

真空 设计手册

ZHENKONG SHEJI
SHOUCE

兰州物理研究所 赵道安 主编

国防工业出版社

71.7073
713

真空设计手册

(修订版)

主 编 达道安

副主编 李旺奎

编著(以章节先后为序)

肖祥正 刘玉魁 谈治信 崔遂先 李旺奎 胡炳森

范垂祯 薛大同 张景钦 许启晋 曹慎诚

责任编辑 王礼国 宋桂珍



国防工业出版社

9210062

(京)新登字106号

内 容 简 介

本手册是兰州物理研究所在《真空设计手册》第一版(1979年上册, 1981年下册)基础上, 经修改并增添大量新内容的修订版本。手册内容丰富, 囊括了真空技术领域的各个方面: 真空物理、真空工业产品、真空系统设计、真空获得、真空测量、真空材料、真空元件、真空检漏、真空工艺、真空应用以及工程设计实例。全书共十五章, 并设有附录及主要真空厂所简介。

附录中提供了大量数据及标准, 进一步丰富了手册的内容。

手册文字洗练, 内容充实全面, 编入了大量数据、图表及资料。可供从事真空工程设计及研究人员使用, 也可作为大专院校有关专业师生参考。

1036/01

真 空 设 计 手 册

(修订版)

兰州物理研究所

达道安 主编

责任编辑 王礼国 宋桂珍

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张80¹/₄ 插页 2 1873千字

1991年11月第一版 1991年11月北京第一次印刷 印数: 0001—4 000册

ISBN 7-118-00837-0/TB·35 定价: 67.30元

科技新书目 255-031

前 言

《真空设计手册》(修订版)是在原《真空设计手册》的基础上修订的。该书是供从事真空科学技术与工程的广大科技人员使用的一本实用工具书,亦可作为大专院校师生的教学参考书。

原《真空设计手册》上册是1979年5月出版的,下册于1981年6月出版。该书是我国首次出版的真空科学技术与工程方面的工具书。它概括了我国70年代真空科学技术的发展水平及国际真空技术发展趋势,为广大从事真空工程的科技人员和大专院校有关专业师生提供了必要的设计计算、工程数据及其它有关资料。因而深受国内广大读者的欢迎,为推动我国真空科学技术的发展起到一定的作用。随着真空科学技术日新月异的发展,真空技术资料不断丰富,法定计量单位的推行,一些标准和数据的更新,我们觉得有必要对原手册进行修订,以满足广大读者的需要。

修订的《真空设计手册》反映了80年代真空科学技术的发展水平,并在保留原书主要章节的基础上,对部分章节进行了较大的修改和补充。主要有:

1. 删掉了原手册中陈旧的内容,改正了文字、图表、公式、数据、符号等方面的错误,使手册提供的数据更加可靠和实用。
2. 修订了原手册中过时的标准,全面采用了近年来国家公布的新标准。
3. 原书中的计量单位这次均按国家规定的法定计量单位进行了修订。
4. 在保留原手册十五章的基础上,增加了新的内容。

修订版《真空设计手册》的读者对象主要是从事真空工程的设计人员,因而删去了有关定型真空泵(如机械泵、油扩散泵)的理论计算,充实了有关各类真空系统的设计数据、公式、图表。

原手册的主编是中国科学院学部委员、中国真空学会原理事长、著名真空专家

金建中 教授。

《真空设计手册》修订版由航空航天部兰州物理所所长达道安任主编,副所长李旺奎任副主编。编写组成员(按章节顺序)有:肖祥正(第一章和附录),刘玉魁(第二、八、十章),谈治信(第三、四章),崔遂先(第五、六、七章),李旺奎(第十一章),胡炳森(第十二章),范垂桢(第十三章),薛大同、张景钦(第十四章),许启晋、曹慎诚(第十五章)等12人组成。全书技术编辑:崔遂先、谈治信。谈治信同志负责全书协调组织工作。

由于时间紧迫,水平有限,修订后的真空设计手册中难免有许多不足之处,恳望读者批评指正。

兰州物理研究所 达道安

目 录

第一章 真空基础	1
一、真空概念和测量单位	1
(一) 真空概念	1
(二) 真空测量单位	1
二、真空区域划分	2
三、真空技术名词术语	2
(一) 一般术语	2
(二) 真空泵及其有关术语	6
(三) 真空系统及有关术语	11
(四) 真空计及有关术语	11
(五) 检漏及有关术语	16
四、真空技术图形符号	18
(一) 真空泵	18
(二) 真空阀门	19
(三) 挡板	20
(四) 阱	20
(五) 除尘、过滤器	21
(六) 真空管路及其连接	21
(七) 压力测量仪表	22
(八) 真空容器	22
(九) 符号应用示例	23
五、理想气体的状态方程及基本定律	23
六、理想气体的压力、质量和密度	24
(一) 理想气体的压力	24
(二) 理想气体的质量	25
(三) 理想气体的密度	26
七、气体分子热运动速度	26
(一) 麦克斯韦速度分布定律	26
(二) 最可几速度 v_m	27
(三) 算术平均速度 $\bar{v}$	27
(四) 均方根速度 v_r	27
(五) 气体中的音速	28
八、气体分子碰撞次数	30
(一) 气体分子间的碰撞	30
(二) 气体分子与容器壁碰撞	30
九、气体分子的平均自由程	34
(一) 单一气体分子的平均自由程	35

(二) 两种气体混合时的平均自由程	35
(三) 多种气体混合时的平均自由程	36
(四) 在气体中运动的电子的平均自由程	36
(五) 在气体中运动的离子的平均自由程	37
(六) 平均自由程与温度的关系	37
(七) 分子自由程的分布规律	37
十、常压下气体的迁移过程	38
(一) 迁移方程	38
(二) 气体的内摩擦(粘滞性)	38
(三) 气体的热传导	39
(四) 气体的扩散	40
十一、低压下气体的迁移过程	49
(一) 滑动现象	49
(二) 低压下气体的粘滞性	51
(三) 温度剧增现象	52
(四) 低压下气体的热传导	53
十二、吸附	54
(一) 固体与气体的相互作用	54
(二) 吸附基本概念	55
(三) 吸附的平衡状态——吸附等温线	56
(四) 吸附的非平衡状态——吸附和解吸速率	61
十三、低压下的气体放电现象	65
(一) 气体的电离	65
(二) 气体放电	67
(三) 辉光放电	70
(四) 弧光放电	71
(五) 火花放电	73
(六) 电晕放电	73
(七) 高频放电	74
(八) 潘宁放电	74
十四、表面分析	75
(一) 表面分析装置的种类与特点	75
(二) 元素的俄歇电子能量、相对灵敏度及化学效应	80
(三) 光电子的能量、相对产额及化学效应	82
(四) 反射式高能电子衍射(RHEED)图像的识别	91
(五) 二次离子质量分析	93
第二章 管道流导计算	97
一、气体流量、流阻、流导的基本公式	97
二、流量单位	98
三、应用列线图 and 曲线计算管道串联时的流导和泵的有效抽速	98
四、气体沿管道的流动状态	99

(一) 湍流	99
(二) 粘滞流	99
(三) 分子流	100
(四) 粘滞-分子流	100
(五) 湍流与粘滞流的判别	100
(六) 粘滞流、粘滞-分子流和分子流的判别	101
五、粘滞流时孔的流导	101
六、分子流时孔的流导	102
(一) 圆孔	102
(二) 矩形薄壁窄缝	103
(三) 管道中隔板上的小孔	104
(四) 缩孔	104
七、粘滞流时管道的流导	105
(一) 圆截面长管道	105
(二) 矩形及正方形截面管道	107
(三) 环形截面管道	108
(四) 偏心圆环	108
(五) 椭圆形截面管道	109
(六) 径向辐射流结构流导	109
(七) 短管	110
(八) 各种气体的流导关系	110
八、分子流时管道的流导	111
(一) 圆截面长管	111
(二) 圆截面短管	113
(三) 环形截面管道	114
(四) 椭圆形截面管道	115
(五) 锥形管道	115
(六) 扁缝形管道	116
(七) 矩形管道	117
(八) 等边三角形截面管道	117
(九) 变截面及匀截面管道	118
(十) 弯管	118
(十一) 径向辐射流结构的流导	119
(十二) 各种气体的流导关系	119
九、分子流、粘滞流时对 20°C 空气, 孔和管道的流导汇总表	120
十、粘滞-分子流时管道的流导	122
(一) 圆截面管道	122
(二) 矩形截面管道	124
十一、以克劳辛系数计算管道流导	124
十二、挡板的流导	128
十三、用传输几率计算流导	128
十四、分子流下复杂管路的流导和传输几率	132

(一) 两个截面相同的管道串联	132
(二) 两截面相同的管道中间连接一个大容器	132
(三) 管道与小孔组合后的传输几率	133
(四) 两管道中间有小孔后管路传输几率	133
(五) 两个截面不同的管道串联后的传输几率	133
第三章 机械真空泵	134
一、往复式真空泵	134
(一) 概述	134
(二) 结构原理	134
(三) 型式与基本参数	134
(四) 国产往复真空泵的技术性能、外形及安装尺寸	135
(五) WL 系列立式节能往复真空泵	141
二、液环式真空泵	143
(一) 概述	143
(二) 工作原理	143
(三) 国产水环式真空泵的技术性能、特性曲线、外形及安装尺寸	144
三、水环—大气真空泵	163
(一) 概述	163
(二) 工作原理	163
(三) 国产液环—大气真空泵的技术性能、特性曲线、外形及安装尺寸	163
四、油封式旋转机械真空泵	169
(一) 概述	169
(二) 工作原理	169
(三) 国产油封式旋转机械真空泵系列型式和基本参数	172
(四) 国产 2X 型旋片式真空泵的技术性能、性能曲线、外形及安装尺寸	174
(五) 国产直联旋片式真空泵的技术性能、特性曲线、外形及安装尺寸	191
(六) 国产 2H 型滑阀式真空泵技术性能、特性曲线、外形及安装尺寸	196
五、罗茨真空泵	202
(一) 概述	202
(二) 工作原理	203
(三) ZJ 型罗茨真空泵的型式和基本参数	203
(四) 国产 ZJ 型罗茨真空泵的特性曲线、外形及安装尺寸	205
(五) 国产 ZJ 型罗茨泵的技术性能	206
六、涡轮分子泵	217
(一) 概述	217
(二) 涡轮分子泵结构原理	219
(三) 涡轮分子泵型式及基本参数	219
(四) 国产 F 型立式涡轮分子泵技术性能、外形及安装尺寸	220
七、其他型式机械真空泵	226
(一) 无油机械真空泵	226
(二) 隔膜式真空泵	230
(三) 余摆线机械真空泵	231

VIII

(四) 双叶螺杆真空泵	234
八、机械真空泵的性能试验方法	235
(一) 旋片式、滑阀式真空泵性能测试方法	235
(二) 罗茨真空泵性能测试方法	241
(三) 涡轮分子泵性能测试方法	245
第四章 蒸汽流真空泵	250
概述	250
一、水蒸汽喷射真空泵	250
(一) 应用范围	250
(二) 结构简述	250
(三) 工作原理	252
(四) 水蒸汽喷射泵的几个重要参数	253
(五) 型式及基本参数	254
(六) 国产水蒸汽喷射真空泵技术性能	256
二、油增压泵(扩散喷射泵)	259
(一) 概述	259
(二) 结构原理	259
(三) Z 型系列油增压泵主要技术性能指标、特性曲线及外形尺寸	260
三、油扩散泵	263
(一) 概述	263
(二) 结构原理	263
(三) 影响油扩散泵性能的因素	263
(四) 提高油扩散泵极限真空的方法	264
(五) 用油扩散泵获得超高真空的方法	265
(六) 真空油扩散泵、扩散喷射泵型式与基本参数	266
(七) 国产 K、KT 系列高真空油扩散泵主要技术性能、特性曲线及外形连接尺寸	269
(八) 蒸汽流真空泵性能测试方法	280
第五章 气体捕集真空泵	286
一、钛泵	286
(一) 概述	286
(二) 升华钛泵和蒸发钛泵	287
(三) 弹道式钛泵	304
(四) 溅射离子泵	306
二、低温泵	316
(一) 概述	316
(二) 低温泵的分类	316
(三) 低温泵的抽速	317
(四) 低温泵的热负荷	322
(五) 低温泵的起动时间	324
(六) 低温泵的工作时间	324
(七) 深冷霜吸气现象	325
(八) 小型制冷机低温泵	327

三、分子筛吸附泵	334
(一) 概述	334
(二) 分子筛吸附泵的结构	337
(三) 分子筛吸附泵的计算	338
(四) 影响分子筛吸附泵性能的因素	340
(五) 分子筛在温度20 K 以下工作时的吸附性能	342
(六) 分子筛用作干燥剂的性能	343
(七) 国产分子筛吸附泵主要技术参数	344
四、锆铝吸气泵	344
(一) 概述	344
(二) 锆铝吸气剂泵结构及抽气原理	345
(三) 锆铝吸气带的工作特性	347
(四) 锆铝吸气泵性能参数的选择	349
第六章 真空密封	352
一、概述	352
二、静密封	352
(一) 橡胶密封	352
(二) 氟塑料	397
(三) 金属密封	397
三、动密封	412
(一) 动密封型式	412
(二) 真空动密封型式及尺寸	414
(三) 金属波纹管密封	428
(四) 液态金属密封	437
(五) 磁力传动	438
(六) 磁流体密封	438
第七章 真空元件	443
一、真空阀门	443
(一) 概述	443
(二) 真空阀门的一般结构原理	443
(三) 真空阀门的型号、编制、型式及基本参数	445
(四) 国产真空阀门型式、性能参数	454
(五) 各类金属阀门的结构图	498
(六) 玻璃活塞	509
二、挡油帽、挡板和冷阱	515
(一) 挡油帽	515
(二) 挡板	515
(三) 阱	521
三、低温容器	532
(一) 概述	532
(二) 低温容器的热流量计算	532
(三) 液氮生物容器	537

(四) 自增压式液氮容器	539
(五) 国产低温容器的技术性能	540
四、观察窗、电极引入	542
(一) 观察窗	542
(二) 电极引入	546
第八章 真空室设计	553
一、真空室	553
(一) 概述	553
(二) 真空室的门	554
(三) 真空室的水冷与加热	554
二、真空室设计的一般知识	555
(一) 薄壳	555
(二) 设计压力	556
(三) 壁厚的附加量	556
(四) 容器的最小壁厚	556
(五) 许用应力	556
(六) 焊缝系数	557
(七) 开孔削弱系数	557
(八) 压力试验	558
三、真空室壳体设计	558
(一) 圆筒形壳体	558
(二) 球形壳体	573
(三) 锥形壳体	573
(四) 盒形壳体	574
(五) 椭圆球形壳体	579
(六) 环形壳体	580
四、圆筒体加强圈的设计	582
(一) 概述	582
(二) 图表法计算加强圈	582
五、封头设计	583
(一) 外压球形封头	583
(二) 外压凸形封头	583
(三) 锥形封头	585
(四) 平盖	585
(五) 同圆筒体连结的加强球盖	589
(六) 井字加强圆形球盖	592
(七) 封头标准	593
六、开孔加强设计	601
(一) 概述	601
(二) 封头开孔补强	602
(三) 外压容器的开孔补强	603
(四) 内压圆筒体开孔补强	603

(五) 开孔补强计算	603
(六) 并联开孔的补强	605
(七) 加强方法	605
七、法兰及管道设计	606
(一) 螺栓计算	606
(二) 内压法兰计算	608
(三) 外压法兰计算	612
(四) 管道壁厚计算	612
第九章 真空系统设计	614
一、真空系统设计中的主要参数	614
(一) 真空室的极限真空	614
(二) 真空室的工作压力	615
(三) 真空室抽气口附近的有效抽速	616
二、抽气时间计算	618
(一) 粗真空、低真空下抽气时间计算	618
(二) 高真空下抽气时间计算	622
(三) 真空室压力下降至初始压力的 $1/2$ 、 $1/10$ 和 $1/e$ 时的抽气时间	623
三、出气对真空系统的影响	623
(一) 局部出气时对稳定过程或瞬变过程计算的影响	623
(二) 均匀出气条件下, 细长真空室内压力分布	624
四、选泵与配泵	624
(一) 选泵	624
(二) 配泵	625
五、计算实例	626
(一) 确定真空室中保持 $1.3 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 的工作压力所需要的真空系统的有效抽速 S	627
(二) 根据要求的工作压力及使用要求, 选油扩散泵作为主泵	627
(三) 计算扩散泵与真空室排气口间管路的流导, 验证选 K-600 型扩散泵是否合适	627
(四) 计算前级真空管路	628
(五) 计算抽气时间	629
六、超高真空系统设计	629
(一) 超高真空与高真空系统设计	629
(二) 材料选择	630
(三) 表面化学清洗及烘烤	630
(四) 抽气技术	631
(五) 超高真空装置实例	632
七、真空机组	636
(一) 低真空抽气机组	636
(二) 高真空抽气机组	639
(三) 超高真空抽气机组	640
八、国产真空机组	640
(一) 水环—大气真空泵机组	640
(二) 罗茨真空泵机组	642

(三) 扩散泵真空机组	648
(四) 涡轮分子泵真空机组	658
(五) 溅射离子泵真空机组	659
第十章 真空装置	660
一、用分子沉技术获得10^{-11}Pa 极高真空	660
(一) 极高真空装置真空系统的结构及特点	660
(二) 压力的测量	661
(三) 系统运转程序	661
(四) 实验结果	661
二、空间环境模拟设备	662
(一) 概述	662
(二) 大型热真空模拟设备	663
(三) 亚暴环境模拟设备	667
(四) X 射线望远镜空间环境模拟检测装置	671
(五) 空间辐射制冷器用小型环境模拟设备	673
(六) 空间辐射环境模拟设备	673
(七) 涂层材料综合环境模拟设备	675
(八) 冷焊模拟设备	676
(九) 轴承真空试验设备	677
(十) 宇航员训练试验设备	678
(十一) 固体火箭发动机点火模拟设备	679
(十二) 激光点火模拟设备	680
(十三) 火箭发动机高空试车台	681
三、加速器真空系统	683
(一) 概述	683
(二) 高压加速器真空系统	683
(三) 6 MeV 串列加速器真空系统	683
(四) 高能同步加速器	686
(五) 回旋加速器真空系统	690
四、真空镀膜	691
(一) 概述	691
(二) 真空蒸发镀膜	692
(三) 磁控溅射镀膜	698
(四) KYLD-620型空心热阴极离子镀膜 (HCD) 设备	702
(五) 电弧离子镀膜	704
(六) 等离子体增强化学气相沉积 (PECVD)	706
五、真空冶金炉	710
(一) 真空电阻炉	710
(二) 真空电子束炉	719
(三) 真空电弧炉	723
(四) 真空感应炉	729
六、钢液真空脱气处理	736

(一) 概述	736
(二) 钢液真空脱气及排除夹杂原理	736
(三) 钢液真空处理方法	738
(四) 钢液处理设备设计	741
七、真空热处理炉	747
(一) 概述	747
(二) 真空退火	748
(三) 真空淬火	751
(四) 《伊普森》真空热处理炉	753
(五) HBV-200型高压真空气淬炉	755
(六) 真空渗碳炉	757
八、辉光离子氮化	757
(一) 概述	757
(二) 工作原理	758
(三) 辉光离子氮化炉	759
(四) D30型辉光离子氮化炉	760
九、真空钎焊	762
(一) 概述	762
(二) 真空钎焊原理	762
(三) 真空钎焊设备	765
(四) 真空铝钎焊设备	769
十、真空电子束焊	770
(一) 概述	770
(二) 电子束焊原理	771
(三) 电子束焊设备	77 ²
(四) 低真空电子束焊机的真空系统	775
十一、真空冷冻升华干燥	776
(一) 概述	776
(二) 冷冻升华干燥原理	776
(三) 食品冷干设备	778
(四) 真空冷冻升华干燥工艺	779
十二、真空气相干燥	781
(一) 概述	781
(二) 真空气相干燥原理	781
(三) VPD 设备原理及组成	782
(四) 主要工艺	783
(五) 热利用及煤油净化系统	783
十三、真空浸渍	785
(一) 基本要素	785
(二) 浸渍主要工序	785
(三) 浸渍工作压力与真空系统	786
(四) 浸渍装置	788

十四、真空蒸馏	791
(一) 概述	791
(二) 真空蒸馏装置	791
(三) 分子蒸馏装置	794
十五、真空包装	798
(一) 概述	798
(二) 真空保鲜机理	798
(三) 真空包装机	799
(四) 真空包装材料	801
十六、真空输送	802
(一) 真空吊车	802
(二) 物料的真空吸送	803
(三) 混凝土真空吸水软吸盘	806
十七、真空过滤	809
(一) 概述	809
(二) 真空过滤机	810
十八、受控核聚变装置	814
(一) 概述	814
(二) 受控装置真空环境特点	814
(三) 真空室	815
(四) 托卡马克装置	816
十九、真空在核电工程中的应用	817
(一) 概述	817
(二) 真空在核电燃料生产中的应用	818
(三) 真空在核电设备制造中的应用	818
(四) 真空在核电站运行中的应用	820
二十、分子束外延设备	822
(一) 概述	822
(二) 独立束源快速换片型分子束外延设备	822
(三) 对真空的要求	823
(四) 清洁的超高真空抽气系统	823
(五) 几个重要部件的真空问题	824
第十一章 真空度测量与真空规校准	825
一、概述	825
二、真空规	825
(一) 液体真空规	825
(二) 弹性变形真空规	831
(三) 热传导真空规	834
(四) 辐射计型真空规	839
(五) 粘滞性真空规	841
(六) 电离真空规	845
(七) 极高真空测量	854

三、真空规校准	868
(一) 概述	868
(二) 绝对真空规比对校准系统	869
(三) 膨胀式校准系统	870
(四) 动态流量法校准系统	872
(五) 趋势	875
四、真空测量技术	876
(一) 概述	876
(二) 气体种类与真空规	877
(三) 作为“气沉”和“气源”的测量系统	878
(四) 非均匀环境下的真空测量	881
(五) 特殊条件下的真空测量	882
(六) 测量值的评价和误差	883
(七) 选择、安装、规程	888
(八) 附录	891
第十二章 真空系统的气体分析与分压力测量	895
一、概述	895
(一) 真空分析质谱计的主要应用范围	895
(二) 对真空分析质谱计的一般要求	896
(三) 能作真空分析的质谱计	896
二、真空质谱计的离子源	897
(一) 传统电子碰撞式离子源	898
(二) 传统碰撞源的改进形式	899
(三) 磁控管型冷阴极离子源	900
(四) 无磁场放电型离子源	901
(五) 电子振荡型离子源	902
(六) 脉冲电子碰撞源	903
(七) 离子贮存式电子碰撞源	904
三、不同质量分离原理的质谱计	905
(一) 回旋质谱计	905
(二) 离子回旋共振质谱计	907
(三) 磁偏转质谱计	908
(四) 摆线质谱计	911
(五) 飞行时间质谱计	913
(六) 射频质谱计	915
(七) 线振质谱计(静电质谱计)	917
(八) 四极滤质器(四极质谱计)	919
(九) 单极质谱计	926
(十) 三维四极离子阱	928
四、真空质谱计的离子检测器	929
(一) 电测法离子检测器的分类	929
(二) 法拉第筒	930

(三) 电子倍增器	930
五、常用术语和真空质谱计的主要性能指标	935
(一) 常用术语	935
(二) 真空质谱计的主要性能指标	938
六、附表	941
第十三章 真空检漏技术和仪器	960
一、概述	960
(一) 真空系统中漏气、虚漏与抽气之间的平衡	960
(二) 最大允许漏率	960
(三) 真空检漏的目的	961
二、漏孔、漏率及标准漏孔	961
(一) 漏孔	961
(二) 漏率及漏率单位	964
(三) 标准漏孔及其校准	964
三、检漏方法和仪器	970
(一) 检漏方法的分类	970
(二) 气泡检漏法	972
(三) 放电管法与高频火花检漏器	974
(四) 真空规检漏法	975
(五) 氢-钯法	981
(六) 静态升压法	982
(七) 离子泵检漏器	982
(八) 卤素检漏仪	984
(九) 氨气检漏法	986
(十) 氦质谱检漏仪	990
(十一) 其它检漏法	990
四、氦质谱检漏仪	991
(一) 质谱仪器与检漏技术	991
(二) 氦质谱检漏仪的基本原理与组成	991
(三) 氦质谱检漏仪的主要参数	992
(四) 高灵敏度氦质谱检漏仪	996
(五) 返流氦质谱检漏仪	997
(六) 国产氦质谱检漏仪	998
五、如何选择检漏仪器、检漏方法和示漏物质	1003
(一) 选择检漏仪器和方法应注意的几个问题	1003
(二) 示漏物质的选择及使用中应注意的事项	1006
(三) 选择检漏方法和示漏物质时还要考虑的安全因素	1007
六、氦质谱检漏技术	1008
(一) 检漏的物理过程及有关公式	1008
(二) 辅助真空系统	1013
(三) 氦罩法检漏	1014
(四) 压力检漏法	1016