



高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书

金属表面质量在线 检测技术

Online Detection Technology of Surface Defects for
Metal Strips and Plates

■ 徐科 周鹏 编著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

高教轧制国家工程研究中心先进技术丛书

金属表面质量在线检测技术

徐科 周鹏 编著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2016

内 容 简 介

本书介绍了金属表面质量在线检测技术,主要包括系统设计、检测算法等,内容涵盖铸坯表面在线检测、中厚板表面在线检测系统、热轧带钢表面在线检测系统、冷轧带钢表面在线检测系统等。

本书可供从事冶金自动化技术的科研、设计、生产技术人员使用,也可作为大专院校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属表面质量在线检测技术/徐科,周鹏编著. —北京:
冶金工业出版社, 2016. 10

(高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书)

ISBN 978-7-5024-7363-1

I. ①金… II. ①徐… ②周… III. ①金属—表面—
质量—在线检定 IV. ①O614

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 244709 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 李培禄 夏小雪 美术编辑 吕欣童 版式设计 杨 帆 彭子赫

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7363-1

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2016 年 10 月第 1 版, 2016 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 10 印张; 241 千字; 144 页

33.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

《高效轧制国家工程研究中心先进技术丛书》

编辑委员会

主 任 唐 荻

副主任 张勇军 何安瑞 陈雨来

委 员 (按姓氏笔画为序)

米振莉 杨 荃 余 伟 宋 勇 张 飞

邵 健 武会宾 周 鹏 徐 科 郭 强

崔 衡 程知松

顾 问 刘文仲 王 京 蔡庆伍 侯建新

— 序 言 —

高效轧制国家工程研究中心（以下简称轧制中心）自1996年成立起，坚持机制创新与技术创新并举，采用跨学科的团队化科研队伍进行科研组织，努力打破高校科研体制中以单个团队与企业开展短期项目为主的科研合作模式。自成立之初，轧制中心坚持核心关键技术立足于自主研发的发展理念，在轧钢自动化、控轧控冷、钢种开发、质量检测等多项重要的核心技术上实现自主研发，拥有自主知识产权。

在立足于核心技术自主开发的前提下，借鉴国际上先进的成熟技术、器件、装备，进行集成创新，大大降低了国内企业在项目建设过程的风险与投资。以宽带钢热连轧电气自动化与计算机控制技术为例，先后实现了从无到有、从有到精的跨越，已经先后承担了国内几十条新建或改造升级的热连轧计算机系统，彻底改变了我国在这些关键技术方面完全依赖于国外引进的局面。

针对首都钢铁公司在搬迁重建后产品结构调整的需求，特别是对于高品质汽车用钢的迫切需求，轧制中心及时组织多学科研发力量，在2005年9月23日与首钢总公司共同成立了汽车用钢联合研发中心，积极探索该联合研发中心的运行与管理机制，建组同一个研发团队，采用同一个考核机制，完成同一项研发任务，使首钢在短时间内迅速成为国内主要的汽车板生产企业，这种崭新的合作模式也成为体制机制创新的典范。相关汽车钢的开发成果迅速实现在国内各大钢铁公司的应用推广，为企业创造了巨大的经济效益。

实践证明，轧制中心的科研组织模式有力地提升了学校在技术创新与服务创新方面的能力。回首轧制中心二十年的成长历程，有艰辛更有成绩。值此轧制中心成立二十周年之际，我衷心希望轧制中心在未来的发展中，着眼长远、立足优势，聚焦高端技术自主研发和集成创新，在国家技术创新体系中发挥应有的更大作用。

高效轧制国家工程研究中心创始人

徐金松 教授

2016年9月

序言二

高效轧制国家工程研究中心成立二十年了。如今她已经走过了一段艰苦创新的历程，取得了骄人的业绩。作为当初的参与者和见证人，回忆这段创业史，对启示后人也是有益的。

时间追溯到1992年。当时原国家计委为了尽快把科研成果转化为生产力（当时转化率不到30%），决定在全国成立30个工程中心。分配方案是中科院、部属研究院和高校各10个。于是，原国家教委组成了评审小组，组员单位有北京大学、清华大学、西安交通大学、天津大学、华中理工大学和北京科技大学。前5个单位均为教委直属，北京科技大学是唯一部属院校。经过两年的认真评审，最初评出9个，评审小组中前5个教委高校当然名列其中。最终北京科技大学凭借获得多项国家科技进步奖的实力和大家坚持不懈的努力，换来了评审的通过。这就是北京科技大学高效轧制国家工程研究中心的由来。

二十年来，在各级领导的支持和关怀下，轧制中心各任领导呕心沥血，带领全体员工，克服各种困难，不断创新，取得了预期的效果，并为科研成果转化做出了突出贡献。我认为取得这些成绩的原因主要有以下几点：

（1）有一只过硬的团队，他们在中心领导的精心指挥下，不怕苦，连续工作在现场，有不完完成任务不罢休的顽强精神，也赢得了企业的信任。

（2）与北科大设计研究院（甲级设计资质）合为一体，在市场竞争中有资格参与投标并与北科大科研成果打包，有明显优势。

（3）有自己的特色并有明显企业认知度。在某种意义上讲，生产关系也是生产力。

总之，二十年过去了，展望未来，竞争仍很激烈，只有总结经验，围绕国民经济主战场各阶段的关键问题，不断创新、攻关，才能取得更大成绩。

高效轧制国家工程研究中心轧机成套设备领域创始人

徐建珍 教授

2016年9月

— 序 言 —

高效轧制国家工程研究中心走过了二十年的历程，在行业中取得了令人瞩目的业绩，在国内外具有较高的认知度。轧制中心起步于消化、吸收国外先进技术，发展到结合我国轧制生产过程的实际情况，研究、开发、集成出许多先进的、实用的、具有自主知识产权的技术成果，通过将相关核心技术成果在行业里推广和转移，实现了工程化和产业化，从而产生了巨大的经济效益和社会效益。

以热连轧自动化、高端金属材料研发、成套轧制工艺装备、先进检测与控制为代表的多项核心技术已取得了突出成果，得到冶金行业内的一致认可，同时也培养、锻炼了一支过硬的科技成果研发、转移转化队伍。

在中心成立二十周年的日子里，决定编辑出版一套技术丛书，这套书是二十年中心技术研发、技术推广工作的总结，有非常好的使用价值，也有较高的技术水准，相信对于企业技术人员的工作，对于推动企业技术进步是会有作用的。参加本丛书编写的人员，除了具有扎实的理论基础以外，更重要的是长期深入到生产第一线，发现问题、解决问题、提升技术、实施项目、服务企业，他们中的很多人以及他们所做的工作都可以称为是理论联系实际典范。

高效轧制国家工程研究中心轧钢自动化领域创始人

孙一康 教授

2016年9月

— 序 言 四 —

我国在“八五”初期，借鉴美国工程研究中心的建设经验，由原国家计委牵头提出了建立国家级工程研究中心的计划，旨在加强工业界与学术界的合作，促进科技为生产服务。我从1989年开始，参与了高效轧制国家工程研究中心的申报准备工作，1989~1990年访问美国俄亥俄州立大学的工程中心、德国蒂森的研究中心，了解国外工程转化情况。后来几年时间里参加了多次专家论证、现场考察和答辩。1996年高效轧制国家工程研究中心终于获得正式批准。时隔二十年，回顾高效轧制国家工程研究中心从筹建到现在的发展之路，有几点感想：

(1) 轧制中心建设初期就确定的发展方向是正确的，而且具有前瞻性。以汽车板为例，北京科技大学不仅与鞍钢、武钢、宝钢等钢铁公司联合开发，而且与一汽、二汽等汽车厂密切联系，做到了科研、生产与应用的结合，促进了我国汽车板国产化进程。另外需要指出的是，把科学技术发展要适应社会和改善环境写入中心的发展思路，这个观点即使到了现在也具有一定的先进性。

(2) 轧制中心的发展需要平衡经济性与公益性。与其他国家直接投资的科研机构不同，轧制中心初期的主要建设资金来自于世行贷款，因此每年必须偿还100万元的本金和利息，这进一步促进轧制中心的科研开发不能停留在高校里，不能以出论文为最终目标，而是要加快推广，要出成果、出效益。但是同时作为国家级的研究机构，还要担负起一定的社会责任，不能以盈利作为唯一目的。

(3) 创新是轧制中心可持续发展的灵魂。在轧制中心建设初期，国内钢铁行业无论是在发展规模上还是技术水平上，普遍落后于发达国家，轧制中心的创新重点在于跟踪国际前沿技术，提高精品钢材的国产化率。经过了近二十年的发展，创新的中心要放在发挥多学科交叉优势、开发原创技术上面。

轧制中心成立二十年以来，不仅在科研和工程应用领域取得丰硕成果，而且培养了一批具有丰富实践经验的科研工作者，祝他们在未来继续运用新的机制和新的理念不断取得辉煌的成绩。

高效轧制国家工程研究中心汽车用钢研发领域创始人

王先建 教授

2016年9月

— 序 言 五 —

1993年末，当时自己正在德国斯图加特大学作访问学者，北京科技大学压力加工系主任、自己的研究生导师王先进教授来信，希望我完成研究工作后返校，参加高效轧制国家工程研究中心的工作。那时正是改革开放初期，国家希望科研院所不要把写论文、获奖作为科技人员工作的终极目标，而是把科技成果转移和科研工作进入国家经济建设的主战场为己任，因此，国家在一些大学、科研院所和企业成立“国家工程研究中心”，通过机制创新，将科研成果经过进一步集成、工程化，转化为生产力。

二十多年过去了，中国钢铁工业有了天翻地覆的变化，粗钢产量从1993年的8900万吨发展到2014年的8.2亿吨；钢铁装备从全部国外引进，变成了完全自主建造，还能出口。中国的钢材品种从许多高性能钢材不能生产到几乎所有产品都能自给。

记得高效轧制国家工程研究中心创建时，我国热连轧宽带钢控制系统的技术完全掌握在德国的西门子，日本的东芝、三菱，美国的GE公司手里，一套热连轧带钢生产线要90亿元人民币，现在，国产化的热连轧带钢生产线仅十几亿元人民币，这几大国际厂商在中国只能成立一个合资公司，继续与我们竞争。那时国内中厚板生产线只有一套带有进口的控制冷却设备，而今80余套中厚板轧机上控制冷却设备已经是标准配置，并且几乎全部是国产化的。那时中国生产的汽车用钢板仅仅能用在卡车上，而且卡车上的几大难冲件用国外钢板才能制造，今天我国的汽车钢可满足几乎所有商用车、乘用车的需要……这次编写的7本技术丛书，就是我们二十年技术研发的总结，应当说工程中心成立二十年的历程，我们交出了一份合格的答卷。

总结二十年的经验，首先，科技发展一定要与生产实践密切结合，与国家经济建设密切结合，这些年我们坚持这一点才有今天的成绩；其次，机制创新是成功的保证，好的机制才能保证技术人员将技术转化为己任，国家二十年前提出的“工程中心”建设的思路和政策今天依然有非常重要的意义；第三，坚持团队建设是取得成功的基础，对于大工业的技术服务，必须要有队伍才能有成果。二十多年来自己也从一个创业者到了将要离开技术研发第一线的年纪了，自己真诚地希望，轧制中心的事业、轧制中心的模式能够继续发展，再创辉煌。

高效轧制国家工程研究中心原主任

 教授

2016年9月

— 前 言 —

表面在线检测系统在国际上的研究与应用已有四十余年时间,在国内的研究与应用时间也超过二十年。经过几十年的发展,表面在线检测系统已逐步被钢铁、有色加工企业所接受,并且成为保障产品质量和指导生产的重要仪表。国内研究机构自主研制的表面在线检测系统大量应用于钢铁与有色生产线,打破了国外供应商的垄断。但是,令人遗憾的是表面检测方面的专著非常少,尤其是介绍表面在线检测系统在生产线上实际应用的著作。

本书是作者在表面在线检测方面多年研究与应用的总结。1998年,作者得到欧盟的资助,赴德国与欧洲的高校和科研机构对表面检测技术进行合作研究,学习了国外的先进技术,掌握了表面检测方面的相关知识。回国后,在多个国家与省部项目的支持下,作者带领课题组经过近二十年的努力,突破了表面检测方面的多项关键技术,自主研制了基于机器视觉的表面缺陷在线检测系列产品,应用于高温铸坯、热轧带钢、中厚板、冷轧带钢等生产线。

本书对金属板带表面在线检测技术的原理、组成、算法研究以及典型生产线上的应用进行了详细的介绍,帮助读者系统全面地掌握表面在线检测的相关知识,尤其是了解表面在线检测系统在不同生产线上的实际应用效果,以提高国内研究机构与企业在表面检测方面的研发能力与应用水平。全书按照从整体设计到典型应用的方式,安排了7章的内容:

第1章绪论,介绍了表面检测领域的相关知识,包括机器视觉、表面检测研究与应用现状、表面缺陷检测与识别算法,并对表面检测技术的难点与发展进行了分析。由徐科负责撰写。

第2章从总体框架、硬件、软件等方面对表面在线检测系统进行设计,重点介绍系统设计要求、光路配置和系统设计方案。由周鹏负责撰写。

第3章介绍表面缺陷检测与识别算法,主要介绍数字图像处理、缺陷特征提取、分类器设计缺陷识别,形成一个完整的缺陷检测与识别算法流程。由徐科负责撰写。

第4~7章分别介绍表面在线检测系统在冷轧带钢、热轧带钢、中厚板、连铸坯等生产线上的应用,重点研究不同生产线及产品的特点以及系统研制与应用过程中的难点,并且给出了系统应用的效果。由徐科和周鹏负责撰写。

在表面在线检测技术的研究与本书的撰写过程中,得到了北京科技大学徐金梧教授与唐荻教授的悉心指导与帮助,以及中国钢铁工业协会徐寅教授、肖治维教授与济钢孙浩博士、宝钢何永辉博士等领导和专家的指导和建议。本书

还凝聚着课题组杨朝霖、邓能辉、梁治国、吴贵芳、宋强、吴秀永、艾永好、乔建军、李文峰、刘乃强、李希纲、陈鲲鹏、覃思明、周茂贵、杨成、宋畅、刘顺华等研究生的工作结晶。此外，杨亚男、田思洋、任威平、贺笛、向境、赵睿越、董绍伟等同学参加了本书的编排工作，在此一并感谢！

由于作者水平有限，书中不足之处在所难免，热切希望读者能对本书提出宝贵意见和建议。

编著者的 E-mail 地址是：xuke@ustb.edu.cn, zhoupeng@necar.ustb.edu.cn, 恳请赐教。

编著者

2016 年 8 月

— 目 录 —

1 绪论	1
1.1 机器视觉技术	1
1.2 表面检测的研究与应用现状	3
1.3 表面缺陷检测与识别算法	4
1.4 难点与发展	5
1.5 本书的主要内容和基本结构	6
参考文献	7
2 表面在线检测系统的设计	9
2.1 系统的设计要求	9
2.1.1 基本要求描述	9
2.1.2 硬件功能要求	9
2.1.3 软件功能要求	9
2.2 检测原理及光路配置	10
2.2.1 检测原理	10
2.2.2 光路配置	10
2.3 系统的基本组成	11
2.3.1 光源	11
2.3.2 摄像机	14
2.3.3 图像采集系统	15
2.3.4 计算机系统	15
2.4 表面检测系统的设计方案	16
2.4.1 系统总体框架	16
2.4.2 硬件设计	16
2.4.3 软件设计	18
参考文献	20
3 图像处理与识别算法	22
3.1 数字图像处理综述	22
3.1.1 图像和数字图像	22
3.1.2 图像技术	22
3.1.3 图像工程	23
3.1.4 表面缺陷检测算法	24
3.2 图像预处理算法	26

3.2.1 直方图修正	26
3.2.2 线性滤波器	26
3.2.3 非线性滤波器	28
3.2.4 形态滤波器	29
3.2.5 图像压缩	32
3.3 图像分割	33
3.3.1 基于阈值的分割方法	34
3.3.2 基于边缘的分割方法	34
3.3.3 基于区域的分割方法	34
3.3.4 基于图论的分割方法	35
3.3.5 基于能量泛函的分割方法	35
3.4 特征提取	35
3.4.1 概述	35
3.4.2 常用的特征提取方法	36
3.4.3 几何特征提取	37
3.4.4 灰度直方图特征提取	38
3.4.5 图像变换系数特征提取	38
3.4.6 图像纹理特征提取	38
3.5 分类器设计	39
3.5.1 缺陷识别方法	39
3.5.2 基于 BP 网络的分类器设计	40
3.5.3 支持向量机	42
参考文献	45
4 冷轧带钢表面在线检测系统	46
4.1 冷轧带钢表面缺陷类型及成因	46
4.2 缺陷检测方式	49
4.2.1 光源	49
4.2.2 光在钢板表面的反射性质	50
4.2.3 明场方式	50
4.2.4 暗场方式	51
4.3 算法流程	52
4.4 典型缺陷的检测	53
4.4.1 羽纹缺陷检测	53
4.4.2 折印缺陷检测	55
4.4.3 划伤缺陷检测	57
4.4.4 辊印缺陷检测	58
4.4.5 黏结缺陷检测	60
4.4.6 氧化铁皮检测	60

4.4.7 桔皮纹缺陷检测	60
4.4.8 边裂缺陷检测	62
4.4.9 斑类缺陷检测	62
4.5 缺陷识别	64
4.5.1 特征提取	64
4.5.2 基于信息熵的特征选择方法	66
4.6 缺陷分类试验	69
4.6.1 缺陷分类过程	69
4.6.2 学习样本与测试样本的获取	69
4.6.3 特征选择的结果	70
4.6.4 分类器的测试结果	79
参考文献	80
5 热轧带钢表面在线检测系统	81
5.1 热轧带钢表面图像的特点	81
5.2 缺陷检测过程	83
5.2.1 算法流程	83
5.2.2 图像分割	85
5.2.3 缺陷检测	86
5.3 Adaboost 分类器	90
5.3.1 Boosting 算法概述	90
5.3.2 AdaBoost 算法原理	91
5.3.3 决策树	92
5.3.4 基于 AdaBoost 算法的分类器训练方法	95
5.3.5 改进的 AdaBoost 算法	96
5.4 在线应用	97
5.4.1 样本采集	97
5.4.2 参数选择	97
5.4.3 应用结果	101
参考文献	102
6 中厚板表面缺陷在线检测系统	103
6.1 中厚板表面缺陷	103
6.1.1 冶炼缺陷	103
6.1.2 轧制缺陷	106
6.1.3 中厚板表面缺陷特征分析	108
6.2 中厚板表面裂纹检测算法	108
6.2.1 中厚板表面裂纹基本类型及特征	108
6.2.2 形态滤波介绍	109

6.2.3 基于 Top-Hat 的裂纹检测算法	110
6.3 中厚板表面图像的幅值谱分析	113
6.3.1 图像的幅值谱	113
6.3.2 幅值谱的能量分析	113
6.3.3 幅值谱特征提取的特性	115
6.3.4 图像的不变矩及其特性	118
6.4 试验	122
6.4.1 样本采集	122
6.4.2 试验结果	122
参考文献	124
7 铸坯表面在线检测系统	125
7.1 铸坯表面检测系统的设计	125
7.2 高温铸坯表面缺陷的特点	126
7.3 高温铸坯表面缺陷识别算法	129
7.3.1 多尺度几何分析概述	129
7.3.2 Curvelet 变换原理	130
7.3.3 Contourlet 变换原理	132
7.3.4 Shearlet 变化原理	134
7.3.5 有监督的局部线性嵌入算法	136
7.4 实验与分析	138
7.4.1 Curvelet-SLLE 算法	138
7.4.2 Contourlet-SLLE 算法	139
7.4.3 Shearlet-SLLE 算法	140
参考文献	141

在金属板带的生产过程中,由于原材料、工艺、控制及设备等多方面原因,其表面经常会出现各种类型的缺陷,这些表面缺陷不仅影响产品的外观,而且会不同程度地降低产品的耐磨性、抗疲劳性、抗腐蚀性和电磁特性等性能,也是造成深加工产品出现废品、次品的主要原因。因此,在金属板带生产过程中进行严格的表面检查是保证产品质量、减少废品和质量异议的关键。传统的表面检查采用人工方式,不仅效率低,而且漏检严重,造成大量的质量异议。据统计,国内汽车板、不锈钢等高品质钢板发生的质量异议事件有70%以上都是由表面缺陷造成的。实现金属板带表面缺陷的在线检测是保障产品表面质量的前提,对于企业增强市场竞争力,赢得经济效益具有重要的意义。

目前对金属表面缺陷进行机器检测的常用方法有超声波式、磁感应式、电磁涡流式等,但是这些传统的无损检测方法只适用于常温金属表面检测,并且检测到的缺陷类型有限,对于连铸坯或热轧板带等高温物体,这些传统的无损检测方法并不适用。以连铸坯生产为例,铸坯表面温度高达近1000℃,在这种温度下进行表面检测,既不能使用耦合剂,也不能采用近距离检测的方式,否则,传感器会在高温金属长时间烘烤下改变其特性。此外,高温金属的导磁性大幅度下降,电阻率上升,并且铸坯表面温度受金属化学成分、铸坯断面形状、拉坯速度和冷却条件等多方面因素影响,具有随机性,这些都会对以电磁感应为基础的检测方式产生不良影响。

基于CCD摄像的机器视觉检测方法是一种新型的无损检测方法,具有非接触、响应快、受高温影响小、抗干扰能力强等优点,在表面检测领域得到了广泛应用,目前已成为表面在线检测的主流。与其他无损检测技术相比,CCD器件自身具有的轻便、高精度、宽动态范围和易于配置等优点促进了此技术的推广以及现场应用。到20世纪末,德国、美国、日本等发达国家已经开发了具有实用价值的机器视觉表面在线检测系统,并在轧制生产线上大量使用。国内的研发机构也开发了具有自主知识产权的表面在线检测系统,这些系统应用于连铸、热轧、冷轧、酸洗、涂镀、连退、精整等生产线,可对金属板带表面缺陷进行连续的跟踪和及时反馈,不仅保证产品的出厂质量,而且根据前面工序的检测结果指导后面工序的生产,从而显著降低生产过程的能耗,提高产品的成材率及生产效率,给企业带来巨大的经济效益。

由于目前在线的表面检测系统基本采用基于CCD摄像的机器视觉检测技术,下面对机器视觉技术进行简要的介绍。

1.1 机器视觉技术

美国制造工程师协会(SME, Society of Manufacturing Engineers)机器视觉分会和美国机器人工业协会(RIA, Robotic Industries Association)自动化视觉分会对“机器视觉”的定义为^[1]:“机器视觉是通过光学的装置和非接触的传感器自动地接收和处理一个真实物

体的图像,以获得所需信息或用于控制机器人动作的装置”。

机器视觉分为被动机器视觉和主动机器视觉^[2]。被动机器视觉系统接收场景发射或反射的光能量,从而形成场景的光能量分布函数(即灰度图像),并在此基础上获取场景信息。被动机器视觉包括光度立体,由明暗、纹理、运动等恢复形状,立体成像(双目成像、多目成像)等。主动机器视觉系统首先向场景发射能量,然后接收场景对所发射能量的反射能量,通过能量比较获取场景信息。主动机器视觉包括结构光技术、成像雷达、变焦测量技术、全息干涉技术、莫尔阴影技术、主动三角测量、Fresnel 衍射技术等。

机器视觉是一个发展十分迅速的研究领域,随着 20 世纪 80 年代以来计算机技术和超大规模集成电路的迅猛发展,机器视觉已经成为了当前计算机科学领域中最为重要的组成部分。据估计,全世界机器视觉市场价值超过 50 亿美元。在 1996~2001 年的五年间,该市场规模增长了两倍,近两年更是以两位数的速度继续增长。欧洲市场在 1996~2001 年间税收增长了 17.3%,已安装的系统器件增长了 35.3%。工业图像处理部门的年增长率大约为 20%^[3,4]。

机器视觉系统的优点包括以下几点:

(1) 非接触测量。由于这种测量属于非接触式测量,所以可对不可接触物体和脆弱部件进行精确测量,同时检测器件由于没有磨损使维护费用大大降低。

(2) 检测精度高。由于可以采用具有较宽光谱响应范围的成像器件,能够获取人眼无法获得的非可见光区图像,同时对于高速生产的情况,采用缩短曝光时间、增大光圈、调整光源等手段可以使原来无法实现的高速在线检测得以可靠的运行。

(3) 工作连续性。采用人工目测的方法无法满足现代工业连续化生产的要求,而且容易造成操作人员的疲劳,从而使检测效果大大下降。而设计合理、性能优良的视觉系统可以全天候不间断地进行检测工作。

(4) 成本效率高。随着计算机和成像设备硬件价格的快速下降,机器视觉系统成本效率将越来越高。一套价值 10000 美元的视觉系统可以轻松完成 3 个检测操作工的工作,同时在运行过程中操作和维护费用很低。如果每个检测工人按照每年 2000 美元工资计算,可以明显地发现:机器视觉系统远比人工检测更划算。

机器视觉技术是实现仪器设备精密控制、智能化、自动化的有效途径,称为现代工业生产的“机器眼睛”。经过近 30 年世界各国专业人员和工业企业的共同推动,目前机器视觉已经在很多领域得到了广泛的应用,例如:电子半导体芯片的测量加工,PCB 装配;制药行业的药品生产质量控制、药品形状厚度在线测量、药品生产计数;工业包装过程中的外观完整性检测、条码识别、生产日期及密封性能检测;汽车制造及机械加工行业的零部件外形尺寸检测、装配完整性检测、部件定位识别与安装控制;印刷行业中的印刷质量检测、印刷对位、字符识别;食品饮料生产中的液位高度检测、外观检测;医疗领域的血液分析、细胞分析等。

钢铁工业作为我国国民经济的支柱产业,近年来行业规模和产品发展迅速,生产技术与装备都有了长足的进步。但由于受钢铁工业生产环境恶劣和生产速度快等制约,机器视觉技术在钢铁企业中仅得到了个别的应用。随着我国钢铁工业现代化步伐的加快,从生产控制到质量检测等一系列环节必将需要更加先进的现代科学理论与技术手段来提升整体科技水平,方兴未艾的机器视觉技术必将在其中发挥更加重要的作用。