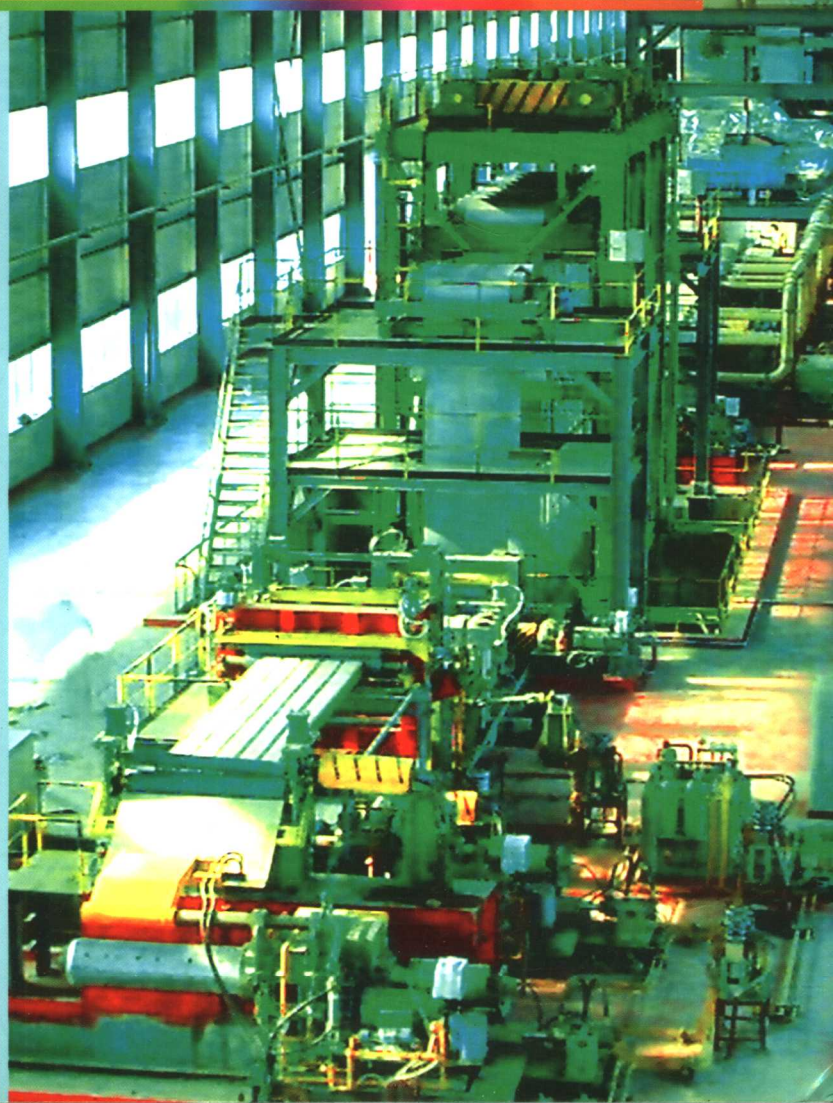


彩色涂层钢板

生产工艺与 装备技术

李鸿波
李绮屏 编著
韩志勇

冶金工业出版社



彩色涂层钢板生产工艺与装备技术

李鸿波 李绮屏 韩志勇 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2006

内 容 简 介

本书从现代彩色涂层钢板生产的发展需要出发,全面、系统地介绍和阐述了彩色涂层钢板的防腐基础理论、辊涂生产工艺、涂层质量控制和产品用途等,同时对国内外彩色涂层钢板生产线的设备和附属功能也作了详细介绍。

全书主要内容包括:概述、金属的防腐机理与彩色涂层钢板的防腐、涂层机组分类及布置、涂层工艺及设备、涂后工艺及设备、涂层质量控制、涂层性能检验、彩色涂层钢板的应用、彩色涂层机组的废物处理、粉末涂层带钢的研究和发展趋势、附录等,内容丰富,可读性强。

本书可供彩色涂层钢板生产技术人员、操作人员和管理人员阅读,也可供冶金、建材、家电、汽车、装饰行业的工程技术人员和大专院校有关专业的师生参考,同时亦可作为企业与学校的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

彩色涂层钢板生产工艺与装备技术/李鸿波等编著.

—北京:冶金工业出版社,2006.1

ISBN 7-5024-3836-X

I. 彩… II. 李… III. ①钢板—有机材料—涂层

—生产工艺—技术 ②钢板—有机材料—涂层—生产装备

—技术 IV. TG174.46-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第107328号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 张登科 美术编辑 王耀忠

责任校对 刘倩 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006年1月第1版,2006年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;23.75印张;574千字;366页;1-4000册

69.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

《彩色涂层钢板生产工艺与装备技术》一书的出版，是这一领域的一件好事，它将对推动我国彩色涂层钢板生产技术的进步起到积极的促进作用。

彩色涂层钢板生产技术在我国的应用已有20多年的历史，但在20世纪末之前，国内只有几条屈指可数的彩色涂层钢板生产线，总产量很低，而且都是引进国外技术和设备建成的。近年来，随着国内经济建设的持续发展和人民生活水平的不断提高，彩色涂层钢板的社会需求空前增长，引发了一轮建设彩色涂层钢板生产线的高潮。据不完全统计，截止到2005年上半年，国内已建成的彩色涂层钢板生产线接近200条，设计年产量超过1300万t，这种建设速度在世界上是绝无仅有的。这些生产线中的大部分均是国内成套设计、制造的，除少数生产线采用了当今国际上最新的生产技术和设备来生产较高质量和多品种的产品外，还有相当数量的生产线，工艺装备简陋，只能生产质量一般和品种单一的产品。随着人们对彩色涂层钢板产品质量和产品品种功能的要求越来越高，低档次的彩色涂层钢板生产线或将被淘汰或将进行彻底的技术改造。

目前，我国彩色涂层钢板生产工艺大部分还停留在传统的涂层工艺水平上，而属于涂后处理工艺生产的彩涂装饰板的品种、数量还无法适应经济发展的需求，而行业内这方面的资料很少，因此，迫切需要这方面的著作出版。

本书的三位作者，我都很熟悉，有的是我的同事。在我国他们是较早从事彩色涂层钢板生产技术工作的工程技术人员，现在已是这方面的专家。从20世纪80年代末开始，他们就致力于国际彩色涂层钢板生产技术的交流和国产技术研发工作。三人中有的彩色涂层钢板生产线设计师，有的是生产、技术、质量管理人员。为了满足彩色涂层钢板生产行业的需要，他们在百忙之中，克服了许多困难，将自己十几年来从事彩色涂层钢板生产线项目建设的经验，以及所掌握的有关工艺、设备、产品质量控制、管理技术等，进行了全面、系统地总结，奉献给读者，其精神难能可贵。

本书内容融合了三位作者各自的优势和多年的实践经验，从现代彩色涂层钢板生产的发展需要出发，全面、系统地介绍和论述了彩色涂层钢板的防腐基础理论、辊涂生产工艺、涂层质量控制和产品的用途等。除了介绍普通的两涂两烘彩涂工艺以外，还用特定的篇幅介绍了几种国外常见的涂后处理工艺，并且详细介绍了当前国内外彩涂生产线的先进工艺和先进技术，这些对我国新建高水平彩涂线和已建生产线的技术改造，均具有一定的参考意义。

本书图文并茂，其内容和插图相得益彰，这不仅增强了它的技术内涵，而且方便阅读。

彩色涂层钢板生产技术与设备等目前均处于发展阶段，希望有更多的关于彩色涂层钢板生产技术方面的作品问世，以丰富我国彩色涂层钢板生产技术经验，促进学术交流，提高生产技术和产品质量，为我国国民经济建设做出力所能及的贡献。



2005年10月

注：序的作者施设先生现为：中冶京诚工程技术有限公司总裁，并兼任中国金属学会常务理事、中国冶金建设协会副会长、中国国际工程咨询学会副会长、中国金属学会青年委员会主任、北京金属学会副理事长等。

前 言

彩色涂层钢板是一种防腐、轻便、美观的钢板材料，通常是将冷轧钢板或镀锌钢板预先进行表面处理，然后涂敷涂料、高温固化而成的产品。这种钢铁产品出厂时已具有各种漂亮的色彩，故称为“彩色涂层钢板”，在我国通常又简称为“彩色钢板”或“彩涂板”。

彩色涂层钢板的用途非常广泛，它在建筑业、室内装修业、家电行业等方面，已越来越多地取代了喷涂板，而且，其应用领域还在不断扩大。

多年来，有关彩色涂层钢板生产技术与设备方面的资料和书籍很少，其内容大多限于一些行业性报道和短篇论文，即使形成章节编入相关的著作中，也只是对彩涂工艺作一些简单的介绍，并没有从生产技术、工艺、设备、产品质量控制等多方面去综合论述。目前，我国的彩涂工艺大部分还停留在传统的涂层工艺水平上，而属于涂后处理工艺生产的彩涂装饰板的品种、数量还不能适应经济发展的需求，行业内这方面的资料更显奇缺。

鉴于此，我们萌发了编著本书的想法，将我们十几年来从事彩涂生产线项目建设，有关工艺、设备、产品质量控制、管理及所掌握的国内外技术现状、发展趋势等，进行全面、系统地总结，奉献给读者，是我们的最大心愿。经过两年多的努力，我们完成了本书的编撰工作。

本书除了介绍普通的两涂两烘彩涂工艺以外，还用特定的篇幅介绍了几种国外常见的涂后处理工艺，并且详细地介绍了当前国内外彩涂生产线的先进技术和先进工艺，这些内容对我国新建高水平彩涂生产线和已建生产线的技术改造均具有一定的参考意义。

本书在编写过程中，张富信、钟林勉、杨伟宏、钟少平等同志对书稿做了很好的审核工作，并给予了大力支持，在此一并表示感谢。

另外，在本书的编写过程中，我们参考了一些作者的著作和文章，在此亦深表谢意。

由于作者水平所限，书中不妥之处，欢迎读者批评指正。

作 者
2005年10月

目 录

概 述	1
1 金属的防腐机理与彩色涂层钢板的防腐	4
1.1 金属的防腐机理	4
1.1.1 金属防腐的重要性	4
1.1.2 金属防腐的起源	4
1.1.3 金属腐蚀的分类	5
1.1.4 金属腐蚀的控制方法	6
1.2 彩色涂层钢板的防腐	8
1.2.1 防腐机理	8
1.2.2 基材前处理	9
1.2.3 有机非金属涂层	23
2 涂层机组分类及布置	42
2.1 机组分类	42
2.1.1 按机组生产能力分类	42
2.1.2 按工艺施工方式分类	42
2.1.3 按设备布置的形式分类	42
2.1.4 按产品功能分类	42
2.2 机组布置	43
2.3 机组布置图举例	43
2.3.1 平铺式单涂单烘机组	43
2.3.2 平铺式两涂两烘机组	43
2.3.3 立式活套、重叠式两涂两烘机组	44
2.3.4 卧式活套、重叠式两涂两烘机组	44
2.3.5 出入口段汇合、重叠式两涂两烘机组(一)	45
2.3.6 出入口段汇合、重叠式两涂两烘机组(二)	45
2.3.7 立式辊涂式化成、重叠式两涂两烘机组	46
2.3.8 立式脱脂化成、重叠式两涂两烘机组	46
2.3.9 立式脱脂、重叠式两涂两烘机组	47
2.3.10 重叠式三涂三烘机组	47
2.3.11 多功能综合式机组	47

2.3.12	带镀锌功能、重叠式两涂两烘机组	48
2.3.13	带纵横剪功能、重叠式两涂两烘机组	49
2.3.14	卧式活套、立式清洗化成机组	49
2.3.15	带冷弯成形段彩涂机组	50
2.3.16	国内早期引进彩涂机组(一)	51
2.3.17	国内早期引进彩涂机组(二)	51
2.3.18	国内早期引进彩涂机组(三)	52
2.3.19	国内早期引进彩涂机组(四)	53
2.3.20	国内早期引进彩涂机组(五)	53
3	涂层工艺及设备	54
3.1	入口段	54
3.1.1	工艺特性	54
3.1.2	设备介绍	55
3.2	工艺段	72
3.2.1	脱脂清洗段	72
3.2.2	化学成膜	78
3.2.3	有机涂层	85
3.2.4	涂层固化炉	91
3.2.5	涂后冷却	100
3.3	出口段	103
3.3.1	工艺特性	103
3.3.2	设备介绍	104
4	涂后工艺及设备	111
4.1	印花	112
4.1.1	产品特点	112
4.1.2	工艺特性	112
4.1.3	工艺过程	113
4.1.4	印刷原理	116
4.1.5	印版辊制作	117
4.1.6	带钢印刷材料	118
4.1.7	影响带钢印花质量的工艺因素	121
4.1.8	印花设备	121
4.2	层压	124
4.2.1	层压板的特点	124
4.2.2	层压工艺	124
4.2.3	复合材料	131
4.2.4	层压板质量问题的表现及解决方法	134

4.2.5 层压设备	136
4.3 压花	149
4.3.1 压花板特点	149
4.3.2 压花工艺	150
4.3.3 压花机	153
4.4 可剥离保护层	154
4.4.1 可剥离保护膜	155
4.4.2 涂蜡	158
4.5 平整和矫直	163
4.5.1 平整矫直对彩涂板力学性能的影响	164
4.5.2 平整矫直对彩涂板涂层的影响	166
4.5.3 平整矫直设备	166
5 涂层的质量控制	171
5.1 基材控制	171
5.1.1 板形和表面缺陷	172
5.1.2 基材的验收与保养	176
5.2 预处理段控制	188
5.2.1 脱脂控制	189
5.2.2 化学转化膜控制	193
5.3 涂料和涂层控制	197
5.3.1 涂料验收和预检	197
5.3.2 涂料施工准备	204
5.3.3 涂敷方式选择	206
5.3.4 涂层湿膜厚度测量	207
5.4 固化温度和涂后冷却控制	209
5.4.1 固化温度控制	209
5.4.2 涂层固化质量控制	212
5.4.3 涂后冷却质量控制	213
5.5 涂层产品外观质量分析	214
5.5.1 涂层表面粗糙	214
5.5.2 涂层表面失光或光泽不均匀	214
5.5.3 涂层表面起泡	215
5.5.4 涂层表面刮痕	215
5.5.5 涂层剥落	215
5.5.6 涂层皱皮	215
5.5.7 涂层针孔	215
5.5.8 涂层辊纹	215
5.6 包装控制	216

5.6.1	板状包装	217
5.6.2	卷状包装	218
6	涂层性能检验	220
6.1	试件取样	220
6.2	检验标准	221
6.3	检验环境	222
6.4	涂层板检验项目分述	222
6.4.1	涂层外观质量检验	222
6.4.2	涂层厚度检验	226
6.4.3	粘附性试验	227
6.5	层压板检验项目分述	250
6.5.1	胶粘剂性能检验	250
6.5.2	层压板性能检验	254
6.5.3	层压板的耐环境检验	259
7	彩色涂层钢板的应用	260
7.1	彩色涂层钢板在建筑业的应用	260
7.1.1	概述	260
7.1.2	彩色压型板用作屋面板和墙面板的设计与制造	263
7.1.3	彩色压型钢板的连接	277
7.1.4	彩色压型钢板的质量检验	280
7.1.5	建筑用其他彩色钢板	282
7.2	彩色钢板在家电业中的应用	284
7.3	彩色钢板在其他行业中的应用	286
8	彩涂机组的废物处理	287
8.1	废水处理	287
8.1.1	工艺要求	287
8.1.2	工艺过程	294
8.1.3	设备介绍	297
8.2	废气处理	302
8.2.1	工艺特性	303
8.2.2	工艺过程及设备	307
8.3	废渣处理	311
8.3.1	工艺要求	311
8.3.2	工艺过程及设备	312

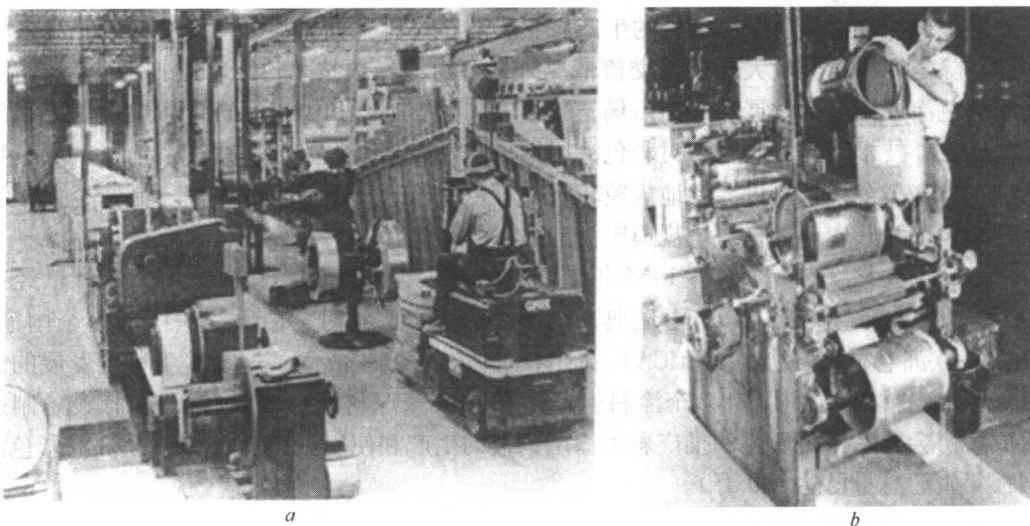
9 粉末涂层带钢的研究和发展趋势	314
9.1 粉末涂料及其涂层工艺概况	314
9.1.1 粉末涂料及其涂层工艺的发展	314
9.1.2 粉末涂料的组成	315
9.1.3 常用粉末涂层工艺	317
9.1.4 粉末涂料及涂层工艺的优缺点	319
9.2 彩色涂层带钢机组采用粉末涂层工艺的探讨	320
9.2.1 涂层高温快速固化	320
9.2.2 涂层薄化	323
9.2.3 高涂着效率和先进的涂敷设备	324
9.2.4 日本 PCM 生产线	325
9.3 国外关于钢卷粉末涂层工艺的研究动态	326
9.3.1 激光打印机原理	327
9.3.2 电磁刷 (EMB) 涂敷工艺	328
9.4 MSC 公司 EMB 生产线	332
9.5 EMB 技术的发展前景	334
9.6 EMB 技术的实验设备	335
附 录	336
附录 1 彩色涂层钢板基材控制标准	336
1.1 国内标准	336
1.2 国外及国际标准	344
附录 2 彩色涂层钢板及钢带控制标准	352
2.1 主题内容与适用范围	352
2.2 引用标准	352
2.3 彩色涂层钢板和钢带	352
2.4 分类和代号	352
2.5 技术要求	353
2.6 试验方法	355
2.7 检验规则	355
2.8 包装、标志和质量证明书	355
附录 3 各种基材外形测量允许偏差	355
3.1 热镀锌带钢厚度允许偏差	355
3.2 冷轧带钢和电镀锌带钢厚度允许偏差	356
3.3 彩色涂层钢板基材宽度允许偏差	357
3.4 彩色涂层钢板基材镰刀弯最大值	357
3.5 彩色涂层钢板基材表面不平度	357
附录 4 压型钢板常用产品规格	357

4.1	W600 型 (YX130-300-600) 的规格及截面特性	357
4.2	W600 型 (YX35-125-750) 的规格及截面特性	358
4.3	W600 型 (YX75-200-600) 的规格及截面特性	359
4.4	常用彩色压型钢板型号及截面特性	360
附录 5	国外材料标准协会简介	361
5.1	美国材料试验协会 (ASTM)	361
5.2	法国标准化协会 (AFNOR)	362
5.3	日本工业标准调查会 (JISC)	363
5.4	英国标准学会 (BSI)	363
5.5	前苏联国家标准委员会	364
5.6	德国标准化学会 (DIN)	364
参考文献	365

概 述

国外彩色涂层钢板发展的过程和现状

彩色涂层钢板生产线问世于20世纪50年代，其涂敷工艺是由20世纪20年代末30年代初的有机涂层铝板演变而来。当时，美国已经生产出 $0.3\text{mm} \times 50\text{mm}$ 主要用于百叶窗的涂层铝板。与此同时，欧美国家正掀起一场“建筑革命”，钢材在建筑业上的应用正不可阻挡地向前发展。为了使钢结构建筑物得到装饰及区分，很快地，钢材被涂上了不同颜色的油漆。在随后的几年时间里，油漆技术的发展又促进了钢卷涂层业的创立。特别在第二次世界大战爆发期间，由于战争的需要，军火业、造船业、交通业迅猛发展，薄板需求量不断增加，大大推动了钢铁业冷轧板深加工的技术进程，随之而来的板材表面防腐处理问题的研究和解决，正好为彩色涂层钢板开拓了发展空间。美国 Roll Coater 公司于20世纪50年代初制造的早期生产线（见下图 a、b）属于彩色钢板连续生产的雏形，更是我们窥视彩色涂层钢板生产线的真实写照。



20世纪50年代美国 Roll Coater 公司彩色涂层钢板生产线示意图

a—彩色钢板生产线卷取段；b—彩色钢板生产线辊涂机

彩色涂层钢板生产线经过50年的漫长发展，其生产线速度已从最初的 $15\text{m}/\text{min}$ 发展到现在的 $240\text{m}/\text{min}$ ，板厚可在 $0.15 \sim 2.2\text{mm}$ 之间，板宽最大可达 2000mm 。20世纪末，全世界已有500多条彩色钢板生产线，单美国就有200多条，全世界的总生产能力已达到1500万t以上。

在美国的工艺技术影响下, 20 世纪 60 年代初, 欧洲、日本已有多条彩色涂层钢板连续生产线相继投产。特别是日本, 在早期引进了美国的先进技术后, 不断消化吸收、改进到再建造, 使彩色钢板的产量快速提高, 到 70 年代末, 其年产量已达到 200 万 t, 成为亚洲彩色钢板生产的领头羊。

彩色涂层钢板得以高速发展的主要原因是它具有良好的经济效益和能够适应社会经济发展的需要。首先, 它将传统的制成品涂装工艺变成原料为钢板的连续涂层工艺, 这样, 既便于表面处理及涂装的质量控制, 又解决了易产生棱边死角的涂装缺陷问题。其次, 因生产线的高速运行使生产效率远远大于制成品涂装线。第三, 涂料漆膜固化时, 连续涂层生产线的带钢在烘炉中通过, 炉容利用率比成品涂装线要高, 固化时挥发的溶剂能收集并输送到焚烧炉处理, 将热能再利用, 总能耗只有成品涂装的五分之一到六分之一。最后, 生产中的排放物便于集中处理, 如固化炉废气经焚烧处理后, 有机溶剂含量小于 0.005%。而相对规模小的制成品涂装线的烘炉很难达到这一水平。

从金属薄板用户看, 彩色涂层钢板的价格因所用涂料品种不同, 比其原料基材贵 18% ~ 105%, 但省去了成品后涂装所需的工时及原材料费用。两者相抵, 成品的成本可降低 3% ~ 10%。以建筑业的厂房建造为例, 对于相同面积的屋面或墙面板, 因彩色钢板的构件比混凝土构件要轻, 可减少 80% ~ 95% 的运输和吊装量。

为了更进一步推动彩色钢板事业发展的网络化, 美国早在 1962 年就成立了世界上最大的卷板涂装联合企业——美国国家卷材涂装者协会 (NCCA), 该企业是集卷板涂层的工艺技术交流、卷板和涂层原料贸易、涂层设备供应、产品买卖等信息于一体的国际性组织。该组织成员包括彩色涂层钢板的生产厂、所需原材料 (如涂料、金属卷材) 和设备的生产厂。除定期举行会员大会讨论交流情况外, 还组织专题技术论坛和新产品设计竞赛, 以推动彩色涂层钢板的发展和开拓市场, 并收集和发布生产和销售的统计数字, 制定和出版有关标准、技术手册和刊物, 对彩色涂层钢板的发展起了很好的作用。目前, 其成员数量已达到 160 多个, 来自世界各地规模较大的彩色钢板、彩色铝板的生产、制造企业, 我国宝钢公司也为其中一员, 组织规模颇为宏大。

在欧洲, 卷材涂料在 1960 ~ 1965 年期间已经发展得非常成熟, 1966 年, 欧洲已经有了 14 条彩色钢板生产线, 分布于瑞典、德国、英国、比利时、瑞士和法国等多个国家。1967 年, 欧洲卷材涂层协会 (ECCA) 在比利时的布鲁塞尔成立。这个基于科技发展的协会由 80 多个卷材涂层商、50 多个涂料生产厂、40 多家原材料供应商和 20 多家设备制造商组成。协会的宗旨是研究和推广彩色涂层钢板的生产和使用。20 世纪末, 欧洲的彩色涂层钢板年生产总量已达 390 万 t。

我国彩色涂层钢板的发展概况

我国于 20 世纪 60 年代初就开始了以聚氯乙烯塑料复层板与聚氯乙烯有机溶胶涂层钢板的研究试制工作, 60 年代末, 上钢三厂已建成了聚氯乙烯塑料复层板生产机组, 设计能力为年产 1 万 t。

20 世纪 80 年代初, 冶金、化工、轻工等几个部门同时进入有机涂层钢板的生产工艺和产品应用技术方面的科研攻关和可行性研究。为后来引进外国生产线的工作奠定了基础。

我国第一批彩色涂层钢板生产线是在 20 世纪 80 年代初分别从美国、英国、日本引进的，宝钢 1 号线的设计能力为年产 24 万 t、北京门窗厂机组为年产 3 万 t，武钢机组为年产 6 万 t，鞍钢的试验机组为年产 5 万 t、广州第三轧钢厂立式涂层机组为年产 5 万 t，总设计能力约为年产 45 万 t。由于当时这种生产工艺在国内属于新兴行业，产品的优点还没完全被国人认识，彩色涂层钢板在当时可以说是薄板应用中的一种奢侈品，所以投产后产量一直上不去，多半生产线都处于吃不饱状态，最后鞍钢和广州第三轧钢厂的生产线因不堪其工艺缺陷和产品成本的压力而停产或转让。

21 世纪以来，我国彩色钢板生产进入了高速发展期。目前，我国已有上规模的彩涂钢板生产线近 200 条，中、小型的生产线更是不计其数，年生产能力已超过 1000 万 t。据近几年的统计数字表明，我国每年仍需从国外进口彩色涂层钢板 70 ~ 80 万 t，由此可见，彩色涂层钢板的发展在我国仍有很大的市场。

1 金属的防腐机理与彩色涂层钢板的防腐

1.1 金属的防腐机理

1.1.1 金属防腐的重要性

彩色涂层钢板的防腐研究，是人们对金属材料的防腐研究经历了多个阶段后迈进的一个新里程。

彩色涂层钢板的防腐功能与其所选用的基材材质、金属表面处理有着极为密切的关系。因此，金属材料腐蚀的基本概念仍然是彩色钢板防腐功能研究的基础。

金属材料受到破坏主要是断裂、磨损和腐蚀等三种形式，其中腐蚀是三种形式中最复杂、对金属的破坏性最大的一种，因为金属腐蚀是发生在金属与环境（介质）间的界面上，并产生了化学或电化学反应，所以金属防腐研究是其他材料防腐研究中难度较大的一种。

金属腐蚀危害着经济建设的各个领域，据一些发达国家统计，因金属腐蚀造成的经济损失一般约占当年国民经济生产总值的 1.5% ~ 4.2%，每年因腐蚀要损耗 10% ~ 20% 的金属。另外，金属腐蚀还会给人民的生命财产带来重大损失，例如，英国早期的 Conway 发动机的铝转子叶片，常因晶间腐蚀和点蚀导致叶片根部产生应力集中而断裂。更换损坏的低压压机约需 29000 英镑（表 1-1）。把飞机送回基地，租用替代飞机，连同乘客赔偿费及营业损失在内，每次飞机失事事故，公司需多花 11000 英镑。1967 年，美国西弗吉利亚通往俄亥俄州的俄亥俄大桥，因钢结构应力腐蚀和疲劳腐蚀引起突然断裂，导致 76 人死亡。

我国几十年来的建设中，因材料腐蚀而引起安全事故也有不少。因此防腐的研究已成为任何国家经济建设中刻不容缓的工作。

表 1-1 英国早期设计的 Conway 发动机压机叶片
因腐蚀断裂导致的平均损失费

项 目	金额/英镑	项 目	金额/英镑
零件更换费	20000	运营损失及附加费	11000
劳务成本费	8500	合计每台损失费	39500

1.1.2 金属防腐的起源

有人说，有金属就有防腐斗争，这一点不假。我国早在商代就冶炼出了青铜，从出土的春秋战国时期的青铜剑来看，有的至今毫无锈蚀，经鉴定，这些武器表面上有一层含铬的氧化层，而基体中又并不含铬。很可能这种表面保护层是用铬的化合物人工氧化并经高

温处理得到的。这种两千年前就创造的与现代铬酸盐钝化相似的防护技术，不能不说是我国文明史上的一项奇迹。到了公元 250 年的后汉时期，人们开始采用石油作车辆的润滑与铁的防锈。1450~1458 年，欧洲人采用一种涂了白苏子油的纸包针等，所有这些都是人类早期的防锈活动，为后来的大规模防锈研究打下了良好的基础。

金属防腐研究作为一个体系逐渐形成是在 18 世纪中叶，罗蒙诺索夫 (Ломоносов) 于 1748 年就解释了金属的氧化现象。凯依尔 (Keir) 于 1790 年描述了铁在硝酸中的钝化现象。德·拉·里夫 (de la rive) 于 1830 年提出了金属腐蚀的微电池概念。法拉第 (Faraday) 于 1833~1834 年提出了电解定律。这些理论对腐蚀科学的进一步发展具有重要意义。

金属防腐作为一门独立的科学始于 20 世纪初、中期，这段时期世界经历了第一次世界大战和第二次世界大战。战争中武器需要远洋运输和储备，大大促进了金属防锈技术的发展。英国于 1943 年发布了包装标准 (BS1133)。美国在第二次世界大战中，因要解决武器运输到东南亚高温潮湿地区的腐蚀问题，对防锈材料制订了 P 系列标准，使防锈技术提高得很快。战后，这些技术从军用逐渐转移到民用，并在 20 世纪 50 年代后基本上形成了研究体系。

1.1.3 金属腐蚀的分类

金属材料的腐蚀分类比较通用的有以下几种：

- (1) 按腐蚀环境分：干腐蚀、湿腐蚀；
- (2) 按腐蚀机理分：化学腐蚀、电化学腐蚀、物理腐蚀；
- (3) 按腐蚀形态类型分：点蚀、应力腐蚀断裂；
- (4) 按腐蚀温度分：常温腐蚀、高温腐蚀。

金属的腐蚀现象，主要是以上提及的第(1)和第(2)种，第(1)种的干腐蚀属于化学机理而湿腐蚀是属于电化学机理。第(3)和第(4)种，都是属于第(1)、第(2)种的进一步分类。彩色涂层钢板的防腐机理是利用涂层将基材与腐蚀介质隔离开来，阻止基材表面产生化学或电化学反应。因此，我们最终要研究的防腐问题应归并为涂层钢板基材表面的化学腐蚀和电化学腐蚀。

1.1.3.1 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属基材表面与非电解质直接发生纯化学作用而引起的破坏。其反应的特点是基材表面的原子与非电解质中的氧化剂直接发生氧化还原反应，形成腐蚀产物。腐蚀过程中电子的传递是在金属基材与氧化剂之间直接进行的，因而没有电流产生。

纯化学腐蚀的情况并不多。主要为金属基材在无水的有机液体和气体中腐蚀以及在干燥气体中的腐蚀。

1.1.3.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀是指金属基材表面与离子导电的介质（电解质）发生电化学反应而引起的破坏。任何以电化学机理进行的腐蚀反应至少包含有一个阳极反应和一个阴极反应，并以流过金属基材内部的电子流和介质中的离子流形成回路。阳极反应是氧化过程，即金属离子从金属转移到介质中并放出电子；阴极反应为还原过程，即介质中的氧化剂组分吸收来自阳极的电子的过程。例如，冷轧板为基材的金属表面在酸中腐蚀时，在阳极区铁被氧化