

真空设备的检漏

合肥通用机械研究院 (安徽 230031) 张 伟 陈华锋 段成君

【摘要】 介绍了真空检漏的常用方式,并着重介绍了氦质谱检漏的发展方向、灵敏度分析及应用以及检漏方法,并总结了真空检漏的意义。

【关键词】 真空 泄漏率 检漏仪 检漏

中国真空设备行业自改革开放的 20 多年来有了很大的发展和长足的进步,这不仅反映在产值、产量上的大幅度增长,而且在品种、规格以及综合技术水平上都取得了可观的成绩。尤其在电力产品(如高压开关、电容器、变压器等)制造、电子产品(如电子管、晶体管、半导体集成电路等)制造、制冷低温行业、航天航空工业以及核工业,真空设备的使用为国家建设做出了贡献,为我国的国民经济建设,科学技术的发展,国防高新技术的提升做出了贡献。而真空设备的优劣关键表现在真空泄漏率上,随之带来的问题便是如何进行真空设备的检漏,如何选择检漏方式及检漏仪。

一、一般检漏方式

(1) 气泡检漏 将空气压入被检容器,然后将其浸入水中或者对其可疑表面涂上肥皂液,观察气泡确定漏孔位置,该种检漏方法主要用于被检容器的连接处采用法兰螺栓连接等可以承受正压的场合,通常用于小型真空设备或真空管路的检漏。

(2) 氨检漏 将氨压入被检容器,然后通过观察覆在可疑表面上试纸或试布颜色的改变来确定漏孔位置,适用场合同气泡检漏,但是氨检漏比气泡检漏的灵敏度要高。

(3) 升压检漏 被抽空容器内真空度达到 100Pa 以下时,在怀疑有泄漏的地方涂抹丙酮等易挥发液体,同时观察被抽空容器的压力是否突然有明显的升高来判断该容器是否有泄漏,此方法用在较小容器的检漏时反应相对灵敏。

二、借助辅助设备的检漏

(1) 荧光检漏 将被检容器进行抽空,当容器内变成负压时在容器外侧怀疑可能有泄漏的区域喷加有一定比例荧光粉的有机溶液(三氯乙烯或四氯化碳),继续抽空一段时间后打开容器,用紫外灯照射容器内壁,如有荧光液发光,表明该部位有泄漏,此方法用在容器外侧无遮挡、覆盖的大开口容器检漏比较方便,灵敏度也较高,但是要求观察检查人员认真仔细。该检漏方式必须借助紫外灯才便于观察。

(2) 高频火花检漏 在玻璃系统上,利用高频电火花真空检漏仪的高频放电线圈所产生的电火花,能集中于漏孔处的现象来确定漏孔位置的检漏方式,通常用它对玻璃系统进行检漏,还可以对橡塑管道,陶瓷管道等一切非导电体的真空系统进行检漏。该检漏方式必须利用高频电火花真空检漏仪放电产生电火花来检测非导电体的真空系统的微小漏洞;是否有漏的判别方法是:当电火花保持原来的杂乱无章的散射时说明该处无漏孔,如杂乱的火花形成一股线条,其出现亮点,说明该处有漏孔;另外值得一提的是,采用高频火花检漏时电火花不宜在某一处停留过久,以免击穿被检物体。

三、氦质谱检漏

氦质谱检漏是一种最常用也是最可靠的真空检漏方式,它是利用氦质谱检漏仪的磁偏转原理对于泄漏气体氦气灵敏反应,从而确定漏点的检漏方式,该检漏方式充分利用了氦气的强渗透、易流动、易扩散等性能,检漏过程不易受干扰,不会误判,反应快,与上述其他检

测法相比优势明显，因此下面着重介绍一下。

1. 概述

氦质谱检漏产生于 20 世纪 40 年代，历经半个多世纪的应用和发展，取得了辉煌的成果，从航空航天、军事工业、科学工程、核工业到轻工、医疗、仪器仪表、汽车、制冷，可以说是无处不在。真空检漏就其发展来说有两个方面，即一方面是检漏仪器本身，另一方面是检漏工艺技术的发展。

2. 目前氦质谱检漏的发展方向

(1) 氦质谱仪器小型化 国内工业水平的不断进步及基础元器件质量和加工水平的提高，为仪器的小型化创造了条件

(2) 仪器的自动化和智能化 在 90 年代仪器自动化设计的基础上，开发具有自主知识产权的智能化、高质量的仪器、软件是中文的，技术条件是规范的，仪器自动化系统较为完善的检漏仪器。

(3) 仪器高性能和多用途 高性能主要体现为仪器的高灵敏度、可靠性、重复性和较快的响应时间和清除时间，较宽的漏率范围和显示以及结构的模块设计。

3. 氦质谱检漏灵敏度分析与应用

采用氦质谱真空检漏对真空泄漏率要求较高的大容器检漏时检漏灵敏度的高低是衡量检漏结果精确与否的重要指标之一。要充分发挥检漏仪的能力，以求得尽可能高的检漏灵敏度，必须对辅助真空系统进行合理设计。通过对检漏灵敏度的分析确定检漏仪在真空系统中的连接方式。可以达到检漏目的的连接方式有如图 1、图 2 所示两种。

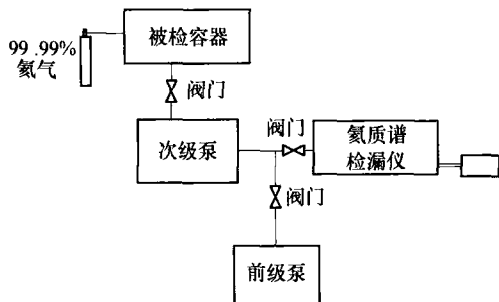


图 1 检漏仪接在前级泵侧

如图 1 所示，检漏仪接在前级一侧时，令前级泵对氦气的抽速为 S_1 ，次级泵对氦气的抽速为 S_2 ，检漏仪支路对氦气的抽速为 S_d 。系统检漏灵敏度的变化

$$q_{\min 1} = \frac{Q_{\min} (S_1 + S_d)}{S_d} \quad (1)$$

式中 Q_{\min} ——检漏仪灵敏度。

如图 2 所示，检漏仪接在高真空一侧时，检漏灵敏度的变化

$$q_{\min 2} = \frac{Q_{\min} (S_2 + S_d)}{S_d} \quad (2)$$

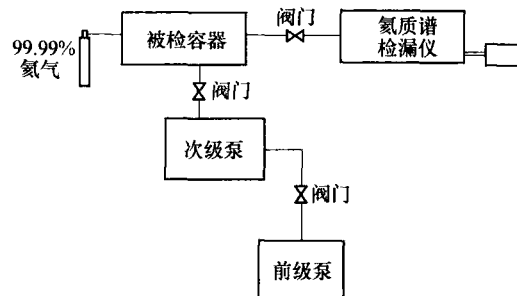


图 2 检漏仪接在高真空一侧

通过对检漏仪的调节，能使其在高真空侧和前级侧时对氦气的抽速 S_d 保持一致， Q_{\min} 为系统参数，一般不变，从式 (1) 和式 (2) 可看出 q_{\min} 的高低取决于 S_1 和 S_2 的大小。在分流状态，有 $S_2 \gg S_1$ ，即 $q_{\min 1} < q_{\min 2}$ 。在次级泵起动进入稳定状态后，一般可将前级泵处节流阀关闭，即 $S_1 = 0$ ，由式 (1) 可知，此时 $q_{\min 1} = Q_{\min}$ 。而相同条件下，次级泵处阀门却不能完全断开，即 $S_2 > 0$ ，由式 (2) 可知， $q_{\min 2} > Q_{\min}$ ，比较有 $q_{\min 1} < q_{\min 2}$ 。在需对大容器抽高真空并要求检漏时，检漏仪接在前级侧时的系统检漏灵敏度高于接在高真空侧的检漏灵敏度。

4. 检漏方法

测试时应保持设备或系统与实际应用中相同的压差和方向。因此，工作在真空条件下的设备或系统应当在真空状态下进行测试。以便便携式检漏仪为例，在检测真空设备或系统时，一般采用 T 形管连接检漏仪高真空泵的前级管道及其前级泵入口。系统必须能够使前级管道保持足够低的压力，以在此位置操作检测仪。使用喷头在怀疑有泄漏位置施用氦气，或者袋封潜在泄漏区域。如果存在漏眼，氦气会进入系统并迅速扩散。检漏仪将在几秒钟甚至更短的时间内作出回应。配备大型前级泵的检漏仪的灵敏度会降低。如果系统将低温泵用作高真空泵，则必须在引入氦气前关闭阀门，因为低温泵的氦气抽送量有限。

无过载设计方法在低比转数多级离心泵上的成功实践

上海凯泉泵业集团有限公司技术中心 (上海 200436) 刘剑军

【摘要】 采用无过载设计方法对一种低比转数多级离心泵各关键几何参数的具体设计, 给出了常规设计和无过载设计的对比性能曲线及对比配套功率, 总结了两种设计方法的优缺点。

【关键词】 无过载设计 低比转数 多级离心泵 最大轴功率

一、前言

离心泵配套电动机功率, 通常是根据设计工况点轴功率乘以适当的功率备用系数确定。对于中高比转数的离心泵, 由于其轴功率曲线比较平坦, 泵在较大流量范围工作时不存在过载, 但对于低比转数 ($20 \leq n_s \leq 80$) 离心泵而言, 情况则截然不同。低比转数离心泵轴功率曲线随流量增加连续上升, 比转数越小, 攀升越快。理论计算和试验均表明, 最大轴功率若按常规设计会远远大于配套功率, 此特性极易导致泵在大流量低扬程工况运行产生过载, 甚至烧毁电动机。而无过载设计的目的即是控制泵水力元件的几何参数, 以实现泵从关死扬程到零扬程之间最大轴功率应当且不超配套功率, 同时还要保证设计点附近效率不低于相关标准。基于此, 对立式多级泵 65KQD16 进行了新的设计并制作样机, 具体型号为 65KQD16 \times 2, 在测试台测试已达到预期目标。

二、样机 65KQD16 \times 2 的无过载设计

5. 检漏辅助设备

为充分发挥氦质谱检漏仪的功能, 提高检漏效率, 氦质谱检漏仪已可以设计配套多种检漏辅助设备, 如检漏用真空箱、多工位检漏排气台、氟油半导体器件粗检平台、充气回收检漏系统等, 完善了检漏工作, 提高了检测率和效率等。这些检漏工程已经在核工业、电子工业、汽车空调、制冷工程等获得了广泛的应用。

1. 无过载样机 65KQD16 \times 2 设计参数

$Q=30\text{m}^3/\text{h}$, $H=16\times 2\text{m}$, $\eta=63\%$, $P=5.5\text{kW}$,
 $n=1480\text{r}/\text{min}$

2. 采用无过载设计方法确定叶轮、导叶各相关几何参数

为达到无过载要求, 对 65KQD16 \times 2 的叶轮、导叶等水力元件进行了重新设计, 具体情况详述如下。

(1) 叶轮各几何参数的确定

1) 叶片出口安放角 β_2 的确定 一般离心泵 β_2 在 $22.5^\circ\sim 40^\circ$ 之间选取, 而无过载泵的 β_2 在 $8^\circ\sim 16^\circ$ 之间, β_2 愈大, $Q-P$ 曲线会明显上升, $Q-H$ 曲线变得平坦而不陡降, 甚至有驼峰。理论研究表明, 在叶轮其他几何参数一定时, 对应离心泵最小叶轮外径 $D_{2\min}$, 有一个临界叶片出口安放角 β_{2L} , 此 β_{2L} 处于 0° 和 90° 之间, 比转数越低, β_{2L} 角度越小。在零度到 β_{2L} 角度之间, 叶轮外径 D_2 随 β_2 增加而减小, 超过此 β_{2L} , 则增加 β_2 ,

四、结束语

通过真空检漏可以提高设备或系统的极限真空度, 从而提高其处理或使用性能, 减小了空气、水分等成分的有害作用; 另外减小了泵的抽速配置, 大大节约了真空获得系统配置所需成本。可见真空检漏在整个真空技术中具有重要的意义。

(收稿日期: 2006/06/29)