

机车车辆新型制动软管及总成的研制

丁庆凯

(中车集团南京七四二五工厂,江苏 南京 210009)

摘要:介绍机车车辆新型制动软管的骨架选择、胶料配方设计、生产工艺及总成结构。骨架采用维纶帘线编织(3层)结构;胶料的主要组分为 EPDM、硫黄硫化体系、粘合剂 RS/A/白炭黑粘合体系、炭黑/白炭黑补强体系;软管采用内外胶层挤出、骨架帘线硬芯编织的成型工艺,成型胶管在硫化罐中直接蒸汽硫化;总成采用压套式铆合紧固方式组装。新型制动软管使用寿命达到 6 年(包括 1 年贮存期)。

关键词:制动软管;EPDM;编织结构;压套总成;机车车辆

中图分类号:TQ336.3;TQ333.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-890X(2004)12-0739-05

制动软管是机车车辆制动系统中的一个重要橡胶部件,安装在车辆连接处,起输送压缩空气(传递制动压力),保证列车正常制动的作⤵。随着现代化铁路运输向高速、重载方向发展,机车车辆对制动软管的要求越来越高,原来的夹布型制动软管已不适应要求。为此,本工作研制了新型制动软管及总成。

1 性能指标

制动软管用于输送压缩空气,为确保列车安全行驶,同时适应机车与车辆、车辆与车辆经常分解编组的摘解作业,要求制动软管气密性好、耐压强度高、受压变形小、柔软和总成拔脱强度高。

制动软管在露天环境中使用,长期经受严寒、炎热、干燥、潮湿、风吹、日晒和雨淋等各种气候的作用,且车辆行驶导致其不断振动,因此要求制动软管具有优异的耐天候、耐臭氧、耐紫外线老化和耐屈挠疲劳性能。

另外,我国地域辽阔,各地温差大,要求制动软管耐温范围宽。

根据上述要求并借鉴美国、俄罗斯、国际铁路联盟等先进标准,新型制动软管的胶料性能指标确定为:邵尔 A 型硬度 (60±5)度;拉伸强度 ≥8.5 MPa;拉断伸长率 ≥250%;脆性温度

≤-55℃;耐臭氧龟裂性能(拉伸 20%,频率 50 Hz,臭氧体积分数 100×10⁻⁸,时间 50 h) 无龟裂;粘合强度 ≥2.6 kN·m⁻¹;100℃×24 h 热空气老化后拉伸强度变化率 -25%~+25%,拉断伸长率变化率 -30%~+10%。软管性能指标确定为:气密性试验(气压 2 MPa,时间 10 min) 表面无气泡或非连续气泡出现 10 min 后消失;静液压试验(水压 2 MPa,时间 10 min)外径变化率 ≤6%,长度变化率 ≤1.5%;管体扭转(水压 2 MPa,时间 10 min) ≤14 mm·(500 mm)⁻¹;爆破强度 ≥7 MPa;拉伸强度 ≥9.7 kN;伸长率(拉力 1 kN) ≤15%;径向扩张性能(扩张 30%) 无裂口、裂痕、分层;耐紫外线疲劳性能(电压 220 V,波长 254 nm,时间 120 h) 弯曲部位无龟裂;耐寒性能(弯曲 90°, -50℃×4 h) 无断裂、裂纹;弯曲外径变化率(短轴方向) ≤30%;890 制动缸脂浸泡(常温×72 h)后体积变化率 ≤100%。总成性能指标为:拔脱强度 ≥9.7 kN。

2 骨架结构及材料选择

2.1 结构

夹布和编织结构制动软管的性能比较见表 1。从表 1 可以看出,与夹布结构软管相比,编织结构软管的爆破强度高、受压变形小、耐寒性能和弯曲柔软性好。因此,新型制动软管骨架采用编织结构。

作者简介:丁庆凯(1953-),男,江苏南京人,中车集团南京七四二五工厂高级工程师,从事胶管研制和管理工作。

表 1 编织和夹布结构制动软管的性能比较

项 目	编织结构 ¹⁾	夹布结构 ¹⁾
爆破强度/MPa	6.0	5.1
静液压试验外径变化率(水压 1.4 MPa,时间 10 min)/%	2.3	11.0
耐寒性能(−50 ℃×4 h)	能弯曲	能弯曲
弯曲柔软性	良好	较差

注:1)骨架材料为棉纤维。

2.2 材料

胶管常用骨架材料的物理性能见表 2^[1]。棉纤维来源广、加工性能良好,在胶管上的应用较广

表 2 胶管常用骨架材料的物理性能

纤 维	断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)		干/湿强度比	断裂伸长率/%		初始模量/ (cN·dtex ⁻¹)
	干态	湿态		干态	湿态	
棉纤维	2.6~4.3	2.9~5.6	1.10~1.30	3~7		60~82
锦纶 66 纤维(长丝)	6.4~8.7	5.5~7.8	0.85~0.90	16~24	21~28	19~51
聚酯纤维(长丝)	5.5~7.9	5.5~7.9	1.00	7~17	7~17	79~141
维纶纤维(长丝)	6.0~9.5	5.0~8.5	0.75~0.90	8~22	8~26	62~220

3 胶料配方及性能

3.1 配方设计

3.1.1 主体材料

由于制动软管在露天环境中使用,对耐寒性能和耐紫外线老化性能要求较高。对可选用的 EPDM,CSM,CR,NBR,BR 和 NR 进行耐寒性能和耐紫外线疲劳性能试验,结果表明,EPDM 胶料的耐寒性能和耐紫外线疲劳性能均优于其它胶料,再根据 EPDM 柔韧性好、化学性质稳定、使用温度范围(−60~+150 ℃)宽的特点,主体材料确定选用 EPDM。

3.1.2 粘合体系

维纶纤维与 EPDM 胶料的粘合性能较差。试验表明,不加粘合剂的 EPDM 胶料制成的制动软管在使用中会出现起鼓、分层和起皱等问题,影响行车安全。为提高胶料与维纶纤维的粘合强度,决定采用间/甲/白体系作粘合体系。根据加工工艺和粘合效果,粘合体系选用粘合剂 RS/A/白炭黑并用体系。

3.1.3 硫化体系

EPDM 胶料可采用硫黄硫化体系和过氧化物硫化。试验得出,硫黄硫化体系的 EPDM 胶料工艺性能和物理性能较好,因此确定采用硫黄硫

化体系,但其强度较低,采用 2~3 层棉帘线编织层的软管爆破强度为 5.4~6.0 MPa,若再增加编织层数,管体会僵硬。锦纶纤维强度高,但耐热性能较差,表现为随着温度升高,热收缩率增大和强度降低,即成品软管尺寸稳定性差。聚酯纤维的最大缺点是与胶料的粘合性能差。维纶纤维的强度与锦纶相当,干态耐热、耐光性能好,与胶料的粘合性能虽不及棉纤维,但优于其它纤维。综合各种纤维的特点并经试验,确定采用 20S/4×2 规格维纶帘线(编织 3 层)作骨架材料。

泛,但其强度较低,采用 2~3 层棉帘线编织层的软管爆破强度为 5.4~6.0 MPa,若再增加编织层数,管体会僵硬。锦纶纤维强度高,但耐热性能较差,表现为随着温度升高,热收缩率增大和强度降低,即成品软管尺寸稳定性差。聚酯纤维的最大缺点是与胶料的粘合性能差。维纶纤维的强度与锦纶相当,干态耐热、耐光性能好,与胶料的粘合性能虽不及棉纤维,但优于其它纤维。综合各种纤维的特点并经试验,确定采用 20S/4×2 规格维纶帘线(编织 3 层)作骨架材料。

3.1.4 补强体系

为达到制动软管的性能指标,满足内外胶层挤出速度快、尺寸稳定性好、表面光滑的工艺要求,同时兼顾粘合体系的组成^[2],补强剂选用快压出炭黑/白炭黑并用体系。试验确定,白炭黑的适合用量为 20~30 份。

3.1.5 防护体系

EPDM 的耐老化性能优异,胶料一般不加防老剂,但考虑到制动软管使用寿命长,耐天候、耐臭氧、耐紫外线老化及耐屈挠疲劳性能好的要求,胶料采用防老剂 4010/RD 并用的防护体系。

3.1.6 增塑剂

增塑剂选用适合硫黄硫化体系且与 EPDM 相容性好的环烷油。

3.2 性能

经多次试验,最后确定新型制动软管的配方为:EPDM 100,硫黄 2.4,促进剂 2.2,氧化锌 10,硬脂酸 2,粘合剂 RS/A 3.4,防老剂 4010/RD 2,石蜡 1,炭黑/白炭黑 90,环烷油 18。胶料性能(硫化条件 160 ℃×30 min)为:

邵尔 A 型硬度 64 度;拉伸强度 10.3 MPa;拉伸伸长率 360%;脆性温度 $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$;耐臭氧龟裂性能(拉伸 20%,频率 50 Hz,臭氧体积分数 100×10^{-8} ,时间 50 h) 无龟裂;粘合强度 $5.0\text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$; $100\text{ }^{\circ}\text{C}\times 24\text{ h}$ 热空气老化后拉伸强度变化率 $+13.8\%$,拉伸伸长率变化率 -18.7% 。可以看出,胶料的各项性能均达到指标要求,其中耐热空气老化性能和耐臭氧龟裂性能尤其突出(臭氧体积分数提高至 400×10^{-8} 的强化试验也未出现龟裂现象),脆性温度远低于和粘合强度远大于性能指标。

4 软管生产工艺及性能

4.1 生产工艺

新型制动软管的生产工艺流程为:胶料混炼→挤出内胶层→骨架帘线编织→挤出外胶层→包水布→硫化→裁切→软管。

4.1.1 混炼

胶料分二段混炼,一段混炼在 DX55-75 型密炼机中进行,加料顺序为 EPDM、粘合剂 RS、氧化锌、硬脂酸、石蜡、防老剂 4010/RD、炭黑、白炭黑和环烷油,混炼 $(10\pm 1)\text{ min}$ 后排胶,排胶温度为 $(120\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$;二段混炼在开炼机上进行,混炼工艺为:一段混炼胶返炼至温度降至 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下加入硫化体系、粘合剂 A,然后两边翻胶、薄通、打三角包、放厚捣匀、出片,胶片冷却待用。要说明的是,粘合剂 RS 在胶料温度较高的密炼段加入会与氧化锌和硬脂酸发生预反应,有利于胶料粘合性能提高;粘合剂 A 在胶料温度低于 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的开炼段加入是因为其在高于 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下会分解释放出甲醛,对胶料粘合性能产生不利影响。

4.1.2 挤出

采用 $\Phi 115\text{ mm}$ 挤出机挤出内外胶层可以保证胶层厚度均匀、无缝,确保软管密封性;为利于粘合并考虑到粘合剂 A 的分解温度,挤出温度控制为 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$;螺杆转速控制为 $33\sim 46\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,如果螺杆转速过快,胶料温升过快,挤出胶层就会出现表面粗糙、膨胀率大和尺寸稳定性差的问题。

4.1.3 编织

由于制动软管口径[内径 $(36\pm 0.5)\text{ mm}$,外

径 $(53\pm 1)\text{ mm}$]较大、尺寸稳定性要求高,因此帘线采用硬芯编织法编织。所用的编织设备为 36 锭卧式编织机,编织层数为 3,编织角度为 54.73° 。为进一步提高胶层与骨架层的粘合强度,每编织完一层骨架就涂刷一遍胶浆,并包缠中间粘合胶层。

4.1.4 硫化

挤出成型的半成品胶管用水布包缠好后送入卧式硫化罐中直接蒸汽硫化,硫化条件为 $155\text{ }^{\circ}\text{C}\times 60\text{ min}$ 。

4.2 性能

研制的制动软管性能为:气密性试验(气压 2 MPa,时间 10 min) 无气泡;静液压试验(水压 2 MPa,时间 10 min)的外径变化率 1.2%,长度变化率 0.8%;管体扭转(水压 2 MPa,时间 10 min) $7\text{ mm}\cdot(500\text{ mm})^{-1}$;爆破强度 9 MPa;拉伸强度 15.1 kN;伸长率(拉力 1 kN) 2.2%;径向扩张性能(扩张 30%) 无裂口、裂痕、分层;耐紫外线疲劳性能(电压 220 V,波长 254 mm,时间 120 h) 弯曲部位无龟裂;耐寒性能(弯曲 90° , $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\times 4\text{ h}$) 无断裂、裂纹;弯曲外径变化率(短轴方向) 12%;890 制动缸脂浸泡(常温 $\times 72\text{ h}$) 后体积变化率 32%。可以看出,制动软管各项性能达到指标要求,其中制动软管的气密性极好(气压为 3 MPa、时间为 20 min 的强化试验也无气泡产生)和受压变形远小于性能指标,说明制动软管完全能够保证机车车辆的行驶安全;软管的耐紫外线疲劳性能极好(216 h 的强化试验仍未龟裂),说明软管的耐紫外线和耐臭氧老化(紫外线照射时还产生浓度较大的臭氧)性能好,使用寿命长;制动软管的径向扩张性能好,说明软管与连接器、接头的装配性能好。

5 软管总成结构及性能

5.1 结构

5.1.1 组装形式

制动软管总成由软管与连接器、接头装配组成,其组装结构形式有卡箍式和压套式,如图 1 和 2 所示。

我国多年来一直采用卡箍式组装制动软管总成,即把软管发送到各车辆段,各车辆段将软管与

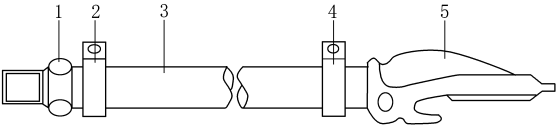


图1 卡箍式总成

1—接头;2,4—卡箍;3—软管;5—连接器。

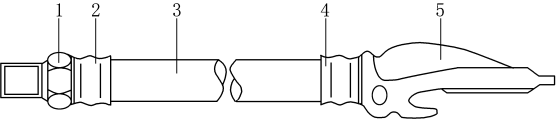


图2 压套式总成

1—接头;2,4—压套;3—软管;5—连接器。

卡箍、连接器、接头装配,用扳手将卡箍收紧即成总成。卡箍式总成易于分解,连接器和接头可重复使用,但由于现场组装在设备、装配工艺等方面存在差异,易使连接器、接头、卡箍等出现质量问题,造成软管损伤和总成拔脱强度低。

压套式组装制动软管总成是通过组装机直接将软管、压套、连接器和接头装配在一起,用铆合机将压套扣压紧固成总成。该法组装的软管总成拔脱强度高、质量好,易于大批量、连续化生产,缺点是不易分解。美国、英国等先进国家多用此法组装制动软管总成,而我国在制动软管的组装上还没有采用过此法。根据本研制高性能指标要求,决定采用压套式组装方式装配新型制动软管总成。

5.1.2 压套设计

根据新型制动软管总成的性能要求和解剖国外样品得到的启示,同时借鉴汽车刹车软管总成压套式组装经验,经多次试验和计算设计出如图3所示的制动软管压套。该压套采用优质碳素冷轧钢板冲压制成。同时,根据总成组装的需要,设计制造了组装机和铆合机。

5.1.3 铆合

制动软管总成组装时,连接器和接头装配头应先涂润滑剂,再对准软管中心装入,不能装歪、装不到位或损坏软管。装配连接器和接头的软管经检验后铆合,铆合尺寸的控制十分重要,铆合过紧容易造成内外胶层或编织骨架层损伤,过松则会造成总成的拔脱强度低。经试验,确定铆合尺寸为 (56 ± 0.6) mm。

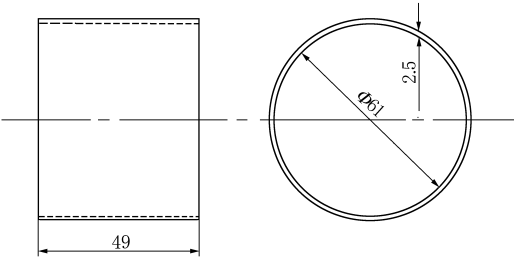


图3 压套结构示意图

5.2 性能

新型制动软管总成的拔脱试验结果见表4。从表4可以看出,软管总成的拔脱强度大大超过指标(≥ 9.7 kN)要求,说明总成具有管头不易拔脱的优点,能适应机车车辆非人工自动摘解的作业要求。

表4 新型制动软管总成的拔脱试验结果

试样号	拔脱强度/kN	破坏情况
1	15.60	根部线拉断
2	15.10	内套内胶层破裂
3	15.83	胶管拉断
4	15.40	压套拔脱
5	15.63	管头拔脱

6 装车试用

为考核新型制动软管及总成在不同气候环境和使用条件下的安全性和可靠性,选择了不同地区进行装车试验。

(1)在齐齐哈尔-满归的列车上装用,重点考察低温下软管的耐屈挠龟裂性能和气密性。使用一年多后,软管未出现损坏、龟裂和漏气问题,且在 $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温下屈挠性能良好,机械和手工摘解方便。

(2)在广州-深圳和福州-杭州的列车上装用,重点考察在湿热条件下软管的耐热空气老化性能。使用一年多后,软管未出现龟裂、漏气等现象,径向变形量小(较装车前仅增大 0.1 mm)。

(3)在大同-秦皇岛运煤专列上装用,重点考察软管总成对重载列车(载质量大、固定编组、自动卸货)的适应性。试验结果表明,制动软管总成适应重载列车不分解自动卸货的使用要求。

7 结语

本研制机车车辆新型制动软管及总成具有适用温度范围宽、气密性好、耐压强度高、耐紫外线疲劳性能优异等特点,已在国内和国际列车上安装使用,同时还为引进的美国制动机车生产配套。实际装车运行表明,新型制动软管及总成的安全可靠性好,使用寿命可达 6 年(包括 1 年贮存期),完全能够满足各种机车车辆使用要求。作为夹布

制动软管及总成的更新换代产品,新型制动软管及总成已在全国推广使用。

参考文献:

- [1] 高称意. 纤维骨架材料技术讲座 第 2 讲 纤维骨架材料的分类和性能[J]. 橡胶工业, 2000, 47(11): 695-700.
- [2] Hewitt N L. 胶带和胶管粘合体系[J]. 曾泽新译. 橡胶工业, 2001, 48(9): 538-547.

收稿日期: 2004-06-11

湖北胶管生产新工艺获突破

中图分类号: TQ336.3; TQ330.6⁺7 文献标识码: D

武汉市科技局组织专家对武汉市橡胶工业总公司、湖北楚天管件制造有限公司联合研究的胶管生产新工艺进行了鉴定。专家们认为,该工艺创新性地采用了热油循环、热空气硫化新工艺,突破了橡胶工业中传统的直接蒸汽硫化工艺,产品达到了国外同类产品的先进水平。

橡胶工业传统采用锅炉直接蒸汽硫化工艺,废水、废渣、废气、粉尘排放量相当大。该新工艺彻底摒弃了传统的工艺流程,取消原流程中的锅炉,靠热油循环装置加热硫化罐,用空压机向罐内加压,形成热空气间接硫化,有效地避免了生产过程中的废水、废渣、废气、粉尘排放。

采用该工艺并以独特的配方和新结构设计制造出了首批混凝土泵用胶管。所制产品爆破压力达 8 MPa,是国内外同类产品爆破压力的 2 倍,从而解决了国内同类产品易爆管的问题。

(摘自《信息早报(化工专刊)》, 2004-09-28)

河北泽合微型移动式硫化机入市

中图分类号: TQ330.4⁺7 文献标识码: D

一种广泛适用于硫化和压制各种橡胶和胶木制品的微型移动式硫化机日前在河北深州市泽合机械橡胶有限公司研制成功并投放市场。

目前,我国橡胶制品生产所用的硫化设备大多采用 380 V 动力线,限制了其使用范围,给用户带来诸多不便。对此,深州市泽合机械橡胶有限公司通过反复研究,开发出一种微型移动式 20 t 半自动平板硫化机,并获得国家专利(专利号为 ZL:02 2 69219.3)。

该设备采用 220 V 电源供电,通过安装机体底轮可改变工作位置,特别适合小型企业使用。该设备最大压力达 9 800 N,热板升降速度不低于 12 mm · s⁻¹,机床闭合压力 0.15 MN。

该设备的特性是:硫化机热板距离可根据模具高度任意调节,最大柱塞行程达 150 mm;采用电加热温控新技术,自控精度高,比同类产品节电 30% 以上;改变动力传输系统,可减少无功消耗,升降速度大大提高;应用时间继电器锁模,定时报警开模,实现了产品生产过程中压力范围内自动补压,可保证压制产品质量。

(摘自《中国化工报》, 2004-10-20)

韩泰将在东欧建厂

中图分类号: TQ336.1 文献标识码: D

美国《橡胶和塑料新闻》2004 年 8 月 23 日 28 页报道:

韩泰轮胎公司正在评价在东欧建立一个轮胎厂直接为当地日益增多的用户服务的可行性。

据报道,韩泰已在波兰、斯洛伐克和罗马尼亚寻找建厂地址。

欧洲是韩泰最大的出口市场,2003 年对欧出口额为 3.07 亿美元,约占韩泰全球销售额的 22%。该公司在法国、德国、意大利、西班牙和英国设有销售子公司。

土建将在 2005 年开始,投产要到 2~3 年以后。韩泰尚未透露新厂规模,但建厂理由是现有生产能力不能满足需求和欧洲进口关税过高。

韩泰 2003 年出口 2 000 万条轮胎,价值 7 亿美元。韩泰的轮胎年产能已超过了 5 000 万条。

(涂学忠摘译)