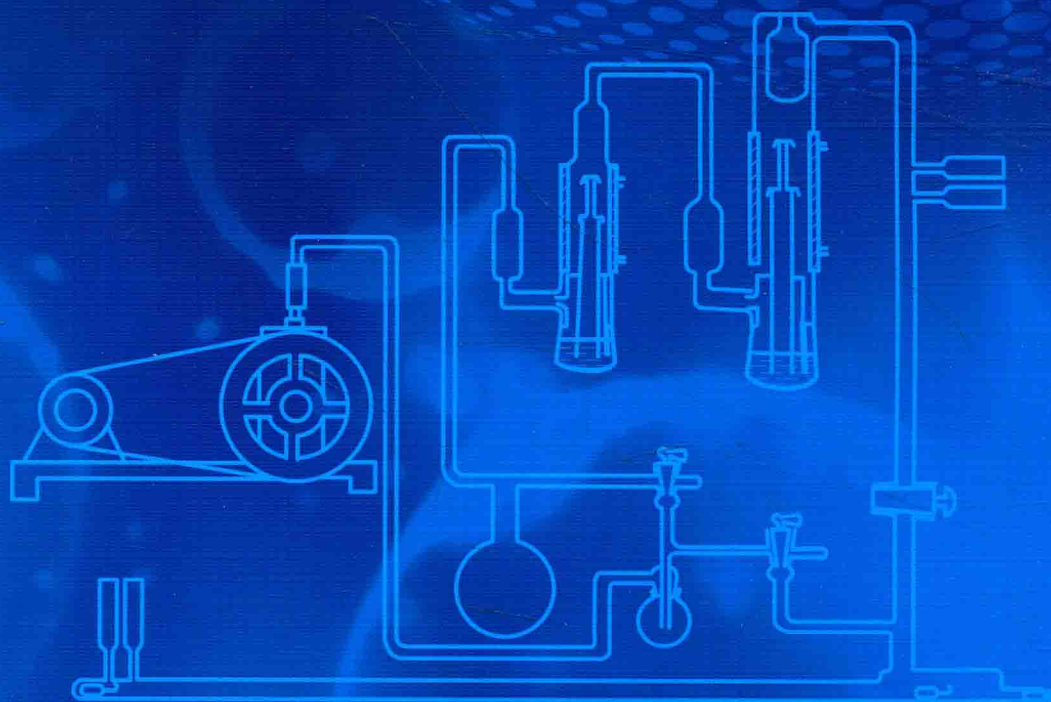
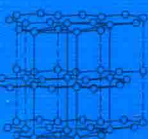




真空科学技术丛书

真空材料

张景钦 薛大同 王敬宜 编著



化学工业出版社



真空科学技术丛书

真空材料

张景钦 薛大同 王敬宜 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面系统地阐述了真空技术中使用的真空材料,包括真空应用和真空设备的壳体、真空环境用材、放置于真空容器内的结构和机构用材、真空元件、各类密封材料、泵工作物质、气体捕获泵吸气材料、功能材料以及辅助材料等;同时也阐述了材料对真空系统性能的影响、材料的真空性能,以及航天器用材料质量损失性能等。

本书可供从事真空科学技术和有关科技人员使用,亦可为全国大专院校真空技术专业的师生使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

真空材料/张景钦,薛大同,王敬宜编著. —北京:化学工业出版社,2016.4
(真空科学技术丛书)
ISBN 978-7-122-26380-3

I. ①真… II. ①张…②薛…③王… III. ①真空材料
IV. ①TB74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 036889 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21 字数515千字 2016年8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: 88.00 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

为适应 21 世纪真空科学技术发展的需要,满足真空工程技术及应用的需求,按照《真空科学技术丛书》的编写要求,经过较充分地调研,编写了《真空材料》。

本书的特点首先是以真空材料为主线,全面系统地阐述了真空材料在真空科学技术中的使用。如真空应用及真空设备的壳体、真空环境用材、真空泵、真空元件、真空规管用材,各类真空获得手段的工作物质、气体捕获泵吸气材料,各类密封材料,真空容器内的结构和机构用材料以及实现特定功能的各种材料等。

其次本书又阐述了材料性能对真空系统性能的影响以及材料的真空性能,分别叙述了蒸发和凝结、蒸发的速率、饱和蒸气压的测试、气体的吸附和脱附,气体在固体中的渗透、材料出气的扩散理论以及材料的出气速率的测量、航天器用材料质量损失性能等。

本书共 10 章,由张景钦、王敬宜、薛大同编写。其中王敬宜编写第 1、2 章,第 3 章由王敬宜、张景钦、薛大同共同编写,第 4~7 章由王敬宜、张景钦编写,第 8~10 章由张景钦编写;薛大同负责全稿的修定、补充、审核工作。

本书可供从事真空科学技术的广大科技人员使用,亦可作为高等院校师生使用参考。

真空材料涉及的内容极为广泛,有关文献资料很多,内容取舍和文字编排中的疏漏以及不妥之处在所难免,诚望专家和读者多多赐教。本书由丛书编辑部权素君负责文稿整理,付出很多辛苦,在此深表感谢!

编著者 张景钦

2011 年 9 月

目录

第 1 章 概述 1

1.1 真空材料的概念	1
1.2 材料在真空中的行为及影响	1
1.3 真空材料的分类	2
1.3.1 按材料的功用分类	2
1.3.2 按材料的成分分类	5

第 2 章 材料对真空系统性能的影响 9

2.1 真空系统平衡方程	9
2.1.1 无气体负荷的真空系统抽气的理想情况	9
2.1.2 有气体负荷的真空系统抽气的实际情况	9
2.1.3 没有吸气剂的真空器件	10
2.1.4 有吸气剂的真空器件	10
2.2 真空系统的主要性能参数	11
2.3 材料性能对系统性能的影响	12
2.3.1 材料性能对系统真空性能的影响	12
2.3.2 材料性能对系统其他性能的影响	13

第 3 章 真空材料性能的物理基础 14

3.1 蒸发（升华）和凝结	14
3.1.1 饱和蒸气压和非饱和蒸气	14
3.1.2 蒸发（升华）速率	16
3.1.3 饱和蒸气压测试方法及测试结果	22
3.1.4 真空中蒸发（升华）和凝结的功用与危害	28
3.2 气体吸附和脱附	32
3.2.1 概述	32
3.2.2 物理吸附和化学吸附	33
3.2.3 吸附量和覆盖度	39

3.2.4	吸附速率和脱附速率	41
3.2.5	吸附的热效应	46
3.2.6	气体吸附的功用和危害	47
3.3	气体在固体中的溶解、扩散和渗透	48
3.3.1	气体在固体中的溶解	48
3.3.2	气体在固体中的扩散	54
3.3.3	气体在固体中的渗透	56
3.4	化合物的分解和还原	68
3.4.1	金属的氧化和氧化物的稳定性	68
3.4.2	残余气体的化学反应	74
3.4.3	金属化合物的分解和还原	77
3.5	出气	80
3.5.1	概述	80
3.5.2	材料出气速率测量方法	81
3.5.3	常温出气速率的简捷测量的实验设备	83
3.5.4	真空中材料常温出气的扩散理论	85
3.5.5	几种材料的出气速率	96
3.5.6	材料除气的基本方法	106

第4章 金属材料

111

4.1	纯铁和钢	111
4.1.1	纯铁	111
4.1.2	低碳钢	112
4.1.3	不锈钢	112
4.1.4	耐热钢	113
4.1.5	镀镍铁和覆铝铁	113
4.2	有色金属	114
4.2.1	铜	114
4.2.2	铝	116
4.2.3	镍	117
4.2.4	钛和锆	119
4.3	贵金属	121
4.4	难熔金属	123
4.4.1	钨和钨合金	123
4.4.2	钼和钼合金	126
4.4.3	钽和铌	127
4.4.4	铪	128
4.5	其他金属材料	129
4.5.1	碱金属	129

4.5.2	单质的重要性质	131
4.5.3	焰色反应	132
4.6	软金属	132
4.6.1	铜	132
4.6.2	镓	133
4.6.3	锡	134
4.6.4	铋	135
4.6.5	铅	135
4.6.6	汞	137

第 5 章	非金属材料	139
--------------	--------------	------------

5.1	玻璃	139
5.1.1	玻璃的成分	139
5.1.2	玻璃的分类	139
5.1.3	玻璃的主要性能	140
5.1.4	玻璃在真空技术中的应用	145
5.2	陶瓷	151
5.2.1	陶瓷的分类	151
5.2.2	陶瓷的主要性能	151
5.2.3	真空技术中常用陶瓷的性能及用途	155
5.2.4	特种陶瓷	158
5.3	石墨和金刚石	161
5.3.1	结构	161
5.3.2	性能	162
5.3.3	应用	163
5.4	塑料	164
5.4.1	塑料的分类	164
5.4.2	塑料的成分	164
5.4.3	塑料的特性及应用	165
5.4.4	塑料材料的出气速率	165
5.4.5	特种树脂	165
5.5	复合材料	169
5.5.1	金属陶瓷	169
5.5.2	合成云母陶瓷	169
5.6	云母	170
5.7	橡胶	172
5.7.1	橡胶的一般性能	172
5.7.2	真空密封用橡胶	177
5.7.3	橡胶的深冷应用	182

5.7.4 国产真空橡胶管、胶棒、胶板制品	182
-----------------------------	-----

第6章 常用真空泵油	184
-------------------	------------

6.1 机械泵油	184
6.1.1 机械真空泵油的性能要求	184
6.1.2 机械真空泵油	185
6.2 扩散泵油的蒸气压、热分解和分馏	189
6.3 增压泵油（油扩散喷射泵）	196
6.3.1 油扩散喷射泵原理	196
6.3.2 增压泵油的特性	196
6.3.3 增压泵油质量指标	196
6.4 分子泵油	196
6.5 活动连接和堵漏材料	197

第7章 吸附剂材料	201
------------------	------------

7.1 钛泵用材料的性能	201
7.2 吸气剂	209
7.2.1 吸气剂的性能	209
7.2.2 吸气剂的分类	209
7.2.3 蒸散型吸气剂	209
7.2.4 非蒸散型吸气剂	214
7.3 吸附剂	233
7.3.1 分子筛	234
7.3.2 吸附等温线	236
7.3.3 吸附剂的其他特性	237

第8章 真空密封	239
-----------------	------------

8.1 概述	239
8.2 真空密封分类	240
8.3 半永久性密封（可拆卸密封）	240
8.3.1 静密封	240
8.3.2 橡胶密封	240
8.3.3 氟塑料密封	245
8.3.4 金属密封	248
8.3.5 深冷密封垫	249
8.3.6 常用的几种真空快卸法兰	250
8.4 动密封	256

8.4.1	动密封形式	256
8.4.2	真空动密封橡胶圈的形式	259
8.4.3	往复运动用 O 形圈的泄漏特性	259
8.4.4	金属波纹管密封	262
8.4.5	液态金属密封	262
8.4.6	磁力传动密封	264
8.4.7	磁流体密封	267
8.5	永久性密封	270
8.5.1	概述	270
8.5.2	氩弧焊	271
8.5.3	钎焊	272
8.5.4	电子束焊	272
8.6	封接	272
8.6.1	金属-陶瓷封接	273
8.6.2	玻璃-金属封接	276

第 9 章	真空常用气体、净化材料	279
--------------	--------------------	------------

9.1	气体	279
9.1.1	氧	279
9.1.2	氮	280
9.1.3	氢 (hydrogen)	280
9.1.4	稀有气体	281
9.2	气体及气体燃料	283
9.2.1	气体介质	283
9.2.2	气体燃料	285
9.2.3	乙炔	286
9.3	净化材料	287
9.3.1	去油脂的净化材料	287
9.3.2	水	289
9.3.3	浸触性净化材料	290

第 10 章	航天器用真空材料性能	291
---------------	-------------------	------------

10.1	空间环境和航天器的相互作用	291
10.2	航天器用材料出气筛选的主要指标	291
10.2.1	材料出气筛选的异位测试指标	292
10.2.2	材料出气筛选的原位测试指标	292
10.3	航天器用材料出气筛选的试验方法标准及材料出气筛选的取舍判据	292
10.3.1	材料出气筛选试验方法标准	292

10.3.2	材料出气筛选的取舍判据	293
10.4	航天器用材料出气筛选的异位测试	293
10.4.1	试验装置	293
10.4.2	试验步骤	294
10.4.3	材料出气的范围	294
10.4.4	航天器用部分材料的出气数据	295
10.5	航天器用材料出气筛选的原位测试	299
10.5.1	MLR 的测试	299
10.5.2	VCMER 的测试	308
10.6	航天器用润滑油（硅油）饱和蒸气压	314
10.7	原子氧对航天器用材料作用的效应	314
10.7.1	概述	314
10.7.2	原子氧效应的评估方法	315
10.7.3	测试设备及测试数据	315
10.7.4	国外空间用材飞行实测原子氧作用系数	318

第 1 章

概述

1.1 真空材料的概念

真空材料是指真空技术中使用，并且进入或暴露（全部或部分表面）于真空环境的材料。包括真空设备的壳体、真空泵真空元件真空规管用材、各类真空获得手段的工作物质、各类密封材料、放置于真空容器内的结构和机构用材以及为实现特定功能而使用的各种材料等。一些在真空室外使用的材料，例如真空设备外部的支架、紧固件等所使用的材料，由于不进入真空中，不暴露于真空环境，所以不应该属于真空材料。

1.2 材料在真空中的行为及影响

材料的出气、升华、蒸发、分解、渗透影响系统的性能：

a. 一般情况下，材料都处于大气中，都会吸附、溶解一些气体并与大气条件处于平衡或稳定状态，但当材料放置于真空中时，这种平衡或稳定被破坏，就会因为解吸、解溶，释放气体。

b. 金属材料在冶炼过程中，置于真空中会释放出来。

c. 一些聚合物材料，由于加工过程中加有各种添加剂（增塑剂、抗氧化剂、引发剂等），以及残余的小分子量物质，当材料放置在真空中，这些添加剂和小分子量物质会通过扩散、解吸、逃逸进入真空室。

d. 一些化合物，在大气条件下相对稳定，但置于真空中，会发生分解，释放气体；一些有机物还可能发生退化、分解，形成小分子量的生成物，这些生成物也能进入真空室。

e. 一些固体或液体，置于真空中，可以通过升华、蒸发，释放气体。

f. 真空系统的壳体（容器和管道的壁）材料，一面是大气，另一面暴露于真空中，除了必须考虑结构强度外，由于两侧的气体浓度差，大气中的气体会通过渗透作用进入真空室。

g. 经常使用吸气剂或吸附剂，温度对气体的吸气容量、活化方式、活化温度是影响真空性能的关键因素。

h. 泵工作物质的性能影响系统的性能：蒸气喷射泵、扩散泵依靠工作液蒸气进行喷射

或扩散进行抽气。因此要求在泵的锅炉工作温度下有足够的蒸气压,而在常温下,泵工作液的蒸气会弥漫整个真空系统内,成为极限真空的限制因素,因而又希望泵工作液在常温下具有低的饱和蒸气压。所以,对于这一类型的泵,泵工作液的热稳定性、抗氧化性以及不同温度的蒸气压就成为泵性能的主要决定因素。

i. 气压降低,一些性能凸现,影响系统的性能:在大气条件下,由于气压较高,一些现象被掩盖,或被忽略,但在真空条件下,这些现象即变得重要,甚至起主导作用。例如,水在常温下(290K),饱和蒸气压为1937Pa,与一个大气压101325Pa比较,相差约两个数量级,几乎可以忽略;但当气压降至1Pa量级(低真空区域)时,水的蒸气压已经非常重要了。

正是因为这些现象,材料的真空性能(真空出气率、蒸气压、蒸发速率、气体的溶解度、扩散率、化学稳定性、泵工作物质的性能等)就成为真空技术用材关注的焦点,真空材料也就成为材料分类中的重要一支。

1.3 真空材料的分类

1.3.1 按材料的功用分类

真空系统中所用的材料,按其功用,大致可分为:结构材料、密封材料、泵工作物质、功能材料和辅助材料等。

1.3.1.1 结构材料

结构材料是构成真空系统主体的材料,包括壳体材料和真空系统内部的各种结构和机构所用材料。真空系统的主体包括:真空室、真空泵、真空元件、真空规管等。其中壳体将真空与大气隔开,承受着大气压力。

常用结构材料主要是金属和玻璃,还有一些管道使用真空橡胶管或有金属加强的塑料管。金属机械强度好,玻璃透明,便于观察设备内部的情况;电绝缘,可从外部对内部的金属零件采用高频加热;能用高频火花枪检漏,加工方便等。但玻璃材料质脆,易碎,不容易制作成较大容积的容器。目前大多数真空系统都使用金属材料。使用波纹管、金属盘管、真空橡胶管或有金属加强的塑料管,可以实现两部件之间的软连接,安装方便,隔绝震动,而且价格便宜。

结构材料应符合以下要求:

- a. 足够的机械强度和刚度,对于壳体应能承受大气压力,对于内部构件,应具有需要的强度;
- b. 具有可加工性,并容易封接、焊接;
- c. 具有足够的气密性,要求材料不存在孔状结构,无裂缝、气泡及其他可能导致漏气的缺陷;
- d. 足够低的饱和蒸气压;
- e. 材料内部溶解的气体和表面吸附的气体量足够小;
- f. 足够小的气体渗透率;
- g. 化学稳定性好,在工作条件下不分解,不与其他材料发生不需要的化学反应;
- h. 热稳定性能好,在系统工作温度下,具有需要的力学性能和真空性能;

- i. 对于超高真空系统应能承受必要的烘烤, 且容易去气;
- j. 与系统的工作要求兼容, 不影响系统的其他性能。

1.3.1.2 密封材料

真空设备为了隔绝大气, 各个部件之间的连接处、电源和信号的引入端、运动传递的连接处、观察窗、大门、盖等地方, 都需要可靠的密封。真空密封, 通常分为不可拆卸密封和可拆卸密封。也可按是否传递运动分为静密封和动密封。例如, 磁传动即为不可拆卸的动密封。

不可拆卸密封也称永久密封, 包括焊接和封接。

依焊接的方法不同, 有的不需使用焊料, 如氩弧焊、电子束焊、激光焊、扩散焊, 有的则需使用焊料, 如钎焊。

钎焊时焊件本身不熔化。钎焊料属于密封材料。对真空钎焊料的要求是:

a. 要有合适的熔点和流点。熔点是焊料开始熔化时的温度, 流点是焊料熔化终了时的温度。希望熔、流点尽量接近。流点应比焊件的熔点至少低 60°C 。对于多级钎焊, 焊料的熔点应逐级降低 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 以上。

b. 熔化时应对所焊金属具有良好的润湿性和流散性, 并能与其金属形成合金 (最好形成固溶体), 而不能形成脆性化合物。

c. 应具有良好的强度、塑性、导电性、导热性和耐腐蚀等性能, 最好没有晶间扩散, 不生成易熔脆性物。

d. 高蒸气压元素杂质总和应小于 $0.01\%\sim 0.05\%$, 以免影响真空系统的极限真空度。

e. 所含空气不许超过 0.001% , 非金属杂质也需极少, 以免真空钎焊时这些杂质沸腾, 使焊缝多孔。

封接包括金属-陶瓷封接、金属-玻璃封接、玻璃-玻璃封接、玻璃熔接。金属-陶瓷封接和金属-玻璃封接常用于真空电极或真空引线, 玻璃-玻璃封接常用于显像管的显示屏与管身间, 玻璃熔接常用于玻璃真空系统。金属-陶瓷封接前需使用金属化膏或真空镀膜技术使陶瓷产生金属化层, 而封接本身采用的是钎焊技术。金属-玻璃封接的关键是使金属封接面适度氧化。玻璃-玻璃封接采用低熔点玻璃作为封接材料。封接分匹配封接与不匹配封接两种, 所谓匹配封接是指从室温到略高于封接温度范围内线胀系数差值小于 10% 。金属-陶瓷、金属-玻璃的匹配封接常使用可伐, 但应该注意二者的牌号不同, 与 95 瓷封接使用的可伐牌号是 4J34, 而与钼组玻璃封接使用的可伐牌号是 4J29。

对于低真空和高真空, 可拆卸静密封一般采用弹性较大的橡胶作为密封材料, 也有用塑料作为密封材料的; 超高真空的可拆卸静密封, 由于受高温烘烤和出气率的限制, 通常采用软金属或合金作为密封材料。可作为垫圈的软金属材料主要有金、银、铜、铝、铅和电器设备上的熔断丝 (俗称保险丝), 根据不同烘烤温度选定。

动密封的形式有: O 形圈和填料密封、威尔逊密封 (采用 J 形密封圈)、膜片和波纹管密封、液态金属密封、磁传动密封和磁流体密封。O 形和 J 形密封大都采用橡胶密封圈; 液体金属密封要求其在室温下是液体, 具有较大的表面张力系数和较低的蒸气压。由于适用的纯金属较少, 一般采用合金。磁流体是把强磁性的细微粉末 (约 $0.1\sim 10\text{nm}$) 放入液体中, 形成稳定分散的胶状液体。磁流体使用的液体大多采用蒸气压较低的油或脂类。

对于密封材料, 应满足:

- a. 足够好的弹性或可塑性;

- b. 足够低的饱和蒸气压；
- c. 材料不存在孔状结构，无裂缝、气泡及其他可能导致漏气的缺陷；
- d. 足够小的气体渗透率；
- e. 材料内部溶解的气体 and 表面吸附的气体量足够小；
- f. 化学性能和热稳定性能好，对于超高真空系统应允许加温去气。

1.3.1.3 真空泵工作物质

这一类材料主要包括：机械泵、蒸气流真空泵的工作液体和密封液体，系统中用的吸气剂、吸附剂和其他气体捕获材料等。

对于机械泵，由于使用的工作液（油或水）可能蒸发进入真空室，所以要求有相应较低的饱和蒸气压；机械泵油还起密封作用，因而必须具有一定的黏度。另外还需要具有一定的热稳定性和抗氧化性等。常用的有矿物油和合成油两类。

蒸气流真空泵（喷射泵、扩散泵等）依靠工作液蒸气进行喷射或扩散抽气，因此要求在泵的锅炉工作温度下有足够高的蒸气压。而在常温下，泵工作液的蒸气会弥漫整个真空系统内，成为极限真空的限制因素，又希望泵工作液在常温具有低的饱和蒸气压。另外，根据需要，泵工作液还应具有相应的热稳定性、抗氧化性。水蒸气喷射泵的工作液是水；油扩散喷射泵和油扩散泵工作液大多使用矿物油和硅油。硅油在室温时的饱和蒸气压低，因而真空室可达到的极限压力较低，但需要的加热功率相对也大。

气体捕获真空泵是利用新鲜金属表面、低温表面和吸附剂、吸气剂材料对气体的化学吸附或物理吸附作用，捕获真空室内的气体。目前使用较多的是钛。吸附剂主要是分子筛和活性炭。分子筛属于微孔型结构的碱金属铝硅酸盐，体内有许多空腔状晶胞，气体分子可通过晶胞吸附于晶胞空腔的内表面。吸气剂大量用于真空电子器件中，用以器件封离后吸收器件内放出或泄漏的气体，延长器件的寿命。吸气剂一般分蒸散型和非蒸散型类。蒸散型类以钙、镁、锶、钡为主要成分，其中钡最为常用。非蒸散型以锆、钛、钽为主要成分，其中锆是常用的吸气剂成分。非蒸散型的锆铝吸气剂具有优异的吸气性能，已被用于吸气泵。

1.3.1.4 功能材料

真空技术还需要一些具有特殊性能的材料，如导体材料、绝缘材料、加热元件材料、弹性材料、发射电子的灯丝材料、真空镀膜材料、磁性材料（永磁、软磁和无磁材料）、微波和射频穿透材料、光学材料、测温材料、润滑材料等。真空系统中常用的导体材料是铜、铝、银。耐高温的电极材料常用不锈钢、镍、钨和无氧铜等。绝缘材料以陶瓷、石英、玻璃为主，云母、各类塑料也可以作为绝缘材料。加热元件材料大多使用钨、钼、钽（大于900℃）和镍、铁（低于900℃）和镍铬合金，康铜也是常用的加热材料。发射电子的材料大多使用钨、钍钨或氧化物等。测温材料多用各种类型的热电偶（如铂铑-铂热电偶、镍铬-镍硅热电偶、镍铬-考铜热电偶等）或热电阻（如铂电阻）。又如，碘化铯可作为X射线像增强管的输入荧光屏。

1.3.1.5 辅助材料

真空技术还使用一些辅助材料，包括制冷载冷剂、工作气体、清洗剂、溶剂、清洗用材料等。

表 1-1 列出了各种功用的真空材料的零部件名称及常用的材料。