



## 煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带 及补口带浸漆设备的研制

陈海峤

中国石油天然气管道科学研究院(河北省廊坊市 102849)

**提 要** 煤焦油瓷漆防腐具有一系列优点,作为这一防腐材料的关键技术是煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带及补口带浸漆。文章对这一技术设备进行了总结,并重点介绍了外缠绕带和补口带浸漆设备的结构和工作原理,以及各部件的功率计算及牵引速度计算等问题。

**主题词** 管道防腐 [煤焦油瓷漆] [外缠绕带] [补口带浸漆] 工艺设备

几十年来,在世界各国(不包括前苏联、东欧国家和中国)煤焦油瓷漆是最通用的管道涂料,以美国用量最大。据美国《管道文摘》杂志调查,煤焦油瓷漆连续60年占主导地位。煤焦油瓷漆做为一种管道防腐涂料,能在世界范围内应用几十年而长盛不衰,是因为它具有一系列独特的优良性能而又比较经济实用。煤焦油瓷漆与石油沥青虽同属沥青类涂料,但其性能远优于石油沥青。它具有软化点高、粘结性能好、吸水率低、抗微生物侵蚀、抗植物根茎穿透、抗烃类侵蚀、溶解性能好、日常维修量小、寿命长等优点。英国 Metrotect 公司在其产品说明书中明确提出“已证明煤焦油瓷漆在世界任何地方应用均可达到60年的使用寿命”。因此煤焦油瓷漆防腐材料的研制是非常必要的,而研制煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带及补口带又是该课题的重要组成部分。目前,我院研究煤焦油防腐瓷漆已进入中试阶段,煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带和补口带的浸漆设备与交通部汽车团修理厂合作获得成功,得到用户的好评。为此,我们把该设备的结构和工作原理作一

介绍,以供同行们借鉴。

煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带,是对管体进行外防腐时最后的一道工序。它用外缠绕带进行缠绕,其作用是为了改善煤焦油瓷漆的耐磨、抗土壤应力等性能,以提高防腐层的各种理化性能,在运输和回填过程中保护涂层。

使用煤焦油瓷漆防腐材料进行补口有很多方法,其中一种是使用煤焦油瓷漆补口带进行补口。英国 Metrotect 公司生产这种材料,英国 Denso 公司和美国 Tapecoat 公司也生产这种产品。煤焦油瓷漆管体外缠绕带和补口带均是将瓷漆浸粘在合成纤维的棉毡上制成的。补口带补口时将卷装的瓷漆带打开,用喷灯(或其它加热器具)适当地加热其一侧,使该侧的煤焦油瓷漆表面溶化,随即将其包缠于管道的接口部位,并使带与带之间同管体涂层搭接密合,冷却后形成连续完整的防护层,达到防腐的目的。制造煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带和补口带,需要一套设备,我们完成了该设备的研制。下面介绍一下该设备的结构和工作原理。

## 1 煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带及补口带浸漆设备的结构和工作原理

煤焦油瓷漆管体防腐外缠绕带及补口带浸漆设备包括三部分;第一部分是浸漆槽;第二部分是牵引装置;第三部分是电器控制。

### 1.1 浸漆槽

浸漆的基材可以用玻璃纤维棉毡、涤纶纤维棉毡、或其它合成纤维棉毡作基材。基材进入煤焦油瓷漆槽,并经过旋转辊浸粘煤焦油瓷漆。煤焦油瓷漆是一种热塑性材料,浸粘瓷漆时需要加热,瓷漆采用间接加热方式,用管状电加热器加热热媒槽中的热媒,热媒的热量又传递给煤焦油瓷漆槽,达到了加热煤焦油瓷漆的目的。

热媒是一种人工合成的载热流体,供间接加热使用,在 $-18\sim+316^{\circ}\text{C}$ 工作温度范围内是最通用的热传递产品之一,是有较好的粘度特性、较高的比热和导热系数,在工作温度范围内呈液体状态。无需高压设备,它能高效可靠地传递热量,宜适用于低压间接加热系统。它对通常加热系统中使用金属不腐蚀。它通常是一种有机液体,具有“低压高温”的工作特性。一般有机液系统在大气压力为 $0.1\text{MPa}$ 的条件下便可获得 $300^{\circ}\text{C}$ 左右的高温,因此系统不必承受高压,大大地降低投资和运行费用。对操作人员也无需特别许可的压力容器设备操作执照的要求。对国内已经生产的几种作为热媒使用的有机液,经过分析比较和使用后,普遍认为 YD 系列热媒有机液能满足下列要求:

(1)热稳定性好,可在温度指标允许范围内长期使用;

(2)腐蚀性小、低毒、粘度低;

(3)比热大、导热性能较同类进口热媒好;

(4)在最高允许使用温度范围内,蒸气压较低,仅 $0.019\sim 6\text{MPa}(0.2\text{kg}/\text{cm}^2)$ ;

(5)凝固点低,可用于 $-10^{\circ}\text{C}$ 以上的较寒

冷地区。

热媒具有以上优点,而且温度没有剧烈的变化,便于温度的自动控制,因此我们对煤焦油瓷漆采用这种间接加热的方法。

基材浸粘瓷漆后经旋转辊进入刮辊,经冷却段冷却后与塑料薄膜一起进入驱动辊。

刮辊和旋转辊中心都有管状电加热器。因为瓷漆是一种热塑性材料,浸粘瓷漆的基材经旋转辊进入刮辊,如果刮辊不加热瓷漆遇到低温的刮辊会粘度增加或凝固,影响浸漆的质量。因此刮辊和旋转辊都要加热,而且进行温度控制。另外两刮辊之间的间隙是可以调整的,而且两刮辊均不转动,这样达到控制浸粘瓷漆厚度的目的,把多余的瓷漆刮掉。

### 1.2 牵引装置

牵引装置由调速电机、减速器、链条和驱动辊组成。调速电机、减速器连接,减速后的动力由链条传给驱动辊。驱动辊包括两个辊,用一对齿轮传递扭力,而且两辊之间的间隙可以调整,从而保证了摩擦力和牵引力矩。

浸粘了瓷漆的基材经冷却段冷却后与塑料薄膜一起进入驱动辊,然后到辊缠绕制成成品。塑料薄膜使用的目的是防止补口带之间的粘连。

### 1.3 电器控制部分

电器控制部分主要由电器控制柜组成,控制的部位有三个:第一是用调速电机控制器,控制调速电机的转速,获得符合要求的牵引速度;第二是用温度指示调节仪控制管状电加热器的加热温度,以使煤焦油瓷漆得到要求的温度,而且是自动控制温度;第三是用电磁式调压器,用调整加热电压的方法,控制刮辊和旋转辊中的管状电加热器的加热功率,以达到要求的使用温度。

另外电器控制柜还能控制电机的启动停止,以及各种工作状态的指示、温度的显示等。下面详细介绍一下以上几种控制方法。

#### 1.3.1 调速电机转速的控制

由于该系统要求基材的牵引速度可在较大的范围内调整,因此采用电磁调速电机。该电动机是一种简单、可靠的变速装置,在规定的调速范围内能均匀地、连续地无级调速,并能输出额定的转矩。在闭环运行的情况下,负载变动时可借控制装置的速度负反馈系统自动调节离合器的激磁电流,使输出轴转速基本上保持不变。

此种调速电动机具有如下几种优点:

- (1)速度调节均匀、平滑、无失控区;
- (2)具有速度反馈的自动调节系统,机械特性硬度高;
- (3)启动力矩大;
- (4)结构简单可靠,无滑动接触部分,使用维护方便;
- (5)控制系统简单,控制功率小,容易实现自动化运行。

该调速电机是用 JP1A 型控制器,改变调速电动机离合器激磁电流的大小,来改变输出转速的。

### 1.3.2 热媒加热器的控制

热媒加热器的控制是用 XCI-101 型动圈式温度指示调节仪控制管状电加热器来实现的,其控制精度等级为 1.0 级。该仪表的结构有 3 部分组成:测量系统、调节装置和断偶保护部分。其工作原理是使装在热媒槽中的热电偶产生毫伏信号,在仪表和热电偶组成的回路中产生电流,使仪表指示针动作,当温度上升到规定的温度时,调节装置使仪表中的继电器动作,用继电器控制加热器的通电接触器,使其断电,当温度下降后接触器继续通电。这样实现了加热器的断续通电,从而自动地控制了热媒温度。同时保证了煤焦油瓷漆的温度。

### 1.3.3 刮辊和旋转辊的温度控制

该温度控制是用调整电压的方法来控制刮辊和旋转辊中的管状电加热器的加热功率,从而得到要求的温度。刮辊和旋转辊的温

度使用数字式表面温度计测量。同时调整加热功率,使其达到要求的温度。

由于刮辊和旋转辊的结构尺寸比较小,同时中心部位还要安装管状电加热器,因而无法安装用于自动控制温度的热电偶,实现自动控制温度,所以采用了调压器调整加热功率的方法调温。

## 2 各部位功率和牵引速度的计算

### 2.1 电动机功率的估算

对于电动机,我们使用了一台 1.1kW 的调速电动机。由于采用了一台 1:30 的卧轮减速器,其传递效率较低,因此传递功率损失比较大。另外因要求的牵引速度变化范围比较大,调速电机在 120~1200r/min 的范围内使用,调速电动机在低速时输出功率比较小。因调速电动机的传递效率与调速电动机的输出转速  $n_2$  和拖动电动机的转速  $n_1$  有关,其传递效率为  $n_2/n_1$ 。电动机调速时,随着转速的降低输出功率亦成正比地降低。因此这种调速电动机适用于恒转矩负载,所以在低转速情况下,电动机输出功率比较小。为了克服电动机低转速功率小的问题,选择 1.1kW 的电动机是合适的,在实际应用中电动机的功率也是合适的。

### 2.2 牵引速度的计算

驱动辊牵引速度  $V$  的计算公式如下:

$$V = \frac{\pi n r}{30} \quad \text{cm/s}$$

式中  $n$  ——驱动辊 10 的转速, r/min;

$r$  ——转动半径, cm。

因链条传动分为两级,可用大、小链轮做减速传动。其中大链轮 46 齿,小链轮 16 齿。也可用两个小链轮进行转动,两个小链轮同为 16 齿。

因此驱动辊 10 的最大转速和最小转速分别为:

$$n_{\text{最大}} = 1200 \times \frac{1}{30} = 40 \text{ r/min}$$

$$n_{\text{最小}} = 120 \times \frac{1}{30} \times \frac{16}{46} = \frac{32}{23}$$

$$= 1.39 \text{ r/min}$$

其中 1200 为调速电机的最高转速(r/min);  
1/30 为减速器的减速比;120 为调速电机最低转速(r/min);16 为小链轮的齿数;46 为大链轮的齿数。

这样驱动辊 10 的牵引速度  $V_{\text{最大}}$  和  $V_{\text{最小}}$  分别为:

$$V_{\text{最大}} = \frac{\pi n_{\text{最大}} r}{30}$$

$$= \frac{\pi \times 40 \times 3}{30} = 12.57 \text{ cm/s}$$

$$V_{\text{最小}} = \frac{\pi n_{\text{最小}} r}{30}$$

$$= \frac{\pi \times 1.39 \times 3}{30} = 0.437 \text{ cm/s}$$

其中  $r=3\text{cm}$ 。

所以牵引速度可在 0.437cm/s 到 12.57cm/s 的范围内连续调整。因此可调速度范围比较大。可以根据不同的工作状态选择适当的牵引速度。

## 2.3 热媒加热器功率的计算

2.3.1 通过加热槽壁板的散热量  $W_1$  用下式计算:

$$W_1 = K \cdot F \cdot \Delta t$$

式中  $F$  —— 加热壁板的表面积,  $\text{m}^2$ ;

$\Delta t$  —— 热媒与被加热介质的温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$K$  —— 散热系数, 100mm 保温层厚度的系数为  $4.62 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

2.3.2 加热物耗热量的计算

钢材的耗热量  $W_2 = G_2 \cdot C_2 \cdot \Delta t$

热媒的耗热量  $W_3 = G_3 \cdot C_3 \cdot \Delta t$

煤焦油瓷漆的耗热量  $W_4 = G_4 \cdot C_4 \cdot \Delta t$

式中  $G_2$  —— 加热槽中钢材的总质量,  $\text{kg}$ ;

$C_2$  —— 钢材的比热,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;

$G_3$  —— 热媒的质量,  $\text{kg}$ ;

$C_3$  —— 热媒的比热,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;

$G_4$  —— 煤焦油瓷漆的质量,  $\text{kg}$ ;

$C_4$  —— 煤焦油瓷漆的比热,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

## 2.3.3 总热耗量的计算

$$W_{\text{总}} = \sum W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

## 2.3.4 加热总功率的计算

$$N = \frac{W_{\text{总}}}{3612\eta}$$

式中  $\eta$  —— 加热效率;

3612 —— 电热当量,  $\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

根据上述计算,我们选了 5 个 1kW 的管状电加热器。

## 2.4 刮辊和旋转辊中电加热器功率的计算:

$$W = G \cdot C \cdot \Delta t$$

$$N = \frac{W}{3612\eta}$$

式中  $G$  —— 钢材的质量,  $\text{kg}$ ;

$C$  —— 钢材的比热,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

根据上式计算,我们选用 3 个 200W 的管状电加热器,而且 3 个辊的重量做成一样的,所以 3 个辊加热功率一样。同时还用了 1 台调压器,将 3 个加热器并连,用调压器控制加热器的加热功率,从而控制 3 个辊的加热温度。

由于煤焦油瓷漆具有一系列优良的防腐性能,所以它至今仍具有很强的生命力。它适用于埋地管道,具有使用寿命长、涂敷技术简单、日常维修量小、成本低等优点。同时,它还有令人信服的几十年实际应用的跟踪记录,在世界许多国家和地区仍然倍受欢迎。据推测,在本世纪内和下世纪初,沥青类涂料(包括煤焦油瓷漆和石油沥青)的用量在我国管道涂层材料中仍将占较大的比重。因此上述设备的研制是非常必要的,我们将进一步完善设备,使其发挥更大的作用。

(收稿日期:1992-06-16)