

# 涂布复合技术

主 编 李路海

编 著 谭绍勐 谢宜凤 张建明 王德胜

何君勇 屠志明 徐 征

TUBUFUHEJI SHU

TUBUFUHEJI SHU TUBUFUHEJI SHU

TUBUFUHE

多学科基础理论与生产实践的研究成果

TUBUFUHEJI SHU 多位专家点睛之作

TUBUFUHEJI SHU 一线实践经验、数据的结合



印刷工业出版社

TS75 ✓



00845579  
南阳理工学院

# 涂布复合技术

主 编：李路海

编 著：谭绍劭 谢宜凤 张建明

王德胜 何君勇 屠志明

徐 征



印刷工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

涂布复合技术/李路海主编;谭绍劼等编著. —北京:印刷工业出版社, 2011.6  
ISBN 978-7-5142-0021-8

I.涂… II. ①李… ②谭… III.涂布纸-生产工艺 IV.TS758

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第244068号

## 涂布复合技术

主 编: 李路海

编 著: 谭绍劼 谢宜凤 张建明 王德胜 何君勇 屠志明 徐 征

责任编辑: 陈媛媛

责任校对: 郭 平

责任印制: 张利君

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社 (北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: [www.keyin.cn](http://www.keyin.cn) [www.pprint.cn](http://www.pprint.cn)

网 店: [//shop36885379.taobao.com](http://shop36885379.taobao.com)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 河北省高碑店市鑫宏源印刷包装有限责任公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

字 数: 450千字

印 张: 15.375

印 次: 2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

定 价: 42.00元

I S B N: 978-7-5142-0021-8

◆ 如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275602



李路海，教授，  
教授级高工。分别于  
天津大学、大连理工  
大学获得学士、博士  
学位。主要研究功能  
性绿色印刷材料、电

子印刷材料与技术、喷墨印刷材料。

研究成果获省部级三等以上奖励3次（其中2次是第一发明人），公司级新产品一等奖1次（第一发明人，省部级待遇），市级奖励3次（其中两次是第一发明人），省级新产品鉴定4个（第一、二发明人），市级先进科技工作者奖励2次。发表SCI收录期刊文章4篇，EI收录期刊文章20篇。



谭绍勤，高级工程  
师，1936年生于湖南。  
1951~1956年服兵役，  
1958年从北京电影制片  
厂调入保定电影胶片厂。

历任车间主任、涂布分厂副厂长、乐凯胶片集团公司技改处和生产处处长等职。为坡流涂布技术在乐凯实现工业化生产作出很大贡献，1993年获国务院特殊津贴。1996年退休后，继续在国家感光材料工程技术中心涂布技术实验室工作。



谢宜凤，教授级高  
级工程师，1935年2月生  
于上海，祖籍浙江余姚。  
1954年毕业于北京电影  
学院电影洗印专业。

1957~1958年在苏联肖斯卡胶片厂实习。1958年回国后参加保定电影胶片厂的建设，一直从事感光材料和磁记录材料的基建设计、生产科研、技术改造、设备引进、技术引进和技术管理等工作。曾任中国乐凯胶片公司研究所所长、总工程师、技术委员会副主任等职。1992年开始享受政府特殊津贴。曾获国家科技进步二等奖一项和化工部科技进步二等奖两项。2001年离职退休。

# 前 言

为了比较系统地向读者介绍涂布复合技术，编写此书。涂布与复合技术，广泛应用在人们的生产生活中，从简单的墙壁粉刷，到精细的电子产品，乃至食品包装材料和纸张加工，都离不开涂布复合技术。限于篇幅，每种技术重点介绍技术、设备、适用范围，适当介绍部分原材料及其涂布液的基本性能要求。

知其然并知其所以然，是了解、掌握和很好地应用涂布复合技术的重要前提。因此，在编写过程中，通过一定篇幅，展示涂布复合技术相关的部分基础理论，以及多学科基础理论与生产实践相结合的研究成果。例如，运动中的表面润湿是涂布机顺利作业的基本要求。针对动润湿特别是多层同时涂布动润湿的研究，一直是很有实际应用价值的工作。参与本书编著的人员，大多来自生产、科研和教学一线。因此，书中内容是作者多年研究与实践的成果与他人研究成果的总结。

谢宜凤，教授级高级工程师，1935年2月生于上海，祖籍浙江余姚。1954年毕业于北京电影学院电影洗印专业。1957~1958年在苏联肖斯卡胶片厂实习。1958年回国后参加保定电影胶片厂的建设，一直从事感光材料和磁记录材料的基建设计、生产科研、技术改造、设备引进、技术引进和技术管理等工作。曾任中国乐凯胶片公司研究所所长、总工程师、技术委员会副主任等职。1992年开始享受政府特殊津贴。曾获国家科技进步二等奖一项和化工部科技进步二等奖两项。

谭绍勳，高级工程师，1936年生于湖南。1951~1956年服兵役，1958年从北京电影制片厂调入保定电影胶片厂。历任车间主任、涂布分厂副厂长、乐凯胶片集团公司技改处和生产处处长等职。为坡流涂布技术在乐凯实现工业化生产做出很大贡献，1993

年获国务院特殊津贴。1996年退休后，继续在国家感光材料工程技术中心涂布技术实验室工作。

张建明，教授级高级工程师，1962年8月生于河北怀安。1982年8月在天津大学化学工程系获得学士学位，1986年7月获北京化工学院计算机化工第二学士学位。1982年8月至今，在中国乐凯胶片集团公司工作，历任主任工程师、室主任、工艺岗位专业专家等职，曾主持一系列涂布生产线工艺改造工作，获得公司级一、二等技术进步奖三项，化工部科技进步二等奖一项。政协保定市第九届、第十届、第十一届委员。

王德胜，高级工程师，1963年生于浙江省东阳市。1979~1983年就读于南京大学化学系，1983年进入化工部第一胶片厂（中国乐凯胶片集团公司前身）工作，从事磁记录材料的研究，参加过广播录音磁带、高速复录磁带、录像带、电话磁卡、热敏磁卡、磁条、磁票等产品的研究开发工作，曾担任研究室的专题组长、主任之职，2005年任保定乐凯磁信息材料有限公司副总经理，负责生产管理。

何君勇，本科毕业于北京大学，在天津大学获得硕士学位。1998年以来，一直从事喷墨打印介质研究及其产业化工作，在高光防水等一系列照相级喷墨打印介质产业化研究方面颇有心得。

屠志明，高级工程师，1954年生于浙江湖州。1978年毕业于浙江大学化工系高分子化工专业。同年分配到原化工部第一胶片厂工作，历任醋纤车间技术员、工程管理科工程师、涂塑车间主任、涂塑分公司经理等职。负责生产管理工作三十多年，对涂塑纸生产具有丰富的理论知识和实际操作经验。

徐征，教授，来自北京交通大学，多年从事电子薄膜科研教学工作。

李路海，教授，来自北京印刷学院，从事感光材料用功能性有机物合成、喷墨打印消耗材料、电子纸与电子墨水及电子印刷材料科研教学及产业化工作。

全书共十九章，内容包括涂布技术概述、涂布液制备及其物化特性、涂布加工设备、涂布技术在重要工业领域的应用、涂塑复合

技术、涂布过程的质量控制等。

第一章由谢宜凤编写，第二、三、四章由谭绍勳、李路海编写，第五、六、七、八章由张建明、刘杰、崔占良、王丽坤等编写，第九章由谭绍勳、李路海编写，第十章由何君勇、李路海编写，第十一章由王德胜、李路海编写，第十二章由徐征、李路海编写，第十三、十四章由屠志明、李路海编写，第十五、十六、十七、十八、十九章由谭绍勳、李路海编写。全书由李路海统筹。

此外，还有贾志梅、唐小君、辛智青、赵文、杜鹏、方一、吕越、莫黎昕和胡旭伟等，参与了本书编写及绘图工作。

参与本书编写的人员，付出了大量劳动。本书编写过程，参考了同行的大量文献和成果，标注不全不当之处，敬请见谅。

本书的编写与筹划过程，得到了王和、张小军等人的大力支持。本书写作与出版，得到了印刷工业出版社编辑陈媛媛老师的鼓励，受到了北京市教委经费的支持。在此一并致谢。

限于作者水平，不当之处，欢迎读者提出宝贵意见。

第四章 涂布液添加剂	(48)
第三章 涂布液过滤	李路海 2011年4月 (59)
第一节 过滤原理与分类	(59)
第二节 过滤材料	(62)
第三节 过滤装置	(66)
第四节 过滤在涂布液制备中的应用	(71)
第五节 过滤器应用需要考虑的因素	(71)
第四章 消泡与脱气	(73)
第一节 消泡剂消泡	(74)
第二节 机械消泡	(79)
第三节 其他消泡方式	(80)
第四节 卤化银感光材料涂布液消泡	(82)
第五章 干燥系统	(86)
第一节 涂布干燥系统的基本构成	(86)



张建明，教授级高级工程师，1962年8月生于河北怀安。1982年8月在天津大学化学

工程系获得学士学位，1986年7月获北京化工学院计算机化工第二学士学位。1982年8月至今，在中国乐凯胶片集团公司工作，历任主任工程师、室主任、工艺岗位专业专家等职，曾主持一系列涂布生产线工艺改造工作，获得公司级一、二等技术进步奖三项，化工部科技进步二等奖一项。政协保定市第九届、第十届、第十一届委员。



王德胜，高级工程师，1963年生于浙江省东阳市。1979~1983年就读于南京大学化学系，1983年进入化工部第一胶片厂（中国乐凯胶片集团

公司前身）工作，从事磁记录材料的研究，参加过广播录音磁带、高速复录磁带、录像带、电话磁卡、热敏磁卡、磁条、磁票等产品的研究开发工作，曾担任研究室的专题组长、主任之职，2005年任保定乐凯磁信息材料有限公司副总经理，负责生产管理。



何君勇，浙江缙云人，1997年毕业于北京大学化学系，2003年在天津大学化工学院取得硕士学位。主要从事喷墨打印介质的研发及涂布生产工作。所支持的微孔

型介质涂布产品量产成功填补了国内空白。



徐征，教授，来自北京交通大学，多年从事电子薄膜科研教学工作。

屠志明，高级工程师，1954年生于浙江湖州。1978年毕业于浙江大学化工系高分子化工专业。同年分配到原化工部第一胶片厂工作，历任醋纤车间技术员、工程管理科工程师、涂塑车间主任、涂塑分公司经理等职。负责生产管理三十多年，对涂塑纸生产具有丰富的理论知识和实际操作经验。



# 目 录

第一章 涂布工艺概述	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 涂布方法	(2)
第三节 涂布工艺的新进展	(13)
第二章 涂布液主要成分及其混合分散	(24)
第一节 涂布液的基本性能	(26)
第二节 涂布液用颜料	(29)
第三节 涂布液胶黏剂	(40)
第四节 涂布液添加剂	(48)
第三章 涂布液过滤	(59)
第一节 过滤原理与分类	(59)
第二节 过滤材料	(62)
第三节 过滤装置	(66)
第四节 过滤在涂布液制备中的应用	(71)
第五节 过滤器应用需要考虑的因素	(71)
第四章 消泡与脱气	(73)
第一节 消泡剂消泡	(74)
第二节 机械消泡	(79)
第三节 其他消泡方式	(80)
第四节 卤化银感光材料涂布液消泡	(82)
第五章 干燥系统	(86)
第一节 涂布干燥系统的基本构成	(86)

第二节	热风干燥 .....	(90)
第三节	微波干燥 .....	(98)
第四节	红外干燥 .....	(106)
<b>第六章</b>	<b>涂布机传动系统 .....</b>	<b>(110)</b>
第一节	速度控制 .....	(110)
第二节	张力控制 .....	(115)
<b>第七章</b>	<b>涂布机调偏 .....</b>	<b>(128)</b>
第一节	幅材偏移产生原因及其危害 .....	(128)
第二节	调偏装置的设计 .....	(129)
第三节	调偏装置安装布置 .....	(131)
<b>第八章</b>	<b>空气的除尘净化与调节 .....</b>	<b>(134)</b>
第一节	洁净等级标准 .....	(134)
第二节	洁净室设计原则及其构成 .....	(136)
第三节	洁净室风量确定 .....	(138)
第四节	洁净室的气流组织 .....	(139)
第五节	净化空调系统的特点 .....	(141)
第六节	应用实例 .....	(141)
<b>第九章</b>	<b>彩色感光材料涂布技术 .....</b>	<b>(148)</b>
第一节	浸涂原理 .....	(148)
第二节	坡流涂布 .....	(153)
第三节	条缝涂布或挤压涂布 .....	(187)
第四节	落帘涂布 .....	(197)
<b>第十章</b>	<b>喷墨打印介质及其涂布生产 .....</b>	<b>(217)</b>
第一节	喷墨打印介质基本结构 .....	(218)
第二节	喷墨打印介质的性能要求和分类 .....	(220)
第三节	喷墨打印介质原材料 .....	(234)
第四节	喷墨介质生产工序和涂布方式 .....	(239)

<b>第十一章</b>	<b>磁记录材料涂布生产</b> .....	(253)
第一节	磁浆的制备.....	(254)
第二节	常用磁浆涂布方式.....	(264)
第三节	涂层干燥.....	(270)
第四节	反转辊涂布中易出现的表观质量问题及解决方法 .....	(274)
<b>第十二章</b>	<b>电子薄膜涂布制备技术</b> .....	(279)
第一节	落帘涂布制备电子薄膜.....	(279)
第二节	其他涂布方式在电子薄膜中应用.....	(295)
<b>第十三章</b>	<b>复合技术概述</b> .....	(310)
第一节	常见复合工艺.....	(310)
第二节	复合过程胶黏理论基础.....	(317)
第三节	基材表面特性及其与粘接性能的关系.....	(323)
第四节	胶黏剂的涂布工艺.....	(331)
第五节	胶黏剂的干燥.....	(352)
第六节	张力控制.....	(359)
第七节	熟化.....	(363)
第八节	复合产品质量控制.....	(365)
<b>第十四章</b>	<b>涂塑复合技术</b> .....	(385)
第一节	涂塑技术及其应用.....	(385)
第二节	涂塑照相纸基构成及其特点.....	(391)
第三节	涂塑照相纸基原材料.....	(392)
第四节	涂塑照相纸基生产.....	(396)
第五节	涂塑纸常见弊病及质量控制.....	(410)
<b>第十五章</b>	<b>涂布工序产品检验与控制</b> .....	(417)
第一节	工序物料的检测.....	(418)
第二节	首轴制度与工序状态确认.....	(425)
第三节	半成品检测.....	(426)

第十六章	产品均匀性及其评价	(430)
第一节	标准偏差变化图	(430)
第二节	“JND”概念在感光胶片生产中的运用	(435)
第十七章	涂布量的控制及涂层厚度测量	(441)
第一节	涂布流体的输送方式	(441)
第二节	涂布流量的检测方法	(443)
第三节	涂层厚度的测量	(445)
第十八章	常见涂布弊病及其处理	(447)
第一节	条道	(447)
第二节	拉丝	(452)
第三节	砾印	(454)
第四节	发花	(455)
第五节	点子	(456)
第六节	气泡和砂眼点	(458)
第七节	指南针点	(459)
第八节	表面张力引起的表观弊病	(461)
第九节	磨砂	(468)
第十节	张力线	(470)
第十一节	静电斑痕	(471)
第十二节	微凹版涂布弊病的因果分析和解决对策	(473)
第十九章	涂布表观在线检测装置	(479)
第一节	宽幅胶片弊病在线检测系统	(479)
第二节	激光扫描弊病检测仪	(480)
第三节	喷墨打印介质的性能要求和分类	(220)
第四节	喷墨打印介质的材料	(221)
第五节	喷墨打印介质的生产	(222)
第六节	喷墨打印介质的应用	(223)

# 第一章 涂布工艺概述

## 第一节 引言

涂布加工技术作为完善材料物化特性和以涂层为特征新产品开发的重要手段,已被广泛应用于轻工造纸、塑料薄膜深加工、信息材料、图像显示器件生产等重要工业领域。众所周知,在造纸过程中对原纸进行涂料处理可以提高纸张的白度、致密性,改善其机械强度及印刷适应性。对高绝缘性和疏水性的高分子薄膜施以特殊的涂层,可以改善其抗静电性能和亲水特性。而在纸基上覆以特殊的涂层就可以开发出无碳复写纸、喷墨打印纸以及各种热敏、光敏记录纸等产品。同样,在 高分子薄膜上施以专门的涂层则可以开发出各类胶带、光学滤光片以及磁记录材料、照相感光材料等产品。

这类专门加工的涂层厚度,通常为几微米到几十微米。而在平面显示器件中应用的防反射涂层、抗划伤涂层、导电氧化铟涂层的厚度还不到 1 微米。根据性能和应用要求的不同,有的产品涂层为单层,有的为 2~3 层的复层结构,而彩色胶片的涂层结构则多达十几层。

由于不同产品的性能和涂层结构,必然对涂布工艺技术提出不同的要求。在造纸工业领域,现代造纸设备都有机内涂布机,对抄纸后的原纸进行涂料加工,以全面提高纸张的物理机械特性和印刷适应性,从而生产出高档的印刷纸。这类机内涂布机的主要涂布工艺条件必须与主机抄纸设备的幅度、车速等主要工艺参数相一致。而更多涂层加工类产品的涂布工序是由独立的涂布机来完成,这样可对设备结构进行专门的设计,使其工艺条件有更大的调节范围,以满

足不同产品对其涂层结构特性的特定要求。

涂布加工工艺的核心是涂布方法的选择，而目前有上百种不同的涂布方法在工业领域得到实际应用。这充分说明没有一种涂布方法是万能的，只有根据各行业各个产品特性及应用要求各自选择相应的最佳涂布方法。按最终涂布量（或涂层厚度）的控制类型来区分，涂布方法通常可分为四种类型：

(1) 自计量涂布方式，如浸渍涂布，正向或反向辊涂等。在这些方式中，涂布量取决于涂布液与涂布设备的共同作用所形成的条件，如黏度、车速、间隙、涂布弯月面在不同辊轴的速度比等。

(2) 计量修饰涂布方式，如刮刀、气刀和计量辊涂布等。在这些涂布方式中，是在涂上液膜后再控制其涂布量。

(3) 预计量涂布方式，如条缝涂布、坡流涂布、落帘涂布等。在这些方式中，涂布液系经精确供料计量后被涂布到支持体上的。

(4) 混合涂布方法，如凹版涂布等，即将上述方法混合使用。

本章将集中介绍目前得到比较广泛应用且具有代表性的一些涂布方法，如浸渍涂布、气刀涂布、刮刀涂布、各种辊式涂布、凹版涂布、条缝涂布、坡流挤压涂布、落帘涂布等涂布方法。

## 第二节 涂布方法

### 一、浸渍涂布法

浸渍涂布法是早期曾得到较为广泛应用的一种涂布方法，由于其设备结构简单，易于得到推广应用。早在 19 世纪末，浸渍涂布和吊挂干燥就用于连续生产照相纸。浸渍涂布方法简单原理如图 1-1 所示。

被涂支持体 1 绕经涂布辊 3 进入涂布液槽 4 与涂布液 2 接触，涂料就随着向上拉出而附着于其表面形成涂层。

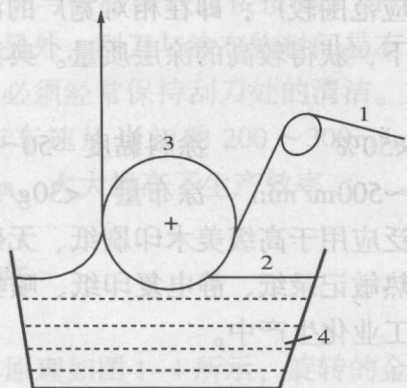


图 1-1 浸渍涂布工作原理图

## 二、气刀涂布法

气刀涂布法的原理如图 1-2 所示。被涂支持体 1 经压纸辊 2 后由涂布辊 3 带上涂料槽 4 中的料液，经过背辊 5 处由气刀 6 喷射出的气流将过量的涂料吹落在收集槽 7 中。回流的涂料在收集槽中经气液分离后，可送回涂料槽中循环使用。气刀涂布的涂布质量与气刀喷射气流分布均匀性及稳定性直接有关，即与气刀的结构设计及加工精度密切相关。气刀涂布的涂布量，与气刀射出的气流压力、喷射角度及与原纸之间的距离有关，这些也是实际操作中可适当调控的工艺参数。

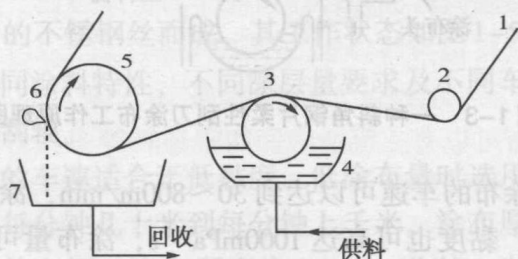


图 1-2 气刀涂布工作原理图

气刀涂布的适应范围较广，即在相对宽广的涂料含固量、涂料黏度以及涂布车速下，获得较高的涂层质量。典型的气刀涂布运行参数条件为：

涂料含固量 <50%                      涂料黏度 50~500mPa·s  
涂布车速 30~500m/min      涂布量 <30g/m<sup>2</sup>

气刀涂布被广泛应用于高级美术印刷纸、无碳复写纸、重氮盐纸、压敏记录纸、热敏记录纸、静电复印纸、喷墨打印纸以及涂布板纸等多类产品的工业化生产中。

### 三、刮刀涂布

刮刀涂布是用专门设置的刮刀除去多余的涂布液，以达到所要求的涂布量。图 1-3 所示为一种斜角钢片柔性刮刀涂布工作原理图。相对于气刀无接触涂布，这是一种直接接触涂布方法，涂层有较高的平整度，其涂层表面不受被涂支持体原有表面粗糙度的影响。

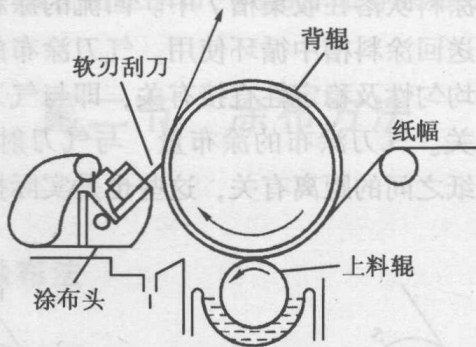


图 1-3 一种斜角钢片柔性刮刀涂布工作原理图

柔性刮刀涂布的车速可以达到 30~800m/min，涂料固含量可高达 50%~60%，黏度也可高达 1000mPa·s，涂布量可在 6~30g/m<sup>2</sup> 范围内调节，工艺适应范围较广。

柔性刮刀材质为优质弹簧钢，厚度为 0.3~0.6mm，宽度为 100mm 左右。刮力与背辊的接触角及接触压力均可进行调节控制。



由于刮刀在高车速下与被涂物料直接接触，因此很容易造成磨损，而必须适时更换。另外，刮刀与涂布物料间易有异物积累，形成涂布条道弊病，因此必须经常保持刮刀处的清洁。

目前刮刀涂布车速从当初的 200~300m/min 已升至 2800m/min，幅宽可达 10m，大大提高了生产效率。

#### 四、刮辊涂布

刮辊涂布工作原理如图 1-4 所示，旋转的金属刮辊将多余的涂料刮下，以达到所需的涂布量。金属刮辊的直径为 10mm 左右，由微型电机带动作主动运转，通常以 10~20 转/分的固定速度旋转，其旋转既可与被涂物料同一方向，也可以反向。当刮辊与被涂物料运行呈相反方向时，更有利于对涂层起整饰作用。

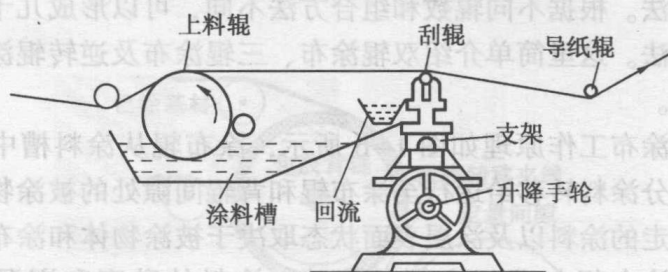


图 1-4 刮辊涂布工作原理图

另有一种称为钢丝刮辊，即在金属刮辊上紧密缠绕直径为 0.1~0.15mm 的不锈钢丝而成，其工作状态如图 1-5 所示。实际操作中可根据不同涂料特性，不同涂层量要求及不同车速选用不同直径缠绕的钢丝刮辊。

刮辊涂布的车速适合于低黏度、低涂布量时选用，其车速范围较广，可以从每分钟几十米到每分钟上千米。涂布厚度主要取决于绕线顶部之间的空间，涂布厚度为  $0.21r$ ，此处  $r$  为绕线直径。但是流体的流变性、片幅速度和张力、转动的方向和速度都影响平均厚度。