基于PCAD2000的井用潜水电泵水力设计

薛 枫

（乌海市五湖泵业有限责任公司，内蒙古 乌海市 016000）

摘 要：由于新国家标准取消了约束潜水电泵的单级扬程的规定，针对井用潜水电泵的特点，利用PCAD2000水力软件对175QJ25-13水力部分进行调整设计，介绍了叶轮、空间导叶等的具体设计方法；试验结果表明设计达到175QJ25-21技术指标。

关键词：井用潜水电泵；水力设计；叶轮；空间导叶

文献标识码：A　　**文章编号**：1005-6254(2003)03-0010-03

0 引言

井用潜水电泵主要用于从井中提取地下水，供城镇、工矿企业或农田灌溉使用。与长轴深井泵相比井用潜水电泵有如下优点：①没有长传动轴，减少了传动轴引起的故障，从而提高设备的可靠性；②安装方便，拆装时较深井泵节省一半以上的工时；③省去传动长轴和中间轴承，减少了机械摩擦损失和水力损失，提高了机组效率。

目前，新国家标准对潜水电泵的单级扬程取消了规定，这样就取消了对单级扬程的约束。提高单级扬程，降低生产成本势在必行。在这种形势下，将会对一部分潜水电泵进行更新设计，就会有一批单级扬程较高的水力模型出现。笔者利用江苏大学流体机械工程技术研究中心设计的水力软件PCAD2000对175QJ25-13水力部分进行了调整设计的尝试，取得较好效果。

1 水力设计

1.1 设计参数

流量Q=25m^3/h；扬程H=21m；效率η=65% 介质为清水。

原175QJ25-13潜水电泵单级扬程为13m，这一次改进的目标是提高原设计的单级扬程，水泵的效率、流量保持在国标范围内，降低水泵的成本。而提高原设计的单级扬程，会使原设计的比转数降低，增加设计的难度；为此，利用PCAD2000软件在以下几方面进行了调整。

1.2 叶轮的设计

1.2.1 叶轮参数调整

为了达到设计值扬程，把扬程设计值加大3m，加大后的比转数n_s=79.9。

(1) β_2的选取。原175QJ25-13的β_2为23°，为取得较高扬程，采用加大β_2的方法，选取β_2为37°。

175QJ25-21的比转数n_s为79.9，属于低比转速离心泵范围，此时泵体内的水力摩擦损失是次要的，占据主导地位的是叶轮的圆盘摩擦损失，而圆盘摩擦损失与叶轮外径5次方成正比，D_2减小降低了圆盘摩擦损失，提高了水泵的效率。从这一点来说，加大β_2是可取的。但β_2增加不是无限的，因为β_2对水泵性能的影响是多方面的。例如，随着β_2的增加，叶片之间流道弯曲严重，流道变短，相邻叶片间流道的扩散角度变大，水力损失增加；其次，随着β_2的增加，叶轮出口绝对速度v_2增加，v_{u2}增加，则动扬程增大，此时液体在叶轮和泵体中的水力损失增加；另外，当β_2过大时，扬程—流量曲线易出现驼峰曲线，成为不稳定的性能曲线；最后在其他参数不变时，泵的轴功率曲线随增加β_2而增加，易出现过载现象。

(2) b_2的选取。叶片出口宽度是影响水泵性能的主要参数之一。由于n_s小于90，可以按以下方法确定：

$$b_2 = K_{b2}\sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 0.6608\times\sqrt[3]{\frac{25}{3600\times2850}} = 8.89\text{mm}$$

式中，K_{b2}=0.3598+0.003767n_s=0.6608。

要综合考虑各种几何参数以及改进性能的措

作者简介：薛枫(1971-)，内蒙古乌海人，工程师，主要从事井用潜水电泵、潜水电机的设计工作。

施后，合理选取叶片出口宽度 b_2 为12mm。

(3) D_j 的选择

叶轮进口直径 D_j 又叫叶轮颈部直径。它与叶轮进口流速 v_0 有关。一般认为，v_0 不超过3～4m/s，进一步提高会降低泵的效率和抗气蚀性能。实践证明，v_0 增大在较广的范围内，泵的水力效率变化不大。井泵对抗气蚀性能要求不高，可选择较小的 D_j，以减小叶轮的密封环的泄漏量，提高容积效率。

$$D_0 = K_0\sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 3.6\times\sqrt[3]{\frac{25}{3600\times2850}} = 48.4\ \text{mm}$$

式中 K_0=3.5～4.0，取 K_0=3.6。

$D_0^2 = D_j^2 - d_h^2$，导流壳轮毂直径 d_h=32mm，选取 D_j=58mm。

(4) D_2 的计算：

$$D_2 = K_{D2}\sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 9.94\times\sqrt[3]{\frac{25}{3600\times2850}} = 141\ \text{mm}$$

式中 $K_{D2} = 9.35\left(\frac{n_s}{100}\right)^{-1/2} = 10.5$

取 D_2=133mm。

(5) 叶片数：Z=6。

(6) 包角为105°，减小包角主要为使 Q-H 变得陡降，从而使水泵获得稳定的性能。

(7) 在设计单级低比转数高扬程潜水电泵时，经试验叶片采用前伸时要适当。

(8) 在设计单级高扬程潜水电泵时，扬程设计值要留出3～4m余量。

1.2.2 叶轮的叶片剪裁图部分设计

采用PCAD2000水力软件，经反复调整，确定采用图1。

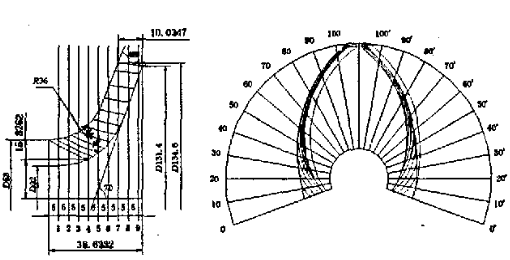

图1

1.2.3 叶轮调整设计注意事项

(1) 按照PCAD2000水力软件要求操作，输入设计参数，即流量、扬程、转速、级数。程序给出比转数，总效率（允许修改）。选择轴的材料许用应力，给出最小轴径 d，根据结构要求给定 d_h，选择进口速度系数 k_0，程序给出进口直径 D_j，出口直径 D_2，叶片数 Z，叶片出口安放角 β_2，叶轮出口直径 D_2，出口宽度 b_2。如仍不适合，可以进行调整，程序自动运算直至满意。

(2) 设计轴面图时，前盖板倾角为65°±3°，后盖板倾角为68°±3°，加大前后盖板倾角来减小叶轮的外径；检查过水断流面积是否变化均匀。

(3) 叶片为扭曲叶片，分三条流线时，一定要保证中流线直，上下流线之间变化均匀。

1.3 空间导叶的设计

空间导叶起到压水室的作用，即把叶轮出口的液体收集起来输送到下级叶轮出口，或出口管路，转换速度能为压力能，消除旋转分量，通常导叶出口角为90°。设计时应考虑下列原则：①流道断面的四周应尽量小，最好是圆形或方形；②流道形状变化平滑；③各部位的角度应符合流动规律；④各种速度变化应均匀；⑤控制喉部速度为一定值；⑥控制流道的扩散角为一定值。

1.3.1 确定有关数据

(1) $D_3 = D_2-(2～5)$ mm；选 D_3=126mm。本次设计的泵为低比转数的泵，为了提高水泵效率，采用增大喉部面积，拓宽水泵的高效区，以实现设计的目标。

(2) $D_4 = D_3+(0.1～0.2)D_2$=156mm。

(3) $L=(0.5～0.7)D_2$=68mm。

(4) Z=7，主要是为了 Q-H 曲线变得陡降，从而使水泵获得稳定的性能。

(5) ϕ=100°

1.3.2 检查轴面液流过水断面的变化情况

导叶最大面积/叶轮出口面积=0.8～1.2。

1.3.3 导叶的其他参数计算及绘型

采用PCAD2000水力软件，经多次调整，确定采用图2。

1.3.4 导叶调整设计注意事项

(1) 按照PCAD2000水力软件要求操作，输入设计参数，即流量、扬程、转速、导流壳轮毂直径 d_h、叶轮进口直径 D_j，叶轮出口直径 D_2，叶轮出口宽度 b_2，程序给出比转数 n_s。

(2) 选择基本参数，首先输入叶片数 Z、水力效率 η_h，然后输入空间导叶进口直径 D_3、出口直径 D_4、宽度 L。

(3) 设计轴面图，按照PCAD2000水力软件要

求操作，过水断流面积变化要均匀。

（4）设计流线展开图时，$\alpha_3=8^\circ\pm3^\circ$，$\alpha_4=90^\circ$，$\theta_1=1^\circ$。

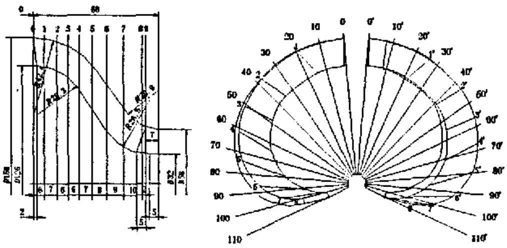

图 2

2　制作水力模型注意事项

(1) 叶轮进出口尺寸按图纸实际制作，不再加1%的收缩量。

(2) 叶片的剪裁一定要准确光滑，严格符合样板，样板要准确可靠。

(3) 叶轮的叶片背面从外向里 20～25mm，要锉成直线，尽量在铸造成型的情况下，减少叶片出口边厚度，主要减少叶轮背面的厚度。

(4) 叶片安装在芯盒上一定要准确，要有靠模来衡量。

(5) 叶片做好后，在天平上称重，各片之间重量相差不超过1g，以减小叶轮的静不平衡。

3　试验

试验按照国标GB/T12785-91《潜水电泵实验方法》的规范进行，对水源的要求按 GB3216-89中的《离心泵、混流泵、漩涡泵实验方法》的规范进行，测试采用PMS水泵综合测试系统。试验结果见表 1，试验曲线如图 3 所示。

表 1　试验结果

参数	流量 Q (m³/h)	扬程 H(m)	效率 η (%)	转速 n (r/min)
设计值	25.0	21.0	66.0	2850
实测值	25.0	21.5	66.4	2850

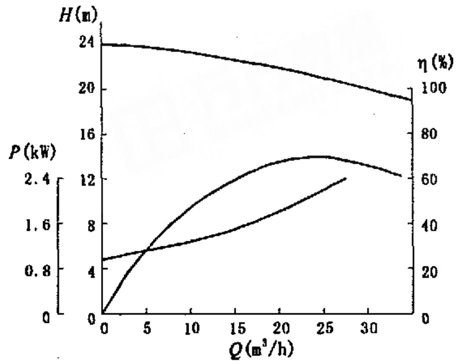

图 3　试验曲线

本设计轴功率曲线较陡，流量、扬程曲线满足了要求，达到了预期目的。

4　结束语

通过这次设计，在提高低比转数潜水电泵单级扬程设计方面取得一些经验。同时，体会到丰富的设计经验及大量可靠的资料与水力软件PCAD2000相结合，将有利于提高设计质量和效率。建议软件中增加径向样板线，这样在设计空间导叶时会更为方便。

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，2001:32～40.

[2]　关醒凡. 现代泵设计手册[M]. 北京：宇航出版社，1995：180～280.

Adjusting Design on Well Submersible Pump Applying PCAD2000

XUE Feng

(Wuhu Pump limited Duty Company limited, Wuhai 016000, China)

Abstract: Due to the single stage head restriction of well submerged pump is canceled by international standard and according to the characteristics of this pump, the adjusting design of 175QJ25-13 applying the hydraulic design software PCAD 2000 is carried out. The methed of designing about impeller and space bowl vances are introduced. The testing results shows that the technical target of 175QJ25-21 are reached.

Key words: Submersible Pump; Hydraulic design; Impeller; Space bowl vances