

**新标准
可靠验证
二维数据矩阵码**
白皮书

COGNEX 康耐视

现在本行业有了能可靠验证二维数据矩阵码的标准。您可以使用什么度量标准和方法来评估一个标志的整体质量呢？

作者：康耐视公司高级总监及ID产品业务部门经理 Carl W. Gerst III

引言

从零售中的结帐和库存管理到电子产品生产中跟踪印刷电路板的序列号应用，常规条形码（如通用产品代码，或UPC码）已经得到广泛的接受。为了增加字符内容和以较小的空间存储信息，各公司已经开发出二维的替代品。其中一种是将方格或圆点放在一个矩形的图案中，称为数据矩阵，已被采纳为标准。其边界由两条相邻的实心边（“L”）组成。而相对的边由相同间距的点组成。这种条形码几乎可以允许用户将厂家、元件号、批次号和序列号等信息存储在任何元件、组件或成品上。例如，一个3毫米的正方形中可存储多达50个字符。

成功使用该类代码要求读取时应达到或超过各公司通过条形码技术所取得的速度。反之，保证了这一点，也就意味着建立了一个可靠的标准来验证代码的质量。设立该类标准的初步尝试曾认为，二维码和作为其前身的一维条形码一样，是用黑色墨水印刷在白色标签上的。

但是，制造商却有不同的想法。标签可能会污损或脱落。于是各公司开始将代码应用在被识别的产品上。使用点码或激光蚀刻等方法用条码对产品进行标识，常常使产生的代码产生低对比度、定位不佳或尺寸不一致等问题。另外，标识的表面可能褪色、缺损或高反射，并且很少和白色标签一样洁净如一。读取这样的代码直至现在仍是一大挑战。照明技术和机器视觉算法的进展使强劲和可靠的读码解决方案得以发展。

确保高读取速度的第一步是确保标识流程可放置一个好的代码。尽管这听起来基本上很简单，至今验证代码质量仍是困难重重的事。读码器可以轻松解码的代码常常与为白底黑色印刷所设计的验证标准不相符。近期批准通过的 AIM（自动识别和行动技术协会）直接元件标识（DPM）质量准则 DPM-1-2006，目的在于处理 DPM 应用中使用的各种标识技术和元件材料。

标识技术

制造商可使用激光，以及通过点码、电化学蚀刻和喷墨打印对元件进行标识。每种技术根据元件预期寿命、材料成分、可能的环境磨损和生产量适于特定的应用。表面结构、标识需要包含的数据数量、可用的印刷空间以及标识的位置也可影响选择。（参见图1-7）

在点码方法中，一只碳化物或金刚石笔尖以气动或机电方式击打材料表面。有些情况下可能要求在标识前对表面做一些准备，以便让结果更容易辨识。读码器调节照射角来加强形成标志的印痕和元件表面之间的对比度。该方法成功与否取决于是否通过遵循标识器上规定的保养程序，来确保点的尺寸和形状以及监督笔尖是否过度磨损。汽车和航天行业常使用该种方法。

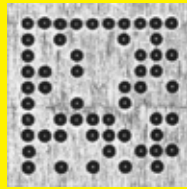


图1. 直接标识在有铣削表面的元件上的点码的原始图像。

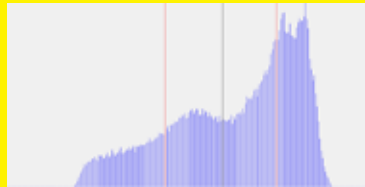


图2. 显示该代码的符号和静默区中所有图元的灰度值（0 = 纯黑，255 = 饱和白）的直方图。为了解码该符号，点的灰度值根据值在阈值（中心垂直线）的那一侧判定为1或0。接近阈值的灰度值更难以稳定地判定。

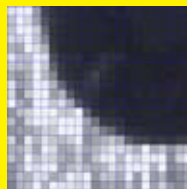


图3. 符号中单个点的特写表明“边线”图元如何显示迅速变化的灰度值。



图4. 仅包括代码中每个点的中的直方图（不包括边线图元）显示了与图2相比1值和0值之间的清楚分隔。



图5. 使用图4的直方图中的阈值（中心垂直线）获得的仅包括1或0的值的二值化图像。

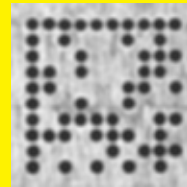


图6. 标识点阵尺寸的50%和80%的合成孔径同步应用到原始图像上，以达到灰度值的平均数。

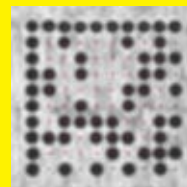


图7. 红点显示取样网格中心点来取得每个点阵图像的1个图元。

激光蚀刻方法中，激光加热元件表面上的小点，使其熔化、蒸发或改变从而留下印记。该方法可产生圆形或方形的矩阵元。对于较密集的信息内容，大多数用户更青睐于方形。其成功与否取决于激光和元件表面材料之间的互动。激光标识提供了高速度、一致性和高精度，是适合半导体、电子和医疗设备行业的理想组合。

电化学蚀刻（ECE）通过一个模板氧化表面金属来产生标识。标识器将模板夹在元件表面和浸有电解液的垫子之间。剩余部分的工作由低压电流完成。ECE对圆形表面和对应力敏感的元件效果较好，包括喷气发动机、汽车和医疗设备元件。

DPM的喷墨打印机与大家熟悉的PC打印机的工作原理相同。它们可精确地将墨滴喷射到元件表面。液态的墨水蒸发，留下印迹。喷墨标识可能要求提前对元件表面进行准备，这样标识不会随着时间的推移而褪色。其优点包括对移动的元件进行快速标识以及很好的对比度。

在任何情况下，只要可能，制造商应在标识周围设置一个空白区域，这样就不会有任何特征、元件边线、噪声或其它干扰与代码接触。

DPM方法的范围意味着标识的外观在不同的情况下可能有很大的差异。除了所选的标识方法，元件可以有不同的颜色或形状并可用不同的材料制成。表面类型包括光滑的、有沟痕的、有条纹的、有条痕的或粗糙的颗粒状。任何验证方法必须在所有情况下提供可靠和一致的结果。

验证 – 老方法

迄今为止，DPM应用的行业标准和最终用户对于判定标识质量没有太多的选择。ISO/IEC16022 国际规范规定了如何印刷（或标识）数据矩阵码（代码结构、符号格式、解码算法等）。虽然 16022 标准原本包含了一些质量度量，该作者从未计划用它来进行验证。这项任务留给了五年后出现的 ISO/IEC 15415。

因为 15415 的设想目标是高对比度的白色标签上的黑色标识，它只定义了一种照明方法。验证许多DPM标识并同时遵循该限制，就好像是让一位摄影师进入一个暗室，并尝试不用闪光灯拍照。如果照明不适合使验证器抓取一个好的图像，用于评估标识质量的任何度量都没有了意义。如果从垃圾入手，您最终得到的仍将是垃圾。

15415标准要求在使用前用一张显示有已知的白度值的白色卡片对验证器进行校准（如NIST认证的校准卡）。校准涉及调整成像系统设置（例如，相机曝光或增益），从而使校准卡上的白度值与已知值对应。一旦校验后，这些设置—包括照明特性—从不变化，不管是何种标识方法、材料或表面特性。另外，该类要求可产生纸标签可接受的图像。但是，根据标识方法以及该元件的反射性，由DPM元件固定设置所产生的图像，在大多数情况下会曝光不足或曝光过度。

代码的验证包括分析该代码的直方图。一个8-bit相机所抓取每个图像的像素，可以为256个灰度值的任何一个。直方图形象地描述了每个可能的灰度值下，图像中的像素数所呈现出的值分布的情况。一个标识清楚的代码直方图应显示两个明显并清楚分离的峰值。没有明显的峰值，区分1和0，并将存储在代码中的信息进行解码变得尤为困难，就像在雨中开车时辨认道路标志。（见图2和图4）

当应用15415标准单一的照明配置以及强制性固定的相机设置时，DPM标识（如一片金属上的一个蚀刻代码）出现的一个常见问题是图像更像是黑底灰字，而不是白底黑字。产生的直方图峰值要不明显得多。

一个标准的评估标准是符号的对比度—最低（“黑色”）和最高（“白色”）的直方图值之间的跨度。使用DPM标识上的固定设置使“白色”在衡量尺度上大打折扣，产生较低的对比度和不合格分。我们需要一个标准的自动曝光程序来如下描述优化该元件反射的光。

即使是优化的图像，当分析15415中的直方图时，会出现另一个问题。因为它们是由独立过程创建的，实际DPM代码的直方图一般不显示前景和背景相同尺寸或对称的分布。

那么，您如何区分前景和背景呢？

ISO/IEC15415选择基于直方图最暗值（最小反射率）和其最亮值（最大反射率）之间中点的一种极其简单的方法。当然，该方法只有当两个峰值的分布相同时才会产生正确的阈值，而这种情况从未发生过，甚至连纸标签也没有。如果把所有像素包括在符号区域时，这种情况将会加剧。理想情况下，一个良好的代码的图像只包含三种类型的灰度值分布：前景、背景和边线。“边线”像素将前景与背景分开。

该区域中的灰度值迅速变化。当移动跨越该区域时，灰度值从前景的暗值转变为背景的亮值。边线的像素形成了两个峰值之间的直方图区域，使峰值显得不那么明显，从而可能平衡了从代码提取的任何信息。只使用来自前景和背景模块中心的信息可产生网格中心图像。与该类图像对应的直方图—网格中心直方图，完全不包含边线像素。

额外的图像处理步骤包括应用低通过滤器，称为 *合成孔径*，孔径尺寸为正常的单个点阵尺寸的一个特定部分。在计算网格中心直方图前使用合成孔径，可通过消除热点和（如切削符号等）背景噪声，有助于使网格中心像素更能代表实际模块。

一种确定正确阈值的简单但精巧的算法检查，来自于网格中心直方图的每个灰度值，计算向其左侧和右侧的变化。这两种变化的总和达到最低值的点，代表前景和背景峰值的最佳分隔点。

15415的另一个问题是它根据应用建立了一个固定的合成孔径，该孔径取决于该应用所遇到的最小模块大小。合成孔径的创建是为了连接点码的点，这样它们在二值化后看上去仍是相连的。虽然这种方法不是达到目标的最好办法，但它还有其它优点，例如减少了热点。不过，合成孔径不应保持不变，而应为每个要验证的标识采用一个合适的值。新标准选择了两个值，因为形成较大数量的背景噪声的标识和表面，例如，铸涂表面的点码更适合较大的孔径，较小的孔径更符合标识清楚的代码的要求。

确定最佳孔径大小比较困难。根据经验分析，我们选择了两个值：额定点阵尺寸的50%和80%。额定点阵尺寸随不同的标识而变化，因此，合成孔径是动态的，而不是与15415标准中一样是固定的。制造商用两个孔径尺寸进行了整个验证程序并选择产生更好效果的一个。

应用了合成孔径后，通过分析网格中心直方图使用迭代程序来获得最佳图像。成像系统迭代调节，这样较亮像素的均值会接近根据经验判定的值 200 加上或减去10%（在一个8-bit相机上）。这种方法的优点是它对任何标识方法、材料或表面特性都有效。相机设置可能对不同的标识并不相同，但是它只需几微秒就可调节到该相机的正确动态范围。一旦取得了最佳图像，度量必须确定该标识的质量。有些标识可能需要一些极端的光能来使该程序成功。最小反射率的度量的创建正是为了用于这一方面。与如NIST校准卡等标准化白目标所需的光能相比，该度量根据调节亮像素均值到200所需的光能进行分级。

标准验证度量

我们现在有了最佳的图像、格式正确、代表每个点阵的灰度值的直方图以及一个最佳的全局阈值。我们终于可以开始分析标识的不同方面了。ISO/IEC15415 在正确的方向上迈出了一大步。它包含了许多好的度量。但是，环境条件的不灵活性减少了其应用。这些度量的计算方法也显示出其局限性，将对DPM标识和纸标签产生障碍。

以下度量和方法构成了评估标识的总体质量的AIM DPM标准：

- **可解码性** 。这一检测度量使用由AIM DPM标准改进的一个参考解码算法，来处理和解码已分离定位图形的标识。参考解码算法负责建立验证所需的网格中心点。
- **点阵对比度（CC）**。名称改自15415中的*符号对比度*，以反映其测量内容的明显差别。点阵对比度并非判定最亮和最暗值之间的差异（非常多变），而是测量其均值之间的差异。区分黑色和白色点阵的能力，取决于直方图中的两个分布是否接近。
- **点阵调制（CM）**。如上所述，标识清楚的代码要求亮值和暗值均分布紧密。如果每个峰值的标准偏差加大，有些中心点将接近阈值，甚至可能超出。点阵调制在考虑了代码中可用的纠错数量后，在数据范围内分析网格中心点，以确定灰度值与全局阈值的接近性。导致调制不佳的典型问题包括印刷增长和点阵定位不佳。
- **固定图形损伤（FPD）**。该度量与点阵调制相似，但是它不是针对数据范围本身，而是分析定位器“L”和时钟图形以及代码周围的静区。读取代码的第一步是找到它。定位图形或静区的问题将减少固定图形损伤评分。
- **未使用纠错（UEC）**。数据矩阵加入了Reed/Solomon纠错。每个网格中心点应位于全局阈值正确的一侧。如果是这样，二值化的图像看上去会象该代码的一个完美的黑白图案。有些中心点会落在错误的一侧，这并不少见。任何该类比特都被认为是比特错误，需要通过Reed/Solomon 算法进行处理。需要纠错的数量随着比特错误的数量而增加。一个不需要纠错的完美标识将取得100%的UEC评分。纠错越多，UEC评分越低。评分为0的代码再多一个比特错误就无法读取。
- **轴向不均匀度（ANU）**。描述了模块的方正度。
- **最小反射率（MR）**。用于校准系统的NIST可追踪卡创建了一个校准过的系统反射率值。对一个新元件上的图像亮度进行调节，然后经过校准的值与该元件的反射率进行比较。反射率低于NIST标准卡的元件，将需要相机有更多的光能达到合适的图像亮度。MR为元件反射率与校准后反射率的比。每个元件必须提供至少最低程度的反射率。

- **网格不均匀度（GNU）。**通过与标称的平均间隔的网格进行比较来认定模块的放置。
- **最终等级。**和ISO/IEC 15415一样，该代码的最终等级为独立度量中的最低。因为分级系统使用字母等级，用户常常感觉必须要取得可能的最高等级（就像大学学生一样）。但是，这种情况下，等级D以上表示可完美读取的代码。事实上，如今市场上的大多数读码器都可稳定地读取等级F的代码。要求如B级或B以上等级的公司其实是大材小用。使用AIM DPM准则时，我们建议对评分为C或C以上的代码放行，对评分为D的任何代码是否放行需要进一步研究。

~

关于作者

Carl Gerst是位于马萨诸塞州Natick郡1 Vision Dr. (01760) 康耐视公司的高级总监及ID产品业务部门经理；电子邮件carl.gerst@cognex.com。他在8年前加入康耐视公司，主管In-Sight®通用视觉产品线的投产和产品营销活动。2003年，Carl接管DPM（直接元件标识）识别活动的产品营销，并创建了ID产品业务部门。加入康耐视前，Carl在Hand Held Products公司任职 10年，曾担任工程、销售和产品营销职务。他持有克拉克森大学的电气工程专业学士学位以及罗彻斯特大学西蒙学院的MBA学位。

COGNEX 康耐视

公司总部 康耐视公司 One Vision Drive Natick MA 01760-2059 USA 电话: 508-650-3000 传真: 508-650-3344 www.cognex.com	美国 Natick, Massachusetts 508-650-3000 Nashville, Tennessee 615-844-6158 Detroit, Michigan 248-668-5100 Chicago, Illinois 630-649-6300 Mountain View, California 650-969-4812 加拿大 905-634-2726 中美洲和墨西哥 Monterrey, Mexico +52 81 5030-7258 南美 970-365-3463	欧洲 奥地利 +43 1 23060 3430 法国 +33 1 4777 1550 德国 +49 721 66390 爱尔兰 +353 1 825 4420 意大利 +39 02 6747 1200 荷兰 +31 402 668 565 西班牙 +34 93 445 67 78 瑞典 +46 21 14 55 88 瑞士 +41 71 313 06 05 英国 +44 1908 206 000	亚洲 中国 +86 21 6361 6767 印度 +91 80 4022 4118 韩国 +82 2 539 9047 新加坡 +65 632 55 700 中国台湾 +886 3 578 0060 加拿大 905-634-2726 日本 +81 3 5977 5400	纹理和表面检测 关于纹理和表面检测, 请拨打以下电话: 美国 508-650-4141 欧洲 +49 121-66390 中国 +86 21 63527117 日本 +81 3 5977-5400
--	---	---	---	---