

中等专业学校教材

化学工业出版社

橡胶制品工艺

吴晓谦
主编

30.6
5



(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

橡胶制品工艺/吴晓谦主编. —北京: 化学工业出版社, 1993. 6
中等专业学校教材
ISBN 7-5025-1178-4

I. 橡… II. 吴… III. 橡胶制品-橡胶加工-生产工艺-专业学
校-教材 IV. TQ330.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第 03097 号

中等专业学校教材

橡胶制品工艺

吴晓谦 主编

责任编辑: 杨 菁

封面设计: 任 辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 400 千字

1993 年 6 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 7 次印刷

ISBN 7-5025-1178-4/G·313

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是根据 1990 年 7 月在天津召开的化工部教育司中专学校橡胶专业协作会议精神和《橡胶制品工艺》教材编写大纲的要求编写的。

为适应国家建设需要,结合当前实际生产,教材具有以下特点:

1. 内容全面,重点突出。橡胶制品品种繁多,只能介绍有代表性的典型产品,如胶管、胶带、胶鞋及工业制品等。

2. 抓住共性,突出个性。书中包括产品的性能与用途;主要类型及品种;结构设计原理与方法;配方设计原理与方法;工艺制作条件与方法等。每章中均保持了各个制品自身的独立性。第一章胶管以结构设计原理、配方设计原理及工艺加工方法为主。第二章胶带主要介绍了运输带最大张力的选择和宽度计算、布层层数的确定;三角带强力层位置及工作面夹角的确定;胶带主要胶料的配方设计及加工方法等。第三章胶鞋主要介绍了布面胶鞋的平面设计方法;胶制件配方及工艺加工方法。第四章工业制品以特性配方及模具设计方法为主,并介绍了几种典型的模型及非模型制品加工方法等。

3. 面向现实,照顾发展。例如:胶管工艺中介绍了包铅硫化;胶带工艺中介绍了耐燃运输带、钢丝绳运输带、聚氨酯浇注同步带;工业制品中介绍了注压法、微波硫化;胶鞋工艺中介绍了注塑、浇注成型法等。

4. 把握目标,突出实践。扭转了过去忽略工艺的内容,单纯追求理论和照搬大专教材的倾向。在各章节工艺部分均增添了“生产中经常出现的质量问题及分析处理方法”等内容。对于必要的理论部分,力求通俗易懂,突出于应用。

5. 抓住基本,举一反三。为适应新的教学方法需要,每章设有例题、配方及工艺流程举例等,扩大学生思维,便于学生自学及讨论。

第一、四章由天津橡胶学校吴晓谦编写,第二章由徐州化工学校朱信明编写,第三章由广州橡胶学校范萍萍编写。最后由吴晓谦统稿。并承请北京橡胶研究院谢忠麟主审。

由于编写水平及时间所限,缺点和错误难免,恳请广大读者批评指正。

编者

1992. 12

内 容 提 要

本书是在化学工业部教育司于1990年7月在天津召开的中专橡胶专业协作会议精神指导下,根据《橡胶制品》教材编写大纲规定内容编写的。

主要介绍了胶管、胶带、胶鞋及工业制品中典型产品的结构、配方及工艺加工方法等内容。可供橡胶中专学校或化工类中专学校橡胶专业用,也可供橡胶工厂企业各类培训班、职工教育,以及技校、职业学校广大师生参考。

目 录

第一章 胶管	1
第一节 概述	1
一、胶管的用途与命名	1
二、胶管的规格与计量表示方法	1
三、胶管的发展方向	1
第二节 胶管的结构与类型	2
一、胶管的基本结构	2
二、胶管的类型	2
三、胶管的技术性能要求	5
第三节 胶管的结构设计	7
一、胶管结构设计原理	7
二、结构设计的方法	11
第四节 胶管的配方设计	20
一、配方设计原则	20
二、各主要部件胶料技术要求	20
三、通用胶管的配方设计	21
四、配方举例	22
第五节 胶管的工艺制作方法	23
一、半成品的准备工艺	23
二、胶管的成型	29
三、胶管的硫化	34
四、胶管成品试验	38
五、胶管生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	41
练习题	43
第二章 胶带	45
第一节 运输带	45
一、运输带应用范围及发展趋势	45
二、运输带的品种及结构特点	46
三、运输带规格及计量表示方法	49
四、运输带结构设计及计算	50
五、运输带的配方设计	51
六、运输带的制作过程	54
第二节 传动带	67
一、传动带的品种及结构	68
二、传动带规格及计量表示方法	73
三、传动带的结构设计及计算	74
四、传动带的配方设计	79
五、传动带工艺制作方法	81
练习题	97
第三章 胶鞋	99

第一节 概述	99
一、胶鞋品种的分类与发展	99
二、胶鞋的结构与设计概述	101
第二节 结构设计	105
一、脚型与鞋号	105
二、鞋楦设计	107
三、鞋帮设计	116
四、大底设计	132
第三节 胶鞋配方设计	140
一、配方设计原则	140
二、配方整体设计	142
三、主要部件胶料的配方设计	143
第四节 胶鞋制造工艺	157
一、粘制法制造工艺	157
二、模压胶鞋的制造	170
三、注压胶鞋的制造	172
四、胶鞋主要的质量问题	173
五、胶鞋成品	175
练习题	175
第四章 模型与非模型制品	177
第一节 特殊性能配方设计	177
一、耐油胶料的配方设计	177
二、耐热胶料的配方设计	179
三、耐寒胶料的配方设计	183
四、耐腐蚀胶料的配方设计	185
五、绝缘胶料的配方设计	187
六、导电胶料的配方设计	190
七、耐臭氧、天候老化胶料的配方设计	190
八、防辐射胶料的配方设计	191
第二节 密封制品	192
一、主要的密封制品	192
二、密封制品的工艺制作方法	199
三、模型制品生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	205
第三节 模型设计	206
一、模具的组成与分类	206
二、模具设计原则	207
三、模具设计方法	208
第四节 胶板制品	219
一、品种及结构	219
二、配方设计原则与配方举例	220
三、胶板的工艺制作方法	221
四、生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	224
第五节 胶布制品	225

一、胶布制品的品种、用途与结构	225
二、配方设计原则与举例	227
三、胶布制品的工艺制作过程	229
四、生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	233
第六节 硬质胶制品	235
一、硬质胶的硫化原理及性能特点	235
二、硬质胶的配方设计原则、配方举例	236
三、混炼工艺	237
四、硫化方法	238
五、硬质胶生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	239
第七节 胶辊制品	239
一、配方设计原则及举例	240
二、胶辊的工艺制作方法	242
第八节 海绵制品	244
一、配方设计原则与配方举例	244
二、海绵制品工艺制作方法	247
三、生产中经常出现的质量问题及分析处理方法	248
练习题	249

第一章 胶 管

第一节 概 述

一、胶管的用途与命名

胶管是由内、外胶层、骨架层加工制成中空管状制品,广泛应用于工农业生产及交通运输各部门,在不同压力下输送固体、液体或气体介质。例如:汽车用刹车胶管、农业用排吸胶管,各种输油、输蒸汽、输酸碱等胶管。胶管的生产是橡胶工业的重要组成部分,对促进工农业生产、交通运输事业的发展起着重要作用。

胶管的种类很多,统一命名的方法是以材料、结构、用途的不同而命名,产品全称为:材料+结构(工艺)+用途+胶管。

例如:棉线编织耐油胶管;钢丝缠绕耐压胶管等。

二、胶管的规格与计量表示方法

(一)规格表示方法

一般是以内径尺寸(mm)×骨架层数×长度(m)——工作压力(MPa)来表示。骨架材料的层数代号按结构而定。夹布胶管类以“P”表示;棉线编织胶管以“C/B”表示;钢丝编织胶管以“W/B”表示;缠绕胶管以“S”表示。

例如:Φ25×3P×20——0.15 意义是内径 25mm,骨架为三层夹布结构,长度 20m,工作压力为 0.15MPa。Φ25×3C/B×20——10 意义是内径 25mm,骨架为三层棉线编织层,长度 20m,工作压力 10MPa。若骨架层为 2W/B 表示 2 层钢丝编织层,2W/B 表示 2 层钢丝缠绕层,2C/S 表示 2 层棉线缠绕层。

(二)计量表示方法

一般以内径(cm)×长度(m)来表示。例如:Φ5.1cm×20m 计量表示为 102cm·m。Φ10cm×20m 计量表示为 200cm·m。计量数值可用来表示某生产单位的生产能力。

三、胶管的发展方向

近年来胶管生产的发展趋势为无接头大长度、大口径、高耐压。长度最高者达 600m,口径最大为 1.5m,最高爆破压力可达 20~30MPa。由于使用条件的苛刻,要求在耐高压、低压、脉冲性能及耐介质环境等方面具有较高的综合要求。因此,胶管的生产与研究应向着不断改进工艺,改进骨架材料,扩大使用新型高分子材料方面去发展。

胶管的骨架材料是胶管的增强层,其强度按棉→人造丝→维尼龙→尼龙→聚酯→钢丝的次序逐渐增加。骨架材料强度的增加,意味着骨架层数的减少和管体重量的减轻,相应地提高胶管的爆破压力、脉冲、曲挠性能。因此,以合成纤维代替天然纤维,以高强度碳素钢丝、不锈钢丝代替普通钢丝骨架,才能适应越来越高的技术性能要求。

胶管加工、成型方法的改进,直接关系到产品质量及生产效率的提高。如软芯、无芯成型法可以实现连续化生产,既简化工艺又可改善劳动条件。在硫化方法上采用新型硫化介质如熔盐硫化、微波硫化、色铅硫化等有利于产品外观质量改善及实现连续硫化。

随着胶管工业的不断发展和新型高分子材料的不断出现,采用橡胶与其它高聚物材料复合及并用制造胶管愈趋广泛。这类胶管不仅具有橡胶管耐高压及柔软、弯曲性能而且具有优于橡胶的抗介质、抗臭氧老化性能。常选用的材料如聚乙烯,具有优越的耐酸碱性;聚氯乙烯具有优越的耐溶剂、耐油性;聚四氟乙烯具有优越的耐酸、碱及电化学腐蚀性,耐溶剂性;氯磺化聚乙烯、氯化聚乙烯具有优越的耐溶剂及耐臭氧老化性。

由于液压技术不断发展,合成树脂软管的发展尤为迅速。其最大特点是无需硫化,且简化工艺、节省能源、提高效率、降低成本,有利于连续化生产,密度小于橡胶管,耐腐蚀、耐溶剂、耐臭氧老化性及外观色泽等方面均优于橡胶管。常用的合成树脂材料有苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物、聚酯系热塑性弹性体、氯化聚乙烯、改性聚氯乙烯等。近年来,国内外市场上越来越多的高压合成树脂软管迅速开发,并逐渐代替橡胶管。这类胶管在耐压及使用条件上更为苛刻,因此,在选用材料及制造工艺上提出更高要求。一般是采用高强度合成纤维及钢丝作骨架,通过编织或缠绕制成,并用特殊的技术予以整体结合。

第二节 胶管的结构与类型

一、胶管的基本结构

胶管大体由 3 个基本部位组成。

(一)内胶层

是胶管的主要工作面,也是第一工作面,它直接与输送介质接触,其作用是支撑管体、保护骨架层。技术要求有以下几点。

1. 具有良好的耐介质性能,抵抗接触介质的腐蚀。
2. 具有足够的硬度和挺性,以适应工艺加工时变形和压力的需要。一般内胶层硬度在 60~70(邵氏 A),可塑度在 0.2~0.3 左右为宜。

(二)骨架层

是胶管承受压力的部位(如正压或负压),由纤维材料或金属材料组成,也是胶管的增强层。技术要求有以下几点。

- ①具有良好的加工性能,以保证胶料与骨架材料顺利地加工为一个整体。
- ②具有良好的粘合性能。必要时要进行专门的处理。
- ③具有良好的耐曲折性能。为满足这一要求,骨架材料的品种、结构及工艺加工方法是主要关键。

(三)外胶层

为胶管的第二工作面,其作用是保护骨架及管体。技术要求有以下几点。

- ①具有良好的耐老化性能,如耐光、臭氧及天候老化。
- ②具有良好的耐摩擦、耐撕裂性能。

为达到以上要求,胶管的外胶层常采用丁苯橡胶、氯丁橡胶制作。

二、胶管的类型

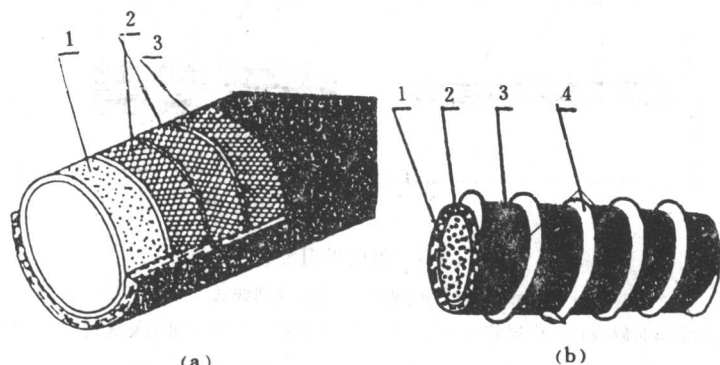
(一)夹布胶管

夹布胶管若按使用条件、工作压力及结构的不同,可分为以下 3 种。

1. 耐压胶管

在工作压力高于大气压力下输送物料。由内胶层、胶布层、外胶层组成。根据使用压力及

工作条件的需要可在外层用金属钢丝铠装。见图 1-1。



(a) (b)

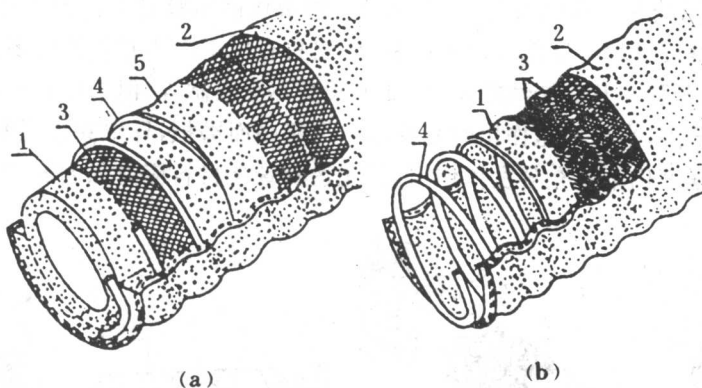
图 1-1 夹布耐压胶管

(a)夹布耐压胶管;(b)铠装夹布胶管

1—内层胶;2—夹布层;3—外层胶;4—铠装金属丝

2. 吸引胶管

分为埋线和露线式两种。埋线式是指骨架层中金属螺旋线埋在胶布层中间。它是由内胶层、胶布层、金属螺旋线、中间胶层、胶布层、外胶层组成,结构见图 1-2(a)。露线式是由金属螺旋线、内胶层、胶布层、外胶层组成,结构见图 1-2(b)。



(a) (b)

图 1-2 吸引胶管

(a)埋线吸引胶管;(b)露线吸引胶管

1—内层胶;2—外层胶;3—夹布层;4—金属螺旋线;5—中间胶层

露线式吸引胶管的金属螺旋线在胶管的内壁,在使用过程中内胶层和胶布层不会出现早期脱落现象,但容易造成因内壁不光滑而淤积杂物,增大输送介质的阻力,并且不适于输送腐蚀性物质。因此,一般情况下都采用埋线式吸引胶管。只有在某些特殊条件下,如重型排吸胶管、潜水吸引胶管为露线式。

吸引胶管在工作压力低于大气压力(负压)下抽吸物料。

3. 耐压吸引胶管

是排吸两用胶管,可在高于或低于大气压力下输送、抽吸物料。其结构基本与吸引胶管相同,只是在布层之上再多一层金属螺旋线。按用途不同,又可分为内露线外铠装、内露线外埋线等形式,如图 1-3。

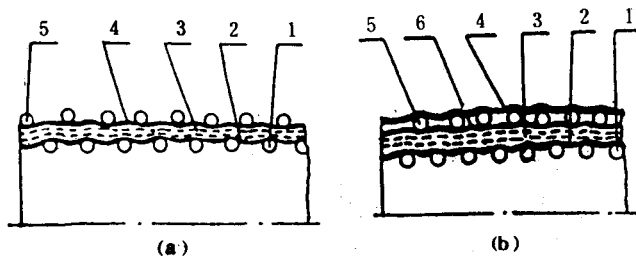


图 1-3 耐压吸引胶管

(a)内露线外铠装;(b)内露线埋线式

1—内金属螺旋线;2—内层胶;3—胶布层;4—外层胶;5—外金属螺旋线;6—中间胶

无论何种夹布胶管,其性能特点是工艺加工简单,易于掌握操作,管体挺性好,便于成型硫化,造价低,应用较广泛。但由于夹布胶管骨架层为挂胶帆布裁制而成,不能按理想平衡角加工,使夹布胶管具有工作压力较低,耐曲挠性差,易打折及龟裂老化,生产中劳动强度大,管体加工长度受限等缺点。

(二) 编织胶管

编织胶管的骨架层是在编织机上按理想设计的平衡角度编制而成。见图 1-4。

纤维编织胶管可采用棉线、人造丝、合成纤维等制作。一般棉线编织胶管工作压力为 0.5~2MPa。钢丝编织胶管工作压力为 8~17MPa。耐液压高压胶管工作压力可达 55MPa。

由于编织胶管是按设计角度编织骨架材料,使它具有优于夹布胶管的许多优点。如耐压强度高于夹布胶管数倍,脉冲及曲挠性能良好,加工长度不受限制等。但仍存在一定缺点,因为编织层仍有一定的缠节点,当受内压作用时容易因应力集中而磨损,导致夹布层断裂现象。说明编织胶管骨架材料强度仍不能充分发挥作用,只能达到骨架材料应有强度的 70% 左右。

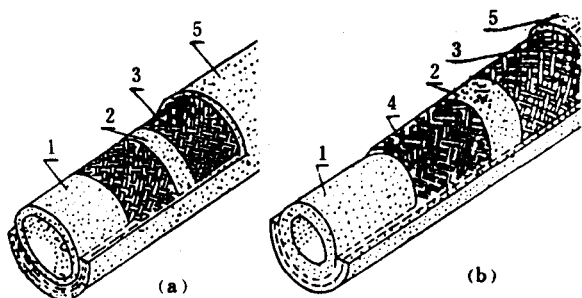


图 1-4 编织胶管

(a)棉线编织胶管;(b)钢丝编织胶管

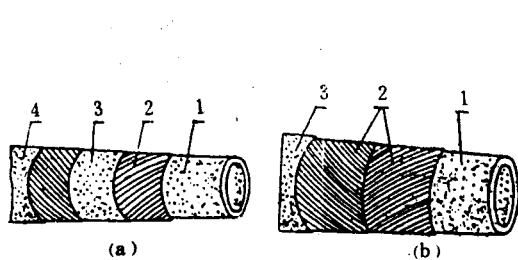
1—内层胶;2—中间胶层;3—棉线编织层;
4—钢丝编织层;5—外层胶

图 1-5 缠绕胶管

(a)有中间胶;(b)无中间胶层

1—内层胶;2—缠绕层;3—中间胶层;
4—外层胶

(三) 缠绕胶管

基于编织胶管仍存在某些缺点,因此,继编织胶管之后又发展了缠绕胶管。其结构与编织胶管相似,只是骨架层不是交织编织,而是按一定设计角度、同一方向呈螺旋状一层一层缠绕在内胶层上,其结构如图 1-5。

缠绕胶管其相邻的骨架线缠绕方向以胶管中心线为对称轴,相向缠绕而成。因此,缠绕胶管骨架层应是两层单向层为一层工作层,缠绕层数只能是偶数。

近年来,缠绕胶管有了很大发展,与编织胶管相比,具有许多优点,如骨架材料没有应力集中的缠节点,材料强度可以充分发挥作用,爆破压力高于编织胶管约 30~40%左右,而且管体轻、耐曲挠及脉冲性能良好,节省骨架材料。

由于编织和缠绕胶管是采用专用设备加工成型,因此,生产效率高、机械化程度高、产品质量好。

(四)其它胶管

除以上 3 种胶管外,还有许多其它结构胶管,由于使用条件及用途不同,结构、材料及性能各有不同,主要品种如下。

1. 全胶管

是由全橡胶层组成,其生产工艺简单,只需压出管坯及硫化即制成产品。如输水用普通全胶管、抽空设备用真空胶管、医用优质胶管。

2. 消防输水胶管

一般是由内胶层及圆筒编织层组成。

3. 橡塑复合型胶管

这类胶管内胶层是采用专用的高分子材料(如聚乙烯、聚四氟乙烯、聚氯乙烯等)制成,可采取挤出或贴合方法制成内层管坯,再根据不同要求分别制成夹布层、编织或缠绕结构的骨架,外胶层多数为橡胶,采用挤出或贴合制成,也可采用涂胶代替外胶层。成型后的管坯缠水布加压硫化而制成产品。复合型胶管硫化后,需经充分冷却后再脱水布、脱管芯、整理而成。

复合型胶管大多是应用在耐溶剂、耐腐蚀、耐臭氧老化等液压系统中。

4. 合成树脂软管

根据产品使用条件和耐压要求,可选择不同的合成树脂制作。常用的树脂有聚氯乙烯、改性聚氯乙烯、氯化聚乙烯、聚酯类热塑性弹性体、苯乙烯—丁二烯嵌段共聚物等,采取相应的加工及成型方法,一般加工、成型方法与胶管相似,只是不需硫化。制作树脂胶管时应注意在管坯挤出工艺中必须严格控制加热温度,使材料在半熔融状态下挤出,挤出后管坯及时冷却定型,并且管坯的牵引、卷取速度必须与挤出速度相匹配。

5. 专用胶管

根据不同使用条件及性能制成的各种异形结构的胶管,如汽车水箱弯管、排泥胶管、钻探用各种胶管、重型排吸胶管等。除此之外,由于矿山、井下作业需要在阻燃及防静电下操作,需用各种特殊高分子材料或填料制成阻燃及防静电胶管等特殊性能的胶管日愈繁多。

三、胶管的技术性能要求

胶管的技术性能要求的规定,是根据不同类型胶管制定的,主要有以下三方面。

(一)尺寸

包括内径、胶层厚度、长度的尺寸及公差。

(二)工作压力

1. 工作压力

是指设计规定的胶管可供使用的最大压力。

2. 安全倍数

是设计胶管时必须考虑的参数。为保证胶管使用中有一定安全性、可靠性,设计胶管时应

把骨架层数和强度放宽一定范围,此范围就是胶管的安全倍数。胶管的类型不同,安全倍数不同。

3. 爆破压力

胶管发生爆破时的压力称爆破压力。其数值为工作压力乘以安全倍数。

$$P_B = cP$$

式中 P_B ——爆破压力,MPa;
 c ——安全倍数;
 P ——工作压力,MPa。

4. 试验压力

为检验胶管强度而进行的非破坏性试验。通常是取工作压力的 1.5~2 倍。

(三) 胶管的物理机械性能

是指胶料的扯断强度、扯断伸长率、老化后扯断强度及扯断伸长率的变化率、胶层与布层、布层与布层间的附着力、耐介质系数等。表 1-1、表 1-2、表 1-3、表 1-4 为夹布输水胶管、编织氧气胶管的技术性能、物理性能指标。

表 1-1 夹布输水胶管技术性能

内径,mm		胶层厚度,mm \geq		工作压力 MPa	其它要求
公称尺寸	公差	内胶层	外胶层		
13	± 0.8	1.8	1.0	0.30 0.50 0.70 (3、5、7层)	1. 成品长度由使用方提出,经制造方同意确定 2. 成品长度公差,10mm 以下者为胶管全长的 1.5%;10mm 以上者为胶管全长的 1% 3. 爆破压力应不低于工作压力 3 倍
16	± 0.8	1.8	1.0		
19	± 0.8	2.0	1.0		
25	± 0.8	2.0	1.0		
32	± 1.2	2.3	1.0		
38	± 1.2	2.3	1.2		
45	± 1.2	2.3	1.2		
51	± 1.2	2.3	1.2		
64	± 1.5	2.5	1.5		
76	± 1.5	2.5	1.5		
89	± 1.5	2.5	1.5		
102	± 2.0	2.5	1.5		
127	± 2.0	2.5	1.5		

表 1-2 夹布输水胶管物理性能指标

性能名称		内胶层	外胶层
扯断强度,MPa		≥ 4.9	≥ 5.9
扯断伸长率,%		≥ 250	≥ 300
热空气老化 (70℃ \times 72h)	扯断强度变化率,%	+25~-25	
	扯断伸长率变化率,%	+10~-30	
附着力	各胶层与骨架层之间,kN/m	≥ 0.147	
	各骨架层之间,kN/m	≥ 0.147	

表 1-3 编织氯气胶管技术性能指标

内径,mm		胶层厚度,mm \geq		工作压力,MPa	其它要求
公称尺寸	公差	内胶层	外胶层		
6	± 0.3	1.5	1.2	1.5	1. 长度由使用方提出,经制造方同意确定 2. 长度公差为全长 1% 3. 爆破压力为工作压力 4 倍
8	± 0.5	1.5	1.2		
10	± 0.5	1.5	1.2		
13	± 0.8	1.5	1.2		

表 1-4 编织氯气胶管物理性能指标

性能名称		内胶层	外胶层
扯断强度,MPa		≥ 5.9	≥ 5.9
扯断伸长率,%		≥ 250	≥ 300
热空气老化 (70C \times 72h)	扯断强度变化率,%	+25~-20	
	扯断伸长率变化率,%	+10~-30	

第三节 胶管的结构设计

一、胶管结构设计原理

(一)胶管结构设计的意义和原则

结构设计是胶管生产的重要环节之一,它决定了胶管生产的工艺加工方法、所需设备类型,以及胶管的质量、生产效率、原材料消耗及成本的高低。

设计胶管时应考虑的原则首先是胶管使用条件,如输送介质、工作压力、环境温度等,根据这些要求确定骨架材质及结构。一般低压胶管多采用夹布骨架层或稀疏的纤维编织、缠绕结构;中压胶管多采用编织、缠绕结构;高压胶管则采用钢丝编织或缠绕结构。

另外应考虑产品标准,根据各类胶管所需技术要求进行设计;所用原材料必须满足技术要求,并应保证来源充足、成本低;所用设备合理、有较高生产效率。既要保证产品质量,又要有较高经济效益。

(二)结构设计的依据

1. 胶管的受力分析与应力计算

胶管受内压作用使管壁受力,当此力超过一定强度后,会引起管壁横向或纵向爆破。

设胶管为薄壁管状物体,见图 1-6(a)。假设此段管体为两端封闭的容器,内压 P 的作用必将产生两个分力, P_1 为垂直于管壁的作用力, P_2 为平行于管壁(或轴向)作用力,分别作用于管壁各个点,终将导致管壁破裂。 P_1 导致沿管壁轴向破裂; P_2 导致沿管壁横向破裂,详见图 1-6(b)。

通过图 1-7 和图 1-8 分析径向应力 P_1 ,轴向应力 P_2 的大小。

径向应力(P_1),假设胶管沿 A-A 面断裂为两个半圆时,半圆一侧所产生的力 N_1 为:

$$N_1 = \frac{DLP}{2}$$

式中 N_1 ——导致半圆一侧断裂的力,N;

D —— 胶管直径, mm;
 P —— 管内流体的压强, MPa;
 L —— 管体长度, mm。

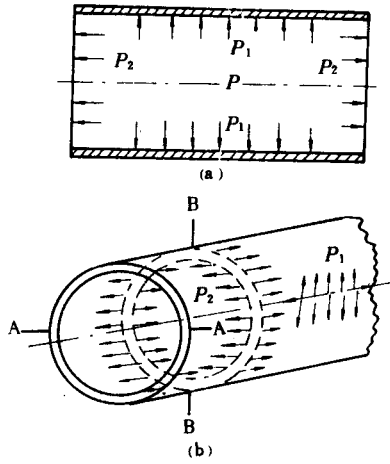


图 1-6 胶管受力分布图
 (a)作用力; (b)破裂

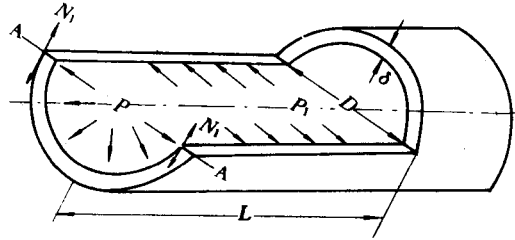


图 1-7 径向力分析图

由于管壁有一定厚度, 因此, 径向应力为

$$P_1 = \frac{DLP}{2\delta} = \frac{DP}{2\delta} \quad (1-1)$$

式中 δ —— 管壁厚度, mm;
 P_1 —— 径向应力, MPa。

轴向应力(P_2), 假设管体沿图 1-8 中 B—B 面断裂时, 产生的力 N_2 为:

$$N_2 = FP_2$$

式中 N_2 —— 作用于管壁轴向横截面上的内力, N;
 F —— 圆周的截面积($\pi D\delta$), mm^2 ;
 P_2 —— 轴向应力, MPa。

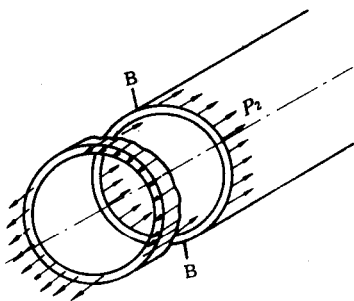


图 1-8 轴向力分析图

作用于管体截面积上的力 = $\frac{\pi D^2 P}{4}$

当受力平衡时, 管壁自身内力应与作用力相等。

$$\frac{\pi D^2 P}{4} = P_2 \pi D \delta$$

$$P_2 = \frac{DP}{4\delta} \quad (1-2)$$

由于 $P_1 = \frac{DP}{2\delta}$; $P_2 = \frac{DP}{4\delta}$ 。所以 $P_1 = 2P_2$, 即径向应力等

于轴向应力的 2 倍。当胶管受力爆破时,沿纵向断裂的可能性大于横向断裂的可能性。

2. 骨架层织物夹角的计算

图 1-9 表示骨架层编织角度的展开。

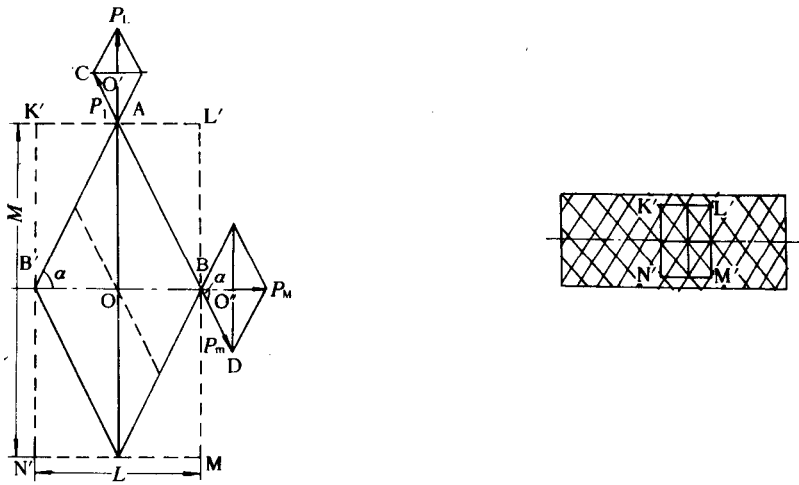


图 1-9 骨架编织角度展开图

α —编织角度; P_L —径向力; P_M —轴向力; L —胶管长度; M —胶管周长; P_1 —径向力的分力; P_m —轴向力的分力

设一段胶管长为 L , 周长为 M , 壁厚为 δ , 则作用于此段胶管上的径向应力 P_L 和轴向应力 P_M 如下:

$$P_L = \frac{DP}{2\delta} \cdot L\delta = \frac{DPL}{2} \quad (1-3)$$

$$P_M = \frac{DP}{4\delta} \cdot M\delta = \frac{DPM}{4} \quad (1-4)$$

与 P_L 和 P_M 相对应的分力分别为 P_1 和 P_m 。分别作用于骨架的织物线上。当 $P_1 = P_m$ 时, 二者合力为零, 骨架织物线上受力达到平衡状态。此时骨架线与轴线夹角 α 即为平衡角。

图 1-9 中上方小三角形 $AO'C$ 中

$$\sin\alpha = \frac{\frac{P_L}{2}}{P_1} = \frac{P_L}{2P_1}$$

$$P_1 = \frac{P_L}{2\sin\alpha} \quad (1-5)$$

将式(1-3)代入式(1-5)得出:

$$P_1 = \frac{\frac{DPL}{2}}{2\sin\alpha} = \frac{DPL}{4\sin\alpha} \quad (1-6)$$

见图 1-9 的下方小三角形 BO'D 得出:

$$\cos\alpha = \frac{\frac{P_M}{2}}{P_m} = \frac{P_M}{2P_m}$$

$$P_n = \frac{P_M}{2\cos\alpha} \quad (1-7)$$

将式(1-4)代入式(1-7)得出:

$$P_m = \frac{\frac{DPM}{4}}{2\cos\alpha} = \frac{DPM}{8\cos\alpha} \quad (1-8)$$

在图 1-9 中大三角形 AOB' 中

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\frac{M}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{M}{L}$$

$$M = L\operatorname{tg}\alpha \quad (1-9)$$

当受力达到平衡时, $P_1 = P_m$, 即得出:

$$\frac{DFL}{4\sin\alpha} = \frac{DPM}{8\cos\alpha}$$

$$\frac{L}{M} = \frac{\sin\alpha}{2\cos\alpha}$$

$$\frac{L}{M} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{2} \quad (1-10)$$

将式(1-9)代入式(1-10), 得出:

$$\frac{L}{L\operatorname{tg}\alpha} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{2}$$

$$\operatorname{tg}^2\alpha = 2$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \sqrt{2}$$

$$\alpha = 54^\circ 44' \quad (1-11)$$

由此得出织物平衡角度为 $54^\circ 44'$ 。

3. 平衡角与胶管变形的关系