

[ 研究 · 设计 ]

# 往复式活塞式压缩机冷却系统的设计及进展

朱玉峰, 董金华

( 河北科技大学机械电子工程学院, 河北 石家庄 050054 )

**摘要:** 为保证往复式活塞式压缩机的运行可靠性和经济性, 必须通过冷却系统对其进行良好的冷却。针对不同类型的压缩机, 对风冷式压缩机和水冷式压缩机的冷却系统的组成、特点、设计原则分别进行了阐述。进而对压缩机冷却系统在冷却器等方面的研究和改进的进展情况作了介绍。

**关键词:** 压缩机; 冷却系统; 中冷器

中图分类号: TH457 文献标志码: A 文章编号: 1005-2895(2006)01-0048-03

## 0 引言

往复式活塞式压缩机是利用活塞在气缸内作往复运动, 使容积减小而提高气体压力并输送气体的机械。在石油、化工、机械、采矿、制冷、制药、冶金、建筑、土木、食品和国防等工业部门得到广泛应用。冷却系统是往复式活塞式压缩机的重要组成部分之一, 它的优劣直接影响着压缩机的性能和正常操作, 因此对冷却系统的设计应予以足够重视。

### 1 冷却系统的作用

压缩机中的冷却系统包括: 气缸组件冷却、级间冷却、压缩气体排出压缩机的后冷却, 以及润滑油的冷却等。

冷却系统良好, 气缸内壁温度低, 传给气体的热量少, 可提高压缩机的容积系数和温度系数, 进而提高排气量。冷却效果差, 压缩机的排气温度高, 气缸内壁温度高, 使润滑油的性能下降, 会加速气缸的磨损; 排气温度过高, 还会使润滑油氧化而在设备、管道内“积碳”, 导致发生爆炸事故, 故压缩机的排气温度是有限制的。气缸温度不均匀时, 会产生过大热应力, 降低气缸的强度。对多级压缩, 级间冷却越完善, 就越省功。后冷却可使气体温度降低, 便于气体中所含水分与油雾的分离; 另外, 由于冷却后气体的比容积下降, 可减少气体的流动阻力损失或减小气体管道直径。对于无油润滑压缩机而言, 由于不能用油带走部分摩擦热, 加之

活塞环、导向环采用非金属材料, 冷却系统的作用就显得更为重要。

### 2 对冷却系统的要求

冷却系统首先必须满足热力设计中对排气温度、级间冷却与后冷却的温度要求。其次要有较高的总传热系数, 以使冷却器结构紧凑、重量轻。再次要求其流动损失小, 以减少压缩机的功耗和冷却器的热负荷。最后, 冷却系统应简单、运行可靠、成本低, 便于安装、调节、清理与维修。

### 3 冷却介质的选择

往复式活塞式压缩机中常用的冷却介质为空气和水。

对于小型、移动式或撬装式压缩机, 一般选用空气为冷却介质。在野外作业, 特别在缺水地区, 也宜选用空气冷却。风冷具有空气免费易得、无需泵和水处理等辅助设备、维护费用低等优点。但由于风冷效果比水差, 压缩机的轴功率会相应增大。

对于中、大型压缩机, 由于排气量大, 压力高, 所需传递的热负荷也大, 应选用比热容较大的液体作为冷却介质, 而水的价格低、容易获得, 因而最为常用。

### 4 风冷式冷却系统设计

风冷式冷却系统一般由风扇、中间冷却器(又称中冷器)及压缩机上的散热装置等组成。

#### 4.1 风扇

收稿日期: 2004-12-07

基金项目: 石家庄市科委攻关计划项目(99201172)

作者简介: 朱玉峰(1966-), 男, 河北冀州人, 副教授, 硕士, 研究方向为流体工程、传热与节能, 已发表论文30余篇, 完成省部级课题5项, 专利2项。

风扇是将冷却空气强制性送给中间冷却器和气缸组件的装置,绝大多数采用轴流式风扇。平直叶片由于制造方便,为厂家所广泛采用,但噪声较大。叶片数一般取4~6片,并对称布置。对于微型压缩机,一般用飞轮兼作风扇,因此设计时不仅要使之满足飞轮矩的要求,还要满足冷却所需要的风量。为保证冷却效果,对采用抽气式,即将中间冷却器置于风扇进风侧,先冷却中冷器,后冷却气缸组件,故在其上应标明旋转方向。小、中型压缩机常将冷却风扇由单独的电机经皮带传动驱动,一般将风扇置于中冷器与主机之间。

#### 4.2 风冷式中冷器

微型压缩机常采用由铜管弯制而成的蛇管式中冷器。其结构简单、安装方便,但冷却效果不佳。绝大多数小、中型压缩机采用列管式中冷器。压缩气体在管内流动,由风扇产生的冷却空气则垂直于管束方向掠过。为保证气缸组件冷却良好应设置导流风罩。由于光管散热性差,可在管外缠绕翅片,但必须保证钎焊质量以使翅片与管子间紧密贴合。散热翅片间距不可过密,以避免增加热阻、流动阻力和减小风量。为制造方便,多采用平翅片,取片厚0.2~0.3 mm,片距2.8~3.2 mm为佳。

#### 4.3 气缸组件

主要指气缸及缸盖的冷却。除用来自风扇的冷风冷却外,其本身的结构也应作处理,主要是外加散热片。按铸造工艺要求,散热片的根部较厚,端部较薄。气缸上的散热片有环向和纵向两种方式布置,由于环向布置式冷却均匀,多被采用。靠近缸盖的散热片较长,以加强缸盖的冷却。缸盖上也设有散热片,进风阀室一侧可不设或少设散热片,因进气温度较低。

### 5 水冷式冷却系统设计

#### 5.1 水冷式冷却系统分类

水冷式冷却系统可分为3类:

(1) 串联式冷却系统 冷却水首先进入中间冷却器,经过一级气缸水套,再经过二级气缸水套,以利于提高温度系数,保证压缩机的排气量,最后经后冷器排出。该系统结构简单、耗水量小,但发生故障时不便于检修,通常用于两级压缩机。

(2) 并联式冷却系统 冷却水从总水管分别流到每一应予冷却的部分(各级气缸、中冷器),最后经总溢水槽汇入总泄水管。由于进入中冷器的均为最冷的水,故冷却效果好,且各部分的水量、水温均可调节,查找故障方便,但管线复杂,水耗高,可用于级数多的压缩机。

(3) 混联式冷却系统 每一中冷器与其相应的气缸水套构成串联系统,而各级之间为并联系统。该系统具有串联和并联两者的优点,冷却水利用合理,各级间具有相同的回冷完善程度,综合性能较佳。

#### 5.2 水冷式冷却器

常用的水冷式冷却器有管壳式、元件式、套管式和蛇管式等。管壳式冷却器由外壳和管束组成,一般气体在管间流动,冷却水在管内流动。为了提高气侧的传热系数,可使冷却水走管外,而气体走管内,使气体速度得到提高。采用低翅的波纹管,其总传热系数可比光管提高0.5~1倍,气体出口温度比光管低10℃左右<sup>[1]</sup>。在光管外滚压翅片而得的翅片管,其肋化系数可达2.5~4.5,总传热系数提高50%~60%,但是所需坯管壁厚大,加工成型工序多,成本较高。元件式冷却器用一束管穿一组散热片,固定组合后整体放入壳内,结构紧凑,广泛用于L型压缩机,但不便于除垢清洗。套管式冷却器是由2根同心管套在一起组成的冷却器,管间、管内分别走2种流体,由于通流面积小,流速大,利于传热,但消耗的金属多,结构笨重,用于中、高压体积流量小、换热面积较小的场合。蛇管式冷却器是将换热管绕成螺旋形置于水箱中,气体在管内流动,具有结构简单、制造方便等优点,用于小型压缩机或高压时。

#### 5.3 水冷式气缸组件

无论整体式气缸、有湿式气缸套的气缸,还是组合式气缸,设计时应保证水流通道的畅通,不应该在流道中产生死区或气囊。压缩机不工作时,水腔中的冷却水应能全部放出,以免在气温0℃以下地区机器不工作时冻裂气缸<sup>[2]</sup>。还要尽量使其结构简单、密封性好,便于铸造、加工,以降低成本。

### 6 冷却系统研究与应用进展

随着强化传热新技术的不断出现,对压缩机冷却系统,特别是冷却器的研究不断深入,已有许多新的结构、型式应用于工程实际,达到了良好的效果。

板翅式冷却器<sup>[3]</sup>是一种全铝材料的冷却器,它采用先进的真空钎焊制造工艺,牢固可靠,比传统的元件式冷却器传热系数高,且结构紧凑、安装使用方便、重量轻、外观精美,近年来逐渐在小型水冷压缩机上得到广泛应用。由于全无油压缩机处理、排出的空气纯净无油,不存在油污沉淀阻塞问题,故特别适用于全无油压缩机。

花瓣型翅片管(PT管)冷却器<sup>[4]</sup>是我国华南理工大学化工所自行研制的高效强化传热管冷却器。它的管形适于铜、铝等坯管材上进行加工,在管外壁轧制出

尖齿状的整体翅片。流体流经花瓣翅片时形成三维流动, 湍动程度高, 其传热及流阻性能均优于绕片管、翅片管, 目前已在D-100/7型空压机上得到应用。

波纹管冷却器<sup>[5]</sup>中采用的是新型不锈钢波纹管。由于不锈钢波纹管的波峰与波谷之间的高度为10 mm左右, 导致流速和压力周期性地变化, 使冷热流体流动时产生强烈的扰动, 而达到充分的湍流, 换热系数明显提高, 比普通列管式冷却器高61%。同时, 波峰与波谷的存在使其可轴向伸缩, 有效地减小了温差应力, 产生的污垢易脱落, 具有防垢、自动除垢能力。经在2D12-70/0.1-1.3型天然气压缩机上应用, 减少停机次数20次/a, 减少停机时间100 h/a, 并减少设备维护费用, 创效益19.96万元/a。

对风冷型全无油压缩机, 冷却系统的设计尤为重要。彭宝成等<sup>[6]</sup>在对SW-2.5/7型风冷全无油空压机设计时, 考虑到曲轴箱中无稀释润滑油, 创造性地在曲轴箱底部采用全开通结构, 不仅使得曲轴和连杆的整体安装方便, 而且冷却空气可经底部开口对气缸和活塞进行良好的冷却, 使得气缸和活塞的工作环境温度进一步降低, 经试验和实际应用表明效果良好。

众所周知, 风冷式压缩机气缸上的散热片有利于气缸的散热, 但散热片的高度以及散热片间距对散热的效果一直以来并未被人们所明了。有人认为散热片高度越高, 间距越小, 散热片越多, 则散热面积越大, 散热效果越好。刘卫华<sup>[7]</sup>经过对微型风冷压缩机进行实

验发现: 在一定风速下存在最佳的散热片高度, 而一般的空气压缩机的散热片偏高。散热片间距过小、高度过高时, 会不利于空气的湍动, 冷却效果反而降低。因此应确定出合适的散热片高度, 提高风速, 以保证冷却效果。

### 7 结束语

冷却系统是往复式活塞式压缩机运行可靠性和经济性的重要保证之一, 在设计时必须认真对待, 可通过结构设计、冷却器的类型选择与设计, 以及系统的组织与优化等方面着手。随着新技术、新产品的不断涌现, 压缩机应用的日趋广泛, 压缩机冷却系统的研究越来越深入, 促使冷却系统不断改进, 以保证压缩机更加长期、高效、经济地运行。

### 参考文献:

- [1] 活 塞 式 压 缩 机 设 计 编 写 组. 活 塞 式 压 缩 机 设 计[M]. 北 京: 机 械 工 业 出 版 社, 1974.
- [2] 郁永章. 容积式压缩技术手册[K]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 马全香, 王琦, 胡忆洛, 等. WW-2.5/10-Q型全无油润滑压缩机的研制[J]. 流体机械, 1995, 23(8): 3-8.
- [4] 林培森, 王世平, 邓先和. 气体压缩机冷却器现状及研究进展[J]. 压缩机技术, 1998, (3): 17-20.
- [5] 刘君富, 李德春, 曾嗣堂, 等. 压缩机中间冷却器的改造及其节能效果分析[J]. 煤气与热力, 2001, 21(6): 505-509.
- [6] 彭宝成, 朱玉峰, 赵志广, 等. 大功率风冷全无油压缩机的研制[J]. 轻工机械, 2004, (2): 98-101.
- [7] 刘卫华. 微型空压机风冷效果的实验研究[J]. 压缩机技术, 1998, (1): 5-8.

## Design and Progress on Cooling System of Reciprocation Compressors

ZHU Yu-feng, DONG Jin-hua

(College of Mechanical & Electronic Engineering, Hebei University of Science & Technology, Shijiazhuang 050054, China)

**Abstract:** Reciprocation compressor must be well cooled by cooling system in order to ensure its reliability and economy in the course of running. The consist, feature and design rules of the cooling system of air-cool compressors and water-cool compressors are made for various compressors. *The study and improvement of compressor cooling system are introduced in cooler etc further.*

**Key words:** compressor; cooling system; intercooler

[信息·简报]

### · 行业简讯 · 2005 年度中国轻工业联合会行业协(学)会工作论坛在北京召开

2005年11月15日至16日, 2005年度中国轻工业联合会行业协(学)会工作论坛在北京召开。本次论坛的主题是: 做好应对服务, 维护产业安全。重点结合我国当前轻工业出口形势, 交流“两反一保”和知识产权纠纷等方面的工作情况。研讨入世后过渡期产生贸易磨擦的特点和应对方法。通过讲座阐释沟通, 交流, 集中思考, 达到共同提高的目的。

(摘自《中国轻工机械网》2005-11-30)

南京贝奇尔机械有限公司·集中润滑供油装置

服务热线 800-8286000

http://www.bijur.com.cn