

**新標準
可靠驗證
二維數據矩陣碼**

白皮書

COGNEX

現在本行業有了能可靠驗證二維數據矩陣碼的標準。您可以使用什麼度量標準和方法來評估一個標志的整體質量呢？

作者：康耐視公司高級總監及ID產品業務部門經理 Carl W. Gerst III

引言

從零售中的結帳和庫存管理到電子產品生產中跟蹤印刷電路板的序列號應用，常規條碼（如通用產品代碼，或UPC碼）已經得到廣泛的接受。為了增加字元內容和以較小的空間存儲資訊，各公司已經開發出二維的替代品。其中一種是將方格或圓點放在一個矩形的圖案中，稱為資料矩陣，已被採納為標準。其邊界由兩條相鄰的實心邊（“L”）組成。而相對的邊由相同間距的點組成。這種條形碼幾乎可以允許用戶將廠家、元件號、批次號和序列號等資訊存儲在任何元件、組件或成品上。例如，一個3毫米的正方形中可存儲多達50個字元。

成功使用該類代碼要求讀取時應達到或超過各公司通過條形碼技術所取得的速度。反之，保證了這一點，也就意味著建立了一個可靠的標準來驗證代碼的品質。設立該類標準的初步嘗試曾認為，二維碼和作為其前身的一維條碼一樣，是用黑色墨水印刷在白色標籤上的。

但是，製造商却有不同的想法。標籤可能會汗損或脫落。於是各公司開始將代碼應用在要識別的產品上。使用點碼或鐳射蝕刻等方法用條碼對產品進行標識，常常使產生的代碼產生低對比度、定位不佳或尺寸不一致等問題。另外，標識的表面可能褪色、鑄塗或高反射，並且很少和白色標籤一樣潔淨如一。讀取這樣的代碼直至現在仍是一大挑戰。照明技術和機器視覺演算法的進展使強勁和可靠的讀碼解決方案得以發展。

確保高讀取速度的第一步是確保標識流程可放置一個好的代碼。儘管這聽起來基本上很簡單，至今驗證代碼品質仍是困難重重的事。讀碼器可以輕鬆解碼的代碼常常與為白底黑色印刷所設計的驗證標準不相符。近期批准通過的 AIM（自動識別和行動技術協會）直接元件標識（DPM）品質準則 DPM-1-2006，目的在於處理 DPM 應用中使用的各種標識技術和元件材料。

標識技術

製造商可使用鐳射，以及通過點碼、電化學蝕刻和噴墨列印對元件進行標識。每種技術根據元件預期壽命、材料成分、可能的環境磨損和生產量適於特定的應用。表面結構、標識需要包含的資料數量、可用的印刷空間以及標識的位置也可影響選擇。（參見圖1-7）

在點碼方法中，一隻碳化物或金剛石筆尖以氣動或機電方式擊打材料表面。有些情況下可能要求在標識前對表面做一些準備，以便讓結果更容易辨識。讀碼器調節照射角來加強形成標誌的印痕和元件表面之間的對比度。該方法成功與否取決於是否通過遵循標識器上規定的保養程序，來確保點的尺寸和形狀以及監督筆尖是否過度磨損。汽車和航天行業常使用該種方法。

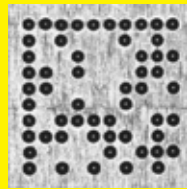


圖1. 直接標識在有銑削表面的元件上的點碼的原始圖像。

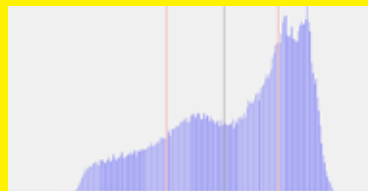


圖2. 顯示該代碼的符號和靜默區中所有圖元的灰度值（0 = 純黑，255 = 飽和白）的直方圖。為了解碼該符號，點的灰度值根據值在閾值（中心垂直線）的那一側判定為1或0。接近閾值的灰度值更難以穩定地判定。



圖3. 符號中單個點的特寫表明“邊緣”圖元如何顯示迅速變化的灰度值。



圖4. 僅包括代碼中每個點中的直方圖（不包括邊緣圖元）顯示了與圖2相比1值和0值之間的清楚分隔。



圖5. 使用圖4的直方圖中的閾值（中心垂直線）獲得的僅包括1或0的值的二值化圖像。

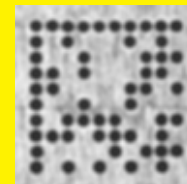


圖6. 標識點陣尺寸的50%和80%的合成孔徑同步應用到原始圖像上，以達到灰度值的平均數。

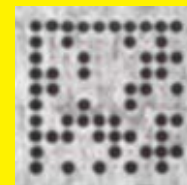


圖7. 紅點顯示取樣網格中心點來取得每個點陣圖像的1個圖元。

鐳射蝕刻方法中，鐳射加熱元件表面上的小點，使其熔化、蒸發或改變從而留下印記。該方法可產生圓形或方形的矩陣元。對於較密集的資訊內容，大多數用戶更青睞於方形。其成功與否取決於鐳射和元件表面材料之間的互動。鐳射標識提供了高速度、一致性和高精度，是適合半導體、電子和醫療設備行業的理想組合。

電化學蝕刻（ECE）通過一個範本氧化表面金屬來產生標識。標識器將範本夾在元件表面和浸有電解液的墊子之間。剩餘部分的工作由低壓電流完成。ECE對圓形表面和對應力敏感的元件效果較好，包括噴氣發動機、汽車和醫療設備元件。

DPM的噴墨打印機與大家熟悉的PC打印機的工作原理相同。它們可精確地將墨滴噴射到元件表面。液態的墨水蒸發，留下印跡。噴墨標識可能要求提前對元件表面進行準備，這樣標識不會隨着時間的推移而褪色。其優點包括對移動的元件進行快速標識以及很好的對比度。

在任何情況下，祇要可能，製造商應在標識周圍設置一個空白區域，這樣就不會有任何特徵、元件邊緣、雜訊或其他幹擾與代碼接觸。

DPM方法的範圍意味著標識的外觀在不同的情況下可能有很大的差異。除了所選的標識方法，元件可以有不同的顏色或形狀並可用不同的材料製成。表面類型包括光滑的、有溝痕的、有條紋的、有條痕的或粗糙的顆粒狀。任何驗證方法必須在所有情況下提供可靠和一致的結果。

验证 – 老方法

迄今為止，DPM應用的行業標準和最終用戶對於判定標識品質沒有太多的選擇。ISO/IEC16022 國際規範規定了如何印刷（或標識）資料矩陣碼（代碼結構、符號格式、解碼算法等）。雖然16022標準原本包含了一些品質度量，該作者從未計劃用它來進行驗證。這項任務留給了五年後出現的ISO/IEC 15415。

因為15415的設想目標是高對比度的白色標籤上的黑色標識，它祇定義了一種照明方法。驗證許多DPM標識並同時遵循該限制，就好像是讓一位攝影師進入一個暗室，並嘗試不用閃光燈拍照。如果照明不適合使驗證器抓取一個好的圖像，用於評估標識品質的任何度量都沒有了意義。如果從垃圾入手，您最終得到的仍將是垃圾。

15415標準要求在使用前用一張顯示有已知的白度值的白色卡片對驗證器進行校準（如NIST認證的校準卡）。校準涉及調整成像系統設置（例如，相機曝光或增益），從而使校準卡上的白度值與已知值對應。一旦校驗後，這些設置—包括照明特性—從不變化，不管是何種標識方法、材料或表面特性。另外，該類要求可產生紙標籤可接受的圖像。但是，根據標識方法以及該元件的反射性，由DPM元件固定設置所產生的圖像，在大多數情況下會曝光不足或曝光過度。

代碼的驗證包括分析該代碼的直方圖。一個8-bit相機所抓取每個圖像的圖元，可以為256個灰度值的任何一個。直方圖形象地描述了每個可能的灰度值下，圖像中的像素數所呈現出的值分布的情況。一個標識清楚的代碼直方圖應顯示兩個明顯并清楚分離的峰值。沒有明顯的峰值，區分1和0，並將存儲在代碼中的信息進行解碼變得尤為困難，就像在雨中開車時辨認道路標誌。（見圖2和圖4）

當應用15415標準單一的照明配置以及強制性固定的相機設置時，DPM標識（如一片金屬上的一個蝕刻代碼）出現的一個常見問題是圖像更像是黑底灰字，而不是白底黑字。產生的直方圖峰值要不明顯得多。

一個標準的評估標準是符號的對比度—最低（“黑色”）和最高（“白色”）的直方圖值之間的跨度。使用DPM標識上的固定設置使“白色”在衡量尺度上大打折扣，產生較低的對比度和不合格分。我們需要一個標準的自動曝光程序來如下描述優化該元件反射的光。

真實世界的標準

即使是優化的圖像，當分析15415中的直方圖時，會出現另一個問題。因為它們是由獨立過程創建的，實際DPM代碼的直方圖一般不顯示前景和背景相同尺寸或對稱的分布。

那麼，您如何區分前景和背景呢？

ISO/IEC15415選擇基於直方圖最暗值（最小反射率）和其最亮值（最大反射率）之間中點的一種極其簡單的方法。當然，該方法祇有當兩個峰值的分布相同時才會產生正確的閾值，而這種情況從未發生過，甚至連紙標籤也沒有。如果把所有圖元包括在符號區域時，這種情況將會加劇。理想情況下，一個良好的代碼的圖像祇包含三種類型的灰度值分布：前景、背景和邊綫。“邊綫”像素將前景與背景分開。

該區域中的灰度值迅速變化。當移動跨越該區域時，灰度值從前景的暗值轉變為背景的亮值。邊綫的像素形成了兩個峰值之間的直方圖區域，使峰值顯得不那麼明顯，從而可能平衡了從代碼提取的任何信息。祇使用來自前景和背景模塊中心的資訊可產生網格中心圖像。與該類圖像對應的直方圖—網格中心直方圖，完全不包含邊綫圖元。

額外的圖像處理步驟包括應用低通篩檢程式，稱為 *合成孔徑*，孔徑尺寸為正常的單個點陣尺寸的一個特定部分。在計算網格中心直方圖前使用合成孔徑，可通過消除熱點和（如切削符號等）背景噪聲，有助於使網格中心圖元更能代表實際模組。

一種確定正確閾值的簡單但精巧的算法檢查，來自於網格中心直方圖的每個灰度值，計算向其左側和右側的變化。這兩種變化的總和達到最低值的點，代表前景和背景峰值的最佳分隔點。

15415的另一個問題是它根據應用建立了一個固定的合成孔徑，該孔徑取決於該應用所遇到的最小模組大小。合成孔徑的創建是為了連接點碼的點，這樣它們在二值化後看上去仍是相連的。雖然這種方法不是達到目標的最好辦法，但它還有其它優點，例如減少了熱點。不過，合成孔徑不應保持不變，而應為每個要驗證的標識採用一個合適的值。新標準選擇了兩個值，因為形成較大數量的背景雜訊的標識和表面，例如，鑄塗表面的點碼更適合較大的孔徑，較小的孔徑更符合標識清楚的代碼的要求。

確定最佳孔徑大小比較困難。根據經驗分析，我們選擇了兩個值：額定點陣尺寸的50%和80%。額定點陣尺寸隨不同的標識而變化，因此，合成孔徑是動態的，而不是與 15415 标准中一樣是固定的。製造商用兩個孔徑尺寸進行了整個驗證程序並選擇產生更好效果的一個。

應用了合成孔徑後，通過分析網格中心直方圖使用疊代程序來獲得最佳圖像。成像系統迭代調節，這樣較亮圖元的均值會接近根據經驗判定的值 200 加上或減去10%（在一個8-bit相機上）。這種方法的優點是它對任何標識方法、材料或表面特性都有效。相機設置可能對不同的標識並不相同，但是它祇需幾微秒就可調節到該相機的正確動態範圍。一旦取得了最佳圖像，度量必須確定該標識的品質。有些標識可能需要一些極端的光能來使該程序成功。最小反射率的度量的創建正是爲了用於這一方面。與如NIST校準卡等標準化白目標所需的光能相比，該度量根據調節亮圖元均值到200所需的光能進行分級。

標準驗證度量

我們現在有了最佳的圖像、格式正確、代表每個點陣的灰度值的直方圖以及一個最佳的全局閾值。我們終於可以開始分析標識的不同方面了。ISO/IEC15415 在正確的方向上邁出了一大步。它包含了許多好的度量。但是，環境條件的不靈活性減少了其應用。這些度量的計算方法也顯示出其局限性，將對DPM標識和紙標籤產生障礙。

以下度量和方法構成了評估標識的總體品質的AIM DPM標準：

- **可解碼性**。這一檢測度量使用由AIM DPM標準改進的一個參考解碼算法，來處理和解碼已分離定位圖形的標識。參考解碼演算法負責建立驗證所需的網格中心點。
- **點陣對比度（CC）**。名稱改自15415中的*符號對比度*，以反映其測量內容的明顯差別。點陣對比度并非判定最亮和最暗值之間的差異（非常多變），而是測量其均值之間的差異。區分黑色和白色點陣的能力，取決於直方圖中的兩個分布是否接近。
- **點陣調製（CM）**。如上所述，標識清楚的代碼要求亮值和暗值均分佈緊密。如果每個峰值的標準偏差加大，有些中心點將接近閾值，甚至可能超出。點陣調製在考慮了代碼中可用的糾錯數量後，在資料範圍內分析網格中心點，以確定灰度值與全局閾值的接近性。導致調製不佳的典型問題包括印刷增長和點陣定位不佳。
- **固定圖形損傷（FPD）**。該度量與點陣調製相似，但是它不是針對資料範圍本身，而是分析定位器“L”和時鐘圖形以及代碼周圍的靜區。讀取代碼的第一步是找到它。定位圖形或靜區的問題將減少固定圖形損傷評分。
- **未使用糾錯（UEC）**。數據矩陣加入了Reed/Solomon糾錯。每個網格中心點應位於全局閾值正確的一側。如果是這樣，二值化的圖像看上去會象該代碼的一個完美的黑白圖案。有些中心點會落在錯誤的一側，這并不少見。任何該類比特都被認為是比特錯誤，需要通過Reed/Solomon 算法進行處理。需要糾錯的數量隨着比特錯誤的數量而增加。一個不需要糾錯的完美標識將取得100%的UEC評分。糾錯越多，UEC評分越低。評分為0的代碼再多一個比特錯誤就無法讀取。
- **軸向不均勻度（ANU）**。描述了模組的方正度。
- **最小反射率（MR）**。用於校準系統的NIST可追蹤卡創建了一個校準過的系統反射率值。對一個新元件上的圖像亮度進行調節，然後經過校準的值與該元件的反射率進行比較。反射率低於NIST標準卡的元件，將需要相機有更多的光能來達到合適的圖像亮度。MR為元件反射率與校準後反射率的比。每個元件必須提供至少最低程度的反射率。

- 網格不均勻度（GNU）。通過與標稱的平均間隔的網格進行比較來認定模組的放置。
- 最終等級。和ISO/IEC 15415一樣，該代碼的最終等級為獨立度量中的最低。因為分級系統使用字母等級，用戶常常感覺必須要取得可能的最高等級（就像大學學生一樣）。但是，這種情況下，等級D以上表示可完美讀取的代碼。事實上，如今市場上的大多數讀碼器都可穩定地讀取等級F的代碼。要求如B級或B以上等級的公司其實是大材小用。使用AIM DPM準則時，我們建議對評分為C或C以上的代碼放行，對評分為D的任何代碼是否放行需要進一步研究。

~

關於作者

Carl Gerst是位於麻塞諸塞州Natick郡1 Vision Dr. (01760) 康耐視公司的高級總監及ID產品業務部門經理；電子郵件carl.gerst@cognex.com。他在8年前加入康耐視公司，主管In-Sight®通用視覺產品綫的投產和產品行銷活動。2003年，Carl接管DPM（直接元件標識）識別活動的產品行銷，並創建了ID產品業務部門。加入康耐視前，Carl在Hand Held Products公司任職10年，曾擔任工程、銷售和產品行銷職務。他持有克拉克森大學的電氣工程專業學士學位以及羅徹斯特大學西蒙學院的MBA學位。

COGNEX

公司總部 康耐視公司 One Vision Drive Natick MA 01760-2059 USA 電話: 508-650-3000 傳真: 508-650-3344 www.cognex.com	美國 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	歐洲 奧地利 +43 1 23060 3430 法國 +33 1 4777 1550 德國 +49 721 66390 愛爾蘭 +353 1 825 4420 意大利 +39 02 6747 1200 荷蘭 +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 英國 +44 1908 206 000	亞洲 中國 +86 21 6361 6767 印度 +91 80 4022 4118 韓國 +82 2 539 9047 新加坡 +65 632 55 700 中國臺灣 +886 3 578 0060 加拿大 905-634-2726 日本 +81 3 5977 5400	紋理和表面檢測 關於紋理和表面檢測,請撥打以下電話: 美國 508-650-4141 歐洲 +49 121-66390 中國 +86 21 63527117 日本 +81 3 5977-5400
---	---	---	---	--