

自限式电热带的研制

吴文元 刘炳智 田雨康

(食工系)

(科研处)

一、前言

自限式电热带是国外电加热领域近年来发展较快的新产品,可以广泛地应用于石油、化工等行业的管道、阀门、泵体的防冻保温。我国的油田、化工、机械等厂矿,有较大部分位于高纬度地区,这些厂矿的自来水管、阀门需要防冻保温。尤其是我国油田原油含蜡量较高,更需管道加温防止阻塞。目前在这些场合还采用衍生蒸汽管道方法,由于加热管道与被加热管道接触面小,综合热效率仅10%左右,而自限式电热带可直接缠绕于被加热管道,综合热效率可达35%以上。另外,蒸汽加热法的施工、运行费用也较大。

国内进口自限式电热带,每米价格高达15~30美元,每年要耗费数十万美元。而我们研制的电热带每米成本估计不超过人民币15元。可见,开发这种新技术和新产品,具有很大的经济效益。

作者研制了电阻率具有正温度系数特性的不同规格的自限式电热带(FZ-20, FZ-22)。本文主要介绍自限式电热带的自限特性原理、研制方案及性能测试结果。

二、自限式电热带工作原理

1. 加热原理

两根平行的电源导线用具有导电性的晶态热塑性材料联结成一个导电整体。接通电源后,电流横向通过电阻芯体,形成一个连续的发热体(图1),相当于两根导线之间并联无数个加热元件,达到尽可能多的控制。它的自调节性能建立在微观量级上,每个分子都组合成自己的恒温加热器^[1]。

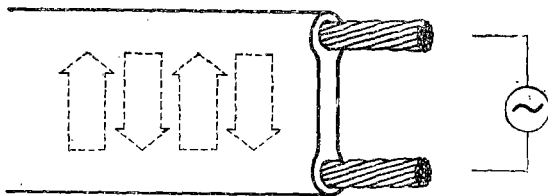


图1 自限式电热带的发热体

2. 自限特性原理

自限式电热带通电加热时,它的电阻能随温度变化而自行调节,从而改变加热功率,使加热温度保持在一定的范围内。

本文1986年12月23日收到

组成电热带的芯体是交联聚合物、碳黑和其它添加剂的混合物。碳黑在这里主要起导电作用,同时还具有增强剂和抗氧稳定剂的作用,也有助于聚合物的交联^[2]。组成芯体的热塑材料一般是随机方式排列的长链分子,当用电离辐射或者添加化学交联剂的方法进行交联处理后,邻近分子间的结合产生了永久的交联。这些交联具有将碳黑分子陷获在晶格中并在高温时仍将它们保持住的作用^[1]。(图2)

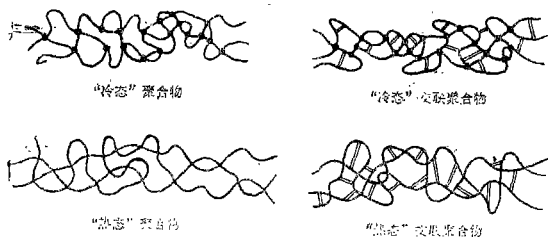
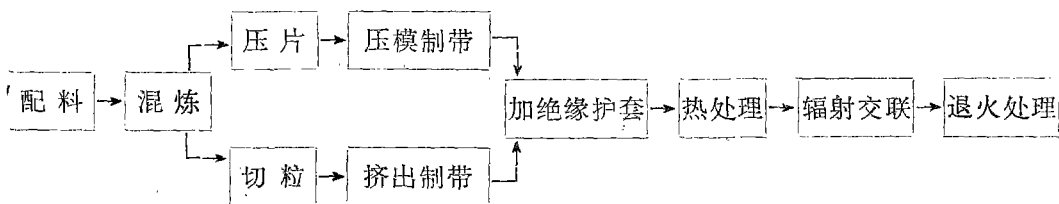


图2 交联聚合物结构示意图

当自限式电热带温度升高时,由于热塑交联聚合物的膨胀使碳黑分子边界受到应力而分开,这就使该分子区域的电阻增加几个数量级,从而限制甚至截断电流的通过。冷却时,热塑交联聚合物回到原来的构型,碳黑分子间的电连续性又恢复了。由于交联分子的作用,这种过程可以无限次地重复。这就是自限式电热带自调节作用的原理。由于这种自限性能,使它在被加热管道上工作时,既保持合适的温度,又避免产生过热现象。

三、自限式电热带研制工艺流程



我们采用聚烯烃为电热带中的热塑性聚合物基料,导电填料为碳黑粒子,它们与抗氧剂、敏化剂等其它添加剂按一定的配方量在混炼机中混合均匀。一定量的混料在压力机中压片后,即在放有两根平行导线的模具中压模制带,或者将混料切粒后于挤塑机上挤出于两根平行导线上制成带子。加上绝缘护套后于电热烘箱中热处理,最后用钴60辐射源的 γ 射线辐射交联(也可以用电子加速器的电子来进行辐射交联),再退火处理。化学交联剂虽然也能使聚合物交联,但由于反应较剧烈,易影响电热带芯体表面的平滑。

四、自限式电热带性能测试结果

1. 凝胶含量

聚合物的交联程度影响着自限式电热带的稳定性、耐电压性和使用寿命。增加辐照剂量可提高聚合物的交联程度。但从工艺和经济上来说,辐照剂量不宜太大。为了用较小的辐照剂量获得较大的交联程度,我们采用添加敏化剂的方法。敏化剂的功效主要是进行能量传递,加速交联反应^[2]。一般线型高分子都可以在一定条件下溶解于某些溶剂,但若交联转变为网状结构高分子后即不溶解,不溶物为凝胶。所以,聚合物的交联程度一般可以从凝胶含

量体现出来。样品测定时用沸腾的二甲苯抽提22小时，烘干至恒重后，测重量损失，计算凝胶分数。图3表示自限式电热带芯体材料的凝胶分数与辐照剂量的关系。辐照后经退火处理可使残余的自由基起作用，增强交联程度。

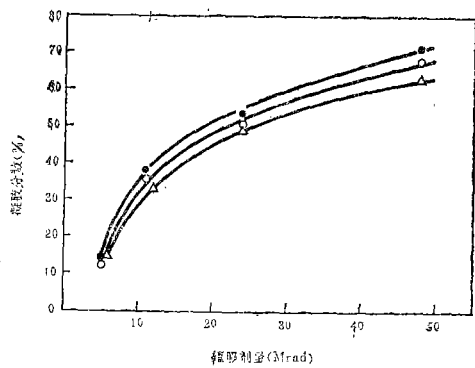


图3 自限式电热带芯体材料凝胶分数与辐照剂量的关系 △未加敏化剂，○加敏化剂，●加敏化剂辐照后退火处理

图4与图5表示我们研制的两种不同温度等级的自限式电热带热输出功率与环境温度的关系。曲线的斜率反映了正温度系数特性的强弱。斜率越陡，则该特性越明显，即电阻率随温度上升而增大的速率较快。在这种情况下，它能迅速自行调节热输出功率，控制发热温度。斜率较缓的自限式电热带虽然调节热输出功率的速度较慢，但它的起动电流较小，这样就无需借助辅助装置来避免起动电流的过载。

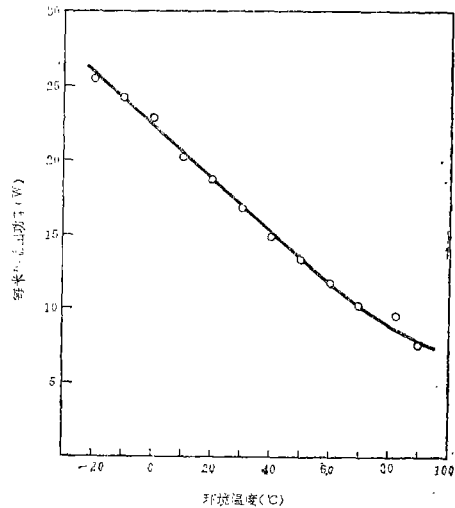


图4 FZ-20型自限式电热带热输出功率与环境温度的关系(电压：220V)

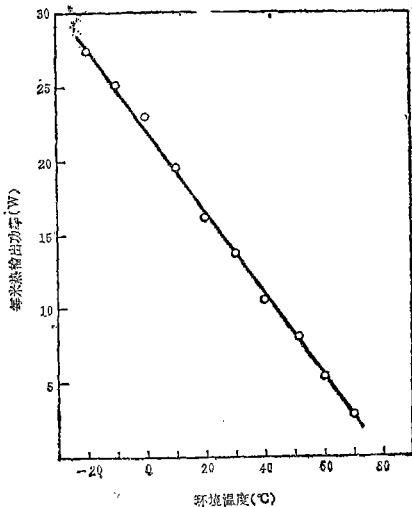


图5 FZ-22型自限式电热带热输出功率与环境温度的关系(电压：220V)

3. 发热温度

表2列出我们研制的自限式电热带发热温度的部分原始记录数据。

2. 热输出功率

我们研制的自限式电热带的电阻率与国外产品一样，都具有正温度系数特性。表1列出EZ-20型自限式电热带在各种温度下测出的电阻率。

表1 FZ-20 自限式电热带电阻率与温度的关系

T(℃)	$\rho(\Omega\cdot\text{cm})$	T(℃)	$\rho(\Omega\cdot\text{cm})$
0	19300	50	50000
10	21300	60	66700
20	24000	70	136700
30	27700	80	500000
40	33000	90	$>3\times 10^6$

一定长度的电热带周围用玻璃纤维(厚约 10mm)保温,在电热带与玻璃纤维之间插入温度计。从表中可以看出,尽管外界温度的变化会影响电热带的发热温度,但由于电热带的自调节能力,补偿了部分热损失,使这种影响减小。例如,室温从 28.5℃(9月4日)到 5.5℃(12月22日)下降了 23℃,但自限式电热带的发热温度只下降 9~12℃。如果保温条件再好些,则电热带发热温度随环境温度的变化还将下降。

为了考验电热带的稳定性和耐用性,我们使用了自己制造的“定时切断—接通装置”,使通电发热的电热带定期处于“切断”与“接通”的循环状态(断路数十分钟再通电数十分钟)。热塑材料的交联分子时而伸展,时而收缩。数据表明,我们研制的自限式电热带在这种的强制性“伸缩”下,仍然是比较稳定的。

表2 自限式电热带发热温度数据

日 期	室温(℃)	发热温度(℃)	
		FZ-20	FZ-22
9月4日	28.5	82.0	94.0
9月5日	26.0	81.0	94.0
9月15日	24.0	78.5	93.0
9月26日	26.0	79.0	94.5
10月3日	23.0	77.5	92.5
10月11日	21.5	76.5	92.0
10月17日	21.5	76.0	91.5
10月22日	19.0	76.0	91.0
11月3日	17.5	75.0	91.0
11月12日	16.5	74.0	90.0
11月20日	14.0	73.0	89.0
11月27日	10.0	71.5	87.5
12月2日	10.0	71.5	88.0
12月5日	12.0	72.0	88.5
12月11日	11.0	71.0	87.5
12月15日	10.0	71.0	87.5
12月22日	5.5	70.0	85.0
1月8日	8.0	71.0	87.5
1月13日	4.5	69.5	86.0

参 考 文 献

[1] J.A.Oakes et al. IEEE Transactions on Industry Applications, V.IA-9 No.4, p.462(1973).
[2] 马瑞德等编,《辐射加工技术》,四川科学技术出版社,1984,

87040

适用于 Apple—II 微机的高精度、多通道数据采集系统的研制《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

关键词 微机;高分辨力;数据采集;系统

摘要 本文介绍适用于 Apple—II 微机的,高精度、多通道数据采集系统(DAS)的研制。文中涉及到 DAS 的设计、调试方法和某些应用。该 DAS 卡具有使用方便、成本低廉及适应面广等优点。

作者:唐永炎

87041

二阶数字锁相环的模型和性能分析《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 锁相系统/可列马尔可夫链;转移概率;可逆计数器;

环路状态;锁定;瞬态响应

摘要 按照可列一阶马尔可夫链方式,建立了一个具体的二阶数字锁相环的模型,并对它进行了分析。从马尔可夫链的转移概率矩阵出发,确定了数字相环(DPLL)的稳态相位误差,用同样的方法计算了输入信号衰落时的瞬态响应。另外,针对一个硬件 DPLL 进行了测试,与马尔可夫链模型获得的结果进行比较,发现理论预测与实验能很好地吻合。

作者:赵雪梅

87042

自限式电热带的研制《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 自限式电热带;交联聚合物;辐射交联;凝胶分数;正温度系数;热输出功率;发热温度

摘要 本文介绍了自限式电热带的研制方法及其特性。以晶态热塑性聚合物和导电炭黑为主体的自限式电热带,其电阻率具有正温度系数特性,发热温度范围从 70℃ 至 90℃,分为两种规格。根据需求,适用于油田、化工等行业的管道、阀门、泵体等不同场合,起防冻保温作用,保持粘滞液体流通无阻。研制样品通电试验半年多来,性能稳定。

作者:吴文元、刘炳智、田雨康

87043

罗拉梳理机过程的 Markov Chain 解析《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 马尔可夫链;罗拉;梳理机;转移概率;概率向量;吸收态;基本矩阵;时间差

摘要 本文讨论了随机数学的有限维马尔可夫链锁的基本原理。并用以分析纤维在罗拉梳理过程中的运动机理,推导吸收纤维并将纤维输出机外的概率以及纤维在机中的受梳时间与道夫转移率和生产质量之间的关系。

作者:刘国涛

87042

THE DEVELOPMENT OF SELF-LIMITING HEATER CABLE 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Self-limiting heater cable, crosslinked polymers; Radiation crosslinking; Gel fraction; positive temperature coefficient; thermal output; calorific temperature

ABSTRACT This paper introduces the development and the characteristics of self-limiting heater cable which is mainly composed of crystalline thermoplastic polymer and conductive carbon black and the resistivity of which is characterized by a positive temperature coefficient. There are two specifications, whose calorific temperatures are about 70°C and 90°C respectively. They may be used in heat tracing pipes, valves and pumps in oil fields and chemical plants for freeze protection or maintaining flow characteristics of viscous syrups. After electrified operation the development samples have been stable for over half a year.

Author: Wu Wenyuan Liu Bingzhi Tian Yukang

87040

A DEVELOPMENT OF HIGH ACCURACY AND MULTI-CHANNEL DATA ACQUISITION SYSTEM(DAS) SUITABLE to the APPLE-II MICROCOMPUTER 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Microcomputer; High resolution; Data acquisition; system

ABSTRACT This paper introduces a development of high accuracy and multi-channel data acquisition system(DAS), which is suitable for the Apple-II microcomputer. This paper covers the design, adjusting and testing method and some application. This DAS card has such advantages as convenience to use, low cost, wide application and etc.

Author: Tang Yongyan

87043

THE "MARKOV CHAIN" ANALYSIS on CARDING PROCESS of ROLLER CARD 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Markov chains; Roller; Cards; Transition probability; Probability vector; Absorbing state; Fundamental matrix; Time difference

ABSTRACT This paper discusses the fundamental principles of the finite dimensions "Markov Chain" (M.C.) of the Random mathematics. By using the principles it analyses a series of problems as the motion mechanism of the fibre on roller card during carding process, the probability that the doffer absorbs and takes the fibre out of the machine, and the relationship between the time when fibre carded in the machine and transfer ratio of the doffer and the quality of the card sliver.

Author: Liu Guotao

87041

THE MODELLING and PERFORMANCE ANALYSIS of a SECOND-ORDER DIGITAL PHASE-LOCKED LOOP 《Journal of the Wuxi Institute of Light Industry》Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Phase-locked loop/Markov chain with alternatives transition probabilities; Up/down counter loop state; Lock-up; Transient response

ABSTRACT A specific second-order digital phase-locked loop is modeled after a first-order Markov chain with alternatives, and analyzed. From the matrix of transition probabilities of the Markov chain, the steady-state phase error of the DPLL is determined, and in the same way the loop's transient response calculated for a fading input. Additionally, a hardware DPLL is constructed and tested to provide a comparison to the results obtained from the Markov chain model. It is found that the theoretical predictions are in a agreement with the experimental data.

Author: Zhao Xuemei