

文章编号: 1005-8893(2005)01-0001-04

# 1 600 m<sup>3</sup>/h 大气量液环式氯气泵的研制\*

张锁龙, 肖立川, 张炳生

(江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 通过对原有液环式氯气泵的分析计算, 在材料选用、密封结构、气体进出口、锥形分配器内漏等方面进行了改进, 研制了1 600 m<sup>3</sup>/h大气量液环式氯气泵——QYJ-1600/0.3, 壳体内部表面与叶轮叶片采用复合材料, 与液环介质不亲和, 且相对摩擦系数很小, 为现有碱厂提供一种气量适中的液环式氯气泵。

关键词: 氯气泵; 液环式; 压缩机

中图分类号: TQ 51.21 文献标识码: B

1 600 m<sup>3</sup>/h 大气量液环式氯气泵属于径向进排气双作用泵, 主要是为抽送或加压干燥氯气、氯化氢气体而设计的。也可以压缩乙烯、丙烯、乙炔、氢气等气体或作为真空泵使用, 但所用的液环介质不同。当输送氯气时, 使用98%以上的浓硫酸, 压缩其它气体可用水作循环, 但功率消耗不相同。

液环式氯气泵属特种化工输送设备, 它是碱厂的主要动力设备之一。根据国内外调查<sup>[1~6]</sup>, 大气量泵大多为透平式, 而进口1台需花费17万美元, 虽然具有它的先进性, 但其价格十分昂贵, 而国外液环式氯气泵的企业主要有美国纳氏(流量680 m<sup>3</sup>/h, 等温效率33.0%)、意大利Cara(流量230 m<sup>3</sup>/h, 等温效率24.8%)、日本栗村(流量930 m<sup>3</sup>/h, 等温效率40.8%), 不适合我国国情。

目前, 国内最大气量为1 200 m<sup>3</sup>/h(见表1), 对于我国3~5万t/a生产能力的碱厂需要配置2台方能满足生产需要, 如能开发气量在1 600 m<sup>3</sup>/h的液环式氯气泵满足生产需要仅需1台, 由于现有泵在气量、占用厂房面积、等温效率、抽气量、使用寿命、操作弹性、噪声等方面不能满足现行碱厂生产的需要, 而采用离心式泵价格和气量等方面又不合适, 使用成本过大, 于是开发使用寿命长、气量适中的液环式氯气泵具有广阔的市场前景。

## 1 液环式氯气泵的组成及工作原理

叶轮与轴结合装入在倾斜式泵体内; 再由锥形分配器大盖与泵体结合成整体固定在弓形轴承支座法兰上形成整机(见图1)。

表1 国内液环式氯气泵产品基本参数

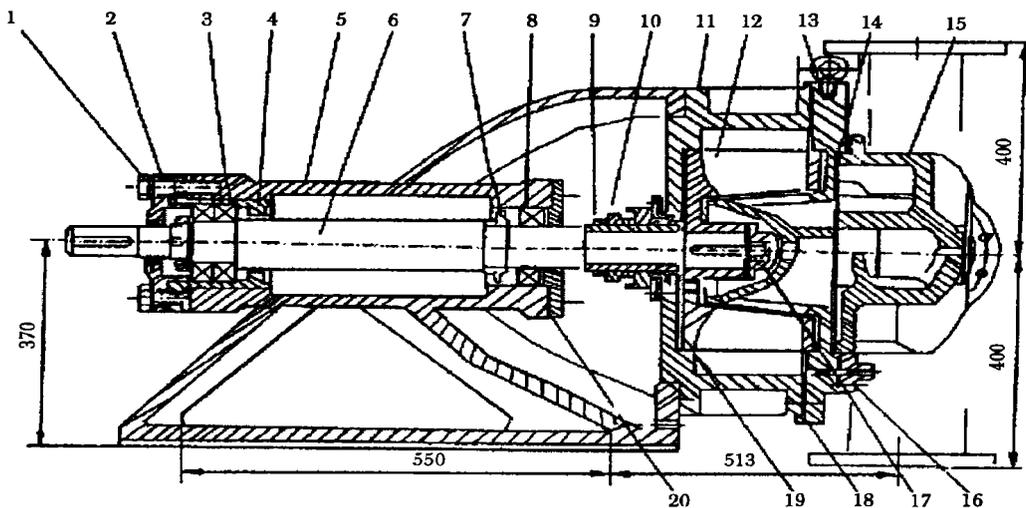
Table 1 Prime parameter of liquid-ring chlorine pump at home

Model	YLJ-300/0.25	YLJ-750/0.3	QYJ-750/0.3	QYJ-950/0.3	QYJ-1200/0.3	YLJ-1200/0.3
Rated capacity/(m <sup>3</sup> /h)	300	750	750	950	1 200	1 200
Vacuum level/ (≥MPa)	0.086 7	0.086 7	0.086 7	0.086 7	0.086 7	0.086 7
Outlet pressure/MPa	0.15~0.25	0.15~0.30	0.15~0.30	0.15~0.30	0.15~0.30	0.15~0.30
Rotational speed/(r/min)	1 450	980	980	980	980	980
Motor power/kW	55	110	110	110	110	110
Efficiency/%	24	30	45~60	45~60	45~60	60~65
Axle power/kW	38	60	54	60	65	110
Isothermal efficiency/%	26	33	36~38	36~38	36~38	36~38

\* 收稿日期: 2004-08-28

基金项目: 江苏省工业攻关项目(BE200005)

作者简介: 张锁龙(1964-), 男, 江苏丹阳人, 副教授, 主要从事化工设备的教学和研究工作。



1. Bolt; 2. Rear bearing gland; 3. Rear bearing; 4. Bearing bush; 5. Bearing pedestal; 6. Spindle; 7. Fender; 8, 9. Axle sleeve; 10. Mechanical seal; 11. Shell; 12. Impeller; 13. Cone distribution; 14, 18. Pad; 15. Distribution gland; 16. Discharge flange; 17. Impeller nut; 19. Gland of stati ring; 20. Gland of front bearing

图 1 液环式氯气泵结构简图

Fig. 1 Structure of liquid-ring chlorinate pump

液环式氯气泵广泛应用于输送和压缩气体，特别是易燃、易爆、有毒和高温气体（如  $Cl_2$ 、 $H_2$ 、 $CO$  及各种有机气体）输送和增压的双作用液环式氯气泵，其工作原理是叶轮相对于壳体有 2 个偏心（见图 2）。当叶轮旋转时，液体在叶轮的带动下沿泵体内表面作回转运动，形成运动的鞋底状液环，使叶片与液环组成许多体积大小不等、互不相通的空间。叶轮每旋转 1 圈，完成两个吸、排气过程。在吸气区，由于叶轮与壳体偏置，随着叶轮的旋

排气区末端残留气体而影响泵的吸、排气效率。

## 2 液环式氯气泵的不足与改进

目前，液环式氯气泵普遍存在着寿命较短、效率低的问题。研究其原因很多，主要是叶轮叶片断裂，叶轮与缸体咬合；回转的液环与叶轮、缸体的摩擦功太大；锥形分配器与旋转的叶轮连续不断的干摩擦致使相互磨损，造成压缩后的气体回流；未排尽的残余气体不断循环，液环温度高，做不到真正的等温压缩而大量消耗功等。本项目主要做了以下研究并对结构进行了相应的改进

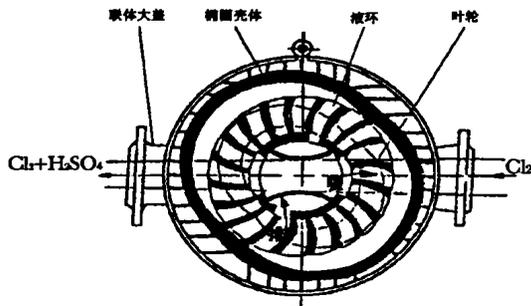


图 2 液环式氯气泵工作原理

Fig. 2 Principle of liquid-ring chlorinate pump

转，液体被甩出叶轮而形成空腔，吸入气体。在旋转过  $90^\circ$  后达到最大吸气量。叶轮继续旋转进入压缩区，此时叶片与液环组成的空间在不断减少，工作介质速度下降，压力上升，气体被压缩，在达到额定的压力后，经分配器出气口排出，完成一个吸、排气过程。如果泵内硫酸充液偏少，可能引起

### 2.1 受内压缸体的强度计算

在最大工作压力  $0.3 \text{ MPa}$ （表）的作用下，其后侧板与椭圆壳连接处最大应力达  $26.33 \text{ MPa}$ ，而现场实测泵壳的最大温度达  $71^\circ\text{C}$ ，计算其温差应力高达  $37.29 \text{ MPa}$ ，说明泵体的强度问题主要是由于温度过高引起的，改善散热效果、降低循环液的温度是解决的关键，并将原材料改为球墨铸铁以提高其强度。

### 2.2 缸体裂纹分析与改进

缸体在浇注过程中，由于各种原因使缸体铸体内部和表面形成某些缺陷，加之机加工和热处理的不尽合理，在内压和温差应力的交变作用下将在高

应力出萌生微裂纹, 进而扩展, 导致缸体的破坏。故在铸造时应特别注意铸件的质量, 避免内部缺陷, 并进行合理的热处理以消除内应力, 另外在结构形状上进行了修改, 如在后侧板与壳体处增大过渡圆角等。

### 2.3 锥形分配器内漏的改进

转动的叶轮与不动的分配器之间存在有干摩擦, 分配器与叶轮之间的间隙逐渐增大使压缩后的气体短路而产生内漏, 效率下降。又由于大小头质量较大, 且为分体式, 不仅增加了泄漏的途径, 而且易造成分配器与叶轮间隙的不均匀。为了克服以上的缺陷, 将原十字形分配器改为双弓形, 在吸气口与排气口之间设置一道狭缝, 把系统中冷却后带压力的浓硫酸引入, 它不仅阻挡了压缩气体的短路路径, 提高了效率, 而且形成的液幕在叶轮与分配器之间起到润滑作用, 对延长机械的工作寿命有利。将分体式大小盖改进为整体大盖, 并在底部增设了可拆卸式支撑, 以减少悬臂端的质量, 减少偏心力。

### 2.4 气体进出口的改进

原泵的气体进出口是上下布置, 没有考虑流体进出口流道的阻力因素, 现将椭圆形壳体长轴上下分布形式旋转适当角度, 使进出口处于同一水平, 它不仅使气体进出口流道更加流畅, 而且克服了流体进出口不必要的压差和配管方面的不便。

### 2.5 密封结构的改进

主轴氯气密封采用氮气密封, 氮气通入梳齿密封套后分两路, 右路封住叶轮方向来的氯气, 左路将轴承间隙流出的润滑油压回润滑系统少量可能渗透的氮、氯气体在排污槽内被液态烧碱吸收, 防止了氯气外漏造成的环境污染。

## 3 QYJ-1600/0.30 液环式氯气泵

QYJ-1600/0.30 液环式氯气泵是在 QYJ-1200/0.30 的基础上经科学计算、反复试验、从材料选择、结构设计创造工艺、进出口流道分布等多方面进行了大量的改进, 具有较高的工程应用价值, 它的关键技术点在以下两方面。

### 3.1 结构

①在分配盖内增加了减涡块, 并将大小盖变成

联体大盖, 使噪音大大降低, 同时使气体的流动阻力变小, 从而起到节能的效果又避免了内漏; ②流道设计合理: 运用计算流体力学、计算传热学、固体结构与强度等方面的最新成果, 采用新型流道, 从进气法兰到联体大小盖前流体不分成两股, 流动方向仍为水平方向, 不作任何改变, 流道的设计考虑到进口法兰截面与联体大小盖两进气窗口面积的变化, 所以这种设计方法优于等气速设计原则; ③叶轮与轴配合处改变为锥度配合; ④在氯气泵椭圆壳体下面增加了一个支撑, 这样泵在运行时比较平稳; ⑤叶轮的叶片有原来的 20 片改为 22 片, 叶片的弧度也作了改变, 有效长度和浸深深度得到提高; ⑥轴承架前后均设有旋盖式油杯, 在结构上设挡油盘, 加粗了前后轴承之间的轴径, 增加了刚性; ⑦椭圆形泵体长轴与水平区成 15°~75° 夹角。使分配锥进气口与管通口处于同一水平, 流道流畅。

### 3.2 零部件材料

叶轮采用耐热球铁, 并加入少量合金元素; 椭圆壳体内表面与叶轮叶片采用复合材料, 与液环介质不亲和, 且相对摩擦系数很小。

## 4 QYJ-1600/0.30 的性能指标

QYJ-1600/0.30 液环式氯气泵以 98% 的硫酸作为介质, 输送 30℃ 的干氯气, 达到主要的技术指标: 真空度  $\geq 0.0867$  MPa, 适宜工作压力范围为 0.1~0.30 MPa, 额定气量 1 600 m<sup>3</sup>/h, 最高排气压力为 0.30 MPa, 等温效率大于 39%, 配套电机功率为 160 kW, 排气温度低于 40℃。

技术特征: 主轴转速为 750 r/min; 外形尺寸为 1 488 mm×810 mm×900 mm。

QYJ-1600/0.30 液环式氯气泵是从材料选择、结构设计、铸造工艺、气体压缩工艺、进出口流分布等多方面对原 QYJ-1200/0.3 泵进行了大量的改进设计而成的。叶片的数量和弧度得到了改善; 提高了泵的刚度, 使运转更平稳; 椭圆腔由原来的垂直改为倾斜, 减少流道的流动阻力 (此为专利技术); 叶轮采用耐热球铁, 并在铸造工艺和成分配方上进行了优化, 提高了泵的强度; 大小盖由原来的分体式改为整体式, 减少了泄漏的途径, 使铸造废品率下降、效率提高; 采用了复合涂层技术, 减少了液环的磨擦功损耗。合理配制工艺, 减少了排气端的残留气体, 提高了效率并减缓了交变

载荷对叶片的疲劳作用;改善了壳体的散热,减少了热应力和热变形,使排气温度控制在 40 °C 以内,避免了叶片过快的疲劳断裂。

经专家鉴定, QYJ-1600/0.30 液环式氯气泵技术含量高、震动小、噪音低,运转平稳,操作弹性大,经得起压力波动的冲击;质量高于一般的液环式氯气泵;使用寿命长;它适应了现行生产规模的需求。在排气量上超过了美、日、意,而在等温效率方面超过了美、意,接近日本栗村的水平,该技术达到国外 90 年代后期的先进水平。

参考文献:

- [1] 姚玫, 郑恺. 新型氯气输送设备 LYJ 型两级高速氯气透平压缩机 [J]. 浙江化工, 1999, 30 (3): 11-12.
- [2] 刘敏, 陈文. 12 万吨/年离心式压缩机增产改造 [J]. 压缩机技术, 2001, (1): 32-34.
- [3] 张锁龙, 颜惠庚, 郑晓林. QYJ-1600/0.3 液环式氯气泵的研制 [J]. 化工机械, 2003, 30 (6): 353-354.
- [4] 忘景春, 吴怀聚, 杨雷, 等. 国产氯气小透平机的应用 [J]. 中国氯碱, 2003, (12): 29-32.
- [5] 庞薇薇, 韩国志. ELMO-F 氯气压缩机在液氯生产中的应用 [J]. 氯碱工业, 2004, (5): 12-13.
- [6] Ohbayashi T, Sawada T, Hamaguchi M, et al. Study on the Performance Prediction of Screw Vacuum Pump [J]. Applied Surface Science, 2001, 170 (15): 768-771.

## Research on 1 600 m<sup>3</sup>/h Liquid—Ring Chlorine Pumps

ZHANG Suo—long, XIAO Li—chuan, ZHANG Bin—sheng

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** Liquid—ring chlorine pump for 1600 cubic meters per hour vent as QYJ-1600/0.3 had been test—manufactured by improvement in material choosing, sealing construction, gas import and export, cone shape distribution etc. Composite material has been adopted for its casing inside surface and impeller blades, its coefficient of friction is rather low and not activated with circulating liquid—ring, it is a kind of fit liquid—ring chlorine pump for production of 30—50 kt/a chlorine plants.

**Key words:** chlorine pump; liquid—ring; compressor