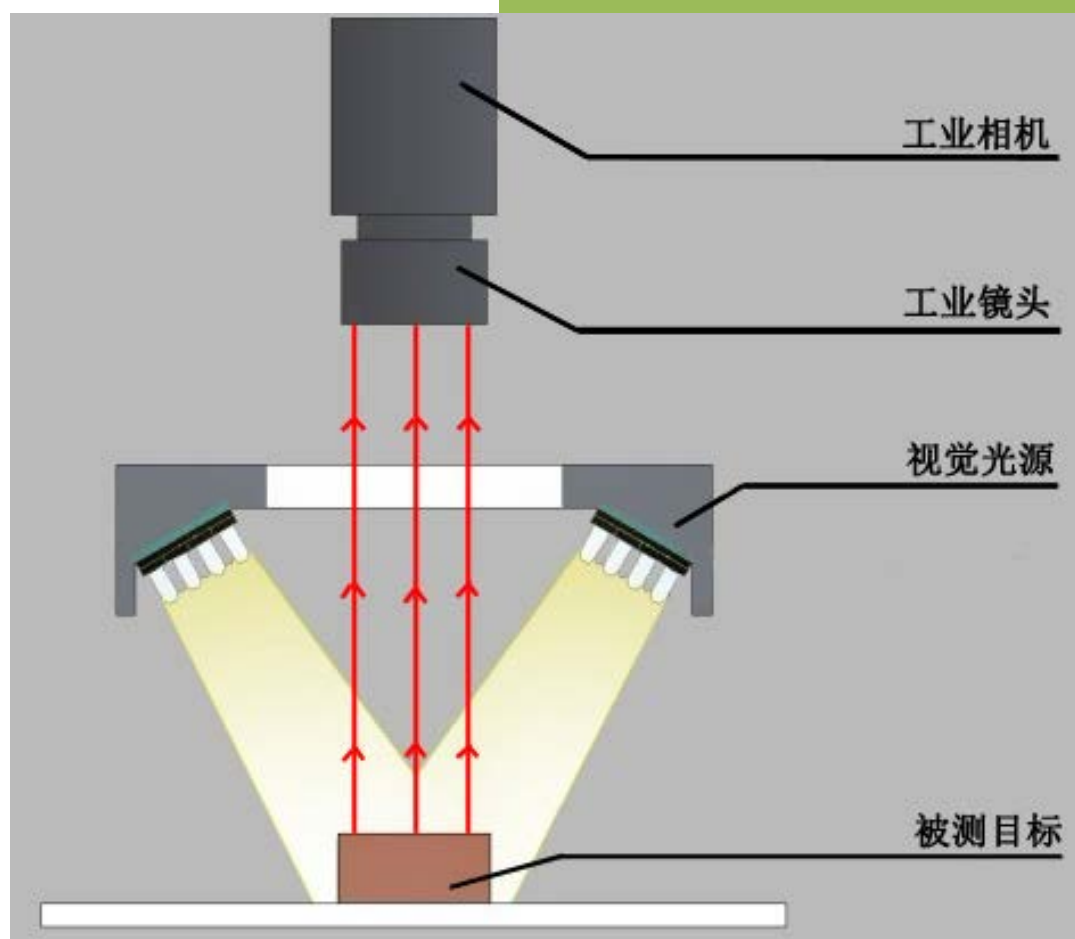


机器视觉实用教程(修订版)



石鑫华

shixinhua.com

目录

版权声明.....	16
读者利益.....	17
感谢	18
前言	19
修订版更新说明.....	19
第一章 机器视觉概述.....	20
1.1 机器视觉的概念.....	20
1.2 机器视觉的优点.....	20
1.2.1 精度高.....	21
1.2.2 连续性.....	21
1.2.3 稳定性.....	21
1.2.4 性价比高.....	21
1.2.5 生产效率高.....	21
1.2.6 灵活性.....	22
1.3 机器视觉的发展史.....	22
1.3.1 机器视觉的发展历程.....	22
1.3.1.1 国外机器视觉发展.....	22
1.3.1.2 国内机器视觉发展的大致历程.....	23
1.3.2 机器视觉产品的发展.....	23
1.3.2.1 嵌入式的应用.....	26
1.3.2.2 基于 PC 的机器视觉的应用.....	27
1.3.3 机器视觉的发展趋势.....	27
1.3.3.1 技术方面的趋势是数字化、实时化、智能化.....	27
1.3.3.2 价格持续下降，市场份额迅速扩大.....	27
1.3.3.3 行业方面发展更加迅速.....	27
1.4 机器视觉领域的主要厂商.....	28
1.4.1 国外厂商.....	28
1.4.2 国内厂商.....	28
1.5 机器视觉系统类型.....	28
1.6 机器视觉系统特点.....	28
1.6.1 精度高.....	28
1.6.2 连续性.....	28
1.6.3 灵活性.....	29
1.6.4 标准性.....	29
1.6.5 成本效率高.....	29
1.7 机器视觉系统构成.....	29
1.8 机器视觉的主要应用范围.....	30
1.8.1 电子与半导体.....	31
1.8.2 制药.....	31
1.8.3 工业包装.....	32
1.8.4 汽车制造.....	33
1.8.5 印刷.....	34

1.8.6 食品饮料.....	35
1.8.7 医学应用.....	35
1.8.8 其他应用.....	36
1.9 机器视觉概述课后习题.....	38
第二章 基础光学.....	41
2.1 为什么学习基础光学.....	41
2.2 常用单位.....	41
2.3 电磁波谱与光.....	41
2.3.1 无线电波.....	43
2.3.2 微波.....	43
2.3.3 红外线.....	43
2.3.4 可见光.....	43
2.3.5 紫外线.....	43
2.3.6 伦琴射线 (X 射线)	44
2.3.7 γ 射线 (伽马射线)	44
2.4 三大光学现象.....	44
2.4.1 反射.....	44
2.4.1.1 什么时反射.....	44
2.4.1.2 反射在机器视觉中的应用.....	45
2.4.2 折射.....	45
2.4.2.1 什么是折射.....	45
2.4.2.2 折射现象.....	46
2.4.2.3 折射在机器视觉中的应用.....	46
2.4.3 衍射.....	47
2.4.3.1 什么是衍射.....	47
2.4.3.1 产生衍射的条件.....	48
2.4.3.2 衍射在机器视觉中的应用.....	48
2.5 三大光学基本定律.....	49
2.5.1 光的直线传播定律.....	49
2.5.2 光的反射定律.....	49
2.5.3 光的折射定律.....	49
2.6 全反射.....	51
2.7 辐射度量.....	51
2.8 光度量.....	52
2.9 照度	54
2.10 像面照度.....	55
2.11 色度	57
2.11.1 三原色.....	57
2.11.1.1 三原色简介.....	58
2.11.1.2 三原色分类.....	59
2.11.1.2.1 按材料分.....	59
2.11.1.2.1.1 色光三原色.....	59
2.11.1.2.1.2 颜料三原色.....	60
2.11.1.2.1.3 彩电三原色.....	60

2.11.1.2.1.4 印刷三原色.....	60
2.11.1.2.2 按色感分.....	60
2.11.1.2.3 按属性分.....	61
2.11.1.2.3.1 色相.....	61
2.11.1.2.3.2 明度.....	61
2.11.1.2.3.3 纯度.....	62
2.11.1.3 三原色的计算.....	62
2.11.1.4 色度图及色品图.....	64
2.11.2 CIE 标准色度系统.....	65
2.11.2.1 CIE1931 色彩空间概述.....	65
2.11.2.2 三色刺激值.....	65
2.11.2.3 CIE xy 色度图.....	66
2.11.2.4 CIE XYZ 色彩空间定义.....	68
2.11.2.4.1 实验结果—CIE RGB 色彩空间.....	68
2.11.2.4.2 Grassmann 定律.....	70
2.11.2.4.3 从 Wright-Guild 数据构造 CIE XYZ 色彩空间.....	70
2.11.2.5 CIE 色彩坐标计算.....	72
2.11.2.5.1 CIE1931 标准色度系统.....	73
2.11.2.5.2 CIE1964 标准色度系统.....	73
2.12 均匀颜色空间.....	75
2.12.1 均匀明度尺.....	75
2.12.2 均匀色品尺.....	75
2.12.3 均匀颜色坐标的允许误差.....	76
2.13 CIE 均匀色度空间.....	76
2.13.1 CIE 1964 LUV 色度空间公式.....	76
2.13.2 1976 年 CIE 的 LUV 色度空间.....	76
2.13.3 CIE 1976 Lab 色度空间.....	78
2.14 孟塞尔表色系统.....	80
2.15 基础光学课后习题.....	82
第三章 专业名词中英文对照与解释.....	85
3.1 镜头专业名词.....	85
3.2 相机专业名词.....	88
3.2.1 面阵相机专业名词一.....	88
3.2.2 面阵相机专业名词二.....	90
3.3.3 线阵相机(Line Scan).....	91
3.3 总线采集卡专业名词.....	94
3.4 光源专业名词.....	95
3.5 光源控制器专业名词.....	100
3.6 软件专业名词.....	101
3.7 专业名词课后习题.....	106
第四章 机器视觉光源.....	108
4.1 机器视觉光源概述.....	108
4.2 为什么要使用机器视觉光源.....	108
4.2.1 目的.....	108

4.2.2 重要性.....	108
4.3 机器视觉光源种类.....	109
4.3.1 高频荧光灯.....	110
4.3.2 光纤卤素灯.....	111
4.3.3 氙气灯.....	111
4.3.4 LED 光源.....	112
4.3.5 光源参数比较.....	113
4.4 LED 光源的优势.....	114
4.5 LED 光源的种类及照射原理.....	115
4.5.1 环形光源.....	115
4.5.2 条形光源.....	118
4.5.3 高亮条形光源.....	120
4.5.4 条形组合光源/四面可调光源.....	121
4.5.5 同轴光源.....	123
4.5.6 高清同轴光源.....	125
4.5.7 转角同轴光源.....	127
4.5.8 高亮同轴光源.....	128
4.5.9 同轴平行光源.....	130
4.5.10 平面同轴光源.....	132
4.5.11 标准底部面光源（背光源）.....	134
4.5.12 平行底部面光源.....	136
4.5.13 开孔底部面光源.....	138
4.5.14 标准侧部面光源.....	140
4.5.15 平行侧部面光源.....	142
4.5.16 开孔侧部面光源.....	144
4.5.17 圆顶无影光源/球积分光源.....	146
4.5.18 环形无影光源.....	148
4.5.18 平面无影光源.....	150
4.5.20 圆形无影光源.....	153
4.5.21 方形无影光源.....	154
4.5.22 四面无影光源.....	156
4.5.23 点光源.....	158
4.5.24 标准线光源.....	160
4.5.25 同轴线光源.....	163
4.5.26 隧道线光源.....	164
4.5.27 多角度线光源.....	166
4.5.28 拱形光源.....	167
4.5.29 灯箱光源.....	169
4.5.30 AOI 光源.....	170
4.5.31 偏光光源.....	172
4.5.32 结构光源.....	174
4.5.33 针脚光源/缝隙光源.....	177
4.5.34 聚光光源.....	178
4.5.35 分时线扫光源.....	179

4.5.36 多路时序光源/多光谱光源.....	181
4.5.37 远心平行光源.....	183
4.5.38 非标光源.....	184
4.6 LED 光源的颜色.....	184
4.7 LED 光源的光谱.....	185
4.8 光源对成像的影响.....	186
4.9 照明光源的照射方式.....	188
4.9.1 直射光.....	188
4.9.2 漫射光（扩散光）.....	188
4.9.3 偏光光.....	189
4.9.4 平行光.....	190
4.10 照明技术.....	190
4.10.1 反射照明.....	190
4.10.2 明视野与暗视野照明.....	191
4.10.3 折射照明.....	193
4.10.4 透射照明.....	194
4.10.5 颜色和补色.....	196
4.11 打光方法.....	202
4.11.1 单向照明.....	202
4.11.2 掠射.....	204
4.11.3 漫射.....	206
4.11.4 环形照射、四面照射.....	209
4.11.5 同轴（平行）光照射.....	209
4.11.6 背光照射.....	211
4.11.7 组合光照射.....	213
4.11.8 颜色的选择.....	214
4.11.9 选择背景.....	215
4.12 光源配件的使用.....	216
4.12.1 偏光器(Polarizer).....	216
4.12.2 滤光片(Filter).....	218
4.12.3 光线控制膜(Light control film).....	218
4.13 光源控制器的选择（电源）.....	221
4.13.1 LED 的伏安特性.....	221
4.13.2 常亮、可控、频闪.....	223
4.14 选择合理的光源.....	223
4.14.1 被测物体的特征.....	223
4.14.2 工作距离.....	224
4.14.3 视场大小.....	224
4.14.4 安装方式.....	224
4.14.5 光源颜色.....	224
4.15 机器视觉光源细节.....	224
4.15.1 无影光源与有影光源.....	224
4.15.2 光源角度.....	226
4.15.3 高角度、低角度、零度.....	227

4.15.4 面光源.....	228
4.15.5 光源亮斑.....	228
4.15.6 漫射板对照明的影响.....	233
4.15.7 同轴（平行）光.....	235
4.16 光源课后习题.....	236
第五章 光源控制器.....	238
5.1 光源控制器概述.....	238
5.2 为什么要使用光源控制器.....	238
5.3 光源控制器的种类.....	239
5.3.1 按照控制方式分类.....	239
5.3.1.1 模拟控制器.....	239
5.3.1.2 数字控制器.....	240
5.3.2 按照驱动方式分类.....	243
5.3.2.1 恒压控制器.....	243
5.3.2.2 恒流控制器.....	243
5.3.3 按照调光方式分类.....	244
5.3.3.1 可变电压控制器.....	249
5.3.3.2 可变电流控制器.....	251
5.3.3.3 分级 PWM 控制器.....	252
5.3.3.4 脉宽调节控制器.....	254
5.3.4 按照功能系列分类.....	255
5.3.4.1 迷你模拟控制器.....	255
5.3.4.2 标准模拟控制器.....	256
5.3.4.3 迷你数字控制器.....	257
5.3.4.4 标准数字控制器.....	258
5.3.4.5 频闪控制器.....	259
5.3.4.6 爆闪控制器.....	260
5.3.4.7 点光控制器.....	261
5.3.4.8 标准恒流控制器.....	263
5.3.4.9 大功率恒流控制器.....	263
5.3.4.10 可编程恒流控制器.....	264
5.3.4.11 分时线扫光源控制器.....	265
5.3.4.12 多路时序光源控制器.....	265
5.3.4.13 PCI-E 光源控制卡.....	266
5.3.4.14 POE 光源控制模块.....	266
5.4 光源控制器与机器视觉光源的匹配.....	267
第六章 工业镜头.....	267
6.1 什么是光学镜头.....	267
6.2 镜头的分类.....	268
6.2.1 球面镜.....	268
6.2.1.1 定义.....	268
6.2.1.2 种类.....	269
6.2.1.3 凸透镜成像.....	269
6.2.1.4 凹透镜成像.....	270

6.2.1.5 球面镜与非球面镜的成像对比.....	273
6.2.2 非球面镜.....	274
6.2.2.1 什么是非球面镜.....	274
6.2.2.2 非球面镜片设计的目的.....	275
6.2.2.3 非球面镜片设计的优点.....	276
6.2.2.4 非球面镜的应用.....	276
6.2.3 针孔镜头.....	276
6.2.4 鱼眼镜头.....	277
6.2.5 固定光圈定焦镜头.....	278
6.2.6 手动光圈定焦镜头.....	279
6.2.7 自动光圈定焦镜头.....	279
6.2.8 手动光圈变焦镜头.....	280
6.2.9 自动光圈电动变焦镜头.....	281
6.2.10 电动三可变镜头.....	282
6.2.11 长焦镜头.....	282
6.2.12 标准镜头.....	283
6.2.13 焦距转换率.....	284
6.2.14 微距镜头(Marco Lens).....	285
6.2.15 广角镜头.....	286
6.2.16 折射式望远镜头.....	287
6.2.17 反射式望远镜头.....	287
6.2.18 C型镜头.....	288
6.2.19 CS型镜头.....	288
6.2.20 2/3"镜头.....	289
6.2.21 1/2"镜头.....	289
6.3 镜头的机械参数.....	290
6.4 光学参数.....	291
6.4.1 焦距.....	291
6.4.2 相对孔径.....	292
6.4.3 光圈.....	292
6.4.4 视场角.....	294
6.4.5 放大倍率.....	295
6.4.6 景深.....	296
6.4.7 工作距离.....	297
6.4.8 法兰焦距.....	298
6.4.9 广角.....	298
6.4.10 长焦.....	298
6.4.11 自动对焦.....	299
6.4.12 定焦.....	299
6.4.13 光学变焦.....	299
6.4.14 镜片组.....	299
6.4.15 对焦.....	300
6.4.16 镜头材质.....	301
6.4.17 屈光度.....	301

6.4.18 潜望镜式镜头.....	301
6.4.19 分辨率.....	302
6.4.20 镀膜.....	309
6.5 光学基础-透镜成像	311
6.5.1 凸透镜成像.....	311
6.5.2 凹透镜成像.....	312
6.6 像差	315
6.6.1 球差.....	316
6.6.2 彗差.....	317
6.6.3 像散.....	319
6.6.4 场曲.....	320
6.6.5 畸变.....	321
6.6.6 色差.....	323
6.7 工业镜头的常见种类.....	324
6.7.1 CCTV 镜头	324
6.7.2 远心镜头.....	324
6.7.3 显微镜头.....	328
6.7.4 线阵镜头.....	330
6.7.5 变焦镜头.....	331
6.8 镜头选型.....	332
6.8.1 选择因素.....	332
6.8.2 镜头焦距的计算.....	333
6.8.3 镜头各参数间的相互影响关系.....	333
6.8.3.1 焦距大小的影响情况.....	334
6.8.3.2 光圈大小的影响情况.....	334
6.8.3.3 像场中央与边缘.....	334
6.8.3.4 光波长度的影响.....	334
6.9 镜头细节研究与验证.....	334
6.9.1 光圈对成像质量的影响.....	334
6.9.2 不同光圈不同景深验证.....	338
6.9.3 不同光圈对图像亮度的影响.....	344
6.9.4 相同工作距离不同焦距镜头对视野的影响.....	345
6.9.5 镜头中间与边缘的分辨率验证.....	345
6.9.6 镜头焦距对畸变的影响.....	348
6.9.7 不同品牌相同焦距镜头成像对比.....	350
6.10 镜头课后习题.....	377
第七章 工业相机.....	380
7.1 相机概述.....	380
7.2 相机成像流程.....	381
7.3 CCD 的工作原理.....	381
7.4 CMOS 的工作原理.....	382
7.5 CCD 与 CMOS 的区别.....	383
7.6 黑白相机成像原理.....	387
7.7 彩色相机成像原理-3CCD.....	387

7.7.1 分色棱镜.....	389
7.8 彩色相机成像原理-拜尔模式	390
7.8.1 色彩插值.....	391
7.9 工业相机的分类.....	393
7.9.1 模拟相机.....	393
7.9.2 数字相机.....	394
7.9.3 彩色相机.....	395
7.9.4 黑白相机.....	395
7.9.5 面阵相机.....	396
7.9.6 线阵相机.....	396
7.9.7 CCD 相机.....	398
7.9.8 CMOS 相机.....	402
7.9.9 USB2.0 相机.....	402
7.9.10 USB3.0 相机.....	402
7.9.11 1394A 相机.....	403
7.9.12 1394B 相机.....	404
7.9.13 GigE/5GigE/10GigE 相机.....	404
7.9.14 Camera Link 相机.....	405
7.9.15 直接显示工业相机.....	406
7.9.16 智能相机.....	407
7.9.17 雷电接口相机、CXP 相机.....	408
7.10 各种相机接口比较.....	411
7.11 工业相机与民用相机的比较.....	413
7.12 工业相机的参数.....	414
7.12.1 分辨率.....	417
7.12.2 像元尺寸.....	418
7.12.3 传感器尺寸.....	418
7.12.4 传感器类型.....	420
7.12.5 卷帘快门.....	420
7.12.6 全局快门.....	423
7.12.7 逐行扫描.....	424
7.12.8 隔行扫描.....	425
7.12.9 采集速度.....	426
7.12.10 输出颜色.....	427
7.12.11 数据位数.....	427
7.12.12 信噪比.....	427
7.12.13 动态范围.....	428
7.12.14 灵敏度.....	429
7.12.15 光谱响应.....	429
7.12.16 同步方式.....	430
7.12.17 数据输出接口.....	432
7.12.18 可编程控制.....	432
7.12.19 镜头接口.....	432
7.13 工业相机的选择.....	432

7.13.1 分辨率.....	432
7.13.2 颜色.....	433
7.13.3 传感器类型.....	433
7.13.4 传感器尺寸.....	433
7.13.5 相机镜头接口.....	433
7.13.6 相机输出接口.....	434
7.13.7 视觉平台.....	434
7.14 工业相机细节探讨.....	434
7.14.1 相机分类.....	434
7.14.2 相机数据输出接口.....	434
7.14.3 相机的分辨率.....	438
7.14.4 采集速度.....	440
7.14.5 相机的图像传感器.....	441
7.14.6 相机快门分类.....	441
7.14.7 卷帘式快门影响-运动与静止物体成像对比.....	441
7.14.8 全局快门影响-运动与静止物体成像对比.....	442
7.14.9 快门速度对图像质量的影响.....	442
7.14.10 快门速度对亮度的影响.....	444
7.14.11 相机驱动.....	444
7.14.12 相机属性参数.....	449
7.14.13 不同增益时的比较验证.....	451
7.14.14 视频模式.....	451
7.14.15 不同视频模式时的图像对比.....	452
7.14.16 彩色相机.....	454
7.14.17 触发模式.....	455
7.15 相机课后习题.....	456
第八章 总线与采集卡.....	459
8.1 总线.....	459
8.2 总线按功能和规范分类.....	459
8.2.1 片总线(Chip Bus, C-Bus).....	459
8.2.2 内总线(Internal Bus, I-Bus).....	460
8.2.3 外总线(External Bus, E-Bus).....	460
8.3 机器视觉涉及的总线接口(外总线).....	460
8.4 PCI.....	460
8.4.1 PCI 介绍.....	460
8.4.2 PCI 的主要应用.....	462
8.5 PCI-E.....	463
8.5.1 PCI-E 介绍.....	463
8.5.2 PCI-E 主要应用.....	465
8.6 PXI/PXI-E.....	465
8.7 USB.....	466
8.7.1 USB 介绍.....	466
8.7.2 USB 的主要应用.....	468
8.8 1394 火线.....	468

8.8.1 1394 介绍.....	468
8.8.2 1394 主要应用.....	469
8.9 GigE 千兆以太网/10GigE 万兆以太网.....	469
8.9.1 GIGE 介绍.....	469
8.9.2 GIGE 主要应用.....	470
8.10 Camera Link.....	470
8.10.1 Camera Link 介绍.....	470
8.10.2 Camera Link 主要应用.....	472
8.11 ThunderBolt 雷电接口.....	472
8.11.1 ThunderBolt 雷电接口介绍.....	472
8.11.2 ThunderBolt 雷电接口的应用.....	473
8.12 CoaXPress.....	473
8.12.1 CoaXPress 介绍.....	473
8.12.2 为什么选择 CoaXPress.....	474
8.12.3 CoaXPress 接口特点.....	474
8.12.4 相关接口技术比较.....	474
8.13 CAN 控制器局域网络.....	475
8.13.1 CAN 介绍.....	475
8.13.2 CAN 主要应用.....	476
8.14 RS232 串口.....	477
8.14.1 RS232 介绍.....	477
8.14.2 串口的主要应用.....	478
8.15 Parallel 并口.....	478
8.15.1 并口介绍.....	478
8.15.2 并口的主要应用.....	479
8.16 IIC (I ² C).....	479
8.16.1 IIC 介绍.....	479
8.16.2 IIC 总线特征.....	479
8.16.3 IIC 主要应用.....	480
8.17 图像采集卡/图像接口卡.....	480
8.18 图像采集卡分类.....	480
8.19 常见的图像采集卡.....	480
8.20 接口转换器.....	481
8.21 运动控制卡.....	481
8.22 I/O 卡.....	482
8.23 总线与采集卡课后习题.....	482
第九章 常用软件使用与图像处理.....	485
9.1 NI MAX 基本使用.....	485
9.2 NI Vision Assistant 视觉助手基本使用.....	486
9.3 NI 视觉助手图像处理函数.....	488
9.4 NI 视觉助手彩色处理函数.....	489
9.5 NI 视觉助手灰度处理函数.....	490
9.6 NI 视觉助手二值处理函数.....	491
9.7 NI 视觉助手机器视觉处理函数.....	492

9.8 NI 视觉助手识别处理函数	493
9.9 NI 视觉助手常用工具说明	494
9.10 Vison Builder for AI(VBAI)基本使用方法.....	495
9.11 VBAI 获取图像.....	496
9.12 VBAI 增强图像.....	498
9.13 VBAI 寻找特征.....	499
9.14 VBAI 测量特征.....	500
9.15 VBAI 识别零件.....	501
9.16 大恒相机自带 DEMO 使用 (HV/SV 等旧系列相机)	502
9.17 映美精相机 IC Capture 使用.....	505
9.18 SENTECH 相机 DEMO 使用	506
9.19 AVT 相机安装驱动、更换驱动、使用不同软件采集图像.....	507
9.20 图像处理细节探讨.....	520
9.20.1 图像处理的根本需求.....	520
9.20.2 理论上最好的对比度图.....	521
9.20.3 实际上的对比度.....	521
9.20.4 对比度的定义.....	522
9.20.5 理论上的对比度值.....	523
9.20.6 实际上的对比度值.....	523
9.20.7 滤波.....	523
9.20.8 Contrast 对比度、反差	524
9.20.9 查找表(Lookup Table).....	525
9.20.10 二值化.....	525
9.20.11 膨胀与腐蚀.....	526
9.20.12 常规参数用法.....	527
9.20.13 标定校准(calibration)	528
9.20.14 彩色图像.....	529
9.20.15 颜色平面的抽取.....	531
9.20.16 图像缓存.....	532
9.20.17 多种算法之间的取舍.....	532
9.20.18 多线程图像处理.....	533
9.21 大恒相机 MER 系列演示程序使用	533
9.22 常用软件使用与图像处理课后习题.....	542
第十章 机器视觉配件.....	543
10.1 滤光片 Filter	543
10.1.1 滤光片分类.....	543
10.1.2 滤光片原理.....	547
10.1.3 滤光片作用.....	547
10.1.4 特点.....	547
10.1.5 波长.....	547
10.2 偏振片.....	548
10.2.1 光的偏振.....	548
10.2.1.1 线偏振光.....	548
10.2.1.2 部分偏振光.....	549

10.2.1.3 椭圆偏振光.....	549
10.2.1.4 圆偏振光.....	549
10.2 偏振现象的发现.....	550
10.2.3 光的偏振度.....	550
10.2.4 产生偏振光的方法.....	550
10.2.5 偏振光的应用.....	550
10.2.5.1 在摄影镜头前加上偏振镜消除反光.....	550
10.2.5.2 摄影时控制天空亮度使蓝天变暗.....	550
10.2.5.3 使用偏振镜看立体电影.....	551
10.2.5.4 生物的生理机能与偏振光.....	551
10.2.5.5 汽车使用偏振片防止夜晚对面车灯晃眼.....	551
10.2.5.6 偏振片概述.....	551
10.2.5.7 偏光片分类.....	553
10.2.5.8 偏光片的组成.....	553
10.2.5.9 偏光镜效果.....	554
10.3 棱镜与分光片.....	555
10.3.1 棱镜概述.....	555
10.3.2 分光片概述.....	555
10.3.3 分光片在机器视觉中的应用.....	557
10.4 光学模组.....	559
10.4.1 光学模组原理图.....	560
10.4.2 光学模组的组成.....	560
10.4.3 应用实例.....	561
10.5 漫射板.....	563
10.5.1 漫射板概述.....	563
10.5.2 漫射板的应用.....	563
10.6 延长线/数据线/IO 线/电源线.....	564
10.7 延长管.....	564
10.8 实验架与实验平台.....	566
10.9 标定板.....	566
10.9.1 标定的含义.....	566
10.9.2 标定的主要作用.....	567
10.9.3 什么是标定板(Calibration Target).....	567
10.9.4 常见标定板种类.....	567
10.9.5 相机标定原理参考.....	568
10.9.6 机器视觉中的标定.....	568
10.10 近摄镜与扩倍镜.....	569
第十一章 机器视觉案例.....	571
11.1 机器视觉在药用玻璃瓶检测中的应用.....	571
11.1.1 概述.....	571
11.1.2 优点.....	572
11.1.3 主要功能需求.....	572
11.1.4 主要检测指标.....	572
11.1.5 检测系统需求分析.....	572

11.1.6	检查系统示意.....	573
11.1.7	检测系统主要模块.....	574
11.1.7.1	图像采集模块.....	574
11.1.7.2	标准模板训练模块.....	574
11.1.7.3	产品检测模块.....	575
11.1.7.4	错误分类模块.....	575
11.1.7.5	显示模块.....	575
11.1.8	可检查的缺陷.....	576
11.1.9	系统特点.....	576
11.2	机器视觉在印刷包装行业中的应用.....	577
11.2.1	概述.....	577
11.2.2	人工检测存在的问题.....	577
11.2.3	印刷包装行业的机器视觉应用现状.....	578
11.2.4	在线检测和离线检测.....	578
11.2.5	离线检测系统：小幅尺寸检查机.....	578
11.2.5.1	工作原理.....	578
11.2.5.2	适用产品.....	579
11.2.5.3	系统特点.....	579
11.2.6	离线检测系统：大幅尺寸检查机.....	580
11.2.6.1	工作原理.....	580
11.2.6.2	适用产品.....	580
11.2.6.3	系统特点.....	581
11.2.7	离线检测系统：复卷检查机.....	581
11.2.7.1	工作原理.....	581
11.2.7.2	适用产品.....	581
11.2.7.3	系统特点.....	582
11.2.7.4	检查机可检测的缺陷.....	582
11.2.8	在线检测系统.....	584
11.2.8.1	概述.....	584
11.2.8.2	在线检查系统原理图.....	585
11.2.8.3	适用材料.....	585
11.2.8.4	可检缺陷.....	586
11.3	机器视觉在智能交通领域中的应用.....	586
11.3.1	概述.....	586
11.3.2	主要组成部分.....	587
11.3.3	采集模式.....	588
11.3.3.1	连续采集模式.....	588
11.3.3.2	触发采集模式.....	588
11.3.4	原理示意图图.....	588
11.4	金属轴尺寸检测.....	589
11.4.1	检测内容.....	589
11.4.2	检测要求.....	590
11.4.3	系统硬件.....	590
11.4.4	安装条件.....	590

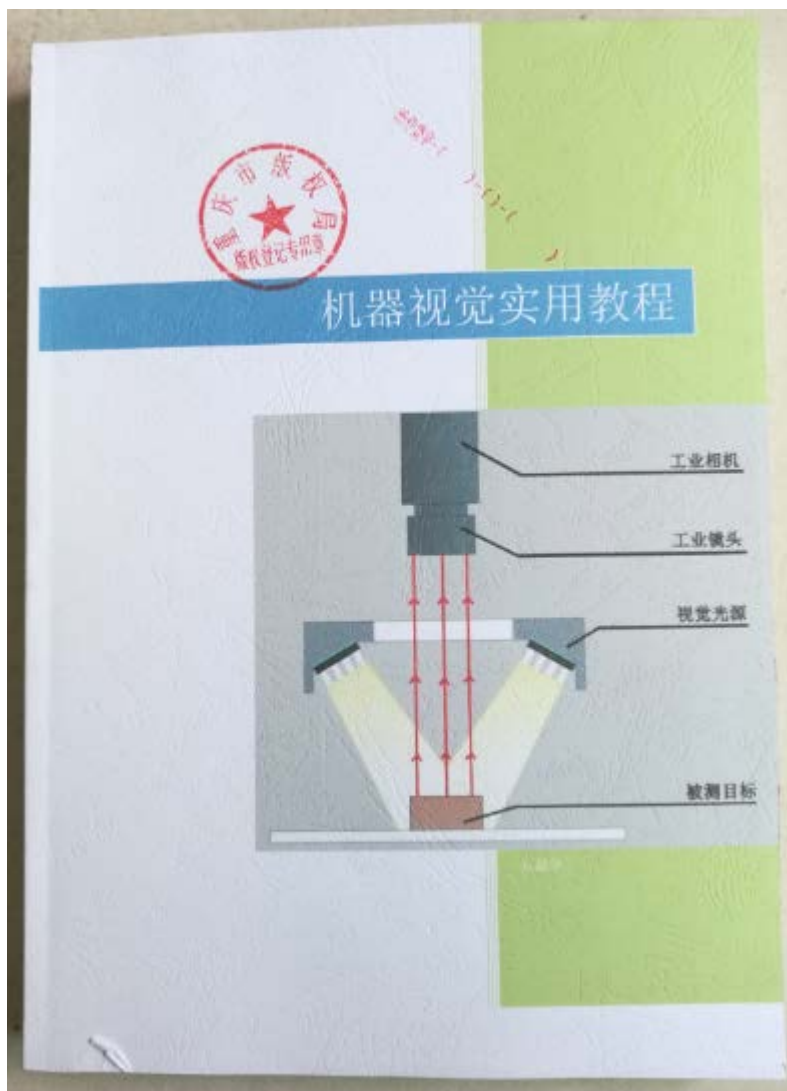
11.4.5 机构设计目标.....	592
11.4.6 检测结果示意.....	593
11.4.7 样机展示.....	593
11.5 机器视觉应用领域.....	594
第十二章 附录 课后习题答案.....	595
12.1 机器视觉概述考卷.....	595
12.2 机器视觉基础光学考卷.....	598
12.3 机器视觉专业名词考卷.....	600
12.4 机器视觉光源考卷.....	601
12.5 机器视觉镜头考卷.....	602
12.6 机器视觉相机考卷.....	604
12.7 机器视觉总线采集卡考卷.....	606

版权声明

尊敬的读者，当您看到本页时，表示您已经获得了《机器视觉实用教程》的相关版本（电子书等形式）。无论您从何渠道获得本书，您仅拥有阅读权，本教程著作权归石鑫华所有，未经石鑫华同意，您无权将本教程用于**编辑、出版、印刷、转售、复印、扫描、网络传播**等。为了维护作者的权益，分发给您的复本可能是加密的 PDF 文档，无法用于打印、复制、编辑等，其中的图片也有可能包含水印等情况，敬请谅解！请尊重作者的劳动成果，买这本书的钱，对于做视觉的您来说，真应该是小意思。当然，对于作者来说，全国需要这类书籍的人也屈指可数，多卖一本少卖一本也发不了财。因此，如果您对本书有兴趣，请不要再跟作者讨价还价。您买的不是二十斤肉，您买的是一份可以有更高回报的经验分享，一本机器视觉领域的“葵花宝典”。



机器视觉实用教程作品登记证书



机器视觉实用教程作品登记样本
《机器视觉实用教程》已经申请著作权保护，盗版必究！

读者利益

亲爱的读者同志，当您通过正规渠道获得《机器视觉实用教程》的复本时，表示您遵守了相关的法律法规。同时也表示了您对知识产权的承认以及对原作者的尊重。

您通过石鑫华视觉网（<http://shixinhua.com>）可以了解到，作者在机器视觉行业有较丰富的应用经验，对于初学者或者是对机器视觉了解不深的工程师，或者可以提供一些必要的帮助，让您可以少走许多弯路，更快的掌握知识，更高效的完成你的机器视觉案例。可在机器视觉论坛 <http://labviewvision.com> 中注册账号，以获取更多机器视觉与图像处理的知识。

感谢

首先，感谢您支持作者。您是上帝，您的支持就是作者前进的动力。因此要特别感谢。

其次，感谢 MV。没有 MV，我们大家也不会走进机器视觉这个圈子。因此我们大家都要感谢 MV。

第三，感谢改革开放，没有改革开放，现在大家可能还活在集体化时期，基本就不可能接触到机器视觉这样的高科技人才。

第四，要感谢所有应用机器视觉的人，没有他们，所有机器视觉产品都将卖不出去，所有机器视觉从业者都将失业。因此要感谢我们大家的客户。

第五，感谢网络，本教程许多的知识都源于网络，没有网络，作者要想掌握这么多的知识，也是非常不容易的事情。因为许多知识源于网络，所以有可能某些文字与图片可能与原创作者有版权上的冲突。如果有这样的情况发生，请提供证据，作者会撤消或更换相关的文字、图片等内容，以避免版权纠纷。

前言

本教程是一本机器视觉领域的“葵花宝典”。练成了本宝典，无论是销售人员，还是技术支持人员，都将所向无敌。因为您在工作中可能会接触到的知识，在本宝典中几乎都有涉猎。《机器视觉实用教程》是作者从事机器视觉领域多年工作经验的累积。作者先后就职过国内多家机器视觉公司，自己也成立过多家公司，培训了许多的销售人员、技术人员，因此许多机器视觉公司所使用的培训资料，或多或少都有本教程的影子在其中。

《机器视觉实用教程》非常适合于机器视觉销售人员以及技术支持人员，系统集成、研发人员也可以参考本教程的部分内容。本书没有深刻的理论，不用大家去推导为什么 $1+1=2$ 。本书只是告诉大家，在机器视觉行业中，客户可能会做什么样的视觉检测项目，需要什么样的硬件；销售与技术人员该如何去解决这些机器视觉检查项目，以及解决客户实际应用中遇到的许多问题的理论依据。

本书一共介绍了十章内容，分别为机器视觉概述、基础光学、专业名词中英文对照与解释、机器视觉光源、工业镜头、工业相机、总线与采集卡、常用软件使用与图像处理、机器视觉配件、机器视觉案例等。这些章节内容，都是机器视觉应用中，切实相关的基本知识，掌握了这些知识，您可以成为一名出色的技术支持人员，掌握了这些知识，对于您的销售事业，也会起到事半功倍的效果。

这么好的一本宝典，您还在等什么呢？赶紧顶一下呗！

修订版更新说明

《机器视觉实用教程》第一版创作于 2013 年，距 2023 已经过了 10 年了。在这 10 年里，软件有所发展，硬件也有所发展。有些领域的发展是突飞猛进的，而有些领域的发展，则是步履维艰的。因此教程中，有些内容可能已经过时，而有些前沿的内容，则未做相关说明。为修改那些过时的、增加那些主流前沿的，更能适应当前的机器视觉行业，做此修订版《机器视觉实用教程（修订版）》。

修订版中，增加了一章“光源控制器”。以前的光源控制器类型比较简单，就没有做太多的介绍。现在的光源控制器类型也比较多，选型时也需要注意一二。所以这里增加了一章新的内容。

第一章 机器视觉概述

1.1 机器视觉的概念

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）的自动化视觉分会对机器视觉下的定义为：“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运动的装置”。

在现代工业自动化生产中，涉及到各种各样的检验、生产监视及零件识别应用，例如零配件批量加工的尺寸检查，自动装配的完整性检查，电子装配线的元件自动定位，IC 上的字符识别等。通常人眼无法连续、稳定地完成这些带有高度重复性和智能性的工作，其它物理量传感器也难有用武之地。由此人们开始考虑利用光电成像系统采集被控目标的图像，而后经计算机或专用的图像处理模块进行数字化处理，根据图像的像素分布、亮度和颜色等信息，来进行尺寸、形状、颜色等的判别。这样，就把计算机的快速性、可重复性，与人眼视觉的高度智能化和抽象能力相结合，由此产生了机器视觉的概念。

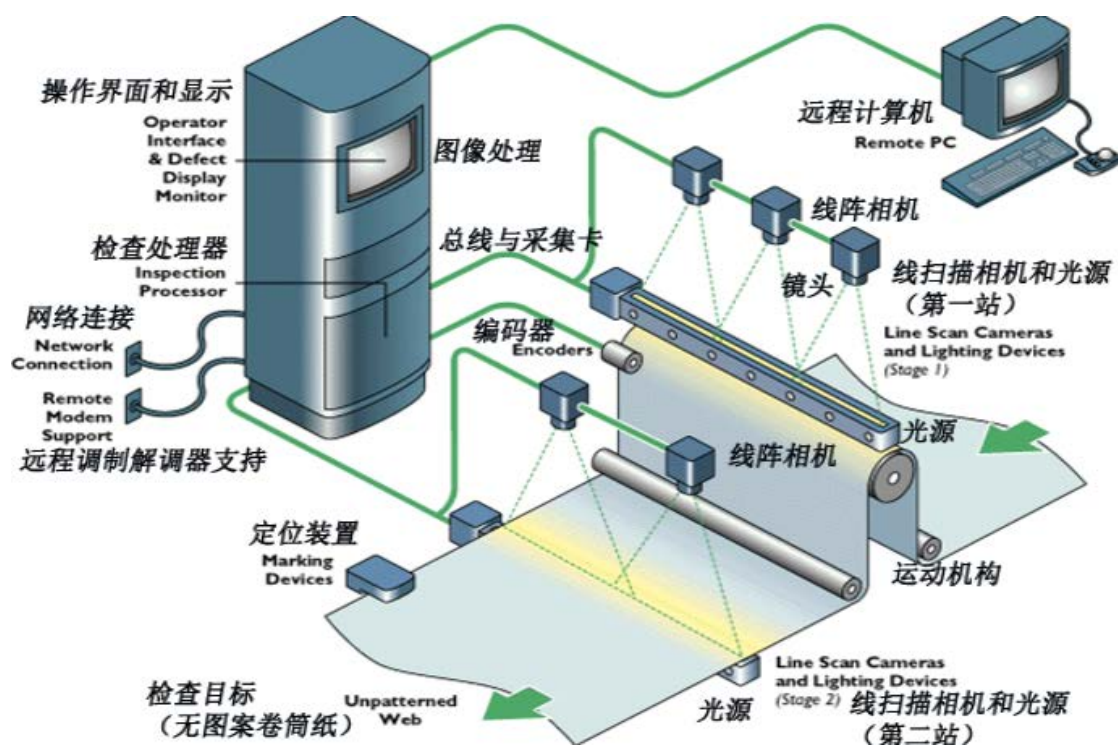


图 1 工业线扫描相机机器视觉系统

一个成功的机器视觉系统是一个经过细致工程处理来满足一系列明确要求的系统。当这些要求完全确定后，这个系统就设计并建立来满足这些精确的要求。

1.2 机器视觉的优点

机器视觉的优点包括以下几点。

1.2.1 精度高

作为一个精确的测量仪器，设计优秀的视觉系统能够对一千个或更多部件中的一个进行空间测量。因为此种测量不需要接触（一般称为非接触式测量），所以对脆弱部件没有磨损和危险。随着数字相机的发展，相机的像素分辨率越来越高，因此系统可以达到非常高的测量精度，如有些应用可以将精度做到纳米级，当然这种精度，是在视野非常小，相机分辨率非常高的前提下实现的。

1.2.2 连续性

视觉系统可以使人们免受疲劳之苦。因为没有人工操作者，机器不需要休息，因此其可以 7×24 连续工作。

1.2.3 稳定性

正是机器视觉测量是无人操作，因此也就没有人为的误判在里面，所有被测产品不会造成漏检或误检。机器测量时，当给定了测量标准后，OK 的产品是 OK 的，NG 的产品是 NG 的。当然，中间会有一些临界值，可能会因为测量的影响，会有一些的变化，但这种问题，是所有测试测量中都会有可能。在生产中，可以将规格设置略微严格一些，至少保证所有 OK 产品都是 OK 的，而 NG 的可以通过多次检测或人工干预进行判断其是否 OK，也可以设置一些区间，能保证 OK 的则一定是 OK，然后中间有一个风险区，然后 NG 的则一定是 NG。

1.2.4 性价比高

随着计算机处理器价格的急剧下降，机器视觉系统性价比也变得越来越高。例如一个价值 10 万块的机器视觉尺寸测量设备可以轻松取代 10 个人工检测者，而每个检测者每年需要好几万元的工资。而随着中国的人口红利消失，用人成本逐年上升，机器设备的价值将会得到更多的体现。另外，视觉系统的操作和维持费用也非常低。

这些年来，机器视觉系统的各种零配件价格也变得越来越便宜，工业相机已经有很多百元级的产品了；而机器视觉光源、工业镜头等，都已经进入十元级序列了。同样的一台设备，以前需要 20 万，现在不要说 5 万、8 万，少个三五万还是很正常的情况。而随着经济发展，房价上涨，人工成本则一直在增加。2023 年的生产线员工平均工资，相对于 2013 年时，不要说翻倍，上涨 50% 是肯定的有的了。所以说，现在那些生产加工厂，要么将工厂转移到用人成本更低的东南亚，要么就是切换成自动化生产、检测设备，来替代人工，从而节约成本。这里面比较典型的的就是汽车生产厂，现在一些先进的汽车产线，几乎看不到工人在操作间。

1.2.5 生产效率高

机器视觉设备可以做到每秒钟检测几十片产品。而这样的速度，根本不是人可以完成的。例如一台编带机检查，每分钟可以检查一千多个元件的方向是否正确，一小时将会有 6 万多产品被检查，这要是让人在一小时检查这 6 万多产品，可能需要几十或几百人。

机器视觉系统有更好的指令服从性,不会像操作者一样心情不好时胡乱干活或者请假不干活。这对于现代社会的高效生产来讲,是非常重要的。

1.2.6 灵活性

机器视觉系统能够进行各种不同的测量。当测量目标变化以后,只需软件做相应变化或者升级以适应新的需求即可。

许多应用满意过程控制(SPC)的公司正在考虑应用机器视觉系统来传递持续的、协调的和精确的测量 SPC 命令。在 SPC 中,制造参数是被持续监控的。整个过程的控制就是要保证这些参数在一定的范围内。这使制造者在生产过程失去控制或出现坏部件时能够调节过程参数。

机器视觉系统比光学或机器传感器有更好的可适应性。它们使自动化设备具有了多样性、灵活性和可重组性。当需要改变生产过程时,对机器视觉来说“工具更换”仅仅是软件的变换而不是更换昂贵的硬件。当生产线重组后,视觉系统往往可以重复使用。

而对于现在许多厂商推出的智能相机、智能系统,这种灵活性会变得更加的有效。购买一套智能系统,今天可以用于测量检查,明天也许可以用于测量有无,后天也许用于检查颜色是否正确……

1.3 机器视觉的发展史

1.3.1 机器视觉的发展历程

1.3.1.1 国外机器视觉发展

起点难以准确考证,大致的发展历程是:

- 20 世纪 50 年代提出机器视觉概念
- 20 世纪 70 年代真正开始发展
- 20 世纪 80 年代进入发展正轨
- 20 世纪 90 年代发展趋于成熟
- 20 世纪 90 年代后高速发展

在机器视觉发展历程中,有 3 个明显的标志点:

- 一是机器视觉最先的应用来自“机器人”的研制,也就是说,机器视觉首先是在机器人研究中发展起来的;
- 二是 20 世纪 70 年代 CCD 图像传感器的出现,CCD 摄像机替换硅靶摄像机是机器视觉发展历程中的一个重要转折点;
- 三是 20 世纪 80 年代 CPU、DSP 等图像处理硬件技术的飞速进步,为机器视觉飞速发展提供了基础条件

1.3.1.2 国内机器视觉发展的大致历程

国内的机器视觉真正开始起步是 20 世纪 80 年代，20 世纪 90 年代进入发展期，高速发展则是进入 21 世纪的事情。中国正在成为世界机器视觉发展非常活跃的地区之一，其中最主要的原因是中国已经成为全球的加工中心，许多先进生产线已经或正在迁移到中国，伴随这些先进生产线的迁移，许多具有国际先进水平的机器视觉系统也进入中国。对这些机器视觉系统的维护和提升而产生的市场需求也将国际机器视觉企业吸引而至，国内的机器视觉企业在与国际机器视觉企业的学习与竞争中不断成长。

- 1990 年以前，仅仅在大学和研究所中有一些研究图像处理和模式识别的实验室。
- 20 世纪 90 年代初，一些来自这些研究机器的工程师成立了他们的自己的视觉公司，开发了第一代图像处理产品，例如基于 ISA 总线的灰度级图像采集卡，和一些简单的图像处理软件库，他们的产品在大学的实验室和一些工业场合得到了应用，人们能够做一些基本的图像处理和分析工作。
- 1990-1998 年为初级阶段。期间真正的机器视觉市场销售额微乎其微。主要的国际机器视觉厂商还没有进入中国市场。自从 1998 年，越来越多的电子和半导体工厂，包括香港和台湾投资的工厂，落户珠三角和长三角地区，带有机器视觉的整套生产线和高级设备被引入中国。
- 1998-2002 年定义为机器视觉概念的引入期。在此阶段，许多著名视觉设备供应商如 matsushita, omron, cognex, dvt, ccs, data translation, matrix, coreco, mvtec, dalsa 开始接触中国市场寻求本地合作伙伴。
- 第三阶段从 2002 年至今，我们称之为机器视觉发展期，从下面几点我们可以看到中国机器视觉的快速增长趋势：

1. 在各个行业，越来越多的客户开始寻求视觉检测方案，机器视觉可以解决精确的测量问题和更好地提高他们的产品质量，一些客户甚至建立了自己的视觉部门。

2. 越来越多的本地公司开始在他们的业务中引入机器视觉，一些是普通工控产品代理商，一些是自动化系统集成商，一些是新的视觉公司。虽然他们绝大多数尚没有充分的回报（少数起步较早的公司业绩还是非常不错的），但都一致认为机器视觉市场潜力很大。资深视觉工程师和实际项目经验的缺乏是他们面临的最主要的问题。

3. 一些有几年实际经验的公司逐渐给自己的定位以便更好的发展机器视觉业务。他们或者继续提高采集卡、图像软件开发能力，或者试图成为提供工业现场方案或视觉检查设备的领袖厂商。单纯的代理仍然是他们业务的一部分，但他们已经开始开发自己的技术或者诀窍，在元件和系统的层次上。

4. 经过几年寻找代理的过程，许多跨国公司开始在中国建立自己的分支机构。通常他们在北京、上海或广州深圳建立自己在中国的分支机构，来管理关键的客户以及向合作伙伴提供技术和商务支持。

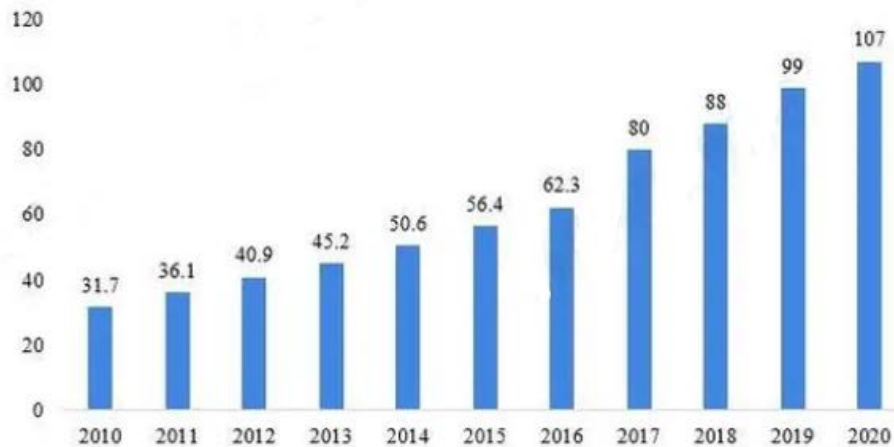
5. 从 2018 年起经过贸易战，然后经过三年疫情横扫全球。中国的机器视觉相关的企业，有的已经撑不下去关门倒闭了，有的已经更换了发展方向，有的则把握到了机会，发展的更好了，这几年可以认为是机器视觉行业的优胜劣汰换血期，当然这个是全国全球全行业的事情，也不仅仅是机器视觉行业换血了，很多行业都会换血的。

1.3.2 机器视觉产品的发展

机器视觉的功能特点是随着工业自动化的发展逐渐完美和发展的。根据

MarketsandMarkets 发布的名为“全球机器视觉与视觉引导机器人市场（2010-2015 年）”的市场调查报告称，到 2015 年，全球机器视觉系统及部件市场预计将超过 153 亿美元。上述的报告是过时的，经过这些年的发展，查看其它一些调研报告，这个目标其实并没有完成，到 2020 年时，机器视觉相关的全球规模也才突破百亿美元规模。根据 Markets and Markets 的数据，2010-2020 年，全球机器视觉市场规模呈现不断上升的趋势。2020 年，全球机器视觉市场规模达 107 亿美元，近 5 年复合增速达 14.48%。

2010-2020年全球机器视觉市场规模(单位：亿美元)

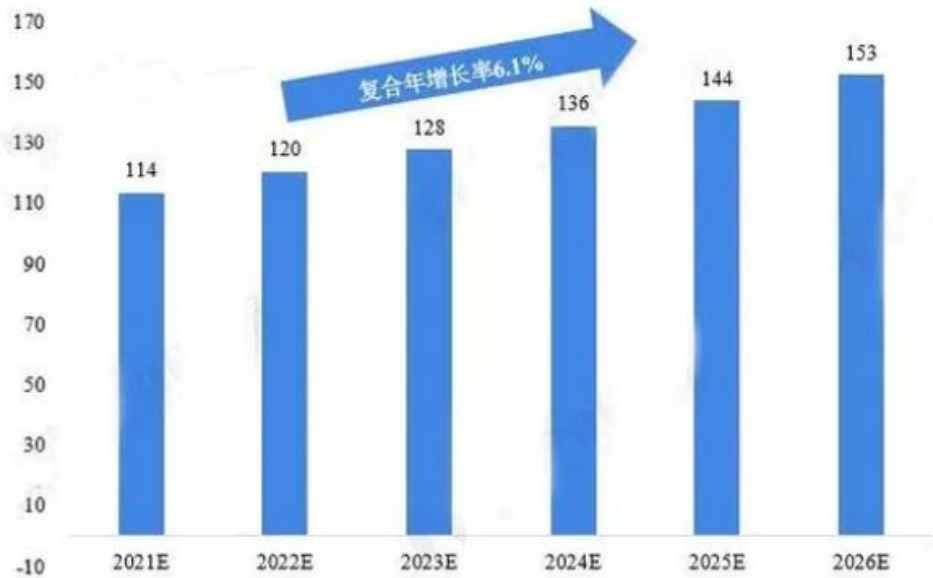


资料来源：Markets and Markets 前瞻产业研究院整理

截止 2020 机器视觉市场规模

尽管新冠疫情在很大程度上造成了经济和供应链的混乱，从而对机器视觉市场产生了负面影响。但在 COVID-19 之后，制造商会逐渐意识到自动化在制造业中的重要性。根据 Markets and Markets 预测，全球机器视觉市场在 2020-2025 年预测期内的复合年增长率为 6.1%。前瞻基于 2020 年全球机器视觉市场规模实际数据推算，2026 年全球机器视觉市场规模将达到 153 亿美元。

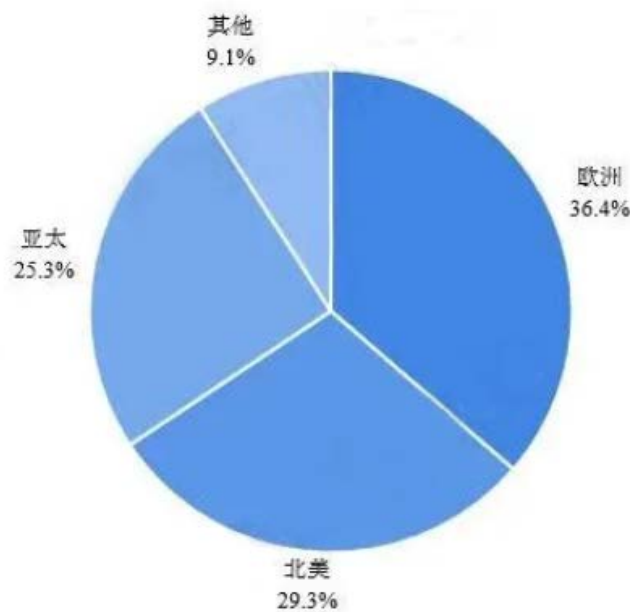
2021-2026年全球机器视觉市场规模预测(单位: 亿美元)



资料来源: 前瞻产业研究院整理

根据 Markets and Markets 统计显示,全球机器视觉行业欧洲市场份额最大,占比 36.4%;其次是北美地区,全球份额达到 29.3%;随着亚太地区的发展,中国、日本、印度和韩国等国家拥有一些最大的制造设施,制造过程的自动化已被视为最优先的事项,亚太地区的市场份额占到全球的 25.3%;南美、中东、非洲地区的占比为 9.1%。尽管亚太及其他地区的市场份额在国家重视下有所增长,但当前全球机器视觉行业仍以欧美企业占主导。

全球机器视觉行业市场规模区域分布(单位: %)



资料来源: Markets and Markets 前瞻产业研究院整理

全球机器视觉行业市场规模区域分布

注：其他包含了南美、中东、非洲;Markets and Markets 暂未公布 2020 年最新数据，区域分布情况为 2019 年机器视觉行业市场规模占比。

在中国，由于工业自动化程度还没有达到国外的先进水平，所以机器视觉在中国的应用处于快速发展阶段，但是随着制造业对自动化的需求以及对生产质量和管理水平的不断提高，中国对于机器视觉的需求会不断上升。目前国内厂商可以涉及的机器视觉领域主要有视觉光源、中低端工业相机、中低端工业镜头、中低端采集卡等，高端硬件则几乎是空白（也不仅是机器视觉行业，其它行业的高端产品，中国也一样是欠缺的，主要还是咱们发展的晚），对于图像处理、核心算法等，研发能力比较有限。十年前，几乎没有厂家投入研发，而如今也有些厂家投入研发了，如海康、大华之类的。目前国内市场除开机器视觉系统设备，单纯考虑光源、相机、镜头、采集卡等硬件产品，其市场估计应该在 5 亿人民币以内（过时内容）。

我国机器视觉相关融资额整体呈增长态势，2020 年达到 93.04 亿元人民币，创下历史新高随着技术的快速发展，机器视觉下游应用领域不断拓展。

这些年以半导体和电子电器发展为主导，带动了机器视觉需求的迅猛上涨，随着全球半导体市场突破 4000 亿美元大关，机器视觉市场也在不断增长。同时，从“中国制造 2025”战略提出至今，机器人产业也突飞猛进，这也让作为机器人“眼睛”的机器视觉一路水涨船高。

目前在我国随着配套基础建设的完善，技术、资金的积累，各行各业对采用图像和机器视觉技术的工业自动化、智能需求开始广泛出现，国内有关大专院校、研究所和企业近两年在图像和机器视觉技术领域进行了积极思索和大胆的尝试，逐步开始了工业现场的应用。

在政策的利好驱动下，国内机器视觉行业快速发展，中国正在成为世界机器视觉发展最活跃的地区之一，预计到 2025 年我国机器视觉市场规模将达 246 亿元人民币。

目前机器视觉朝着两个大方向在发展：一个是嵌入式，如传感器和智能相机；另一个是基于 PC 的视觉系统。两者不能说孰优孰劣，它们都有各自的适用场合和适用时期。

1.3.2.1 嵌入式的应用

近十年来，嵌入式产品如传感器和智能相机，逐渐占领了部分机器视觉市场。智能相机是一种高度集成化的微小型机器视觉系统，它将图像采集、处理和通信功能集成于单一嵌入式系统内，从而提供了具有多功能、模块化、高可靠性、易于实现的机器视觉解决方案，比较常见的有单相机模式的智能相机，和支持多相机的视觉控制器。

未来的发展方向是智能相机与基于微机的机器视觉系统之间的性能差距越来越小，而智能相机凭借其低成本、简单易用、结构紧凑、标准化等优点将得到越来越广泛的应用。因此，越来越多的相机和板上制造商都在开发智能相机。

智能相机的缺点，则表现为性能不强。因为其通常是厂家自己研发定制的，使用的硬件是由厂家决定的，并不能由用户根据自己的项目确定是否需要使用更强大的 CPU、GPU、内存等，所以大型高计算的项目，通常无法使用智能相机。另外，智能相机之所以智能，是因为其通常是内置了标准的图像处理软件。如果没有集成图像处理软件，那和常规的电脑是无异的，还不如用 PC 系统的。而集成了图像处理软件的，则通常也会对软件授权付费。而对于国内知识产权意识还不强的年代，D 版优先的想法占主导时，智能相机的成本优势并不明显，特别是一些简易项目，本身项目可能也就三五万预算，毛利一两万，结果还要给软件付费几千，有些老板是会心痛的。

1.3.2.2 基于 PC 的机器视觉的应用

基于 PC 的视觉系统利用了 PC 的开放性、高度的编程灵活性和良好的 Windows 界面，同时系统总体成本较低。PC-Based 系统内通常含高性能图像采集卡，或高速接口，一般可以接多个相机，并支持多种开发平台（VC、VB、C++、C#、LabVIEW 等）的库函数支持。Windows 下的应用程序界面美观，被广大用户接受。随着计算机硬件技术的发展，对图像数据的处理能力越来越强，非常利于机器视觉的发展。

基于 PC 的视觉系统，目前仍然是占主要领导地位的。特别是一些多相机的大型项目，或者是包含了运动控制的视觉项目，都是以 PC 的视觉系统为准，图像处理软件自己编写，灵活性要好很多。当然，在一些简易的静态项目中，PC 的视觉系统则不如智能相机来的快速。因为 PC 视觉系统，通常都是需要专业编程工程师。而智能相机，只需要学习一下相应的标准图像处理软件，销售人员、技术支持人员，也能处理一些常规的问题。当然，也有很多标准图像处理软件，也有 Windows 系统版的，也可以安装在电脑上使用，这个时候电脑就类似一台大一些的控制器的了。

1.3.3 机器视觉的发展趋势

1.3.3.1 技术方面的趋势是数字化、实时化、智能化

图像采集与传输的数字化是机器视觉在技术方面发展的必然趋势。更多的数字相机，更宽的图像数据传输带，更高的图像处理速度，以及更先进的图像处理算法推出，将会得到更广泛的应用。这样的技术发展趋势将使机器视觉系统向着实时性更好和智能程度更高的方向不断发展。

1.3.3.2 价格持续下降，市场份额迅速扩大

以前，在我国机器视觉技术还不太成熟，主要靠进口国外整套系统，价格比较昂贵。随着技术的进步和市场竞争的激烈，以及许多产品国产化，价格下降已成必然趋势，部分主要视觉零配件已经进入百元内，这意味着机器视觉技术将逐渐被接受。另外，机器视觉市场将不断增大。一方面已经采用机器视觉产品的应用领域，对机器视觉产品的依赖性将更强；另一方面机器视觉产品将应用到其它更广的领域。

1.3.3.3 行业方面发展更加迅速

机器视觉行业专业性公司增多，投资和从业人员增加，竞争加剧是机器视觉行业未来几年的发展趋势，机器视觉行业作为一个新兴的行业将逐步发展成熟，将越来越受到人们的重视。行业发展中有竞争，但是同时伴随着的是更多的机遇。

1.4 机器视觉领域的主要厂商

1.4.1 国外厂商

国外的厂家一般会比较尖端一点，通常在某个领域比较有优势，如做相机的就专门做相机、做镜头的专门做镜头、做光源的则专门做光源。而且这些企业的产品，一般价格会贵不少。当然，在某些高端领域，只能选择国外厂家，国内厂商并没有相应的产品可以选择。本教程不做详细的厂家介绍，随着时间的发展，现在生存的好好的厂家，过两年也许就倒闭了，现在没什么名气，或者还根本不存在的企业，过些年又可能发展的非常好。现在很多知名度比较高的视觉企业，很多都是耳熟能详的。即使不了解，搜索一下或者是在群里问一下，也可以得到比较好的效果。

1.4.2 国内厂商

国内的厂商基本上是全业务型倒卖公司，自己研发生产的相对比较少，配件厂则相机镜头光源等，都会有涉及，自家有一两种自产的主要产品，会代理分销一些其它的产品。这里就不做广告推荐了。

- 石鑫华视觉网：机器视觉门户网站。 <http://shixinhua.com>
- 机器视觉之家：机器视觉论坛。 <http://labviewvision.com/>

1.5 机器视觉系统类型

根据机器视觉的定义，依据光学特征可分为可见光机器视觉系统（基于 CCD 或 CMOS 等传感器）和非可见光（基于 X 光、红外光以及超声波等传感器）机器视觉系统，根据应用领域则可以分为工业机器视觉系统和非工业机器视觉系统，通常从事工业自动化人员只把工业机器视觉系统称作机器视觉而把非工业机器视觉系统称为图像装置或图像系统。

1.6 机器视觉系统特点

1.6.1 精度高

设计优秀的机器视觉系统能够对一千个或更多目标中的一个进行空间测量。因为此种测量不需要接触目标，所以对目标没有损伤和危险，同时由于采用了计算机技术，因此具有极高的精确度。

1.6.2 连续性

机器视觉系统可以使人们免受疲劳之苦。因为没有人工操作者，也就没有了人为造成的操作变化。多个系统可以设定单独运行。

1.6.3 灵活性

机器视觉系统能够进行各种不同的信息获取或测量。当测量目标变化以后，只需软件做相应变化或者升级以适应新的需求即可。

1.6.4 标准性

机器视觉系统的核心是视觉图像技术，因此不同厂商的机器视觉系统产品其标准是一致的，这为机器视觉的广泛应用提供了极大的方便。

1.6.5 成本效率高

随着计算机处理器价格的急剧下降，机器视觉系统成本效率也变得越来越高。一个价值 10 万元的视觉系统可以轻松取代 10 个人工检测者，而每个探测者每年需要几万元的工资。

1.7 机器视觉系统构成

机器视觉系统用计算机来分析一个图像，并根据分析得出结论，然后给出下一步工作指令。现今机器视觉系统有两种应用：

- 1、机器视觉系统可以探测目标（监视、检测与控制）；
- 2、机器视觉也可以用来创造一个部件，即运用光学器件和软件相结合直接指导制造过程（虚拟制造）。

无论那种应用，通常机器视觉系统由如下的子系统或其中部分子系统构成：传感检测系统、光源系统、光学系统（镜头），采集系统（相机、采集卡），图像处理系统（软件、计算机视觉），图像测控系统（控制软件、运动控制等），监视系统，通讯 / 输入输出系统，执行系统，警报系统等。

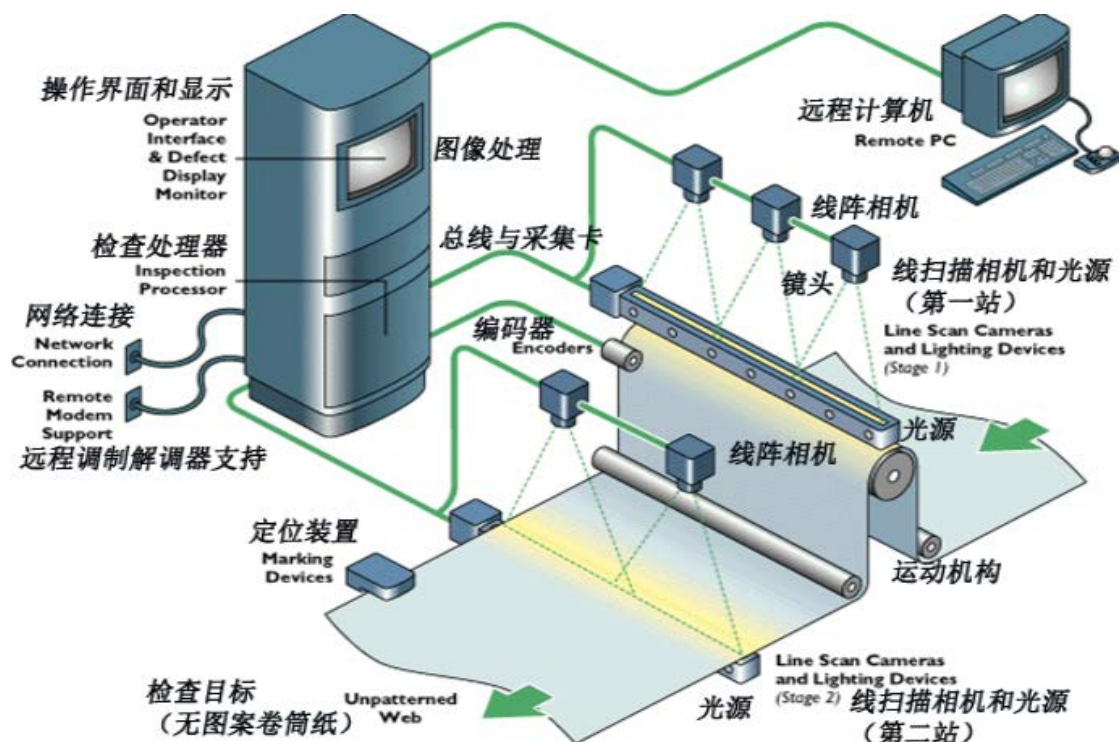


图 2 工业线阵相机检查系统

机器视觉系统具体可分解成产品群：

- 1) 传感系统：传感器以及与其配套使用的传感控制器等；
- 2) 光源系统：光源以及与其配套使用的光源控制器等；
- 3) 光学系统：镜头、滤镜、及光学接口等；
- 4) 采集系统：数码相机、CCD、CMOS、红外相机、超声探头、雷达、图像采集卡、数据控制卡等；
- 5) 图像处理系统：图像处理软件、计算机视觉系统等获得图像特征的系统；
- 6) 图像测控系统：控制软件、运动控制等图像测试控制辅助软件；
- 7) 监视系统：监视器、指示灯等；
- 8) 通讯/输入输出系统：通讯链路或输入输出设备；
- 9) 执行机构：机械手及控制单元；
- 10) 警报系统：警报设备及控制单元；
- 11) 其它：根据具体行业需要所形成的具有某种特殊功能的机器视觉系统设备。

这些产品群中具有机器视觉系统产品典型特征的是：光源、镜头、相机、采集卡、测控板卡、嵌入系统、软件、芯片、机械手、根据具体行业应用而形成的机器视觉系统设备等。

1.8 机器视觉的主要应用范围

机器视觉是实现仪器设备精密控制、智能化、自动化最有效途径，堪称现代工业生产的“机器眼睛”。最大优点为：（1）实现非接触测量。对观测与被观测者都不会产生任何损伤，从而提高了系统的可靠性；（2）具有较宽的光谱响应范围。机器视觉可以利用专用的光敏元件，可以观察到人类无法看到的世界，从而扩展了人类的视觉范围。（3）长时间工作。人类难以长时间地对同一对象进行观测。机器视觉系统可以长时间地执行观测、分析与识别任务，并可应用于恶劣的工作环境。

机器视觉在半导体、电子、汽车、包装、印刷、烟草、医疗、制药、ITS（智能交通系

统)、安防、物流、机器人、纺织、五金加工等行业得到了应用,它主要提供产品尺寸测量、角度测量、表面检测、纹理分析、定位导航、OCR/OCV、条码识别、数据读取、存在性、颜色分析与识别等。

1.8.1 电子与半导体

- 芯片的测量与加工
- PCB 装配
- 光束特性分析

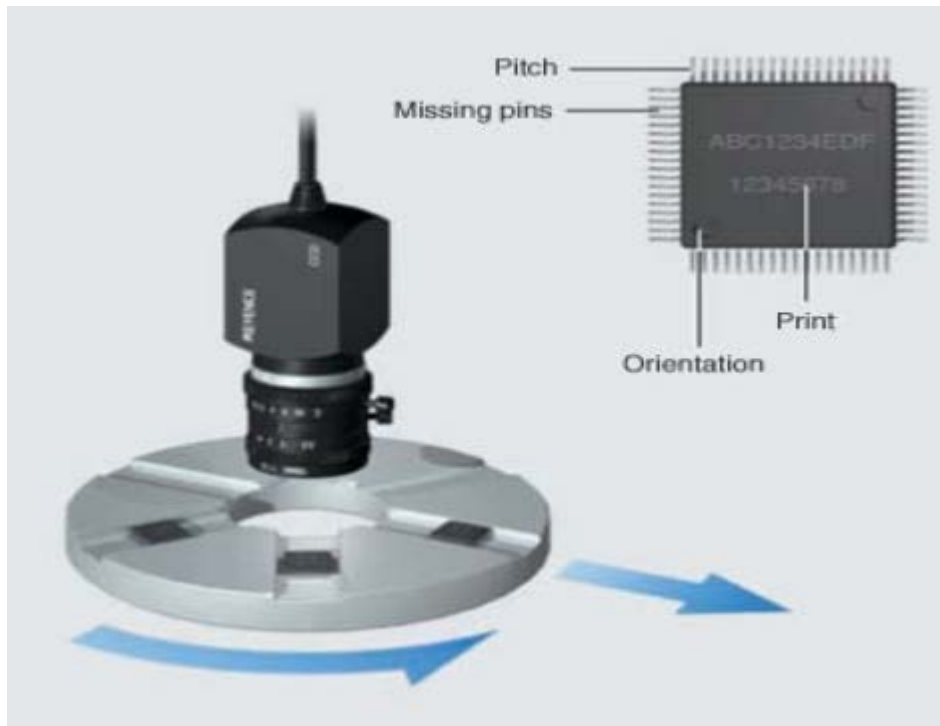


图3 芯片测量与加工

1.8.2 制药

- 药品生产过程中的质量检测
- 药品的形状、厚度
- 药品装瓶数量统计

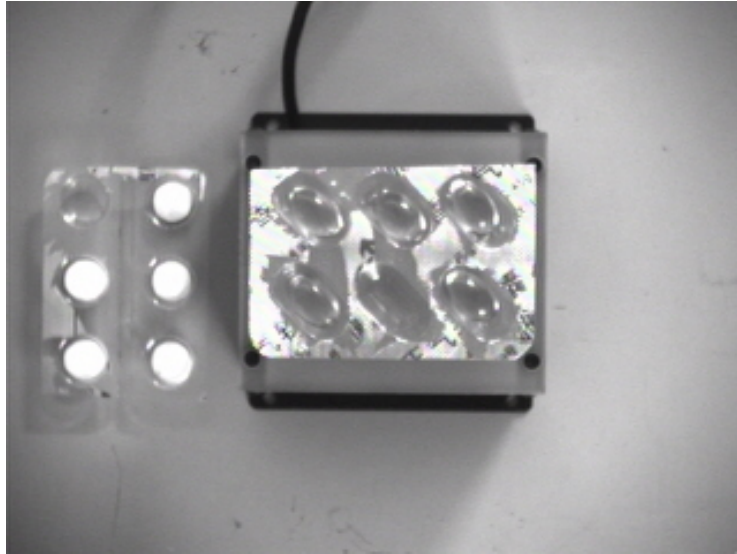


图 4 药品检测

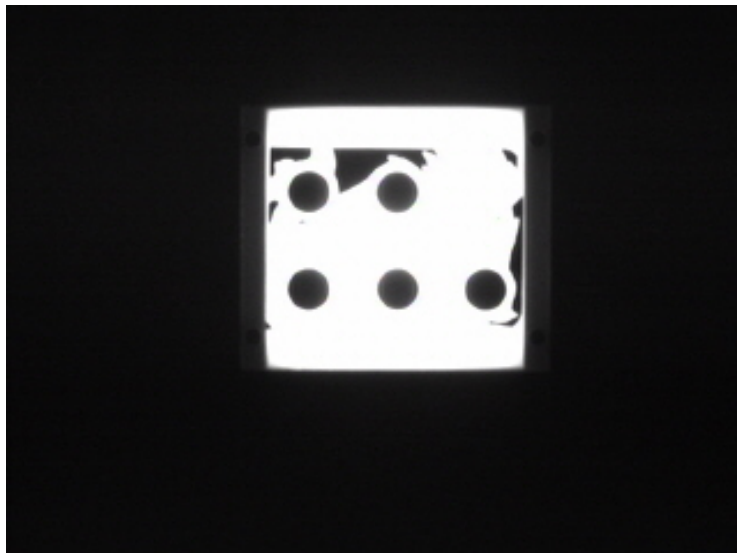


图 5 制药

1.8.3 工业包装

- 外观完整性检测
- 条码识别
- 生产日期、密封性检测



图 6 包装



图 7 一维条码/二维码识别

1.8.4 汽车制造

- 零部件外形尺寸检测
- 装配完整性检测
- 部件的定位与识别

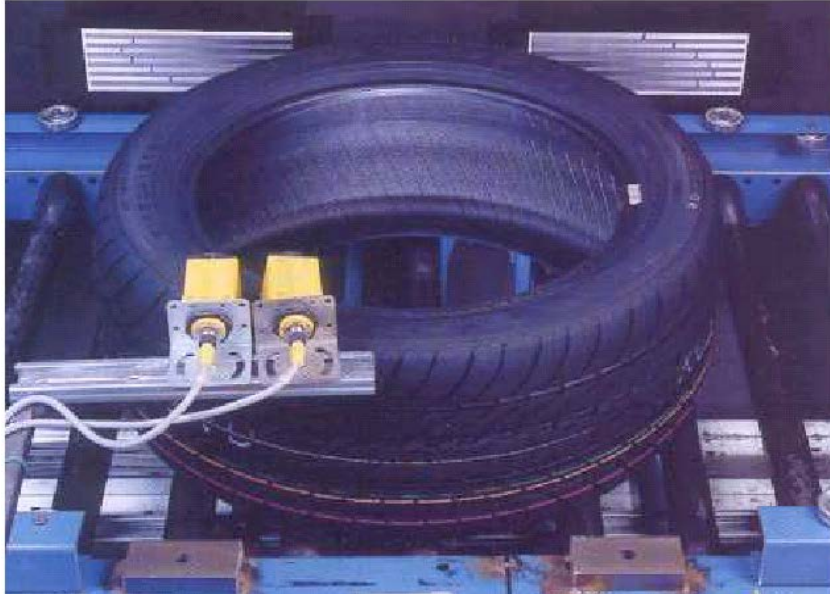


图 8 轮胎检测

1.8.5 印刷

- 钱币、纺织品印刷质量检测
- 印刷质量检测
- 印刷对位
- 字符识别

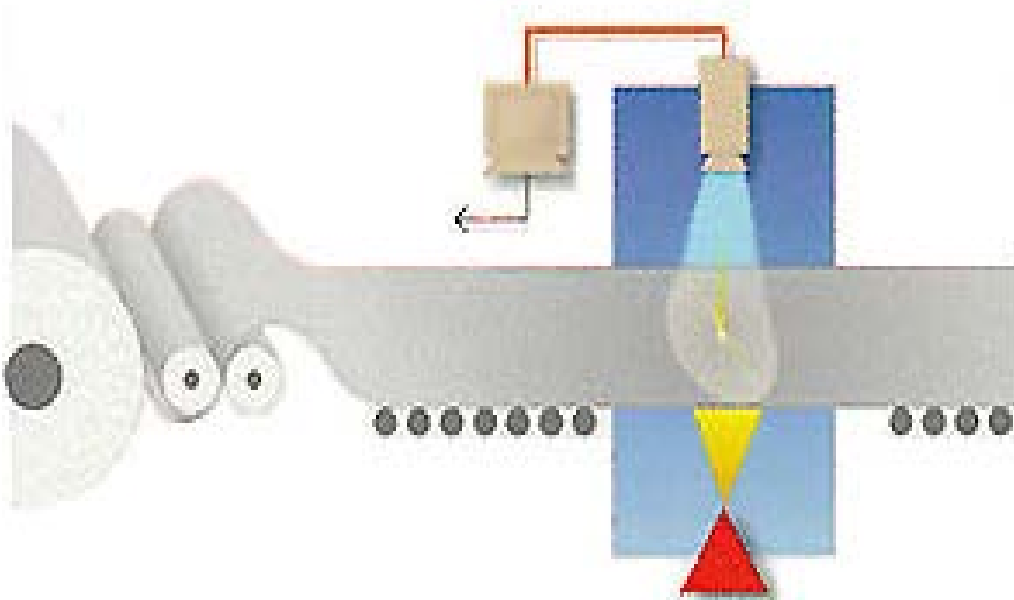


图 9 印刷品检测

1.8.6 食品饮料

- 液位高度检测
- 瓶装饮料外观检测
- 条码识别



图 10 瓶口检测

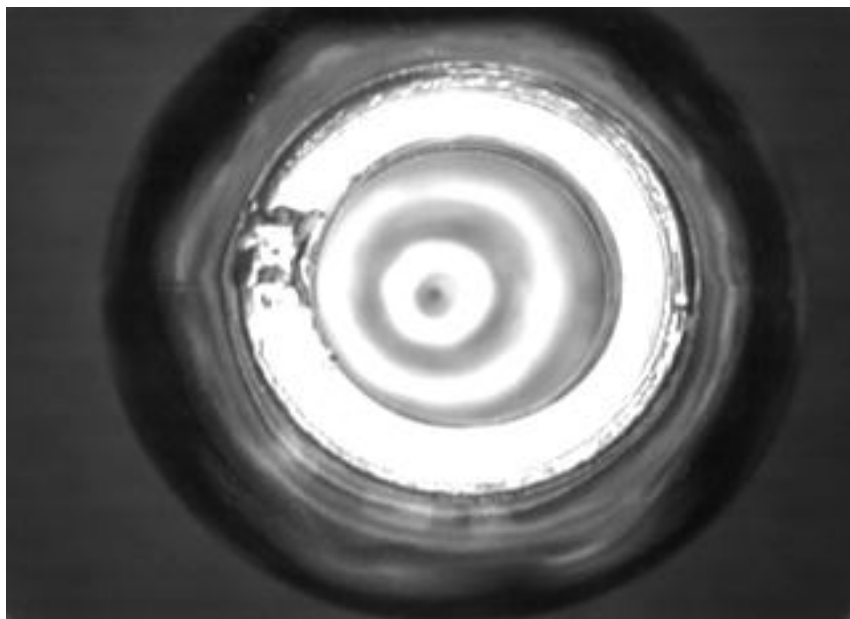


图 11 药瓶检测

1.8.7 医学应用

- 血液分析
- 光电内窥镜测试
- 细胞分析

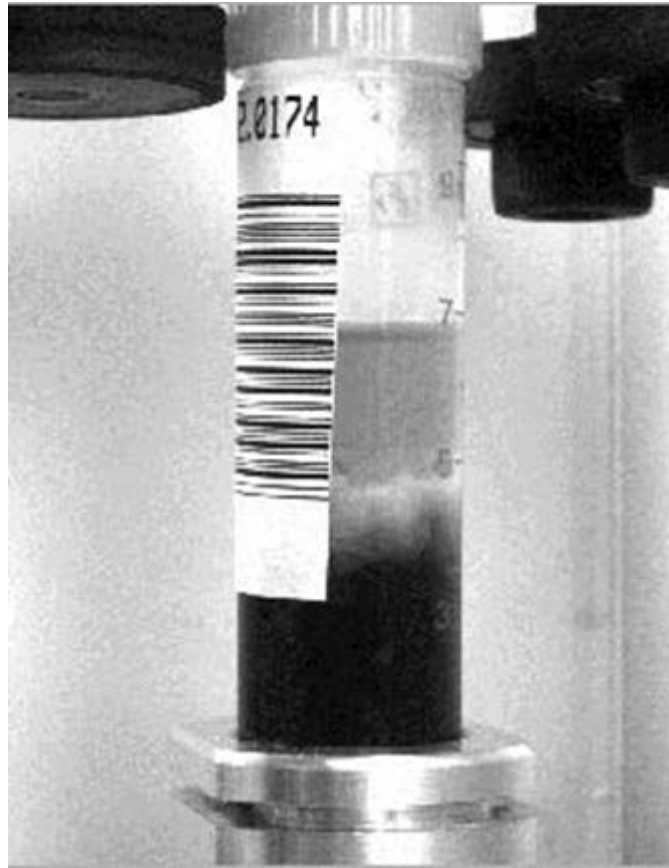


图 12 药品分析

1.8.8 其他应用

- 量具的校准
- 工业品的尺寸测量
- 表面质量检测
- 纺织
- 烟草
- 农业牧业
- 分类识别

钻石棱角测定

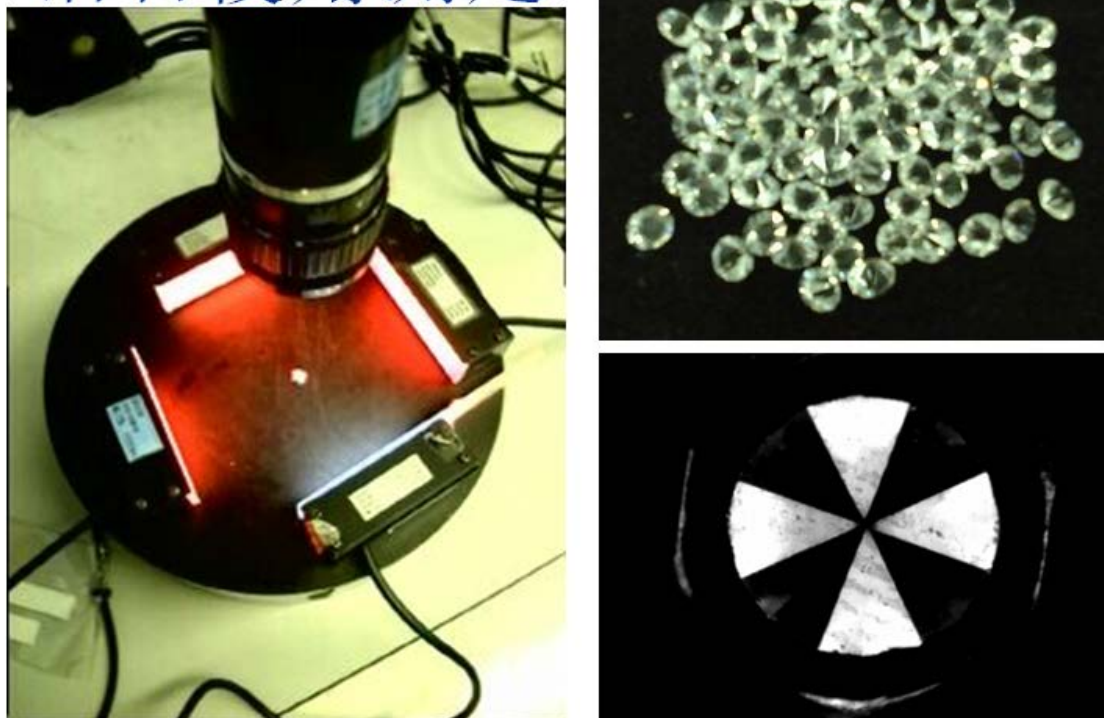


图 13 钻石棱角测量



图 14 字符识别

机器视觉可使用的行业，其实非常多，基本上需要使用人眼协助处理的行业，只要能做图像处理，基本上都可以用机器视觉来替换。当然，实际上很多人眼能处理的事情，机器视觉表现的无能为力。这个只能说是当前的技术还没有发展到人眼的这种水平上，而不是说机器视觉不适用那些行业。

1.9 机器视觉概述课后习题

不定项选择题（3分 x5=15分）：

- 1、国外机器视觉高速发展在什么时期（ ）
A: 20世纪70年代 B: 20世纪80年代 C: 20世纪90年代 D: 21世纪初
- 2、一种高度集成化的微小型机器视觉系统，它将图像采集、处理和通信功能集成于单一产品内，提供具有多功能、模块化、高可靠性、易于实现的机器视觉解决方案。这种产品是（ ）
A: 嵌入式系统 B: 智能相机 C: PC系统 D: 传感器
- 3、机器视觉可以用于以下什么测试测量（ ）
A: 尺寸 B: 有无 C: 颜色 D: 污渍
- 4、人们使用机器视觉系统的考虑因素有（ ）
A: 性能 B: 效率 C: 成本 D: 政策
- 5、常见的视觉软件开发平台有（ ）
A: VB B: VC C: LabVIEW D: JAVA

填空题（2分/空 x10=20分）：

- 1、机器视觉最先应用于_____的研究，并从其中发展起来。
- 2、目前机器视觉的两个主要发展方向是_____、_____。
- 3、机器视觉在技术上的发展趋势是实时化、_____、_____。
- 4、图像传感器主要分为_____、_____。
- 5、机器视觉系统的特点有灵活性、_____、_____、_____、高性价比。

判断题（3分 x5=15分）：

- 1、CCD最早出现于20世纪70年代。（ ）
- 2、国内机器视觉应用发展主要集中在21世纪初并且仍然高速发展。（ ）
- 3、机器视觉产品的价格会随着市场的发展越来越低。（ ）
- 4、机器视觉是一个发展非常成熟的行业。（ ）
- 5、通常自动化行业讲的机器视觉只是工业机器视觉系统。（ ）

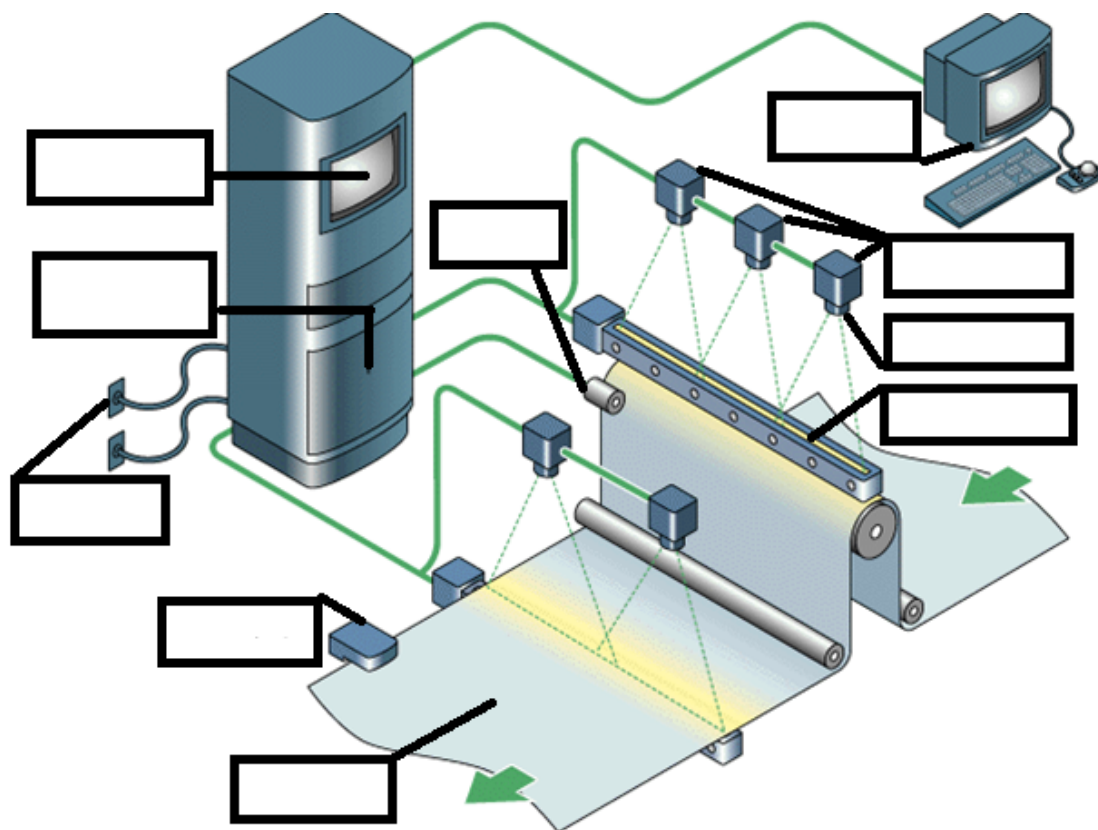
问答题（50分）

- 1、什么是机器视觉？（5分）

- 2、简要介绍中国机器视觉的发展状况。（5分）

3、列举国内、国外机器视觉厂商各 5 个，并说明其主要产品。（20 分）

4、填写以下机器视觉系统的构成。（10 分）



5、机器视觉的主要应用领域，至少 10 个以上。（10 分）