

钢管涂塑方法——静电喷涂法

——《钢管涂塑技术》(8)

近年来由于各行各业对涂塑钢管性能要求不同,涂塑钢管为适应各种不同环境和输送介质,于是就有了不同的涂塑方法。每种涂塑方法都有其适用的塑粉和适宜涂塑的钢管形状,目前尚没有任何一种方法能够完全取代其他方法,因此有必要将各种涂塑方法和适宜涂覆范围分别予以介绍。

目前国外的钢管涂塑方法按其适用的材料主要有两大类:液体塑料涂覆和塑料粉末涂覆。塑粉类涂料又分为热固性塑粉和热塑性塑粉。液体塑料类涂料的种类多,其塑膜涂层光洁度高、硬度高,是塑粉类涂料膜所无法比拟的。美国 Tuboscope 公司开发的 Tubekote 系列涂料大部分是液体塑料类,专门用于涂覆石油工业用钢管。目前我国尚未有用液体塑料涂覆钢管的生产厂家。

目前国内涂塑钢管的生产方法大致有七种:
①静电喷涂法;②挤压包覆法;③压送涂覆法;④幕帘式涂覆法;⑤旋转涂覆法;⑥流动槽涂覆法;⑦火焰喷涂法。这七种涂覆法都各具优点和适宜涂覆范围。本讲介绍静电喷涂法。

1 静电喷涂法概述

静电喷涂塑粉技术在国外用于涂塑钢管早已是成熟的技术。采用该法大多数使用数十个喷嘴(30~50个),并呈辐射状排列在喷涂室四壁喷涂塑粉。塑粉雾化一般采用电雾化、空气雾化和无空气雾化。为使塑粉雾化均匀,在喷嘴处加有某种障碍以减弱喷出速度并使塑粉雾化分散。

在涂覆固化性塑粉时,为使塑粉能充分快速固化,国外大多数厂家采用后固化工艺。后固化所用热源,有的是紫外线,也有的是远红外或电加热,固化效果好且节约能源。

国外有的生产厂家采用静电喷涂工艺,其特点是:用干燥空气来保持塑粉干净,不造成污染,塑粉喷涂于钢管壁上流化均匀而不集聚;塑

粉散布状态极佳,在涂膜厚度范围内能很好覆盖螺紋或焊缝的突起处;采用震动筛和磁过滤器来回收多余塑粉,使回收塑粉不结块,保持了塑粉原有粒度,满足下一次喷涂要求。

我国输油管道大部分采用的是螺旋焊管,由于管壁上有一条螺旋状的粗大突起焊缝,在焊缝两侧容易造成漏喷,或突起部位着粉过薄,形成针孔。解决的办法就是采用多只转向喷枪,使焊缝周围涂塑膜厚度基本一致。另外,采用自动调节固化保温时间及温度,以适应各种塑粉固化的要求,由此可大大提高塑粉的固化质量。

2 塑粉静电喷涂的工艺原理

塑粉静电喷涂的电源由高压静电发生器供给,经高压电缆接入静电喷枪,喷枪同时与气源、供粉管和供粉器连接。

塑粉在供粉器中与空气混合后进入喷枪,高压静电发生器产生的高电压接到喷枪的内部或前端,塑粉粒子在喷枪内部或喷口处带上电荷(由喷枪的结构形式决定),在静电场的作用下塑粉粒子飞向接地的工件上,故不仅能喷到工件的正面,同时也可涂覆到工件的背面。塑粉附着在工件上超过一定的厚度后发生同性相斥,后喷的粉末就不易再吸附上去(塑料粉末一般带负电,电压在30~100kV),从而达到较为均匀的膜厚。喷涂后的工件在固化炉中将塑粉层熔融、流平、固化,形成均匀的膜层。

典型的塑粉静电喷涂生产流程:上工件→前处理→固定式静电喷涂(塑粉回收)→手工静电补喷(塑粉回收)→固化炉→淬水→下工件。

3 塑粉静电喷涂设备及工艺参数条件

塑粉静电喷涂设备包括:高压静电发生器、静电喷枪、供粉器、喷涂室、粉末回收装置(带通风)、压缩空气油水分离器等。为了操作方便,可增设控制台。

为使塑粉静电喷涂的涂层较薄且均匀,参照的工艺参数条件如下:

(1) 高压静电发生器的输出电压宜为 80 ~ 100kV,为提高静电场作用力的环抱作用,输出电压可升至 120 ~ 140kV。

(2) 供喷枪用的压缩空气压力宜为 $1.5 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

(3) 供粉器经喷枪喷出的塑粉量一般选择 $7.5 \sim 18 \text{kg/min}$ 。粉末静电喷枪端部与工件之间的间距约为 200mm。

(4) 为保证粉末涂层不受污染,压缩空气油水分离器的油水分离要求空气露点温度在 -3°C 以下。

(5) 喷涂过程中工件除直线移送外,还宜缓慢自转,尤其对尺寸较大的喷涂工件,其转速以 2 ~

4r/min 为宜。

(6) 为使涂覆不发生漏涂,则需布置 30 ~ 40 支喷枪同时喷涂。

(7) 喷涂后的工件一般应立即传送至烘干炉烘烤固化成膜,烘烤后应立即进行急冷,因涂层随温度急剧下降而快速收缩,从而提高涂层的表面光泽度和延展性。

4 钢管静电喷涂工艺

钢管静电喷涂工艺流程为:待涂塑钢管→蒸气脱脂→上料分批→钢管外表面喷丸→钢管内表面喷丸→喷涂准备→钢管内喷涂→钢管外喷涂→固化处理→冷却→卸料→涂层测厚→针孔检测(内、外表面)→外观检查→分选→包装→入库。工艺流程如图 1 所示。

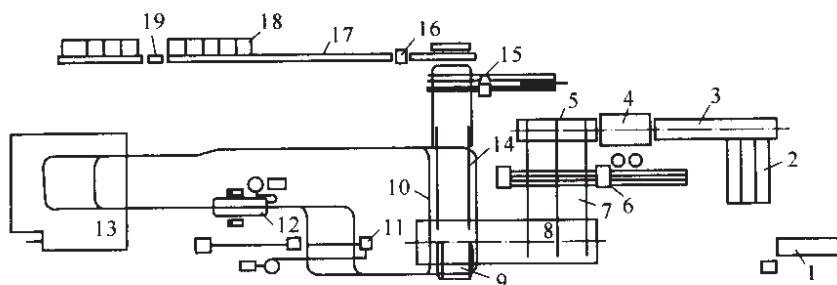


图 1 钢管静电喷涂工艺流程示意

1—蒸汽脱脂槽 2—分批台架 3—外喷丸前辊道 4—外喷丸机 5—后辊道 6—内喷丸机 7—链式运输机
8—辊道 9—装卸机 10—吊挂链式运输机 11—内喷涂设备 12—外喷涂设备 13—固化炉 14—链式运输机
15—内针孔检测 16—外针孔检测 17—辊道 18—包装料槽 19—包装机

涂覆薄塑膜的钢管预处理,包括钢管脱脂和钢管内外表面喷丸处理。钢管脱脂采用氯化氢(三氯乙烯)蒸气脱脂法,清洗钢管内外表面的油污。由于钢管在清洗槽内只与三氯乙烯热蒸气接触,所以处理后表面清洁、干燥、无油污。

钢管内、外表面经过喷丸处理后,其表面具有金属光泽且不平度应为 $25 \sim 30 \mu\text{m}$ 。较粗糙的活化表面能明显提高塑膜的附着力。喷丸后表面质量达到瑞典 SIS 055900 标准中的 Sa2 1/2 的要求。

钢管涂层设备按工艺要求采用 20 支内喷枪和 16 支外喷枪,分阶段同时进行喷涂。整个生产过程是由计算机自动控制的,可进行单独外涂、单独内涂、综合内外涂以及重复喷涂等 4 个生产工艺程序。钢管内喷涂采用的是摩擦起电的原理,

选择专门的涂料配合,确保内涂层质量。

钢管外喷涂是在喷涂室以 2m/min 的速度行进喷涂的,并选择最佳的喷射速度、气压、电压等工艺参数,使带电粉末涂料牢固吸附在钢管表面上,保证涂层的一定厚度与均匀性。

喷涂后的钢管由链式运输机送入自动化控制的固化炉,在规定的温度下使粉末熔化、流平(根据涂料特性的不同来选择固化温度和烘烤时间,一般为 180°C 烘烤 10 ~ 30min)。

对钢管涂层质量的检测采用的是测厚仪和内、外涂层针孔检测仪,先进的涂层设备一般在生产过程中采取在线检测,对涂层质量进行控制。

涂层厚度一般为 $75 \sim 250 \mu\text{m}$,在长度和截面上涂层厚度误差 $\pm 35 \mu\text{m}$,钢管涂层达到均匀、无针孔。

涂层设备具有良好的塑粉回收及除尘系统，确保喷涂室有较高的清洁度，涂层钢管表面洁净无污染，具有漂亮的外观。

为进一步保证产品质量，还应建立涂层检测实验室，设置必要的检测设备，对涂料和涂层质量进行严格的检验。

5 影响塑粉静电喷涂质量的主要因素

影响塑粉静电喷涂质量的主要因素包括塑粉质量、成套喷涂设备性能及喷涂工艺条件等。

5.1 塑粉质量

(1) 塑粉的粒径分布：塑粉粒径太小，易飞散，造成喷枪堵塞，若单位质量的载荷量大则容易在工件上沉积。适用静电喷涂的塑粉粒径，宜选择 $30 \sim 40 \mu\text{m}$ 并占总粉量的 $60\% \sim 70\%$ 为好。

(2) 塑粉的体积电阻：适宜静电喷涂的塑粉体积电阻为 $10^{10} \sim 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 。该值太低，则沉积在钢管壁上的粉末粒子易脱落；太高，则粒子电荷不易放出，后喷的塑粉粒子会受到排斥而影响塑膜厚度。

5.2 设备性能

(1) 静电电压：静电电压增高，环抱作用增强，沉积效率提高，一般宜选用 $80 \sim 100 \text{kV}$ ，至少不低于 60kV 。

(2) 喷枪：塑粉的沉积率是与喷枪的带电机构和扩散机构的结构形式密切相关的。喷枪外带电机构的平均电场强，则塑粉沉积率就较高。改善扩散机构有助于提高气流粉末粒子的雾化程度。

(3) 出粉量及其均匀度：出粉量小，沉积率可明显提高。出粉量的均匀度直接影响到涂层的均匀性，而出粉量的均匀度基本上取决于供粉器的供粉均匀程度。

(4) 喷粉室的结构形式：喷粉室应有合理的结构，应能形成所要求的气流，并产生微负压，开口处的风速以 $0.3 \sim 0.6 \text{m/s}$ 为好。气流宜从喷枪后方向钢管四周运动，提高塑粉的沉积率。喷粉室应设计成独立的绝缘体，传送链及其他管线应与室体隔开，避免室体内部发生静电感应，以减少塑料粉末在室体内壁的沉积。

5.3 喷涂工艺条件

(1) 喷涂距离：这是控制塑粉涂层厚度的一个重要技术因素。距离增大，涂层厚度就减小。从形成所需要的涂层考虑，喷射距离一般为 $100 \sim 250 \text{mm}$ ，若工艺需要还可以缩短，但从喷涂安全考虑，应不小于 200mm ，如用恒场强线路，喷涂距离允许缩短至 20mm 。

(2) 喷涂时间：时间长则出粉量增加，沉积率降低，并不能多增加涂层厚度，故应通过试验确定最短而又合适的喷涂时间。

(3) 覆盖面积：钢管尺寸大，喷涂覆盖面积相应增大。但受喷枪喷嘴口径限制，往往在规定时间内不能覆盖整个钢管表面，故需要增加喷枪数量，从而相应增大了喷涂室尺寸。

由以上各种因素可知，为使塑粉静电喷涂质量稳定，必须通过工艺试验寻求最佳工艺参数，确定成套设备的性能和使用条件，并确知每批塑粉的特性，才能使塑粉静电喷涂使用稳定。

6 塑粉静电喷涂法的优缺点

6.1 优点

需作静电喷涂的钢管可以不经预热，直接将塑粉喷在经过喷丸处理后的钢管壁上，涂覆后再加热。这样，塑膜对钢管基体的附着力强，塑膜与钢管基体之间不会有氧化膜存在。涂层均匀，自动化程度高，施工费用低，经济效益高，尤其适合于输水管道用管的涂塑。也比较适合于小直径管或大直径短管以及管件的涂塑。

6.2 缺点

不适合于大直径长管的涂塑，因为这要求静电喷涂室要大，设备造价高；对塑粉的干燥度要求很严；由于电离作用，塑粉“同性相斥”致使静电喷涂塑膜厚度一般不超过 0.3mm ，这对于有些用途的涂塑钢管显得太薄。

(待 续)

庞永俊 孙冰心 柏永清 编撰
赵三元 孙 胜

《中国钢管 50 年》——你我的 50 年