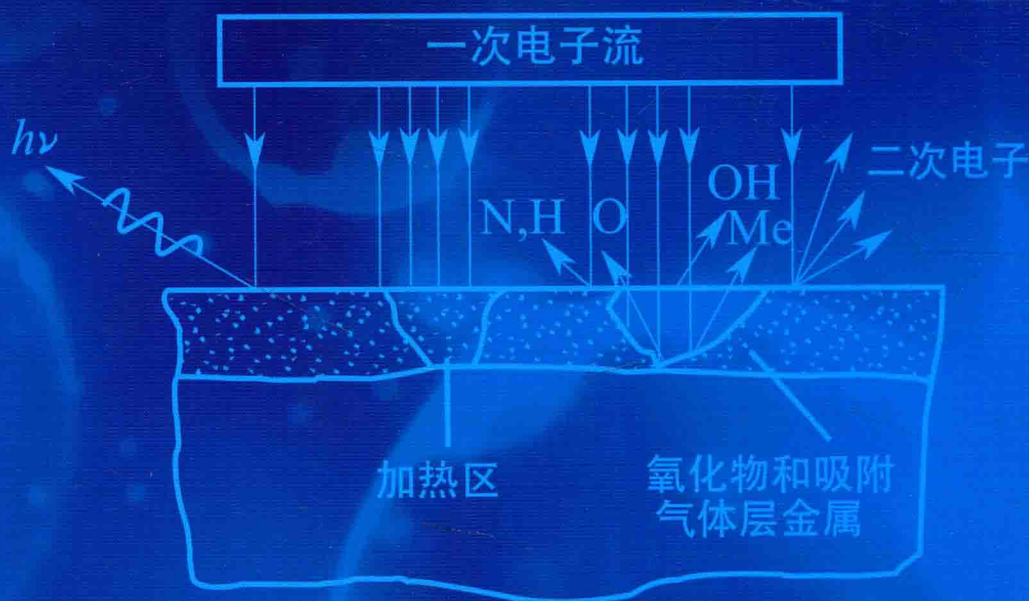




真空科学技术丛书

真空装置

谈治信 徐玉江 编著



化学工业出版社



真空科学技术丛书

真空装置

谈治信 徐玉江 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面系统地阐述了真空装置的定义、分类及基本组成。全书分7章,主要内容有:真空装置概述、真空装置容器、真空抽气机组、真空泵、真空阀门、真空测量及装置的控制系統、真空装置常用制造工艺。

本书将理论与实践有机结合,适用于从事真空工程设计的专业技术人员、设备操作与维护人员阅读,也适合从事与真空技术相关的科研人员以及大专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

真空装置/谈治信,徐玉江编著. —北京:化学工业出版社,2015.12

(真空科学技术丛书)

ISBN 978-7-122-25065-0

I. ①真… II. ①谈…②徐… III. ①真空获得设备
IV. ①TB75

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第207182号

责任编辑:戴燕红

文字编辑:张绪瑞

责任校对:宋 玮

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张24 字数635千字 2016年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:98.00 元

版权所有 违者必究

《真空科学技术》丛书编写人员名单

主 编 达道安

副 主 编 张伟文 邱家稳 杨乃恒

参编人员（按姓氏笔画排序） 王荣宗、王欲知、王得喜、王敬宜、达道安、
刘玉魁、刘喜海、杨乃恒、杨亚天、李云奇、
李得天、邱家稳、邹惠芬、张伟文、张涤新、
张景钦、陆 峰、范垂祯、郑显峰、查良镇、
徐成海、谈治信、崔遂先、薛大同、薛增泉、

技术编辑 谈治信

编辑助理 权素君 曹艳秋

丛书序

真空科学技术是现代科学技术中应用最为广泛的高技术之一。制备超纯材料需要超高真空技术，太阳能薄膜电池及芯片制作需要清洁真空技术，航天器空间环境地面模拟设备需要大型真空容器技术。真空科学技术已渗透到人们的教学、科研、生产过程、经济活动以及日常生活中的方方面面，人们普遍认识到了真空科学技术的重要性。

真空科学技术是一门涉及多学科、多专业的综合性应用技术，它吸收了众多科学技术领域的基础理论和最新成果，使自己不断地进步和发展。真空科学技术的应用标志着国家科学和工业现代化的水平，大力发展真空科学技术是振兴民族工业，实现国家现代化的基本出发点。

多年来，党和国家政府非常重视发展真空科学技术。大学设立了真空科学技术专业，培养高层次真空专业人才；兴办真空企业，设计、制造真空产品；成立真空科学技术研究所开发新技术，提高真空应用水平；建立了相当规模和水平的真空教学、科研和生产体系；独立自主地生产出各种真空产品，满足了各行业的需求，推动了社会主义经济的发展。

在取得丰硕的物质成果和经济效益的同时，真空科技人员积累了宝贵的理论认知和实践经验。在和真空科学技术摸、爬、滚、打的漫长岁月中，一大批人以毕生的精力，辛勤的劳动亲身经历了多少次失败的痛苦和成功的喜悦。通过深刻的思考与精心的整理换得了大量的实践经验，这些付出了昂贵代价得来的知识是书本上难以学到的。经历了半个世纪沧桑岁月，当年风华正茂的真空科技工作者均年事已高，霜染鬓须，退居二线。唯一的希望是将自己积累的知识、技能、经验、教训通过文字载体传承给新一代的后来人，使他们能够在前人搭建的较高平台上工作。基于这一考虑，在兰州物理研究所支持下，我们聚集在一起，成立了《真空科学技术》丛书编写委员会，由全国高等院校、科研院所及企业中长期从事真空科学技术研制工作的工程技术人员组成。编写一套《真空科学技术》丛书，系统的、完整的从真空科学技术的基本理论出发，重点叙述应用技术及应用的典型例证。这套丛书分专业、分学科门类编写，强调系统性、理论性和实用性，避免重复性。这套丛书的出版是我国真空科学技术工作者大力合作的成果，汇集了我国真空科学技术发展的经验，希望这套丛书对 21 世纪我国真空科学技术的进步和发展起到推动作用，为实施科教兴国战略做出贡献。

这套丛书像流水一样持续不断，是不封闭的系列丛书，只要有相关著作就可以陆续纳入这套丛书出版。《丛书》可供大专院校师生，科学研究人员，工业、企业技术人员参考。

这套丛书成立了编写委员会，设主编、副主编及参编人员、技术编辑等，由化学工业出版社出版发行。部分真空界企业提供了资助，作者、审稿者、编辑等付出了辛勤劳动，在此一并表示衷心感谢。

达道安

2012 年 03 月 22 日

前言

《真空装置》是《真空科学技术》丛书中的一本。本书对真空装置的定义、组成、分类作了科学及详尽的说明，将人们日常习惯性称呼的各种真空设备及真空机统一归类为真空装置。全书对真空装置所用材料、组成元件、不同真空系统组成及设计计算、真空测量及装置控制、真空泵、阀门使用维护、真空装置常用制造工艺等内容作了全面介绍。

本书将理论与实践有机结合，书中提供了大量相关的图表、数据及计算实例。适用于从事真空工程设计的专业技术人员、设备操作与维护人员以及从事与真空技术相关的科研人员阅读，亦可作为大专院校相关专业师生的参考书。

本书编写中谈治信编写了第1~6章、徐玉江编写了第7章。

本书在编写过程中，得到国内相关单位及同行专家的大力帮助和支持，参阅了有关专家编写的专著及发表的论文，对书中引用到文献的作者表示谢意。对“丛书”编辑部权素君同志在书稿的编写、打印、校对工作中给予的大力支持表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

谈治信 徐玉江

2015年7月

目录

CONTENTS

第1章 概论 1

1.1 真空装置	1
1.2 真空装置的特点	1
1.3 真空装置的分类	2
1.4 真空装置的组成	4
1.4.1 真空容器（真空室）	4
1.4.2 真空泵	5
1.4.3 抽气机组	5
1.4.4 真空测量	5
1.5 真空装置典型实例	6

第2章 真空装置容器 14

2.1 概述	14
2.2 真空室的门	15
2.3 真空室的冷却	16
2.4 真空室的观察窗	17
2.4.1 观察窗基本类型	18
2.4.2 观察窗设计要点	20
2.4.3 真空设备常用观察窗标准	21
2.5 真空室的电极引入	22
2.5.1 电极引入部件密封设计要求	22
2.5.2 电极的结构形式	23
2.5.3 部标陶瓷金属封接电极（SJ 1775—81）	29
2.5.4 国产陶瓷-金属封接电极	30
2.6 真空室强度计算	31
2.6.1 真空室强度计算一般知识	31
2.6.2 真空室壳体设计	34
2.6.3 圆筒体加强圈的设计	50

2.6.4	封头强度计算	55
2.6.5	开孔加强设计	63
2.6.6	法兰及管道设计	70

第3章 真空装置抽气系统

77

3.1	真空装置抽气系统基本参数	77
3.1.1	极限压力	77
3.1.2	工作压力	78
3.1.3	有效抽速	79
3.1.4	抽气时间	81
3.2	真空系统设计	86
3.2.1	选泵及配泵	86
3.2.2	真空系统设计计算实例	89
3.3	低真空抽气机组设计	94
3.3.1	低真空机组的特点	94
3.3.2	除尘器	94
3.3.3	低真空机组典型实例	96
3.4	高真空系统及抽气机组	98
3.4.1	高真空系统特点	98
3.4.2	储气罐预抽泵设计	99
3.4.3	高真空机组主要形式	100
3.5	超高真空系统及抽气机组	105
3.5.1	超高真空系统特点	105
3.5.2	超高真空系统设计要点	105
3.5.3	超高真空抽气机组	107
3.5.4	兰州物理研究所对超高真空系统的研究	112
3.6	极高真空系统	113
3.6.1	概述	113
3.6.2	极高真空系统设备研究	114
3.6.3	极高真空系统运转规范	116
3.6.4	试验结果与讨论	117

第4章 真空泵

119

4.1	概述	119
4.1.1	真空泵的分类	119

4.1.2	真空泵的技术术语、用途和使用范围	120
4.1.3	真空泵的型号及规格表示法	122
4.2	往复式真空泵	124
4.2.1	概述	124
4.2.2	工作原理	124
4.2.3	结构特点	125
4.2.4	主要性能参数	126
4.2.5	国家规定的往复泵型式与基本参数 (摘自 JB/T 7675—95)	131
4.2.6	往复泵的使用与维护	131
4.3	液环式真空泵	132
4.3.1	概述	132
4.3.2	工作原理	133
4.3.3	液环泵的基本类型与结构	134
4.3.4	液环泵的基本参数	135
4.3.5	液环泵型式与基本参数 (摘自 GB/T 7255—94)	137
4.3.6	液环泵使用与维护	137
4.4	油封式旋转机械真空泵	138
4.4.1	概述	138
4.4.2	工作原理	139
4.4.3	结构特点	141
4.4.4	性能参数	145
4.4.5	型号与基本参数 (摘自 JB/T 6533—97、JB/T 1246—97)	149
4.4.6	泵的运行和维护	150
4.5	罗茨式真空泵	153
4.5.1	概述	153
4.5.2	工作原理	154
4.5.3	结构特点	155
4.5.4	罗茨泵的主要性能参数	157
4.5.5	ZJ 型罗茨泵的基本参数 (摘自 ZB/T 7674—95)	160
4.5.6	罗茨泵的使用与维护	161
4.6	涡轮分子泵	162
4.6.1	概述	162
4.6.2	涡轮分子泵的工作原理	163
4.6.3	涡轮分子泵基本结构组成及特点	166
4.6.4	涡轮分子泵工作特性	167
4.6.5	涡轮分子泵基本参数 (摘自 JB/T 9125—1999)	168

4.6.6	涡轮分子泵的使用	169
4.7	油扩散喷射真空泵	170
4.7.1	概述	170
4.7.2	结构原理	171
4.7.3	油扩散喷射真空泵的抽气特性	172
4.7.4	油扩散喷射真空泵的设计计算	173
4.7.5	国产 Z 型系列及 WZ 系列油扩散喷射真空泵主要技术性能、特性曲线及 外形尺寸	178
4.7.6	油扩散喷射泵的运转	183
4.7.7	油扩散喷射泵的使用与维护	186
4.8	油扩散泵	187
4.8.1	概述	187
4.8.2	油扩散泵的工作原理	188
4.8.3	油扩散泵的结构形式和特点	189
4.8.4	油扩散泵的性能参数	193
4.8.5	用油扩散泵获得超高真空的方法	197
4.8.6	油扩散泵的使用与维护	198
4.9	低温泵	200
4.9.1	概述	200
4.9.2	低温泵的抽气原理和分类	200
4.9.3	低温泵的性能参数	202
4.9.4	现代低温泵的结构及设计	208
4.9.5	低温泵的选型方法	215
4.10	溅射离子泵	216
4.10.1	概述	216
4.10.2	溅射离子泵的基本结构和工作原理	217
4.10.3	溅射离子泵的改进	219
4.10.4	溅射离子泵的工作特性	221
4.10.5	溅射离子泵的使用维护	223
4.11	钛泵	224
4.11.1	概述	224
4.11.2	钛升华泵工作原理	225
4.11.3	钛升华器的结构	226
4.11.4	电离升华泵	228
4.11.5	钛泵的使用和维护	230

第 5 章 真空阀门

231

5.1	概述	231
5.2	真空阀门的设计与计算要点	236
5.2.1	对真空阀门的基本要求	236
5.2.2	真空阀门的设计步骤	237

5.2.3	真空阀门的密封	237
5.2.4	真空阀门压紧装置及设计计算	242
5.2.5	阀盖传动机构	244
5.3	真空装置常用的真空阀门	249
5.3.1	真空插板阀	249
5.3.2	高真空挡板阀	254
5.3.3	高真空蝶阀	261
5.3.4	电磁真空阀	270
5.3.5	真空隔膜阀	279
5.3.6	真空微调阀	286
5.3.7	真空放气阀	288
5.3.8	玻璃真空活塞	293
5.3.9	典型各类真空阀门结构形式	299

第 6 章 真空装置自动控制

308

6.1	概述	308
6.1.1	真空装置控制	308
6.1.2	真空自动控制系统的分类	308
6.1.3	自动控制系统的性能指标	309
6.1.4	自动控制系统的分析方法	310
6.2	自动控制元件及装置	311
6.2.1	真空继电器	311
6.2.2	真空计	312
6.3	真空装置自动控制系统	315
6.3.1	概述	315
6.3.2	继电器控制系统	315
6.3.3	压力控制仪控制系统	316
6.3.4	可编程控制器控制系统	318
6.3.5	计算机控制系统	321

第 7 章 真空装置中的常用制造工艺

325

7.1	真空装置的清洗处理	325
7.1.1	概述	325
7.1.2	真空装置元件的清洗方法	326
7.1.3	清洗的基本程序	333
7.1.4	非金属材料的清洗	334
7.2	真空装置材料的除气	335

7.2.1	材料除气的基本方法	335
7.2.2	玻璃及陶瓷材料的除气	339
7.2.3	金属材料的除气	341
7.2.4	电真空器件的除气	343
7.2.5	超高真空装置的烘烤除气	344
7.2.6	烘烤除气装置	346
7.3	真空装置常用的焊接技术	346
7.3.1	真空装置对焊接工艺的要求	346
7.3.2	真空焊接的分类	346
7.3.3	氩弧焊	347
7.3.4	电子束焊	353
7.3.5	真空钎焊	355
7.3.6	真空扩散焊接	362
7.4	真空装置金属——陶瓷封接技术	364
7.4.1	陶瓷-金属封接材料	364
7.4.2	陶瓷-金属封接形式	365
7.4.3	陶瓷金属化封接	365
7.4.4	真空直接钎焊封接	366
7.4.5	金属-陶瓷钎焊应用实例	368
参考文献		369

第 1 章

概 论

1.1 真空装置

真空装置一般是指在真空条件下完成生产制造或工艺处理的真空设备。真空装置除真空系统外，还需要配置各种不同的元器件，以满足完成生产工艺所必需的要求。例如，最常见的真空蒸发镀膜装置，它在真空容器内必须配置蒸发源（或称蒸发舟）、膜材、基片、基片架、基片加热电源等；它是在 10^{-2} Pa 的真空环境中，将膜材通过蒸发源加热使其蒸发。由于此状态空间气体分子的平均自由程大于真空容器的线型尺寸，蒸气的原子或分子碰撞，故可直撞到达被镀的基片表面上，凝结后形成薄膜。这种镀膜的应用已遍及国民经济的各个领域，仅就在轻工、日用品、玩具等方面，有真空蒸镀铝、制作镜子、包装纸、装饰陶瓷瓷品、玩具、人造宝石、纽扣、雕塑品等，以改善人们的生活需求；又例如，航天科技应用的各种空间环境模拟设备，以 KM6 载人航天器空间环境模拟设备为例，由于该设备是供载人飞船、空间站、大型应用卫星作热平衡、热真空试验所用，因此，它除了真空容器和真空抽气机组外，还包括热沉、液氮系统、气氮系统、氦系统、红外热流模拟系统、载人试验系统、总控系统等。

1.2 真空装置的特点

由于各种真空装置都是在真空条件下工作的，因此，如何使真空装置能满足在真空环境下的工艺试验、生产要求，就需要了解真空装置的真空特性。

① 真空装置要保证其真空容器内的真空度，必须要配备真空泵（或真空抽气机组）对真空装置中的真空容器抽气，以满足该装置的真空度要求。

② 真空装置的工作压力是真空装置进行工艺生产的关键性指标。所选配的真空抽气机组必须满足该装置在进行工艺生产时，所需要的工作压力。该装置在工艺过程中，真空容器的气体负荷是主要的。真空室的工作压力一般高于其极限压力。工作压力选择得愈接近极限压力，真空抽气设备的经济效率愈低。从经济方面考虑，最好在主泵的最大抽速或最大排气量附近选择工作压力。一般工作压力多半选择在高于极限压力半个到一个数量级为宜。

③ 要保证真空装置的气密性，使其真空容器的压力保持稳定。在设计真空装置时，要对该装置的静态漏率或升压率提出技术要求。

④ 真空装置的结构材料（包括真空室的配件）必须满足真空设备所需材料温度、刚度

等机械性能要求。对于大型圆形容器的壁厚按外压容器的计算公式进行计算,或按现行的国家有关标准选定。对于大型的矩形或长方形容器,要配置足够数量的经过核算后的横竖加强肋,以确保在真空条件下,容器不变形。

⑤ 设计真空装置时,要考虑真空室(容器)对各种气体的适应性,尤其是高真空状态下,要注意水蒸气、各种腐蚀性气体对真空室内壁的腐蚀性问题。一般选择不锈钢材料或复合材料。

⑥ 要配置适合于该真空装置测量真空度要求的真空计。真空计的种类很多,它们的工作原理、结构特点、测量范围都有所不同。要根据真空装置的特点配置一台或多台真空计,以满足真空室或真空抽气机组测量其该位置真空度的要求。高真空或超高真空装置在工业生产流程上最好配置金属型电阻规、冷规。

⑦ 真空装置要求操作、维修方便。要能实现机电一体化,有装置的控制流程图,对该设备的整个流程能随时监控。

此外,对加热、冷却、电极引入、外部的机械引入部件、内部的传动部件等,在操作时必须要保证其精度、强度、耐热度、稳定性。

⑧ 对真空装置中生产的制品、试件在生产工艺传送的过程中,必须运转平稳,不得有停滞现象发生。

⑨ 在操作过程中,由于压力的上升而引起气体的变化,必须能够调整。

⑩ 对真空装置外涉及的温度、电流、电压要测量正确,安装位置要便于观察。

⑪ 对真空装置的整体操作、设计要合理,自动化程度要高。发现故障能及时排除。整体操作可以手动、自控等形式进行。

⑫ 真空装置所涉及的各系统零部件要按有关标准进行设计。提高产品的标准化、通用化、系列化水平,最大程度地降低制造成本,提高装置的生产效率。

1.3 真空装置的分类

真空装置的种类非常多,其范围从研究实验室到工业部门应用,涉及到物理、化学、生物学、农业、医学、电气、金属等很多科学领域。相应之下真空装置包含在国民经济中诸如电子、半导体、集成电路、冶金、食品、医药、运输、热处理、焊接、铸造、镀膜、检测、离子束、激光、微机电、可控热核反应及航空航天等方面。

表 1-1 给出了真空装置的分类。

表 1-1 真空装置的分类

序号	名 称	应 用 范 围	涉 及 学 科	真空度/Pa
1	真空输送装置	粒状、纤维状物料。如谷物、煤粉、烟草、水泥、粉状食品、水泥浆、矿物料、鱼等	化学、流体、力学	$4 \times 10^4 \sim 9 \times 10^4$
2	真空过滤装置	食糖、烧碱、葡萄糖、药品	化工、轻工	$4.9 \times 10^4 \sim 6.7 \times 10^4$
3	真空吸盘装置	玻璃、纸板、混凝土预制件、机床夹具、吸尘器、挤奶器、医用电吸引器等	物理学	$3 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$
4	真空蒸馏装置	医药行业:维生素 A、维生素 E、苯乙烯等冶金工业:去掉钛、铅、铅中杂质镁和二氧化碳、提纯锂等	化学、医学、金属学	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^4$
5	真空浓缩装置	化工、医药、食品工业广泛应用:如:合成氟、合成尿素、制盐、制糖;合成洗涤剂、制酸、制碱、乳制品、果汁、果酱等	化学、医学	$1.3 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^4$

续表

序号	名 称	应 用 范 围	涉 及 学 科	真空度/Pa
6	真空结晶装置	化工:氧化钾、氯化钾、合成尿素、合成氨制备	化工	$1.3 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^4$
7	真空浸渍装置	电容器、电缆、变电器、发电机;木材、家具、纸、种子、粮食、食用包装材料、纺织品、渔网、皮革、水泥制品、铁道枕木、电线杆等	电工学、化学、食品、物理学	$6.6 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^4$
8	真空气相干燥(VPD)装置	干燥大型变压器及其他电器设备	化工、电工、物理	$1.3 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^4$
9	真空冷冻升华干燥装置	主要用于生物制品和医药行业;如:保存菌种、病毒、血清、生物细胞、人体组织、骨骼等 食品行业:冷干食品、水果、蔬菜、肉类、蛋类	化工、物理、药理学、生物学	$10^{-1} \sim 1$
10	真空冶金装置	1. 真空熔炼、真空感应炉,适合于不锈钢、电工钢和变电器钢熔炼;真空电子束熔炼有色金属,如活泼金属、易氧化和高温难熔金属及合金;如钛、锆、钎、铀、钼、铍、钨等 2. 真空烧结:主要用于钨、钼、钛等金属烧结	物理学、金属学	$10^{-2} \sim 1.3$ $1.3 \times 10^2 \sim 133$ (有时 $10^{-3} \sim 10^{-6}$)
11	真空热处理装置	真空退火(钢、钛、锆、钼、钨、不锈钢等)、真空淬火、真空渗碳、真空渗铬、真空脱气、真空离子、氮化处理、真空喷丸、真空铸造、真空压铸等	冶金学、金属工艺学	真空退火:不锈钢 硬化 $10^{-3} \sim 10^{-2}$ (899~1204℃) 真空回火:39 真空渗碳:133
12	真空镀膜装置	1. 半导体、微电子学、光学器件、超导材料等领域。例如:光学器件的反射膜、增透膜、半透膜、有色镜、滤光片、多层介质膜等 2. 电子元件中的硒、锗整流元件、光电池、电阻、电容、印刷线路、微型电子器件、薄膜电路、大规模集成电路等 3. 机械行业:镀层刀具、工模具、精密轴承、量刃具 4. 航天设备固体润滑膜 5. 轻工、日用品、玩具 6. 建筑、低辐射玻璃、居室装修、汽车、制镜	物理学、电子学、金属学、薄膜学、光学	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
13	电真空器件装置	白炽灯泡、收讯电子管、电子束管、高压电子管、大功率宽频带、长寿命、高可靠电子管	电子学、物理学、金属材料	$10^{-4} \sim 10^{-2}$ (白炽灯) $10^{-4} \sim 10^{-3}$ (通信电子管) $10^{-5} \sim 10^{-4}$ (电子束管) $10^{-6} \sim 10^{-5}$ (高压电子管)
14	微电子、光电子真空装置	用于电子计算机方面,半导体、集成电路、集成光路,如大规模和超大规模集成电路制造工艺;热退火和生长技术、离子注入、离子抛光、电子束蒸发、溅射、等离子气相沉积、激光气相沉积;又如砷化镓超高速集成和激光工艺,都需要离子束刻蚀、高频溅射、电子束蒸发、分子束外延等真空技术和工艺	电子学、电工学、薄膜学、物理学、金属材料	$10^{-6} \sim 10^{-2}$
15	真空钎焊真空装置	广泛用于宇航、原子能、电子、化工、石油、医疗器件、工具制造、汽车制造	金属学、物理学	铝及铝合金 ($10^{-3} \sim 10^{-2}$) 铜及铜合金 ($5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-1}$) 钛及钛合金 ($5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2}$) 不锈钢 ($8 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2}$)

续表

序号	名 称	应 用 范 围	涉 及 学 科	真空度/Pa
16	真空电子束焊装置	原子能工业、航空与航天工业中贵金属和特种金属焊接,如:钛合金、锆合金、铍等,以及钨、钼、钽、铌等难熔金属及氧化铝、氧化铍、陶瓷材料	物理学、金属学、金属工艺学、焊接原理、真空科学技术	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
17	真空扩散焊装置	航空、航天、原子能工业中贵金属和特种金属焊接	物理学、金属学、真空科学	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
18	空间环境模拟装置(设备)包括:(1)大中型空间环境热真空模拟试验设备; (2)空间运动部件地磁和辐射环境模拟场设备; (3)空间材料及元件试验设备; (4)空间环境专用设备,如:离子火箭、真空性能试验宇航员试验舱、红外辐射等	航天器:包括火箭、人造地球卫星、空间站、宇宙飞船、载人航天飞机等 用作航天器热真空和热平衡试验,开展运动部件冷焊和摩擦、空间带电、辐射和地磁、亚暴环境试验;用于航天器表面材料和元件试验,用于航天员	物理学、金属材料学、真空科学技术、生物学、有机材料、电子学、电工学、化学等	$10^{-8} \sim 10^{-2}$
19	粒子加速器装置	利用加速器产生各种能力的电子、原子、质子、氘核、 α 粒导及其他重离子;用于核物理研究以及医疗、工业、农业、食品等生产部门	物理学、原子能学、真空科学技术等	$10^{-4} \sim 10^{-3}$ (静电加速器) $10^{-6} \sim 10^{-3}$ (直线加速器) $10^{-6} \sim 10^{-4}$ (各种回旋加速器)
20	受控核聚变装置	利用反应来实现轻原子核的聚变,释放出取之不尽的能量,用于核物理研究、工业、农业等生产部门,如核电站,造富人类	物理学、原子能学、真空科学技术等	$10^{-9} \sim 10^{-7}$
21	超精细加工新工艺装置	离子束、电子束、激光束等三束技术。随着固体器件向亚微米级线宽方向发展,而建立的超精细加工新工艺装置,如离子束刻蚀、减薄、镀膜等广泛用于超大规模集成电路,动压整体轴承、声表面波器件集成光学、电荷耦合器件等	物理学、金属材料学、真空科学技术等	$10^{-4} \sim 10^{-2}$

1.4 真空装置的组成

诸多的真空装置就组成而言,基本上包括真空容器(真空室)、真空抽气机组、真空测量及装置的控制系统等。其目的就是保证真空装置在真空条件下完成各种生产工艺过程。

1.4.1 真空容器(真空室)

真空容器是各类真空装置的重要部件之一。它的形式、种类要根据不同真空装置的要求来确定,绝大多数的真空装置、真空容器为圆筒形;其次是方形(正方形、长方形),还有球形结构等。

尽管不同的真空容器,其制造工艺不同,但构成真空容器的部件都是相同的,即由筒体、封头、门、法兰、观察窗及连接真空抽气机组的管道等组成。筒体的壁厚应按内压力容器