

动态密封技术

——泄漏与堵漏

胡忆沔 编著

国防工业出版社

动态密封技术

——泄漏与堵漏

胡忆洐 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

动态密封技术:泄漏与堵漏/胡忆沔编著. —北京:国防工业出版社, 1998. 3
ISBN 7-118-01809-0

I. 动… II. 胡… III. 密封-技术 IV. TB42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16937 号

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)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 20% 548 千字

1998 年 3 月第 1 版 1998 年 3 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

跑、冒、滴、漏可以说是安全文明生产的大敌,许多事故的直接祸根就是泄漏。即使在当今的高科技时代,采用最新技术装备起来的生产流程,实行现代化的管理方法,在复杂的生产环境和自然环境中,由于介质的不断侵蚀、冲刷,温度、压力、振动的变化,季节、地质的变更,人为等因素的影响,在某些部位上不可避免地会发生密封失效的问题,压力介质随之外泄,如不及时处理,密封失效的程度将会扩大,泄漏流量会成倍增加。由于泄漏,有毒的、腐蚀性的、易燃的、易爆的、高温高压的各种介质不断外流,轻则造成能源物料流失、污染环境,重则引起火灾、爆炸、中毒、伤亡,严重威胁着设备和人身安全,以至生产无法进行,造成企业非计划停产事故。即使那些已经进入国家无泄漏标准的企业——无泄漏工厂,泄漏问题仍然是设备管理的主要内容。一个大型石化企业,静密封点达上百万个,允许存在的泄漏点可达五百个之多,这对安全文明生产来说,将是多么大的一种潜在威胁。因此,如何有效地消除泄漏一直是人们关注的大问题。

动态密封技术正是为了解决生产中的跑、冒、滴、漏而于70年代逐步发展和完善起来的新技术。此项技术是以动态条件下建立密封结构理论为基本依据,借助远远大于泄漏介质压力的外力,迫使泄漏停止。这个独特的外力可产生良好的密封效果,并可维持足够长的密封寿命。可见动态密封技术有别于常说的堵漏或密封,它是在泄漏已经发生,并逐步在扩大的前提下而进行的再密封技术。目前它由注剂式带压密封技术、带压粘接密封技术、带压焊接密封技术三部分内容组成,三项技术各有特色,可用于不同的场合,综合三者之精华,可以应用于各种复杂部位、工艺参数苛刻泄漏介质

EACSC/14

的动态密封,具有节能、降耗、消除事故隐患、避免停产、保护环境
的显著特点,已在我国许多领域得到广泛应用,并取得了巨大的经
济效益。据石化行业统计,我国从 80 年代初开始应用动态密封技
术至今已为各类企业挽回经济损失达 500 多亿元人民币。

动态密封技术是一项实用性很强的新技术,是我国大力推广
应用的高新技术项目之一。但是,许多人还不了解它的全部内容和
使用价值,已经引进这项技术的单位在理论上、设计上、应用上还
有许多问题亟待解决,而有关这方面的完整资料十分缺少,国家有
关部门还没有出台正式的技术规范。有些引进这项技术的单位,由
于自身的多种原因,应用效果不好,而放弃了此项技术的继续应
用,甚至怀疑动态密封技术的可行性和可靠性。因此,笔者在从事
十多年动态密封技术理论研究和实际应用的基础上,博采国内外
各家所长,结合自己在动态条件下再密封的一百多种介质及两千
多个不同泄漏点的成败经验和教训,反复推敲后写成此书。另外在
这部书中,作者对一些流行的术语,如“堵漏技术”、“带压堵漏技
术”、“粘接堵漏技术”、“三顶焊技术”、“焊接堵漏技术”、“不停车带
压堵漏技术”、“不停车带压密封技术”、“不停车粘接技术”、“顶压
焊技术”、“不停车强注堵漏技术”、“引流粘接堵漏技术”、“神胶快
速堵漏技术”、“车家宝堵漏技术”、“第六代堵漏技术”等进行了归
类,统称动态密封技术,并根据各种堵漏方法的特性,划分为注剂
式带压密封技术(第三章~第九章)、带压粘接密封技术(第十章~
第十九章)和带压焊接密封技术(第二十章~第二十三章)。

对于实用技术关键在于写细写透,便于读者掌握,拿来就用,
并在实践中取得成功,这也正是笔者撰写此书的宗旨。由于个人水
平有限,谬误之处在所难免,敬希专家、学者及广大读者予以斧正。

内 容 简 介

泄漏问题遍布一切生产领域及日常生活之中,许多灾难性后果诸如环境污染、中毒、火灾、爆炸、人身伤亡等都直接与泄漏有关。因此,泄漏一直是人们十分关注和急待解决的课题。本书以实用性为原则,系统阐述怎样在动态条件下迅速消除泄漏重新实现密封的有效途径和方法。全书 23 章,详细介绍当今国内外动态密封领域注剂式带压密封、带压粘接密封、带压焊接密封三大技术的基本原理、所用工器具、密封材料、操作工艺、安全注意事项及动态密封作业实例,配有大量的插图,汇集了 80 及 90 年代动态密封技术领域内的最新成果,可使读者获得泄漏与堵漏以及动态密封方面的知识,了解本学科的全貌,内容丰富,图文并茂,通俗易懂,便于自学。

本书对于从事石油、化工、冶金、能源、造纸、船舶、海上工程、流体储存输送的工程技术人员,特别是对于那些存在跑、冒、滴、漏问题突出的企业,创、保无泄漏工厂及清洁文明工厂的设备管理人员,以及从事机械维修、管道维护的技术工人,无疑是一本难得的工具书。同时也可以作为中等和高等院校石油机械、化工机械、设备管理专业及相关内容专业扩充新知识、新技术的参考教材。

目 录

第一章 概论	1
第一节 泄漏、密封及动态密封	1
第二节 动态密封技术起源及发展简介.....	5
第三节 动态密封技术在我国发展情况简介	13
第二章 泄漏	23
第一节 泄漏危害	23
第二节 泄漏形式	26
第三节 泄漏检测	46
第四节 泄漏量计算	50
第三章 注剂式带压密封技术的基本原理和特点	54
第一节 密封原理	54
第二节 注剂式带压密封技术的基本原理	57
第三节 注剂式带压密封技术的基本特点	61
第四章 高压注剂枪设计	65
第一节 高压注剂枪的结构设计	65
第二节 高压注剂枪的强度设计	85
第三节 自动复位式高压注剂枪复位弹簧设计	95
第五章 密封夹具设计	107
第一节 夹具的作用及设计准则.....	107
第二节 夹具的强度计算.....	110
第三节 法兰泄漏及夹具.....	117
第四节 直管泄漏及夹具.....	156
第五节 弯头泄漏及夹具.....	166
第六节 三通泄漏及夹具.....	173

第七节	阀门填料泄漏及夹具·····	181
第八节	夹具设计综述·····	186
第六章	注剂式带压密封技术机具总成·····	201
第一节	注剂式带压密封技术机具的组成·····	201
第二节	简化操作过程的几种途径·····	227
第三节	机具常见故障及排除方法·····	234
第七章	密封注剂·····	241
第一节	密封注剂的性能指标·····	241
第二节	热固化密封注剂·····	252
第三节	非热固化密封注剂·····	283
第四节	密封注剂的选用原则·····	301
第八章	现场操作方法及安全注意事项·····	306
第一节	注剂式带压密封技术现场测绘·····	306
第二节	注剂式带压密封技术现场操作方法·····	311
第三节	注剂式带压密封技术所用工器具及防护用品·····	320
第四节	安全作业注意事项·····	325
第九章	注剂式带压密封技术应用实例·····	329
第一节	法兰泄漏密封实例·····	329
第二节	直管泄漏密封实例·····	343
第三节	弯头泄漏密封实例·····	351
第四节	三通泄漏密封实例·····	357
第五节	阀门填料泄漏密封实例·····	363
第六节	其他部位泄漏密封实例·····	369
第十章	带压粘接密封技术基本知识·····	380
第一节	粘接技术发展概况·····	380
第二节	粘合剂的分类·····	382
第三节	粘合剂的组成·····	386
第四节	粘接机理·····	397
第五节	粘接工艺·····	408
第十一章	填塞粘接法·····	430

第一节	热熔胶填塞粘接法·····	430
第二节	封闭剂填塞粘接法·····	435
第三节	注胶填塞粘接法·····	443
第十二章	顶压粘接法·····	447
第一节	顶压粘接法的基本原理和特点·····	447
第二节	顶压工具及操作方法·····	450
第十三章	紧固粘接法·····	483
第一节	紧固粘接法的基本原理和特点·····	483
第二节	紧固工具及操作方法·····	485
第十四章	引流粘接法·····	496
第一节	引流粘接法的基本原理和特点·····	496
第二节	引流器的结构及操作方法·····	498
第十五章	磁力压固粘接法·····	503
第一节	磁力压固粘接法的基本原理和特点·····	504
第二节	压固磁铁结构及操作方法·····	506
第十六章	T形螺栓粘接法·····	509
第一节	T形螺栓粘接法的基本原理和特点·····	509
第二节	T形螺栓结构及操作方法·····	511
第十七章	非金属材料物品的动态密封作业·····	514
第一节	橡塑物品泄漏的动态密封·····	514
第二节	建筑物泄漏的动态密封·····	529
第十八章	带压粘接密封技术安全注意事项·····	534
第一节	粘接技术安全注意事项·····	534
第二节	带压粘接密封技术作业安全注意事项·····	539
第十九章	带压粘接密封技术应用实例·····	543
第一节	填塞粘接法密封实例·····	543
第二节	其他带压粘接法应用实例·····	546
第二十章	带压逆向焊接密封技术·····	558
第一节	带压逆向焊接密封技术基本原理和特点·····	558
第二节	带压逆向焊接密封操作技术·····	567

第三节	管道环焊缝破裂的带压焊接方法·····	576
第四节	增强补焊焊道的途径·····	582
第五节	带压逆向补焊焊接规范的选择·····	585
第六节	带压逆向补焊操作注意事项·····	587
第二十一章	带压引流焊接密封技术·····	593
第一节	引流焊接密封技术的基本原理和特点·····	593
第二节	引流器的结构形式、强度及操作方法·····	595
第二十二章	带压焊接密封技术安全注意事项·····	601
第一节	焊接技术安全注意事项·····	601
第二节	带压焊接密封技术安全注意事项·····	603
第二十三章	带压焊接密封技术应用实例·····	609
第一节	带压逆向焊接密封实例·····	609
第二节	带压引流焊接密封实例·····	615
附录	安全技术简介·····	624
第一节	燃烧与爆炸·····	624
第二节	静电·····	630
第三节	职业中毒·····	634
第四节	通风与噪声·····	638
第五节	个人防护用品简介·····	640
附表	部分常见介质参数一览表·····	644

第一章 概 论

动态密封技术是专门研究原密封结构失效后,怎样在流体介质外泄的情况下,迅速在泄漏缺陷部位重新建立密封体系的一门技术。在泄漏存在的部位上建立一个新的密封体系,并非一件易事,它需要相应的理论研究和硬件材料,离不开机械工业、材料科学及相关学科的同步发展,而动态密封技术本身同样是现代工业生产高速度发展的必然产物。进入 90 年代,新的方法和新型材料不断加入到这一技术领域之中,使这项技术进一步得到发展和完善,应用范围已扩大到各个工农业生产领域,其实用价值也愈来愈被更多的人所认识。本章主要介绍几个概念和动态密封技术发展简况。

第一节 泄漏、密封及动态密封

泄漏与密封是一对共存的矛盾。人们总是希望用先进技术手段建立起来的密封结构能在一定期限内,甚至永远不发生泄漏。但事与愿违,泄漏现象到处可见,给人们带来的麻烦不胜枚举。因此,泄漏与密封作为一种普遍的现象,一直是人们深入探讨和研究的水无止境的课题。

一、泄漏

凡是存在压力差的隔离物体上都有发生泄漏的可能。

广义的泄漏包括内漏和外漏。

内漏是物体内部空间系统在隔离物上发生的介质传递。一般是不可见的。如管路系统阀门关闭后存在的泄漏和换热器管程壳

程间发生的介质传递就属内漏；外漏是一种可看见的宏观泄漏。本书所说的泄漏均指后者，并严格局限在流体范围内。

· 泄漏可定义为：隔离物体上出现的传质现象。

对流体来说，泄漏又分为正压泄漏和负压泄漏。正压泄漏是指介质由隔离物体的内部向外部传质的现象。生产领域内发生的泄漏绝大多数属于正压泄漏；负压泄漏是指外部空间介质通过隔离物体向受压体内部传质的一种现象。又称真空泄漏。

二、密封

能阻止或切断介质间传质过程的有效方法统称为密封。

密封原理：采用某种特制的机构，以彻底切断泄漏介质通道、堵塞或隔离泄漏介质通道、增加泄漏介质通道中流体流动阻力的方法建立一个有效的封闭体系，达到无泄漏的目的。

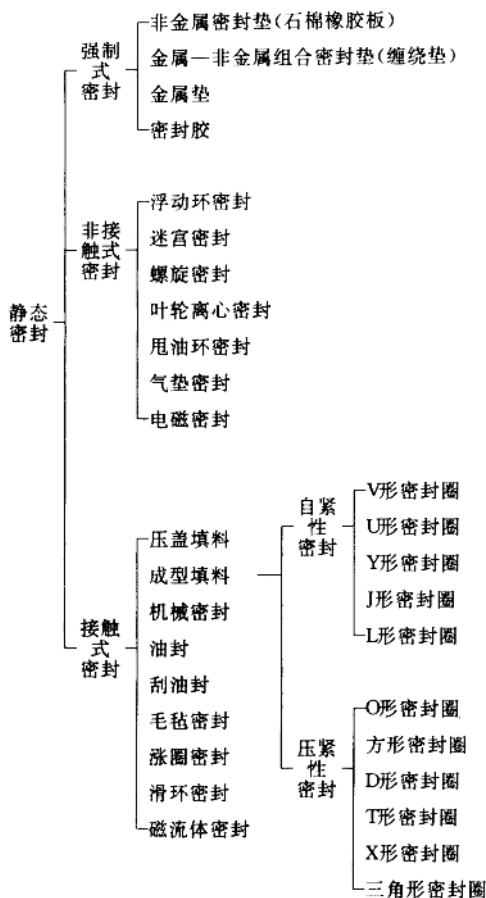
密封可分为静态密封和动态密封两大类。

(一)静态密封

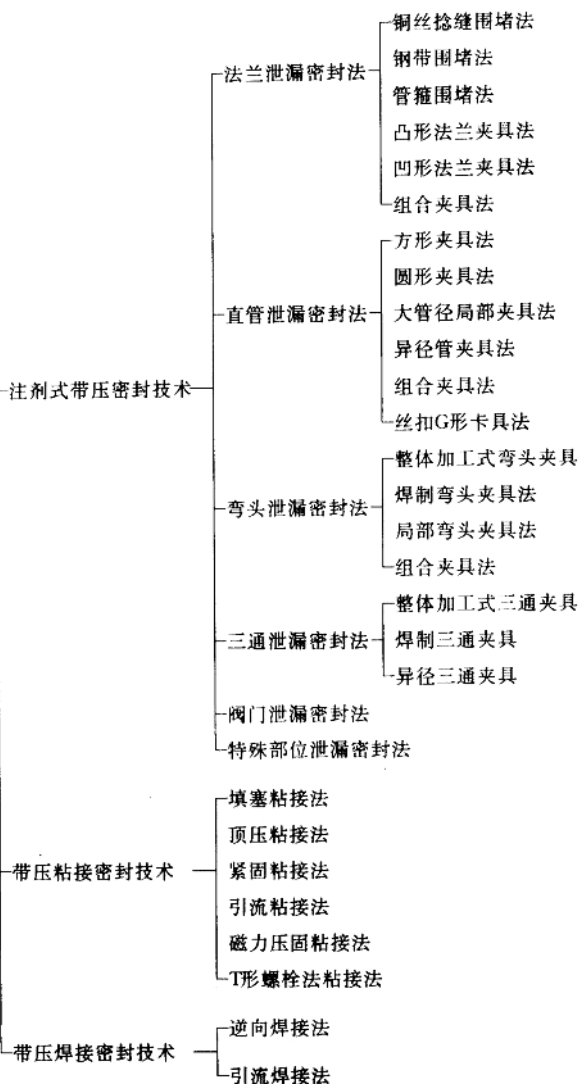
静态密封是指人们经常使用的密封材料、密封元件与相应的密封结构形式相结合，在生产系统处于安装、检修、停产状态下（即在没有工艺介质温度、压力等参数条件下）建立起来的封闭体系。也就是说密封是在静的条件下实现的，这个封闭体系形成之后才经受被密封介质温度、压力、振动、腐蚀等因素的作用。因此，这里所说的静态是指密封结构形成的过程中不受任何工艺介质因素的影响。静态密封可按使用场所的不同进行分类。

(二)动态密封

动态密封是指原有的密封结构一旦失效或设备、管道出现孔洞，流体介质正处于外泄的情况下，采用特殊手段所实现的一种密封途径。动态密封技术实现密封的过程中，生产装置及输送管道中的介质的工艺参数温度、压力、流量等均不降低，整个密封结构建立过程中始终受到介质温度、压力、振动、腐蚀、冲刷的影响，即是在动态的条件下实现的，最终阻止泄漏，达到重新密封之目的。动态密封技术可按使用的材料和手段的不同进行分类。



动态密封



第二节 动态密封技术起源及发展简介

一般地说,在泄漏状态下,能重新进行有效密封的方法都属于动态密封技术研究的范畴。有关这方面内容,早在人类的远古就有记载,如酿酒行业中,木制酒桶漏酒,那时人们就已经知道,利用一个削尖的木楔,钉入正在漏酒的孔洞上,即可达到止住漏酒的目的。粘土、骨胶、淀粉、松脂、棉花等天然物质,也都可找到它们用于止漏密封的应用实例。但是真正具有工业实用价值的动态密封技术只是到了 20 世纪初才相继问世,进入 80 年代末,90 年代初,这一技术的应用范围迅速得到扩大,几乎涉及到所有的工农业生产领域。从目前使用情况来看,世界上应用最广泛、实用价值最高的,首推注射式带压密封技术。因此我们就从它谈起。

1922 年,美国人克莱·弗曼(Clay. Furman)灵活巧妙地将橡塑工业中的“热注塑造型原理”移植到工业生产的动态密封作业上来,首先在海军舰船蒸汽动力系统上使用成功,并定名为“注射式带压密封技术”(又称“弗曼奈特密封法”)。当时该项技术只能处理压力在 1.0MPa、温度在 200℃以下,诸如蒸汽这类化学性质较稳定介质泄漏的动态密封,所用的“密封注射剂”也无非是一些由橡塑工业移来的现成舶品,且操作繁琐,成功率不高,服务对象寥寥无几。这也并非怪事,因为那时在人们传统认识中,压力容器、流体输送管道出现密封失效,以至造成介质外泄,采取降温、降压或完全切断液体介质,对易燃、易爆、有毒介质进行置换吹扫,达到施工条件,再对泄漏部位进行修复,完全是情理之中的事情,难得有人过问这种做法所造成的经济损失。当然,那时工业生产的规模和连续化程度也没有对设备及工艺管道的维护、维修提出什么高水平的技术要求,局部的停产或整个生产系统的停产,很难在企业主的头脑中留下深刻的印象;即使造成了较大的经济损失,人们的注意力也大多集中在如何改进泄漏部位的静态密封结构上,尽管人们在静态密封理论研究和实践上取得了巨大的成绩,但是密封失效的

问题在工业生产中仍然层出不穷。

随着工业规模的不断扩大,连续化生产程度的不断增强,泄漏所造成的经济损失日趋严重。这是因为泄漏的存在,不仅使能源和物料不断流失,而且使有毒的、有害的、腐蚀性强的、易燃的、易爆的、高温的、高压的各种液体介质不断外泄,以至造成环境污染,引起火灾、爆炸、中毒和人身伤亡事故。一个大型生产企业往往因为一处小小的泄漏而导致整个生产系统的停产。这时人们开始注意到在紧急状况下,如何迅速建立新的密封结构的实用价值。

1927年,福塞斯在美国成立了弗曼奈特动态密封技术作业公司,并将服务指标由原来的 1.0MPa 提高到 7.0MPa,温度由 200℃ 提高到 400℃,在原有技术的基础上,他们又研制生产了数种专用密封注剂,并将它们逐步运用到碳氢化合物、盐酸、有机酸等多种化工介质的动态密封作业之中,操作方法也不断改进,但服务对象有限。

1928年,美国《工程导报》报道了注剂式带压密封技术的有关情况,消息很快传到了大西洋彼岸的欧洲,英国人敏锐地感觉到这是一个没有得到充分认识和深入开发应用的技术宝藏。1929年,英国福斯哲主持的公司从美国人手里买下了注剂式带压密封技术专用权,并在英国本土成立了弗曼奈特公司。在他乡异国,特别是在现代化工业异军突起的年代里,这项技术得到了迅速发展。1956年以后,适用于各种泄漏部位的处理方法及相应的密封注剂相继完善和研制成功,使“注剂式带压密封技术”由中低温发展到了高温高压。到 1967 年弗曼奈特公司已发展成为维修技术研究、现场服务工程公司。进入 70 年代,又推出了超高温和超低温动态密封方法。从此该公司的“注剂式带压密封技术”无论在理论上还是在实用性上都日臻完善。1972 年,该项技术的服务范围跨出了英国国境,迅速向世界各国扩散。进入 90 年代,该公司在占领市场的情况下,进一步强化了实用性研究,一些人们难以想象的强腐蚀性介质的泄漏,在动态条件下,也一一被征服,并得到世界上各个国家的公认。归纳起来注剂式带压密封技术主要在以下八大生产领域

得到广泛应用。

一、石油炼制及石油化工

注射式带压密封技术的服务工作是从 30 年代开始的,进入 90 年代,实际工作量增加了数百倍,几乎涉及所有在炼油及石油化工生产中的流体介质,以及各种复杂的部位。例如:压缩机出入口、塔器、换热器、压力容器出入口、管道、弯头、法兰、阀门、螺纹管接头、三通、异径管接头等等,涉及最多的是中、低压蒸汽系统的泄漏;其他如水洗系统中循环气体出现的氢气、环乙烷、乙烯介质泄漏;腐蚀性很强的氟化氢烷基化设备中的流体介质泄漏;链脂族烃和芳香烃液体、热油泄漏;—100℃ 以下时乙烯设备泄漏;真空设备泄漏等。

进入 90 年代,对于高度连续化生产的石油工业系统,该项技术对工艺生产来说,几乎成了必备的技术手段。当今国内外相当多的企业已经成立了专门的动态密封作业组,对本企业内的泄漏进行处理,并获得了巨大的经济效益。

二、热电厂与核发电厂

锅炉供水系统、饱和与过热蒸汽设备以及蒸汽管道、供水加热器、涡轮机壳、冷凝器及真空系统的泄漏;核反应堆的蒸汽系统的泄漏。这一领域的泄漏情况特点是:压力高、温度高,一般均在 10MPa、200℃ 以上,作业难度较大。

70 年代末,弗曼奈特公司又研制成功一种专为核反应堆安全壳区和沸水反应堆系统使用的特殊密封剂,这种专用密封剂能与核反应堆中的水和二氧化碳冷却剂共存,并且专门设计了较为完善的在核反应堆安全壳区动态密封作业的程序,每次工作完成后,操作人员都要接受独特的有害辐射防护检查。

三、钢铁厂

钢铁厂经常是新旧车间混杂的区域,有腐蚀性的气体,故管道系统经常存在泄漏问题。弗曼奈特公司曾参加过许多钢铁厂的节