

高真空液环式泵的设计

安徽省来安县独山电力排灌站(256800)杜长山
中石化海南炼油化工有限公司(儋州 578101)林 笋
马钢股份公司煤焦化公司(安徽 243021)许万国
合肥华升泵阀有限责任公司(安徽 230088)姜 漫

【摘要】提出了一种新型的两级单作用液环真空泵的设计方法。性能试验和实际运转试验表明,吸入真空度可达50hPa,最大抽气量为1700m³/h,真空泵抽气量大、极限真空度低,从而拓展了国内两级单作用液环式真空泵的应用范畴。

【关键词】液环式真空泵 真空度 优化设计 试验研究

一、前言

真空泵运行稳定性和可靠性是泵站正常运行的前提条件。由于泵站提水液面比较低,考虑自动控制等要求,现在一般使用真空泵来抽吸管道内的空气,把水提升到泵腔内再起动车泵,如图1所示。另外,当水泵作水轮机工况(发电工况)运行时,也必须使用真空泵抽吸出管道内的空气,使水流翻越驼峰,造成水泵倒转,使水轮机正常工作^[1]。

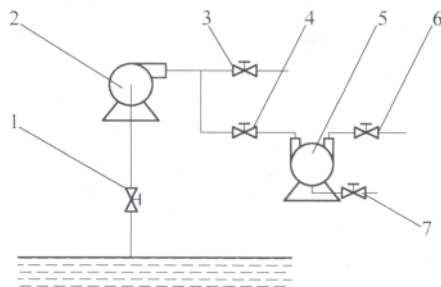


图1 液环泵在泵站中的应用示意图

1.水泵进水管 2.主水泵 3.水泵出水管 4.真空泵进气阀 5.真空泵
6.真空泵排气阀 7.补水阀

目前国内对于两级单作用、径向进排气、直联驱动、气量达1500m³/h以上的液环式真空泵存在抽吸速度慢,真空度偏高的问题,主要原因在于设计经验不足,结构不合理,试验系统不完善。

根据工程的要求,研制并试验了进口压力可达53hPa、最大气量达1700m³/h的双级单作用2BE256—0型液环式真空泵。

二、结构设计

2BE2—0型液环式真空泵采用两级单作用、径向进排气、两端支撑和直联驱动的结构形式。由轴承部件、侧盖、泵体、叶轮、隔板、分配器及集装式机械密封等主要零部件组成。在结构设计上主要考虑以下两点。

1. 配备防汽蚀管路

为降低真空度,在吸入口处安装防汽蚀管路及单向阀。因为液环式真空泵发生汽蚀,气泡破裂时在叶轮及分配器表面会产生点蚀。因此针对这一情况,可以在压缩过渡区域内引入常压气体。具体的方法是:在分配器压缩过渡区钻一小孔,而后用管路将大气引入这一区域,在管路的另一端安装一个单向阀,作用是防止泵内工作水或气体流出泵外,这套管路称为防汽蚀管路。气泡在压缩过程中破裂时,从外界引入压力较高的气体能及时补充因气泡破裂而出现的“空间”。这样可以大大减轻汽蚀对泵的伤害及降低汽蚀引起的噪声和振动^[2]。

2. 采用焊接叶轮

液环式真空泵配有两级叶轮A、B,叶片数分别为16、12。叶片数多且薄,铸造困难并且无法保证工作面的表面粗糙度,因此叶片用线切割加工,轮毂和轮缘也分别用线切割加工相对应的位置,在26.5℃时把叶片分别插在轮毂和轮缘的相应位置,再分别点焊完成。焊接的叶轮表面粗糙度可达Ra=12.5μm。如图2所示。

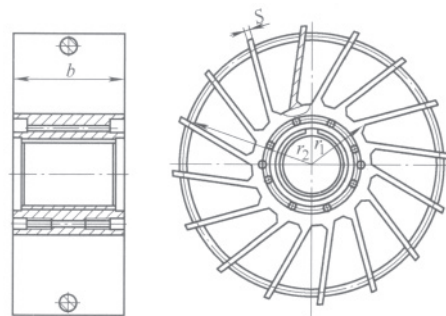


图2 液环泵的叶轮结构图

三、参数确定和零部件的结构

1. 主要技术指标

正常气量: 1 315m³/h; 吸气介质: 空气; 吸气压力: 53hPa; 排气压力: 1 024hPa, 配套电动机功率: 75kW。要求重量轻, 体积小, 现场安装维修方便。

2. 确定液环式真空泵的主要几何尺寸

(1) 确定叶轮半径 r_2 根据原动机的转速可得叶轮的角速度 $\omega=2\pi n=77.5\text{rad/s}$ 。

$$\text{由 } r_2=(1\sim 1.25)(\lambda\omega)^{-1}[(2-2/\sigma_{\max})(p_2/\rho)]^{1/2}$$

$$\text{和 } \sigma_{\max}=p_2/p_{1\min}$$

$$\text{得 } r_2=(1\sim 1.25)(\lambda\omega)^{-1}[(2p_2-2p_{1\min})/\rho]^{1/2} \quad (1)$$

经计算得 $r_2=0.2\sim 0.25\text{m}$, 叶轮直径预留0.5mm, 取 $r_2=252.5\text{mm}$ 。

式中 λ ——修正系数, 取 $\lambda=0.9$;

ρ ——工作介质水的密度, 取 $\rho=1\,000\text{kg/m}^3$;

$p_{1\min}$ ——气体流量为0时的吸气压力, 取 $p_{1\min}=5\,000\text{mPa}$ 。

(2) 最佳轮毂比 为使泵的吸气、排气阻力最小, 即通过吸排气口的气体速度为最小, 因此吸气口和排气口的面积应尽可能大。一般情况下最佳轮毂比 $\gamma=1/3$ 。

根据液环式真空泵的结构与强度要求, 最后取 $\gamma=0.43$, 轮毂直径 $D_k=217\text{mm}$ 。

(3) 叶片安放角 叶片采用前弯式直叶片, 取 $\beta=70^\circ$ 。

(4) 叶片数的确定 工程实际中, 合理的叶片数为 $z=12\sim 24$; 考虑抽气量及吸排气口的位置, 取叶轮A的叶片数 $z=16$, 叶轮B的叶片数 $z=12$ 。

(5) 叶片厚度 叶片厚度由材料和制造方法确定。通常 $s=(0.04\sim 0.05)r_2$, 取 $s=10\text{mm}$ 。

(6) 叶轮宽径比 x 叶轮宽径比 $x=b/r_2$ 决定了泵的整体结构外形, 一般工程上取 $x=1\sim 2$;

叶轮A: 取 $x=1$, $b_A=200\text{mm}$; 对于叶轮B, 取 $x=1.95$, $b_B=400\text{mm}$ 。

(7) 叶片淹深 a 的确定 取 $a=30\text{mm}$ 。

(8) 叶轮与分配器和隔板的间隙 叶轮与分配器、叶轮与隔板的间隙 $f_d=0.1\sim 0.25\text{mm}$ 。

(9) 泵体宽度 泵体宽度 B 的确定应由叶轮宽度 b 来确定, 取 $B_A=208.2\text{mm}$, $B_B=408.2\text{mm}$ 。

(10) 偏心距 e 依据结构要求, 取 $e=52\text{mm}$ 。

(11) 筒体半径 R

$$R=e+r_2+f \quad (2)$$

式中 f ——径向间隙, 取 $f=4.5\text{mm}$ 。

得 $R=309\text{mm}$ ^[3]。

按此设计制造的真空气泵的性能曲线如图3所示。

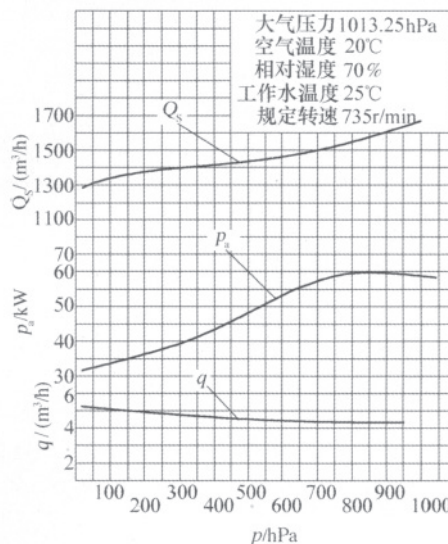


图3 液环泵性能曲线图

四、结论

试验结果表明, 2BE2—0型液环式真空泵的设计方法可行, 结构合理, 设计的液环式真空泵气量大, 真空度达到规定要求, 性能稳定。2BE2—0型液环式真空泵在农业泵站上运行平稳, 性能优良, 比同类型的真空泵振动小, 噪声低, 抽速快, 抽气量大, 满足了用户的使用条件。

参考文献

- [1] 陆伟刚, 周秀彩, 颜红勤. 泵站虹吸流道中射流真空泵的应用研究[J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 2004, 7(1): 76-79.
- [2] E. A. M Husain, M. J Robinson. Erosion - corrosion of 2205 duplex stainless steel in flowing seawater containing sand particles[J]. Corrosion Science, 2007 (49): 1737-1754.
- [3] 贾宗谟, 穆界天, 范宗霖. 漩涡泵 液环泵 射流泵[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

(收稿日期: 2009/07/04)