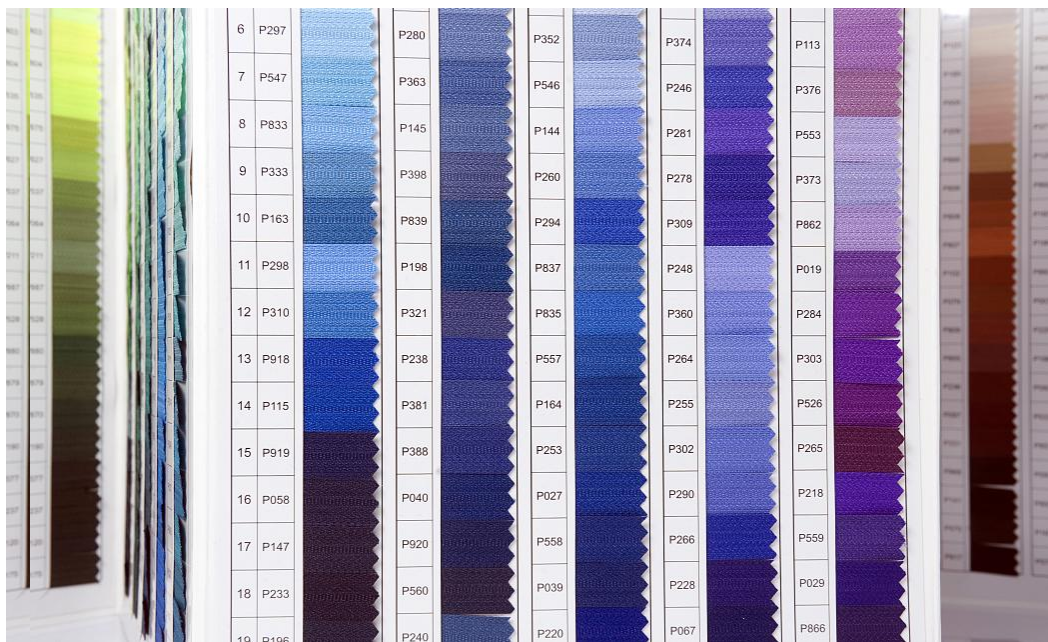




杭州高谱成像技术有限公司
Hangzhou Hyperspectral Imaging Technology Co.,Ltd

高光谱颜色测量 方案简介

项目背景

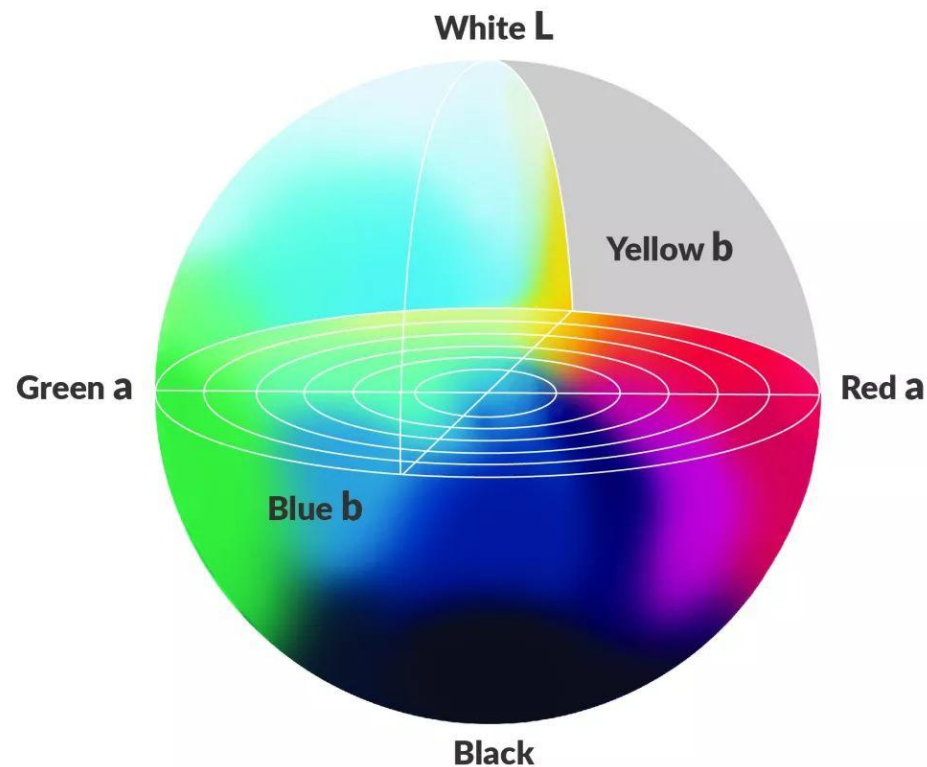


- 在众多行业中，颜色不仅赋予产品以美观外观，还有助于确保产品的品质和一致性，高精度的色彩检测成为制造行业不可或缺的一环，而现有的色卡、彩色相机、分光光度计等颜色测量方法在测量精度和效率上都有一定的局限性：

- ✘ 使用色卡进行人工比对的方法效率低下、精度也十分有限；
- ✘ 基于红绿蓝(RGB)原理的彩色相机成像效率高,但其光谱分辨率较为粗糙,无法区分颜色微小的色差；
- ✘ 分光光度计有着较好的测色精度,但其只能进行单点的测量,测色效率很低。

项目背景

- 高光谱成像技术是近来才发展起来的一种全新的遥感成像技术，将其应用于颜色测量领域是新一代颜色测量技术，与传统测色方法相比，高光谱成像技术能拍摄待测物体区域图像的同时获取各个像素的点的光谱，从而得到各点的准确颜色值，完美解决了精准度和区域测量的需求。
- 高光谱相机非常适合彩色拍摄，因为它比RGB相机更精确，而且它是完全客观的。在Lab色彩空间中，定义目标的绝对颜色精度为 $\Delta E < 1$ ，相对颜色精度 ΔE 为0.2，优于人的颜色知觉($\Delta E = 1$)。



Lab颜色空间是一个三维颜色坐标系，其中：L = 亮度，从黑色到白色；a = 从青色到品红色/红色；b = 从蓝色到黄色。为了表示颜色感知精度，我们使用 ΔE 值，它用于描述LAB颜色空间中两点之间的差异， ΔE 值越小，感知越准确。

高光谱成像技术背景

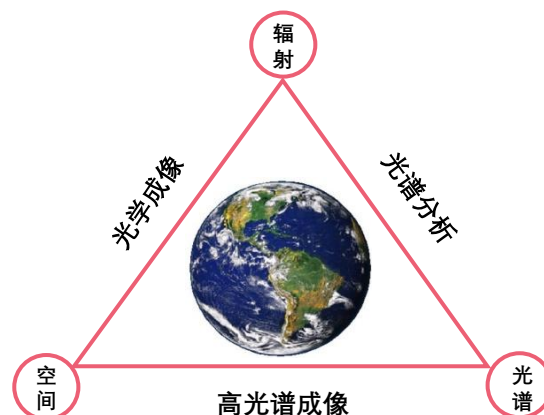
人类借助光认识物质世界的两种主要技术路径：

光学成像：眼见为实 -- 使我们获得物质的形貌特征

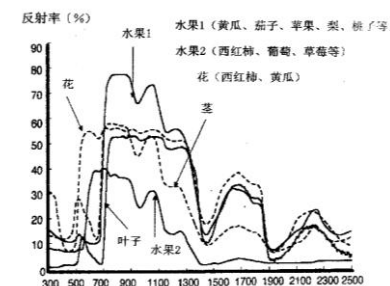
通过图像代替人眼视觉，
可对被测物品的外观、
尺寸、位置等信息进行
检测。



照相机



光谱分析：万物指纹 -- 使我们获得物质的构成信息

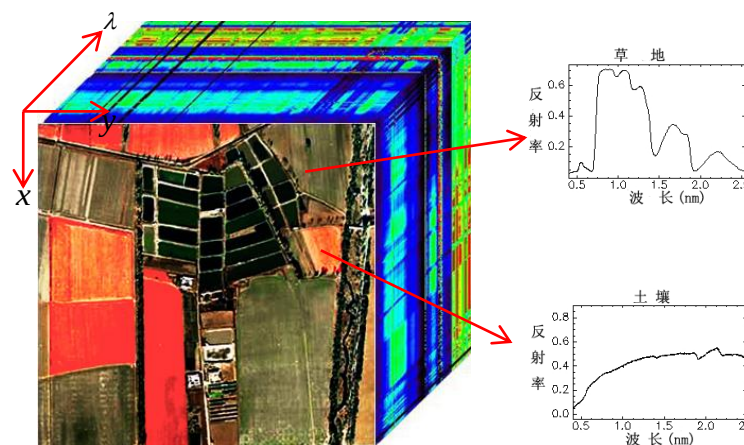


光纤光谱仪

通过光谱曲线可以对颜色、材质、成份等进行分析。

高光谱成像技术：

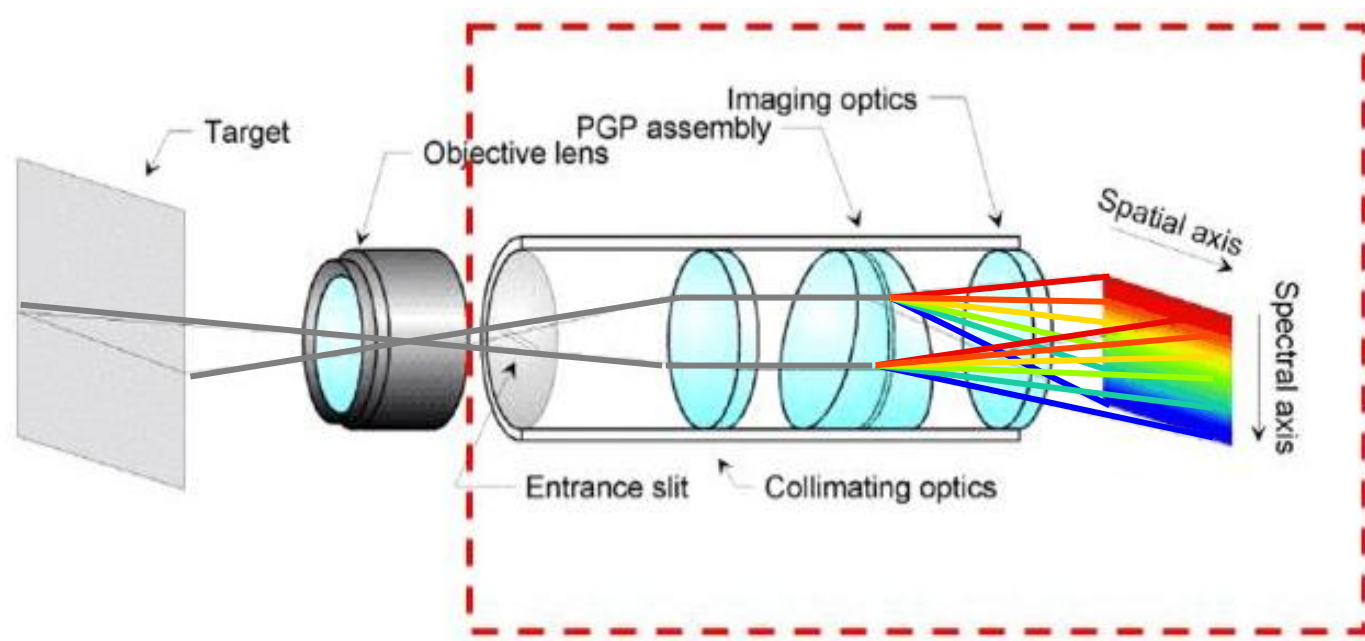
将传统的二维光学成像与光谱分析有机融合的新型智能感知技术，实现了图谱合一，可对数据进行多维度融合分析，可以在机器视觉的图像识别基础上增加对材质的识别能力。



光谱视觉技术是机器视觉技术升级迭代的必然方向。

高光谱成像技术背景

- 高光谱技术具有非常高的技术门槛，而其**图谱合一、高精度、实时性、原位无损**等技术优势，可对目标进行更多维度的综合智感与检测，让机器真正具有了超越人眼的视觉感知能力。



色散分光高光谱成像技术原理示意图

图谱合一

完美兼容机器视觉
图像和光谱多维度数据融合分析

纳米级别光谱分辨率
微米级别空间分辨率

高精度

时效性

高速检测、高速处理
建立算法模型后可实时出结果

无需分离或移动被测物
被测物保持原位态

原位性

无损性

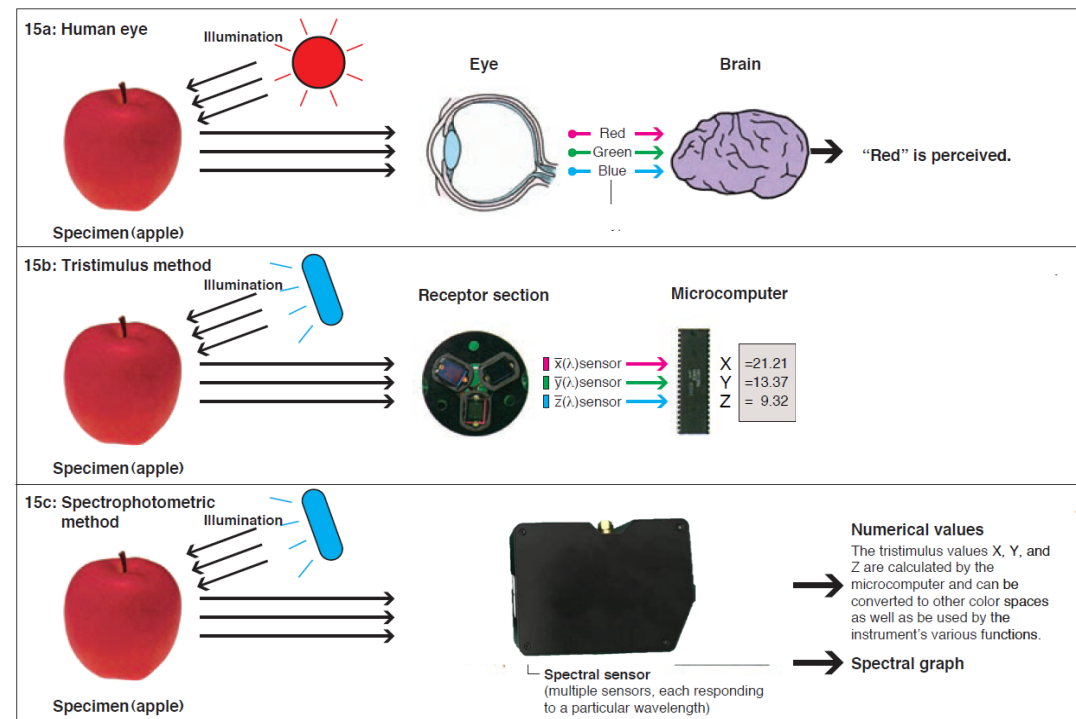
除必要光照外无任何接触
对被测物无干扰无损害

颜色测量技术背景

■ 颜色测量是人眼仿生学的成果，传统的颜色感知手段有3种：

1. **人眼**：物体反射的光波被人眼的视锥细胞和视杆细胞捕获，由大脑判断颜色，**准确度 $\Delta E \approx 1$**
2. **3色传感器**：简单的模拟人眼视觉细胞的原理，将3种滤波的光信号强度转换成颜色色域值，**准确度 $\Delta E \approx 10$**
3. **光谱测色**：通过测量物体反射光的极细窄带光谱，获取反射光谱准确信息，通过复现人眼视觉细胞的灵敏特性来计算光谱对应的颜色色域值，**准确度 $\Delta E \approx 0.2$**

测量仪器	颜色感识度
RGB相机	$\Delta E = 8-10$
人眼	$\Delta E \approx 1$
高光谱相机	$\Delta E < 1$ （绝对值） $\Delta E \approx 0.2$ （相对值）



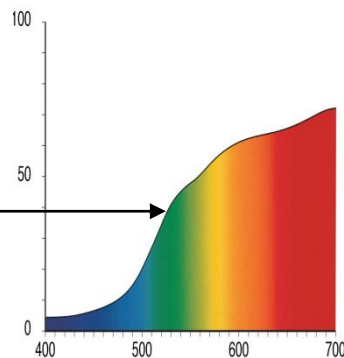
三种颜色感知手段

高光谱测色原理

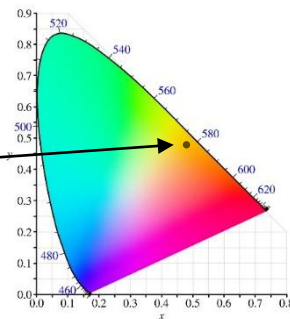
- 高光谱测色技术一般使用覆盖400~800nm光谱范围的高光谱相机
- 光谱分辨率约2.5nm
- 在宽光谱均匀光源的照射下，高光谱相机拍摄物体的高光谱数据立方体
- 数据立方体包含：物体图像信息和光谱信息
- 将各像素点的光谱导出进行算法推演，得到该点的色域xyz值或Lab值、Lch值
- 将得到的色域Lab值和其他区域或参考物体的Lab值进行比较，可以得到色差值 ΔE



高光谱数据立方体



单点光谱



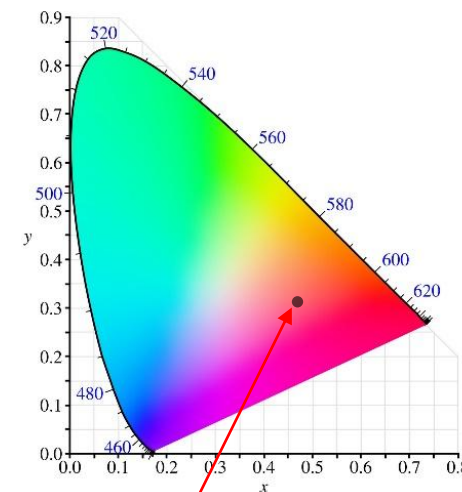
颜色色域值



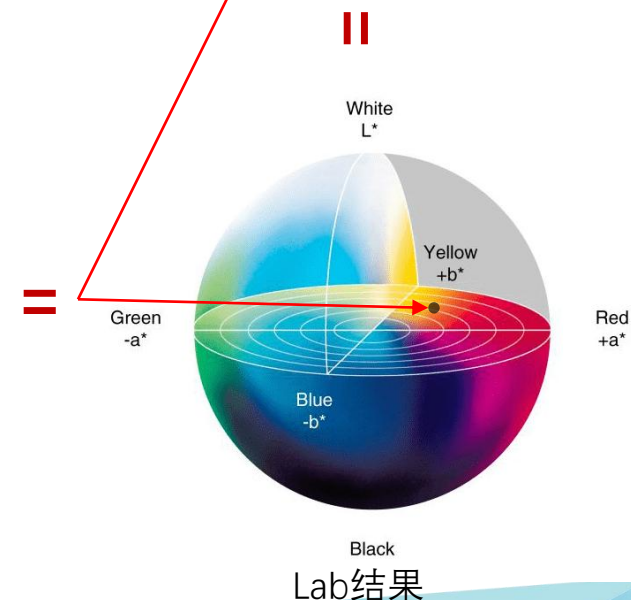
高光谱测试方案

高光谱测色原理

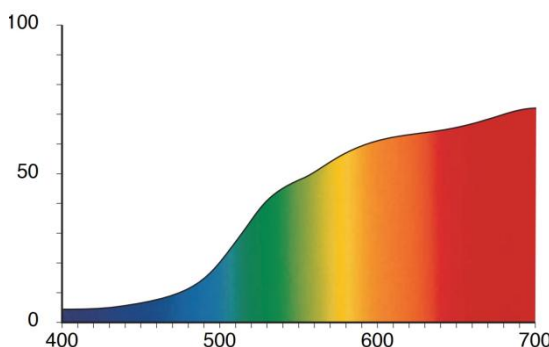
- 高光谱相机在获取物体各像素点的光谱后，进行计算获取反射率
- 同时获取人眼视觉光谱响应函数、光源的功率光谱
- 对上述三个光谱函数进行累积求和，计算得到颜色色域值
- 颜色色域值可以是: xyz、Lab、Lch、RGB等，这些参量可以互相转换



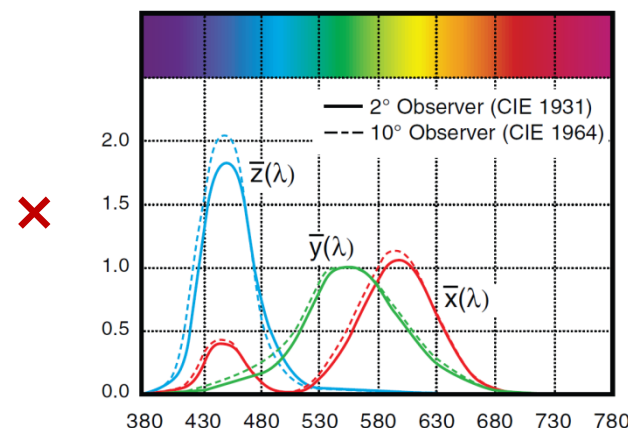
xyz结果



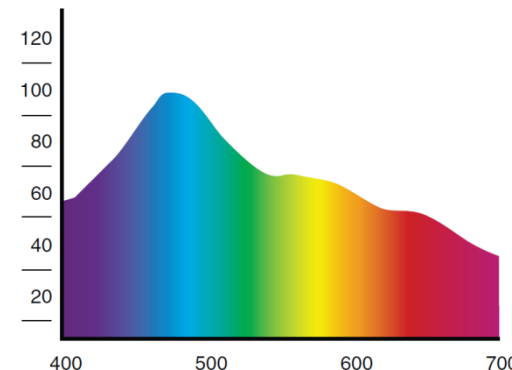
Lab结果



各像素点光谱



人眼视觉函数



光源功率光谱

核心设备简介



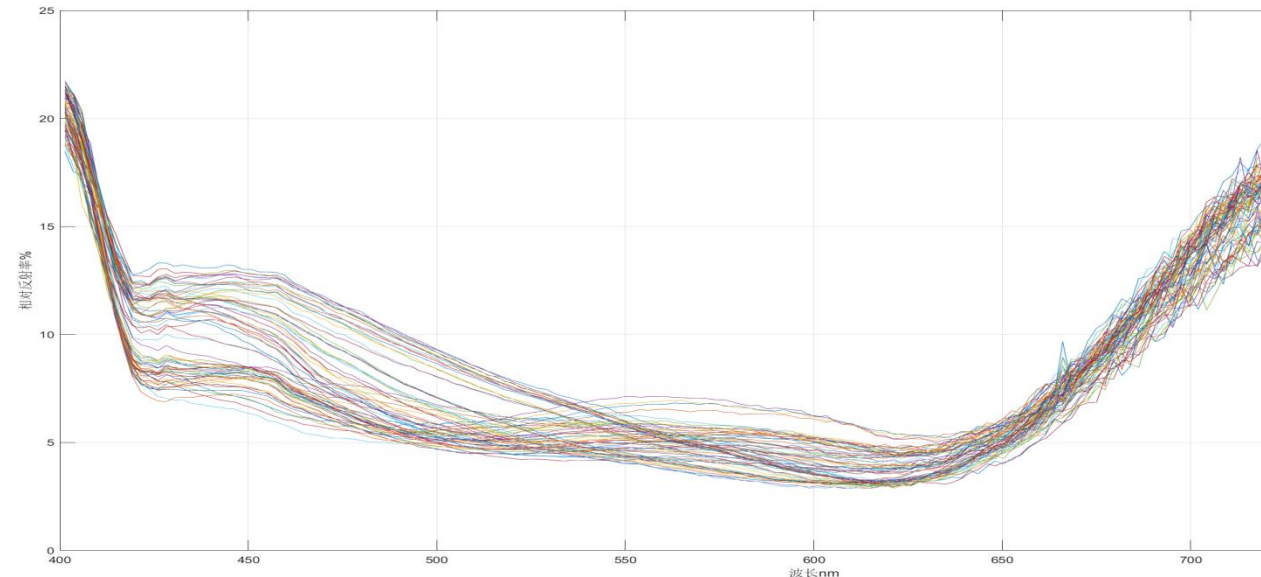
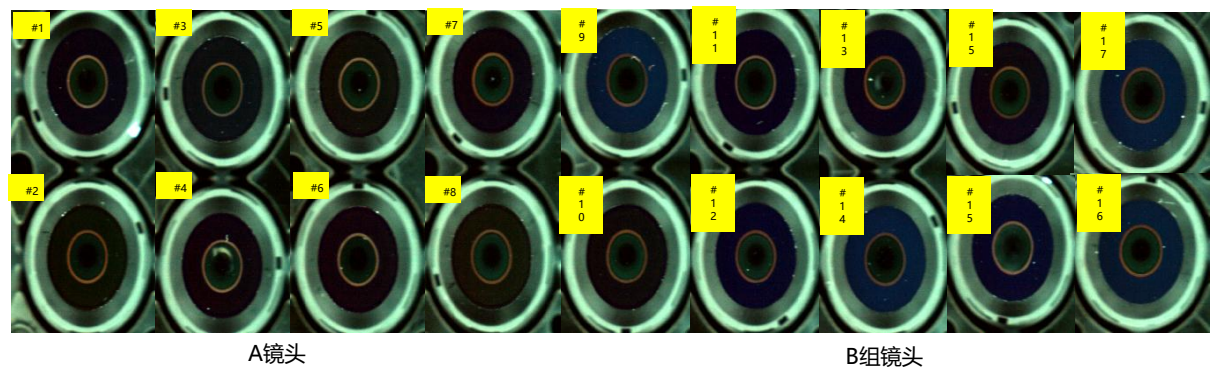
高光谱成像得核心检测设备是高光谱相机，高谱公司研发的高光谱相机采用领先的光栅棱镜分光系统，具有以下特点：

- 极窄带光谱，光谱分辨率优于2.8nm；
- 最高至300个光谱波段，颜色细分更精准；
- 宽视场角，典型FOV为14.4°，最大支持75°，满足不同场景的应用需求；
- 高空间分辨率，空间像素数最大达1920，分辨率可至微米量级；
- 高速度，最高速度可达128fps；

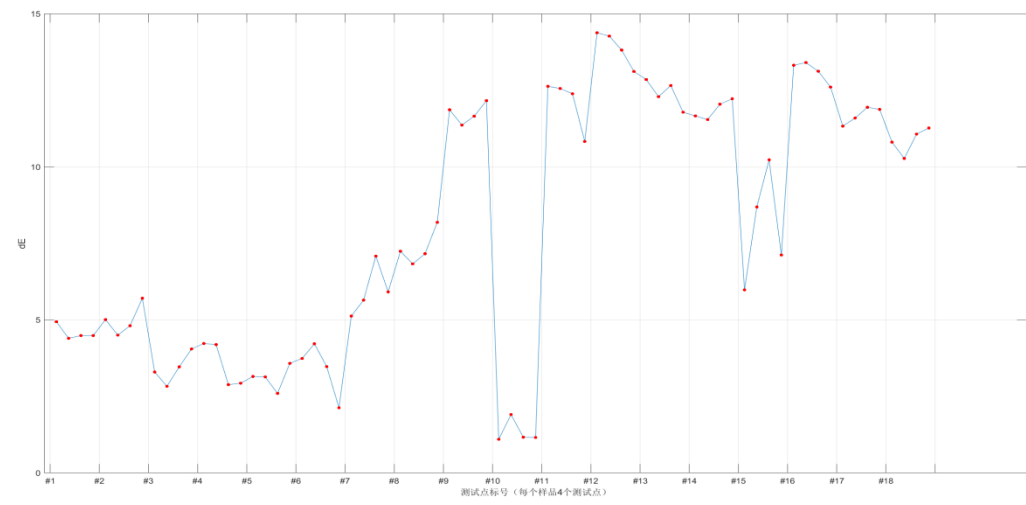
指标	可见/近红外高光谱相机 (VNIR)	
	HY-1230-01	HY-1230-02
光谱范围	400-1000nm	400-1000nm
采样间隔	2nm	2.3nm
探测器	CMOS	CCD
探测器接口	GigE / USB3.0	GigE
探测器供电	外部供电(12-24 VDC), 3W	外部供电, 12V, 4.3W
探测器原始分辨率	1920 x 1200	1392 x 1040
有效像素位深	12bits	12bits/16bits
狭缝宽度	25μm	25μm
推荐像元合并方式	4x4	4x4
空间维有效像元数	480	344
光谱波段数	300	260
视场角 (FOV)	15.6°@f=35mm	14.6°@f=35mm
瞬时视场角 (IFOV)	0.71mrad@f=35mm	0.71mrad@f=35mm
帧频	50fps/128fps	68fps
尺寸	约240mm x80mm x 70mm	约260mm x 80mm x 70mm

颜色检测案例 - 摄像头碗组色差检测

- 摄像头在大批量生产过程中，其后端碗组处会有一定的色差影响成像质量，实使用400-1000nm高光谱相机对其进行检测，并实用颜色转换算法可精准计算出LAB值差异，相比传统测色差装置具有准确度高、批量检测速度快等优势。



反射率光谱曲线



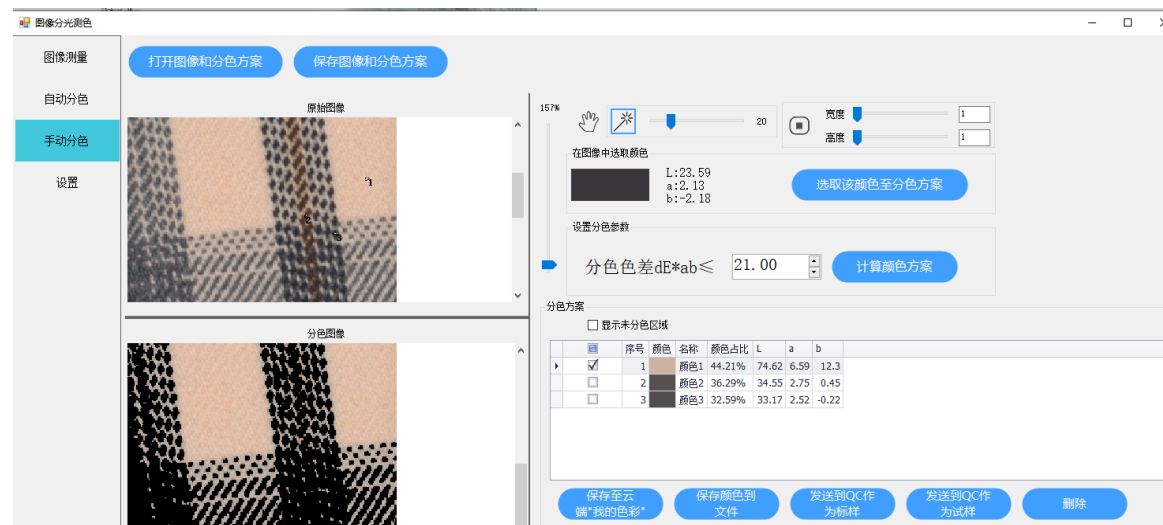
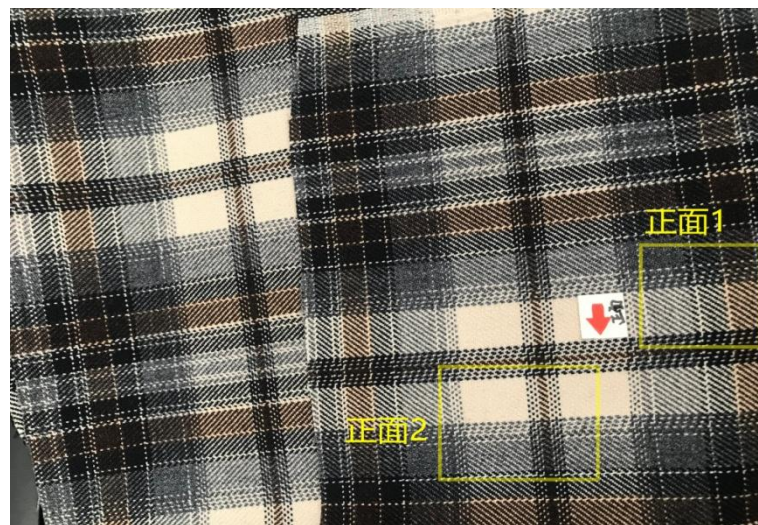
ΔE分布

	P1			P2			P3			P4		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
#1	25.30	4.82	-13.66	25.25	5.00	-12.89	25.90	3.42	-13.66	25.90	3.42	-13.66
#2	27.64	-0.66	-6.50	26.53	0.53	-6.09	27.15	-0.54	-6.69	27.75	-1.74	-6.95
#3	27.60	0.21	-10.31	27.18	0.67	-10.18	28.29	0.11	-10.22	28.24	-0.54	-10.05
#4	26.41	6.61	-11.97	26.14	7.15	-10.73	26.86	5.70	-11.05	27.01	5.21	-11.69
#5	28.35	1.77	-6.89	28.21	3.19	-6.41	28.57	2.41	-7.32	29.03	1.00	-7.29
#6	27.26	6.95	-10.55	26.79	7.48	-10.18	27.41	6.78	-10.18	27.91	5.43	-9.83
#7	26.29	6.94	-12.95	26.03	7.79	-12.68	26.35	7.27	-15.27	26.67	5.51	-14.91
#8	30.04	2.05	-2.82	29.45	2.82	-2.94	30.30	1.29	-3.22	30.67	0.23	-2.61
#9	29.31	-0.04	-20.65	27.75	1.42	-20.64	29.02	0.52	-20.63	29.84	-1.25	-20.43
#10	27.86	4.19	-8.83	27.36	5.09	-8.60	28.08	4.37	-9.43	28.29	2.92	-8.80
#11	25.23	9.99	-19.97	24.85	10.38	-19.55	25.46	10.10	-19.66	25.91	8.16	-19.04
#12	25.17	7.61	-23.00	24.63	7.80	-22.72	25.40	7.27	-22.55	25.62	6.23	-22.12
#13	25.29	7.23	-21.52	24.53	8.49	-20.24	24.78	8.18	-20.85	25.50	5.95	-20.78
#14	29.05	-0.03	-20.48	27.96	0.65	-20.65	29.01	0.18	-20.95	29.38	-1.17	-20.63
#15	27.61	7.40	-13.88	26.92	9.48	-15.61	27.80	9.57	-17.58	27.96	7.04	-15.53
#16	25.97	5.78	-22.46	25.04	6.52	-22.26	25.92	5.91	-22.23	26.08	4.86	-21.89
#17	29.05	-0.42	-20.00	27.80	0.49	-20.67	29.41	-0.69	-20.50	29.20	-1.59	-20.09
#18	29.36	-0.56	-19.32	27.89	0.73	-19.36	28.86	0.24	-19.96	29.13	-0.96	-19.71

lab值

颜色检测案例 - 纺织面料色差检测

- 高光谱成像技术能测量单色、多色和各种形状的织物，从采集的光谱图像中获取每个像素的颜色信息，从而实现高精度的颜色和色差检测。



名称	日期	光源/角度	L*	a*	b*	dL*	da*	db*	dE*ab	备注
Y2101142701-正面-1 白色	2021/2/4 17:52	D65/10°	60.63	-0.19	5.99	--	--	--	--	以样品正面1数据为标样； 如右侧图示，选取色彩区域，精度受选取区域影响。颜色区域选取越精确，差异越小，示例数据为粗选结果。
Y2101142701-正面-2 白色	2021/2/4 18:00	D65/10°	73.06	2.41	11.83	12.43	2.6	5.84	13.98	
Y2101142701-正面-1 黑色	2021/2/4 17:52	D65/10°	17.8	0.61	-2.69	--	--	--	--	
Y2101142701-正面-2 黑色	2021/2/4 17:59	D65/10°	22.92	0.33	-3.06	5.11	-0.28	-0.37	5.13	
Y2101142701-正面-1 黄色	2021/2/4 17:52	D65/10°	29.24	2.21	2.39	--	--	--	--	
Y2101142701-正面-2 黄色	2021/2/4 18:01	D65/10°	23.89	4.46	5.3	-5.35	2.26	2.91	6.49	
Y2101142701-正面-1 灰色	2021/2/4 17:52	D65/10°	37.79	-0.31	-0.75	--	--	--	--	
Y2101142701-正面-2 灰色	2021/2/4 18:00	D65/10°	42	-0.51	-0.92	4.22	-0.21	-0.17	4.23	



杭州高谱成像技术有限公司
Hangzhou Hyperspectral Imaging Technology Co.,Ltd

感谢聆听

一束光，识别更真实的色彩