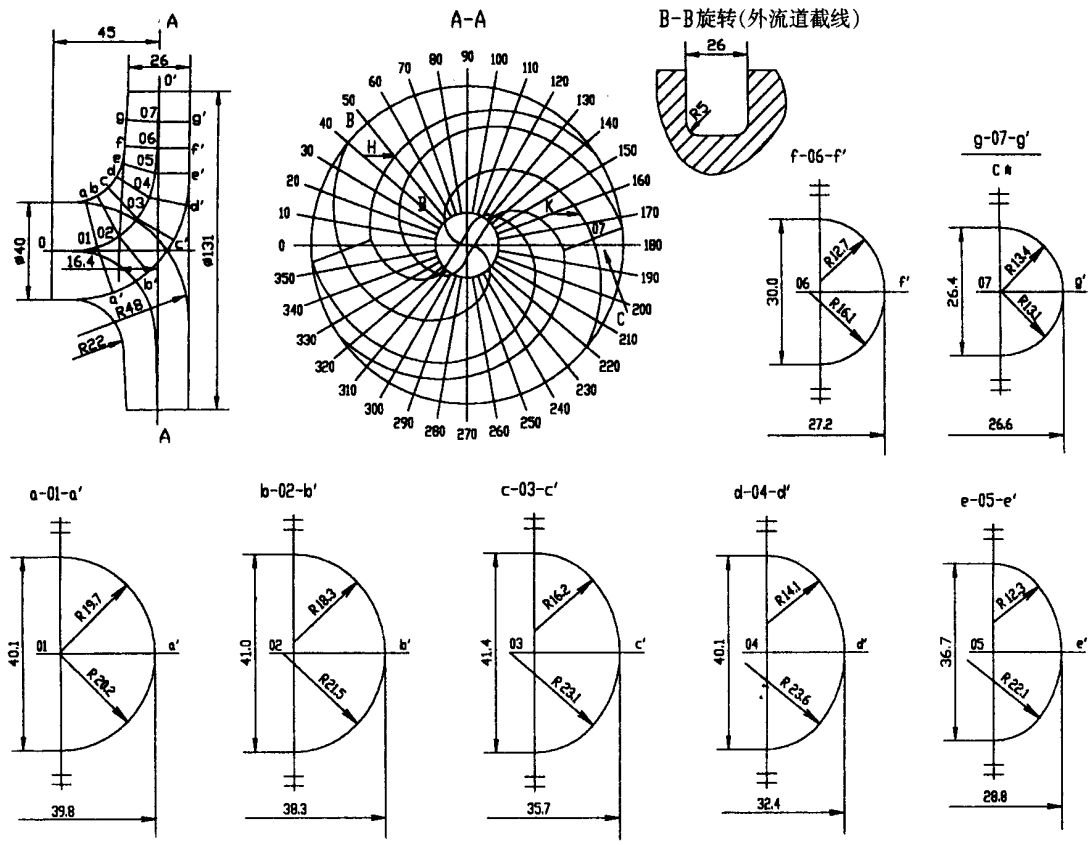


图 1 双流道叶轮水力模型

Fig 1 The hydraulic model of double channel impeller
平面图流道中线 K 径向坐标

No	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
K	010	310	610	819	1119	1419	1719	2018	2318	2618	2918	3218	3517	3817	4117	4417	4716	5016	5316	5616	5915	6215	
轴面图流道中线 R 径向坐标												工作面型线 H 径向坐标											
No	01	02	03	04	05	06	07	No	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
R	115	519	1311	2119	3117	4212	5218	H	4015	4119	4313	4418	4613	4719	4916	5113	5310	5419	5618	5817	6017	6218	

2 1 设计参数

流量 $Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 $H = 20 \text{ m}$, 转速 $n = 2\,840 \text{ r/min}$, 泵效率 $\eta_{\text{泵}} = 44\%$, 电机功率 $P_{\text{电机}} = 115 \text{ kW}$, 要求通过固体颗粒的直径大于 20 mm 。

2 2 水力设计

经计算该泵的比转速 $n_s = 5718$, 显然该泵属小流量低比转速泵范畴。

叶轮的各主要尺寸分别为: 1) 取 $k_j = 410$, 则 $D_j = 40 \text{ mm}$; 2) 取 $k_2 = 1312$, 则 $D_2 = 131 \text{ mm}$; 3) 取 $b_2 = 0.165D_j$, 则 $b_2 = 26 \text{ mm}$; 4) 取流道包角 $\varphi = 220^\circ$; 流道出口角 $B_2 = 14^\circ$ 。

为了有助于提高叶轮的无堵塞性, 适当增大叶轮轴面投影图进口部分的曲率半径。本设计的双流道叶轮水力模型如图 1 所示。

2 3 型式试验

QW 102202115 型小流量低比转速潜水排污泵的试验曲线如图 2 所示。额定工况点的测定值为:

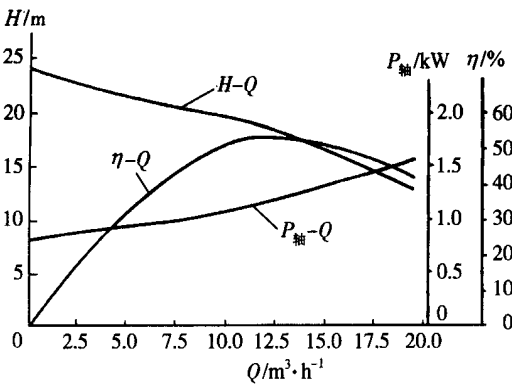


图 2 潜水排污泵的试验曲线

Fig. 2 The test curves of submersible sewage pump

$Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 19.181 \text{ m}$, 轴功率 $P_{\text{轴}} = 1.1052 \text{ kW}$, $\eta_{\text{泵}} = 51.131\%$ 。

2 4 试验结果分析

1) 经检测, 该泵完全符合 CJÖT 3038- 1995《潜水排污泵》标准的要求。

2) 流量效率曲线峰值较高, 且向大流量方向偏移, 高效区域较宽, 额定工况点效率比标准的规定值高 71.31%。当流量为 $11.125 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, 该泵获得最高效率为 53.105%。

3) 流量功率曲线较平坦, 在 113 倍规定流量下的轴功率为 1.121 kW , 小于其额定功率 1.15 kW 。

4) 叶轮出口宽度为 26 mm , 从而保证直径为 20 mm 的固体颗粒能够顺利通过。

3 结 语

1) 经广泛调研、用户试用、综合分析比较, 确定了在小流量低比转速潜水排污泵的设计中主要采用双流道叶轮结构型式, 解决了泵的缠绕与堵塞。

2) 在通过对现有优秀双流道叶轮水力模型归纳、优化的基础上提出的小流量低比转速潜水排污泵设计方法及其开发的计算机辅助水力设计软件, 功能全, 实用性强, 有重要使用价值。

3) 设计实例的试验结果表明该泵性能优良, 用户使用结果表明运行可靠, 效果理想, 从而进一步证明了本文所提出的设计方法完全可行。

[参 考 文 献]

[1] 袁寿其 低比速离心泵理论与设计[M] 北京: 机械工业出版社, 1997.
[2] 关醒凡 现代泵技术手册[M] 北京: 宇航出版社, 1995.
[3] 刘厚林等 无堵塞双流道式叶轮的 CAD 设计[J] 农业机械学报, 2001(2): 50~ 52, 59.
[4] 刘厚林等 双流道叶轮的设计方法[J] 流体机械, 1999(9): 15~ 17.
[5] 施卫东 污水泵水力设计综述[J] 流体机械, 1997(8): 26~ 29, 37.
[6] 中华人民共和国城镇建设行业标准 CJÖT 3038- 1995《潜水排污泵》[S] 北京: 中国标准出版社, 1995.
[7] 施卫东等 高效无堵塞泵[R] 江苏省“九五”重大科技攻关项目验收材料 2000.9

Design of Small-Discharge Low-Specific-Speed Submersible Sewage Pump

Shi Weidong, Liou Houlin, Zhang Rongbiao, Cao Weidong, Liu Xiaolong
(Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: This paper analyses and presents the design method of small-discharge low-specific-speed submersible sewage pump. A design example of QW 1022021.5 submersible sewage pump and its test was given, the test showed that the method used in the paper was feasible, the designed pump had high performance and reliability.

Key words: small-discharge; low-specific-speed; submersible sewage pump