半开式污水泵叶轮设计方法的探讨

丛小青，袁寿其，袁丹青

（ 江苏大学 ）

摘 要：根据对不同叶片数半开式叶轮的试验研究，介绍了半开式叶轮的设计方法，给出了叶轮设计中的经验公式及经验参数，详细研究了叶片数、叶片边缘间隙对水泵性能的影响，并对设计中出现的一些问题进行了讨论。

关键词：污水泵，半开式叶轮，设计

文献标识码：A　**文章编号**：1005-6254（2001）06-0015-03

1 引言

半开式叶轮以其简单的结构良好的通过性能在污水泵设计中得到广泛应用，由于污水泵内两相流动十分复杂，长期以来一直没有一种确切的设计方法，很多数据是在闭式叶轮的设计基础上根据设计者的经验来确定的，因此在实际设计中使很多设计者感到困惑。作者在长期从事污水泵研制的基础上通过实验对开式叶轮设计方法进行了总结，对影响开式叶轮性能的几个主要参数进行了讨论，并为设计的可行性提供了依据。

2 叶轮的水力设计

在设计清水泵离心叶轮时只要考虑高效率和高汽蚀性能就足够了，而在设计抽送污水的叶轮时必须考虑杂物的影响。这一点与高水力性能是矛盾的，所以在设计中必须确定水力设计的各种因素同杂物通过性之间的关系，选择污水泵叶轮的理想形状。以下我们只考虑半开式叶轮的水力设计。

2.1 叶轮进口直径D_0

$$D_0 = K_0\sqrt[3]{Q/n}$$

式中K_0为叶轮进口直径系数，对清水介质，主要考虑效率时，K_0=3.5~4.0；对污水介质，建议取K_0=3.6~4.2，通常叶轮进口流速为3 ~ 5m/s，该流速应大于颗粒的临界沉降流速V_L。

2.1.1 叶片数的确定

叶片数对污水泵的扬程效率及过流能力都有很大影响，选择叶片数时一方面要考虑叶道有足够宽度即取较少叶片数使叶道有较强的过流能力，另一方面又要保证泵的扬程和效率。要满足上述要求，叶片数与通过颗粒大小要有一定比例。图1表示了叶片数与水力性能之间的关系，这些关系是从五叶片、四叶片、三叶片叶轮的试验结果中总结出来的。用通过固体物直径与水泵吸入口径的比率来表示无堵塞性能的好坏，其水力性能是用其与五叶片叶轮性能的比率来表示的。从图中可以看出当叶轮叶片数减少到四片时效率下降不明显，而三叶片叶轮效率下降明显，同样随着叶片数减少水泵的总扬程会降低而固体物的通过性能会得以改善。从上述情况看四叶片叶轮在不影响效率的同时最适合用于改善杂物的通过性。四叶片叶轮用于输送原污水泵固体直径不得超过吸入口径20%。下表是根据输送固体颗粒大小推荐使用的叶片数。

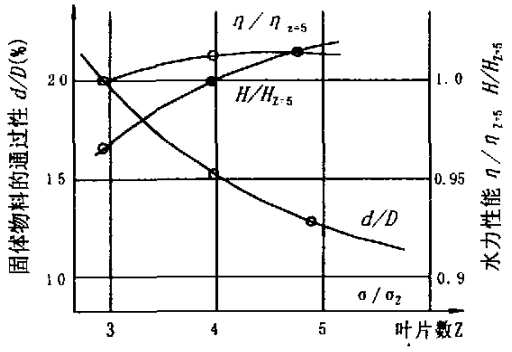

图1 叶片数与泵性能关系图

第一作者简介：丛小青（1966.6-），女，江苏大学流体机械工程技术中心 助理研究员；江苏省镇江市（212013）。

万方数据

叶片数量推荐选用表

d/D	10%	20%	30%	40%
Z	5	4	3	2

2.2 叶片边缘间隙 ε 确定

开式叶轮中叶片边缘间隙对泵的性能影响至关重要,它不但会严重影响泵的效率而且还会影响泵的扬程。图 2 是一组试验结果，η_0、H_0、ε_0、为四叶片叶轮间隙小于0.2时的数据，当调整 ε 时效率 η 扬程 H 都会下降，下降程度与间隙调整前的比值如图所示。但是在实验中我们同样看到间隙的调整虽然使颗粒的通过能力增加，也导致效率扬程的大幅降低，而且使间隙磨损加重。这是由于间隙增加使一些颗粒进入到间隙中间，从而加剧了泵的磨损，同时由于容积损失的增大使泵效率降低，扬程下降，所以在叶片边缘间隙的调整中应尽量小，以不摩擦泵壳为宜。

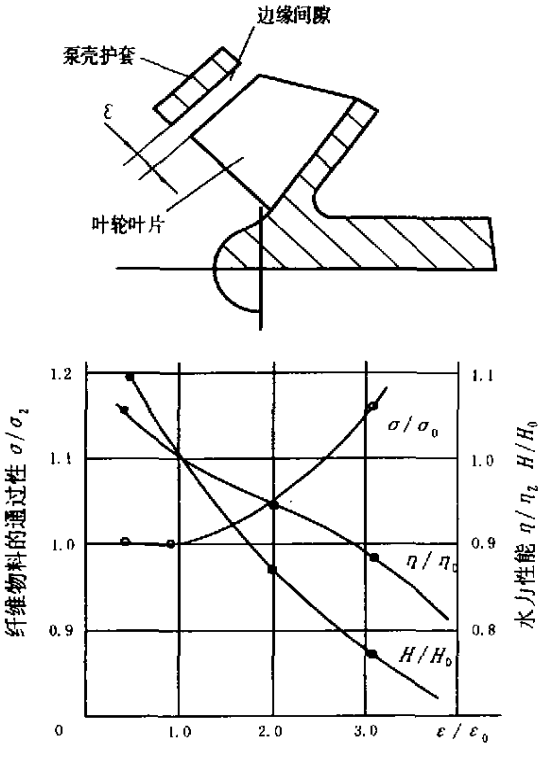

图 2

2.3 叶轮外径 D_2 的计算

叶轮出口直径 D_2 与叶轮叶片数的多少有直接关系。由于半开式叶轮设计中选择的叶片数比常规设计法中所取的叶片数要少，因此在设计中要适当加大叶轮外径。但是，半开式叶轮出口宽度 b_2 比一般清水泵设计要大，这样又有使 D_2 减小的趋势，建议设计中按下式计算：

$$D_2 = K_{D2}\sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

式中 $K_{D2} = (9.82 \sim 11.5)\left(\frac{n_s}{100}\right)^{-1/2}$

待进行完性能试验后，用下列公式计算切割量，最后确定 D_2，叶轮切割公式：

$$\frac{H'}{H} = \left(\frac{D'_2}{D_2}\right)^2 \qquad \frac{Q'}{Q} = \frac{D'_2}{D_2}$$

2.4 计算叶片出口宽度 b_2

一般闭式叶轮中，叶轮出口宽度 b_2 应为

$$b_2 = K_{b2}\sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

式中 $K_{b2} = (0.64 \sim 0.7)\left(\frac{n_s}{100}\right)^{5/6}$（$n_s$ 小取大值）

半开式叶轮中由于叶轮没有前盖板，容积损失 η_v 比较大，所以 b_2 一般取比常规设计大。建议 b_2 按以下原则进行选取。

（1）从考虑污物通过能力上，b_2 不能小于通过尺寸。

（2）从提高泵效率考虑，希望选取的 b_2 尽量接近清水泵计算值。

（3）增大 b_2 应充分考虑到流道内尽可能无脱流漩涡和二次回流。

选用 b_2 的具体方法如下：

a. 当 $b_{2清} > \phi$，（介质中固体可能的最大粒径）时，b_2=（1.2 ~ 1.5）$b_{2清}$

b. 当 $b_{2清} < \phi$，时，b_2=（1.3 ~ 1.6）ϕ，

c. 大多数情况由于 ϕ，不能准确确定，建议 b_2 按下式计算：

$$b_2 = K_{b2}\sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

式中 $K_{b2} = (0.96 \sim 1.05)\left(\frac{n_s}{100}\right)^{5/6}$

有时为确保不同固体都不在泵内阻塞，取 $b_2 = D_0$。

2.5 叶片出口角 β_2 选择

考虑到叶片间流道的扩散角及叶片的包角，为增加相邻叶片之间和盖板的通道面积，建议取 $\beta_2 = 10° \sim 30°$。

（下转第 37 页）

万方数据

内（安装技术规范允许的 ± 5% 平均空气间隙范围内）两台机组最后测量的空气间隙偏差与水泵导轴瓦间隙偏差均在合格范围内，也证明了这种运用辅助中心安装法是正确无误的。

3 结束语

泗阳二站机组安装中成功应用辅助中心确保机组垂直同心的安装方法，是一种至今尚未见介绍的全新的安装方法，实践证明，在配套主电机结构不允许按常规方法进行安装的条件下，是省时省工而又确保安装质量的一种新的安装方法。我们总结写成此文的目的在于：第一，我国大型泵站建设事业已有40年历程，大家共识的安装程序，似乎一成不变，而实践中应该不断出现具有创新意义的安装方法，可是不见交流文章出现，在一定程度会影响大型泵站安装技术的发展和提高。我们不怕浅薄，首先著文探索，旨在开技术交流的先河。第二，过去限于安装的要求，主电机结构及外形尺寸均按主泵安装需要专门配套设计、生产，因而同一容量同一转速的配套主电机规格品种繁多，生产数量却很少，自然会大幅度提高造价，而泗阳二站承包商打破了这一常规，仅按原设计转速与容量的要求选用已定型生产的产品进行配套，缩小了原设计要求的外形尺寸，因而大大降低了电机造价，两台电动机价格仅用一台预算经费，差价以百万元计，今后，如果泵站设计中同样进行选型配套，自然可以降低泵站建设投资。

（上接第 16 页）

3 小结

（1） 半开式叶轮适于抽送含气体的污水，制造方便，便于维修，这些优点是污水泵叶轮家族中其它叶轮无法比拟的。

（2）半开式叶轮的缺点是：污水中存在磨损性物质，使叶片与前盖板之间的间隙 ε 增大降低了效率。但是只要采用合理的结构，使前盖板便于调节，定期保养，保证 ε 的尺寸（< 0.3）效率可以基本上和闭式叶轮相同。

（3）半开式叶轮的设计是将通过能力放在首位，在满足通过尺寸的前提下，使叶轮流道尺寸尽量接近清水泵以达到高效率。

总之，叶片数、叶片边缘间隙、叶轮外径，叶片出口宽度是影响半开式叶轮性能的关键数据，设计者只有在充分考虑效率及过流性能的前提下科学地选取才能设计出符合要求的叶轮。

参 考 文 献

1 周先华. 泥浆泵设计实践. 水泵技术，1992（1）
2 关醒凡. 泵的理论与设计. 机械工业出版社，1987
3 周先华. 离心式无堵塞污水泵的设计，流体机械，1994
4 查森. 叶片泵原理及水力设计机械工业出版社，1988
5 杂质泵译文集

Research the Designing Method of Semi-opened Sewage Pump Impeller

CONG Xiao-qing, YUAN Shou-qi, YUAN Dan-qing
(Jiangsu University)

Abstract: According to the experimental study on varied blade numbers of semi-opened impeller, this paper researches the designing method of semi-opened impeller, introduces the experience formula and the experience parameters during the procedure of designing impeller. The effect of the blade numbers and the blade edge clearances on the pump performance are studied in detail and some problems met in the procedure are discussed.

Key word: Sewage Pump, Semi-opened Impeller, Design

万方数据