

PCB 锡膏图像采集参数的研究^①

贾 末¹, 叶海建¹, 崔荔蒙²

¹(中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083)

²(北京理工大学 软件学院, 北京 100081)

摘 要: 利用图像处理技术对锡膏进行检测是锡膏检测中的一种新方法, 图像质量是确保图像检测精度的关键之一。图像采集对于保障图像质量来说有着至关重要的作用, 是最终获取图像有用信息所进行的一系列处理步骤中关键的第一步。重点研究了影响锡膏图像采集的焦距、曝光、增益三个主要参数, 并通过实验确定了焦距、曝光和增益等三个主要参数的合理取值范围以及快门速度与增益之间的函数关系。为锡膏图像采集参数的调整提供了依据, 也为后续研究锡膏图像采集的参数自动调整奠定了基础。

关键词: 采集参数; 图像测量; 锡膏检测

Solder Paste Image Acquisition Parameters of the PCB

JIA Mo¹, YE Hai-Jian¹, CUI Li-Meng²

¹(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

²(Software College, Beijing Institute of Technology University, Beijing 100081, China)

Abstract: Detection of solder paste by image processing is a new approach in the solder paste inspection. image quality is one of the keys to ensure the accuracy of image detection. The image acquisition is a vital role for the protection of image quality. It's also a critical step in a series of processing steps to eventually obtain images useful information. This paper focuses on three main parameters of focal length, exposure and gain affecting the quality of solder paste image acquisition. The experimental demonstration of the reasonable range of the three main parameters of the focus, exposure and gain. As well as the functional relationship between shutter speed and gain. Providing a basis for the adjustment of solder paste image acquisition parameters, but also laid the foundation for the follow-up study for parameters adjustment automatically of the paste image acquisition.

Key words: acquisition parameters; image measurement; solder paste inspection

随着电子技术的进步, 印刷电路板(PCB)日趋复杂化、微型化、密集化, 传统的人工目检方法, 已无法满足检测精度的要求。计算机图像处理技术具有处理速度快、灵活性高、精度高等特点, 其应用可以有效提高 PCB 锡膏的检测精度, 因此, 利用图像处理技术对 PCB 锡膏进行检测正日益成为 PCB 锡膏检测技术中一种新的发展趋势和研究热点。

图像质量是确保图像检测精度的关键之一。尽管人们可以通过后续的图像处理技术来改善图像质量, 但把好图像采集的第一关, 仍然是十分重要的, 因为

它可以降低后续处理的难度和复杂度, 提高系统的稳定性, 这对集成度和密度很高的 PCB 尤其如此。正确选择采集参数是保证图像质量的关键。本文重点对影响图像采集效果的焦距、曝光和增益三个主要参数进行了研究。

1 焦距对图像采集的影响

焦距, 也称为焦长, 是指从镜片光线中心到 CCD 或 CMOS 等成像平面的距离^[1]。镜头高度一定时, 焦距的不同会影响像素的标定(单个像素所代表的实际

^① 收稿时间:2012-05-23;收到修改稿时间:2012-06-19

尺寸),从而影响相同画面区域内采集的目标区域的大小。像素标定越大,采集的目标区域也越大,相反则越小。为了便于图像后期处理,应尽量减小背景图像在画面中占的比例,这样可有效减小因背景噪声等因素给后期图像处理及运算带来的负担。为了保证目标图像在整个画面中的比重,需要根据被测目标的尺寸来选定合适的像素标定和镜头高度。目前工业检测中常用的镜头为焦距 12mm 和焦距 8mm 镜头。表 1、表 2 分别列出了两焦距下的像素标定和镜头高度。

表 1 焦距 12mm 时不同像素标定对应的镜头高度

像素标定(μm)	25.63	29.38	33.75	36.50	40.00
镜头高度(mm)	50	60	70	80	90
像素标定(μm)	43.88	46.25	50.00	55.00	58.75
镜头高度(mm)	100	110	120	130	140

表 2 焦距 8mm 时不同像素标定对应的镜头高度

像素标定(μm)	34.50	40.00	45.00	50.00	56.25
镜头高度(mm)	50	60	70	80	90
像素标定(μm)	60.38	67.13	72.25	77.50	81.38
镜头高度(mm)	100	110	120	130	140

对所得数据分别进行一次、二次拟合得到如下的拟合函数:

$$y_{12,1} = 2.7793x_{12,1} - 21.4935 \quad (1)$$

$$y_{12,2} = -0.0063x_{12,2}^2 + 3.3073x_{12,2} - 31.9708 \quad (2)$$

$$y_{8,1} = 1.8808x_{8,1} - 14.9101 \quad (3)$$

$$y_{8,2} = 0.0015x_{8,2}^2 + 1.6988x_{8,2} - 9.9152 \quad (4)$$

其中 $y_{i,j}$ 表示焦距为 i (mm) 时,拟合的 j 次函数。

根据所得函数拟合的曲线如图 1 所示。

由图 1 可知,拟合的一次函数与二次函数曲线非常接近,而一次函数的计算量更小,因此最终选择一次函数作为像素标定与镜高的关系函数。

焦距除了与图像的标定有关外,还与光的聚集程度有关。聚光程度的强弱主要取决于:快门速度和图像熵。为验证结论作如下实验:在光照强度、镜头高度一定的情况下,分别计算焦距 12mm 和焦距 8mm 不同快门速度下的图像熵。

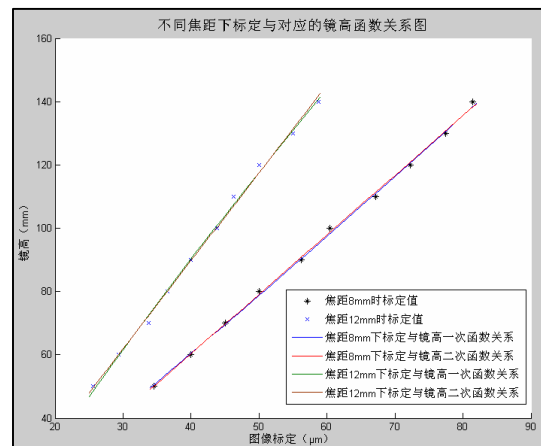


图 1 不同焦距下像素标定与镜头高度拟合曲线

图像熵表示为图像灰度级集合的比特平均数,其大小表示了图像像素点灰度分布的离散程度,在一定程度上可以表征图像的锋利程度^[2]。根据香农信息论原理,熵最大时信息量最多,此时图像最清晰。根据其相关理论,图像熵可表示为:

$$H_p = -\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n p(i, j) \ln[p(i, j)] \quad (5)$$

其中 $p(i,j)$ 表示像元 $x(i,j)$ 的灰度值在图像中出现的概率。

为了提高实验效率,采用逐步细化的实验方法即在实验结果的基础上逐步细化取样空间及取样间隔,直到最终确定熵值趋于稳定的最大值。表 3 列出了焦距 12mm 取样间隔 20ms 时,快门速度 20-156ms 下的图像熵。

表 3 取样间隔为 20ms 时快门速度 20-156ms 下的图像熵

快门速度 (ms)	20	40	60	80	100	120	140	156
图像熵 (b/p)	5.03	5.97	6.51	6.81	6.91	6.87	6.75	6.65

由以上数据进一步细化取样空间到 80-140ms, 细化取样间隔为 10ms, 得到表 4。

表 4 取样间隔为 10ms 时快门速度 80-140ms 下的图像熵

快门速度 (ms)	80	90	100	110	120	130	140
图像熵 (b/p)	6.81	6.86	6.91	6.88	6.87	6.80	6.75

由以上数据结果,进一步细化,得到表 5。

表 5 取样间隔为 5ms 时快门速度 90-120ms 下的图像熵

快门速度 (ms)	90	95	100	105	110	115	120
图像熵 (b/p)	6.86	6.88	6.91	6.89	6.88	6.87	6.87

用同样方法得到了焦距 8mm 时, 图像熵最大时对应的快门速度区间, 如表 6 所示。

表 6 焦距 8mm 时最大图像熵对应的快门速度区间

图像熵 (b/p)	6.89	7.05	7.08	7.04	6.96	6.88	6.78
快门速度 (ms)	25	30	35	40	45	50	55

通过对焦距 8mm 和焦距 12mm 下采集图像的最大熵及所对应的快门速度对比可知, 采用焦距 8mm 镜头采集图像的图像熵比焦距 12mm 镜头采集图像的图像熵更大, 而对应的快门速度值更小。综合以上两点分析, 说明焦距越小光的聚集程度越高。

2 曝光对图像采集的影响

曝光是指从景物到达相机光通量大小的物理量。曝光过度, 图像看起来较亮; 曝光不足, 图像看起来较暗。实际中常用曝光值来反映光通量的大小。

2.1 曝光值

曝光值 (Exposure Value, EV) 是表示摄影镜头光通量的一个数值, 是光圈值与快门速度的一个组合^[3]。光圈越大, 快门速度越慢, 通光面积和时间就越大, 此时曝光值也越大。

为了确定合理的曝光值, 同样采用逐步细化的方法分别计算了不同曝光值下采集的图像的图像熵。计算结果如表 7、8、9、10 所示。

表 7 取样间隔 1.0EV 时不同曝光值下采集图像的图像熵

曝光值 (EV)	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
图像熵 (b/p)	3.00	3.77	4.63	5.52	6.52	6.92	5.12

表 8 取样间隔 0.4EV 时不同曝光值下采集图像的图像熵

曝光值 (EV)	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
图像熵 (b/p)	6.52	6.68	6.84	6.67	6.28	5.12

表 9 取样间隔 0.1EV 时不同曝光值下采集图像的图像熵

曝光值 (EV)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
图像熵 (b/p)	6.76	6.80	6.83	6.84	6.87	6.92	6.73

通过对以上数据的分析可知当曝光值为 1.0EV 时,

采集的图像效果最佳, 此时图像熵最大。当曝光值低于该值较多时图像比较暗, 锡膏图像会出现缺失现象。高于该值较多时, 图像会比较亮, 锡膏图像会出现粘连现象。无论缺失还是粘连都会影响最终锡膏的检测结果。为了验证结论, 分别对曝光不足、曝光过度及曝光值为 1.0EV 时采集的图像进行二值化处理和边缘检测。得到图 2、3、4、5、6、7。其中图 6 为合理曝光时原始比例图像边缘检测的结果, 图 7 为其局部放大图。由图 7 可以看出, 最佳曝光下采集的图像处理后轮廓清晰, 能够有效保障后期锡膏检测的精度。

表 10 取样间隔 0.03EV 时不同曝光值下采集图像的图像熵

曝光值 (EV)	0.91	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09
图像熵 (b/p)	6.88	6.89	6.90	6.92	6.77	6.76	6.73

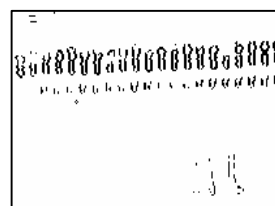
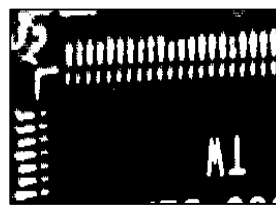


图 2 曝光不足二值化图 图 3 曝光不足边缘检测效果

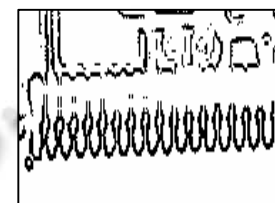


图 4 曝光过度二值化图 图 5 曝光过度边缘检测效果

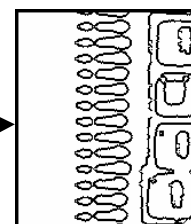
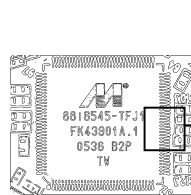


图 6 原始图边缘检测效果 图 7 局部放大图

通过以上研究, 得到了最佳曝光值, 而曝光值由光圈和快门共同决定, 接下来进一步研究光圈与快门的的关系, 以便能够通过调节光圈与控制快门使曝光值达到最优。

2.2 光圈对图像采集效果的影响

光圈是一个用来控制光线透过镜头进入机身内感光面光量的装置^[4]。表达光圈常用光圈 F 值表示。

光圈 F 值=镜头的焦距/镜头光圈的直径

光圈 F 值越小通光孔径越大，在同一单位时间内的进光量便越多，而且上一级的进光量刚好是下一级的两倍。在快门速度一定时，光圈越大，进光量越多，画面越亮；光圈越小，画面越暗。图 8、图 9 分别为光圈值 F16 和 F8 时采集图像的二值化效果。

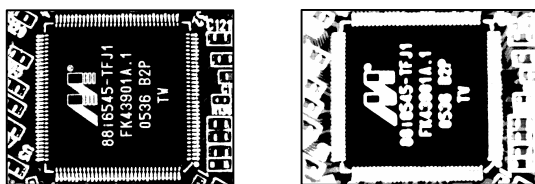


图 8 F16 时图像二值化效果 图 9 F8 时图像二值化效果

由图 8、图 9 对比可见，当光圈值为 F8 时虽然与光圈值 F16 时相比，通光量只扩大了 4 倍，但锡膏已无法清晰识别。通过进一步实验验证，光圈 F 值越小，光通量越大，采集的图像越亮，处理后效果也越差。因此为了保证图像质量，应尽量采用 F 值较大的光圈。

2.3 快门速度对图像采集效果的影响

快门速度是反映曝光时间长度的物理量^[4]。快门速度快，曝光时间短，曝光量较小，图像偏暗，图像进行处理时出现缺失现象，如图 10 所示。快门速度慢，曝光时间长，曝光量较大，图像偏亮，图像进行处理时出现粘连现象，如图 11 所示。

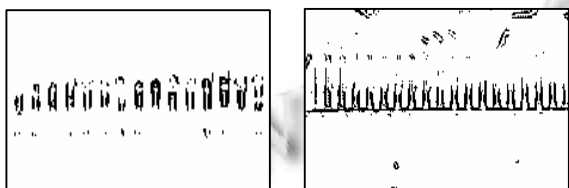


图 10 快门速度快图像缺失 图 11 快门速度慢图像粘连

为了确定快门速度的最佳范围，分别计算了不同快门速度下采集的图像的图像熵。计算结果如表 11、12、13 所示。（根据实验对比分析采集图像时选用焦距 12mm 镜头，光圈值设定为 F16）。

表 11 取样间隔 20ms 时不同快门速度下采集图像的图像熵

快门速度 (ms)	20	40	60	80	100	120	140	156
图像熵 (b/p)	5.03	5.97	6.51	6.81	6.91	6.87	6.75	6.65

表 12 取样间隔 10ms 时不同快门速度下采集图像的图像熵

快门速度(ms)	80	90	100	110	120	130	140
图像熵 (b/p)	6.81	6.86	6.91	6.88	6.87	6.80	6.75

表 13 取样间隔 5ms 时不同快门速度下采集图像的图像熵

快门速度(ms)	90	95	100	105	110	115	120
图像熵 (b/p)	6.86	6.88	6.91	6.89	6.88	6.87	6.87

由以上数据分析可知，当快门速度控制在 95ms-110ms 时，图像熵稳定在 6.90(b/p)左右，此时采集的图像效果最佳。低于该范围时，曝光不足，图像偏暗。超过该范围时，曝光较强，图像偏亮。

3 增益对图像采集的影响

增益是通过放大电路对输入信号进行放大。通过实验发现光圈一定时，曝光值的改变受增益与快门速度的共同影响。表 14 列出了光圈值 F16，曝光值为 1.0EV 时不同快门速度对应的增益值。

表 14 曝光值 1.0EV 时不同快门速度对应的增益值

快门速度(ms)	11.5	20	30	40	50	60
增益 (db)	24.03	17.28	13.97	11.47	9.61	8.09
快门速度(ms)	70	80	90	100	110	120
增益 (db)	6.76	5.60	4.61	3.77	2.96	2.29
快门速度(ms)	130	140	150	156		
增益 (db)	1.69	1.06	0.56	0		

利用最小二乘法分别对数据进行二次、三次拟合，得到如下函数关系：

$$y = 0.0012x^2 - 0.3317x + 24.3549 \quad (6)$$

$$y = -0.000014544x^3 + 0.0048x^2 - 0.5878x + 28.5779 \quad (7)$$

其中 x 代表快门速度，y 代表增益。

将快门速度带入拟合函数中进行计算得到表 15、16。

表 15 拟合函数计算结果对照表 1

x	11.5	20	30	40	50	60	70	80
y ₁	20.70	18.20	15.48	13.01	10.77	8.77	7.02	5.50
y ₂	22.43	18.63	14.87	11.82	9.37	7.45	5.96	4.83

表 16 拟合函数计算结果对照表 2

x	90	100	110	120	130	140	150	156
y ₁	4.22	3.18	2.39	1.83	1.51	1.44	1.60	1.81
y ₂	3.95	3.25	2.64	2.03	1.33	0.46	-0.68	-1.52

其中 x 表示快门速度，单位 (ms)，y₁ 代入公式

(下转第 122 页)

为此,引入文章评价评价体系,来区分文章的质量。

将文章阅读次数 (R_i)、引用次数 (Y_i)、收藏次数 (S_i)、下载次数 (D_i)、检索次数 (J_i)、检索结果符合程度 (G_i)、文章标签规范度 (B_i)、新颖度 (X_i)、好评次数 (H_i)、差评次数 (C_i)、文章作者信誉 (Z_i) 等 11 个指标作为评价文章质量的依据,这 11 个指标的权重分别表示为 R_r 、 Y_r 、 S_r 、 D_r 、 J_r 、 G_r 、 B_r 、 X_r 、 H_r 、 Z_r 。一篇文章的积分为:
 $T_w = R_i R_r + Y_i Y_r + S_i S_r + D_i D_r + J_i J_r + G_i G_r + B_i B_r + X_i X_r + H_i H_r + C_i C_r + Z_i Z_r$ 。
 对应领域的人员可根据文章的评价积分,选择使用知识库的文章信息,以供中小企业业务开展参考使用,为协同生产和信息共享奠定技术基础。

5 结论

本文通过对 Web2.0 在中小企业协同生产中的应用模式研究,提出了中小企业任务外包的威客模式;方便中小企业联盟合作的社交网络和知识库的自组织

技术、评价体系等,本文研究技术平台开发,将会帮助中小企业缓解人力资源短缺、资金不足和配套服务少的发展现状。

参考文献

- 1 严隽琪,马登哲,范菲雅,倪炎榕.面向中小企业信息化的 ASP 平台研究与开发.计算机集成制造系统,2005,11(2): 178-182.
- 2 陈慧.Web2.0 及其典型应用研究[硕士学位论文].上海:华东师范大学,2006.
- 3 赵春琳.Web2.0 环境下用户参与的信息组织研究[硕士学位论文].长春:吉林大学,2010.
- 4 杨曦.基于 SSH 的 SAAS 平台的设计与实现[硕士学位论文].长春:吉林大学,2009.
- 5 倪奕,余淮,陈侃,朱培栋.基于维基百科的社会网络分析研究.计算机技术与发展,2011,21(12):1-4.
- 6 闫鹏飞,王尚峰.基于本体的风机知识库的设计.风机技术,2007,4:56-59.

(上接第 113 页)

(6) 计算结果,单位 (db), y_2 代入公式 (7) 计算结果,单位 (db)。

将实测值 y 与计算值 y_i 的差的平方和最小作为“优化判据”。即:

$$S_i = \sum (y - y_i)^2 \quad (8)$$

经计算可得: $S_1=24.04$, $S_2=10.71$

因此,拟合的三次函数最优,于是本文得到了快门速度与增益之间的最优关系:

$$y = -0.000014544x^3 + 0.0048x^2 - 0.5878x + 28.5779$$

由于利用增益对输入信号进行放大时,在主体信号被放大的同时,背景(噪声)信号也不可避免的被放大,因此通常情况下,信号增益都被保持在一个较小的范围内,从而保证主体的图像效果,尽量避免背景及噪声的影响。

4 结语

以上分别对影响图像采集质量的焦距、曝光、增益三个主要参数进行了研究,并通过实验确定了三个参数合理的取值范围及快门速度与增益的三次函数关系。为锡膏图像采集参数的调整提供了依据,也为后续研究锡膏图像采集的参数自动调整奠定了基础。同时有效保证了图像采集的质量,为后期图像处理减轻了负担。

参考文献

- 1 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%84%A6%E8%B7%9D>.
- 2 行长印,毛亚杰,杨立宏.基于图像熵的自动曝光设计.长春理工大学学报(自然科学版),2009,32(1):28-30.
- 3 徐培凤,李正明,孙俊.基于图像的自动曝光算法研究.光学仪器,2005,4:27(2):59-61.
- 4 刘静.浅谈摄影中光圈和快门的使用技巧.科技信息,2009,(2):163.