

静电

吴祥华 徐黎明 姚林生 俞汉民 编著

现代涂装新技术  
静电喷涂

XIANDAI  
TUZHUANG JISHU

JINGDIAN  
PENTU

# 现代涂装新技术——静电喷涂

吴祥华 徐黎明  
姚林生 俞汉民 编著



浙江大学出版社

## 内容简介

本书着重介绍二部分内容：1.当代涂装新技术——静电喷涂的基本工作原理、工艺流程与特点，及其相应设备的分类、构造、应用与维护；2.粉末喷涂的前处理工艺、配方、设备和粉末涂料的生产、性能指标及其正确使用。

本书对喷涂厂家选择喷涂设备、工艺技术及其操作使用与维修起指导作用。本书最适合涂装行业生产技术工人阅读；对有关技术人员亦是一本有益的参考书。

## 现代涂装新技术——静电喷涂

吴祥华 徐黎明 编著  
姚林生 俞汉民

责任编辑 应伯根

\* \* \*

浙江大学出版社出版

浙江省水利所印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

\* \* \*

开本787×1092 1/16 印张：12.5 插页1 字数：304千字

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

印数：1—5 000

ISBN 7-308-00262-4

TQ·003 定价：4.30元

# 前 言

---

静电喷涂是当代涂装行业重点研究、开发和推广应用的新技术。静电喷漆可以提高油漆利用率，减少漆雾飞散，防止环境污染，改善劳动卫生条件，是一种改变传统喷漆方法的新兴工艺。粉末静电喷涂可以耐腐蚀、耐磨损、耐水、耐冲击，并具有良好的保护性、装饰性等优点，是现代涂装的最新工艺。

为了更好地推广应用静电喷涂新技术，使我国涂装行业更上一层楼，并向世界先进行列靠拢。我们根据多年来生产喷涂设备、粉末涂料、喷前处理、喷后固化等工作的实践经验，结合有关资料编写了这本书。

全书共分六章，第一章主要介绍静电喷涂的基本工作原理、工艺流程、特点及其影响质量的诸因素；第二章介绍了涂装前表面处理的方法及其设备；第三章叙述粉末涂料组成的分类、制造、应用和测定；第四、第五章分别介绍了粉末静电喷涂和静电喷漆设备的工作原理及其结构，技术指标以及典型的喷涂设备；第六章介绍喷涂设备的使用与维护，以及喷涂质量的分析。

本书在编写过程中，力求做到从实际出发，以满足生产和使用单位对这一综合性工艺、设备、技术的了解。同时，内容编排上虽然相互连贯，但各章具有相对独立性，所以，读者可直接选择感兴趣的章节。假若本书能对我国涂装行业的发展起到一点促进作用，作者就感到最大的欣慰。

本书第一、四、五、六章由吴祥华、徐黎明、俞汉民执笔。第二章由程浩执笔；第三章由姚林生执笔。全书由吴祥华主持编写并最后修改定稿。

本书承沈庆扬副教授、陈景银高级工程师进行了全面细致的审阅，并提出了许多十分有益的修改意见。同时，还得到了浙江大学机械系、天津市电冰箱厂、湖北沙市电冰箱厂、樟州洗衣机厂、上海机电设计院、杭州中法化学有限公司、广东佛山粉末涂料厂、浙江德清粉末涂装设备厂等单位的大力支持。邵建中同志在本书校对、付印过程中做了大量的工作，编者在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于本书编写时间仓促，以及限于编者水平，错误和不妥之处在所难免，敬请读者不吝批评指正。

编 者 1988年12月  
于浙江大学无线电厂

# 目 录

## 第一章 静电喷涂概论

第一节 概述 .....	1
第二节 粉末静电喷涂(静电喷塑) .....	2
一、粉末静电喷涂的基本工作原理 .....	2
二、粉末静电喷涂工艺流程 .....	4
三、粉末静电喷涂特点 .....	5
第三节 静电喷漆 .....	5
一、静电喷漆的基本工作原理 .....	5
二、静电喷漆工艺流程 .....	5
三、静电喷漆特点 .....	6
第四节 影响静电喷涂质量的诸因素 .....	6
一、影响粉末静电喷涂质量的诸因素 .....	6
二、影响静电喷漆质量的诸因素 .....	7

## 第二章 涂装前表面处理

第一节 概述 .....	11
一、涂装前表面处理技术及发展 .....	11
二、涂装前表面处理的作用 .....	12
三、表面处理四要素 .....	12
第二节 金属表面除油 .....	14
一、物理处理方法除油 .....	15
二、化学处理方法除油 .....	15
第三节 金属表面除锈 .....	21
一、铁锈 .....	21
二、物理方法除锈 .....	22
三、化学方法除锈 .....	24

四、二合一除油除锈和水洗	25
第四节 化学转化膜	26
一、化学转化膜	26
二、磷酸盐膜的分类	27
三、磷酸盐膜生成的原理	28
四、磷酸盐膜处理过程中的影响因素	31
五、磷化液的配制	35
六、磷酸盐膜的生产工艺及检验	36
第五节 涂装前的表面处理设备	40
一、设备的原理与组成	40
二、设备维护	46
三、典型表面处理设备介绍	47

### 第三章 粉末涂料

第一节 概述	51
一、粉末涂料的发展	51
二、粉末涂料的特点	53
三、粉末涂料的经济分析	54
四、粉末涂料的安全性	56
五、粉末涂料的发展趋势	57
第二节 粉末涂料	59
一、粉末涂料的组成和分类	59
二、粉末涂料的主要品种	62
三、粉末涂料的制造	88
第三节 粉末涂料的质量及检验	95
一、粉末涂料的粉末状态的性能	95
二、粉末涂料的涂膜的性能	101
第四节 常见涂装和涂膜质量问题及其处理	104

### 第四章 粉末静电喷涂设备

第一节 粉末静电喷涂设备的分类	108
一、手工操作粉末静电喷涂设备	108
二、自动粉末静电喷涂设备	108
第二节 粉末静电喷涂高压发生器	110
一、高压发生器的基本工作原理及其结构	110
二、高压发生器的电路分析	111
三、高压发生器的主要技术指标	116

四、国内外各类粉末静电喷涂高压发生器实样	117
第三节 喷粉室	119
一、喷粉室的作用	119
二、喷粉室的主要技术要求	119
三、喷粉室的分类及其结构	119
第四节 供粉系统	121
一、供粉系统的作用及要求	121
二、供粉系统的组成	121
第五节 静电高压喷粉枪及其移动装置	128
一、喷粉枪的构造和作用	128
二、喷粉枪的种类	128
三、喷粉枪的导流器	129
四、自动喷粉枪的移动装置	131
五、国外各类喷粉枪	132
第六节 粉末回收系统	133
一、粉末回收装置的作用	133
二、粉末回收系统的组成	133
第七节 静电中和自动筛粉机	137
一、筛粉机的作用	137
二、筛粉机的工作原理及其构造	138
三、国外筛粉机实样	139
第八节 手工操作粉末静电喷涂典型设备介绍	140
一、FJP—86B型粉末静电喷涂设备工作过程简介	140
二、手工操作粉末静电喷涂设备的主要技术参数	141
三、手工操作粉末静电喷涂设备的安装与调试	142
四、国内外手工粉末喷涂设备	143
第九节 全自动粉末喷涂流水线典型设备介绍	145
一、FJP—86B型自动喷涂设备工作过程	145
二、FJP—86B型自动喷涂设备组成及其主要技术参数	146
三、FJP—86B型自动喷涂设备的安装与调试	151
四、国外自动喷涂设备	153
第十节 选用粉末静电喷涂设备的依据	155
一、设备总依据	155
二、喷枪数量的确定	156
三、喷粉室的确定	156
四、回收装置通风量的确定	156
五、悬挂链输送速度的确定	157
六、粉末静电喷涂设备选择举例	157

## 第五章 静电喷漆设备

第一节 静电喷漆设备的分类	159
一、手工操作静电喷漆设备	159
二、室式手工和自动静电喷漆设备	160
三、 $\Omega$ 圆盘静电喷漆设备	162
四、多喷枪自动静电喷漆设备	162
第二节 静电喷漆高压发生器	162
第三节 静电喷漆室	167
一、喷漆室的作用与要求	167
二、喷漆室的分类及其结构	167
第四节 喷漆枪及其旋转、升降装置	170
一、喷漆枪	170
二、喷漆枪的旋转与升降装置	172
三、国内外各类喷漆枪实样	172
第五节 供漆系统	175
一、自流式	175
二、加压式	175
三、压力输送式	176
第六节 选择静电喷漆设备的依据	177
一、喷漆室的选择	177
二、静电喷漆室通风量的确定	178
三、 $\Omega$ 圆盘式静电喷枪升降装置速度的确定	178
四、静电喷漆设备选择举例	178

## 第六章 设备的使用与维护及其喷涂质量的分析

第一节 设备的使用与维护	180
一、主要设备的使用与维护	180
二、设备使用注意事项	184
第二节 防火、防爆、防毒及三废处理	185
一、防火、防爆	185
二、防毒	186
三、三废的处理	187
第三节 粉末喷涂质量的分析	187

## 附录 粉末静电喷涂设备推广应用信息介绍



# 第一章

## 静电喷涂概论

静电喷涂是根据传统的喷涂和静电效应相结合的一项新技术。它具有最佳的经济效应、防止环境污染、效率高等特点，因而得到了广泛的应用并获得了迅速的发展。

静电喷涂包括静电喷漆和粉末静电喷涂（或静电喷塑）两种。本章将介绍它们的基本工作原理、工艺流程、特点、影响喷涂质量诸因素等内容。

### 第一节 概 述

在人类的生产和生活活动中，所使用的各种机械、工具、仪器设备、家用电器、船舶、化工管道等各种各样的金属外壳和结构，不论是在贮存、运输，还是在使用中，都将经受大气和其他物质的接触而被腐蚀。有的因与物件或物料的摩擦而损坏；有的因承受高温而氧化；还有的因接触各种流体而表面出现冲蚀、浸蚀和各种因素的损坏作用。由上种种情况导致各种产品的表面损伤、内部精度和效能的降低。由此可见，由于自然和人为的各种破坏作用，无疑加剧了人类在资源、能源和劳动力等方面的巨大浪费。但是，人类长期地跟大自然的搏斗中，亦逐渐懂得了保护自己劳动成果的重要性，从而产生了产品表面的涂装技术。该技术不仅能保护产品，而且增加了产品的美观。

最初的涂装技术一般为手工涂漆，然后发展成喷漆。实践表明，它们都存在着许多不足之处。为克服之而发展了一种静电喷漆技术。相比之下，静电喷漆具有极大地减少漆雾飞散和环境污染以及大大提高油漆的利用率等独特优点，同时，它所产生的漆膜质量均匀丰满、附着力强、装饰性良好，因而广泛地应用于各种产品的表面喷涂。

在生产实践过程中，亦日益暴露了静电喷漆的某些问题。于是，在1962年法国赛米斯公司发明了塑料粉末静电喷涂技术，简称静电喷塑或粉末静电喷涂。目前，世界上各发达国家都普遍采用了此项新涂装技术，而我国刚刚开始。目前，我国除了从国外成套进口喷涂流水线之外，国内亦有不少设备厂家生产静电喷涂的设备，但几乎以手工喷涂为主。而今后发展趋势将是：把喷漆流水线改造成喷塑流水线，建造新喷塑流水线，加工生产喷涂单套设备。我国采用静电喷塑技术是从家电行业开始，并首先达到普及，然后向其他机电、电气、化工管道、船舶制造等行业推广应用。可以断言，粉末静电喷涂是现代涂装行业的必然趋势，并将为愈来愈多的用户所欢迎，得到产品生产厂家的采用。

## 第二节 粉末静电喷涂（静电喷塑）

### 一、粉末静电喷涂的基本工作原理

为更好理解粉末静电喷涂的基本工作原理，先介绍有关的知识，然后进行具体说明。

#### （一）电晕放电现象

我们知道，一个孤立的导体，当它带上静电时，电荷在导体表面的分布与表面曲率有关，导体表面曲率大，则电荷密度大；曲率小，则电荷密度小。带电导体表面电荷分布如图1—1所示。

一个荷电体周围存在电场，而电场的强弱可由电力线的密度来表示，如图1—2所示。电力线密的区域电场强度就大。

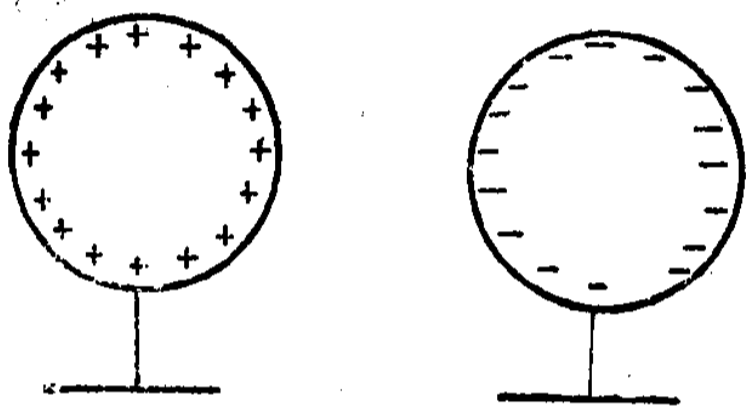


图1—1 带电导体电荷分布示意图

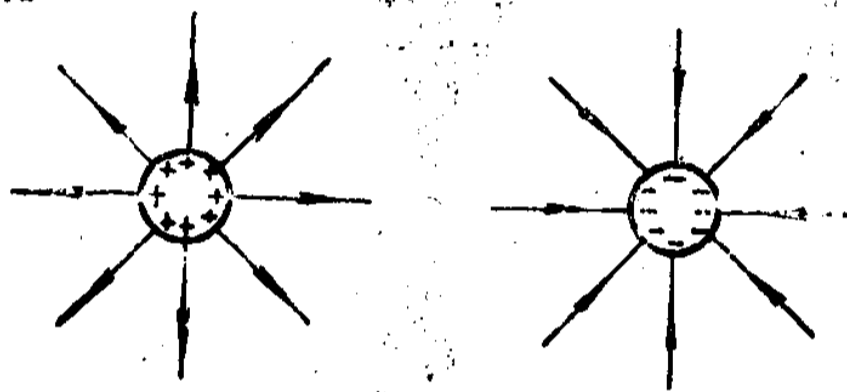


图1—2 电场强度与电力线

由此可见，带电导体表面曲率越大，分布电荷密度也越大，则附近电场强度也越强。

当导体上的电荷积累到使其电势达到足够高时，于是电场强度也相应增强，在导体的尖端部分就将产生放电现象，即电荷就从导体的这点溢出，跑到空气中，并将空气中的气体电离，形成气体离子区域。

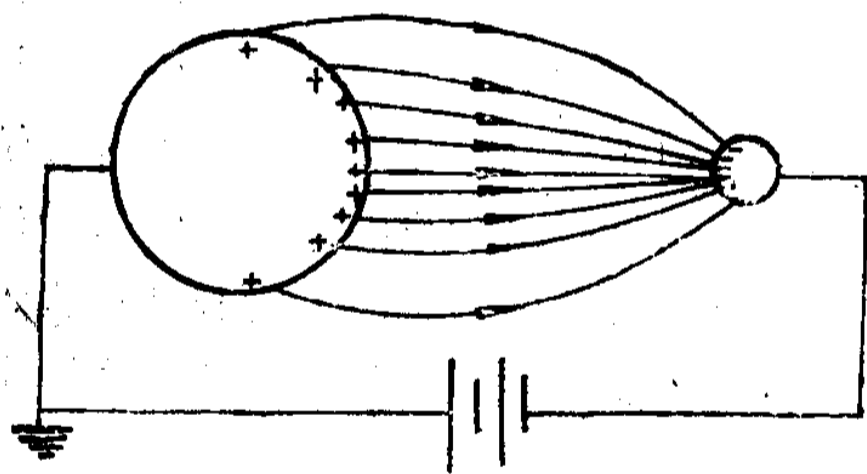


图1—3 尖端放电现象与气体离子区域

如图1—3所示。气体离子区域正是实行静电喷涂的必备条件。

#### （二）荷电微粒在电场—离子区域中的运动

当某种物质微粒通过尖端放电形成的空气离子区域时，微粒将被带上电荷。

众所周知，电荷具有“同性相斥，异性相吸”的特性。显然，带电的微粒，当它们带有同种电荷时（例如粉末喷涂中的粉末带有同一负电荷），则相互间将产生排斥力；当带有异性电荷时，则相互间将产生吸引力。其原理如图1—4所示。

图1—4（a）为两个中性导体；图1—4（b）为带同种电荷的两个导体；图1—4（c）为带异种电荷的两个导体。

荷电微粒在电场中将受到电场力的作用，而产生加速运动，运动的方向取决于荷电微粒的极性。当微粒带正电荷时，运动方向和电场方向一致；当微粒带负电荷时，运动方向和电场方向相反（电场方向是从正电荷到负电荷）。图1—5表示在均匀静电场中的带电微粒受力

方向。而受力大小与电场强度的大小有关，其表示式为

$$F = E \cdot q \quad (1-1)$$

式中 $F$ 为带电微粒在电场中受力的大小(N)；

$E$ 为电场强度(N/C)；

$q$ 为带电微粒的电荷量(C)。

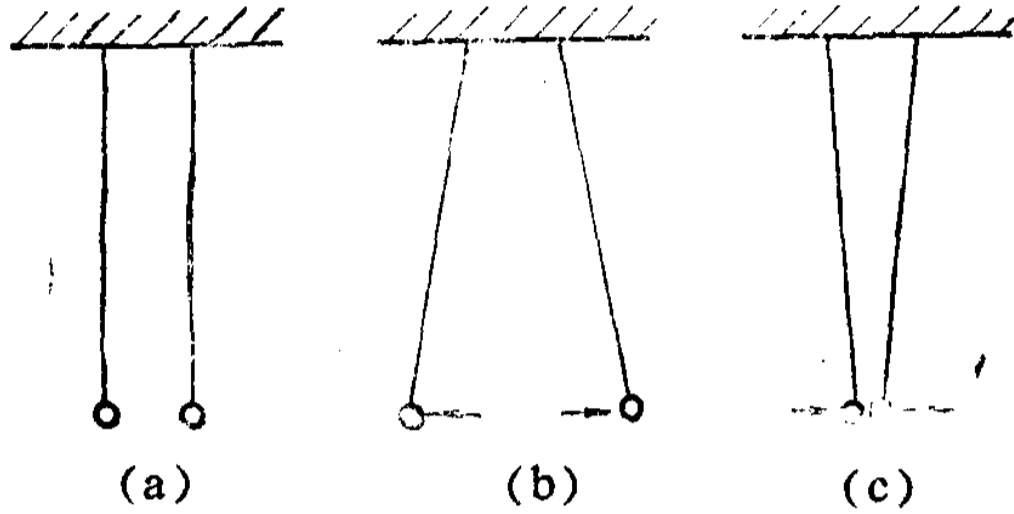


图1—4 电荷的相互作用

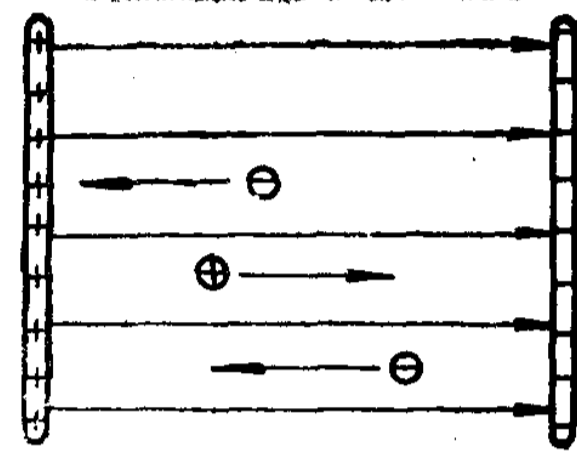


图1—5 带电微粒在均匀静电场中受力

在均匀静电场中，电场强度 $E$ 与电压 $U$ 的关系为

$$E = U/r \quad (1-2)$$

式中 $r$ 为两极之间距离。由此可知，两极间所加静电压越高，极间电场强度越强，在静电场中带电微粒所受的静电力也越大。

### (三) 粉末静电喷涂的基本工作原理

由上所述，就很容易理解粉末静电喷涂的基本工作原理。图1—6是粉末静电喷涂的示意图。

由图可知，一方面由高压静电发生器作为电场源，利用喷粉枪的放电针产生尖端放电，使喷枪到被喷工件之间周围的空气电离形成离子区域；另一方面，粉末在供粉器中与空气流混合后，在压缩空气吸引下经喷枪使其雾化，并通过空气离子区域，使中性的粉末微粒捕集到大量的电子而变成带负电，这时在静电力作用下，与

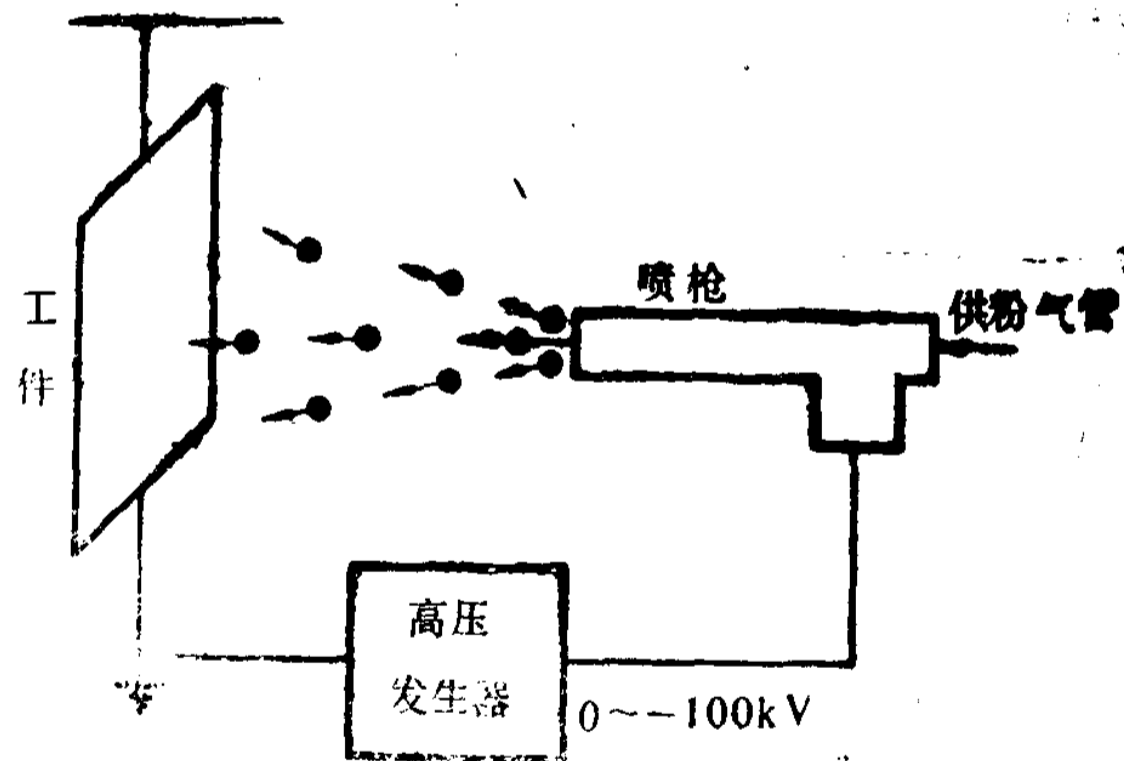


图1—6 粉末静电喷涂示意图

带正电荷的工件相吸。这样，粉末不仅可以喷涂在工件的正面，而且还可以喷涂在工件的两侧与背面，形成一种“环抱”效果。另外，粉末材料往往都是绝缘的，它所带的电荷除紧靠工件表面部分由于接地放电中和之外，其余堆积起来的粉末就不易中和。因此，当喷上去的粉末越多，则粉末电荷的积累也越多，负电荷的不断增多，导致“同性相斥”作用的发生。由于“同性相斥”力的增大，致使粉末在被喷工件上达到一定厚度之后，就不再继续上粉。这就是在喷粉过程中为什么粉层达到一定厚度之后，工件表层无法继续上粉的原因。

根据上述特点，人们可以利用其工件突出部分易上粉，达到一定厚度之后不再上粉的原理，继续喷涂将使难于喷到的凹位慢慢上粉加厚，从而保证工件各部位粉层厚度均匀，再加

以加热熔融流平、固化，使工件表面形成一层具有光泽的均匀涂层，达到表面保护和装饰的目的。

有时为了解决粉末涂层的厚度，在实际应用中，可以通过加热被喷工件来达到。由于粉末的电阻往往是随温度升高而降低，当工件温度升高以后，粉末所带的电荷，通过接地放电中和的数量也就相应增加，而电荷积累就减少，这样，粉层就可以喷得厚一些。因此，人们有时就采用先预热工件，进行热喷工艺。

热喷工艺还有其另一优点，就是能克服喷涂过程中的死角和暗角。其原因是：粉末不仅是靠静电吸引力吸附到工件表面。同时采用压缩空气输送粉末时，高速的气流将供粉器中输送出来的粉末雾化，这股气流给粉末产生前进的动力。这样，对于一些处于静电场屏蔽的死角或由于工件结构形成的暗角，粉末靠压缩空气的动力，也能将粉末吹入，再加工件具有一定的温度，使粉末吸附性大大加强。因此，粉末热涂可以克服静电喷涂中难于解决的暗角现象。

## 二、粉末静电喷涂工艺流程

粉末静电喷涂工艺流程如图1—7所示。

进行粉末静电喷涂时，工件必须经过前处理。由于喷粉要求一般比喷漆更高，因此，工件表面处理应更严格。通常表面处理工艺按生产厂家工件批量大小来决定。

大批量流水线作业中，表面处理设备都采用喷淋式清洗、磷化联合机。例如六室清洗喷淋联合前处理设备就是其中之一。它有一个磷化喷淋室，三个热水、二个冷水喷淋室组成。工件在清洗磷化时，由悬挂输送机将工件依次通过喷淋室，借助各喷淋室的离心泵进行喷射清洗和磷化处理，使工件表面形成磷化膜。磷化之前的三道水洗工序用来清洗工件酸洗后残存的酸液（或工件污垢），使磷化稳定，磷化膜细密。磷化后的两道水洗工序是必不可少的（特别是在使用“四合一”综合性磷化液体时），用来清洗工件残存的磷化液，使工件清洁。磷化后的工件应经过烘干或喷粉前的预热处理。至此，粉末静电喷涂工艺中的前道工序才算完成。

磷化后的工件，由输送机送入粉末喷涂设备进行喷涂。喷涂设备由喷室、粉末回收、电气控制系统、高压发生器和喷枪、供粉装置等组成。高压发生器给喷枪提供高压，使粉末在供粉器及电气控制下，经喷枪荷电喷向工件。在进行手工或自动喷涂时，工件应挂在喷室的中心位置，以使喷出的粉末更好地由工件吸附，未被吸附的粉末由自动回收系统回收后再使用。手工喷涂和自动喷涂，均需人工监视喷涂复盖效果，特别是自动喷涂，一旦发现工件被喷粉末有露底或漏喷现象，就应将其补喷，检查合格后，才可让其送入下道工序。

喷好的工件，由输送机送入烘道（或烘箱）进行固化处理。粉末在热固化过程中，根据粉末厂家的技术指标，通常温度达到180℃时，需保温20分钟左右。对烘箱或烘道要求有恒温控制。烘道或烘箱内的温差应尽量小，一般温差小于2%为佳。为此，烘烤设备内必须装有热风循环，使内部气流上下、左右流动，以保证内部各点温差最小。

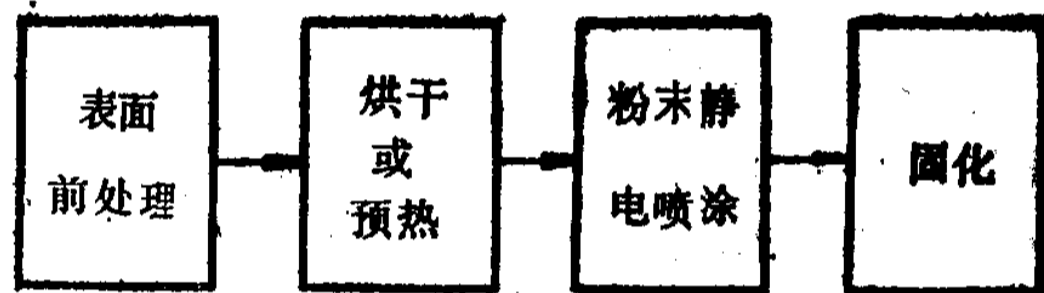


图1—7 粉末静电喷涂工艺流程图

烘烤固化好的工件，从烘箱或烘道内取出冷却之后就可以供配套使用。当工件需长途运输时，为防止铁件碰撞，应用纸或棉毯包扎，以免擦伤，减少由此而引起的副次品。

### 三、粉末静电喷涂特点

粉末静电喷涂具有许多液体涂料喷涂无法实现的优点和特点：

1. 粉末喷涂最大优点是不采用溶剂涂料，因此，它没有溶剂污染的一切害处。可以改善工人的劳动环境，做到无害无毒。同时，便于原材料的运输和管理，避免了由于溶剂可燃性可能造成的火警危险。

2. 节约用料，降低成本。喷涂过程中，对于未被工件吸附的粉末可以通过回收设备加以回收，回收效率达99%以上，提高了原材料的利用率。

3. 涂膜性能优越，牢固耐用。与同等厚度的其他液体漆料涂层相比，粉末涂层的耐酸、碱、盐的腐蚀性要好，其耐冲击、耐摩擦力要强，附着力也较高。

4. 缩短生产工序，节约用工，降低生产成本。由于一次喷涂粉末涂层比几次液体涂料涂层还厚，因此，可以大大缩短生产工时，又由于喷涂工序必须和烘干过程相衔接，因此，缩短喷涂工时，就可以相应减少烘干能源消耗。

5. 工艺简单，便于实现自动化生产流水线作业。因粉末喷涂工艺流程比较简单，只要预处理、粉末喷涂、固化等工序，加工周期短，又由于比溶剂型涂料更容易组织生产，所以，便于组织生产自动化、流水线生产。

6. 对于40 $\mu\text{m}$ 以下的薄涂层的喷涂比较困难，对于一般常规涂层的喷涂操作比较方便。

7. 供粉系统在生产过程中，改变颜色比较困难，在施工过程中颜色质量取决于粉末本身质量，不能调色，更不能两种颜色粉末的混合调色。

8. 粉末涂膜的光泽性与装饰性至今还未能和高级溶剂涂料相比，有待研究新品种。

## 第三节 静电喷漆

### 一、静电喷漆的基本工作原理

静电喷漆的基本工作原理与粉末静电喷涂原理一样，都是根据静电场对电荷的作用原理而实现的一种喷涂技术。在实际使用中，通常采用接有负高压的静电喷枪，枪口装有尖端放电针，当电压足够高时，放电针放电使喷枪附近区域的空气产生强烈的电晕，形成气体离子区域。喷漆时，压缩空气将油漆抽吸至静电喷枪嘴雾化，形成油漆粒子，并通过离子区域而带电荷。带电荷的油漆粒子在电场的作用下，迅速飞向异极，均匀地吸附在被喷工件表面上，形成比传统涂漆技术更佳的漆膜。

### 二、静电喷漆工艺流程

静电喷漆和粉末静电喷涂工艺流程相同，必须经过表面前处理、喷漆、烘烤三大环节。其流程框图如图1—8所示。

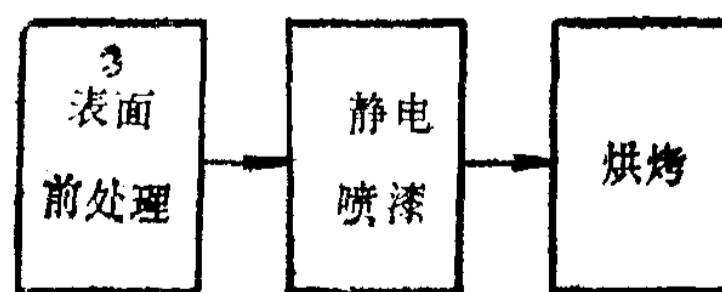


图1—8 静电喷漆工艺流程框图

喷漆前的工件，在加工、运输、存放过程中，表面所生成的氧化膜、铁锈、制模残留沙粒、尘土及油污物，这些杂物将会严重影响涂层的附着力。为此，工件表面的前处理是整个喷漆工艺的第一道主要工序。喷漆前表面处理设备，根据用户批量生产要求而定，小批量多品种，一般采用浸渍法前处理；大批量生产大都采用喷淋法。表面前处理设备，将对工件完成除油、除锈、磷化、纯化以及中和、水洗、烘干等工作。因此，它必须根据前处理方法，设置相应的槽体，以供磷化液和热、冷水漂洗。目前由于“三合一”和“四合一”综合处理磷化溶液的使用，可以使前处理提高效率，节省时间，减少投资。

前处理磷化后的工件经烘干表面水渍，送入喷漆设备进行喷漆。喷漆设备视工件批量决定何种规格。一般分手工喷漆和自动喷漆，其组成均包括喷漆室、高压发生器、喷枪、供漆桶、回收除漆装置等。在通过静电喷漆之后，就可以送入烘房进行烘烤，其烘烤温度视漆液溶剂品种而定。烘烤后的工件出箱后，应比粉末喷涂工件还要小心轻放，以防损伤造成废品。

### 三、静电喷漆特点

静电喷漆与传统的工艺相比具有如下特点：

1. 由于静电效应，使所喷的漆膜均匀丰满，附着力强，装饰性好。
2. 高生产力，多喷枪同时使用可实现半自动、全自动流水作业。与传统的压缩空气喷漆相比，生产力可提高数倍。
3. 由于静电吸附作用，减少漆雾污染，从而改善了劳动卫生条件。
4. 静电喷漆由于提高了油漆利用率，即可达85%~90%以上，所以降低了成本。
5. 静电喷漆由于漆雾带电绝缘，因此对于复杂工件的凹孔不易涂复，而凸尖部分漆膜分布不均匀，操作时应注意工艺调整或手工修补。
6. 静电喷漆维护管理要求严格，操作管理不善时，容易造成电击，高压击穿放电，甚至导致火警事故。
7. 静电喷漆技术性要求较高，除工艺操作之外，高压发生器操作维护应专人负责。

## 第四节 影响静电喷涂质量的诸因素

### 一、影响粉末静电喷涂质量的诸因素

在粉末静电喷涂工艺过程中，直接影响喷涂质量的主要因素为：喷涂电压、喷枪位置、喷涂时间、喷粉量、粉末材料、粉末粒度、压缩空气输气量等。具体说明如下：

#### (一) 喷涂电压

粉末喷涂电压对于粉末在工件上的吸附量有较大的影响。一般电压增加，附着量增大，当电压超过某一定值时，粉末附着量减少，电压高至粉末介质击穿时，使喷涂涂层表面出现缩孔针眼状。根据实践，常用喷塑电压范围为-50~-85kV；最佳工作电压范围为-55~-75kV。

## （二） 喷枪位置

粉末喷枪与工件的距离，主要影响涂膜厚度，由于喷枪与工件距离的改变对膜厚极限值的影响特别敏感。通常增加距离，则膜厚减少，因此，喷涂过程中，掌握喷涂枪的距离，对改善喷涂工件膜厚质量有很大关系。通常选取的喷枪与工件间的距离一般为150~250mm。

## （三） 喷粉量

喷粉量的大小对粉层膜厚有一定的影响，同时，喷粉量对粉末在被喷件上的沉积效率也有很大关系。一般情况下，喷粉量小，沉积效率高。喷粉量宜选择在50~500g/min范围内。

在实际工作中，手动喷枪出粉量较大，流水线自动喷枪出粉量较小。

## （四） 喷粉时间

喷涂时间均与喷涂电压、喷涂距离、喷粉量等项参数有关。

当喷涂距离大而喷涂时间增加时，喷涂电压对膜厚极限值的影响减小。随着喷涂时间的增加，喷粉量对膜厚增长率的影响显著减少。这是由于膜厚达到一定值，粉末静电相互排斥与对地绝缘加大之故。

## （五） 粉末材料

粉末材料不一样，对于所需喷涂电压、喷涂距离也是不一样的，因此要根据喷涂材料决定其选择的喷涂电压和喷枪距离。

## （六） 粉末粒度

粉末粒子的大小直接影响粉层膜厚的极限值。粒子粗，涂层膜厚的极限增大。其原因是粗粒子受到电场力的作用效果小，而重力影响较大。一般粉末粒子在120~180目范围内。实际使用中，生产厂家生产的粉未经120目以上的自动网筛，回收粉末再使用，一般经过160~180目网筛。

## （七） 压缩空气出气量

压缩空气供给喷粉作气源，其压力的大小和喷粉的喷粉量直接有关，因此正确配备喷粉供气量对涂膜质量亦很重要。

综上所述，粉末喷涂的各项工艺将直接影响涂层膜厚质量。在实际生产过程中，由于提供的各项工艺条件不一定相同，操作人员的水平不一，生产方式是手工还是自动不一，因此，要想达到预期生产率的喷涂效果，满足工件的喷涂膜厚度和涂层复盖面积的要求，必须经过工艺试验，调整各道工艺参数，反复试验找到最佳值。

## 二、影响静电喷漆质量的诸因素

静电喷漆涂膜质量，不仅与生产工艺有关，而且还与所采用何种类型的设备有关。现将有关介绍选编如下：

### （一） 静电喷漆涂膜质量与工艺关系

#### 1. 高压发生器输出电压与被喷工件间的距离

高压发生器输出电压通常直接通过喷枪输出，即喷枪所带电压与工件间的垂直距离，对于在喷漆过程中漆雾所带电荷的多少，被喷工件表面的沉积率以及喷涂图形的形成有着密切

的关系。

当发生器输出电压一定时，为防止击穿空气和漆雾介质，喷枪与工件之间的距离关系可表示为

$$L_1 = 0.5U \text{ (对空气介质)}$$

$$L_2 = 2.5U \text{ (对漆雾介质)}$$

(1—3)

式中  $L$  为喷枪与工件垂直距离 (mm)，

$U$  为喷枪输出电压 (kV)。

在正常工作过程中，喷枪与工件间的最小击穿电压和距离关系可根据

图1—9所示阴影部分查出。

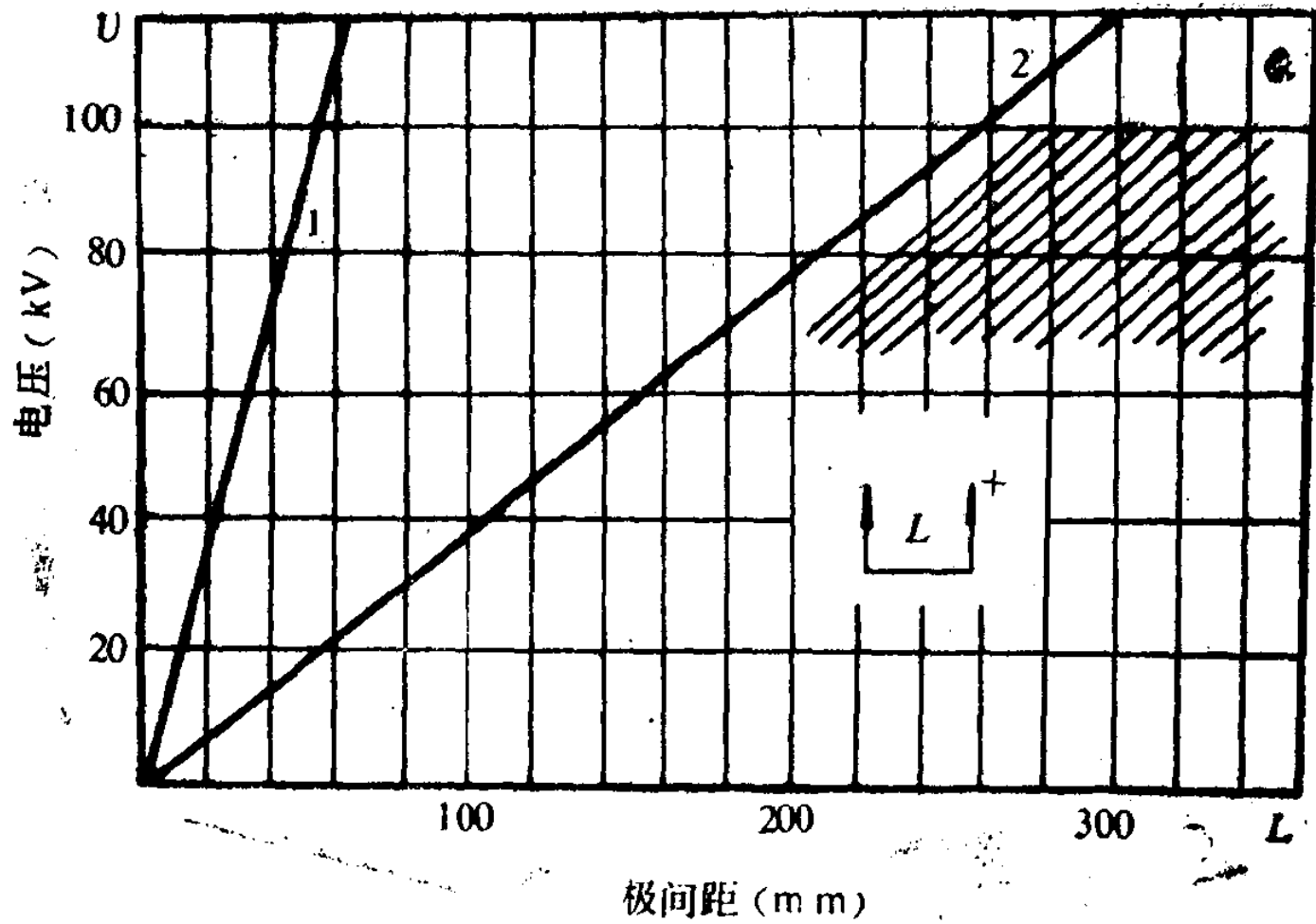


图1—9 电压击穿特性 (1.空气介质; 2.漆雾介质)

当喷枪与工件距离、输漆量恒定时，高压发生器输出电压和漆粒在工件上的沉积率可按图1—10曲线查得。

在实际应用中，静电喷漆电压宜选取80kV以上。根据厂家大量使用状况表明，当静电喷涂电压为85kV时，旋杯式静电喷枪与工件的距离常用范围为：喷涂大面积工件时，其距离为260~350mm；喷涂小面积工件时，其距离为240~300mm。

当静电喷枪与工件距离、旋杯转速、输漆量和漆粘度保持一定时，高压发生器输出电压与工件表面喷涂所形成的图形，可参照图1—11求得。

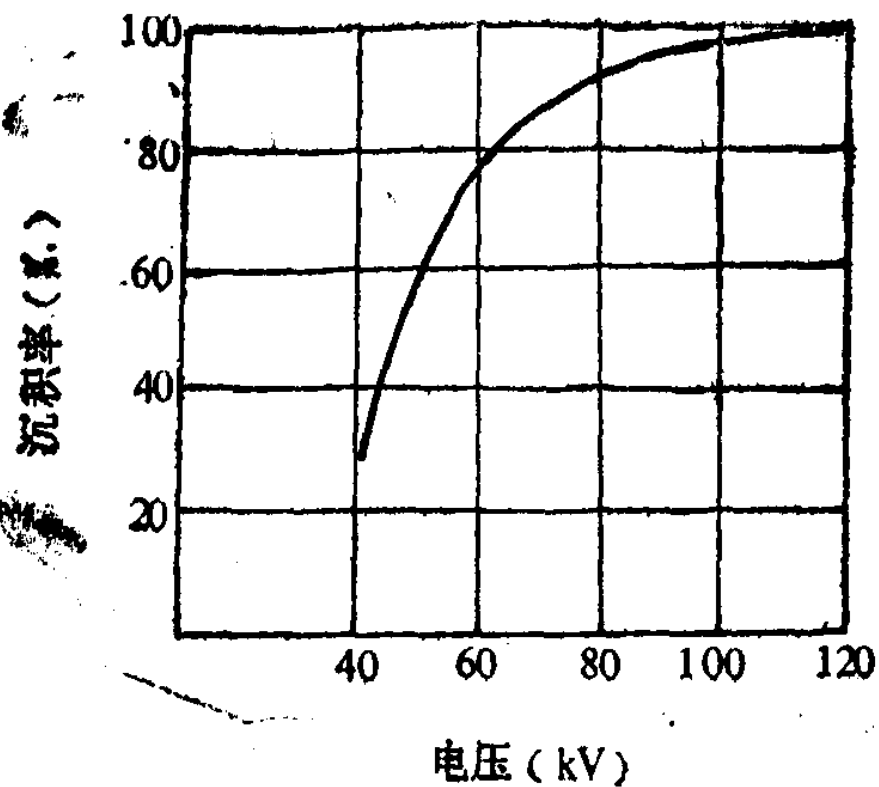


图1—10 电压与沉积率关系曲线

在实际使用中，通常要求形成的喷涂图形的外径大，而中间空余部分内径小，按照这个要求，宜选取电压为80~90kV。

## 2. 多支喷枪之间的距离

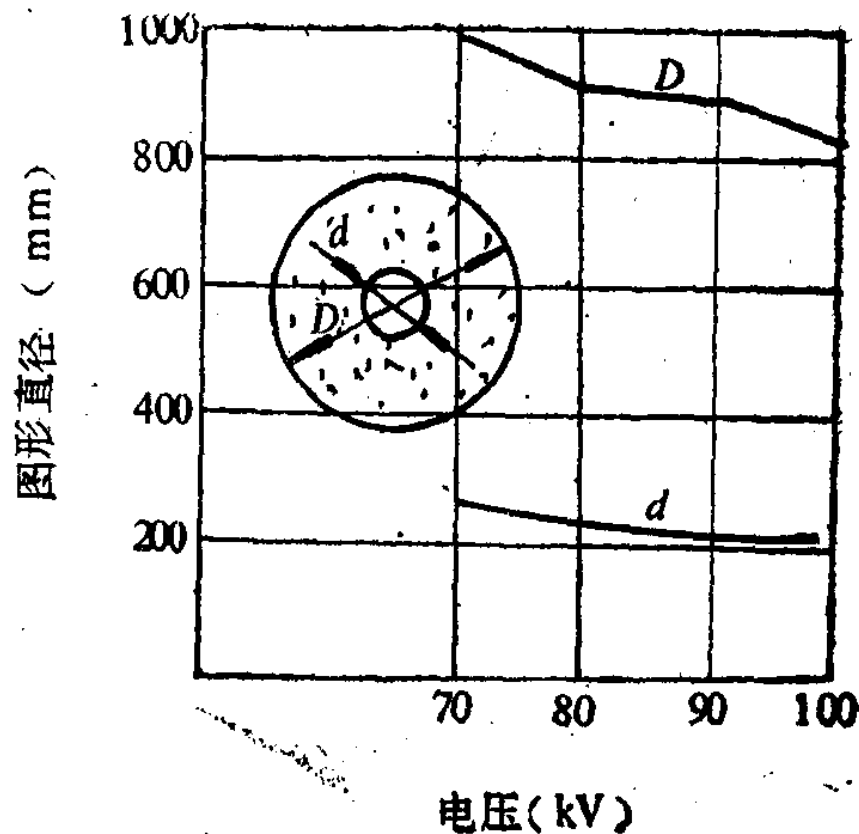


图1—11 电压与喷漆图形关系



常规喷漆厂家用一支喷漆枪操作，这可使喷漆形成的漆膜均匀，只要工艺过程中使工件在传送移动中同时自转，可以保证工件各个表面均能充分喷涂。然而，对大型工件用单枪喷涂效率太低，因此，必须采用多枪喷涂。多枪同时喷涂时，因喷枪旋杯口径不等，故相互间距离也应选择不同，根据常规厂家使用表明：枪与枪之间的最小距离不得小于850mm；对于大型特殊复杂的工件，为了能充分喷涂，静电喷枪的布局就应根据工件外形组合来布置，这样各喷枪口径也应相对组合，不应采用同类式样，但枪与枪间的垂直距离应不小于1200~1300mm为宜。

在实际使用中，根据各厂家使用经验，多枪位置应保持在同一平面内，此平面相对工件表面应呈平面或垂直二种，不宜采用倾斜状态。同时应防止枪与枪之间的距离过近，因带电漆雾具有同性相斥作用，过近距离会造成漆雾飞溅，导致油漆浪费和喷涂质量下降。

### 3. 喷枪旋转杯的转速与工件移动速度、自转速度的影响

喷枪旋转杯（或 $\Omega$ 圆盘喷漆机转盘）转速是影响喷漆漆雾程度的重要因素。通常转速范围选为1400~5600rev/min。旋杯的切线速度以30m/s为宜， $\Omega$ 圆盘喷漆机转盘速度为3600rev/min。当要求提高油漆雾化度时，可相应提高旋转速度。当转速过低时，漆雾微粒太粗，将降低漆膜光滑平整度；当转速过高时，漆雾过细，其表面积与体积比增大，漆雾在杯口切线方向运动距离缩短，使喷涂尺寸半径减小。

实践表明，当喷涂静电胺基醇酸漆时，宜取4000rev/min以上，当喷涂静电醇酸烘漆和沥青漆时，宜取2800rev/min左右，这样才能保证漆膜光洁度。

工件移速和工件自转速度也是影响漆膜质量的重要因素之一。为了使漆膜质量好，应根据不同的工件限制其移动速度和自转速度。在通常使用中，旋转杯式喷枪，其工件移动速度宜取0.8~2.5m/min； $\Omega$ 圆盘喷漆机喷盘，其工件移动速度宜取1.5~3.2m/min。工件的自转速度一般取3~4rev/min，对于特殊形状工件可降低自转速度为1/4~1/2 rev/min。为了确保涂膜质量，操作时应通过试车选取不同工件的移速和自转速度，以找到最佳的工作状态。

### （二）静电喷漆涂膜质量与喷枪旋转杯口径等设备关系

喷枪旋转杯口径（或 $\Omega$ 圆盘喷漆机喷盘直径），对于所喷涂工件的尺寸及其质量有密切关系。根据使用单位对旋杯口径和 $\Omega$ 圆盘机喷盘选用数据推荐，其尺寸要求如下：

工件宽度尺寸小于50mm——旋杯口径宜用 $\phi 50 \sim \phi 70$ mm；

工件宽度尺寸达1000mm——旋杯口径宜用 $\phi 150$ mm，亦可 $\phi 75$ 、 $\phi 100$ 、 $\phi 150$ mm组合使用；

常规 $\Omega$ 圆盘机喷盘直径选用—— $\phi 300$ mm。

在实际使用中，静电喷枪的旋杯直径大小与杯口切线速度成正比，旋杯直径越大，其杯口的切线速度也相应变大，由此形成喷涂油漆的漆雾粒子越细，喷在工件上的复盖面积就越大，但其漆面积图形中无漆部分尺寸也变大。当旋杯转速和电场强度保持一定时，旋杯口径大小和形成喷涂图形直径尺寸关系，如图1—12所示。

对于大件的平面喷涂，为提高漆膜的均匀性，除选用旋杯口径尺寸较大以外，还采用在旋杯后安装负极板以缩小喷漆图形中空部分。图1—13为大面积平板喷漆的负极屏装置，它是由一个很大的钢丝网组成。喷漆时，旋杯作上下往复移动，荷电的漆雾受到负极屏强电场