

文章编号: 100226819(2001)0420052204

单流道叶轮水力设计方法的研究

刘厚林, 马皓晨, 关醒凡

(江苏理工大学)

摘要: 系统论述了单流道叶轮水力设计的新方法, 新方法较原方法简单、可靠和实用, 尤其便于编制计算机辅助设计软件。在对现有的优秀单流道叶轮水力模型进行归纳总结的基础上, 给出了用速度系数法设计轴面图时的各速度系数值。借鉴双流道叶轮水力设计中平面图的设计方法, 提出了新的单流道叶轮平面图水力设计方法。介绍和分析了新的流道截面面积变化规律和平面图流道中线方程, 同时还给出了编程方法及其设计实例的实验结果。

关键词: 泵; 单流道叶轮; 水力设计; 计算机辅助设计

中图分类号: S277.95 **文献标识码:** A

单流道叶轮从进口至出口是一个空间扭曲的流道, 它的无堵塞性能和对输送物的无损性能均比较好, 适用于输送未经处理、含大颗粒固体物质和易缠绕纤维物质的污水, 还可用于要求固体颗粒在输送过程中无损的场合。因此, 它在城市污水处理、河塘清淤、造纸、纺织等部门得到了越来越广泛的应用。

在现有的单流道叶轮水力设计方法中, 将叶轮分为厚壁型和薄壁型两种进行设计^[1-4]。薄壁型叶轮按普通扭曲叶片方法设计, 厚壁型叶轮采用三流线法设计。这两种设计方法都比较复杂, 尤其不便于开发通用的计算机辅助设计软件。我们在开发双流道叶轮 CAD 软件实践^[5]的基础上, 新研究了一种单流道叶轮水力设计方法, 此方法不仅适用于计算机辅助设计, 同时也适用于手工设计。在该方法中, 单流道平面图采用了全新的设计方法。

1 轴面图设计方法

在统计了多个优秀单流道式叶轮水力模型的基础上, 用最小二乘法回归计算出了用速度系数法设计轴面图时的各系数值。

1.1 几何参数计算

单流道叶轮属于离心式叶轮, 依据离心式叶轮设计理论, 结合单流道泵试验数据的统计分析, 采用速度系数法分别计算叶轮进、出口直径 D_1 和 D_2 。但是单流道叶轮大多用于抽送含有固体杂质的污水, 由于固体物的沉降速度与液流流速有关, 因此按下

面的经验公式求得叶轮进口直径 D_1 后, 应校核临界沉降速度^[1]。

$$D_1 = K_{D1} \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (1)$$

式中 D_1 ——叶轮进口直径, m; K_{D1} ——叶轮进口速度系数; Q ——流量, m^3/s ; n ——转速, r/min 。

由叶轮水力模型统计分析可得: $K_{D1} = 3.5 \sim 4.5$ 。当主要考虑效率时, $K_{D1} = 3.5 \sim 3.8$; 兼顾汽蚀和效率时, $K_{D1} = 3.8 \sim 4.2$; 主要考虑汽蚀时, $K_{D1} = 4.2 \sim 4.5$ 。

$$D_2 = K_{D2} \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (2)$$

式中 D_2 ——叶轮出口直径, m; K_{D2} ——叶轮出口速度系数。

由水力模型统计分析可得: $K_{D2} = (9.8 \sim 10.5) \left(\frac{n_s}{100}\right)^{-0.2}$, 比转数 n_s 小时, K_{D2} 取大值; 比转数 n_s 大时, K_{D2} 取小值。

当叶轮流道出口断面大致为圆形时, 叶轮出口宽度 b_2 为

$$b_2 = (0.8 \sim 0.9) D_1 \quad (3)$$

当叶轮流道出口断面不是圆形时, b_2 可取较小值, 但应保证流道的出口断面面积等于叶轮进口面积的 0.8 倍左右。

1.2 轴面图绘型

单流道叶轮轴面图的绘型和一般离心泵有所不同, 除了要知道 D_1 、 D_2 、 b_2 和前后盖板的圆弧半径 R_1 、 R_2 , 以及前后盖板的倾角 T_1 、 T_2 之外, 还需知道

收稿日期: 200012215

作者简介: 刘厚林, 博士生, 江苏省镇江市 江苏理工大学流体机械研究所, 212013

轴面图中心线与流道外壁之间的距离 BO 、流道外壁大圆弧半径 r_2 、流道外壁小圆弧半径 r_1 ，如图 1 所示。 BO 的值由叶轮结构和流道外壁型线决定， r_1 、 r_2 的大小由叶轮出口宽度 b_2 和结构决定。

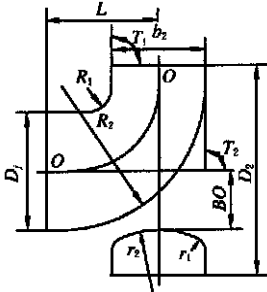


图 1 单流道叶轮轴面图

Fig 1 Schematic of axial plan of single channel impeller

1.3 分轴面图流道中线

绘出前、后盖板的型线后，可用解析法精确求出流道中线的方程^[6]，也可用某一半径的圆弧来绘近似的流道中线。

通常把流道中线 OO 分成曲线长度大致相等的 5~7 段，并过流道中线上各分点分别向前、后盖板流线作垂线。最后一个分点的位置非常重要，它直接影响到平面图形状。设最后一个分点的半径为 R_e ， R_e/D_2 的值随着比转数的增大而减小。

2 平面图设计方法

2.1 平面图流道中线

在平面图上先画出流道出口处垂直于流道中线的开口长度 AC ，使得 AO 大致等于叶轮进口直径 D_1 的 1.04，以 AC 和 b_2 为轴长构成的椭圆面积应大致等于叶轮进口面积的 0.8 倍，否则要调整 A 点或 C 点的位置，如图 2 所示。

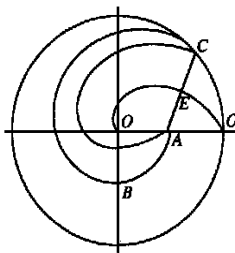


图 2 单流道叶轮平面图

Fig 2 Plane view of single channel impeller

合适的平面图流道中线方程是设计好平面型线图的关键。流道中线要满足一定的要求，即必须过线段 AC 的中点 E 且在中点 E 处与线段 AC 垂直(图

2)。因此流道中线方程可采用

$$r = aH \tag{4}$$

式中 r ——流道中线在极角 H 处的半径, m ; H ——极角, 弧度; a, m ——系数, 由过 E 点且与线段 AC 垂直确定。

2.2 在平面图上过各分点作平面图流道中线的垂线

在平面图流道中线上分别作与轴面图上相对应的各分点，其半径和轴面图上对应分点的半径相等。流道出口部分的垂线和轴面图相应直径处的宽度围成的图形可以是圆形、椭圆型或长方形，但面积应大致等于叶轮进口面积的 0.8 倍，否则应重新调整平面图流道中线的形状和轴面图流道中线的各分点位置。

2.3 作过流道中线的截面图形

以各分点为截面图(截面图可以为圆、椭圆或矩形)的中心，截面图水平方向宽度和轴面图相应的垂直线段相等，垂直方向宽度按下步确定。

2.4 沿流道中线各截面面积的变化规律

采用曲线积分法，将轴面图流道中线展开成实际长度。将展开长度作为横坐标，按进出口面积和给定的截面面积变化规律来确定各分点面积，根据各分点面积确定各截面的垂直距离，即根据上下、水平四点作出的截面图形面积和相应的分点的面积相等。

文献[1]、[2]认为流道中线截面面积变化规律是直线，如图 3 所示，横坐标表示平面图流道中线的展开长度，纵坐标表示平面图流道中线的截面面积。 F_1 为叶轮进口面积， F_2 为单个流道出口面积。大量的设计实践表明：当比转数小于 150 时，流道中线截面面积按直线规律变化较好(图 3 中直线)；当比转数大于 150 时，流道中线截面面积若仍按直线规律变化，叶轮平面图绘图将变得非常困难，它的原因有待进一步地研究。这时最好按图 3 中的曲线规律变

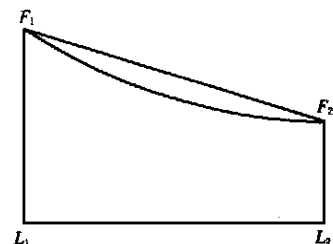


图 3 流道中线截面面积变化规律示意图

Fig 3 Change rule of section area of plan channel midline

化, 这一变化规律不受比转数 n_s 的限制。

2.5 作平面图流道内、外壁型线

将流道内壁上各点用三次 B 样条曲线进行拟合。给定流道平面图厚度变化规律, 绘流道外壁型线, 在绘流道外壁型线(图 2 中曲线 ABC) 时, 应保证叶片不穿透, 但也不能太厚, 否则会影响效率。

3 程序设计方法

根据国内水泵行业绝大多数厂家应用计算机的现状, 选用 Windows 9X 作为操作系统。在 AutoCAD 14.0/2000 平台上, 用 Microsoft Visual C++ 进行 ARX 编程。

程序有水力计算和出图两个主要模块。在计算模块中, 计算与绘图交互进行, 便于对设计过程进行适时监控。输入设计参数流量 Q 、扬程 H 、转速 n 后, 首先进行轴面图的设计, 然后进行平面图的设计, 最后根据轴面图和平面图的设计结果, 绘出截面图。在设计计算过程结束后, 出图模块自动读取计算模块的设计结果进行绘图, 并利用 AutoCAD 强大的标注功能自动进行尺寸标注。此后, 如果对程序标注的结果不满意, 对图面可进行手工修改。程序流程图如图 4 所示。

程序设计的最终结果为一个图形文件, 此后的所有操作由 AutoCAD 完成, 如保存文件、改变层属

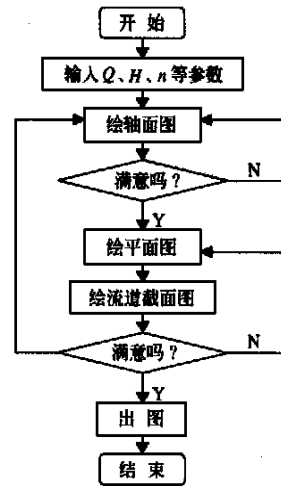


图 4 程序流程图

Fig 4 Flow chart of the program

性、设置绘图设备、打印预览等。图形文件的多种存储格式, 保证了设计结果(图形文件)与其它绘图平台的兼容性。

4 试验研究

为了验证本文所提出的设计方法的正确与否, 并结合市场的需要, 设计了一台 $Q = 70 \text{ m}^3/\text{s}$ 、扬程 $H = 10 \text{ m}$ 、转速 $n = 2860 \text{ r/min}$ 的单流道潜水污水泵。试验结果和特性曲线见表 1 和图 5。

表 1 试验结果

Table 1 The results of test

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
流量 $Q/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0	7.23	14.15	21.62	28.43	35.56	42.37	49.56	56.62	63.45	70.13	77.42	84.46
功率 P/kW	2.55	2.56	2.59	2.64	2.71	2.78	2.84	2.90	2.94	2.98	3.02	3.07	3.12
扬程 H/m	14.64	14.47	14.28	14.02	13.70	13.30	12.81	12.24	11.60	10.85	10.13	8.97	7.52
效率 $\eta/\%$	0	10.8	21.0	30.3	38.5	45.6	51.6	56.3	61.0	63.3	64.5	62.6	58.8

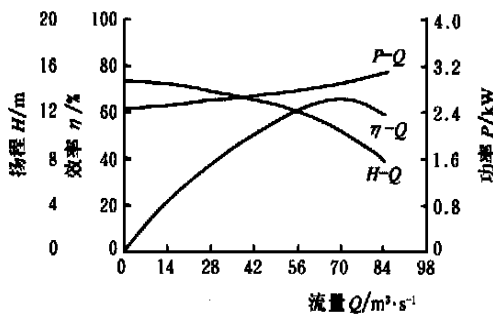


图 5 试验特性曲线

Fig 5 The curves of characteristics

由表 1 和图 5 可知: 设计的泵在设计点的性能完全达到了设计的要求, 且具有较宽的高效区, 即非设计点的性能也较好。因此本文所述的设计方法完全可行。

5 结论

1) 通过对现有单流道叶轮水力模型的归纳总结, 给出了叶轮进出口速度系数 K_{D1} 、 K_{D2} 的值, 以及出口宽度 b_2 的计算方法。

2) 给出了新的平面图设计方法, 平面图流道中线方程和截面面积变化规律。

3) 介绍了单流道叶轮 CAD 软件的开发方法, 并给出了该软件的一个设计实例和试验结果, 实际应用表明了本文所述的方法完全可行, 较以前的方法简单、可靠和实用。

[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] 关醒凡, 李幼康, 李 红等. 单流道泵设计方法[J]. 江苏工学院学报, 1993(4): 24~ 29.
- [3] 关醒凡, 李幼康, 李 红. 单流道泵及双流道泵的设计[J]. 水泵技术, 1994(1): 12~ 17.
- [4] 关醒凡, 朱荣生. 单流道泵实验研究[J]. 农业工程学报, 1994(3): 116~ 120.
- [5] 刘厚林, 关醒凡, 李幼康. 双流道叶轮的设计方法[J]. 流体机械, 1999, 27(9): 15~ 17.
- [6] 汪建华等. 叶轮过流面积计算及轴面图几何参数优化[J]. 排灌机械, 1997; (2): 3~ 10.

Study on Hydraulic Design Method of Single Channel Impeller

Liu Houlin, Ma Haochen, Guan Xingfan

(Institute of Fluid Mechanics, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212013, China)

Abstract A new hydraulic design method of single channel impeller was discussed in this paper, it is simpler than the former design method of single channel impeller. The new method is especially fit for program CAD software. Based on summing up many excellent hydraulic models of single channel impeller, it gave all kinds of coefficient values of axial section. With reference to the design method of plan hydraulic design of double channel impeller, the new design method of plan hydraulic of single channel impeller is put forward. It introduced a new change rule of section area and an equation of plan channel midline. At last, a programming method and an example of design were given.

Key words: pump; single channel impeller; hydraulic design; computer aided design (CAD)