

液压软管标准化及标准化技术进展

王维相

(沈阳橡胶研究设计院, 辽宁 沈阳 110021)

摘要: 介绍了目前有关液压软管的国际标准制定情况及各项标准名称, 回顾了橡胶液压软管的用途及工艺方面的发展历史, 讨论了液压软管组合件标准试验方法中模拟脉冲试验的原理及随着对软管使用压力要求的提高, 压力标准试验方法的改进情况。

关键词: 橡胶; 液压软管; 标准化

中图分类号: T Q336. 3 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2001)05-0306-04

国际标准化组织 ISO TC45——橡胶和橡胶制品技术委员会已经成立近 50 年, 它负责除了轮胎、胶带和航空橡胶制品外, 几乎所有橡胶制品的标准化工作。在 TC45 成立初期, 委员会主要致力于橡胶试验方法的标准化, 包括化学、物理和电性能方面的试验, 然后扩展至橡胶制品试验, 40 年前又开始了橡胶软管的标准化工作(后来又包括塑料软管)。在国际上, 以 ISO/TC45/SCI 表示软管分技术委员会, 在与 ISO/TC61——塑料技术委员会协商后, SCI 的软管范围包括了橡胶和塑料软管。这个很活跃的软管分技术委员会划分为 4 个工作组以及工作组召集人(主席国): SCI/WG1 工业化学和油料软管(美国)、SCI/WG2 汽车软管(英国)、SCI/WG3 液压软管(英国)、SCI/WG4 软管试验方法(瑞典)。到目前为止, 该委员会已经制定标准 70 项, 其中软管产品标准 45 项, 软管试验方法标准 22 项, 其它相关标准 3 项。本文将重点介绍液压软管及相关的试验方法标准以及标准化技术进展情况, 为软管生产企业实施规模化生产提供参考。

1 标准现状

ISO/TC45/SCI/WG3 目前已经制定出 6

项液压软管标准和 1 项国际标准草案, 它们是:

ISO 7751: 1983《橡胶、塑料软管和软管组合件试验压力、爆破压力和设计工作压力比率》;

ISO 1436: 1991《钢丝编织增强的液压型橡胶软管和软管组合件——规范》;

ISO 3862: 1991《外覆橡胶, 钢丝缠绕增强的液压型橡胶软管和软管组合件——规范》;

ISO 3949: 1991《液压用织物增强的热塑性塑料软管和软管组合件——规范》;

ISO 4079: 1991《织物增强的液压型橡胶软管和软管组合件——规范》;

ISO 6805: 1994《地下采矿-煤矿用钢丝增强的液压型橡胶软管和软管组合件》。

以上标准均为第二版, 目前作为国际标准草案, 修改后将做第三版国际标准出版。

ISO/DIS 11237《液压用钢丝编织增强的紧密型橡胶软管和软管组合件——规范》。

SCI/WG3 制定的上述液压软管产品标准已经构成液压软管系列标准, 它们主要用于 $-40 \sim +100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的各类机械液压系统。各标准液压软管内径尺寸规格不同, ISO 1436 软管内径尺寸包括 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 19, 25, 31.5, 38 和 51 mm; ISO 3862 软管内径尺寸包括 6.3, 10, 12.5, 16, 19, 25, 31.5, 38 和 51 mm; ISO 3949 软管内径尺寸包括 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 19 和 25 mm; ISO 4079 软管内径尺寸包括 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 19, 25, 31.5,

作者简介: 王维相(1950-)男, 辽宁沈阳人, 沈阳橡胶研究设计院高级工程师, 主要从事橡胶软管的研究、开发及标准化工作。

38, 51, 60, 80 和 100 mm; ISO 6805 软管内径尺寸包括 5, 6. 3, 10, 12. 5, 16, 19, 25, 31. 5, 38 和 51 mm; DIS 11237 软管内径尺寸包括 6. 3, 8, 10, 12. 5, 16, 19, 25 和 31. 5 mm。

2 液压软管用胶料

液压软管所用弹性体通常是以 NBR 或者 CR 作内胶层, 以 CR 作外胶层。如果使用的介质是磷酸酯基的流体, 内胶层可以采用 EPDM 或氯磺化聚乙烯。适于制作软管的橡胶和弹性体及其性能见表 1。

3 生产历史和工艺

首批问世的钢丝编织橡胶液压软管是美国橡胶公司在 1938 年生产的, 随后在 1939 年英国登录普公司也开始生产。早期生产的液压软管用于飞机的制动系统、飞机副翼和其它控制机械系统及燃油系统, 也用于某些军用车辆(例如坦克)上。液压软管在固定的金属管线中实施软连接必须具有 4 倍安全因数(爆破压力/工作压力), 承受高达 20 MPa 的工作压力和脉冲压力。早期的软管采用 CR 作内胶层、中胶层和外胶层, 钢丝编织层作增强层, 在软管外胶层缠绕水包布再进行硫化。由于对耐油和耐燃的要求, 采用 NBR 作内胶层或作软管胶料。为了满足耐燃液压油的要求, 例如磷酸酯基的液压

介质, 还采用 EPDM 制造软管。软管在液压系统中会承受很高的工作压力, 需要采用端部接头, 也称为管接头。管接头可以设计为可拆卸式或永久性装配型两种, 但是现在都采用永久性装配型的管接头, 通过液压挤压或扣压方式装配。

用于制作软管内胶层的胶料要求压缩永久变形小, 否则内胶层胶料会在压力作用下从接头处移动, 进而使软管组合件出现泄漏。压缩永久变形是衡量液压软管质量的重要参数, 软管制造厂对胶料压缩永久变形和在燃油中的膨胀值都应给予重视。直至今现在, 能达到压缩永久变形性能要求和控制胶料在油料或燃油中的膨胀的成熟设计仍是软管制造厂的技术关键。

钢丝缠绕增强的液压软管 30 年来一直被认为是高压软管中最为优越的产品, 由于今天软管已经达到了更高的压力和脉冲性能要求, 在与钢丝编织增强的软管进行比较时, 当选定了液压软管用的增强材料和增强方式后, 软管的屈挠性和尺寸成为确定压力范围的重要因素。增强层织物还必须采用缠绕方式以使软管达到压力要求, 采用两层缠绕所占的空间正好与一层钢丝编织的空间相同。采用两层缠绕和一层编织层取代两层增强层后, 软管的压力范围增大, 但可以使用相同规格的软管接头。

缠绕和编织增强层之间必须牢固, 在生产

表 1 制作软管的橡胶和弹性体及其性能

项 目	NR, IR	SBR	IIR	EPDM	
温度范围/℃	— 50~+ 70	— 40~+ 80	— 40~+ 130	— 50~+ 130	
优点	耐大部分非腐蚀性化学品、有机酸、酒精、乙醛、酮类	耐大部分非腐蚀性化学品、有机酸、酒精、乙醛、酮类	耐动植物油、油类、酒精、酮类、化学品	耐臭氧性能优于 IIR 及 BR, 其它同 IIR	
缺点	不耐臭氧、强酸、油类和烃类	不耐臭氧、强酸、油类和烃类	不耐矿物油、溶剂、芳烃	不耐矿物油、溶剂、芳烃	
特性	高弹性和高物理强度	高物理强度	气密性好	低吸水性	

项 目	NBR	CR	EU, AU	硅橡胶	氟橡胶
温度范围/℃	— 25~+ 110	— 25~+ 100	— 20~+ 80	— 70~+ 200	— 25~+ 200
优点	耐多种烃油脂、油类及各种溶剂	耐臭氧、油类及各种溶剂	耐臭氧、烃类、脂类及油类	耐臭氧和氧化性适中	耐链烃、芳烃和氯化烃类
缺点	不耐含氧酸酯类、酮类	不耐含氧酸酯类、酮类	不耐浓酸、酮类、酯类	不耐浓酸、油和溶剂	不耐酮类、酯类
特性	耐油性好	阻燃性好	耐磨耗	适用温度范围广	耐芳烃性好

注: EU—氯磺化聚氨酯橡胶; AU—聚酯型聚氨酯橡胶。

过程中,通过正确调整钢丝的张力并选好增强钢丝之间的角度可以做到这一点。对于四层缠绕结构的液压软管,当第一层缠绕钢丝以一个方向缠绕铺放时,第二层钢丝则需要以相反的方向缠绕铺放。每层缠绕增强层角度都需预先计算,在每一缠绕增强层之间都需要铺放一层中胶层以保证各增强层间的粘合和胶料充注到钢丝的空隙中,这样才可以保证软管的整体性能。

4 工艺进展

在过去的几年里,英国和其它欧洲制造商在液压软管工业中一直力求提高软管和管接头质量,主要是提高相容性和安全性。其中致密性液压软管可能被列为最近 10 年里液压软管工业中最有意义的进展之一,现在可以制造出 2 层钢丝编织层的液压软管,而性能却超过了 2 层编织软管规范的指标。这种软管的弯曲半径更小,可使致密性的管组合件更短,不仅性能好,而且降低了费用。例如 Winster 软管有限公司生产的 Ulfaflex 致密性液压软管就具有这样的特点。装配上较短的管接头,比常规同类软管组合件具有更有效的弯曲半径,这是管接头的进展之一。另外还开发成功了较短的高压管接头,在与致密性钢丝编织软管装配后具有质量小、弯曲半径小的优点。ISO/DIS 11237 标准的制定就是对近年来这类软管的技术总结。

5 软管试验方法

5.1 软管试验方法标准现状

ISO/TC45/SCI/WG4 到目前为止已经制定出 22 项软管试验方法标准,它们是:

ISO 1402:1994《橡胶、塑料软管和软管组合件——液压试验》;

ISO 1746:1998《橡胶、塑料软管——弯曲试验》;

ISO 4023:1991《蒸汽橡胶软管——试验方法》;

ISO 4080:1991《橡胶、塑料软管和软管组合件——透气性测定》;

ISO 4671:1999《橡胶、塑料软管和软管组合件——尺寸测量方法》;

ISO 4672:1997《橡胶、塑料软管——低温屈挠试验》;

ISO 6801:1983《橡胶、塑料软管——体(容)积膨胀测定》;

ISO 6802:1994《橡胶、塑料软管和软管组合件——带屈挠的液压脉冲试验》;

ISO 6803:1994《橡胶、塑料软管和软管组合件——无屈挠的液压脉冲试验》;

ISO 6945:1983《橡胶软管外层耐磨耗性能测定》;

ISO 7233:1983《橡胶、塑料软管和软管组合件——耐真空(抽吸)性能测定》;

ISO 7326:1991《橡胶、塑料软管在静态条件下耐臭氧性能评定》;

ISO 7662:1988《橡胶、塑料软管内胶(衬)层耐磨耗性能测定》;

ISO 8030:1995《橡胶、塑料软管——燃烧试验方法》;

ISO 8031:1993《橡胶、塑料软管和软管组合件——电性能测定》;

ISO 8032:1997《橡胶、塑料软管和软管组合件——屈挠液压脉冲试验(半 Ω 试验)》;

ISO 8033:1985《橡胶、塑料软管——各层间粘合强度测定》;

ISO 8308:1993《橡胶、塑料软管和无增强层软管液体传透管壁性能测定》;

ISO 8580:1987《橡胶、塑料软管静态条件下耐紫外线性能测定》;

ISO 10960:1994《橡胶、塑料软管动态条件下耐臭氧性能测定》;

ISO 11340:1994《橡胶和橡胶制品——液压系统用液压软管组合件——外部泄漏分级》;

ISO 11758:1995《橡胶和塑料软管——暴露于氙弧灯下颜色和外观变化的测定》。

5.2 液压软管组合件试验

液压软管组合件实际的使用条件可以通过脉冲试验模拟。早期的压力波是正弦波,波形为峰形波。由于现在使用条件变得更为苛刻,其波形有了变化,变化后的波形为方形波,之后

又变化为正割(矩形)波。在规范中直线脉冲循环至损坏的脉冲次数根据软管类型已经从 50 000 次上升至 250 000 次。

实际使用条件的模拟对于液压设备应用的软管很重要。脉冲压力一般在 20~25 MPa, 在整个脉冲期内, 这个压力依具体情况而变化。例如一台土方工程机械车在行进途中碰上障碍物, 会产生一个猛然上升的压力, 这就是对软管采取 4 倍安全因数(爆破压力/工作压力)的原因。由于产生了早期脉冲试验设想值的 133%, 压力上升速度的额定值 R 根据 ISO 6803 按下述公式计算:

$$R = f(10P - 5) \quad (1)$$

式中 f ——频率, Hz;

P ——额定脉冲压力, MPa。

实际升压速度须在 15%~85% 试验压力之间, 并且位于 $R \pm 10\%$ 的范围内。例如: 最大工作压力为 30 MPa, 额定脉冲压力 P 为 40 MPa, 计算得 R 为 395 MPa·s⁻¹, 则允许的升压速度范围为 355.5~434.5 MPa·s⁻¹。

在通常的液压软管组合件(例如 2ST 型和 4ST 型)试验情况下, 升压速度也必须相当于每秒额定脉冲压力的 10 倍, 公式(1)中的项“5”在软管组合件试验时为一经验值。压力下降速度

没有详细规定, 但是必须在指定的公差范围内, 并且几乎总是比升压速度快。钢丝缠绕增强的液压软管一直被认为是高压软管中最为优异的产品, 但是今天由于软管性能已经达到了更高压力的要求, 更为苛刻的屈挠试验表明, 在某些环境下, 特殊结构的编织软管的性能可以超过钢丝缠绕软管。人们认为在某些环境下必须考虑屈挠条件, 这也是美国机动车工程师协会(SAE)和国际标准化组织(ISO)检验和引用一流屈挠试验(ISO 6802/SAE 1405)的理由。有时可以考虑进行更为苛刻的试验(全 Ω 试验), 全 Ω 试验还包括了屈挠的试验方向。试验结果表明, 软管结构和制造条件都很重要, 特别是硫化系统, 钢丝编织结构的软管应当采用高张力和较粗钢丝。适宜的钢丝张力, 良好的胶料配方, 使内胶层和外胶层与钢丝粘合为一体是保证软管完成试验的有效措施。

6 结语

随着我国软管工业的发展, 液压软管的制造水平必将不断提高, 软管标准化工作者也应跟上其步伐, 使我国标准化水平达到国际标准的要求。

收稿日期: 2000-11-13

EPDM 精密挤出的流变控制

中图分类号: TQ333.4; TQ330.6^{±4} 文献标识码: D

在过去的 30 多年中, EPDM 的挤出技术不断改进。在复合部件, 如汽车车体密封件的生产中, 对质量标准和劳动生产率的要求也越来越高。

实际上, 为了与车体牢固啮合, 海绵密封件与刚性硬异形件的复合挤出必须在最高的速度下进行, 且具有优异的外观和对几何形状的全面控制。在加工中, 最重要的一点要求是材料库里 EPDM 品种数量必须减至最少, 以便简化工厂的原材料管理。

在过去的 10 年中, 定制相对分子质量分布

EPDM 的推出为满足上述要求提供了极大的支持。可靠且操作简便的动态力学流变仪的应用日益推广, 也有力支撑了根据选定流变参数进行生产控制的策略。

本文概述了使整体密封件生产合理化所进行的基本研究工作, 涉及的 3 种 EPDM 分别是为生产软海绵密封件、A 级密度异形密封件和刚性硬异形密封件而设计的。该原理提供了控制复合挤出制品一致性的参数。掌握基本聚合物和生产胶料的主要流变性能将得到一个更合理、更有效的方法来研制便于安装到车体上、总体性能越来越好的新型密封件。

(涂学忠译自“IRC2000 论文集”摘要 C-4)