

注射式带压密封技术

胡忆洵 著

机械工业出版社

注剂式带压密封技术

胡忆沔 著



机械工业出版社

本书分二十章,系统地介绍泄漏与密封的基本知识,以及注射式带压密封技术的基本原理、密封夹具、机具、工具、密封材料、操作工艺、安全事项、应用实例,配有大量的插图和照片。通过学习可了解产生泄漏的原因,及在不切断流体介质的条件下迅速消除泄漏重新实现密封的有效途径和方法。通俗易懂,便于自学。

本书适合石油、化工、冶金、能源、造纸、船舶、海上工程、流体储存输送行业的机械工程技术人員,以及从事机械维修、管道维护的技术工人阅读并参照实施。也可作为中等和高等院校机械工程类、动力工程类、电力工程类、石油工程类、水力工程类、海运工程类、化学工程类、设备管理专业的参考教材。

另外与本书相配套出版的《实用带压密封夹具图集》,可在此项技术应用的关键环节——夹具设计时加快出图速度,为现场实际操作提供了更为方便的条件。

图书在版编目(CIP)数据

注射式带压密封技术/胡忆涛著. - 北京:机械工业出版社,1998.12
ISBN 7-111-06768-1

I. 注… II. 胡… III. 高压密封-技术 IV. TB42

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第27379号

出 版 人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码:100037)

责任编辑:张亚秋 版式设计:张世琴 责任校对:孙志筠

封面设计:海之帆 责任印制:路 琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年12月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·21印张·515千字

0 001—3 500册

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

泄漏问题遍布一切生产领域及日常生活之中。人们时常根据看到的泄漏介质的名称及泄漏部位的名称，称其为漏气、漏水、漏油、漏酸、漏碱、漏盐；法兰漏、阀门漏、油箱漏、水箱漏、管道漏、填料漏、螺纹漏、焊缝漏、轴封漏、反应器漏、换热器漏、船漏、车漏、坝漏、屋漏等。泄漏有些只是造成介质的流失，而另一些则不然，特别是一些工业生产中易燃和易爆介质的跑、冒、滴、漏，可以说是企业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，轻则造成能源和物料流失、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。即使那些已经符合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。

注剂式带压密封技术正是为了解决生产中的跑、冒、滴、漏，而于 80 年代初在我国逐步发展和完善起来的，并被列为国家“七五”期间大力开发和推广的 70 个高新技术项目之一。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。可见注剂式带压密封技术有别于常说的堵漏或密封，是在泄漏已经发生，并在逐步扩大的前提下进行的再密封技术，具有避免停产、保护环境的显著特点。它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，得到有关方面专家、学者和企业经营者

的好评。据石化行业统计,我国从80年代初期开始应用注剂式带压密封技术至今,已为各类企业挽回经济损失达500多亿元人民币。

注剂式带压密封技术是一项实用性很强的新技术。但是,许多人还不了解它的全部内容和使用的价值,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,甚至怀疑注剂式带压密封技术的可行性和可靠性。因此,作者在从事十多年注剂式带压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。

本书的特点是作者以从事此项技术十多年的亲身经历为基础,以实用性为原则,由泄漏与密封的基本原理和特点出发,引出此项技术,遵循应用注剂式带压密封技术的自然顺序,依次介绍泄漏、泄漏部位、密封注剂、夹具、注剂旋塞阀、高压注剂枪、机具总成等。即按照与泄漏点接触的自然顺序成文,系统阐述了在“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,便于读者加深理解和自学。在附录中还介绍了与注剂式带压密封技术有关的安全知识、常见泄漏介质参数一览表、法兰及钢管标准,供读者实际应用此技术时参阅。

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,以及从事机械维修、管道维护的技术工人,无疑是一本好的工具书。同时它也可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的参考教材。

对于初学者,应当系统地学习注剂式带压密封技术的全部内容。实际作业时,应了解泄漏介质参数,准确测绘泄漏部位,设计出密封结构合理且刚度可靠的夹具,正确选用密封注剂,总结出符合安全规程的作业方法。对于已经学过此项技术,具备实际应用能力的人员,则可根据泄漏点的情况,结合本书的相关内容,直接在与本书配套出版的《实用带压密封夹具图集》中,选出相应的夹具设计图,标注出尺寸,即可投入加工,可有效地减轻此项技术的关键环节——夹具的构思、设计、绘图负担,方便快捷提高工效。

由于作者水平有限,错误和不足之处在所难免,敬希专家、同行及广大读者予以斧正。

作者

目 录

前 言

第 1 章 绪论 1

1.1 泄漏与密封 1

1.2 注剂式带压密封技术起源及 发展简介 3

第 2 章 基本原理和特点 11

2.1 密封原理 11

2.2 注剂式带压密封技术的基本原理 12

2.3 注剂式带压密封技术的基本特点 15

第 3 章 泄漏 17

3.1 泄漏形式 17

3.2 泄漏危害 18

3.3 泄漏检测 20

3.4 泄漏量计算 23

第 4 章 法兰及法兰泄漏 26

4.1 法兰设计理论及标准体系简介 26

4.2 法兰类型 28

4.3 法兰密封面型式 31

4.4 法兰垫片 47

4.5 法兰泄漏 51

第 5 章 设备及管道泄漏 54

5.1 焊缝缺陷引起的泄漏 54

5.2 腐蚀引起的泄漏 57

5.3 振动及冲刷引起的泄漏 59

5.4 冻裂引起的泄漏 61

第 6 章 阀门及阀门泄漏 62

6.1 常用工业阀门简介 62

6.2 阀门泄漏 65

6.3 其他泄漏部位 67

第 7 章 密封注剂 69

7.1 密封注剂的性能指标 69

7.2 热固化密封注剂 75

7.3 非热固化密封注剂 95

7.4 密封注剂的选用原则 106

第 8 章 夹具设计 110

8.1 夹具的作用 110

8.2 夹具的设计准则 110

8.3 夹具的强度计算 112

8.4 夹具材料选择 115

第 9 章 法兰夹具 118

9.1 法兰泄漏测绘 118

9.2 直接捻缝堵法 119

9.3 铜丝捻缝堵法 121

9.4 钢带堵法 123

9.5 凸形法兰夹具 127

9.6 凹形法兰夹具 139

9.7 孔板法兰夹具 141

9.8 法兰连接焊缝夹具 143

9.9 异形法兰夹具 144

第 10 章 直管夹具 146

10.1 直管泄漏的测绘 146

10.2 紧固法 146

10.3 方形直管夹具 151

10.4 圆形直管夹具 159

10.5 直管道局部夹具 162

10.6 直管组合式夹具 163

10.7 直管螺纹连接泄漏的密封方法 164

第 11 章 弯头夹具 165

11.1 弯头泄漏的测绘 165

11.2 90°弯头夹具 166

11.3 45°弯头夹具 173

11.4 局部弯头夹具 177

第 12 章 三通夹具	180	16.3 自动复位式高压注射枪复位弹簧 设计	233
12.1 三通泄漏的测绘	180	第 17 章 机具总成	242
12.2 三通夹具	181	17.1 注射式带压密封技术机具总成	242
12.3 异径三通夹具	184	17.2 简化操作过程的几种途径	249
12.4 局部三通夹具	187	17.3 机具常见故障及排除方法	253
12.5 四通夹具	188	第 18 章 操作方法及用具	257
第 13 章 填料夹具	191	18.1 注射式带压密封技术现场测绘	257
13.1 厚壁填料盒泄漏的处理方法	191	18.2 注射式带压密封技术现场 操作方法	263
13.2 薄壁填料盒泄漏的处理方法	192	18.3 注射式带压密封技术所用工器具及 防护用品	268
第 14 章 夹具设计综述	195	第 19 章 安全技术	273
14.1 泄漏介质物化参数对夹具设计的 影响	195	19.1 职业中毒	273
14.2 夹具的几个关键尺寸及特殊情况下的 处理方法	199	19.2 通风与噪声	277
14.3 低压大孔洞泄漏的处理方法	202	19.3 静电	279
14.4 注射孔的合理开设	204	19.4 燃烧与爆炸	281
14.5 夹具的支承固定问题	205	19.5 个人防护用品简介	289
14.6 泄漏部位的调整	205	19.6 注射式带压密封技术安全注意 事项	291
14.7 法兰及连接螺栓的附加应力 分析	205	第 20 章 现场应用实例介绍	296
14.8 管道的附加应力分析	208	20.1 法兰泄漏密封实例	296
第 15 章 注射剂接头	210	20.2 直管泄漏密封实例	307
15.1 注射旋塞阀	210	20.3 弯头泄漏密封实例	312
15.2 注射剂接头	212	20.4 三通泄漏密封实例	316
第 16 章 高压注射枪	217	20.5 阀门填料泄漏密封实例	322
16.1 高压注射枪的结构设计	217	20.6 其他部位泄漏密封实例	325
16.2 高压注射枪的强度设计	227		

第1章 绪 论

注剂式带压密封技术是专门研究原密封结构失效后,在流体介质外泄的情况下,在泄漏缺陷部位迅速重新建立密封体系的一门技术。在泄漏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同步发展。因而注剂式带压密封技术本身同样是现代工业生产高速发展的必然产物。进入90年代,新型材料和先进工具不断加入到这一技术领域之中,使这项技术在操作方法和可靠性方面日臻完善,应用范围不断扩大,其实用价值也愈来愈被更多的人所认识。本章首先介绍几个相关的概念和该项技术起源和发展简况。

1.1 泄漏与密封

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。但泄漏现象还是到处可见,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课题。

1.1.1 泄漏

凡是两侧存在压力差的隔离物体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。内漏一般是不可见的。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;外漏是系统内部空间与外部空间之间通过隔离物发生的介质传递。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:两空间之间隔离物体,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。

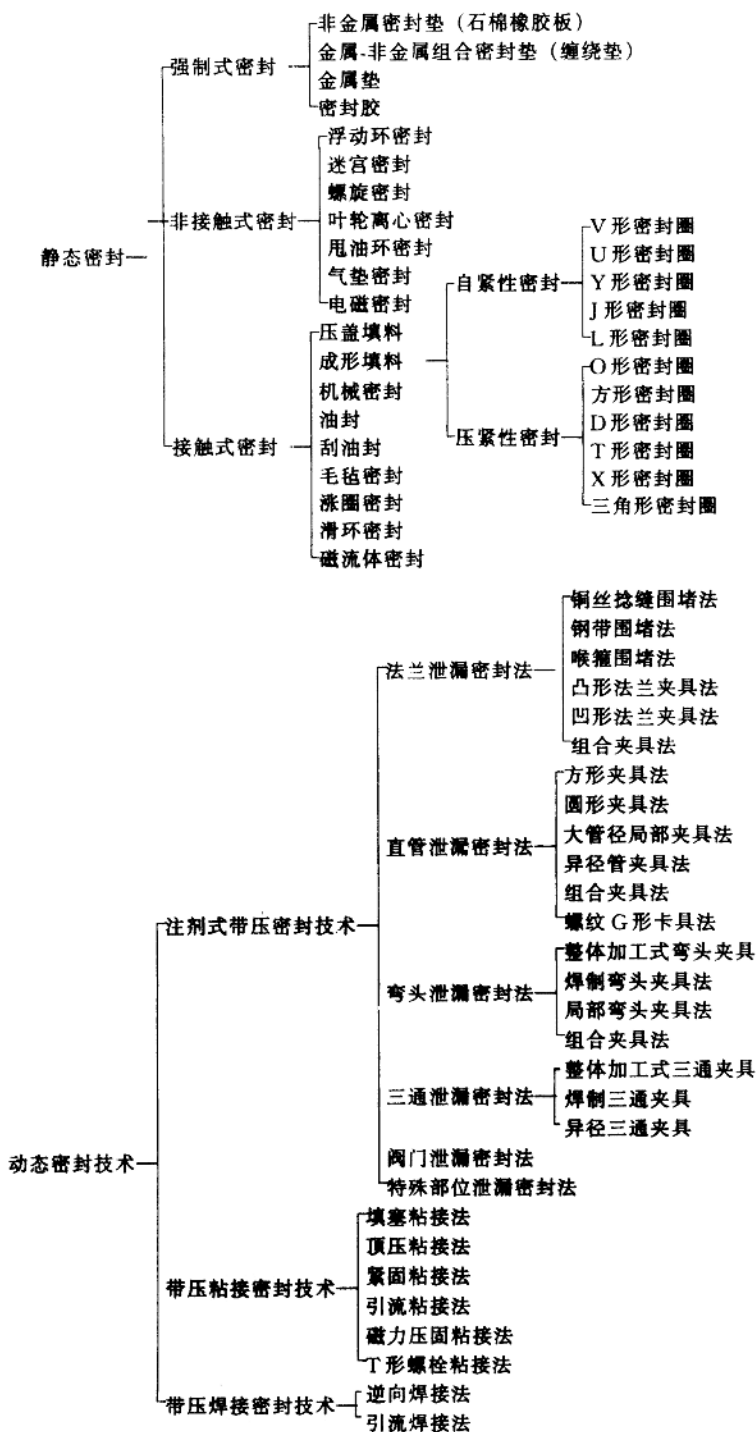
1.1.2 密封

能阻止或切断介质泄漏通道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。

1. 静态密封 这里的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。静态密封按使用场所的不同可分为:



2. 动态密封 动态密封是指原有的密封结构（包括静态密封技术建立起来的所有密封结构）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。用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，即这种密封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区分（见上页图）。

注射式带压密封技术属于“动态密封技术”范畴，是动态密封技术中现场作业最安全、成功率最高、使用最可靠、实用价值最高的作业方法。

1.2 注射式带压密封技术起源及发展简介

注射式带压密封技术最早起源于美国。1922年，美国人克莱·弗曼（Clay·Furman）灵活巧妙地将橡塑工业中的“热注塑成型原理”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的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品，且操作繁琐，成功率不高，服务对象寥寥无几。因为那时人们在压力容器、流体输送管道出现密封失效，以至造成介质外泄时都采取降温、降压或完全切断液体介质，并对易燃、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，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。因此人们开始注意到在不中断生产过程的状况下，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射剂，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。不过这一时期服务的对象及区域还是相当有限的，该公司只有4名工程师，知名度很低。

1928年，美国“工程导报”报导了注射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射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起突的年代里，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剂相继完善和研制成功,使注射剂式带压密封技术由中低温发展到了高温高压。

1967年该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,注射剂式带压密封技术无论在理论上还是在实用性上都趋于完善。

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,并在四十多个国家和地区设立了服务网点,专门经营这项技术。

90年代,该项技术得到高速的发展,一些人们难以想象的强腐蚀性介质的泄漏,在动态条件下,也被一一征服,并得到世界上各个国家的公认。归纳起来“注射剂式带压密封技术”主要在以下八大生产领域得到广泛应用。

1. 石油炼制及石油化工 注射剂式带压密封技术在这一领域内的服务工作是从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;其他如水洗系统中的循环气体(氢气、环乙烷、乙烯介质)的泄漏;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℃以下时的乙烯设备泄漏;真空设备泄漏等。

进入90年代,该项技术对于高度连续化生产的石油工业系统,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。

2. 热电厂与核发电厂 包括锅炉供水系统、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。

3. 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能降耗工作,用“注射剂式带压密封技术”修复低压供汽管道的泄漏缺陷。经常处理的部位是阀门压盖、填料和法兰连接处,还有焦油分馏塔大型法兰盘接头等的泄漏,采用该技术均能达到良好的效果。

4. 船舶 注射剂式带压密封技术已经成功地在核潜艇、航空母舰及大型油轮上完成了动态密封作业。作业的方式主要有两种:一种是训练船舶工程师直接掌握在海上进行动态密封作业程序,自我服务;另一种是由在岸上的工程技术人员向世界各主要港口或海上枢纽提供日夜服务。该技术除可修复一般连接系统的泄漏外,还可密封船体铆钉漏水。

5. 海上工程 伴随现代海洋石油开采的迅猛发展,海上石油、天然气平台及输油、输气管道发生泄漏也是不可避免的。英国弗曼奈特公司可将作业人员及设备,用直升飞机或海上供应船运到海上生产平台或海上任何地点,对已发生的泄漏进行有效快速密封。

水下作业方面,可在潜水员及潜水密封舱的帮助下,有效地消除水下流体输送管道上出现的泄漏。

6. 造纸工业 在纸浆及造纸工业生产中,易发生泄漏的多是低压或高压锅炉供水及蒸汽输送系统。需要动态密封作业的有阀门压盖、阀套接头、带有测流量孔的连接法兰、螺纹管接头、焊缝及有缺陷的管子等,泄漏介质压力在 3.5~14MPa 之间。其他如纸浆加工输送管道上的阀门泄漏,不论泄漏的是白液还是黑液,均可用注剂式带压密封技术进行动态密封作业,效果很好。另外,生产线上工作的搅拌机的慢速转轴上动密封点上出现的泄漏,也可以用该技术在不停机的情况下实现再密封。

7. 食品工业 酿酒厂、软性饮料厂、罐头厂等食品加工厂的低压蒸汽输送管道是注剂式带压密封技术的主要服务对象,泄漏部位有管道的螺纹连接处、蒸发器及管道上的法兰连接处、排水管和分节储槽,采用该技术均可收到良好的效果。值得一提的是带有密封套的慢速转轴处的液体泄漏,完全可以在设备运转中,利用该技术的特点进行动态密封作业,达到重新密封的要求。

注剂式带压密封技术在食品加工工业中应用的前提是所用密封注剂绝对不得污染被密封的流体介质。弗曼奈特公司研制的一种新型白色密封注剂是完全按照食品工业的特点和要求进行配制的,其配方中的基体材料、固化体系、填充材料均符合有关规定,并已得到美国食品及药物管理局的认可,这种密封注剂可以在不停产的情况下,对食油、糖类等设备上的孔洞、裂纹进行动态密封作业,密封注剂与含水及油腻食品接触,无任何化学变化,不必担心污染问题。另外用这种白色密封注剂压制成形的密封制品的用途也很广,它可以有效地用作大桶盖的包装密封。在制糖厂这种密封制品在结晶压盖密封上,取得了良好的防漏效果。

8. 流体输送管道 天然气、石油输送管道、煤气公司、供热工程公司等企业时常需要在不间断输送流体介质的条件下,对腐蚀的孔洞、裂纹、连接法兰、螺纹管接头、套筒接头、阀门密封点、焊缝缺陷等出现的泄漏,迅速有效地消除。采用注剂式带压密封技术对上述部位的泄漏均可在动态条件下进行作业。密封寿命不少于一个检修周期,最长寿命已达三年,仍无泄漏发生。

表 1-1 是英国弗曼奈特公司采用注剂式带压密封技术实际应用情况统计表(保留英寸)。该表扼要说明了此项技术在石油、化工等行业的应用成果。

表 1-1 注剂式带压密封技术应用情况统计表

序号	企业名称	泄漏部位	泄漏介质参数					密封注剂牌号	安全措施
			泄漏介质	温度/℃	压力/MPa	毒性	易燃性		
1	B.P.B	法兰 (4个螺栓)	醋酸	144	1.08	中	中	F77D F73X	面罩
2	B.P.B	法兰 (4个螺栓)	醋酸	121	0.88	大	中	D XI	防酸服、通风、清洗
3	B.P.B	法兰 (6个螺栓)	醋酸+乙烯+氧	25	0.703	大	大	D F73X	换螺栓、防酸服、蒸汽无火花工具
4	N.E.T	法兰 (4个螺栓)	氨	30	16.46	大	中	A	防酸服、通风

(续)

序号	企业名称	泄漏部位	泄漏介质参数					密封注剂牌号	安全措施
			泄漏介质	温度/℃	压力/MPa	毒性	易燃性		
5	RIC	法兰 (4个螺栓)	氨	-30	1.36	大	—	F100E	防酸服、清洗、通风
6	I.C.I	法兰	硝酸铵	25	0.014	大	大	F80 CS	通风
7	I.C.I	阀门盖 (BONNET)	22°冷冻剂	0~30	1.06	大	—	F100	清洗、通风
8	SHELL. STANLOW	控制阀 (22"GLAND)	催化剂+油	660	0.246	—	大	FIBRECART	防热、清洗、无火花工具
9	TEXA.CO	风筒	催化剂+90%空气	700	0.211	小	小	FIBRECART	
10	CONO.CO	换热器管塞	汽油	343	3.52	—	中	F77V	无火花工具
11	B.P.OIL	3"阀门盖	汽油+油气	260	0.773	—	中	F77V F81MD	清洗、无火花工具
12	U.K.F	阀门 (1"GLAND)	H ₂ +CO ₂ + CO+蒸汽	280	2.6	中	大	FIBRECART	清洗、火花工具
13	MONSANTO	法兰 (16个螺栓)	80% H ₂ +20% H ₂ O	300	1.74	—	大	DOR XI	氮气保护
14	I.C.I	法兰	65% H ₂ +13CO ₂ +17% CH ₄ +5% CO	228	5.76	大	大	D XI	清洗、无火花工具
15	I.C.I	GLAND	HCE	100	1.05	大	小	F100	清洗
16	CULFT OIL	6"法兰	液化气	25.6	0.88	大	大	M D	清洗、无火花工具
17	BAYAMGL	GLAND (不锈钢)	液态乙烯	-101	0.703	中	大	F100 BAKERSEAL	清洗
18	B.P.L	阀门 (GLAND)	石脑油	25	0.886	中	大	M D	清洗、无火花工具
19	I.C.I	法兰	石脑油	400	1.74	中	大	(F77V) F100	无火花工具
20	B.P.C	法兰 (铜容器)	CH ₃ CH ₂ COOH PROPRIONIC 酸	150	0.968	大	—	F77C F100	防酸服、通风
21	B.P.B	管接头	磷酸	246	6.68	中	—	F100	通风
22	I.S.C	16"法兰 1/4 间隙缝	硫酸	70	常压	大	—	C F100	防酸服、通风
23	I.C.I	衬里管线法兰	硫酸	100	0.035	大	小	F77C	防酸服、蒸汽清洗
24	STANLOW	WRD 的破裂	合成气	400	1.65	中	大	A E	清洗、无火花工具
25	NET	法兰	合成气	5	10.54	小	大	V	清洗、无火花工具
26	I.C.I	1/2"闸阀	THERMEX	350	0.703	中	大	F77D	通风、清洗

目前,在动态条件采用,注射式带压密封技术实现再密封的工艺介质已达到 300 余种。从理论上说,只要有相应的密封注射剂,所有的泄漏介质都可以采用此项技术进行动态密封作业。

在英国,每年采用注射式带压密封技术,在动态条件下消除各种泄漏点达一万八千多个,其中 16% 是 10MPa 以上的高压系统。在日本,英国弗曼奈特公司与日本富士电机株式会社合办的专门从事动态密封作业的公司,曾在 10 天内,完成动态密封作业达一百五十多处。进入 90 年代,在欧洲、亚洲、美洲、非洲、拉丁美洲近百个国家和地区均能找到注射式带压密封技术应用和服务的足迹。注射式带压密封技术为人类的物质生产发展起到了重要的作用。

注射式带压密封技术在我国的开发和应用始于 80 年代初。伴随我国工业生产规模的不断扩大及生产连续化程度的不断提高,工业生产装置及各种流体介质输送管道上出现的泄漏已逐渐引起人们的重视。因为泄漏的存在,特别是易燃、易爆介质的外泄,可以说是连续化生产过程中最不安全的因素之一,许多恶性事故的直接祸根就是泄漏。泄漏所引起的最显而易见损失就是为了消除一处小小的泄漏缺陷而把一个系统或一套生产装置停下来,有时还需要置换、吹扫、通风等附加措施,浪费了大量的人力物力。70 年代末期,当时我国经济开始复苏,并大规模引进国外的先进技术和设备。我国出国考察人员在西方某家公司观看了一次英国弗曼奈特公司采用注射式带压密封技术为客户现场动态密封服务的场面,受到了很大的启发。当时我国石油、化工等行业中的跑、冒、滴、漏问题一直威胁着连续化生产装置的安全运行,而且尚无一种行之有效的方法可在动态条件下加以消除。而从现场实际应用的情况看注射式带压密封技术在安全性、可靠性、成功率等方面,明显优于当时我国钢铁、石油、化工等行业采用的各种动态密封技术手段。若能对这项技术进行深入研究和应用,将会在我国石油、化工、电力、流体贮备及输送行业产生巨大的经济效益。回国后,我国工程技术人员对注射式带压密封技术进行了较为详细的剖析和研究。1980 年 2 月在《设备、管道泄漏的密封堵漏技术》一文中阐述了注射式带压密封技术的基本原理,提出了在动态条件下,消除泄漏的工艺途径和方法。这是我国第一篇关于在动态条件下实现再密封目的的论文,它揭开了我国动态密封技术研究走向工业实用化途径的序幕。中国航天工业部、中国石化总公司、化学工业部集中了一批有丰富经验的工程技术人员和科研人员,成立了专门的技术攻关科研组,着手大力开发注射式带压密封技术,并制定了分阶段的研究任务。全部研究和开发工作按该技术的特点,分四个阶段进行,从四个方面展开。

四个阶段:

第一阶段,理论研究和探索。从理论上研究动态条件下重新建立密封结构的设想及可能性,完成理论论证。

第二阶段,研究动态条件下重新建立密封结构的技术途径和工艺方法。

第三阶段,硬件的研究和试制,即实现上述工艺途径所需的各种机具的研究、设计、制造。

第四阶段,在试验台上进行全套注射式带压密封技术的试验,验证该项技术的可行性和可靠性,考核各种工器具的使用性能,同时考核密封注射剂的可射注性能,耐介质性能和使用寿命。

四个方面:

第一方面,密封注射剂的理论研究和生产工艺途径。

第二方面,现场注射用高压注剂枪、动力系统、动力输送连接系统的研究和试制。

第三方面,该项技术所用夹具的结构形式和制造工艺。

第四方面,现场操作技术的研究及其安全保护措施的研究和制定。

在初期的研究工作中,试验对象首先选择的是0.6~0.8MPa的低压蒸汽系统泄漏,并将实验所取得的经验及成果逐步移向生产装置上的实际泄漏点。中国石油化工总公司、中国航空工业部有关单位分别参加了这项技术的研究和开发工作,到1983年底,已基本完成了低压蒸汽系统动态条件下实现再密封的研究和考核工作。注剂式带压密封技术的研制成功,填补了我国在动态密封领域内的又一空白,基本达到或接近国外同等技术水平。

1984年7月在中国设备管理协会第一次年会上,公开发表了我国第一篇有关动态密封领域内的论文《不停车带压密封技术》,受到与会代表的重视。1984年9月,国家经委、中国设备管理协会在天津召开了“不停车带压密封技术”交流会,会上天津代表和辽宁代表分别介绍了他们各自研究、开发、应用这项技术的有关情况,到会代表强烈要求尽快在全国范围内推广应用这一新技术成果,发挥更大的社会效益。

1984年10月,中国石油化工总公司在辽阳化纤公司召开了“带压堵漏技术座谈会”。会议期间进行了动态密封领域各种堵漏密封技术的经验交流,开发和应用单位在现场进行了技术表演,研究讨论了今后开展动态密封工作的方向和途径。

1985年,在第13届日内瓦国际新发明、新技术展览会上,中国航空工业部自力更生研制成的注剂式带压密封技术荣获大会颁发的银质奖章,这是我国首次参加这样大型的博览会。我国广大工程技术人员,勇敢地向现代动态密封技术领域高峰攀登,经过几年来的不断努力,六百多次试验,终于研制成功了独具特点的高压注剂枪、密封注剂及其配套的各类夹具,为国内百余家企业进行了技术转让和服务,并已走出国门,迈向世界。

在国内,动态密封技术领域内的科研成果不断转化为生产力,特别是在成果的推广应用工作中取得了可喜的成绩。进入90年代中期,已有炼油厂、化工厂、化肥厂、化维厂、有机合成厂、树脂厂、碱厂、电石厂、供水厂、染料厂、动力厂、造纸厂、碳素厂、铁合金厂、热电厂、水电厂、采金厂、粮油加工厂、铁路、油库船舶、军工、煤气公司等数千家大型企业引进和采用了这项技术。在动态条件下重新密封泄漏缺陷,对减少能源、物料流失、保护环境,特别是在避免连续化生产企业非计划停产损失方面,起到了巨大的作用。相当一部分企业还建立了专业化的密封堵漏作业组,专门处理本单位内的各种泄漏事故,在设备管理和设备维护活动中发挥了很大的作用。据不完全统计,从80年代初期到90年代中期,我国在动态密封技术的实际应用中,共处理各种泄漏点达两万多个,已收到经济效益达700亿元人民币,并且避免了许多恶性事故的发生。

表1-2是我国北方某公司应用动态密封技术成果统计表。该表的数据是从他们近几年在生产现场实际处理的2000多个泄漏点中选出的有代表意义实例。

表 1-2 动态密封技术成果统计表

序号	企业名称	产品或车间	泄漏部位	泄漏介质参数					密封注剂牌 号	采用方法
				泄漏介质	温度/℃	压力/MPa	毒性	易燃性		
1	—O—厂	硝基苯加氢	φ108mm 管盲头	蒸汽	230	2.5	—	—	KODA2 型	注剂式 两等分焊制夹具

(续)

序号	企业名称	产品或车间	泄漏部位	泄漏介质参数					密封注剂牌 号	采用方法
				泄漏介质	温度/℃	压力/MPa	毒性	易燃性		
2	一〇一厂	硝基苯加氢	DN50mm 弯头冲刷孔洞	蒸汽	150	1.0	—	—	KODA2 型	注剂式 焊制夹具
3	一〇一厂	蒸汽总管	DN250mm 直管焊接缺陷	蒸汽	230	2.5	—	—	KODA2 型	注剂式 圆形夹具
4	一〇三厂	丙烯酸酯	夹套法兰角焊缝	丙烯酸	80	0.6	大	中	KODA2 型	注剂式 定位圆夹具
5	一〇三厂	丙烯酸酯	DN250mm 阀体铸造沙眼	蒸汽	230	3.0	—	—	KODA2 型	带压焊 + 注剂式 借助焊接定位夹具
6	一〇三厂	环氧乙烷	法兰	环氧乙烷	-40	1.6	大	大	KODA6 型	注剂式
7	一〇三厂	丙烯酸酯	DN450mm 法兰	熔盐 硝酸钠 + 硝酸钾	340	0.6	—	—	KODA4 型	注剂式 增设密封圈
8	一〇三厂	丙烯酸酯	仪表线分汽缸 (同时泄漏四个点)	蒸汽	230	2.5	—	—	KODA2 型	注剂式 设有四个密封空腔夹具
9	一〇四厂	乙烯	压缩机压盖大法兰	蒸汽	400	8.9	—	—	KODA4 型	带压焊 + 注剂式 四组不规则异形夹具
10	一〇四厂	乙烯	DN32mm 插口三通角焊缝	氢氧化钠	80	1.3	大	中	KODA2 型	注剂式
11	一〇四厂	乙烯	法兰	急冷油	140	0.6	小	大	KODA2 型	注剂式
12	一〇四厂	乙烯	法兰	轻柴油裂解气	180	1.3	中	大	KODA2 型	注剂式
13	一〇四厂	乙烯	法兰	氢气	120	1.3	—	大	KODA2 型	注剂式 氮气保护
14	一〇四厂	乙烯	法兰	混合芳烃	-136	1.6	大	大	KODA6 型	注剂式 18—8 夹具
15	一〇四厂	乙醇	法兰	乙烯 + 磷酸	270	6.8	大	大	KODA2 型	注剂式
16	一〇四厂	高冲	DN1800mm 搅拌釜封头法兰	苯乙烯	125	0.6	大	大	KODA2 型	注剂式 局部夹具
17	一〇四厂	制醚	DN25mm 三通焊口缺陷	乙醚	20	0.9	大	大	KODA2 型	注剂式 氮气保护
18	一〇四厂	丁二烯	阀门压盖椭圆形	丁二烯	30	1.2	大	大	KODA2 型	注剂式

(续)

序号	企业名称	产品或车间	泄漏部位	泄漏介质参数					密封注剂牌 号	采用方法
				泄漏介质	温度/℃	压力/MPa	毒性	易燃性		
19	一〇四厂	苯乙烯	DN1400 浮阀塔 腐蚀穿孔	甲苯	125	0.07	大	大	采用封闭剂	粘接式 填塞粘堵法
20	一〇四厂	芳烃	法兰	环丁酮	60	0.2	大	大	KODA4 型	注剂式
21	一〇四厂	动力	DN40mm 焊接角 焊缝气孔	蒸汽	400	8.9	—	—	KODA6 型	注剂式
22	一〇五厂	催化裂化	DN100mm 阀门 填料	蒸汽	400	1.0	—	—	KODA6 型	注剂式
23	一〇六厂	锅炉	DN20mm 阀门 铸造缺陷	过热水	230	18	—	—	KODA2 型	焊接式 + 注剂式
24	一〇六厂	汽机	DN800mm 法兰	蒸汽	260	1.3	—	—	KODA2 型	注剂式
25	一〇六厂	锅炉	DN25mm 热爆 弯头	过热水	230	14	—	—	KODA2 型	注剂式
26	二〇一厂	5 ^号 车间	DN80mm 阀体 铸造缺陷	导热油	150	0.6	小	大	KODA2 型 + 封闭剂	注剂式 + 粘接式

注剂式带压密封技术是一项具有很高实用价值的新技术。虽然我国在这项技术领域内的研究和开发工作起步较晚,但发展的相当迅速,并且在实践中创造出了许多新的方法和工具,并有多项成果获得了国家专利权。在该项技术掌握上我国走出了一条引进、学习、消化、提高,走向世界的成功之路。目前我国该项技术已成功地向许多国家进行了技术转让,取得了可喜的成果。