塔菲克 T_5BH 车用暖风水管的研制

蔡宝瑜　郑精益
（中南橡胶集团公司，宜昌　443003）

摘要　从结构设计、配方设计和生产工艺等几方面介绍了塔菲克 T_5BH 车用暖风水管的研制过程。结构上，以人造丝为骨架材料，采用针织结构；配方上，以 EPDM 4045 为主体材料，采用半有效硫化体系，防老剂 RD 和 MB 并用作防老体系，石蜡油作增塑剂；工艺上采用联动连续工艺生产半成品直管。采用以上方法制得的胶管全面满足了用户提出的性能要求。

关键词　汽车暖风水管，EPDM，异形胶管，针织结构

塔菲克 T_5BH 车是航天工业总公司三江雷诺汽车有限公司引进法国雷诺汽车公司技术生产的面包车，其中的暖风水管是发动机气缸和散热器之间的软连接件。由于发动机室内结构紧凑，空间小，需要将胶管外形设计为多处不同弯曲的形状以绕开周围的其它固定件，因此该胶管实际上是一种异形弯管。该胶管的扩径尺寸大，为通径的 11.6%～34.7%；弯曲半径小（30～50 mm），部分弯曲角度甚至小于 90°；使用环境苛刻，工作介质为乙二醇/蒸馏水冷却液，环境温度为 125～150 ℃，因此要求该胶管具有良好的热稳定性，内层胶要能耐介质，外层胶要能耐臭氧和热老化。

1996 年 5 月我公司承担了此胶管的研制任务，本文对此胶管的研制工作作一介绍。

1　技术指标

该胶管的系统管道通常的使用压力为 0.2～0.3 MPa，使用时环境温度为 125～150 ℃。该胶管输送的介质为 50/50 的乙二醇/蒸馏水混合冷却液，产品的爆破压力要求大于 0.9 MPa，还要求有较好的耐热及耐臭氧老化性能。

作者简介　蔡宝瑜，女，45 岁。工程师。1978 年毕业于华南工学院（现华南理工大学）橡胶工艺专业。主要从事胶管产品的开发和生产工艺管理工作。已发表论文 4 篇。

2　结构设计

针织结构具有较大的伸缩性，直径扩展可超过额定直径的 50%，允许有很小的弯曲半径，并能承受一定的动态负荷，还可设计针织网眼的大小，使内、外胶层具有良好的渗透性，因此确定增强层采用针织结构。

在增强层骨架材料方面，要求既要有一定的强度，又要具有良好的耐热性。聚酰胺纤维和聚酯纤维经 125 ℃×1 000 h 老化之后，强度几乎不受影响，但它们自身由于分子结构的限制，断裂伸长率和热收缩率都很高，因而对弯管的制造工艺和使用性能都有一定的影响；芳香族聚酰胺纤维材料的综合性能优异，但价格过高，且功能过剩；人造丝纤维材料具有一定的强度，热收缩率小，与橡胶的粘合性能也不错，可以采用。通过对比，最终选定了太仓 1650tex/1 人造丝纤维作为增强层材料。

确定了增强层材料后，按理论公式对产品的爆破压力 P_B 进行了计算。

$$P_B = \frac{2iC_1N_eK_B}{DC_3}$$

式中　N_e—单位长度胶管的织线排列根数，根·cm^{-1}，此处为 1/0.32；

K_B—单根织线的强度，N·根$^{-1}$，此处为 84；

i—针织层数，此处为 1；

C_1—综合修正因数，一般取0.75～0.90，此处为0.80；

D—计算直径，取针织层平均直径（cm），此处为2.33 cm；

C_3—针织材料断裂伸长率对胶管耐压强度影响修正因数，$C_3=1+\varepsilon$，ε为织线的断裂伸长率，此处为10.2%。

通过上式计算得到胶管的爆破压力为1.64 MPa，达到系统压力的5倍以上，完全能够满足使用要求。

由于内胶层直接接触输送介质，又考虑到生产工艺过程中套芯棒时内胶层有损失，因此内胶层的挤出厚度应相应增大。成品胶管壁厚为（3.50±0.35）mm，设计内胶层厚度为（2.30±0.20）mm，外胶层厚度为（1.25±0.10）mm。

3 配方设计

3.1 生胶的选择

根据胶管所使用的介质和温度要求，选用了EPDM作为胶管的主体材料。在牌号选择上，对日本EPDM4045，EP35，杜邦NDR5560，埃克森VISTALON7500，意大利埃尼DUTRAL4038，DUTRAL4044进行了对比试验，结果如表1所示。

表1 几种牌号EPDM的性能对比

性 能	DUTRAL4038	DUTRAL4044	VISTALON7500	NDR5560	EPDM4045	EP35
邵尔A型硬度/度	75	75	73	75	74	76
拉伸强度/MPa	13.1	11.2	13.8	9.7	11.6	12.0
扯断伸长率/%	436	472	396	348	440	444
200%定伸应力/MPa	6.2	4.5	7.0	5.2	5.2	6.4
撕裂强度/（$kN\cdot m^{-1}$）	46.1	38.7	42.3	37.0	40.7	41.6
扯断永久变形/%	12	20	10	14	22	12

经对表1中各组数据进行比较，确定选用EPDM4045。

3.2 硫化体系的选择

EPDM可采用硫黄、过氧化物、醌肟和反应性树脂等多种硫化体系硫化。普通硫黄硫化体系主要形成多硫键，因此硫化胶的耐热性较差。过氧化物硫化体系形成的交联键是碳-碳键，硫化胶具有优越的耐热老化性能，但该产品是采用硫化罐裸露硫化，因此不宜采用该硫化体系。我们采用主要产生单硫键和双硫键的半有效硫化体系，该体系具有较好的耐热老化性能和最小的压缩永久变形性能。选用DTDM作为硫化剂。该硫化体系在蒸汽硫化时稍有喷霜，为了减少喷霜现象，采用多种促进剂并用的硫化促进体系。该促进体系为促进剂TRA/M/ZDEDC/TMTD并用。促进剂TMTD用量过大会导致喷霜，影响产品外观质量，因此应尽可能地减小其用量，适当增大促进剂M的用量，这样有利于提高硫化胶的定伸应力和耐热性，减少喷霜现象，改进产品的外观质量。

3.3 补强填充剂的选择

EPDM属于非结晶橡胶，加入补强剂将显著地提高橡胶的物理性能，同时，考虑到挤出制品的加工工艺性能及挤出物表面光滑性，选用了快压出炭黑和少量高耐磨炭黑并用的补强体系。快压出炭黑用于EPDM，使胶料挤出速度快、挤出膨胀率低，并具有优异的物理性能。

3.4 防老剂的选择

EPDM本身具有优异的耐热、耐臭氧老化性能。根据产品的使用条件，为了进一步提高胶料的耐热老化性能，仍在配方中加入防老剂。试验初期，选用了多种防老剂进行了对比。最后确定采用防老剂RD和MB以1.5/1.0并用。

3.5　增塑剂的选择

石蜡油与 EPDM 的相容性很好, 能够改善 EPDM 的挤出性能, 且胶料挤出物外观质量好, 喷霜少。石蜡油的挥发分质量分数较低, 质量损失少, 填充石蜡油的胶料压缩永久变形小。通过试验, 认为石蜡油用量以 45～50 份为宜。

经过对各种配合剂的综合考虑, 确定最终配方为: EPDM　100; 硫化剂　2; 促进剂　2.7; 氧化锌　5; 防老剂　2; 炭黑　95; 软化剂　50; 硬脂酸　2; 合计　258.7。

4　生产工艺

该暖风水管管坯的制造是在引进西班牙古米克斯(GUMIX)公司的针织胶管生产线上进行的。该生产线由一台 GX-6109 冷喂料挤出机、一台 GX-6509 销钉式冷喂料挤出机、两套胶管传送装置、一台 F78-IH 型卧式针织机、两台履带牵引机、一套 O-DAC75XYJ-USYS100 型测径装置和控制系统、一套冷却吹干装置、一台 Motocomo R-2 型筒子绕线机和一台 NEVMA-TORQ 型旋转式切割机组成。工艺流程如图 1 所示。

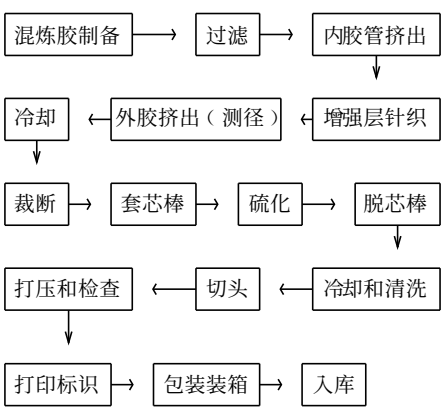

图 1　胶管制造工艺流程图

由于该胶管产品的直管部分是采用联动生产的, 管坯挤出过程中各机台的牵引速度必须保持相对稳定, 调速要同步, 以免造成管坯局部拉伸或受阻而影响管坯尺寸稳定。套棒前需认真检查半成品质量, 不合格的管坯不得套棒。套棒时芯棒表面温度不得超过 40 ℃, 弯曲部位严禁拉伸, 还要尽可能保持管壁厚度的一致性, 并避免管体扭曲。硫化后胶管内部的隔离剂必须清洗干净, 以免影响用户装配。硫化后, 产品须经逐条充气打压检验(充气压力 0.4 MPa, 充气时间 60 s), 并逐条检验外观质量与尺寸, 检查过程中应注意弯曲部位是否被局部拉薄, 有无脱层、划伤等缺陷。

5　胶料性能标准和测试结果

产品生产执行三江雷诺公司提供的标准。该标准是等效采用法国"汽车冷却循环系统橡胶软管"标准, 技术性能要求较苛刻, 标准中有些试验项目因设备原因无法进行, 经双方协商, 部分试验项目以国标代替。该产品的胶料性能标准和测试结果如表 2 所示。

表 2　暖风水管胶料标准和测试结果

项　　目	实测值	标准值
拉伸强度/MPa	11.5	≥6
扯断伸长率/%	384	—
邵尔 A 型硬度/度	79	—
撕裂强度/(kN·m^{-1})	27.1	≥20
热空气老化后(125 ℃×2 d)		
拉伸强度/MPa	13.6	≥8
扯断伸长率/%	199.8	≥100
冷却液老化(118 ℃×21 d)		
拉伸强度变化率/%	9.2	≤30
扯断伸长率变化率/%	−27.4	≤40
体积变化率/%	1.05	≤5
粘合强度/(kN·m^{-1})	2.65	≥2.0
产品爆破压力/MPa	1.4	≥0.9
液体质量变化率/%	0.65	−1.0～+3.0

6　结论

此试制胶管的各项物理性能都满足了用户提出的要求, 于 1996 年 12 月通过了三江雷诺汽车有限公司的 APQ 第四阶段验收和 20 万 km 整车里程试验。

收稿日期　1998-04-20