

耐高温潜油电缆 EPDM 绝缘层胶料配方的研究

蒋峰,程向前,张卫东,陈莹

(胜利油田 胜利泵业有限责任公司,山东 东营 257079)

摘要:介绍耐高温潜油电缆 EPDM 绝缘层胶料配方的研究。结果表明,采用主体材料为牌号 JSR EP33 的 EPDM (第三单体亚乙基降冰片烯质量分数为 0.4~0.6,丙烯质量分数为 0.4~0.5)、硫化体系为硫化剂 DCP/甲基丙烯酸锌并用体系、防护体系为防老剂 NAPM/RD/石蜡并用体系、增塑剂为 SUNPAR 2280 的配合,绝缘层胶料的性能较好;采用两次高温硫化工艺制备的成品电缆长期使用温度为 180℃,冲击使用温度为 190℃,最高使用温度为 200℃。

关键词:EPDM;电缆;耐高温性能;绝缘橡胶

中图分类号:TQ333.4;TQ336.5

文献标识码:B

文章编号:1000-890X(2004)04-0219-03

近年来,随着采油技术的发展和采油条件的变化,对潜油电缆耐高温性能的要求不断提高。为此,我们进行了耐高温潜油电缆 EPDM 绝缘层胶料配方的研究,现将研究情况简介如下。

1 实验

1.1 原材料

EPDM,牌号 JSR EP33,第三单体为亚乙基降冰片烯,日本合成橡胶株式会社产品;牌号 Nordel 2522,第三单体为 1,4-己二烯,美国杜邦公司产品。甲基丙烯酸锌和防老剂 NAPM,西安有机化工厂产品。SUNPAR 2280,美国石油太阳公司产品。其它原材料均为市售品。

1.2 基本配方

EPDM 100,氧化锌 5,硬脂酸 2.5,防老剂 NAPM 2,防老剂 RD 3,石蜡 5,阻水剂 5,段烧陶土 60,滑石粉 40,炭黑 N550 5,偶联剂 2,硫化剂 DCP 3。

1.3 仪器和设备

SK-160 型开炼机,上海橡胶机械厂产品;P3555B 型盘式硫化仪,北京环峰化工机械实验厂产品;LWK-100 型微控电子拉力试验机,广州试验仪器厂产品;ZC43 型超高阻计,上海第六电表厂产品。

作者简介:蒋峰(1968-),女,山东临朐人,胜利油田胜利泵业有限责任公司工程师,学士,从事电线电缆胶料配方的研究。

1.4 试样制备

胶料在开炼机上混炼,混炼工艺为:EPDM
包辊→氧化锌、防老剂、石蜡、阻水剂和硬脂酸
混炼均匀→煅烧陶土、滑石粉、炭黑和偶联剂
充分混炼→硫化剂 DCP 混炼均匀→下片。硫化在平板硫化机上进行,硫化条件为 170℃×15 min。

1.5 性能测试

各项性能按相应国家标准测试。

2 结果与讨论

2.1 配方组分选择

2.1.1 主体材料

由于潜油电缆在油井下受高温、高压、油浸泡和酸腐蚀等作用,因此要求其绝缘层具有优异的耐高温,耐高压,耐酸、碱和油性能。综合考虑,选择 EPDM 作主体材料。EPDM 牌号的选择试验结果见表 1。从表 1 可以看出,与 Nordel 2522 相比,JSR EP33 的硫化胶物理性能和耐热老化性能较好。故主体材料选用 JSR EP33。

2.1.2 硫化体系

EPDM 胶料一般采用过氧化物和硫黄硫化体系硫化。过氧化物硫化形成的交联键为碳-碳键,硫黄硫化形成的交联键为碳-硫键。由于碳-碳键的热稳定性远优于碳-硫键,因此耐高温 EPDM 绝缘层胶料的硫化体系选用过氧化物硫化体系。试验确定,硫化体系由硫化剂 DCP 和助交联

表 1 不同牌号的 EPDM 性能

项 目	JSR EP33	Nordel 2522
生胶		
亚乙基降冰片烯质量分数	0.4~0.6	0
1,4-己二烯质量分数	0	0.65~0.8
丙烯质量分数	0.4~0.5	0.4~0.5
硫化胶		
邵尔 A 型硬度/度	68	70
100%定伸应力/MPa	3.5	2.3
拉伸强度/MPa	8.5	7.3
拉断伸长率/%	290	220
拉断永久变形/%	3.9	7.5
体积电阻率 $\times 10^{-16}/(\Omega \cdot \text{cm})$	4.5	3.6
165℃ $\times$ 168 h 热氧老化后		
邵尔 A 型硬度变化/度	+4	+3
拉伸强度变化率/%	-12.0	-19.0
拉断伸长率变化率/%	-16.0	-25.0

注:试验配方同基本配方。

剂甲基丙烯酸锌组成。硫化剂 DCP 用量和甲基丙烯酸锌用量对硫化胶性能的影响分别如图 1 和表 2 所示。根据图 1 中硫化剂 DCP 用量与硫化胶拉伸强度和拉断伸长率的关系并兼顾胶料加工性能,确定硫化剂 DCP 的用量为 4 份。

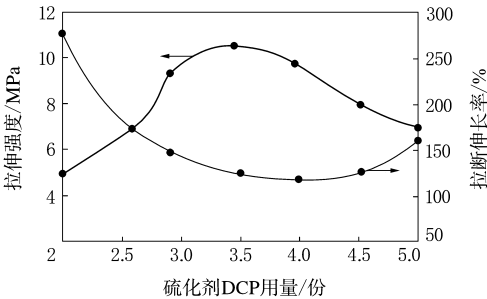


图 1 硫化剂 DCP 用量对硫化胶拉伸强度和拉断伸长率的影响

除硫化剂 DCP 用量外,试验配方其余同基本配方。

从表 2 可以看出,随着甲基丙烯酸锌用量增大,胶料的 M_L 减小, M_H 增大, t_{s1} 基本不变, t_{90} 缩短,这表明胶料的交联密度增大,流动性提高,硫化速度加快;硫化胶的拉伸强度和定伸应力总体呈增大趋势,拉断伸长率总体呈减小趋势,耐热氧老化性能提高。但甲基丙烯酸锌用量不能过大。原因一之是甲基丙烯酸锌用量过大会导致硫化胶的体积电阻率偏小,之二是甲基丙烯酸锌为粒状,其用量过大会导致分散性差且不能完全熔融,而没有熔融的颗粒会在成品电缆使用过程中形成高

表 2 甲基丙烯酸锌用量对胶料性能的影响

项 目	甲基丙烯酸锌用量/份			
	0	5	15	25
硫化仪数据(180℃)				
$M_L/(N \cdot m)$	1.14	1.09	1.00	0.92
$M_H/(N \cdot m)$	3.53	3.60	3.66	3.68
t_{s1}/min	1.37	1.40	1.46	1.45
t_{90}/min	6.33	5.94	5.76	5.71
硫化胶				
邵尔 A 型硬度/度	76	78	84	87
100%定伸应力/MPa	2.3	3.4	4.5	5.6
拉伸强度/MPa	7.1	8.9	10.5	10.4
拉断伸长率/%	225	166	171	151
拉断永久变形/%	3.7	4.5	6.8	12.3
体积电阻率 $\times 10^{-16}/(\Omega \cdot \text{cm})$	4.2	8.3	8.2	6.7
165℃ $\times$ 168 h 热氧老化后				
邵尔 A 型硬度变化/度	+5	+2	+2	+3
拉伸强度变化率/%	脆化	+9.7	+6.5	+4.7
拉断伸长率变化率/%	脆化	+8.9	+2.4	+1.5

注:除甲基丙烯酸锌外,试验配方其余同基本配方。

压电场,导致电缆击穿。综合考虑,确定甲基丙烯酸锌的用量为 15 份。

2.1.3 补强填充体系

为提高硫化胶的耐热性能,补强填充体系采用煅烧陶土/滑石粉/炭黑并用体系。为保证硫化胶的绝缘性,炭黑的用量较小,仅为 5 份,但炭黑对硫化胶的补强作用较大。炭黑种类对硫化胶性能的影响见表 3。从表 3 可以看出,炭黑 N330 胶料的综合性能较好,因此炭黑选用炭黑 N330。

2.1.4 防护体系

EPDM 可在 150℃ 下长期使用。为进一步提高其耐高温性能,应加入耐高温性能好的防护体系。经试验,确定选用耐高温性能好的防老剂

表 3 炭黑种类对硫化胶性能的影响

项 目	炭黑种类			
	N240	N330	N550	N760
邵尔 A 型硬度/度	78	75	72	69
100%定伸应力/MPa	2.1	3.2	2.5	3.0
拉伸强度/MPa	8.7	6.8	6.5	5.6
拉断伸长率/%	230	280	290	265
拉断永久变形/%	4.6	5.8	3.7	9.1
体积电阻率 $\times 10^{-16}/(\Omega \cdot \text{cm})$	3.2	4.5	2.1	1.8
165℃ $\times$ 168 h 热氧老化后				
邵尔 A 型硬度变化/度	+5	+3	+2	+4
拉伸强度变化率/%	-16.0	-13.0	-21.0	-19.5
拉断伸长率变化率/%	-25.6	-21.2	-24.6	+28.6

注:除炭黑种类外,试验配方其余同基本配方。

RD 和耐热、耐屈挠疲劳、耐溶剂性能好的聚合型防老剂 NAPM 及物理防护剂石蜡并用,且防老剂 NAPM/RD/石蜡并用比为 2.5/2/5。

2.1.5 增塑剂的选择

增塑剂对硫化胶性能的影响见表 4。从表 4 可以看出,加 SUNPAR 2280 的硫化胶综合性能较好。因此,增塑剂选用 SUNPAR 2280。

表 4 增塑剂对硫化胶性能的影响

项 目	增塑剂种类		
	空白	SUNPAR 2280	DHP
邵尔 A 型硬度/度	67	59	61
100%定伸应力/MPa	1.9	2.1	1.9
拉伸强度/MPa	6.4	6.5	6.7
拉断伸长率/%	259	488	366
拉断永久变形/%	6.1	5.6	7.5
体积电阻率 $\times 10^{-16}/(\Omega \cdot \text{cm})$	1.1	2.5	1.4
135℃ $\times$ 168 h 热氧老化后			
邵尔 A 型硬度变化/度	+5	+6	+8
拉伸强度变化率/%	+7.8	+12.3	+16.4
拉断伸长率变化率/%	-24.3	-22.3	-36.0
165℃ $\times$ 168 h 热氧老化后			
邵尔 A 型硬度变化/度	+3	+1	+4
拉伸强度变化率/%	-12.5	-1.5	-9.0
拉断伸长率变化率/%	-40.0	-21.4	-38.5

注:除增塑剂外,试验配方其余同基本配方。

2.2 优化配方及性能

耐高温潜油电缆绝缘层胶料的优化配方确定为:JSR EP33 100,氧化锌 5,硬脂酸 2.5,防老剂 NAPM 2.5,防老剂 RD 2,石蜡 5,阻水剂 5,段烧陶土 60,滑石粉 40,炭黑 N330 5,偶联剂 2,SUNPAR 2280 10,硫化剂 DCP

4,甲基丙烯酸锌 15。该配方对应的硫化胶性能见表 5。从表 5 可以看出,优化配方硫化胶性能完全达到指标要求。

表 5 优化配方硫化胶性能

项 目	测试值	指标
邵尔 A 型硬度/度	75	70 $\pm$ 5
100%定伸应力/MPa	3.4	>2
拉伸强度/MPa	10.9	>4.5
拉断伸长率/%	450	>150
拉断永久变形/%	3.5	
体积电阻率 $\times 10^{-16}/(\Omega \cdot \text{cm})$	4.6	
165℃ $\times$ 168 h 热氧老化后		
邵尔 A 型硬度变化/度	+5	$<+8$
拉伸强度变化率/%	-26.7	± 30
拉断伸长率变化率/%	-21.0	± 25

2.3 成品电缆性能

成品电缆(一次硫化条件为 190℃ $\times$ 5 min,二次硫化条件为 150℃ $\times$ 2 h)性能为:耐压性能 在 27 kV 直流电压下 5 min 不击穿;绝缘电阻率 $>2.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$;泄漏电流 $<15 \mu\text{A} \cdot \text{km}^{-1}$ 。

3 结语

用本研究绝缘层胶料化优配方制备的耐高温潜油电缆耐高压和耐酸、碱、油的性能好,长期使用温度可达 180℃,冲击使用温度可达 190℃,最高使用温度为 200℃,可满足国内市场对耐高温潜油电缆的要求。

收稿日期:2003-10-07

世界级气相法白炭黑项目落户江西

中图分类号:TQ330.38+3 文献标识码:D

日前,美国卡博特公司与中国蓝星(集团)总公司签订合资经营合同,双方将共同建立国内最大、世界一流的气相法白炭黑生产厂——卡博特蓝星(江西)化工有限公司。我国气相法白炭黑在生产规模、生产技术、自动化程度以及产品牌号等方面远不及国外大公司产品,占总需求量 80%以上的产品需要从国外进口。美国卡博特公司是一家专业生产特殊化工产品和特种化工材料的跨国公司,其白炭黑的生产技术、产品品种和质量均居世界领先水平。蓝星公司下属的星火有机硅厂是

我国最大的有机硅生产基地,可稳定、充足地为气相法白炭黑生产提供优质的原料。为此,双方决定共同投资在江西省永修县建立目前国内规模最大的气相法白炭黑生产厂。

据了解,卡博特蓝星(江西)化工有限公司总投资超过 3 000 万美元。该合资公司将结合蓝星和卡博特各自在原料、市场、技术和管理方面的优势,计划于 2005 年投入生产,届时每年可为市场提供 5 000 t 优质白炭黑产品,将缓解国内白炭黑供不应求的局面。

(摘自《中国化工报》,2004-02-03)