

钢丝内嵌轻型液压排吸软管的研制

谭镜华

(广州连达橡塑有限公司, 广东 广州 510860)

摘要:介绍钢丝内嵌轻型液压排吸软管的配方设计和生产工艺。内层胶以丁腈橡胶(NBR)/丁苯橡胶(SBR)(并用比为 80/20)为主体橡胶,补强材料为炭黑 N550/N774(并用比为 35/35);中层胶和外层胶分别以 NBR/SBR(并用比为 40/60)和 SBR/氯丁橡胶/氯化聚乙烯橡胶(并用比 20/30/50)为主体橡胶。通过对胶管成型和硫化设备的改造,实现了胶管的自动化生产。胶管的成品性能满足 SAE J 517 100R4 标准要求。

关键词:液压排吸软管;钢丝内嵌;配方设计;设备改造

中图分类号:TQ336.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2014)06-0359-05

随着液压技术的发展,为各类机械设备配套的低压胶管的工作压力要求越来越高,输送口径越来越大,整机结构越来越紧凑,这就要求配套胶管更轻巧、更柔软,在保证流量的前提下,弯曲半径更小,而且吸排兼用。夹布结构的内嵌软管使用夹布作为增强材料,需要多层帆布增强才能达到要求的工作压力,一般工作压力仅为 1.0 或 1.5 MPa,而且管体笨重,弯曲半径大(内径的 15~20 倍),胶管长度小(国内一般为 10 m,最长为 20 m),国外早已淘汰。

钢丝内嵌液压排吸软管具有口径大、长度(可达 61 m)大、质量小、管体柔软、弯曲半径小(内径的 6~7 倍)、工作压力(可达 2~4 MPa)高、吸排兼顾的特点,其性能达到 SAE J 517《Hydraulic Hose》100R4 的技术要求。本文简介钢丝内嵌轻型液压排吸软管的研制。

1 实验

1.1 主要原材料

丁腈橡胶(NBR),牌号为 6250,丙烯腈质量分数为 0.30~0.33,韩国 LG 公司产品;丁苯橡胶(SBR),牌号为 1502,吉林化学工业股份有限公司产品;氯丁橡胶(CR),牌号为 210,德国朗盛公司产品;氯化聚乙烯橡胶(CM),牌号为 352LF,氯质量分数为(0.35±0.01),杭州科利化

工有限公司产品;促进剂 TDD 和 NC,德国莱茵化学公司产品。

1.2 主要设备和仪器

XJD-120×18 型销钉式冷喂料挤出机,中国化工橡胶桂林有限公司产品;XK-160 型开炼机,广东湛江机械厂产品;50 t 平板硫化机,上海第一橡胶机械厂产品;XL-50A 型拉力试验机,广州广试仪器有限公司产品;401A 型老化试验箱,上海实验仪器厂有限公司产品;MR-C3 型硫化仪和 MV-C3 型门尼焦烧仪,北京瑞达宇辰仪器有限公司产品;BT-224S 型电子分析天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司产品。

1.3 性能测试

钢丝内嵌轻型液压排吸软管的各项性能均按相应标准进行测试。

2 配方设计

2.1 内层胶

2.1.1 主体材料

耐油胶管内层胶的主体材料一般为 NBR、NBR/聚氯乙烯(PVC)和 NBR/CR 等。

选择丙烯腈含量适当的 NBR、并用比为 80/20 的 NBR/SBR 和并用比为 60/40 的 NBR/CR 胶料进行对比试验,结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出,以 NBR, NBR/SBR 和 NBR/CR 为主体橡胶的内层胶性能均满足 SAE J 517:2010 标准要求,综合考虑胶管的生产成

表 1 内层胶性能

项 目	NBR	NBR/ SBR	NBR/ CR	指标 ¹⁾
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	50	48	45	
硫化胶性能(150 ℃×40 min)				
邵尔 A 型硬度/度	80	76	74	78±5
100%定伸应力/MPa	4.6	4.1	3.6	
拉伸强度/MPa	11.8	11.3	12.5	≥10.0
拉断伸长率/%	276	280	315	≥250
拉断永久变形/%	20	22	25	
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	29	31	35	
粘合强度/(kN·m ⁻¹)	2.2	3.1	3.5	>1.5
100 ℃×70 h 热空气老化后				
拉伸强度变化率/%	+8	+2	+6	-15~+15
拉断伸长率变化率/%	-19	-25	-14	-30~+30
IRM903# 油浸泡后 ²⁾				
体积变化率/%	12.3	28.2	25.1	0~100

注:1)SAE J 517:2010 标准;2)试验条件为 100 ℃×70 h。
配方其余组分和用量为炭黑 N550/N774 35/35,碳酸钙 35, 纳米氧化锌 3.5,硬脂酸 1,分散剂 2,间-甲-白体系 25,增塑剂 DOP 20,防老剂 4010NA/RD/BLE-65 6,硫黄/促进剂 HVA-2/CBS/DTDM 4.5。

本、生产工艺和使用性能,选择并用比为 80/20 的 NBR/SBR 并用胶作为钢丝内嵌轻型液压排吸软管的内层胶较好。

2.1.2 补强体系

NBR 和 SBR 都属于非结晶型无定形聚合物,但胶料的拉伸强度较低,两者并用后,需选择挤出工艺性能良好的快压出炭黑(FEF)和半补强炭黑(SRF)并用作补强体系,同时为减小胶料挤出的膨胀率和溶胀,补强炭黑的用量应较大。补强体系对内层胶胶料性能的影响如表 2 所示。

从表 2 可以看出,以炭黑 N550/N774(并用比为 35/35)为补强填料内层胶的撕裂强度和粘合强度较大,因此选择炭黑 N550/N774(并用比为 35/35)为内层胶的补强材料。

2.2 中层胶和外层胶

钢丝内嵌轻型液压排吸软管的中层胶起填充增强层之间间隙的作用,同时使胶管各结构层粘合成一个整体。纤维聚酯帘线和帘布浸渍液为丁吡橡胶和间苯二酚粘合剂,中层胶必须在硫化温度下具有良好的流动性,以使层间粘合牢固。通过试验确定中层胶配方为:NBR/SBR 40/60,白炭黑/碳酸钙 40/60,氧化锌 3,硬脂酸 2,

表 2 补强体系对内层胶胶料性能的影响

项 目	炭黑品种		
	N660/ N550	N550/ N774	N330/ N774
并用比	40/30	35/35	25/45
硫化仪数据(180 ℃×6 min)			
M _L /(N·m)	8.13	7.45	8.33
M _H /(N·m)	35.6	31.9	40.10
t ₁₀ /min	1.1	1.3	1.0
t ₉₀ /min	3.0	3.1	3.0
硫化胶性能(150 ℃×40 min)			
邵尔 A 型硬度/度	80	76	79
100%定伸应力/MPa	5.2	4.1	5.3
拉伸强度/MPa	11.9	11.3	12.2
拉断伸长率/%	230	280	345
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	29	31	31
粘合强度/(kN·m ⁻¹)	1.9	3.1	2.1
IRM903# 油浸泡后 ¹⁾			
体积变化率/%	24.7	28.2	24.1

注:1)同表 1 注 2)。配方其余组分和用量同表 1。
活性剂 PEG-4000 3,氧化铁 8,粘合剂 XZN/间-甲-白体系 10,增塑剂 DOP 23,硫黄/促进剂 CBS 3.8。

中层胶性能如表 3 所示。从表 3 可以看出,中层胶性能满足指标要求。

表 3 中层胶性能

项 目	测试结果	指标 ¹⁾
硫化仪数据(180 ℃×6 min)		
M _L /(N·m)	5.3	
M _H /(N·m)	28.5	
t ₁₀ /min	1.6	
t ₉₀ /min	3.9	
硫化胶性能(150 ℃×40 min)		
邵尔 A 型硬度/度	66	70±5
100%定伸应力/MPa	5.3	
拉伸强度/MPa	10.3	≥8.0
拉断伸长率/%	420	≥300
拉断永久变形/%	23	≤30
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	42	
粘合强度/(kN·m ⁻¹)	2.4	≥1.5

注:1)根据 SAE J 517 100R4 制定中层胶的企业内控指标。
外层胶的作用是保护纤维和帘布缠绕增强层及钢丝层免受腐蚀和磨损,外层胶必须具有较好的耐天候老化性能和耐油性能。为了简化制作工艺,外层胶采用直接粘合工艺,使外层胶与纤维帘线或帘布增强层之间有良好的粘合性能。考虑外

层胶的操作工艺要适应“三合一”装置,胶料在操作时需具有良好挺性,而胶料在硫化升温时具有良好的流动性能。通过试验确定外层胶配方为: SBR/CR/CM 20/30/50, 炭黑 N330/N774 25/45, 轻质碳酸钙 30, 氧化镁 8, 氧化锌 2.5, 硬脂酸 2, 防老剂 4010NA/RD/NBC 3, 均匀剂 A-78 2, 粘合树脂 XZN 5, 间-甲-白体系 30, 增塑剂 DOP 28, 硫黄/促进剂 DM/TDD/NC 5.6。

外层胶性能如表 4 所示。

从表 4 可以看出,外层胶性能满足指标要求。

表 4 外层胶性能

项 目	测试结果	指标 ¹⁾
硫化仪数据(180℃×6 min)		
M _L /(N·m)	8.5	
M _H /(N·m)	33.7	
t ₁₀ /min	1.8	
t ₉₀ /min	4.2	
硫化胶性能(150℃×40 min)		
邵尔 A 型硬度/度	78	75±5
100%定伸应力/MPa	6.0	
拉伸强度/MPa	9.2	≥7.5
拉伸伸长率/%	362	≥300
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	35	
粘合强度/(kN·m ⁻¹)	2.2	≥1.5
耐臭氧老化性能 ²⁾	无龟裂	无龟裂

注:1)同表 3 注 1);2)臭氧体积分数为 50×10⁻⁸,40℃×70 h。

3 结构和工艺设计

钢丝内嵌轻型液压排吸软管是由内层胶、一层或多层纤维聚酯帘线或聚酯帘布缠卷层、一层螺旋状钢丝缠绕层和外层胶组成。

钢丝内嵌轻型液压排吸软管的设计压力和爆破压力均符合 SAE J 517 100R4 要求。软管的爆破压力(P_k)和耐压强度(P_B)按下式计算:

$$P_k=1.8P_B \tag{1}$$

$$P_B=1.33K_BiC'/D_j \tag{2}$$

式中 K_B——帘布强度,N·cm⁻²;

i——骨架层数;

C'——综合修正因数,缠绕层数为 2,4 和 6 时,其值分别为 0.85~0.95, 0.75~0.85 和 0.65~0.75;

D_j——计算直径,cm。

3.1 成型工艺

产品采用分步成型工艺,在四盘缠绕机上进行机械缠卷聚酯帘线或帘布和缠卷钢丝,使用“三合一”装置包贴外层胶和包水布。具体工艺流程为:混炼胶→热炼→内层胶挤出→内层胶检查→内层胶套芯→纤维帘线缠绕或帘布缠卷→缠绕钢丝→缠绕中层胶→纤维帘线缠绕或帘布缠卷→缠卷外层胶→包水布→硫化→拆水布→脱芯→检验→包装→入库。

3.2 挤出设备

钢丝内嵌轻型液压排吸软管内层胶是根据不同使用介质和技术要求设计的,挤出生产线由两台 Φ457 mm 开炼机和一台 120 型冷喂料挤出机组成,冷喂料挤出机机头经过改装,可以挤出内径为 127 mm 的钢丝内嵌轻型液压排吸软管,生产长度分别为:Φ19.1~25.4 mm 100 m, Φ31.8~76.2 mm 60 m,Φ88.9~127.0 mm 30 m。该软管的 最大优势为长度较大,可同时满足客户对长度和产品性能两方面的要求。

3.3 成型设备

目前国产符合 SAE J 517 100R4 标准要求的钢丝内嵌轻型液压排吸软管长度只有 40 m,最大内径为 64 mm。国内目前使用的设备为原始生产夹布埋吸胶管设备,国外进口设备十分昂贵。五盘缠卷机是根据现有设备改装的,可以满足内径为 25~127 mm 以及多种骨架层和钢丝缠绕的需要。

五盘缠卷机是 5 个转盘和前后牵引为一体的连续成型设备,重点解决的技术问题是机械缠绕螺旋钢丝和帘布,保证钢丝缠绕张力行程及帘布缠卷角度的准确性,且帘布缠卷平整不皱褶。

(1)机械缠绕螺旋钢丝帘线。钢丝内嵌轻型液压排吸软管的生产与夹布埋吸胶管相似,即胶管模具旋转,钢丝沿径向缠绕,但这种形式是分体式,无法同时缠卷帘布完成成型过程。当采用 5 个转盘同一轴心旋转缠绕时,不仅可以同时完成纤维骨架层和钢丝缠绕,而且可以进行连续生产,满足大长度胶管生产的需要。本设计的钢丝缠绕装置可以控制钢丝导入路线,并在每个钢丝锭子上增设压紧装置,以控制钢丝的张力,使得每个缠

绕圈都有均衡张力。为了提高钢丝缠绕效率,在钢丝盘上设计了4个钢丝导程,提高了钢丝缠绕的速度。

(2)机械缠卷帘布和聚酯帘线。传统的帘布胶管都采用埋吸胶管法生产,其缺点是生产速度慢、效率低、占地面积大、操作人员多,而且胶管容易脱层。机械缠卷帘布是先在辅助设备上制备出标准设计织物布卷,将帘布置于成型机的4个转盘上即可连续缠上4层骨架层。为控制缠卷物的缠绕角度,保证帘布缠卷平整,在转盘上增加了多个可以调节角度的导布杆。每张帘布都有一个压紧装置,也可以调整织物的张力,保证织物的紧密贴合。

(3)钢丝缠绕张力行程及帘布缠卷角度控制。帘布缠卷角度和钢丝缠绕张力行程都是影响胶管质量的重要因素。由于胶管规格繁多,所需行程各不相同,为了操作方便,采用PLC系统以解决帘布缠卷的角度和行程控制等。

(4)安全系统。在安全操作方面,每个操作部位都安装了无接触感应器,只要发生问题或者操作需要,都可随意拉开任何一个位置,主机便马上停机。五盘缠卷机是整个生产线的中心设备,形成了前后连续生产线,满足了钢丝内嵌液压排吸软管的生产需要。

钢丝内嵌软管成型后,贴合外层胶和包水布,然后进行硫化。“三合一”缠卷机是胶管硬芯法生产线不可缺少的设备之一,特别是可生产内径为89~127 mm的软管。内层胶采用缠卷方法,然后缠卷帘布等,其生产的软管长度为40 m。同时还具有包水布、包贴中层胶、外层胶、转移膜商标以及拆水布的综合功能,对钢丝内嵌软管的生产非常重要。

“三合一”缠卷机根据钢丝内嵌软管生产需求而研发,为调整口径、转盘速度、水布行程范围以及缠包速度而设计,解决了传统生产内嵌软管效率低和质量不稳定的难题,可生产内径为25~127 mm的软管。

上述两类成型机为广州连达橡塑有限公司的定型设备,完全可满足生产钢丝内嵌液压排吸软管的需要。

3.4 硫化设备

硫化设备是生产钢丝内嵌液压排吸软管的重要设备之一,软管成型后,需通过硫化来实现整体结合性。

(1)硫化设备长度。生产以出口为主的胶管时,外商要求胶管长度不小于45.7 m(150英尺),因此选择硫化罐规格为 $\Phi 800\text{ mm}\times 62\text{ mm}$ 。

(2)以帘布和纤维缠绕作为骨架层,传统方法是在硫化时直接将蒸汽通入硫化罐,由于升温速率过大会影响产品质量,产品易出现脱层起泡现象,因此在硫化罐设计中增加4条进汽管道,使胶管在硫化过程中均匀受热,解决脱层起泡问题。

(3)硫化罐的安全。硫化罐设置压力切断阀及自动控制系统装置,保证硫化过程蒸汽的稳定。此外,在安全装置方面增加了零压力保护开启装置、罐门锁定装置,避免误操作发生意外。

3.5 其他辅助设备

根据产品的最大长度和最小长度要求设计大长度出芯装置,采用牵引装置出芯,牵引机后加装涂隔离剂槽,在出芯过程中管芯已涂隔离剂。传统采用钢丝绳牵引管芯,容易使管芯损坏。

钢丝内嵌液压排吸软管采用硬芯法生产,管芯的搬运工作较为繁重。为此,设置了4台24 m大跨度单梁吊车,可以吊运41和61 m长管芯,大大降低了劳动强度,提高了工作效率。

以帘布和纤维缠绕为增强层,要求帘布和中层胶的宽度稳定一致,以便控制缠卷角度和缠卷质量。为此,设计一套多段帘布纵向切裁方法,并配以精细卷取帘布,供成型使用。

通过技术改造、完善工艺路线及设备制造等系列工作,使钢丝内嵌液压排吸软管的生产向自动化及专机方向发展,进一步提高产品质量,满足国内外客户的需求,提高产品的竞争力和技术水平。

4 成品性能

根据设计的工艺路线,对25~127 mm等各种规格胶管进行试制。表5所示为长度为60 m、内径为51 mm的钢丝内嵌轻型液压排吸软管的成品性能。

表 5 钢丝内嵌轻型液压排吸软管的成品性能

项 目	测试结果	指标 ¹⁾
长度变化率(1.5 MPa×3 min)/%	1.2	−4~+2
爆破压力/MPa	5.2	≥4.5
低温弯曲性能 ²⁾	外层胶无 龟裂现象	外层胶不出现 龟裂或失效
耐臭氧老化试验 ³⁾	无龟裂	无龟裂
耐真空性能 ⁴⁾	无起泡现象	内层胶无起泡 或塌瘪现象

注:1)SAE J 517 100R4 标准;2)试验条件为温度 −40 ℃,时间 6 h;3)试验条件为温度 40 ℃,时间 72 h,臭氧体积分数为 50×10^{−8};4)试验条件为绝对压力 17 kPa,时间 5 min。

从表 5 可以看出,成品钢丝内嵌轻型液压排吸软管的成品性能完全符合标准要求。

5 结论

本工作通过设计钢丝内嵌轻型液压排吸软管的内、中、外层胶的配方,改造胶管成型和硫化设备,研制的胶管满足 SAE J 517 100R4 标准要求,长度达 60 m,填补国内只有 33 m 长胶管的空白。

收稿日期:2013-12-03

Development of Wire Embedded Light-weight Hydraulic Hose

TAN Jing-hua

(Guangzhou Lianda Rubberplastic Co.,Ltd,Guangzhou 510860,China)

Abstract: The development of wire embedded light-weight hydraulic hose for suction and discharge applications was described. The matrix material of inner layer was NBR/SBR (80/20), and the reinforcement filler was carbon black N550/N774(35/35). The matrix materials of middle and outer layers were NBR/SBR(40/60)and SBR/CR/CM(20/30/50), respectively. The automated production of hose was achieved by upgrading the molding and curing equipment. The properties of the hose met the requirements of SAE J 517 100R4.

Key words: hydraulic suction and discharge hose; wire embedded; formula design; equipment improvement

减振(震)阻尼橡胶制品

中图分类号:TQ336.4+2 文献标志码:D

由山东忠诚橡胶有限公司申请的专利(公开号 CN 102924833A,公开日期 2013-02-13)“减振(震)阻尼橡胶制品”,涉及的减震阻尼橡胶制品配方为:丁基橡胶 3~20;萜烯树脂 0.08~4;白炭黑 0.42~2.5;喷雾炭黑 0.5~5;高耐磨炭黑 0.5~7;1,3-丁二烯 6.5~25;二辛酯 0.5~1.8;防老剂 0.1~0.4;轻质碳酸钙或重晶石粉或铅粉或铁粉 1.8~50;陶土或重晶石粉或铅粉或铁粉 0.2~10。该减震阻尼橡胶制品配方合理,质量好,耐温性能好,价格较低,适用于空调器或其他类似场合。

(本刊编辑部 赵 敏)

一种微孔橡胶垫板及其制作工艺

中图分类号:TQ336.4+6 文献标志码:D

由四川宏亿复合材料工程技术有限公司申请的专利(公开号 CN 102924831A,公开日期 2013-02-13)“一种微孔橡胶垫板及其制作工艺”,涉及的微孔橡胶垫板配方为:三元乙丙橡胶 100,炭黑 N330 65,纳米陶土 5,氧化锌 10,硬脂酸 800 型 1,石蜡油 25,防老剂 RD 1,防老剂 4010NA 1,莱茵散 A-16 2,发泡剂 OB-SH 2,促进剂 CZ 1.2,促进剂 TMTD 0.8,硫化剂 S-80 2。该微孔橡胶垫板质地均匀,橡胶内部形成闭孔海绵结构,密度比实心橡胶垫板小,可以替代实心橡胶用于轨道减震。

(本刊编辑部 赵 敏)