

中国真空学会 第二届年会论文集

(短文和摘要)

二 卷

Proceedings of the 2nd Congress
of the Chinese Vacuum Society

1983

中国真空学会第二届年会论文集

(第二卷)

目 录

- H—01 一台液氮温度下获得 10^{-13} 托的金属真空系统……达道安 杨益民 (1)
- H—02 10^{-12} 托超高真空测试系统的研制……陆 明 岑力民 (4)
- H—03 对旋片泵的几点研究……荣道发 (6)
- H—04 滑阀式真空泵振动控制的探讨……汪学璠 (9)
- H—05 K—600A型金属油扩散泵的研制……杨乃恒 姚民生 (12)
- H—06 氟里昂致冷的挡油障板降低返油率……王敬泉 许茂桃 (14)
- H—07 溅射离子泵阴极结构试验分析……林权昌 (17)
- H—08 钛泵机组残气成分的质谱分析……邱绍雄 沈国华 (19)
- H—09 锆铝吸气剂泵在核聚变装置
——托卡马克CT—6 B上的应用……张延哲 (22)
- H—10 涡轮分子泵叶列传输几率的蒙特卡罗计算……杨乃恒 王维常 (23)
- H—11 涡轮分子泵叶列传输几率的计算——积分方程法……屠基元 杨乃恒 (28)
- H—12 涡轮分子泵轴承的油脂润滑……董 镛 赵世勋 (32)
- H—13 涡轮分子泵轴承润滑的设计计算……黄克威 (36)
- H—14 前级泵对分子泵真空系统的影响……国 强 (39)
- H—15 低温低压下 H_2 在2 X—15活性炭上
吸附等温线的研究……谢 珏 刘炳坤 (41)
- H—16 致冷机低温泵中吸附剂与粘结剂
材料性能的研究……刘炳坤 (45)
- H—17 国外致冷机低温泵的发展与应用……刘炳坤 (48)
- H—18 稳态超导磁镜装置多室真空系统剩余气体密度的
测量和自治计算……陈方钧 张术明 (50)
- H—19 一种供质谱仪使用的小型超高真空系统……董 镛 曹成喜 (54)
- H—20 七十米长的大型空间模拟装置的准无油抽气
系统……陈正全 (57)
- H—21 X射线望远镜空间模拟检测装置的制造工艺
(真空容器部分)……李朝楠 (60)
- H—22 抽气时间计算方法研究……熊世杰 (63)
- H—23 正负电子贮存环真空系统……程渭纶 杨 云 (67)

H-24	北京质子直线加速器10MeV的真空系统	陈鹤芳 于秀珍 (70)
H-25	大抽气量的双室窄缝真空系统 在镀膜机上的应用	张子一 (73)
H-26	一位微处理器控制的真空系统	王敬泉 狄小平 (77)
H-27	一种新型的 $\phi 150$ 毫米全金属阀	郑主安 钱国华 (80)
H-28	新型真空蝶阀	冯慧生 (83)
H-29	西德N62真空泵油的再生和代用	杨常青 徐成海 (87)
H-30	密封橡胶O圈的设计	蔡树铭 (89)
H-31	转动真空密封装置 (摘要)	郝斌干 (90)
H-32	机械泵的长寿与再生 (摘要)	康哲 王彦文 (91)
H-33	扩大油蒸汽流泵工作区域的探讨 (摘要)	任伟 (92)
H-34	JK系列高真空抽气机组抽速不稳的解决办法 (摘要)	朱同庆 (92)
H-35	水蒸汽喷射真空泵的现场调试 (摘要)	王建国 (93)
H-36	电离升华泵用的新型电离器 (摘要)	郑有来 储继国 (93)
H-37	锆铝吸气泵的低真空工作性能 (摘要)	胡复亨 潘小华 (94)
H-38	电子轰击式钛升华器的研究 (摘要)	成致祥 (94)
H-39	锆铝吸气剂泵分子泵机组的研究 (摘要)	曹成喜 董 镛 (95)
H-40	涡轮分子泵获得超高真空的新发展 (摘要)	王德苗 任高潮 (95)
H-41	一台新型大抽速无油超高真空系统的研制 (摘要)	王宗正 (96)
H-42	KM4空间环境设备主模拟室的设计与研制 (摘要)	黄本诚 (97)
H-43	一个低真空大排气量真空设备的调试 (摘要)	仇明宽 张孝义 (97)
H-44	在场发射显微镜研究中使用的 几种超高真空系统 (摘要)	张兆祥 富文范 (98)
H-45	轨旋式钛泵的实验研究 (摘要)	孙大明 吕时良 (98)
H-46	真空中材料试验样品温度调节系统设计与计算 (摘要)	刘玉魁 (99)
H-47	不锈钢 (1Cr18Ni9Ti) 烘烤与氧化处理实验探讨 (摘要)	顾庆倩 梁月云 (99)
H-48	微调磁力偶合样品驱动装置 (摘要)	石生亮 (100)
H-49	液氮温度下可拆金属法兰的钢丝密封 (摘要)	温诚华 许善琳 (101)
H-50	致冷机低温泵设计综述 (摘要)	赵清辉 (102)
H-51	大升华率电子轰击式升华器	蓝增瑞 (102)
H-52	低温抽气技术目前发展状况	于书永 (105)
H-53	JkT-200ZA型自动控制高真空机组	李云松 鲁忠泽 (108)
H-54	XB-08型旋片式真空泵的研制	那振兴等 (110)
H-55	K-58F型风冷式油扩散泵简介	刘慧珍等 (113)
H-56	涡轮分子泵叶片的微分电路模型——泄漏对叶轮压 缩比的影响	储继国 (114)
	※ ※ ※	
J-01	钢液的真空脱气—喷粉处理法	王鹤鸣 钟开龙 (117)

- J-02 真空碳脱氧对非金属夹杂物的影响.....张道茹 张树藩 (119)
- J-03 真空中频感应加热炉在钽铌生产中的应用.....张瑞华 邵志俊 (124)
- J-04 大尺寸定向面钼单晶研究.....唐敦湘 (126)
- J-05 喷铝技术在真空冶金设备制造中的应用.....张令山 (130)
- J-06 膜盒式真空继电器的研制.....孙广生 姜增奎 (132)
- J-07 微型轴承真空热处理工艺的研究.....刘植群 (135)
- J-08 1J79合金在真空感应炉冶炼中气体变化规律的研究(摘要).....严超雄 张秉有 (137)
- J-09 RH工艺和设备的新进展(摘要).....王殿祿 (137)
- J-10 钛熔炼技术的进展(摘要).....江河 (138)
- J-11 引进真空冶金设备的运行情况(摘要).....陈玉文 (138)
- J-12 空心阴极的运行条件(摘要).....李连升 (138)
- J-13 蜂窝状阴极在冶金电子束炉上的进展(摘要).....冷志 (139)
- J-14 真空冶金非标准设备研究与实践(摘要).....唐秉生 张先声 (139)
- J-15 真空技术的某些进展(摘要).....马元 王树理 (140)
- J-16 $\Phi 300/L1000$ 真空自耗电弧炉.....吕玉静 郭国亨 曹大明 钟杞秀
冶金部钢铁研究总院 (140)
- J-17 调整工艺参数对真空自耗重熔锭熔池深度影响的研究
.....周兴铮 祁国策 潘京一 钢铁研究总院 (143)
- J-18 真空自耗重熔工艺参数对熔池形状影响的数模研究
.....周兴铮 祁国策 潘京一 钢铁研究总院 (147)
- ※ ※ ※
- B-01 氮氧化硅薄膜研究.....俞诚 (151)
- B-02 磁泡坡莫合金薄膜元件的离子束刻蚀.....刘殿臣 忻国平 (153)
- B-03 射频溅射Ni-Fe合金薄膜磁阻特性的研究.....杜荣波 黄青青 (156)
- B-04 锗薄膜干法刻蚀特性探讨.....严金龙 沈国雄 (158)
- B-05 光电导性不同的两类 α -Si:H膜.....海宇涵 周忠毅 (160)
- B-06 分子束外延GaAs薄膜及其性能研究.....孔梅影 孙殿照 (162)
- B-07 分子束外延GaAs掺Se.....孔梅影 D.A. Andrews, G.J. Davies (165)
- B-08 真空制备聚对二甲苯薄膜.....阎桂兰 (169)
- B-09 微波功率晶体管多层金属化电极系统中的接触层.....蔡克理 (172)
- B-10 非晶硅薄膜的性能及制备工艺.....丹锋 唐果 (174)
- B-11 用SIMS分析磷硅玻璃中磷的外迁移.....王化文 杨存安 (176)
- B-12 薄膜制备过程中的残余气体的动态特性.....鹿叔鸣 张秀贤 (179)
- B-13 多碱阴极的V-I特性.....薛增泉 刘惟敏 (182)
- B-14 α - $S_{1-x}C_{1-x}$:H薄膜光电性能的研究.....陈光年 张仿清 (186)
- B-15 氮分压对空心热阴极离子镀TiN涂层相结构及性能影响的研究.....陈宝清 朱英臣 (188)
- B-16 通氧反应离子镀ITO透明导电薄膜.....金昭廷 谢淑云 (192)

B-17	氧化铯薄膜的光学性质	李建平	吴全德	(195)	
B-18	银-氧化铯薄膜的光学性质	李建平	吴全德	(198)	
B-19	离子镀膜组织形貌与相结构的研究	陈宝清	朱英臣	(200)	
B-20	蒸发薄膜的精细监测	薛大同	魏向荣	(203)	
B-21	真空镀膜	韩耀文	李大明	(207)	
B-22	一种控制MBE装置中分子束恒定的方法		姜祥祺	(209)	
B-23	钛粉涂层表面处理		邹常荣	(212)	
B-24	离子束刻蚀机中有害污染物的控制	黄良甫	李守忠	(214)	
B-25	用平面磁控溅射法制备Ti-Mo-Al膜的Auger分析		许汗生	(218)	
B-26	用等离子体增强TiN的化学气相沉积		李世直	(222)	
B-27	微波等离子体对聚合物粘接的效应		李世直	(226)	
B-28	HCD法涂敷氮化钛设备		朴元柯	(229)	
B-29	沉积温度对ITO薄膜性质的影响	美中和	杨大同	(233)	
B-30	空心阴极电子枪的设计		钱三德	(236)	
B-31	离子镀膜应用实例(摘要)		张殿飞	(243)	
B-32	真空连续蒸镀装置		张殿飞	(244)	
B-33	在椭圆仪上应用双入射角法测定真空沉积膜的膜厚		严樟根	(246)	
B-34	磁控溅射硅整流器欧姆接触层研究		王丽红	(252)	
B-35	薄膜技术发展的新动向		李仲君	(254)	
B-36	石英晶体天平在研制中微子质量测量源中的应用(摘要)		杜鸿善	(257)	
B-37	真空镀膜技术的发展趋势(摘要)		张宗侠	(258)	
B-38	钼膜的制备及其超导转变温度		郑家祺	(261)	
B-39	磁控溅射技术在超硬膜方面的应用研究		王怡德	(264)	
B-40	真空蒸发制源技术改进	杜鸿善	贾璋	(267)	
B-41	ITO薄膜制备气氛的研究	美中和	杨大同	(270)	
B-42	氮化钛仿金装饰膜层分析		杨永康	(273)	
B-43	KD-500, KD-700高真空多层光学镀膜机	陈丽芳	林权昌	(279)	
B-44	仿金离子镀膜氮化钛装饰膜工艺及其膜层性能(摘要)		沈月英等	(283)	
B-45	用磁控反应溅射方法制备ITO薄膜(摘要)		李文天	(283)	
B-46	超硬膜的应用与发展(摘要)		王怡德	(284)	
B-47	超导交叉膜隧道结的电流-电压滞回(摘要)	张裕恒	陈莺飞	(284)	
B-48	超导弱连接的电压磁场关系(I), $L=0$ 的情况(摘要)		张裕恒	王军	(285)
B-49	在一个磁通量子内dc Josephson电流的阶梯效应(I), 双结SQUID(摘要)	张裕恒	李玉芝	(285)	
B-50	低能离子束溅射形成的碳膜(摘要)	程世昌	徐在贵	(286)	
B-51	低能离子束直接淀积形成透明碳膜(摘要)		徐在贵	彭友贵	(286)
B-52	ZnO薄膜的磁控溅射生长与择优取向(摘要)	吕美安	赵明洲	(287)	
B-53	真空蒸发薄膜的微结构及潮气吸附(摘要)	唐晋发	顾培夫	(287)	

- B—54** 低温溅射生长AlN薄膜的微观结构与宏观性质
(摘要)李兴教 徐则川 (288)
- B—55** 复合磁性—介质—磁性层状单晶薄膜的连续外延生长
(摘要)何华辉 龙兴武 (288)
- B—56** 非晶硅薄膜瞬态响应时间的光谱特性 (摘要)
.....海宇涵 周忠毅 (289)
- B—57** 二氧化钛光学薄膜理化特性研究 (摘要)赵书文 王淑荣 (289)
- B—58** 射频溅射介质薄膜性能与基片的关系 (摘要)白淑华 邱荣方 (290)
- B—59** 膜厚测量仪的量程扩展 (摘要)李仲君 (290)
- B—60** 真空镀膜设备的现状和发展趋势 (摘要)孙天丰 (291)
- B—61** 非均匀磁场E型电子枪光学镀膜机 (摘要)付绍英 廖燕南 (291)
- B—62** 低能大面积离子束技术的发展和应 用 (摘要)黄良甫 (291)
- B—63** PMS—380平面磁控管溅射的试验研究 (摘要)
.....宦鸿信 王龙超 沈元君 孙又君 (292)
- B—64** 离子镀膜综述 (摘要)张殿飞 (292)
- B—65** 收口式空心阴极的试验研究 (摘要)高汉三等 (293)

补 遗

- Z—23** 几种超高真空泵残余气体成份探讨胡昌官 (293)
- Z—24** 微量检漏技术在电子管生产中的应用邵力为 刘南昌 赵晓东 (294)
- Z—25** 功率行波管内残余气体分析邵力为 万宝骅 吴诚安 (294)
- W—30** 用场发射显微镜对钨的单个晶面吸附现象的研究巩运明
.....项柏松 张洪滨等 6 人 (295)

迟 到 论 文 题 录

- 低温激活非蒸散式消气剂研制及应用邱安轩 黄明道 乔惠芳 陈来于
快脉冲放电清洗及其瞬态过程分析王玉贵 付积阁 郭德全
秦品健 谢继康 陈佳敏
各种实用真空工程材料出气率测试辜学茂 程珊华 李成富
低温超导工程中的真空技术问题管洽民 徐华
几种标准漏孔的研制解同福
LPCVD膜层均匀性的研究李祥轩 撒应虎
四极滤质器的束流传输分析席伯龄
用BA计检漏全金属无油超高真空系统刘命辉
综合环境材料试验设备的研制刘玉魁
用于表面分析的微米级束斑的小型静电电子枪庞世瑾 尹宝福 于亦谦
白小鹰

分子泵氢压缩比的提高和振动、噪音的降低.....	于亦谦 朱岳
三缸式滑阀泵.....	胡焕林
Wy-6直联式无油机械泵机组残气质谱分析对比.....	张立成
油扩散泵射流结构图的绘制及其对泵性能影响的分析.....	陈益林 李建峰
ZK-600油增压扩散泵研制及调试结果.....	陈昌洋
QT-3型气压调节器.....	张会然
稀土镁系合金真空吸氢性能研究.....	邵淑敏 李胜林 王君荣 周志强 席光康

一台液氮温度下获得 10^{-13} 托的金属真空系统

达道安 杨益民 姜万顺 周坤彝 陈珍

兰州物理研究所

运用冷冻钛升华阱和钛升华泵相结合技术,在金属系统上多次稳定地获得 5×10^{-13} 托的真空度。

一、系统的描述及特点

该系统由主容器、极高真空室、烘烤系统、冷却系统和抽气系统组成。主容器包括内壳和外壳两部分,不锈钢制成。外壳尺寸为 $\varnothing 900 \times 1600 \text{mm}$,内壳尺寸为 $\varnothing 600 \times 1000 \text{mm}$ 。内外壳之间称为夹层,装有烘烤用的管状加热器和液氮紫铜盘管。极高真空室为紫铜作成, $\varnothing 400 \times 600 \text{mm}$,外壁绕紫铜管通液氮。极高真空室的内外各装有一个钛钼合金丝的升华泵。在该室的出口装有一个百叶窗式障板,内部各装一个裸B—A规和弯注规。

烘烤系统包括管状加热器组和空气加热两部分。前者用来加热外壳和内壳、极高真空室,后者用来烘烤扩散泵上面的液氮冷阱。

冷却系统由氟里昂制冷系统和开式液氮系统构成。

抽气系统包括三个相互独立的分系统:“夹层”抽气系统、“隧道”抽气系统和主抽气系统。“夹层”系统是保护真空系统,压强为 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 托,用来减少主系统的漏气量和极高室加热烘烤以及低温冷冻时的漏热。“隧道”是测量引线和进出液管路的保护真空系统,真空度可达 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 托。主抽气系统由机械泵、KY—11和KY—13两级扩散泵、人字形氟里昂障板、“防爬油”型液氮冷阱、两级百叶窗障板、冷冻钛升华阱及钛升华泵等组成。

二、系统压强极限因素的分析

经分析和实验证明,限制系统极限压强的因素主要有以下几方面:

1.前级系统返流的气体:主抽气系统采用油扩散泵,经烘烤,氟里昂冷冻障板和冷阱注入液氮后,系统达到了 1×10^{-8} 托的压强。冷阱至极高室的通导约为 10^3 升/秒;此时前级系统返流到极高室的气体量为: $Q_{\text{返}} = 1 \times 10^{-8} \text{托} \times 10^3 \text{升/秒} = 1 \times 10^{-5} \text{托升/秒}$ 。为了对付这一返回的气量,我们在冷阱和极高室间加了一个冷冻钛升华阱以阻挡这部分气体返回极高室。经实验测定阱的效率为:对氢气是812;对氦气是260。其它气体不是系统残存的主要气体,故没有去测量。

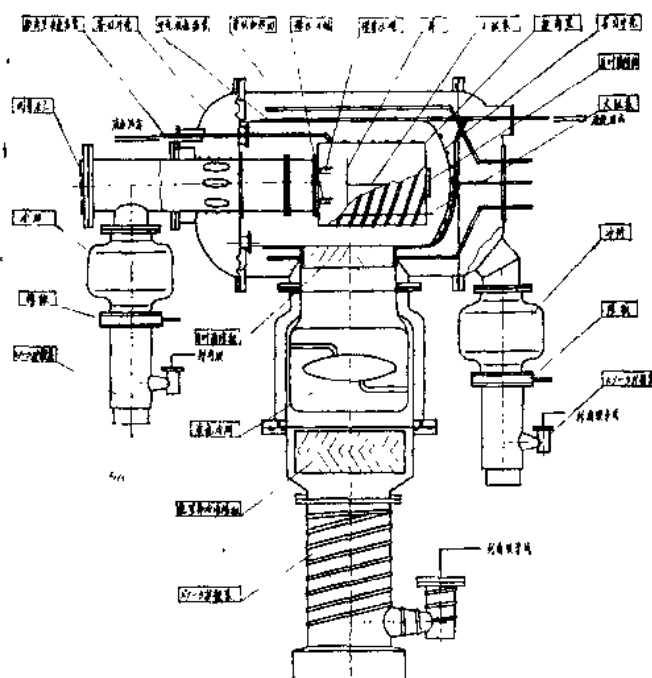
2.扩散泵的反扩散:经我们实测国产KY—13扩散泵对氢的压缩比为 10^6 ;对氦为 10^7 。我们采用了两级扩散泵串联的抽气系统,主扩散泵的出口压强可降为 10^{-6} 托,这样,扩散泵反扩散的影响就可以忽略。

3.材料放气:为把材料放气量降低最低,除较均匀地烘烤系统外,我们还采用了液氮冷冻极高室和中壳表面。同时在极高室内表面蒸镀钛膜来阻挡壁材料放出的气体。经实验

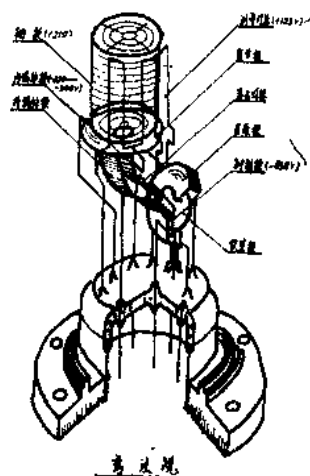
测定极高真空室内表面的平均放气速率为 1×10^{-13} 托升/秒厘米²。

4. 增加抽气能力：采取上述三项措施后，极高室仍有 1×10^{-9} 托升/秒的总放气量，尚需 10^4 升/秒的抽速才能得到 1×10^{-13} 托的压强。由于极高室出口通导的限制，这个泵只能放在极高室内部，这就要求泵的极限压强不能高于 10^{-13} 托。经调研分析，用液氮温度下的钛升华泵并使之处在停止蒸钛的状态即可满足。计算时取蒸钛面积 5445米^2 。对 H_2 的粘着系数为0.2，考虑到通导影响，有效抽速为 2×10^4 升/秒。理论上系统的极限压强为 5×10^{-14} 托。

三、压强测量



图一 极高室系统结构示意图



1. 采用热阴极弯注规作为测量规。主要结构及工作参数如图2所示。在测量中把玻璃型管规改为裸型规以后，增加了一根去气灯丝，工作参数重新调整了工作参数。内偏转电压由原来的-340伏变为-220伏。其它参数未变，重新校准了裸规的灵敏度。

2. 为了降低钨灯丝蒸汽压的影响，采用了敷氧化钽的钨灯丝，使规管的性能有了明显地改善，测量了 10^{-13} 托的压强。

表 1

钨灯丝和敷氧化钽钨灯丝工作参数比较

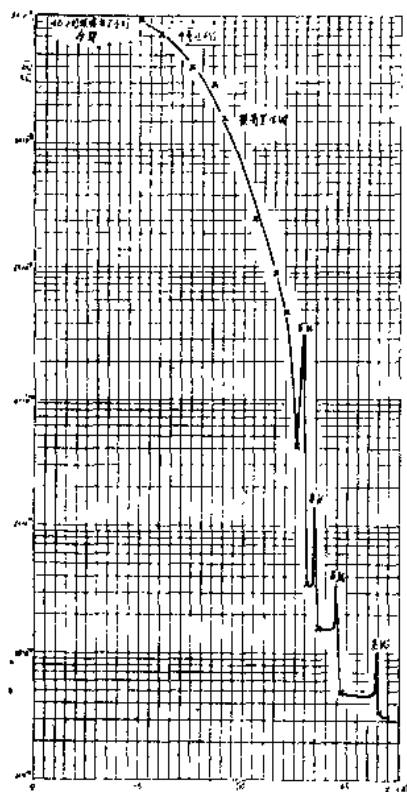
灯 丝	发射电 流 (mA)					
	参 数	0.5	1.0	2.0	4.0	10
钨	$U_f \times I_f$ (伏安)	4.1×1.85	4.45×1.95	4.8×2.05	5.2×2.1	5.8×2.25
	W (瓦)	7.6	8.7	9.01	10.9	13
	T (K)	2183	2263	2298	2348	2433
敷 氧 化 钽 钨	$U_f \times I_f$ (伏安)	2.6×1	2.7×1	2.8×1	2×1.1	3.3×1.2
	W (瓦)	2.6	2.7	2.8	3.3	3.96
	T (K)	1517	1532	1602	1602	1692

由表 I 看出：敷氧化钽钨灯丝的加热功率比钨灯丝降低三倍左右，工作温度约降低了 700K。在相同条件下用敷氧化钽钨灯丝的规管测量的真空度较钨灯丝为好。

此外，还较好地解决了弱小电流测量中的技术性问题，例如屏蔽、绝缘、接零等，使测量系统的本底电流降到 5×10^{-16} 安以下。

四、系统的运转

经多年来十多次的运转，摸索出了获得极高真空的运转经验，值得注意的问题有以下几点：



(1) 运转前系统先进行一段时间的真空浸泡。系统暴露大气时，需先充入 1~10 托的干燥氮气以减小水蒸汽对系统的污染。

2. 烘烤温度不宜过高，一般控制在 $200^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 左右。烘烤时间稍长一些，尽量使系统中各处的温度均匀。也可以充入少量氮气或氧气在气氛中烘烤。这样增加了气体导热，系统各处温度容易均匀，在烘烤温度分布上，使极高室温度高一些，中壳及冷阱的温度略低一些以免脏物倒流到极高室。

3. 去气：系统中的两个钛泵和测量规都要在烘烤过程中反复去气。因为在系统热态低功率长时间的去气可以减少材料蒸发所形成的污染，同时降低烘烤功率，增强了去气效果。

4. 降温冷却：采用逐级降温方式。由冷阱、中壳、极高室依次冷却，冷却过程中压强不断降低。钛泵及规管连续性的间隔去气直到极高室停止加热为止。值得注意的是在系统到达极高真空以后，系统压强不允许有大的回升。此时钛泵及规管均不宜再去气。前级各冷冻部分的温度亦不能出现回升，否则将导致整个实验失败。

5. 蒸钛：在系统完全冷却之后，先启动冷冻钛升华阱的大钛泵，阻挡前级的返流。蒸镀几次以后，极高室的压强达到稳定值（约 5×10^{-12} 托）再启动极高室中的小钛泵。反复间断地蒸几次钛后，系统压强渐渐稳定（约 $< 5 \times 10^{-13}$ 托）。然后关闭两个钛泵，系统充分冷却，此时系统的压强缓慢地变低。表Ⅱ给出了部分实验结果。图3给出了典型的实验曲线。

实 验 序 号	1	2	3	4
极高室冷到液氮温度的真空度(托)	2×10^{-11}	4.25×10^{-11}	3.5×10^{-11}	4.2×10^{-11}
冷冻升华阱工作后真空度(托)	8×10^{-12}	6.75×10^{-12}	1.55×10^{-12}	9.5×10^{-13}
极高室钛泵工作后真空度(托)	1.5×10^{-12}	1.25×10^{-12}	4.6×10^{-13}	3.37×10^{-13}

H—02

10⁻¹²托超高真空测试系统的研制

陆 明 岑力民 钱少青

上海真空泵厂

10⁻¹²托系统作为真空计校准测试用。在没有通液氮的情况下极限真空度为 1.8×10^{-11} 托，在通液氮的情况下，抑制规测为 6×10^{-12} 托，当系统暴氮10分钟后，经8小时250℃烘烤，启动主系统钛离子泵三小时运转就可达 3.4×10^{-11} 托。

一、真空系统的结构（图1）

由主抽系统和预抽系统组成。主抽系统包括两台复式钛泵和二个校准室。校准室中有三个小孔。中间小孔 $\varnothing 1.2 \pm 0.01$ mm，厚 0.37 ± 0.01 mm，按分子流小孔公式^[1]计算，其流导为0.1升/秒。两侧的小孔，均为 $\varnothing 24 \pm 0.01$ mm厚1 mm，流导为50升/秒。校准室内各装有 $\varnothing 25$ mm超高真空阀、微调阀、放气阀。考虑到在超高真空下工作，采用小型钛球升华泵和钛钽差动式溅射离子泵组合的复式钛泵。升华泵口径 $\varnothing 150$ mm，对空气有效抽速为650升/秒。差动泵按公式^[2]计算，对空气抽速为70升/秒，对氩抽速约为空气的25%。该泵在烘烤后能容易达到10⁻¹¹托，再加上冷冻升华泵、系统能达到10⁻¹²托。

二、材料的预处理和降低放气的几个措施

超高真空系统中压强的降低、显然降低放气量更有意义。在设计时着重考虑了如何降低材料放气以及消除各种放气因素。首先，选用放气率低的1Cr18Ni9Ti做壳体，TA—1做泵芯的钛板，钛球用碘化钛。其次，对系统内所有的零件及焊接件放入无油超高真空加热炉高温除气，950℃保温2小时，真空度为10⁻⁷托。

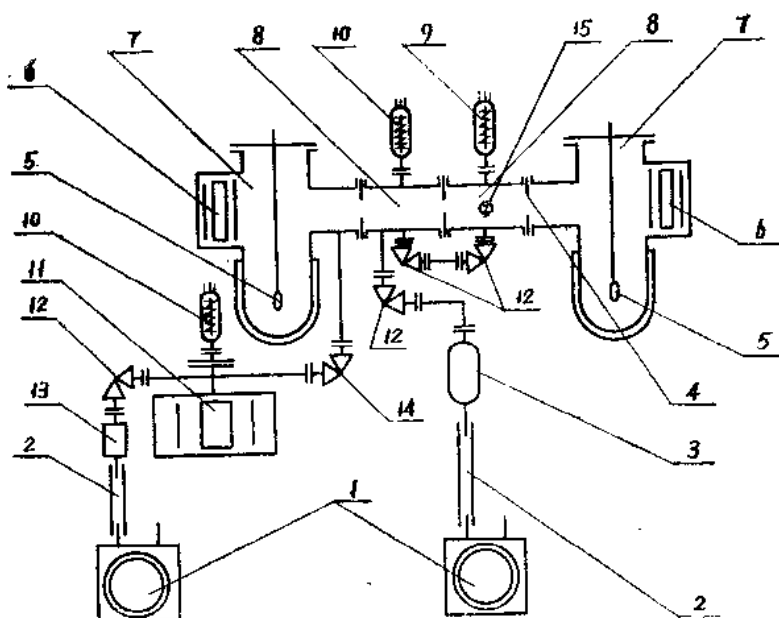


图1 超高真空规管测试系统

- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1, 2 XZ-4 旋片机械泵 | 9. 抑制规 |
| 2. 联接橡皮管 | 10. 一般B-A电离规管 |
| 3. 氧化铝吸附阱 | 11. 2 TL-300 电子离子泵 |
| 4. 孔板 | 12. $\phi 25$ 超高真空阀门 |
| 5. 小型钛球升华器 | 13. 吸附阱管道 |
| 6. 电子离子泵电极 | 14. $\phi 50$ 超高真空阀门 |
| 7. 复合式钛泵 | 15. 轴向式规管 |
| 8. 校准室 | |

在调试过程中, 对钛球满载通电加热除气, 对离子泵断续启动以释放泵芯表面吸附的气体。这两个步骤必须在前级预抽离子泵时进行, 而且在主系统烘烤后降温到 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 左右。在系统烘烤后处于 120°C 时, 规管除气。对所有规管除气一小时。此时靠前级离子泵抽气。系统进入极高真空时, 规管去气只能是短暂的, 甚至不到半分钟。

三、B-A规的本底压强测量和系统的极限真空度的推测

我们在此系统上, 用Alpert法^[4]测量CJG-2型B-A裸规的本底压强(即 α 射线限制压强)。当发射电流为 10^{-8} 安时, 得出本底压强为 9×10^{-11} 托。测得的 I_c-I_a 曲线和 10^{-12} 托下Hulek的Alpert曲线几乎一致, 从而可推算出该系统的极限压强接近 1×10^{-12} 托, 至少可以讲进入 10^{-12} 托量级。

在校准室同一截面上安装了一只抑制规、一只轴向规和一只B-A规。抑制规 $P_x = 6.5 \times 10^{-13}$ 托, 量程为 $10^{-4} \sim 10^{-12}$ 托^[6]。轴向规 $P_x = 10^{-11}$ 托。在没有通液氮的情况下极限真空为 1.8×10^{-11} 托(SD8010型抑制规测), 及 3.9×10^{-11} 托(SD8003型轴向规测)。系统在暴氮气(1大气压)10分钟后, 经 250°C 烘烤8小时, 启动主系统钛离子泵运转3小时达到 3.4×10^{-11} 托。

参 考 文 献

- [1] A.Roth, Vacuum Technology, P78, 1'267.
- [2] 蓝增瑞、薛大同, 真空技术, 4卷2期, (1974) 108.
- [3] H.Hartwig, J.Vac.Sci.Technol, 6 (1974) 1154
- [4] 李坚, 真空技术, 9卷4期, (1879) 81
- [5] Z.Hulek, Proc. 7th Intern Vac. Congr, 1977, 145
- [6] 孙企达, SD8018型抑制规鉴定报告。

H-03

对旋片泵的几点研究

荣 道 发

南光机器厂

文中对高、低腔不同容积的双级泵提高抽除水蒸汽的能力; 提高可靠性和改善性能、并降低能源消耗; 及怎样保证装配精度等三个问题进行了探讨。

(一)

有的双级旋片泵为了减轻重量和缩小体积、采取了高真空腔容积 (V_1) 大于低真空腔容积 (V_2)、同时在高真空腔设排气阀门的作法。当高真空进气压强较低时, 气体由高真空腔排出后直接进入低真空腔, 则低真空腔的进气压强比高真空腔的进气压强提高了 V_1/V_2 倍 (此外暂不考虑温度变化)。当抽除水蒸汽时, 高真空腔允许的进气口压强就按下式计算了:

$$P_v \leq \frac{V_2}{V_1} \frac{B}{S} \left[\frac{P_{at} \cdot P_{st}}{P_{T2} - P_{st}} \right]$$

式中: P_v ——进气口水蒸汽分压强, 托; B ——掺气量 (体积流量), 升/秒;
 S ——抽气速率, 升/秒; V_1 ——高真空腔容积, 升; V_2 ——低真空腔容积, 升;
 P_{at} ——掺气压强, 托; P_{st} ——排气温度下水的饱和蒸汽压强, 托; P_{T2} ——排气全压强, 托。

从上式中看出: 在高低真空腔相等的双级泵中, V_2/V_1 的比值为 1; 在不等腔的双级泵中, V_2/V_1 的比值小于 1, 抽水蒸汽能力低了。从雷暴和巴尔蔡斯的单级泵及双级泵的性能中看出: 单级泵或高低真空腔相等的双级泵抽除水蒸汽的能力要大于高低真空腔不等的双级泵, 约为 1.65~2 倍。

为了提高不等腔双级泵抽除水蒸汽的能力, 设法使其在抽水蒸汽时变成单级泵, 在要求抽极限压强时又还原成双级泵, 就可以达到目的了。我们在我厂 2xZ-15 型泵上作了试验: 当高、低真空腔容积比为 100/30 时, 在高真空腔掺气量达到低真空掺气量的 3 倍

以上。为此我们设计了分别对高、低真空腔掺气的气锁阀，这样考虑的可行性是存在的：

1) 高真空腔本来就有排气阀，就可以变成单级泵。2) 分别对高、低真空腔掺气的气锁阀是可以实现的。3) 对使用来说：在抽除大量水蒸汽时，可打开高真空腔掺气阀，使泵作单级泵用，此时无所谓极限压强；当要求掺气极限压强时，可只对低真空腔掺气，又作为双级泵了。4) 只要参数和结构选择得当，对泵的极限压强、功率，温升等影响不大。此种看法尚待进一步在成批产品上验证，仅在这里抛砖引玉。

(二)

旋片式机械泵两端板平面与转子两端面之间很容易产生接触摩擦，这是因为其相对运动速度仅次于旋片顶端的速度，但摩擦面积最大，且又是连续摩擦，润滑条件又不太好之故。一旦产生接触摩擦，其影响比其它地方带来的影响更为厉害：摩擦力增大，功率消耗加大，温度升高，磨损增大，性能恶化，造成卡车的比例也最大。我厂旋片泵卡车原因统计也表明这一点。为了防止产生这种无间隙的接触摩擦（或称干摩擦），可以采取适当的摩擦副，但材料和工艺上又带来困难；也可以改整体转子为组合转子，虽可避免端面摩擦，但工作量大。我们采取了在组装泵时，把转子两端面与两端板平面之间的间隙控制起来，转子无论怎样在轴向窜动，都保持有一最小间隙，具体作法：1) 可加垫片调整，2) 用螺丝调整，3) 由滑动轴承凸出端面一定高度。这样做的结果：由于保持了最小间隙，也就限制了最大间隙，始终都有间隙而又不致过大，因此性能稳定，不会卡车，可靠性高，摩擦力小，功率消耗也小。把转子在轴向位置控制起来在沈真所和沈阳真空机械二厂的文章中也曾提到。减小泵的功率消耗，也主要是减少泵的无用的摩擦功，北京仪器厂的2xZ-8型泵的实配电机功率为0.8瓩，比一般使用的1.1瓩少27%。该泵使用的碳旋片的摩擦系数在润滑介质中只有0.04~0.05，而泵体内面的一层氧化铝硬度高达HRA90，摩擦系数也低，故摩擦功亦低了。另外沈阳教学仪器厂的2X-1型的实配电机功率为0.18瓩，比标准的0.25瓩少28%。还有我厂的2X-70型泵实配电机功率为5.5瓩，比标准少7.5瓩少26%。根据这些情况，其它规格的泵也有可能节约一些能源。我们在向降低无用摩擦功这方面努力，尽量为我国四化建设节约点滴能源。

(三)

旋片式真空泵如何保证装配精度，是制造真空泵中重要的一环，这里所谓装配精度主要是指转子轴线和定子端面的垂直度要求，如转子轴线与定子两端面不垂直，则零件的高精度要求就成为徒然了。装配精度不高的泵，会造成转子与定子单面接触，其害处是在同一个接触面上不能保持均匀的间隙，有一部份过大，密封性能不好，另一部分间隙过小，甚至保持不住油膜，造成迅速磨损，发热量增大，严重的造成卡车，这种情况的泵，一般是达不到性能要求的，即使勉强达到性能要求，但寿命也不长。

用图1的办法可以保证泵的装配精度，也可以用来检查已装好的泵的精度。图中芯轴1也可以是转子轴，它装入前端板2和中隔板3的轴承中，在芯轴上固定千分表4，旋转芯轴，如千分表在平面A上任何位置读数都一样，则表示芯轴与A面是垂直的，否则可移动前端板的位置，直到千分表在A面各处读数一致为止。此芯轴的轴线位置，也就是转子的轴线位置，所以转子轴线也与A面相垂直，而A面又与B面相平行（工艺要求），故转

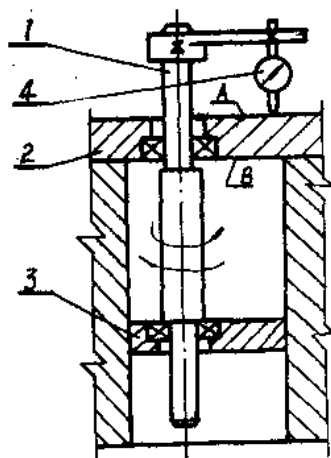


图 1

子轴线与定子端面——B面相垂直了。对于五大件的泵，可照图2的办法、表4可在前端板2的A面或中隔板3的m面上检查。对已经装配好了的泵，可在相互接触的零件上打定位销，以固定位置。图2中芯轴1与高转子5是同一零件。

由于零件加工有一定误差，芯轴对B面的不垂直度误差 δ ，应为B面与A面的不平行度误差 x_2 ，即

$$\delta = x_2$$

为从测量基准面到要求的基准面中间有多个零件时，则最大不垂直度误差 δ_1 应为多个零件平行度误差的代数和，即

$$\delta_1 = \sum_{i=1}^n x_i$$

在图2中，如表头在中隔板3的m面测量，则高转子5对端面m的定位误差应为中隔板3的不平行度误差 X_3 ，即

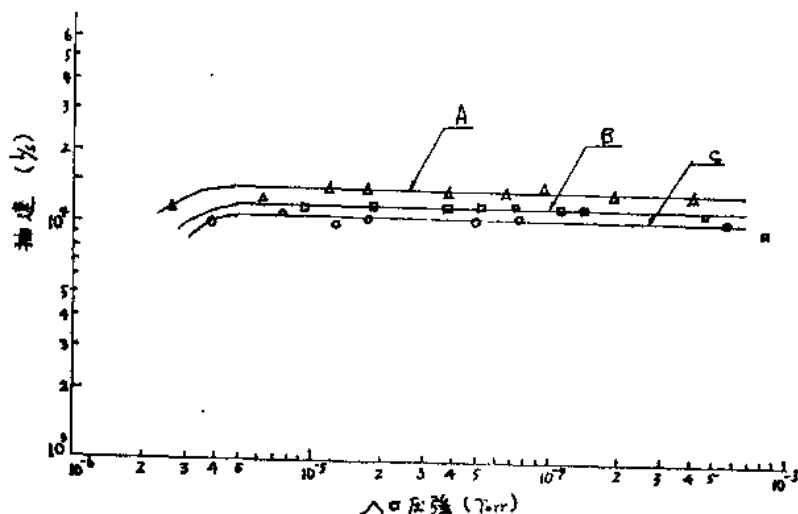


图 2

$$\delta = X_3$$

低转子轴线对端面m来说，定位误差为

$$\delta = 0$$

如果进一步要求定位精度较高时，可以提高加工精度，或者在测量时扣去零件平行度误差。

此种方法在《谈旋片式真空泵装配中的几何精度》一文中也有介绍。不过该文中用的是刀口角尺加厚薄规测量，很不方便，本文中改用千分表后可以直接读数，且操作技巧要求较低些。

滑阀式真空泵振动控制的探讨

汪 学 鏊

浙江真空设备厂

滑阀泵是一种偏心运动机械, 因此, 对泵的振动加以有效地控制是十分必要的。

一、初步分析

影响滑阀振动泵的干扰力, 归纳起来, 主要有三个方面: ①滑阀惯性力的干扰; ②偏心轮惯性力的干扰; ③泵在排气过程中, 气体压缩到一定程度后, 瞬时顶开排气阀而产生冲击力的干扰。

对于滑阀来说, 各点惯性力的大小和方向随时都在变化, 要完全平衡滑阀的惯性力就有一定的难度。偏心轮所产生的惯性力较易控制。对于排气过程中瞬时顶开排气阀而生成的冲击力, 与排气阀弹簧的压力和排气速度有关。

上述三个原因所产生的干扰力有一个共同点, 它们都与泵的转速有关, 尤其是滑阀和偏心轮所产生的惯性力, 与泵转速的平方成正比。

二、设计参数上的控制

合理地、周密地选取泵的设计参数, 这是设计工作中的重要一环。下面从振动控制角度探讨一下有关设计参数的选择。

1. 对偏心轮有关参数的选择

若设偏心轮的偏心距为 e (厘米); 角速度 $\omega_{\text{偏}}$ (秒⁻¹), 又设偏心轮的质心在偏心轮的中心。则偏心轮质心点的向心加速度 a_A 为:

$$a_A = e \cdot \omega_{\text{偏}}^2 = e \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \quad (\text{厘米} \cdot \text{秒}^{-1}) \quad (1)$$

式中: n ——泵的转速 (转/分)。

偏心轮的向心力即干扰力 $P_{\text{偏}}$ 的计算式为:

$$P_{\text{偏}} = m_{\text{偏}} \cdot a_A = \frac{W_{\text{偏}} \cdot e (\pi n)^2}{900g} \quad (\text{公斤}) \quad (2)$$

式中: $W_{\text{偏}}$ ——偏心轮的重量 (公斤); g ——重力加速度 (厘米 $\cdot$ 秒⁻²)

从式 (2) 中可知, 要使干扰力 $P_{\text{偏}}$ 小, 可以减轻偏心轮的重量 $W_{\text{偏}}$; 也可取小的偏心距 e 。

2. 对滑阀有关参数的选择

(1) 取小的滑阀杆摆角 α 值。滑阀杆的摆角系指滑阀杆左右摆动的最大隔角。其值为:

$$\alpha = 2\sin^{-1} \frac{e}{A} \quad (3)$$

式中：A——大小缸中心距。

(ii) 减小滑阀的惯性力。按图1中位置进行讨论。若设滑阀的惯性力为 $P_{滑}$ ，其计算式为：

$$P_{滑} = \frac{W_{滑}}{g} \cdot a_{S_2} \quad (4)$$

式中， $W_{滑}$ ——滑阀的重量； a_{S_2} ——滑阀质心的加速度，其值为：

$$a_{S_2} = a_A - y\omega_{滑}^2 \quad (5)$$

式(5)中， y ——滑阀质心 S_2 到滑阀环圆心距离； $\omega_{滑}$ ——滑阀的角速度。其值为：

$$\omega_{滑} = \frac{e\pi n}{30(A+e)} \quad (6)$$

将式(5)、(6)代入式(4)可得 $P_{滑}$ 值，方向向下。

$$P_{滑} = \frac{eW_{滑}}{g} \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \left[1 - \frac{ey}{(A+e)^2} \right] \quad (7)$$

若忽略 $\left[1 - \frac{ey}{(A+e)^2} \right]$ 一项，那么从上式中可知要使 $P_{滑}$ 值小，可取小的偏心距 e 和 $W_{滑}$ 。

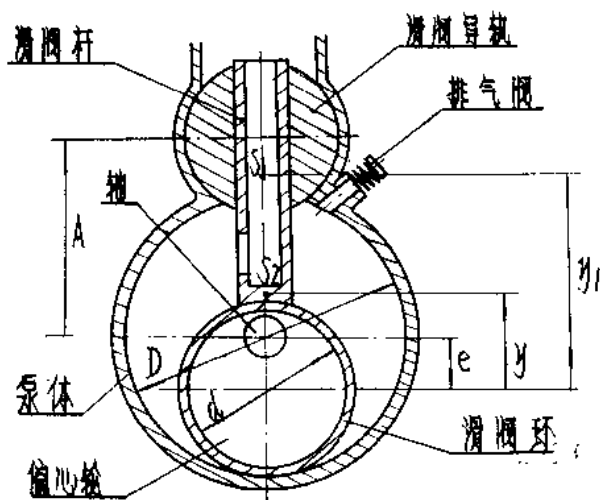


图1 滑阀运动到下死点图

、结构简单、装拆方便。这样结构，为控制振动，减小干扰力，一般要加平衡轮，并在皮带轮上再加不平衡重量，以达到互相平衡。这里要指出的是滑阀杆惯性力的控制，归纳起来可从三方面加以注意。其一减小其摆角；其二减轻其重量，取小的尺寸和壁厚，也可采用轻便材料；其三尽量采用多缸结构，使单只滑阀杆质量减小。

2) 双缸。双缸泵有两缸等长的，也有两缸不等长的。前者平衡条件较差，较少采

三、结构选择上的控制

1. 立式与卧式结构对振动的影响

不管是单级泵还是双级泵，都可以设计成立式或卧式结构，从发展趋势，大多采用卧式（或称倾斜式）。这是因为卧式结构较紧凑，泵的重心低，对减小振动有好处。

2. 泵缸数的选择与布置来控制振动

滑阀泵按泵缸数一般可分为单缸、双缸和三缸等三种结构。下面分别进行讨论：

1) 单缸。单缸结构仅适用于单级泵，它的优点是加工方便、省时