



中华人民共和国国家标准

GB/T 18284—2000
neq ISO/IEC 18004:2000

快速响应矩阵码

QR Code

2000-12-28 发布

2001-07-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目次

前言 1

1 范围 1

2 引用标准 1

3 定义 1

4 约定 2

5 符号描述 3

6 数据编码与符号表示 10

7 结构链接 40

8 符号印制 42

9 符号质量 42

10 译码过程 43

11 QR 码的参考译码算法 44

12 数据传输 48

附录 A(标准的附录) 纠错生成多项式 50

附录 B(标准的附录) 纠错译码步骤 54

附录 C(标准的附录) 格式信息 55

附录 D(标准的附录) 版本信息 56

附录 E(标准的附录) 校正图形的位置 58

附录 F(标准的附录) 符号标识符 59

附录 G(提示的附录) 编码与符号表示实例 60

附录 H(提示的附录) 位流长度的最优化 61

附录 I(提示的附录) QR 码符号印制与扫描的用户导则 62

附录 J(提示的附录) 矩阵码的印刷质量导则 63

附录 K(提示的附录) 过程控制技术 66

前 言

本标准非等效采用 ISO/IEC 18004:2000《自动识别与数据采集技术——条码符号技术规范——QR 码》。QR 码是矩阵式二维码,它是由正方形模块排列于正方形图形中,其中还包括位于符号的三个角的唯一的定位图形,它可帮助确定符号的位置、尺寸和倾斜度。QR 码的尺寸范围较大,并且提供 4 级纠错。其模块宽度由用户根据应用的条件确定。

本标准根据我国二维码的应用现状,在认真分析研究的基础上,对 ISO/IEC 18004 进行了取舍和补充完善。ISO/IEC 18004 中规定的 QR 码符号有模式 1 符号和模式 2 符号两种符号模式,考虑到 QR 码模式 1 符号是 QR 码的最初规范,模式 2 符号是 QR 码的增强形式,模式 2 符号与模式 1 符号相比,增加了许多新的特性,而且 ISO/IEC 18004 标准推荐在新的和开放的系统中使用模式 2 符号,因此本标准仅规定了 ISO/IEC 18004 标准中 QR 码模式 2 符号的编码、符号结构和尺寸、参考译码算法等技术要求,舍弃了 QR 码模式 1 符号的相关内容。删除了国际标准中的第 14 章:自动鉴别能力、附录 J(提示的附录):自动鉴别以及附录 M(提示的附录):QR 码模式 1 符号特性的内容。为便于本标准在我国的推广应用,用特定的扩展 ASCII 字符集代替原标准中的 JIS 0201 字符集。用中国汉字数据表示模式代替了 ISO/IEC 18004 中日本汉字表示模式的内容,提高了中国汉字的二维码表示效率,满足了用二维条码表示汉字的需求,从而保证了本标准在我国应用的可行性和实用性。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 是标准的附录;

本标准的附录 G、附录 H、附录 I、附录 J、附录 K 是提示的附录。

本标准由中国物品编码中心提出并归口。

本标准起草单位:中国物品编码中心。

本标准主要起草人:张成海、郭卫华、罗秋科、黄燕滨、赵楠。

中华人民共和国国家标准

快速响应矩阵码

GB/T 18284—2000
neq ISO/IEC 18004:2000

QR Code

1 范围

本标准规定了快速响应矩阵码(QR Code,以下简称 QR 码)符号的编码,符号结构和尺寸特征,纠错规则,参考译码算法,符号质量要求。

本标准适用于自动识别和数据采集。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1988—1998 信息技术 信息交换用七位编码字符集(eqv ISO/IEC 646:1991)

GB 2312—1980 信息交换用汉字编码字符集 基本集

GB/T 12905—2000 条码术语

GB 18030—2000 信息技术 信息交换用汉字编码字符集 基本集的扩充

ISO/IEC 15424:1999 信息技术——自动识别和数据采集技术——数据载体/符号标识

AIM 国际技术规范 扩展解释:第一部分:识别方案与协议(称作“AIM ECI 规范”)

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 校正图形 alignment pattern

用于确定矩阵符号位置的一个固定的参照图形。在图像有一定程度损坏的情况下,译码软件可以通过它同步图像模块的坐标映像。

3.2 字符计数指示符 character count indicator

指示某一模式下的数据串长度的位序列。

3.3 ECI 指定符 ECI designator

用于标识具体的 ECI 任务的 6 位数字。

3.4 编码区域 encoding region

在符号中没有被功能图形占用,用于对数据或纠错码字进行编码的区域。

3.5 扩充解释 Extended Channel Interpretation (ECI)

有些码制中,允许对输出数据流与缺省字符集有不同解释的协议。

3.6 格式信息 format information

包含符号所使用的纠错等级以及掩模图形信息的功能图形,用于对编码区域的剩余部分进行译码。

3.7 功能图形 function pattern

符号中用于符号定位与特征识别的特定图形。

3.8 掩模图形参考 mask pattern reference

应用于符号的三位掩模图形标识符。

3.9 掩模 masking

在编码区域内用掩模图形对位图进行异或(XOR)处理。其目的是使符号中深色与浅色模块数的比例均衡,并减少影响图像快速处理的图形出现。

3.10 模式 mode

将特定的字符集表示成位串的方法。

3.11 模式指示符 mode indicator

指示随后的数据序列所用的编码模式的4位标识符。

3.12 填充位 padding bit

用于填充数据位流最后一个码字中终止符后面的空位,其值为0,不表示数据。

3.13 位置探测图形 position detection pattern

组成寻像图形的三个相同的图形之一。

3.14 剩余位 remainder bit

当编码区域不能正好被8位的码字填满时,用于填充最后一个码字后的空位,其值为0,不表示数据。

3.15 剩余码字 remainder codeword

一种填充码字,当所有的数据码字和纠错码字不能正好填满符号的容量时,用于填充所空码字位置,它们紧跟在最后一个纠错码字之后。

3.16 段 segment

按某一ECI或编码模式编码的数据序列。

3.17 分隔符 separator

用于将位置探测图形与符号的其余部分分开的功能图形,全部由浅色模块组成的,宽度为一个模块。

3.18 终止符 terminator

用于结束表示数据位流的位图0000。

3.19 定位图形 timing pattern

深色与浅色模块交错的图形,用于确定符号中模块的坐标。

3.20 版本 version

用于表示符号规格的系列。某一特定版本是根据它在所允许的规格系列中的位置来确定的。QR码所允许规格系列为21模块×21模块(版本1)~177模块×177模块(版本40)。它也可同时指示符号所应用的纠错等级。

3.21 版本信息 version information

包含有关符号版本信息及其纠错位的功能图形。

4 约定

4.1 数学运算符

本标准中使用的数学运算符定义如下:

div 整除运算符

mod 整除后的余数

XOR 逻辑“异或”功能,当两个输入不等时,它的输出为 1。其符号表示为 \oplus 。

注:在公式和方程中使用的数学符号,是在它们所在的公式或方程之后定义的。

4.2 模块位置

为便于参考,用在符号中的行、列坐标表示模块的位置,格式为 (i, j) 。其中, i 表示模块所在行数(从上向下计算), j 表示列数(从左向右计算),记数从 0 开始,因此模块 $(0, 0)$ 表示符号中左上角的模块。

4.3 字节表示

字节的内容用 16 进制表示。

4.4 版本参考

符号版本用版本 V-E 的方式表示,其中 V 表示版本号(1~40),E 表示纠错等级(L, M, Q, H)。

5 符号描述

QR 码是矩阵型符号,具有独立定位功能和自动鉴别能力。它还具有如下特性:

5.1 基本特性

a) 编码字符集

- 1) 数字型数据(数字 0~9);
- 2) 字母数字型数据(数字 0~9;大写字母 A~Z;9 个其他字符:space, \$, %, *, +, -, ., /, :);
- 3) 8 位字节型数据(ASCII 字符集);
- 4) 中国汉字字符(GB 2312 图形字符代码表表示的字符集。其中 QR 码中中国汉字字符值为: A1A1_{HEX}—FAFE_{HEX}可以压缩为 13 位)。

b) 数据表示法

深色模块表示二进制 1,浅色模块表示二进制 0。

c) 符号规格(不包括空白区)

21×21 模块到 177×177 模块(版本 1 到 40,每一版本符号比前一版本符号每边增加 4 个模块)。

d) 每个符号的数据字符数(最大规格的符号——版本 40-L)

- 1) 数字数据 7089 个字符
- 2) 字母数字数据 4296 个字符
- 3) 8 位字节数据 2953 个字符
- 4) 中国汉字数据 1817 个字符

e) 纠错的选择

4 种纠错等级,可恢复的码字比例为:

L	7%
M	15%
Q	25%
H	30%

图 1 为 QR 码符号版本 1 的示例。

5.2 附加特性

a) 结构链接(可选)

允许把数据文件最多用 16 个 QR 码符号在逻辑上连续地表示。以任意的顺序扫描,而原始数据能正确地重新连接起来。

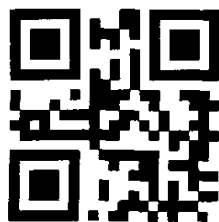


图 1 QR 码符号的示例

b) 掩模(固有)

可以使符号中深色与浅色模块的比例接近 1 : 1, 使因相邻模块的排列而影响高效译码的可能性降为最小。

c) 扩充解释(可选)

这种方式使符号可以表示缺省字符集以外的数据(如阿拉伯字符、古斯拉夫字符、希腊字母等), 以及其他数据解释(如用一定的压缩方式表示的数据)或者对行业特点的需要进行编码。

5.3 符号结构

每个 QR 码符号由正方形模块组成的一个正方形阵列构成, 它由编码区域和包括寻像图形、分隔符、定位图形和校正图形在内的功能图形组成。功能图形不用于数据编码。符号的四周为空白区。图 2 为以 QR 码版本 7 符号为例的结构图。

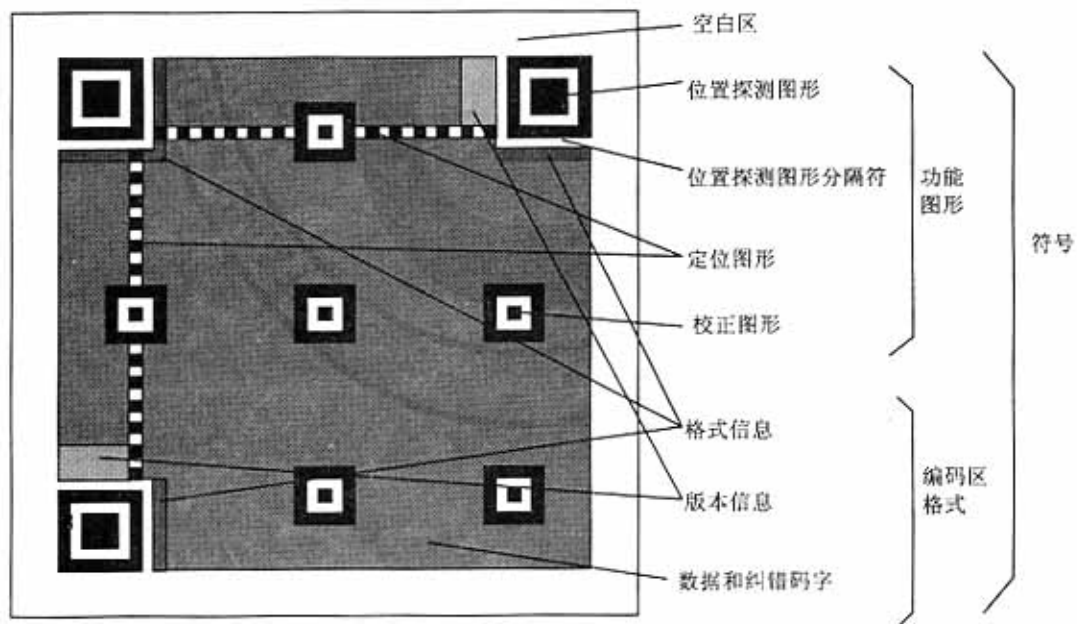


图 2 QR 码符号的结构

5.3.1 符号版本和规格

QR 码符号共有 40 种规格,分别为版本 1、版本 2……版本 40。版本 1 的规格为 21 模块×21 模块,版本 2 为 25 模块×25 模块,以此类推,每一版本符号比前一版本每边增加 4 个模块,直到版本 40,其规格为 177 模块×177 模块。图 3 至图 8 为版本 1、2、6、7、14、21 和 40 的符号结构。

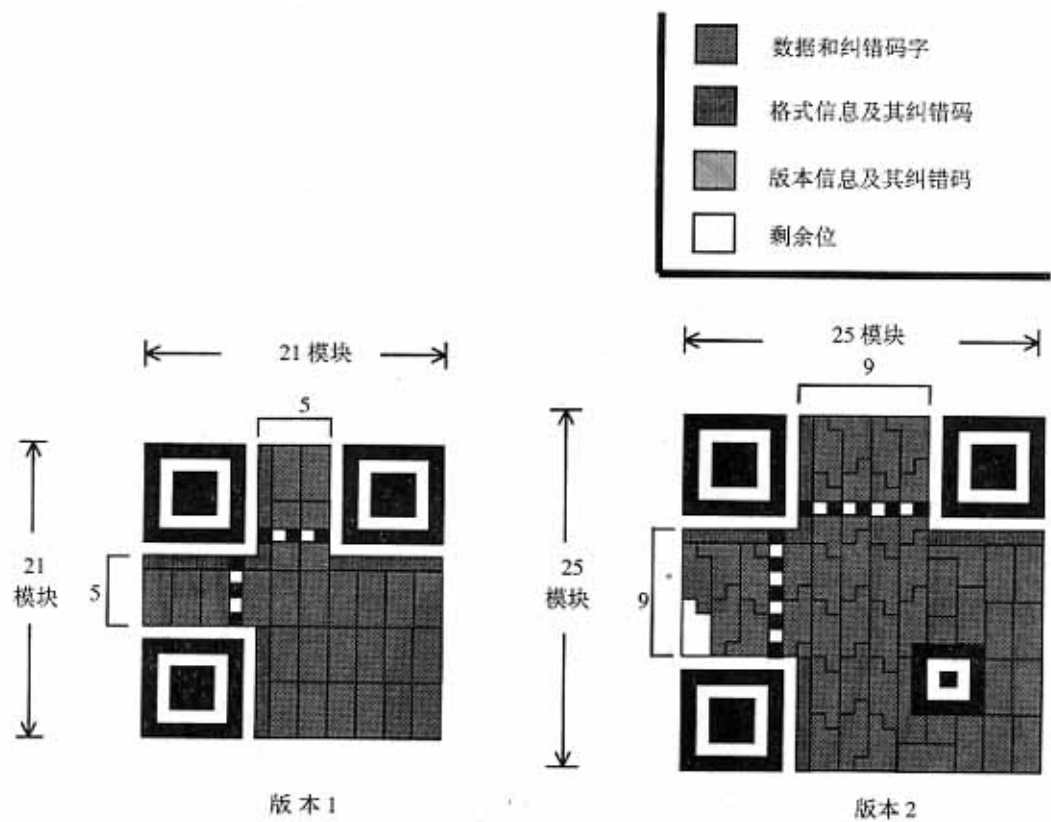
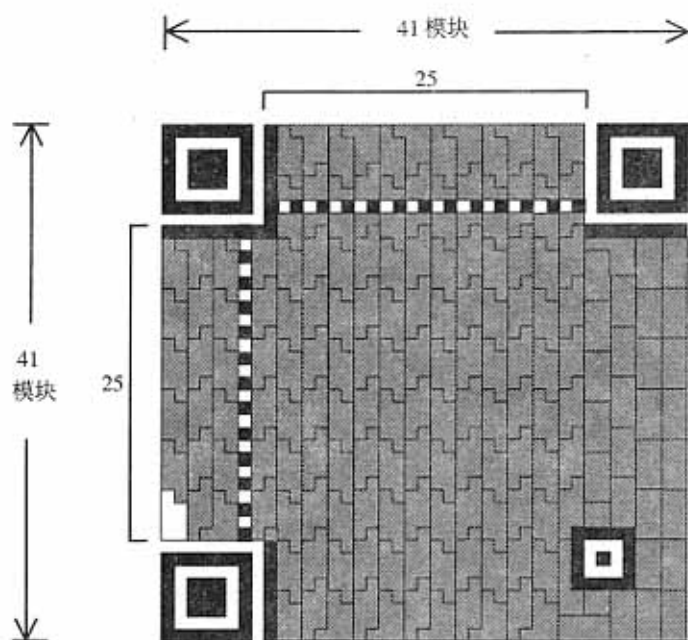
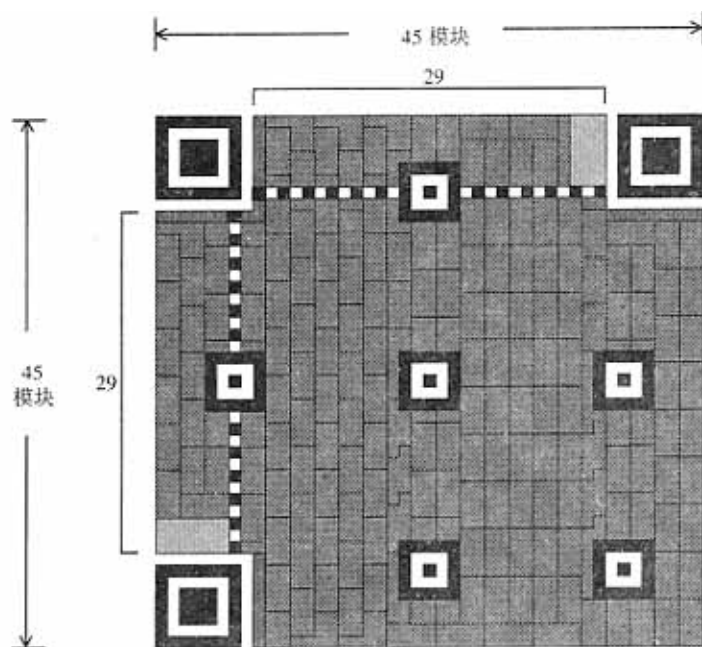


图 3 版本 1 和版本 2 的符号



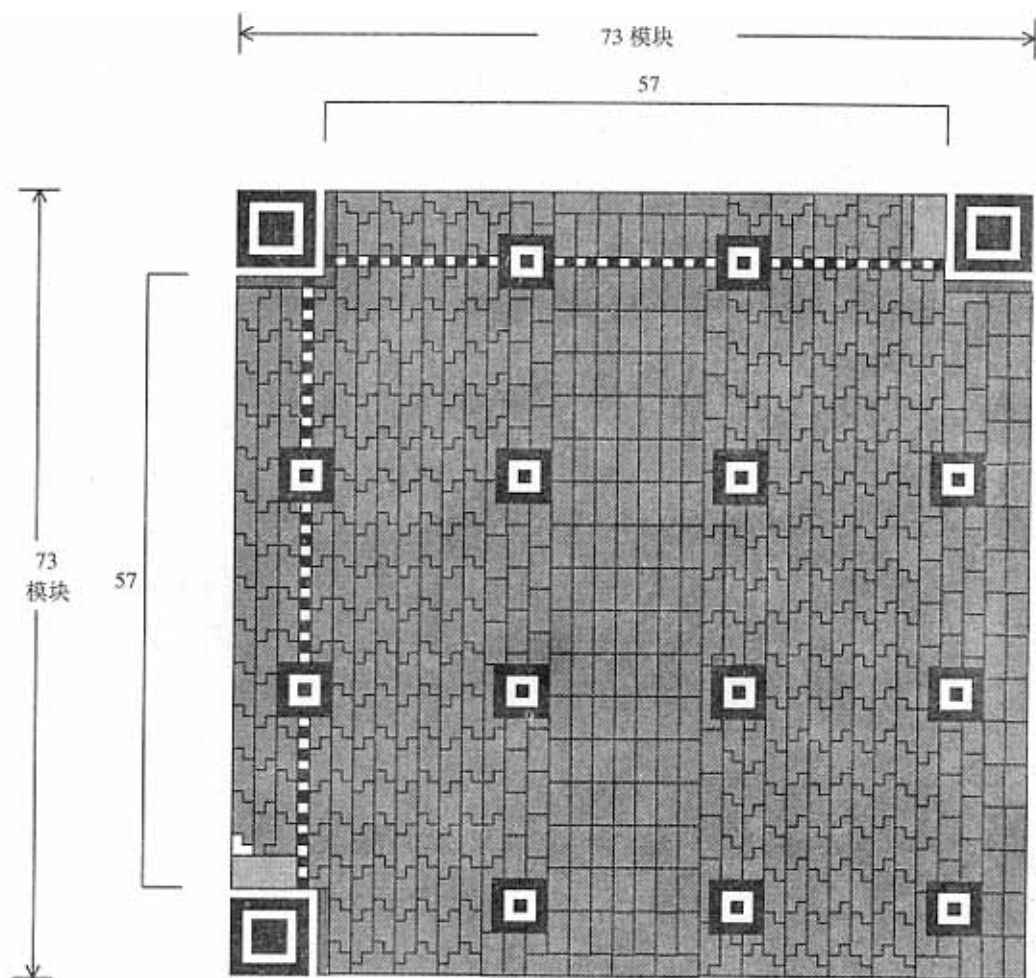
版本 6

图 4 版本 6 的符号



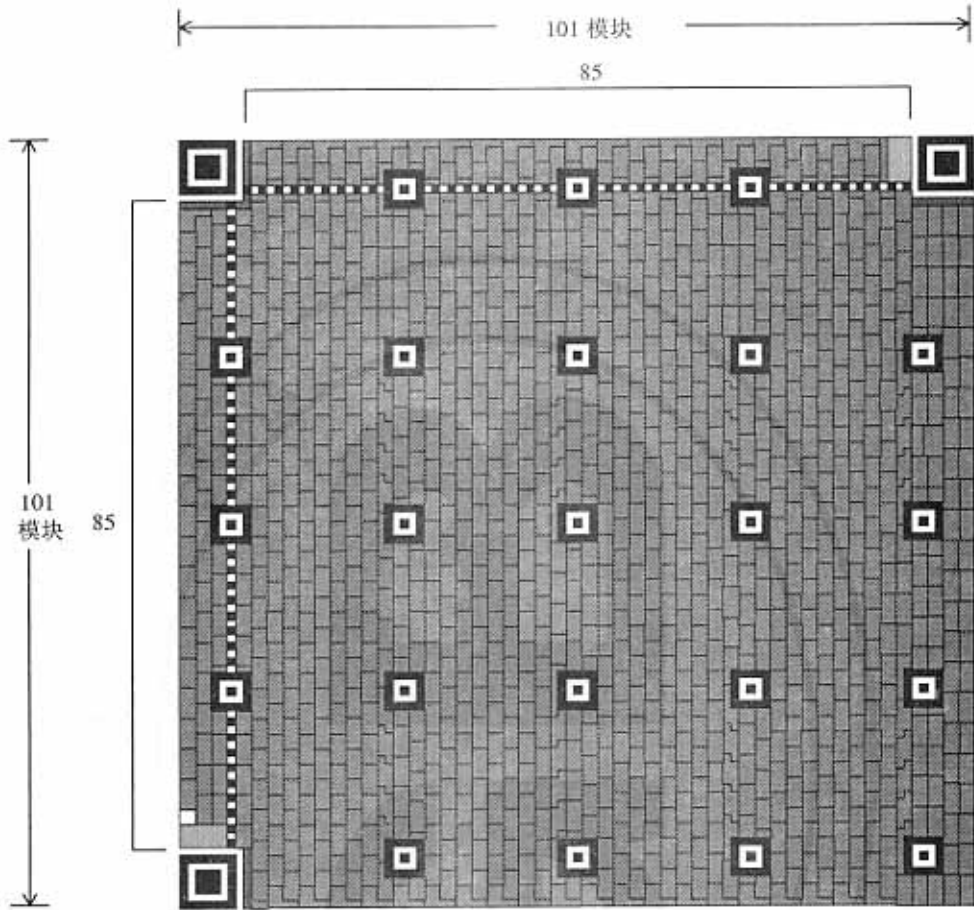
版本 7

图 5 版本 7 的符号



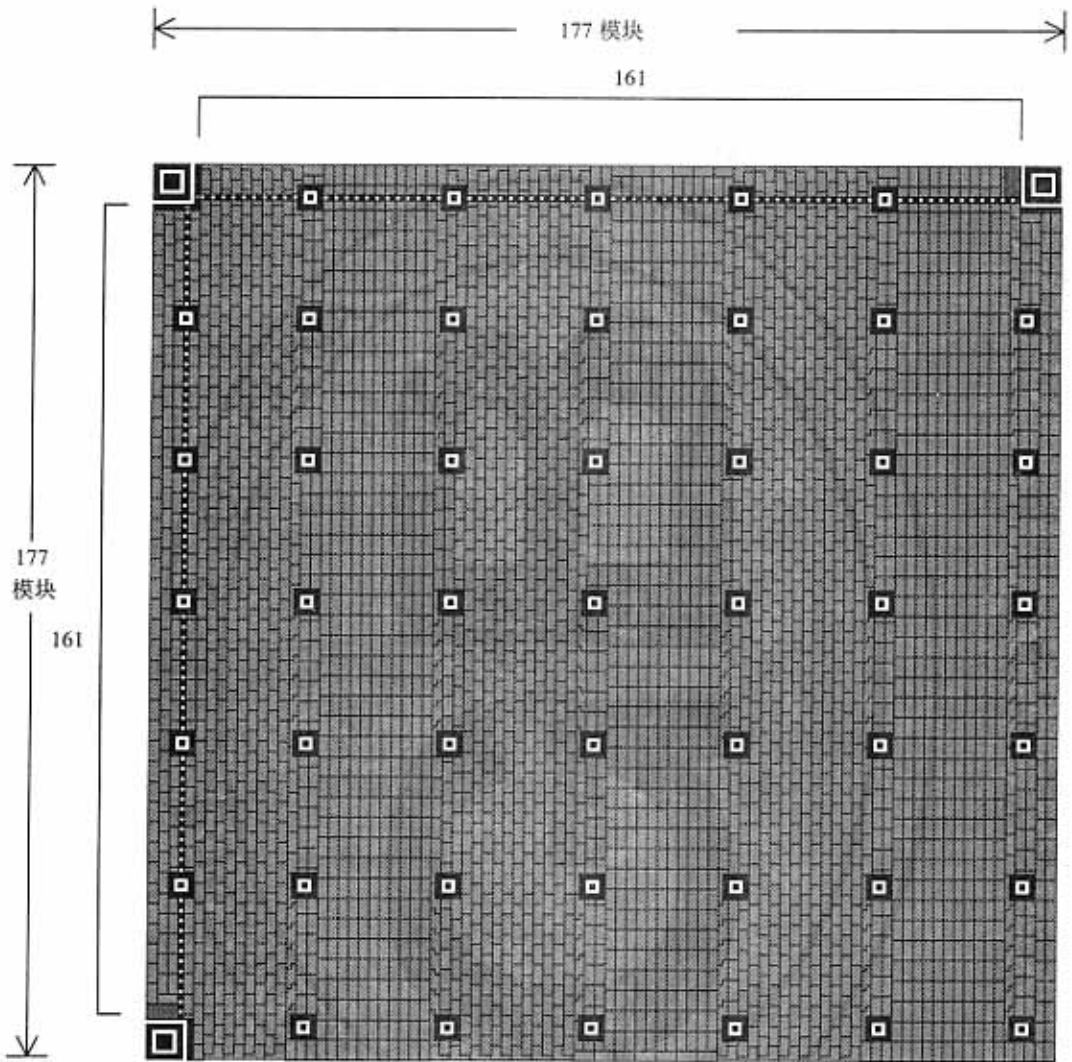
版本 14

图 6 版本 14 的符号



版本 21

图 7 版本 21 的符号



版本 40

图 8 版本 40 的符号

5.3.2 寻像图形

寻像图形包括三个相同的位置探测图形,分别位于符号的左上角、右上角和左下角,如图 2 所示。每个位置探测图形可以看作是由 3 个重叠的同心正方形组成,它们分别为 7×7 个深色模块、 5×5 个浅模块和 3×3 个深色模块。如图 9 所示,位置探测图形的模块宽度比为 $1:1:3:1:1$ 。符号中其他地方遇到类似图形的可能性极小,因此可以在视场中迅速地识别可能的 QR 码符号。识别组成寻像图形的三个位置探测图形,可以明确地确定视场中符号的位置和方向。

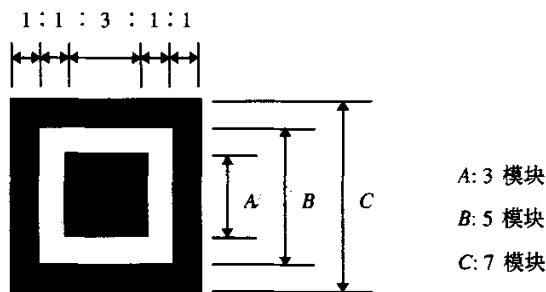


图 9 位置探测图形的结构

5.3.3 分隔符

在每个位置探测图形和编码区域之间有宽度为 1 个模块的分隔符,如图 2 所示,它全部由浅色模块组成。

5.3.4 定位图形

水平和垂直定位图形分别为一个模块宽的一行和一列,由深色与浅色模块交替组成,其开始和结尾都是深色模块(如图 2 所示)。水平定位图形位于符号上部的两个位置探测图形之间,在第 6 行。垂直定位图形位于符号左侧的两个位置探测图形之间,在第 6 列。它们的作用是确定符号的密度和版本,提供决定模块坐标的基准位置。

5.3.5 校正图形

每个校正图形可看作是 3 个重叠的同心正方形,由 5×5 个的深色模块, 3×3 个的浅色模块以及位于中心的一个深色模块组成(如图 2 所示)。校正图形的数量视符号的版本号而定,版本 2 以上(含版本 2)的符号均有校正图形,详见附录 E。

5.3.6 编码区域

编码区域包括表示数据码字、纠错码字、版本信息和格式信息的符号字符。符号字符详见 6.7.1,格式信息详见 6.9,版本信息详见 6.10。

5.3.7 空白区

空白区为环绕在符号四周的 4 个模块宽的区域,其反射率应与浅色模块相同。

6 数据编码与符号表示

6.1 编码方法概述

第一步 数据分析

分析所输入的数据流,确定要进行编码的字符的类型。QR 码支持扩充解释,可以对与缺省的字符集不同的数据进行编码。QR 码包括几种不同的模式(见 6.3),以便高效地将不同的字符子集转换为符号字符。必要时可以进行模式之间的转换,以便更高效地将数据转换为二进制位流。

选择所需的纠错等级。如果没有预先规定所采用的符号版本,则选择与数据相适应的最小的版本。表 1 为各符号版本及其容量。

表 1 QR 码各版本符号的数据容量

版本	每边的 模块数(A)	功能图形 模块数(B)	格式及版本信息 模块数(C)	除C以外的 数据模块数 ($D=A^2-B-C$)	数据容量 [码字]*(E)	剩余位
1	21	202	31	208	26	0
2	25	235	31	359	44	7
3	29	243	31	567	70	7
4	33	251	31	807	100	7
5	37	259	31	1 079	134	7
6	41	267	31	1 383	172	7
7	45	390	67	1 568	196	0
8	49	398	67	1 936	242	0
9	53	406	67	2 336	292	0
10	57	414	67	2 768	346	0
11	61	422	67	3 232	404	0
12	65	430	67	3 728	466	0
13	69	438	67	4 256	532	0
14	73	611	67	4 651	581	3
15	77	619	67	5 243	655	3
16	81	627	67	5 867	733	3
17	85	635	67	6 523	815	3
18	89	643	67	7 211	901	3
19	93	651	67	7 931	991	3
20	97	659	67	8 683	1 085	3
21	101	882	67	9 252	1 156	4
22	105	890	67	10 068	1 258	4
23	109	898	67	10 916	1 364	4
24	113	906	67	11 796	1 474	4
25	117	914	67	12 708	1 588	4
26	121	922	67	13 652	1 706	4
27	125	930	67	14 628	1 828	4
28	129	1 203	67	15 371	1 921	3
29	133	1 211	67	16 411	2 051	3
30	137	1 219	67	17 483	2 185	3
31	141	1 227	67	18 587	2 323	3
32	145	1 235	67	19 723	2 465	3
33	149	1 243	67	20 891	2 611	3
34	153	1 251	67	22 091	2 761	3
35	157	1 574	67	23 008	2 876	0
36	161	1 582	67	24 272	3 034	0
37	165	1 590	67	25 568	3 196	0
38	169	1 598	67	26 896	3 362	0
39	173	1 606	67	28 256	3 532	0
40	177	1 614	67	29 648	3 706	0

* 码字的长度为 8 位。

第二步 数据编码

对于采用的模式按照 6.4.1 至 6.4.6 所定义的规则,将数据字符转换为位流。当需要进行模式转换时,在新的模式段开始前加入模式指示符进行模式转换,在数据序列后面加入终止符,将产生的位流分为每 8 位一个码字,必要时加入填充字符以填满按照版本要求的数据码字数。

第三步 纠错编码

按需要将码字序列分块(见表 9),以便按块生成相应的纠错码字,并将其加入到相应的数据码字序列的后面。

第四步 构造最终信息

按 6.6 条 c) 的描述,在每一块中置入数据和纠错码字,必要时加剩余位。

第五步 在矩阵中布置模块

将寻像图形、分隔符、定位图形、校正图形与码字模块一起放入矩阵。

第六步 掩模

用 8 种掩模图形依次对符号的编码区域的位图进行掩模处理,评价所得到的 8 种结果,选择最优的一种。

第七步 格式和版本信息

生成版本信息(如果需要)和格式信息,构成符号。

6.2 数据分析

分析输入数据,根据内容选择采用缺省的或者其他适当的 ECI 与模式,对每个序列编码,其详细描述见 6.4。从数字模式到中国汉字模式,每种模式的字符所需的位数依次增加。在符号中可以通过模式的转换使数据的位流长度最短。数据的某些部分用一种模式编码可以比用多种模式编码效率更高。例如:数字序列后跟随字母数字序列。理论上说,用每个数据字符所需的位数最少的模式进行编码是最高效的,但每次模式转换时都需要有相关模式指示符和字符计数指示符等形式的附加开销,因此,对于较少的字符数,模式的转换并不总是能使位流总量最少,有关这方面的说明见附录 H。同时,由于各个版本的容量的增加不是连续的,所以不一定在任何情况下都要达到最高的转换效率。

6.3 模式

下列模式是根据缺省的 ECI 有关的字符值与任务定义的。如果采用其他的 ECI,那么选择最佳的压缩模式就应使用字节值而不是具体的字符任务。例如:如果数据字节序列的值在 30_{HEX} 至 39_{HEX} 之间,应使用数字模式。这种情况下,用字节值相应的缺省的数字或者字母数字进行压缩。

6.3.1 扩充解释(ECI)模式

扩充解释(ECI)协议允许输出的数据流有与缺省的字符集不同的解释。ECI 协议在一些码制中有一致的定义。QR 码支持 4 大类解释。

- a) 国际字符集;
- b) 用于诸如加密或压缩等一般目的的解释;
- c) 闭环系统中用户自定义的解释;
- d) 无缓冲模式中用于结构链接的控制信息。

ECI 协议在 AIM ECI 规范中有全面的定义,协议提供了一个对印刷前和译码后的字节值进行详细解释的方法。

QR 码的缺省解释是 ECI 000020,表示 ASCII 字符集。

6.3.2 数字模式

数字模式对十进制数字 0~9(ASCII 值 30_{HEX} 至 39_{HEX})编码,通常的密度为每 10 位表示 3 个字符。

6.3.3 字母数字模式

字母数字模式对 45 个字符的字符集进行编码,即:10 个数字 0~9(ASCII 值 30_{HEX} 至 39_{HEX}),26 个字母字符 A~Z(ASCII 值 41_{HEX} 至 5A_{HEX})以及 9 个符号 SP、\$、%、*、+、-、.、/、:(ASCII 值分别为

20_{HEX}, 24_{HEX}, 25_{HEX}, 2A_{HEX}, 2B_{HEX}, 2D_{HEX}, 2E_{HEX}, 2F_{HEX}, 3A_{HEX})。通常情况下,两个输入字符用 11 位表示。

6.3.4 8 位字节模式

8 位字节模式用于表示 ASCII 字符集(字符值为 00_{HEX}至 FF_{HEX}),其编码密度为每个字符 8 位。

6.3.5 中国汉字模式

中国汉字模式用于表示 GB 2312 规定的双字节表示的中国汉字和非汉字字符,其字符值为 GB 2312 规定字符对应的内码值,见 GB 18030。每个双字节字符由 13 位二进制数表示。

6.3.6 混合模式

QR 码符号可以包含在 6.3.1 到 6.3.5 中描述的多种模式所表示的混合数据序列。

用混合模式表示已知数据的最高效方法的选择见附录 H。

6.3.7 结构链接模式

结构链接模式用于把一个数据文件分开表示为多个 QR 码符号的序列,要求所有的符号可以识读并且数据可以按正确的顺序重新建立。每个符号都要有一个结构链接头,以标识这个序列的长度及该符号在其中的位置,并且检验是否所有识读的符号属于同一个文件。结构链接模式的编码详见第 7 章。

6.3.8 FNC1 模式

FNC1 模式用于表示按 UCC/EAN 应用标识标准或国际 AIM 协会已经同意的具体行业标准格式化的数据。

6.4 数据编码

将输入的数据转换为一个位流,如果最初的 ECI 不是缺省的 ECI,其前面要有 ECI 标头,后面为一个或多个不同模式的段,如果以缺省的 ECI 开始,位流的开头为第一个模式的指示符。

ECI 标头(如果有)应包含如下内容:

- ECI 模式指示符(4 位)
- ECI 指定符(8,16 或 24 位)

位流的其余部分的每一段由以下内容组成,它们包含:

- 模式指示符(4 位)
- 字符计数指示符
- 数据位流

注:在中国汉字模式下,在模式指示符之后,字符计数指示符之前,加入了一个中国汉字子集指示符,其格式为 4 位,指示所采用的汉字子集。目前只选用了 0001。

ECI 标头由 ECI 模式指示符的最高位开始,以 ECI 指定符的最低位结束。每个模式段以模式指示符的最高位开始,以数据位流的最低位结束。由于段的长度已经由采用模式的规则以及数据字符数明确地确定,因此,段与段之间没有特定的分隔。

在 6.4.1 至 6.4.7 中定义了在给定的模式中对输入的数据序列编码的步骤。表 2 定义了每个模式的模式指示符。表 3 定义了采用不同模式和符号版本的字符计数指示符的长度。

表 2 模式指示符

模 式	指 示 符	模 式	指 示 符
ECI	0111	中国汉字	1101
数字	0001	结构链接	0011
字母数字	0010	FNC1	0101 (第一位置)
8 位字节	0100		1001 (第二位置)
		终止符(信息结尾)	0000

整个符号的结束由 4 位终止符 0000 表示,当符号数据位流后所余的容量不足 4 位时,终止符将被截短。终止符本身不是模式指示符。

表 3 字符计数指示符的位数

版 本	数字模式	字母数字模式	8 位字节模式	中国汉字模式
1~9	10	9	8	8
10~26	12	11	16	10
27~40	14	13	16	12

6.4.1 扩充解释(ECI)模式

本模式用于按可选的字节值解释(例如不同的字符集)对某类数据进行编码,可选的字节值解释应符合 AIM ECI 规范中对这类数据进行预处理的规则。模式用模式指示符 0111 引入。在符号的开始,不需要引入 QR 码缺省扩充解释(ECI 标头 000020,对应于 ASCII 字符集)。

ECI 只能用于识读者可以传送符号标识的情况,不能传送符号标识的识读者无法从包含 ECI 的符号中传输数据。

输入的 ECI 数据需要编码系统作为一系列 8 位字节的值进行处理。

ECI 序列中的数据可以一种或几种模式对其字节值进行最高效编码,而不必考虑其实际意义。例如:值为 30_{HEX} 到 39_{HEX} 的数据序列可以当作一个数字 0~9 序列,用数字模式进行编码(见 6.4.2),即使实际上它并不表示数字数据。字符计数指示符由字节的数量决定(在中国汉字模式中为双字节)。

6.4.1.1 ECI 指定符

每个扩充解释被分配一个 6 位的任务号,它为紧接在 QR 码符号的 ECI 模式指示符后的 1 个、2 个或 3 个码字。其编码规则见表 4。ECI 指定符编码为 ASCII 字符 5C_{HEX}(\或 ISO 646 IRV 中的反斜线),其后跟随 6 位任务号。如果 ASCII 字符 5C_{HEX}本身是作为数据的内容,在应用 ECI 协议的符号编码前,应在数据串中重复该字符。

表 4 ECI 任务号的编码

ECI 任务号	码 字 数	码 字 值
000000 至 000127	1	0bbbbbbb
000000 至 016383	2	10bbbbbb bbbbbbbb
000000 至 999999	3	110bbbbb bbbbbbbb bbbbbbbb
		b……b 是 ECI 任务号的二进制值

在译码时,第一个 ECI 指定符码字(ECI 模式中模式指示符后的码字)的二进制位图,确定 ECI 指定符序列的长度。第一个“0”前面的“1”的个数表示 ECI 任务号的第一个码字后的附加码字的数量。第一个“0”后面的各位,是 ECI 任务号的二进制表示。较低的 ECI 任务号有多种编码方式,最短的方式为首选的。

例如:假设编码的数据为希腊字母,字符集为 ISO 8859-7(ECI 000009),符号版本为 1-H。

要编码的数据: ABΓΔE(字符值 A1_{HEX}, A2_{HEX}, A3_{HEX}, A4_{HEX}, A5_{HEX})

符号中的位序列:

ECI 模式指示符 0111
ECI 任务号(000009) 00001001
模式指示符(8 位字节) 0100
字符计数指示符(5) 00000101

数据: 10100001 10100010 10100011 10100100 10100101

最终的位流: 0111 00001001 0100 00000101 10100001 10100010 10100011
 10100100 10100101

该数据译码后传送的例子见 12.2。

6.4.1.2 多种 ECI

ECI 数据段中有关 ECI 指定符的作用的规则见 AIM ECI 规范。例如,已经应用某一字符集 ECI 的

数据也可用一个与初始的 ECI 共存的非字符集 ECI 加密或压缩,或者第二个 ECI 可以取消第一个 ECI 并开始一个新的 ECI 段。在数据中出现任何 ECI 指定符都要按 6.4.1.1 在 QR 码符号中编码并开始一个新的模式段。

6.4.1.3 ECI 和结构链接

引入任何 ECI,必须遵从上述规则及 AIM 的 ECI 规范,直到编码数据的结束或者出现另一个 ECI (由模式指示符 0111 表示)。如果 ECI 编码的数据以结构链接的模式延伸到两个或更多的符号,那么,在每一个继续使用该 ECI 模式的后续符号中,需提供一个由 ECI 模式指示符和 ECI 指定符组成的 ECI 标头,该标头紧跟在结构链接头之后。

6.4.2 数字模式

将输入的数据每三位分为一组,将每组数据转换为 10 位二进制数。如果所输入的数据的位数不是 3 的整数倍,所余的 1 位或 2 位数字应分别转换为 4 位或 7 位二进制数。将二进制数据连接起来并在前面加上模式指示符和字符计数指示符。数字模式中字符计数指示符如表 3 中定义的有 10、12 或 14 位。输入的数据字符的数量转换为 10、12 或 14 位二进制数后,放置在模式指示符之后,二进制数据序列之前。

例 1 (符号版本 1-H):

- 输入的数据: 01234567
- 1) 分为 3 位一组: 012 345 67
- 2) 将每组转换为二进制: 012→0000001100
345→0101011001
67→1000011
- 3) 将二进制数连接为一个序列: 0000001100 0101011001 1000011
- 4) 将字符计数指示符转换为二进制(版本 1-H 为 10 位):
字符数为: 8→0000001000
- 5) 加入模式指示符 0001 以及字符计数指示符的二进制数据:

0001 0000001000 0000001100 0101011001 1000011

例 2 (符号版本 1-H):

- 输入的数据: 0123456789012345
- 1) 分为 3 位一组: 012 345 678 901 234 5
- 2) 将每组转换为二进制: 012→0000001100
345→0101011001
678→1010100110
901→1110000101
234→0011101010
5→0101
- 3) 将二进制数连接为一个序列:
0000001100 0101011001 1010100110 1110000101 0011101010 0101
- 4) 将字符计数指示符转换为二进制(版本 1-H 为 10 位):
字符数为: 16→0000010000
- 5) 加入模式指示符 0001 以及字符计数指示符的二进制数据:

0001 0000010000 0000001100 0101011001 1010100110 1110000101 0011101010 0101

数字模式中位流的长度计算公式如下:

$$B = 4 + C + 10(D \text{ DIV } 3) + R$$

其中: B = 位流的位数;

C = 字符计数指示符的位数(见表 3);

D = 输入的数据字符数;

$R=0$ 当 $(D \bmod 3)=0$;

$R=4$ 当 $(D \bmod 3)=1$;

$R=7$ 当 $(D \bmod 3)=2$ 。

6.4.3 字母数字模式

按照表 5, 每个输入的字符赋予一个数值 V , 它的值为 0 到 44。

表 5 字母数字模式的编码/译码表

字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值
0	0	6	6	C	12	I	18	O	24	U	30	SP	36
1	1	7	7	D	13	J	19	P	25	V	31	\$	37
2	2	8	8	E	14	K	20	Q	26	W	32	%	38
3	3	9	9	F	15	L	21	R	27	X	33	*	39
4	4	A	10	G	16	M	22	S	28	Y	34	+	40
5	5	B	11	H	17	N	23	T	29	Z	35	-	41

将输入的数据分为两个字符一组, 用 11 位二进制表示。将前面字符的值乘以 45 与第二个字符的值相加, 将所得的结果转换为 11 位二进制数。如果输入的数据的字符数不是 2 的整数倍, 将最后一个字符编码为 6 位二进制数。将所得的二进制数据连接起来并在前面加上模式指示符和字符计数指示符, 在字母数字模式中, 字符计数指示符的长度为 9、11 或 13 位, 其定义见表 3。将输入的字符数编码为 9、11 或 13 位二进制数, 放在模式指示符之后, 二进制数据序列之前。

例(符号版本 1-H):

输入的数据:

AC-42

1) 根据表 5 查出字符的值:

AC-42 → (10, 12, 41, 4, 2)

2) 将结果分为 2 个一组:

(10, 12)(41, 4)(2)

3) 将每组数据转换为 11 位二进制数: (10, 12) $10 * 45 + 12 \rightarrow 462 \rightarrow 00111001110$

(41, 4) $41 * 45 + 4 \rightarrow 1849 \rightarrow 11100111001$

(2) → 2 → 000010

4) 二进制数据顺次连接:

00111001110 11100111001 000010

5) 将字符计数指示符转换为二进制(版本 1-H 为 9 位):

输入的字符数

5 → 000000101

6) 在二进制数据前加上模式指示符 0010 和字符计数指示符:

0010 000000101 00111001110 11100111001 000010

字母数字模式的位流的长度计算公式如下:

$$B = 4 + C + 11(D \text{ DIV } 2) + 6(D \text{ MOD } 2)$$

其中: B = 位流的位数;

C = 字符计数指示符的位数(见表 3);

D = 输入的字符数。

6.4.4 8 位字节模式

在本模式中, 一个 8 位码字直接表示一个输入数据字符的 ASCII 字符值, 即密度为每个字符 8 位, 如表 6 所示。在非缺省的其他 ECI 中, 它直接表示一个 8 位字节的值。

表 6 ASCII 字符集编码/译码表

值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符	值	字符
0	NUL	37	%	74	J	111	o	148	ô	185	÷	222	!
1	SOH	38	&	75	K	112	p	149	ò	186	×	223	■
2	STX	39	'	76	L	113	q	150	ó	187	÷	224	α
3	ETX	40	(	77	M	114	r	151	û	188	÷	225	β
4	EOT	41	)	78	N	115	s	152	ÿ	189	÷	226	Γ
5	ENQ	42	*	79	O	116	t	153	ö	190	÷	227	π
6	ACK	43	+	80	P	117	u	154	Ü	191	÷	228	Σ
7	BEL	44	,	81	Q	118	v	155	é	192	÷	229	σ
8	BS	45	-	82	R	119	w	156	£	193	÷	230	μ
9	HT	46	.	83	S	120	x	157	¥	194	÷	231	τ
10	LF	47	/	84	T	121	y	158	Pt	195	÷	232	φ
11	VT	48	0	85	U	122	z	159	f	196	÷	233	θ
12	FF	49	1	86	V	123	{	160	á	197	÷	234	Ω
13	CR	50	2	87	W	124	|	161	í	198	÷	235	δ
14	SO	51	3	88	X	125	}	162	ó	199	÷	236	ι
15	SI	52	4	89	Y	126	~	163	ú	200	÷	237	ε
16	DLE	53	5	90	Z	127	DEL	164	ñ	201	÷	238	€
17	DC1	54	6	91	[	128	Ç	165	ñ	202	÷	239	©
18	DC2	55	7	92	\	129	ü	166	ä	203	÷	240	≡
19	DC3	56	8	93	]	130	é	167	Ω	204	÷	241	±
20	DC4	57	9	94	^	131	ä	168	¿	205	÷	242	z
21	NAK	58	:	95	_	132	ä	169	¡	206	÷	243	≤
22	SYN	59	;	96	`	133	ä	170	½	207	÷	244	¡
23	ETB	60	<	97	a	134	ä	171	1/2	208	÷	245	J
24	CAN	61	=	98	b	135	ç	172	1/4	209	÷	246	+
25	BM	62	>	99	c	136	è	173	i	210	÷	247	•
26	SUB	63	?	100	d	137	é	174	•	211	÷	248	°
27	ESC	64	@	101	e	138	è	175	•	212	÷	249	•
28	FS	65	A	102	f	139	ï	176	•	213	÷	250	√
29	GS	66	B	103	g	140	ï	177	•	214	÷	251	n
30	RS	67	C	104	h	141	ï	178	•	215	÷	252	z
31	US	68	D	105	i	142	Ä	179	•	216	÷	253	■
32	SP	69	E	106	j	143	Ä	180	•	217	÷	254	■
33	!	70	F	107	k	144	É	181	•	218	÷	255	
34	"	71	G	108	l	145	æ	182	•	219	÷		
35	#	72	H	109	m	146	Æ	183	•	220	÷		
36	\$	73	I	110	n	147	ö	184	•	221	÷		

将二进制数据连接起来并在前面加上模式指示符和字符计数指示符。按表 3 的规定,8 位字节模式的字符计数指示符为 8 位或 16 位,将输入字符数转换为 8 位或 16 位二进制数据放在模式指示符之后,二进制数据序列之前。

8 位字节模式的位流的长度计算公式如下:

$$B = 4 + C + 8D$$

其中: B = 位流的位数;

C = 字符计数指示符的位数(见表 3);

D = 输入数据的字符数。

6.4.5 中国汉字模式

GB 2312 中规定的中国汉字和非汉字字符共 7 445 个,其中汉字字符 6 768 个。GB 2312 规定的字符由两个字节表示。字符值为 GB 2312 中图形字符的内码值。将输入数据字符按下面定义转换为 13 位二进制数。随后将二进制数据连接起来并在前面加上模式指示符、中国汉字子集指示符和字符计数指示符。中国汉字模式的中国汉字子集指示符为 4 位二进制数,字符计数指示符的位数按表 3 规定为 8、10 或 12 位,将字符计数指示符转换为相应的 8、10 或 12 位二进制数,放在模式指示符之后,二进制数据序列之前。

a) 对于第一字节值在 $A1_{\text{HEX}}$ 到 AA_{HEX} 范围,第二字节值在 $A1_{\text{HEX}}$ 到 FE_{HEX} 范围的字符:

- 1) 第一字节值减去 $A1_{\text{HEX}}$;
- 2) 将 1) 的结果乘以 60_{HEX} ;
- 3) 第二字节值减去 $A1_{\text{HEX}}$;
- 4) 将 2) 的结果加上 3) 的结果;
- 5) 将结果转换为 13 位二进制串。

b) 对于第一字节值在 $B0_{\text{HEX}}$ ~ FA_{HEX} 范围,第二字节值在 $A1_{\text{HEX}}$ ~ FE_{HEX} 范围的字符:

- 1) 第一字节值减去 $A6_{\text{HEX}}$;
- 2) 将 1) 的结果乘以 60_{HEX} ;
- 3) 第二字节值减去 $A1_{\text{HEX}}$;
- 4) 将 2) 的结果加上 3) 的结果;
- 5) 将结果转换为 13 位二进制数。

例:

输入字符	“个”	“安”
内码值:	$A1E1$	$B0B2$
① 第一字节值减去 $A1_{\text{HEX}}$ 或 $A6_{\text{HEX}}$	$A1 - A1 = 0$	$B0 - A6 = 0A$
② 将①的结果乘以 60_{HEX}	$0 * 60 = 0$	$0A * 60 = 3C0$
③ 第二字节值减去 $A1_{\text{HEX}}$	$E1 - A1 = 40$	$B2 - A1 = 11$
④ 将②的结果加上③的结果	$0 + 40 = 40$	$3C0 + 11 = 3D1$
⑤ 将结果转换为 13 位二进制数	0 0000 0100 0000	0 0011 1101 0001

c) 对于所有的中国汉字字符:

在输入的数据字符的二进制队列前加上模式指示符(1101)、中国汉字子集指示符(4 位,对应 GB 2312 的子集指示符为 0001)和字符计数指示符的二进制表示(8、10 或 12 位);

中国汉字模式的位流长度计算公式如下:

$$B = 4 + 4 + C + 13D$$

其中: B =位流的位数;

C =字符计数指示符的位数(见表 3);

D =输入的数据字符数。

6.4.6 混合模式

根据数据内容的要求或者为了增加编码密度,可以从一种模式转换到另一种模式来表示数据,详见附录 H。每一段数据按 6.4.1 到 6.4.5 中给出的相应模式进行编码。基本结构为模式指示符/字符计数指示符/数据,其后紧跟下一段的模式指示符开始另一段。图 10 为有 n 段数据的结构。

段 1			段 2			.....	段 n		
模式指示符 1	字符计数指示符	数据	模式指示符 2	字符计数指示符	数据	.....	模式指示符 n	字符计数指示符	数据

图 10 混合模式数据格式

6.4.7 FNC1 模式

有两种模式指示符,它们和 6.3.1 至 6.3.8 以及 6.4.1 至 6.4.6 规定的模式标志结合使用,用于标识表示按特定的行业或应用格式化信息的符号,它们(和有关的参数数据一起)放在模式指示符之前。如果使用 FNC1 模式,译码器必需按 12.1 和附录 F 中的规定传输符号标识符。

6.4.7.1 FNC1 在第一位置

该模式指示符用于标识表示按 UCC/EAN 应用标识标准格式化信息的符号。因此,它在符号中只用一次,并总是放在第一个模式指示符(数字、字母数字、8 位字节、中国汉字)之前,ECI 标头或者结构链接头之后。在 UCC/EAN 规范中要求 FNC1 字符(在使用这一特殊字符的其他码制中)用作数据段分隔(即在可变长度数据段的末尾)时,QR 码符号将在字母数字模式中用 % 字符,在 8 位字节模式中用字符 GS(ASCII 值 29)实现这一功能。如果在数据中也有 % 符号出现,则应按 %% 进行编码。译码器在这些符号中遇到 % 时,应按 ASCII 值 29 进行传输;如果遇到 %,则按单个 % 字符传输。

例:

输入的数据:

0104912345123459 (应用标识符 01=UCC/EAN 物品编码,定长;数据 04912345123459)

15970331(应用标识符 15=保质期,格式 YYMMDD,定长;数据 1997 年 3 月 31 日)

30128(应用标识符 30=数量,不定长;数据 128)(需要分隔符)

10ABC123(应用标识符 10=批号,不定长;数据 ABC123)

数据编码为:01049123451234591597033130128%10ABC123

符号中的位序列:

0101(模式指示符,意指 FNC1 在第一位置)

0001(模式指示符,数字模式)

0000011101(字符计数指示符,29)

<数据:01049123451234591597033130128>

0010(模式指示符,字母数字模式)

000001001(字符计数指示符,9)

<数据:%10ABC123>

传送的数据(见 12.1 和附录 F)

]Q301049123451234591597033130128<ASCII 29>10ABC123

注:]Q3 为符号标识符,见附录 F。

带有 % 的数据的编码与传送实例:

输入的数据:123%

编码为:123%%

传送为:123%

6.4.7.2 FNC1 在第二位置

该模式指示符用于标识表示按 AIM 认可的特定行业或者特定应用规范格式化信息的符号。在它后面跟着一个一字节的码字,该码字的值是用于标识 AIM 认可的规范中的应用指示符的值。在这种情况下,它在符号中只使用一次,并总是放在第一个模式指示符(数字、字母数字、8 位字节、中国汉字)之前,ECI 标头或者结构链接头之后。应用指示符可以采用字符集(a~z, A~Z)中任何一个拉丁字母(用字符的 ASCII 值加 100)或者用一个两位数(直接用它的值)表示,并由译码器作为数据前的一个或两个字符传输。

例:(本例中的应用指示符 37 在本规范发布时还没有分配给任何组织,本例中的数据内容纯粹是任意的)

应用指示符:37

输入的数据: AA1234BBB112text text text text<CR>

符号中的位序列:

1001(模式指示符,意指 FNC1 在第二位置)

00100101(应用指示符,37)

0010(模式指示符,字母数字模式)

000001100(字符计数指示符,12)

<数据位:AA1234BBB112>

0100(模式指示符,8 位字节模式)

00010100(字符计数指示符,20)

<数据位;text text text text<CR>>

传送的数据:]Q537 AA1234BBB112text text text text<CR>

6.4.8 终止符

符号的数据结尾由紧跟在最后一个模式段后面的终止符序列 0000 表示,当数据位流数量正好填满符号的容量时,它可以省略,或者当符号所余的容量不足 4 位时它可以截短。

6.4.9 位流到码字的转换

每个模式段的位流需要按顺序连接在一起,最后添加终止符,除非数据位流正好填满符号容量。所得的数据位流将被分为一个个码字;所有的码字的长度都是 8 位,如果位流长度最后一个码字不足 8 位,则用二进制值为 0 的填充位填充至 8 位,填充位应加在数据位流最后 1 位(最低位)的后面。然后按表 7 所定义的版本和纠错等级交替添加填充码字 11101100 和 00010001,将数据位流扩展,以填满符号的数据容量,所得结果的数据码字序列按 6.5 条进行处理加入纠错码字。为了正好填满符号容量,有些版本也许需要在信息的最后添加 3、4 或 7 个剩余位(全为 0),见表 1。

表 7 QR 码符号字符数和数据容量

版本	纠错等级	数据码字数 [*]	数据位数 ^{**}	数据容量			
				数字	字母数字	8 位字节	中国汉字
1	L	19	152	41	25	17	10
	M	16	128	34	20	14	8
	Q	13	104	27	16	11	7
	H	9	72	17	10	7	4
2	L	34	272	77	47	32	20
	M	28	224	63	38	26	16
	Q	22	176	48	29	20	12
	H	16	128	34	20	14	8
3	L	55	440	127	77	53	32
	M	44	352	101	61	42	26
	Q	34	272	77	47	32	20
	H	26	208	58	35	24	15
4	L	80	640	187	114	78	48
	M	64	512	149	90	62	38
	Q	48	384	111	67	46	28
	H	36	288	82	50	34	21
5	L	108	864	255	154	106	65
	M	86	688	202	122	84	52
	Q	62	496	144	87	60	37
	H	46	368	106	64	44	27

表 7 (续)

版本	纠错等级	数据码字数 [*]	数据位数 ^{**}	数据容量			
				数字	字母数字	8 位字节	中国汉字
6	L	136	1 088	322	195	134	82
	M	108	864	255	154	106	65
	Q	76	608	178	108	74	45
	H	60	480	139	84	58	36
7	L	156	1 248	370	224	154	95
	M	124	992	293	178	122	75
	Q	88	704	207	125	86	53
	H	66	528	154	93	64	39
8	L	194	1 552	461	279	192	118
	M	154	1 232	365	221	152	93
	Q	110	880	259	157	108	66
	H	86	688	202	122	84	52
9	L	232	1 856	552	335	230	141
	M	182	1 456	432	262	180	111
	Q	132	1 056	312	189	130	80
	H	100	800	235	143	98	60
10	L	274	2 192	652	395	271	167
	M	216	1 728	513	311	213	131
	Q	154	1 232	364	221	151	93
	H	122	976	288	174	119	74
11	L	324	2 592	772	468	321	198
	M	254	2 032	604	366	251	155
	Q	180	1 440	427	259	177	109
	H	140	1 120	331	200	137	85
12	L	370	2 960	883	535	367	226
	M	290	2 320	691	419	287	177
	Q	206	1 648	489	296	203	125
	H	158	1 264	374	227	155	96
13	L	428	3 424	1 022	619	425	262
	M	334	2 672	796	483	331	204
	Q	244	1 952	580	352	241	149
	H	180	1 440	427	259	177	109
14	L	461	3 688	1 101	667	458	282
	M	365	2 920	871	528	362	223
	Q	261	2 088	621	376	258	159
	H	197	1 576	468	283	194	120
15	L	523	4 184	1 250	758	520	320
	M	415	3 320	991	600	412	254
	Q	295	2 360	703	426	292	180
	H	223	1 784	530	321	220	136

表 7 (续)

版本	纠错等级	数据码字数 [*]	数据位数 ^{**}	数据容量			
				数字	字母数字	8 位字节	中国汉字
16	L	589	4 712	1 408	854	586	361
	M	453	3 624	1 082	656	450	277
	Q	325	2 600	775	470	322	198
	H	253	2 024	602	365	250	154
17	L	647	5 176	1 548	938	644	397
	M	507	4 056	1 212	734	504	310
	Q	367	2 936	876	531	364	224
	H	283	2 264	674	408	280	173
18	L	721	5 768	1 725	1 046	718	442
	M	563	4 504	1 346	816	560	345
	Q	397	3 176	948	574	394	243
	H	313	2 504	746	452	310	191
19	L	795	6 360	1 903	1 153	792	488
	M	627	5 016	1 500	909	624	384
	Q	445	3 560	1 063	644	442	272
	H	341	2 728	813	493	338	208
20	L	861	6 888	2 061	1 249	858	528
	M	669	5 352	1 600	970	666	410
	Q	485	3 880	1 159	702	482	297
	H	385	3 080	919	557	382	235
21	L	932	7 456	2 232	1 352	929	572
	M	714	5 712	1 708	1 035	711	438
	Q	512	4 096	1 224	742	509	314
	H	406	3 248	969	587	403	248
22	L	1 006	8 048	2 409	1 460	1 003	618
	M	782	6 256	1 872	1 134	779	480
	Q	568	4 544	1 358	823	565	348
	H	442	3 536	1 056	640	439	270
23	L	1 094	8 752	2 620	1 588	1 091	672
	M	860	6 880	2 059	1 248	857	528
	Q	614	4 912	1 468	890	611	376
	H	464	3 712	1 108	672	461	284
24	L	1 174	9 392	2 812	1 704	1 171	721
	M	914	7 312	2 188	1 326	911	561
	Q	664	5 312	1 588	963	661	407
	H	514	4 112	1 228	744	511	315
25	L	1 276	10 208	3 057	1 853	1 273	784
	M	1 000	8 000	2 395	1 451	997	614
	Q	718	5 744	1 718	1 041	715	440
	H	538	4 304	1 286	779	535	330

表 7 (续)

版本	纠错等级	数据码字数*	数据位数**	数据容量			
				数字	字母数字	8 位字节	中国汉字
26	L	1 370	10 960	3 283	1 990	1 367	842
	M	1 062	8 496	2 544	1 542	1 059	652
	Q	754	6 032	1 804	1 094	751	462
	H	596	4 768	1 425	864	593	365
27	L	1 468	11 744	3 517	2 132	1 465	902
	M	1 128	9 024	2 701	1 637	1 125	692
	Q	808	6 464	1 933	1 172	805	496
	H	628	5 024	1 501	910	625	385
28	L	1 531	12 248	3 669	2 223	1 528	940
	M	1 193	9 544	2 857	1 732	1 190	732
	Q	871	6 968	2 085	1 263	868	534
	H	661	5 288	1 581	958	658	405
29	L	1 631	13 048	3 909	2 369	1 628	1 002
	M	1 267	10 136	3 035	1 839	1 264	778
	Q	911	7 288	2 181	1 322	908	559
	H	701	5 608	1 677	1 016	698	430
30	L	1 735	13 880	4 158	2 520	1 732	1 066
	M	1 373	10 984	3 289	1 994	1 370	843
	Q	985	7 880	2 358	1 429	982	604
	H	745	5 960	1 782	1 080	742	457
31	L	1 843	14 744	4 417	2 677	1 840	1 132
	M	1 455	11 640	3 486	2 113	1 452	894
	Q	1 033	8 264	2 473	1 499	1 030	634
	H	793	6 344	1 897	1 150	790	486
32	L	1 955	15 640	4 686	2 840	1 952	1 201
	M	1 541	12 328	3 693	2 238	1 538	947
	Q	1 115	8 920	2 670	1 618	1 112	684
	H	845	6 760	2 022	1 226	842	518
33	L	2 071	16 568	4 965	3 009	2 068	1 273
	M	1 631	13 048	3 909	2 369	1 628	1 002
	Q	1 171	9 368	2 805	1 700	1 168	719
	H	901	7 208	2 157	1 307	898	553
34	L	2 191	17 528	5 253	3 183	2 188	1 347
	M	1 725	13 800	4 134	2 506	1 722	1 060
	Q	1 231	9 848	2 949	1 787	1 228	756
	H	961	7 688	2 301	1 394	958	590
35	L	2 306	18 448	5 529	3 351	2 303	1 417
	M	1 812	14 496	4 343	2 632	1 809	1 113
	Q	1 286	10 288	3 081	1 867	1 283	790
	H	986	7 888	2 361	1 431	983	605

表 7 (完)

版本	纠错等级	数据码字数 [*]	数据位数 ^{**}	数据容量			
				数字	字母数字	8 位字节	中国汉字
36	L	2 434	19 472	5 836	3 537	2 431	1 496
	M	1 914	15 312	4 588	2 780	1 911	1 176
	Q	1 354	10 832	3 244	1 966	1 351	832
	H	1 054	8 432	2 524	1 530	1 051	647
37	L	2 566	20 528	6 153	3 729	2 563	1 577
	M	1 992	15 936	4 775	2 894	1 989	1 224
	Q	1 426	11 408	3 417	2 071	1 423	876
	H	1 096	8 768	2 625	1 591	1 093	673
38	L	2 702	21 616	6 479	3 927	2 699	1 661
	M	2 102	16 816	5 039	3 054	2 099	1 292
	Q	1 502	12 016	3 599	2 181	1 499	923
	H	1 142	9 136	2 735	1 658	1 139	701
39	L	2 812	22 496	6 743	4 087	2 809	1 729
	M	2 216	17 728	5 313	3 220	2 213	1 362
	Q	1 582	12 656	3 791	2 298	1 579	972
	H	1 222	9 776	2 927	1 774	1 219	750
40	L	2 956	23 648	7 089	4 296	2 953	1 817
	M	2 334	18 672	5 596	3 391	2 331	1 435
	Q	1 666	13 328	3 993	2 420	1 663	1 024
	H	1 276	10 208	3 057	1 852	1 273	784
* 所有码字的长度为 8 位。							
** 数据位的数量包括模式指示符和字符计数指示符的位数。							

6.5 纠错

6.5.1 纠错容量

QR 码采用纠错算法生成一系列纠错码字,添加在数据码字序列后,使得符号可以在遇到损坏时不致丢失数据。纠错共有 4 个纠错等级,对应 4 种纠错容量,如表 8 所示。

表 8 纠错等级

纠错等级	L	M	Q	H
纠错容量,% (近似值)	7	15	25	30

纠错等级的选择参见附录 I2。

纠错码字可以纠正两种类型的错误,拒读错误(错误码字的位置已知)和替代错误(错误码字位置未知)。一个拒读错误是一个没扫描到或无法译码的符号字符,一个替代错误是错误译码的符号字符。如果一个缺陷使深色模块变成浅色模块或将浅色模块变成深色模块,将符号字符错误地译码为是另一个不同的码字,造成替代错误,这种数据替代错误需要两个纠错码字来纠正。

可纠正的替代和拒读错误的数量由下式给出:

$$e + 2t \leq d - p$$

其中: e = 拒读错误数;

t = 替代错误数;

d = 纠错码字数;

p = 错误检测码字数。

例如：版本 6-H 符号中共有 172 个码字，其中有 112 个纠错码字（其余 60 个为数据码字）。这 112 个纠错码字可纠正 56 个替代错误或 112 个拒读错误，即符号纠错容量为 56/172 或 32.6%。

在上面的公式中，版本 1-L 符号的 $p=3$ ，版本 1-M 符号和版本 2-L 符号的 $p=2$ ，版本 1-H、1-Q 和 3-L 符号的 $p=1$ ，其他情况下 $p=0$ 。当 $p>0$ （即为 1、2 或 3）时，有 p 个码字作为错误检测码字，防止从错误数量超过纠错容量的符号传输数据。 e 必须小于 $d/2$ 。例如，在版本 2-L 符号中码字总数为 44 个，其中数据码字为 34 个，纠错码字为 10 个。从表 9 中可以看出纠错容量为 4 个替代错误（ $e=0$ ）。代入上面公式：

$$0 + (2 \times 4) = 10 - 2$$

这就意味着纠正 4 个替代错误只需要 8 个纠错码字，剩余的 2 个纠错码字可用于检测（不能纠正）其他错误，如果超过 4 个替代错误，则译码失败。

根据版本和纠错等级，将数据码字序列分为 1 个或多个块，对每一个块分别进行纠错运算。表 9 列出了每一版本、每一纠错等级的码字总数、纠错码字总数以及纠错块的结构和数量。

如果某一符号版本需要剩余位填充符号容量中剩余的模块，剩余位均为 0。

表 9 QR 码符号各版本的纠错特性

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码 (c, k, r)
1	26	L	7	1	(26,19,2)†
		M	10	1	(26,16,4)†
		Q	13	1	(26,13,6)†
		H	17	1	(26,9,8)†
2	44	L	10	1	(44,34,4)†
		M	16	1	(44,28,8)
		Q	22	1	(44,22,11)
		H	28	1	(44,16,14)
3	70	L	15	1	(70,55,7)†
		M	26	1	(70,44,13)
		Q	36	2	(35,17,9)
		H	44	2	(35,13,11)
4	100	L	20	1	(100,80,10)
		M	36	2	(50,32,9)
		Q	52	2	(50,24,13)
		H	64	4	(25,9,8)
5	134	L	26	1	(134,108,13)
		M	48	2	(67,43,12)
		Q	72	2 2	(33,15,9) (34,16,9)
		H	88	2 2	(33,11,11) (34,12,11)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码* (c, k, r)
6	172	L	36	2	(86,68,9)
		M	64	4	(43,27,8)
		Q	96	4	(43,19,12)
		H	112	4	(43,15,14)
7	196	L	40	2	(98,78,10)
		M	72	4	(49,31,9)
		Q	108	2 4	(32,14,9) (33,15,9)
		H	130	4 1	(39,13,13) (40,14,13)
8	242	L	48	2	(121,97,12)
		M	88	2 2	(60,38,11) (61,39,11)
		Q	132	4 2	(40,18,11) (41,19,11)
		H	156	4 2	(40,14,13) (41,15,13)
9	292	L	60	2	(146,116,15)
		M	110	3 2	(58,36,11) (59,37,11)
		Q	160	4 4	(36,16,10) (37,17,10)
		H	192	4 4	(36,12,12) (37,13,12)
10	346	L	72	2 2	(86,68,9) (87,69,9)
		M	130	4 1	(69,43,13) (70,44,13)
		Q	192	6 2	(43,19,12) (44,20,12)
		H	224	6 2	(43,15,14) (44,16,14)
11	404	L	80	4	(101,81,10)
		M	150	1 4	(80,50,15) (81,51,15)
		Q	224	4 4	(50,22,14) (51,23,14)
		H	264	3 8	(36,12,12) (37,13,12)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码 (<i>c, k, r</i>)
12	466	L	96	2	(116,92,12)
				2	(117,93,12)
		M	176	6	(58,36,11)
				2	(59,37,11)
		Q	260	4	(46,20,13)
				6	(47,21,13)
		H	308	7	(42,14,14)
				4	(43,15,14)
13	532	L	104	4	(133,107,13)
		M	198	8	(59,37,11)
				1	(60,38,11)
		Q	288	8	(44,20,12)
				4	(45,21,12)
		H	352	12	(33,11,11)
				4	(34,12,11)
14	581	L	120	3	(145,115,15)
				1	(146,116,15)
		M	216	4	(64,40,12)
				5	(65,41,12)
		Q	320	11	(36,16,10)
				5	(37,17,10)
		H	384	11	(36,12,12)
				5	(37,13,12)
15	655	L	132	5	(109,87,11)
				1	(110,88,11)
		M	240	5	(65,41,12)
				5	(66,42,12)
		Q	360	5	(54,24,15)
				7	(55,25,15)
		H	432	11	(36,12,12)
				7	(37,13,12)
16	733	L	144	5	(122,98,12)
				1	(123,99,12)
		M	280	7	(73,45,14)
				3	(74,46,14)
		Q	408	15	(43,19,12)
				2	(44,20,12)
		H	480	3	(45,15,15)
				13	(46,16,15)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码 (c, k, r)
17	815	L	168	1	(135,107,14)
				5	(136,108,14)
		M	308	10	(74,46,14)
				1	(75,47,14)
		Q	448	1	(50,22,14)
				15	(51,23,14)
		H	532	2	(42,14,14)
				17	(43,15,14)
18	901	L	180	5	(150,120,15)
				1	(151,121,15)
		M	338	9	(69,43,13)
				4	(70,44,13)
		Q	504	17	(50,22,14)
				1	(51,23,14)
		H	588	2	(42,14,14)
				19	(43,15,14)
19	991	L	196	3	(141,113,14)
				4	(142,114,14)
		M	364	3	(70,44,13)
				11	(71,45,13)
		Q	546	17	(47,21,13)
				4	(48,22,13)
		H	650	9	(39,13,13)
				16	(40,14,13)
20	1 085	L	224	3	(135,107,14)
				5	(136,108,14)
		M	416	3	(67,41,13)
				13	(68,42,13)
		Q	600	15	(54,24,15)
				5	(55,25,15)
		H	700	15	(43,15,14)
				10	(44,16,14)
21	1 156	L	224	4	(144,116,14)
				4	(145,117,14)
		M	442	17	(68,42,13)
		Q	644	17	(50,22,14)
				6	(51,23,14)
		H	750	19	(46,16,15)
				6	(47,17,15)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码* (c, k, r)
22	1 258	L	252	2	(139,111,14)
				7	(140,112,14)
		M	476	17	(74,46,14)
		Q	690	7	(54,24,15)
				16	(55,25,15)
		H	816	34	(37,13,12)
23	1 364	L	270	4	(151,121,15)
				5	(152,122,15)
		M	504	4	(75,47,14)
				14	(76,48,14)
		Q	750	11	(54,24,15)
				14	(55,25,15)
		H	900	16	(45,15,15)
				14	(46,16,15)
24	1 474	L	300	6	(147,117,15)
				4	(148,118,15)
		M	560	6	(73,45,14)
				14	(74,46,14)
		Q	810	11	(54,24,15)
				16	(55,25,15)
		H	960	30	(46,16,15)
				2	(47,17,15)
25	1 588	L	312	8	(132,106,13)
				4	(133,107,13)
		M	588	8	(75,47,14)
				13	(76,48,14)
		Q	870	7	(54,24,15)
				22	(55,25,15)
		H	1050	22	(45,15,15)
				13	(46,16,15)
26	1 706	L	336	10	(142,114,14)
				2	(143,115,14)
		M	644	19	(74,46,14)
				4	(75,47,14)
		Q	952	28	(50,22,14)
				6	(51,23,14)
		H	1110	33	(46,16,15)
				4	(47,17,15)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码 (c, k, r)
27	1 828	L	360	8	(152,122,15)
				4	(153,123,15)
		M	700	22	(73,45,14)
				3	(74,46,14)
		Q	1 020	8	(53,23,15)
				26	(54,24,15)
		H	1 200	12	(45,15,15)
				28	(46,16,15)
28	1 921	L	390	3	(147,117,15)
				10	(148,118,15)
		M	728	3	(73,45,14)
				23	(74,46,14)
		Q	1 050	4	(54,24,15)
				31	(55,25,15)
		H	1 260	11	(45,15,15)
				31	(46,16,15)
29	2 051	L	420	7	(146,116,15)
				7	(147,117,15)
		M	784	21	(73,45,14)
				7	(74,46,14)
		Q	1 140	1	(53,23,15)
				37	(54,24,15)
		H	1 350	19	(45,15,15)
				26	(46,16,15)
30	2 185	L	450	5	(145,115,15)
				10	(146,116,15)
		M	812	19	(75,47,14)
				10	(76,48,14)
		Q	1 200	15	(54,24,15)
				25	(55,25,15)
		H	1 440	23	(45,15,15)
				25	(46,16,15)
31	2 323	L	480	13	(145,115,15)
				3	(146,116,15)
		M	868	2	(74,46,14)
				29	(75,47,14)
		Q	1 290	42	(54,24,15)
				1	(55,25,15)
		H	1 530	23	(45,15,15)
				28	(46,16,15)

表 9 (续)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码* (c, k, r)
32	2 465	L	510	17	(145,115,15)
		M	924	10 23	(74,46,14) (75,47,14)
		Q	1 350	10 35	(54,24,15) (55,25,15)
		H	1 620	19 35	(45,15,15) (46,16,15)
33	2 611	L	540	17 1	(145,115,15) (146,116,15)
		M	980	14 21	(74,46,14) (75,47,14)
		Q	1 440	29 19	(54,24,15) (55,25,15)
		H	1 710	11 46	(45,15,15) (46,16,15)
34	2 761	L	570	13 6	(145,115,15) (146,116,15)
		M	1 036	14 23	(74,46,14) (75,47,14)
		Q	1 530	44 7	(54,24,15) (55,25,15)
		H	1 800	59 1	(46,16,15) (47,17,15)
35	2 876	L	570	12 7	(151,121,15) (152,122,15)
		M	1 064	12 26	(75,47,14) (76,48,14)
		Q	1 590	39 14	(54,24,15) (55,25,15)
		H	1 890	22 41	(45,15,15) (46,16,15)
36	3 034	L	600	6 14	(151,121,15) (152,122,15)
		M	1 120	6 34	(75,47,14) (76,48,14)
		Q	1 680	46 10	(54,24,15) (55,25,15)
		H	1 980	2 64	(45,15,15) (46,16,15)

表 9 (完)

版本	码字总数	纠错等级	纠错码字数	纠错的块数	每一块的纠错代码* (<i>c,k,r</i>)
37	3 196	L	630	17	(152,122,15)
				4	(153,123,15)
		M	1 204	29	(74,46,14)
				14	(75,47,14)
		Q	1 770	49	(54,24,15)
				10	(55,25,15)
		H	2 100	24	(45,15,15)
				46	(46,16,15)
38	3 362	L	660	4	(152,122,15)
				18	(153,123,15)
		M	1 260	13	(74,46,14)
				32	(75,47,14)
		Q	1 860	48	(54,24,15)
				14	(55,25,15)
		H	2 220	42	(45,15,15)
				32	(46,16,15)
39	3 532	L	720	20	(147,117,15)
				4	(148,118,15)
		M	1 316	40	(75,47,14)
				7	(76,48,14)
		Q	1 950	43	(54,24,15)
				22	(55,25,15)
		H	2 310	10	(45,15,15)
				67	(46,16,15)
40	3 706	L	750	19	(148,118,15)
				6	(149,119,15)
		M	1 372	18	(75,47,14)
				31	(76,48,14)
		Q	2 040	34	(54,24,15)
				34	(55,25,15)
		H	2 430	20	(45,15,15)
				61	(46,16,15)
* (<i>c,k,r</i>): <i>c</i> =码字总数; <i>k</i> =数据码字数; <i>r</i> =纠错容量。					
† 纠错容量小于纠错码字数的一半,以减少错误译码的可能性。					

6.5.2 纠错码字的生成

将数据码字(必要时包括填充码字在内)按照表 9 分为相应数量的块,每一块分别计算出纠错码字并添加到数据码字后。

QR 码的多项式算法用位的模 2 算法和字节的模 100011101 算法。这是加罗瓦域 2^8 以 100011101 表示主模块多项式: $x^8+x^4+x^3+x^2+1$ 。

数据码字为多项式各项的系数,第一个数据码字为最高次项的系数,第一个纠错码字前的最后一个数据码字是最低次项的系数。

纠错码字是数据码字被纠错码多项式 $g(x)$ 除得的余数(见附录 A)。余数的最高次项系数为第一个纠错码字,最低次项系数为最后一个纠错码字,也是整个块的最后一个码字。

用于生成纠错码字的多项式有 31 个,在附录 A 表 A1 中列出。

纠错算法可以用图 11 所示的除法电路来实现。寄存器 b_0 到 b_{k-1} 的初始值为 0。生成编码的状态有两种,在第一种状态时,开关位置向下,数据码字同时经过电路与输出,第一种状态在 n 个时钟脉冲后结束;在第二种状态($n+1 \cdots n+k$ 时钟脉冲)时,开关位置向上,通过保持输入为 0 顺序释放寄存器而生成纠错码字 $\varepsilon_{k-1} \cdots \varepsilon_0$ 。

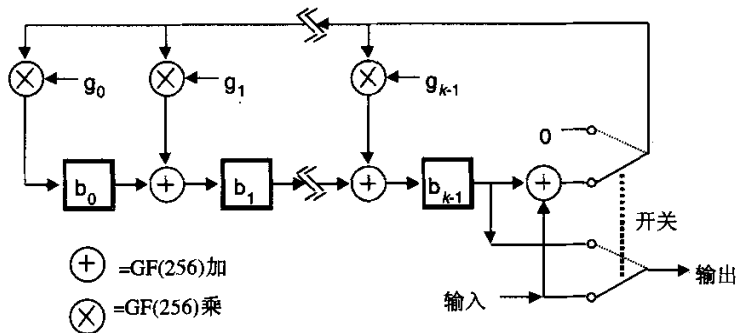


图 11 纠错码字编码电路

6.6 构造信息的最终码字序列

最终码字序列中的码字数应与表 7 和表 9 所列的符号能够表示的码字总数相同。

按如下步骤构造最终的码字序列(数据码字加上纠错码字,必要时加上剩余码字)。

- a) 按表 9,根据版本和纠错等级将数据码字序列分为 n 块。
- b) 对每一块,按照 6.5.2 和附录 A 计算相应块的纠错码字。
- c) 依次将每一块的数据和纠错码字装配成最终的序列:数据块 1 的码字 1,数据块 2 的码字 1,数据块 3 的码字 1,以此类推至数据块 $n-1$ 的最后一个码字,数据块 n 的最后一个码字;随后,纠错块 1 的码字 1,纠错块 2 的码字 1,以此类推至纠错块 $n-1$ 的最后一个码字,纠错块 n 的最后一个码字。QR 码符号所包含的数据和纠错块通常正好填满符号的码字容量,而在某些版本中,需要 3、4 或 7 个剩余位,添加在最终的信息位流中以正好填满编码区域的模块数。

在块序列中,最短的数据块应在序列的最前面,所有的数据码字应放在第一个纠错码字的前面。例如,版本 5-H 的符号由 4 个数据块和 4 个纠错块组成,前两个块分别包括 11 个数据码字和 22 个纠错码字,第 3、4 个块分别包括 12 个数据码字和 22 个纠错码字。在此符号中,字符的布置如下,表中的每一行对应一个块的数据码字(表示为 D_n)和相应块的纠错码字(表示为 E_n);符号中字符的布置可以通过由上向下读表 10 中的各列得到。

版本 5-H 符号的最终码字序列为:

D1, D12, D23, D35, D2, D13, D24, D36, ..., D11, D22, D33, D45, D34, D46, E1, E23, E45, E67, E2, E24, E46, E68, ..., E22, E44, E66, E88。如果需要,在最后的码字后面加上剩余位(0)。

表 10 版本 5-H 符号中字符的布置

块	数据码字					纠错码字			
块 1	D1	D2	.....	D11		E1	E2	.....	E22
块 2	D12	D13	.....	D22		E23	E24	.....	E44
块 3	D23	D24	.....	D33	D34	E45	E46	.....	E66
块 4	D35	D36	.....	D45	D46	E67	E68	.....	E88

6.7 码字在矩阵中的布置

6.7.1 符号字符表示

在 QR 码符号中有规则的和不规则的两种类型的符号字符。它们的使用取决于它们在符号中的位置,以及与其他符号字符和功能图形的关系。

多数码字在符号中表示为规则的 2×4 个模块的排列。其排列有两种方式:垂直布置(2 个模块宽,4 个模块高)和水平布置(4 个模块宽,2 个模块高)。当改变方向或紧靠校正图形以及其他功能图形时,需用不规则符号字符。

6.7.2 功能图形的布置

按照与使用的版本相对应的模块数构成空白的正方形矩阵。在寻像图形、分隔符、定位图形以及校正图形相应的位置,填入适当的深色或浅色模块。格式信息和版本信息的模块位置暂时空置,其具体位置见图 12 和图 13,它们对所有版本都是相同的。附录 E 定义了校正图形的位置。

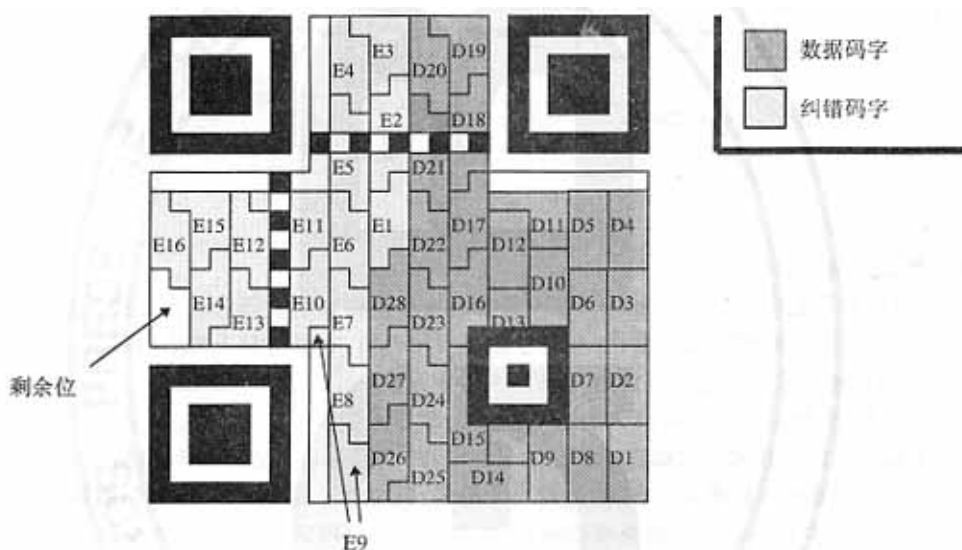


图 12 版本 2-M 符号的符号字符布置

6.7.3 符号字符的布置

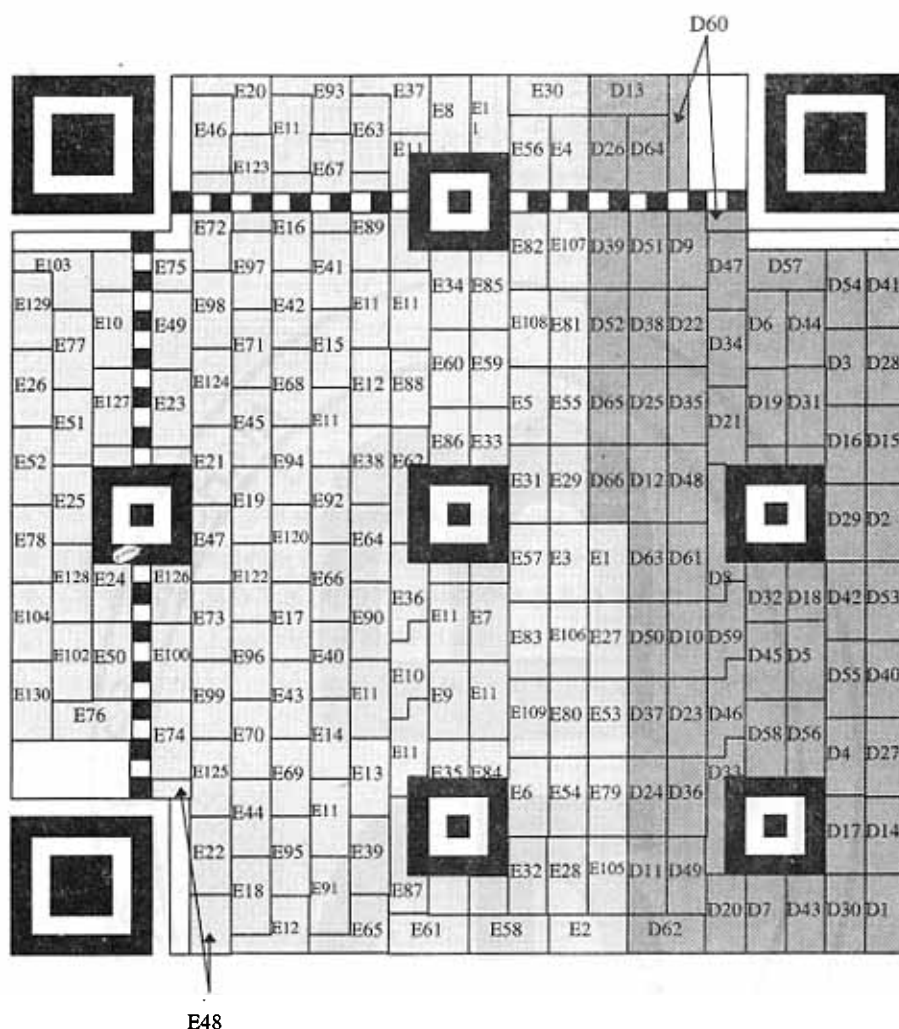
在 QR 码符号的编码区域中,符号字符以 2 个模块宽的纵列从符号的右下角开始布置,并自右向左,且交替地从下向上或从上向下安排。下面给出了符号字符以及字符中位的布置原则。图 12、图 13 为使用这些规则的版本 2 和版本 7 的符号。

a) 位序列在纵列中的布置为从右到左,向上或向下应与符号字符的布置方向一致。

b) 每个码字的最高位(表示为位 7)应放在第一个可用的模块位置,随后的位放在下一个模块的位置。如果布置的方向是向上的,则最高位占用规则符号字符的右下角的模块,布置的方向向下时为右上角(见图 14)。如果先前的字符结束于右侧的模块纵列,最高位可能占据不规则符号字符的左下角模块的位置(见图 16)。

c) 如果符号字符的两个模块纵列同时遇到校正图形或定位图形的水平边界,可以在图形的上面或下面继续布置,如同编码区域是连续的一样。

d) 如果遇到符号字符区域的上或下边界(即符号的边缘、格式信息、版本信息或分隔符),码字中剩余的位应改变方向放在左侧的纵列中。(见图 15)



E48	
D1~D13	数据块 1
D14~D26	数据块 2
D27~D39	数据块 3
D40~D52	数据块 4
D53~D66	数据块 5
E1~E26	纠错块 1
E27~E52	纠错块 2
E53~E78	纠错块 3
E79~E104	纠错块 4
E105~E130	纠错块 5

图 13 版本 7-H 符号的符号字符布置

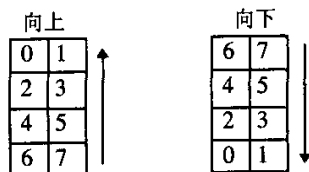


图 14 向上或向下的规则字符的位的布置

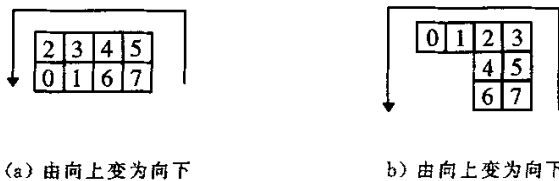


图 15 布置方向改变的符号字符位布置示例

e) 如果符号字符的右侧模块纵列遇到校正图形或版本信息占用的区域,位的布置形成不规则排列的符号字符,沿着相邻校正图形或版本信息的单个模块纵列延伸。如果字符在可用于下一个字符的两列纵列之前结束,则下一个符号字符的首位放在单个纵列中(见图 16)。



图 16 临近校正图形的位布置示例

还有另一种可供选择的符号字符布置方法,可得到相同的结果,将整个码字序列视为一个单独的位流,将其(最高位开始)按从右向左、向上和向下的方向交替的布置于两个模块宽的纵列中。并跳过功能图形占用的区域,在纵列的顶部或底部改变方向,每一位应放在第一个可用的位置。

当符号的数据容量不能恰好分为整数个 8 位符号字符时,要用相应的剩余位(如表 1 中所示的 3,4 或 7)填满符号的容量。在根据 6.8 条进行掩模以前,这些剩余位的值为 0。

6.8 掩模

为了 QR 码阅读的可靠性,最好均衡地安排深色与浅色模块。应尽可能避免位置探测图形的位图 1011101 出现在符号的其他区域。为了满足上述条件,应按以下步骤进行掩模。

- a) 掩模不用于功能图形。
- b) 用多个矩阵图形连续地对已知的编码区域的模块图形(格式信息和版本信息除外)进行 XOR 操作。XOR 操作将模块图形依次放在每个掩模图形上,并将对应于掩模图形的深色模块的模块取反(浅色

变成深色,或相反)。

c) 对每个结果图形的不合要求的部分记分,以评估这些结果。

d) 选择得分最低的图形。

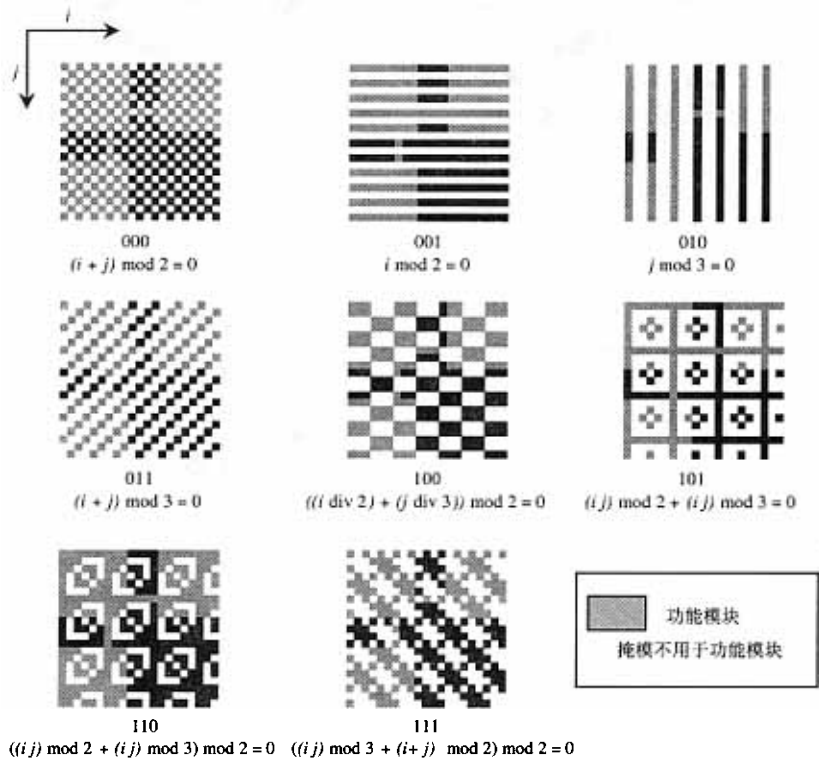
6.8.1 掩模图形

表 11 给出了掩模图形的参考(放置于格式信息中的二进制参考)和掩模图形生成的条件。掩模图形是通过将编码区域(不包括格式信息和版本信息)内那些条件为真的模块定义为深色而产生的。所示的条件中, i 代表模块的行位置, j 代表模块的列位置, $(i,j)=(0,0)$ 代表符号中左上角的位置。

表 11 掩模图形的生成条件

掩模图形参考	条 件
000	$(i+j) \bmod 2=0$
001	$i \bmod 2=0$
010	$j \bmod 3=0$
011	$(i+j) \bmod 3=0$
100	$((i \operatorname{div} 2)+(j \operatorname{div} 3)) \bmod 2=0$
101	$(i \bmod 2)+(i \bmod 3) \bmod 3=0$
110	$((i \bmod 2)+(i \bmod 3) \bmod 2) \bmod 2=0$
111	$((i \bmod 3)+(i+j) \bmod 2) \bmod 2=0$

图 17 给出了版本 1 符号的所有的掩模图形,图 18 模拟了用掩模图形参考 000 到 111 的掩模结果。



注：每个掩模图形下的 3 位代码为掩模图形参考。

每个掩模图形下的等式为掩模图形生成条件,条件为真的模块为深色。

图 17 版本 1 符号的掩模图形

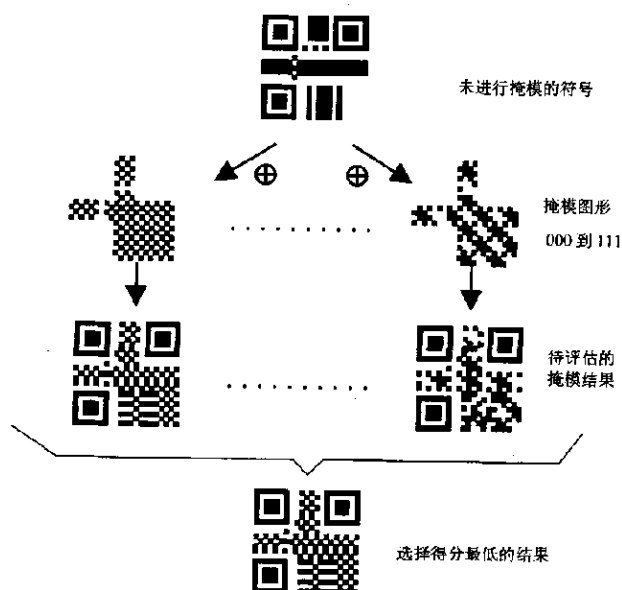


图 18 QR 码符号的掩模过程

6.8.2 掩模结果的评价

在依次用每一个掩模图形进行掩模操作之后,要对每一次如下情况的出现进行罚点记分,以便对每一个结果进行评估,分数越高,其结果越不可用。在表 12 中, N_1 到 N_4 为对不好的特征所罚分数的权重 ($N_1=3, N_2=3, N_3=40, N_4=10$), i 为紧邻的颜色相同模块数大于 5 的次数, k 为符号深色模块所占比率与 50% 的差值,步长为 5%。虽然掩模操作仅对编码区域进行,不包括格式信息,但评价是对整个符号进行的。

表 12 掩模结果的记分

特 征	评价条件	分 数
行/列中相邻的模块的颜色相同	模块数 $= (5+i)$	N_1+i
颜色相同的模块组成的块	块尺寸 $= m \times n$	$N_2 \times (m-1) \times (n-1)$
在行/纵列中出现 1:1:3:1:1 (深浅深浅深)图形		N_3
整个符号中深色模块的比率	$50 \pm (5 \times k)\%$ 到 $50 \pm (5 \times (k+1))\%$	$N_4 \times k$

应选择掩模结果中罚分最低的掩模图形用于符号掩模。

6.9 格式信息

格式信息为 15 位,其中有 5 位数据位,10 位用 BCH(15,5)编码计算得到的纠错位。有关格式信息纠错计算的详细内容见附录 C。第 1、2 数据位是符号的纠错等级,见表 13。

表 13 纠错等级指示符

纠错等级	L	M	Q	H
二进制指示符	01	00	11	10

格式信息数据的第 3 到第 5 位的内容为掩模图形参考,见表 10,按 6.8.2 进行图形的选择。

按附录 C 的方法计算 10 位纠错数据,并加在 5 个数据位之后。

随后,将 15 位格式信息与掩模图形 101010000010010 进行 XOR 运算,以确保纠错等级和掩模图形参考合在一起的结果不全是 0。

格式信息掩模后的结果应映射到符号中为其保留的区域内,见图 19。需要注意的是,格式信息在符号中出现两次以提供冗余,因为它的正确译码对整个符号的译码至关重要。图 19 中,格式信息的最低位模块编号为 0,最高位编号为 14,位置为 $(4V+9,8)$ 的模块总是深色,不作为格式信息的一部分表示,其中 V 是版本号。

例:

设定纠错等级为 M: 00
掩模图形参考: 101
数据: 00101
BCH 位: 0011011100
掩模前的位序列: 001010011011100
用于 XOR 操作的掩模图形: 101010000010010
格式信息模块图形: 100000011001110

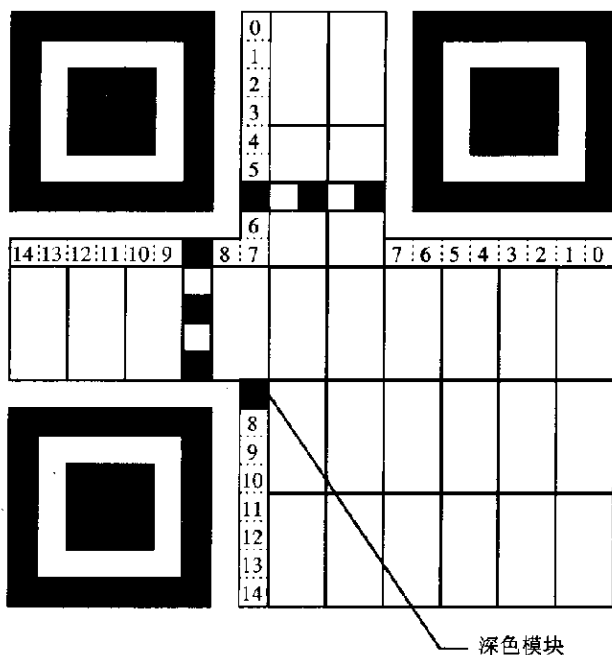


图 19 格式信息位置

6.10 版本信息

版本信息为 18 位,其中,6 位数据位,12 位通过 BCH(18,6)编码计算出的纠错位。6 位数据为版本信息,最高位为第 1 位。12 位纠错信息在 6 位数据之后,其计算方法见附录 D。

只有版本 7~40 的符号包含版本信息,没有任何版本信息的结果全为 0。所以不必对版本信息进行掩模。

最终的版本信息应映射在符号中预留的位置,见图 20。需要注意的是,由于版本信息的正确译码是整个符号正确译码的关键,因此版本信息在符号中出现两次以提供冗余。版本信息的最低位模块放在编号为 0 的位置上,最高位放在编号为 17 的位置上,见图 21。

例：
版本号：7
数据：000111
BCH 位：110010010100
格式信息模块图形：000111110010010100

6 行×3 列模块组成的版本信息块放在定位图形的上面，其右侧紧临右上角位置探测图形的分隔符，3 行×6 列模块组成的版本信息块放在定位图形的左侧，其下边紧临左下角位置探测图形的分隔符。

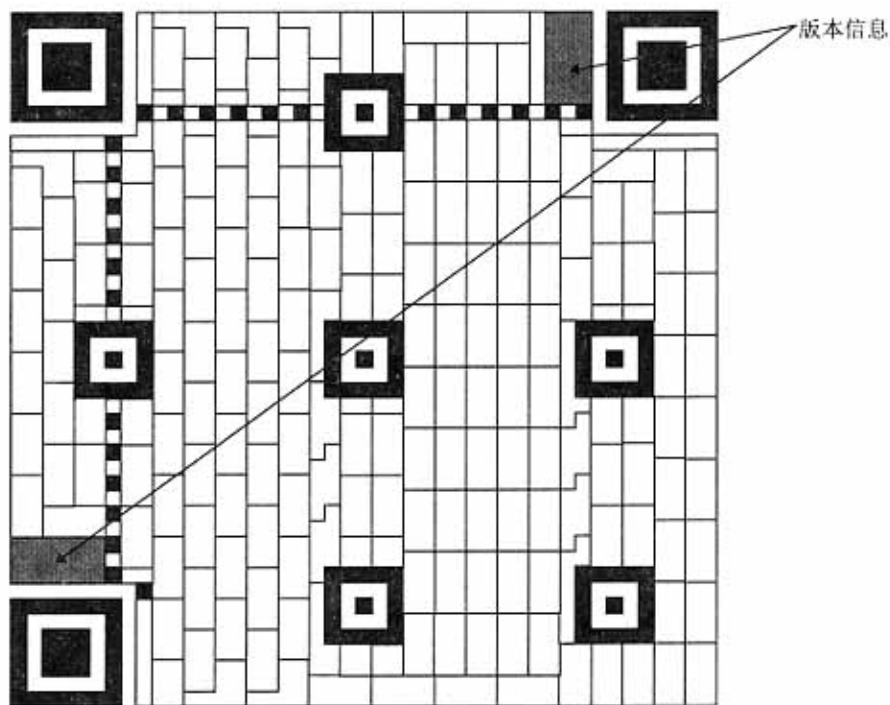


图 20 版本信息位置

0	3	6	9	12	15
1	4	7	10	13	16
2	5	8	11	14	17

位于左下角的版本信息

0	1	2
3	4	5
6	7	8
9	10	11
12	13	14
15	16	17

位于右上角的版本信息

图 21 版本信息的模块布置

7 结构链接

7.1 基本原则

可将多达 16 个 QR 码符号以一定的结构方式链接起来，如果一个符号是一个结构链接信息的一部分，那么，它用位于最前边的三个符号字符组成的标头来指示。

结构链接模式指示符 0011 放在第一个符号字符中的四个高位。

结构链接模式指示符之后,紧接两个结构链接码字,它们分布在第一个符号字符的四个低位、第二个符号字符的八位以及第三个符号字符的四个高位。第一个码字是符号序列指示符,第二个码字是奇偶校验数据,它在结构链接信息的所有同一链接的 QR 码符号中是相同的,用以确认所有阅读的符号是同一结构链接信息的一部分。结构链接头后紧接以第一个模式指示符开始的符号的数据码字。如果采用 ECI 缺省模式之外的一个或多个 ECI 模式,那么,每一个由 ECI 模式指示符与 ECI 模式指定符组成的 ECI 标头应紧接在结构链接头后。

图 22 中的下半部分给出一个结构链接符号的示例,它与图 22 中上半部分的 QR 符号表示相同的数据信息。

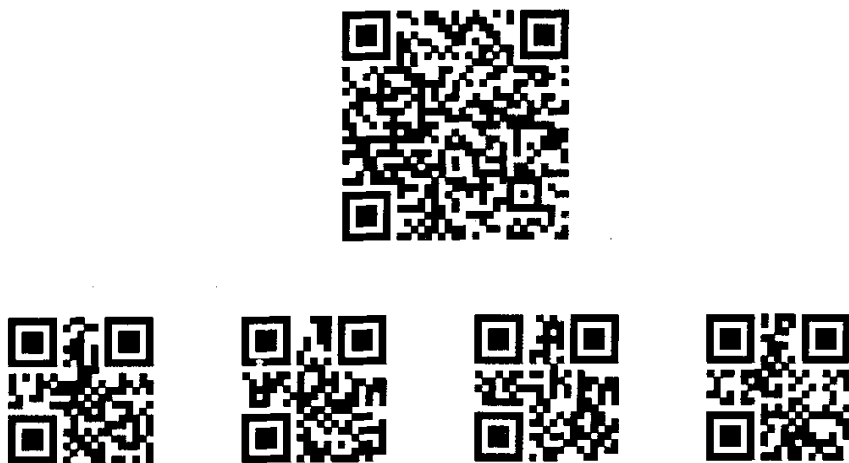


图 22 结构链接

7.2 符号序列指示符

此码字表示每一符号在以结构链接方式组成的 QR 码符号集(可包括多达 16 个 QR 码符号)中的位置(以 n 个符号中的第 m 个的形式表示)。该码字的前四位标识特定符号的位置,后四位标识该结构链接格式中被链接的 QR 码符号的总数。两个 4 位图形应分别与 $(m-1)$ 和 $(n-1)$ 的二进制值相对应。

例:

为表示一个由 7 个符号组成的符号集中的第 3 个符号,编码如下:

第 3 个位置: 0010

符号总数为 7: 0110

字节格式: 00100110

7.3 奇偶性数据

奇偶性数据应是跟在符号序列指示符之后的一个 8 位字节,该奇偶性数据是通过将分成符号块以前的所有原始输入数据的 ASCII 值逐字节的进行 XOR 运算而获得的一个值。模式指示符、字符计数指示符、填充字符、终止符和填充位不包括在计算中。在该运算中,对中国汉字数据用两字节的内码值表示(XOR 运算中,每一字节单独进行),对其他字符用表 6 中的 8 位 ASCII 值表示。在 ECI 模式中,应该将在经过数据加密或压缩后获得的 8 位字节数值用于奇偶性数据的计算。

例:

被划分成“0123”,“4567”和“89 中国”的“0123456789 中国”的奇偶性数据计算如下:

第 1 个符号块(“0123”)——十六进制值 30,31,32,33

第 2 个符号块(“4567”)——十六进制值 34,35,36,37

第 3 个符号块(“89 中国”)——十六进制值 38,39,D6D0,B9FA

通过逐字节地对“0123456789 中国”数据连续的进行 XOR 运算计算奇偶性数据信息。

$$30 \oplus 31 \oplus 32 \oplus 33 \oplus 34 \oplus 35 \oplus 36 \oplus 37 \oplus 38 \oplus 39 \oplus D6 \oplus D0 \oplus B9 \oplus FA = 44$$

注：奇偶性数据计算将根据打印机的容量可在数据被发送到打印机之前或者在打印机中进行。

8 符号印制

8.1 尺寸

QR 码符号尺寸的确定：

X 尺寸：模块宽度将根据应用要求、采用的扫描技术以及符号生成技术来确定。

Y 尺寸：模块的高度尺寸必须与模块宽度尺寸相等。

最小空白区：在符号周围的空白区宽度尺寸为 4X。

8.2 供人识读字符

QR 码符号能包含数千个数据字符，因此供人识读的数据字符包含所有 QR 码所表示的数据信息是不切实际的。可用描述性的文本而不是数据原文与符号同时印制在一起。

字符尺寸与字体不作具体规定，并且供人识读信息可印制在符号周围的任意区域。但不能影响 QR 码符号本身及空白区。

8.3 符号制作导则

可用多种不同的技术制作 QR 码符号。参见附录 I。

9 符号质量

对 QR 码符号应根据附录 J 并按如下增加和修正的内容进行质量评估。

9.1 获取测试图像

依据附录 J1 的要求，用高精度的图像摄像装置获取测试符号的一个灰度图像，照明光及照射方向由应用决定。

9.2 符号质量参数

9.2.1 译码

第 11 章中的参考译码算法可用于测试图像。如果该符号的整个数据信息能被成功译码，那么译码通过，译码级别为“4”级(“A”)，否则为“0”级(“F”)。

9.2.2 符号对比度

符号对比度分级依据参考译码算法中定义的符号边缘内的测试图像的所有像素(包括 4X 宽的空白区)的灰度值来进行，具体确定程序见附录 J2.2。

9.2.3 印制增量

译码时，译码算法首先建立一个高分辨率的二进制数字化测试图像，然后确定平分符号定位图形的交替模块的中心线的位置。通过检查穿过交替图形的直线的占空比与 50% 的差异来评估印制增量。

取相互独立的两个定位图形(因为水平与垂直增量是有很大差别的)，从与每一定位图形相邻的位置探测图形的外层方块的内边，沿定位图形到与另一位置探测图形相邻接的分隔符的外边，计算遇到的浅色(N_L)与深色(N_D)的点阵数。在每一方向上印刷增量的结果度量值为： $D = N_D / (N_L + N_D)$ ，依据附录 J2.3，按照 $D_{NOM} = 0.50$ ， $D_{MIN} = 0.35$ ， $D_{MAX} = 0.65$ 进行印制增量分级。应按沿着垂直与水平定位图形得到的 D 值中的较低值进行定级。

9.2.4 轴向不一致性

在测试图像的整个区域中参考译码算法最终生成一个数据模块取样点网格，这些取样点准确的水平与垂直间距是评价轴向不一致性的基础。

对相邻数据模块之间的水平和垂直间距分别进行计算。计算整个符号的平均值 X_{AVG} 和 Y_{AVG} 。根据它们的两个平均间距的相互接近程度,按附录 J2.4 规定的计算程序对轴向不一致性进行定级。

9.2.5 未使用的纠错

QR 码采用 Reed-Solomon 错误控制编码,较小的符号包含单个纠错块,较大的符号被划分成两个或多个纠错块。在所有情况下,应对每一纠错块按附录 J2.5 独立分级,那么未使用纠错分级应为任一块中最低的值。该计算不用于格式信息,也不用于版本信息。

9.3 符号的整体分级

一个 QR 码符号的总体印刷质量分级是上述能达到的 5 项指标的分级中的最低值。表 14 汇总了各项测试的分级标准。

表 14 符号分级标准

分级	参考译码	符号对比度	“印刷”增量	轴向不一致性	未使用的纠错
4.0 (A)	合格	$SC \geq 0.70$	$-0.50 \leq D' \leq 0.50$	$AN \leq 0.06$	$UEC \geq 0.62$
3.0 (B)		$SC \geq 0.55$	$-0.70 \leq D' \leq 0.70$	$AN \leq 0.08$	$UEC \geq 0.50$
2.0 (C)		$SC \geq 0.40$	$-0.85 \leq D' \leq 0.85$	$AN \leq 0.10$	$UEC \geq 0.37$
1.0 (D)		$SC \geq 0.20$	$-1.00 \leq D' \leq 1.00$	$AN \leq 0.12$	$UEC \geq 0.25$
0.0 (F)	不合格	$SC < 0.20$	$D' < -1.00$ 或 $D' > 1.00$	$AN > 0.12$	$UEC < 0.25$

9.4 过程控制检测

有多种工具和方法可以进行有用的测量,对 QR 码符号生成过程进行检测和控制。它们包括:

- 用线性条码检测仪测量符号对比度。
- 用线性条码检测仪对位置探测图形两个轴向的测量,确定水平(与垂直)印制增量。
- 用物理测量确定轴向不一致性。
- 用目测检查位置探测图形与定位图形网格的非一致性和缺陷。

以上所用工具与方法见附录 K。

10 译码过程

从识读一个 QR 码符号到输出数据字符的译码步骤是编码程序的逆过程,图 23 为该过程的流程。

- 定位并获取符号图像。深色与浅色模块识别为由“0”与“1”组成的阵列。
- 识读格式信息(按需要去除掩模图形并完成对格式信息模块的纠错,识别纠错等级与掩模图形参考)。
- 识读版本信息(如果应用),确定符号的版本。
- 用掩模图形(掩模图形参考已经从格式信息中得出)对编码区域的位图进行异或处理,消除掩模。
- 根据模块排列规则,识读符号字符,恢复信息的数据与纠错码字。
- 用与纠错等级信息相对应的纠错码字检测错误,如果发现错误,则进行纠错。
- 根据模式指示符和字符计数指示符将数据码字划分成多个部分。
- 最后,按照使用的模式进行译码,得出数据字符并输出结果。

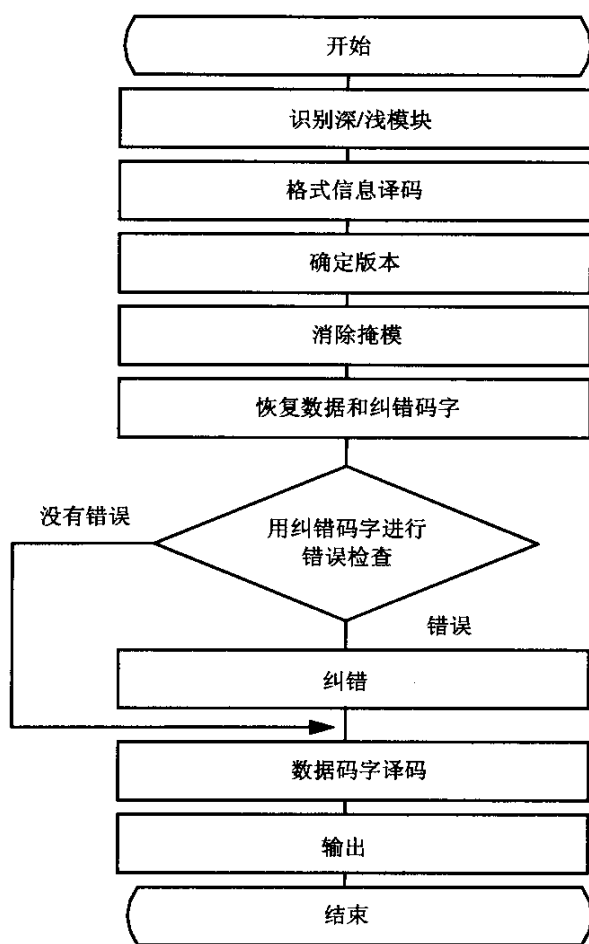


图 23 QR 码译码步骤

11 QR 码的参考译码算法

根据参考译码算法在图像中寻找符号并进行译码,译码算法参照图像中的深色浅色状态。

a) 选择图像的反射率最大值与最小值之间的中值确定阈值,使用阈值将图像转化为一系列深色与浅色像素。

b) 确定寻像图形,在 QR 码中的寻像图形由位于符号的 4 个角中的 3 个角上的 3 个相同的位置探测图形组成。如 5.3.2 所述,每一位置探测图形的模块序列由一个深色—浅色—深色—浅色—深色次序构成,各元素的相对宽度的比例是 1:1:3:1:1。对本译码算法,每一元素宽度的允许偏差为 0.5(即单个模块的方块的尺寸允许范围为 0.5~1.5,3 个模块宽度的方块的宽度允许尺寸范围为 2.5~3.5)。

- 1) 当探测到预选区时,注意图像中一行像素与位置探测图形的外边缘相遇的第一点和最后一点 A 和 B(图 24)。对该图像中的相邻像素行重复探测,直到在中心方块 X 轴方向所有穿过位置探测图形的直线被全部识别。
- 2) 重复步骤 1),在图像的 Y 轴方向,识别穿过位置探测图形中心方块的所有像素行。
- 3) 确定探测图形中心,通过在 X 轴方向穿过位置探测图形中心块的最外层的像素线上 A、B 两点连线的中点连一直线,用同样方法在另一垂直方向上划一直线,两条直线的交点就是位置探测图形的中心。

4) 重复步骤 1)至 3), 确定其他两个位置探测图形的中心位置。



图 24 位置探测图形扫描线

c) 通过分析位置探测图形中心的坐标, 识别哪一个位置探测图形是左上角图形以及符号的旋转角度来确定符号的方位。

d) 确定:

- 1) 距离 D , 是左上角位置探测图形中心与右上角位置探测图形中心之间的距离。
- 2) 两个探测图形的宽度, W_{UL} 和 W_{UR} (见图 25)。

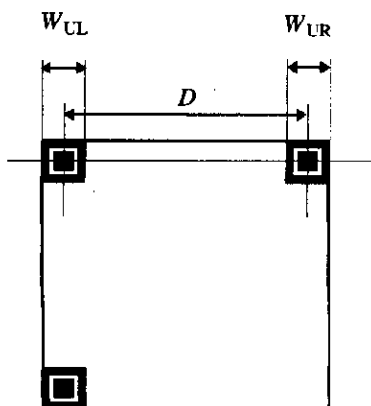


图 25 上部位置探测图形

e) 计算符号的名义模块宽度尺寸 X

$$X = (W_{UL} + W_{UR})/14$$

f) 初步确定符号的版本

$$V = [(D/X) - 10]/4$$

g) 如果初步确定的符号版本等于或小于 6, 那么该计算值即为版本号。如果初步确定的符号版本等于或大于 7, 那么版本信息应按下列步骤译码:

- 1) 用 7 除右上角位置探测图形的宽度尺寸 W_{UR} , 得到模块尺寸 CP_{UR}

$$CP_{UR} = W_{UR}/7$$

- 2) 见图 26, 由 A 、 B 和 C 找出通过三个位置探测图形中心的导向线 AC 、 AB 。根据与导向线相平行的直线、位置探测图形的中心坐标和模块尺寸 CP_{UR} 确定在版本信息 1 区域中每一模块中心的取样网格。二进制值 1 和 0 根据采样网格上的深色和浅色的图形来确定。

- 3) 通过检测并纠错确定版本, 如果有错, 根据 BCH 纠错原理, 对版本信息模块出现的错误进行纠错, 参见附录 D。

- 4) 如果发现错误超过纠错容量, 那么计算左下方位置探测图形的宽度尺寸 W_{DL} , 并按上述步骤 1)、2)、3) 对版本信息 2 进行译码。

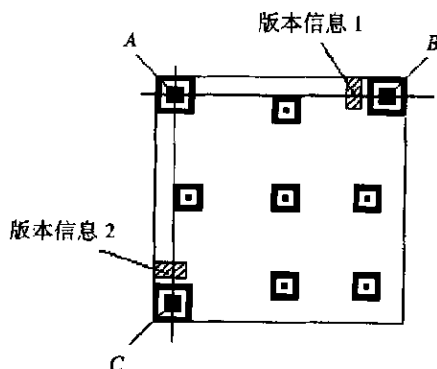


图 26 位置探测图形与版本信息

h) 对于没有校正图形的版本 1 符号, 按照下列步骤进行译码:

- 1) 重新确定定位图形中, 深色和浅色模块的中心点的水平平均间距 X 。用类似的方法, 计算左边定位图形中, 深色与浅色模块的中心点的垂直平均间距 Y 。
- 2) 建立一个取样网格:
 - (1) 穿过上部定位图形的水平线, 以及与之平行以 Y 值为垂直间距的水平线, 在水平参考线之上形成 6 条与之平行的水平线, 水平参考线下方与之平行的水平线的数量由符号版本决定。
 - (2) 通过左边定位图形的垂直线, 以及与之平行的以 X 值为水平间距的垂直线, 在垂直参考线左边形成与之平行的 6 条垂直线。

然后转至本算法的第 i) 步。

版本 2 以及更高版本的符号的译码要求由 5.3.5 和附录 E 定义的坐标决定的每一校正图形的中心坐标来确定取样网格(见图 27)。

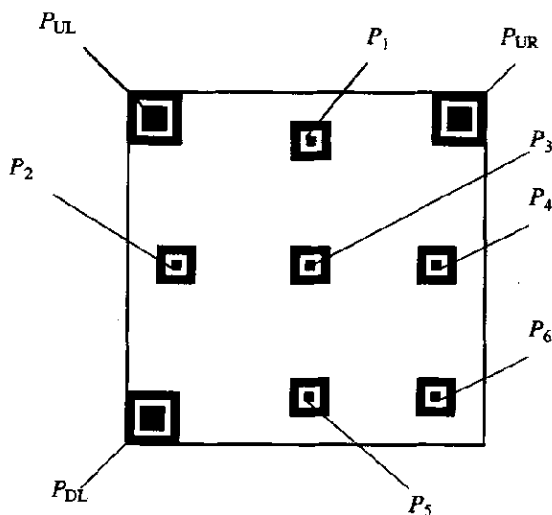


图 27 位置探测图形与校正图形

- 1) 左上角位置探测图形的宽度 W_{UL} 除以 7, 计算模块尺寸 CP_{UL}

$$CP_{UL} = W_{UL}/7$$

- 2) 根据左上角位置探测图形 P_{UL} 的中心 A 的坐标, 平行于从第 g) 3) 得到的导向直线 AB 和 AC 的直线以及模块尺寸 CP_{UL} 初步确定校正图形 P_1 和 P_2 的中心坐标。

- 3) 从初定的中心坐标的像素开始,扫描校正图形 P_1 和 P_2 中的空白方块的轮廓,确定实际的中心坐标 X_i 和 Y_j (见图 28)

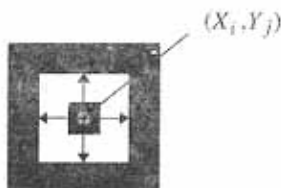


图 28 校正图形的中心坐标

- 4) 根据左上角位置探测图形 P_{UL} 的中心坐标和在 3) 中得到的校正图形 P_1 和 P_2 的实际中心坐标值,估计校正图形 P_3 的初步中心坐标。
- 5) 按照 3) 中同样的步骤找到校正图形 P_3 的实际中心坐标。
- 6) 确定 L_X 和 L_Y , L_X 是指校正图形 P_2 和 P_3 两中心之间的距离(见图 29), L_Y 是指校正图形 P_1 和 P_3 两中心之间的距离。用校正图形的已定义的间距除 L_X 和 L_Y , 获得位于符号左上角区域下边的模块节距 CP_X 和右边的模块节距 CP_Y 值。

$$CP_X = L_X / AP$$

$$CP_Y = L_Y / AP$$

其中, AP 是校正图形中心的模块间距(见附录 E 表 E1)。

以同样方式,找出 L_X' 和 L_Y' (见图 29), L_X' 是左上部位置探测图形 P_{UL} 与校正图形 P_1 的中心坐标之间的水平距离。 L_Y' 是左上部位置探测图形 P_{UL} 的中心坐标与校正图形 P_2 的中心坐标之间的垂直距离。由下面给出的公式计算符号左上角区域中上边的模块节距 CP_X' 和左边的节距 CP_Y' 值。

$CP_X' = L_X' / (\text{校正图形 } P_1 \text{ 的中心模块的列坐标} - \text{左上部位置探测图形 } P_{UL} \text{ 的中心模块的列坐标})$

$CP_Y' = L_Y' / (\text{校正图形 } P_2 \text{ 的中心模块的行坐标} - \text{左上部位置探测图形 } P_{UL} \text{ 的中心模块的行坐标})$

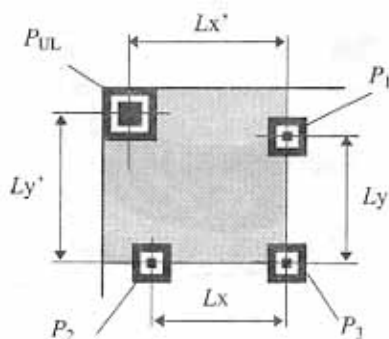


图 29 符号的左上区域

- 7) 依据代表符号左上区的每一边的模块节距值 CP_X , CP_X' , CP_Y 和 CP_Y' , 确定覆盖符号的左上区的采样网格。
- 8) 在同样方式下, 确定符号右上区(被右上角位置探测图形 P_{UR} , 校正图形 P_1 , P_3 和 P_4 所覆盖)和符号左下区(被左下区位置探测图形 P_{DL} , 校正图形 P_2 , P_3 和 P_5 覆盖)的采样网格。
- 9) 对校正图形 P_6 (见图 30), 由校正图形 P_3 , P_4 和 P_5 的间距, 穿过校正图形 P_3 和 P_4 , P_4 和 P_5 的中心的导向直线以及这些图形的中心坐标值得到的模块间距 CP_X' 和 CP_Y' 值, 估计它的初步的中心坐标。

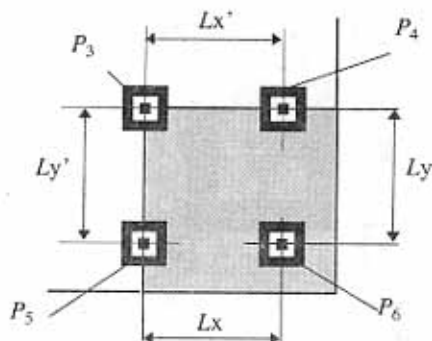


图 30 符号右下区

10) 重复步骤 5)~8), 确定符号右下区的采样网格。

11) 用同样原则确定符号未覆盖区的采样网格。

i) 对网格的每一交点上的图像像素取样, 并根据阈值确定是深色块还是浅色块, 构造一个位图, 用二进制的“1”表示深色的像素, 用二进制的“0”表示浅色的像素。

j) 对与左上区位置探测图形相邻的格式信息译码, 得到纠错等级和用于符号的掩模图形。如果检测出错误超过格式信息的纠错容量, 那么, 采用同样的程序对与右上部和左下部位置探测图形相邻的格式信息进行译码。

k) 用掩模图形对符号编码区进行异或(XOR)处理, 解除掩模并恢复表示数据和纠错码字的符号字符。这与在编码程序中采用的掩模处理过程的作用正好相反。

l) 根据 6.7.3 中的排列规则确定符号码字。

m) 根据符号版本和纠错等级需求, 用在 6.6 中第 c) 步规定的交替处理的逆过程, 重新将码字序列按块排列。

n) 按照附录 B 中的错误检测与纠错译码程序, 纠正替代错误与拒读错误, 直到符号版本和纠错等级所规定的最大纠错容量。

o) 通过重新组配数据块序列, 恢复原始信息的位流。

p) 将数据位流分成若干段, 每一段由模式指示符开始, 段的长度由在模式指示符后的字符计数指示符确定。

q) 根据采用的模式的规则, 对每一段进行译码。

12 数据传输

所有编码的数据字符都应包括在数据传输之列。功能图形、格式信息与版本信息、纠错字符、填充和剩余字符不传输。所有数据的缺省传输模式是它们的 8 位 ASCII 值或 16 位双字节值。通过字符值的设定, 可准确地传输数字、拉丁字母、假名、中国汉字数据序列。工作在缓冲模式下的译码器在传输之前将数据文件重新链接, 不传输结构链接头。如果译码器在非缓冲模式下工作, 结构链接头应作为每个符号的前两个字节进行传输。包含扩展解释的数据传输在内的更复杂的解释如下。

12.1 符号标识符

ISO/IEC 15424 提供了一个标准的程序, 根据译码器的设置选择和符号的自身特性报告已经阅读的码制。

一旦数据结构(包括使用的 ECI 模式)被识别, 译码器将适当的符号标识符作为一个段首标记追加到被传输的数据上; 如果使用 ECI 模式, 就需要符号标识符。用于 QR 码的符号标识符与变数值见附录 F。

12.2 扩展解释

在支持 ECI 协议的系统中,每一传输都要求传输符号标识符。在任何时候遇到 ECI 模式指示符,它应作为转义字符 5C_{HEX} 被传输,该字符值对应反斜杠字符“\”。按照在表 4 中定义规则的逆运算,表示 ECI 指示符的码字将转化成一个 6 位数,这些 6 位数将被传输为 30_{HEX} 至 39_{HEX} 之间的相对应的 8 位值,紧接在转义字符之后。

应用软件识别到 \nnnnnn 之后,将所有后续字符解释为来自 6 位数字的指示符定义的 ECI。该解释在下述两种情况出现之前一直有效:

a) 编码数据的结束;

b) 按 AIM ECI 规范所定义的规则,通过模式指示符 0111 表示改变为一个新的 ECI。

当返回到缺省解释方式时,译码器应输出适合的转义序列作为数据的前缀。

如果字符“\”需要作为被编码的数据,应按如下方式进行传输:每当字符 5C_{HEX} 作为数据出现,应传输两个该值的字节,因此每当单个值出现,总是一个转义字符,连续两次出现则表示真正的数据。

例 1:

1) 被编码的数据:ABC ¥ 1234

被传输的数据:ABC ¥ ¥ 1234

2) 被编码的数据:ABC 后面紧跟按照 ECI 123456 的规则编码的<后续数据>。

被传输的数据:ABC ¥ 123456<后续数据>。

例 2:(使用 6.4.1.1 中的数据)

该信息包含:ECI 模式指示符、ECI 指定符、模式指示符、字符计数指示符以及数据,格式如下:

0111 00001001 0100 00000101 10100001 10100010 10100011 10100100 10100101

符号标识符]Q2(见附录 F)必须附加到数据传输之中。

传输(十六进制值)5D 51 32 5C 30 30 30 30 30 39 A1 A2 A3 A4 A5

以 ECI000009 编码的数据 ABΓΔE

在结构链接模式中,如果符号的开始就遇到 ECI 模式指示符,后续序列数据字符应被解释为当前模式,前一符号的终止端使用的 ECI 无效。

12.3 FNC1

在第 1 或第 2 个位置隐含 FNC1 的模式中,由于没有 ASCII 值与该字符相对应,该隐含字符不能被直接传输,因此必须通过相关符号标识符(]Q3,]Q4,]Q5,]Q6)传输,指示隐含 FNC1 出现在第一个或第二个位置。在这些符号的其他位置,依据相关应用规则,FNC1 也可作为一个数据字段分隔符出现。在字母数字模中用字符“%”表示;在 8 位字节模式中用字符“GS”(ASCII 值 1D_{HEX})表示。在两种模式中,译码器应传输 ASCII 值 1D_{HEX}。

如果字符“%”在字母数字模式中是编码数据的一部分,它在符号中用“%%”表示,如果译码器遇到这种情况将以单个字符“%”传输。

附 录 A
(标准的附录)
纠错生成多项式

用纠错码字生成多项式除数据码字多项式。其中数据码字是以降次幂序列排列的数据码字多项式的系数。所得到的剩余多项式的系数是纠错码字的值。

表 A1 给出了每一版本和纠错等级所对应的纠错码字的生成多项式,表中 α 是在有限域 $GF(2^8)$ 上的基元,每一生成多项式是一次多项式: $x-2^0, x-2^1, \dots, x-2^{n-1}$ 的乘积,其中 n 是生成多项式的次数。

表 A1 纠错码字的生成多项式

纠错码字数	生 成 多 项 式
7	$x^7 + \alpha^{87}x^6 + \alpha^{229}x^5 + \alpha^{146}x^4 + \alpha^{149}x^3 + \alpha^{238}x^2 + \alpha^{102}x + \alpha^{21}$
10	$x^{10} + \alpha^{251}x^9 + \alpha^{67}x^8 + \alpha^{46}x^7 + \alpha^{61}x^6 + \alpha^{118}x^5 + \alpha^{70}x^4 + \alpha^{64}x^3 + \alpha^{94}x^2 + \alpha^{32}x + \alpha^{45}$
13	$x^{13} + \alpha^{74}x^{12} + \alpha^{152}x^{11} + \alpha^{176}x^{10} + \alpha^{100}x^9 + \alpha^{86}x^8 + \alpha^{100}x^7 + \alpha^{106}x^6 + \alpha^{104}x^5 + \alpha^{130}x^4 + \alpha^{218}x^3 + \alpha^{206}x^2 + \alpha^{140}x + \alpha^{78}$
15	$x^{15} + \alpha^8x^{14} + \alpha^{183}x^{13} + \alpha^{61}x^{12} + \alpha^{91}x^{11} + \alpha^{202}x^{10} + \alpha^{37}x^9 + \alpha^{51}x^8 + \alpha^{58}x^7 + \alpha^{58}x^6 + \alpha^{237}x^5 + \alpha^{140}x^4 + \alpha^{124}x^3 + \alpha^5x^2 + \alpha^{99}x + \alpha^{105}$
16	$x^{16} + \alpha^{120}x^{15} + \alpha^{104}x^{14} + \alpha^{107}x^{13} + \alpha^{109}x^{12} + \alpha^{102}x^{11} + \alpha^{161}x^{10} + \alpha^{76}x^9 + \alpha^3x^8 + \alpha^{91}x^7 + \alpha^{191}x^6 + \alpha^{147}x^5 + \alpha^{169}x^4 + \alpha^{182}x^3 + \alpha^{194}x^2 + \alpha^{225}x + \alpha^{120}$
17	$x^{17} + \alpha^{43}x^{16} + \alpha^{139}x^{15} + \alpha^{206}x^{14} + \alpha^{78}x^{13} + \alpha^{43}x^{12} + \alpha^{239}x^{11} + \alpha^{123}x^{10} + \alpha^{206}x^9 + \alpha^{214}x^8 + \alpha^{147}x^7 + \alpha^{24}x^6 + \alpha^{99}x^5 + \alpha^{150}x^4 + \alpha^{39}x^3 + \alpha^{243}x^2 + \alpha^{163}x + \alpha^{136}$
18	$x^{18} + \alpha^{215}x^{17} + \alpha^{234}x^{16} + \alpha^{158}x^{15} + \alpha^{94}x^{14} + \alpha^{184}x^{13} + \alpha^{97}x^{12} + \alpha^{118}x^{11} + \alpha^{170}x^{10} + \alpha^{79}x^9 + \alpha^{187}x^8 + \alpha^{152}x^7 + \alpha^{148}x^6 + \alpha^{252}x^5 + \alpha^{179}x^4 + \alpha^5x^3 + \alpha^{98}x^2 + \alpha^{96}x + \alpha^{153}$
20	$x^{20} + \alpha^{17}x^{19} + \alpha^{60}x^{18} + \alpha^{79}x^{17} + \alpha^{50}x^{16} + \alpha^{61}x^{15} + \alpha^{163}x^{14} + \alpha^{26}x^{13} + \alpha^{187}x^{12} + \alpha^{202}x^{11} + \alpha^{180}x^{10} + \alpha^{221}x^9 + \alpha^{225}x^8 + \alpha^{83}x^7 + \alpha^{239}x^6 + \alpha^{156}x^5 + \alpha^{164}x^4 + \alpha^{212}x^3 + \alpha^{212}x^2 + \alpha^{188}x + \alpha^{190}$
22	$x^{22} + \alpha^{210}x^{21} + \alpha^{171}x^{20} + \alpha^{247}x^{19} + \alpha^{242}x^{18} + \alpha^{93}x^{17} + \alpha^{230}x^{16} + \alpha^{14}x^{15} + \alpha^{109}x^{14} + \alpha^{221}x^{13} + \alpha^{53}x^{12} + \alpha^{200}x^{11} + \alpha^{74}x^{10} + \alpha^8x^9 + \alpha^{172}x^8 + \alpha^{98}x^7 + \alpha^{80}x^6 + \alpha^{219}x^5 + \alpha^{134}x^4 + \alpha^{160}x^3 + \alpha^{105}x^2 + \alpha^{165}x + \alpha^{231}$
24	$x^{24} + \alpha^{229}x^{23} + \alpha^{121}x^{22} + \alpha^{135}x^{21} + \alpha^{48}x^{20} + \alpha^{211}x^{19} + \alpha^{117}x^{18} + \alpha^{251}x^{17} + \alpha^{126}x^{16} + \alpha^{159}x^{15} + \alpha^{180}x^{14} + \alpha^{169}x^{13} + \alpha^{152}x^{12} + \alpha^{192}x^{11} + \alpha^{226}x^{10} + \alpha^{228}x^9 + \alpha^{218}x^8 + \alpha^{111}x^7 + x^6 + \alpha^{117}x^5 + \alpha^{232}x^4 + \alpha^{87}x^3 + \alpha^{96}x^2 + \alpha^{227}x + \alpha^{21}$
26	$x^{26} + \alpha^{173}x^{25} + \alpha^{125}x^{24} + \alpha^{158}x^{23} + \alpha^2x^{22} + \alpha^{103}x^{21} + \alpha^{182}x^{20} + \alpha^{118}x^{19} + \alpha^{17}x^{18} + \alpha^{145}x^{17} + \alpha^{201}x^{16} + \alpha^{111}x^{15} + \alpha^{28}x^{14} + \alpha^{165}x^{13} + \alpha^{53}x^{12} + \alpha^{161}x^{11} + \alpha^{21}x^{10} + \alpha^{245}x^9 + \alpha^{142}x^8 + \alpha^{13}x^7 + \alpha^{102}x^6 + \alpha^{48}x^5 + \alpha^{227}x^4 + \alpha^{153}x^3 + \alpha^{145}x^2 + \alpha^{218}x + \alpha^{70}$

表 A1 (续)

纠错码字数	生成多项式
28	$x^{28} + \alpha^{168}x^{27} + \alpha^{223}x^{26} + \alpha^{200}x^{25} + \alpha^{104}x^{24} + \alpha^{224}x^{23} + \alpha^{234}x^{22} + \alpha^{108}x^{21} + \alpha^{180}x^{20} + \alpha^{110}x^{19} + \alpha^{190}x^{18} +$ $\alpha^{195}x^{17} + \alpha^{147}x^{16} + \alpha^{205}x^{15} + \alpha^{27}x^{14} + \alpha^{232}x^{13} + \alpha^{201}x^{12} + \alpha^{21}x^{11} + \alpha^{43}x^{10} + \alpha^{245}x^9 + \alpha^{87}x^8 +$ $\alpha^{42}x^7 + \alpha^{195}x^6 + \alpha^{212}x^5 + \alpha^{119}x^4 + \alpha^{242}x^3 + \alpha^{37}x^2 + \alpha^9x + \alpha^{123}$
30	$x^{30} + \alpha^{41}x^{29} + \alpha^{173}x^{28} + \alpha^{145}x^{27} + \alpha^{152}x^{26} + \alpha^{216}x^{25} + \alpha^{31}x^{24} + \alpha^{179}x^{23} + \alpha^{182}x^{22} + \alpha^{50}x^{21} + \alpha^{48}x^{20} +$ $\alpha^{110}x^{19} + \alpha^{86}x^{18} + \alpha^{239}x^{17} + \alpha^{96}x^{16} + \alpha^{222}x^{15} + \alpha^{125}x^{14} + \alpha^{42}x^{13} + \alpha^{173}x^{12} + \alpha^{226}x^{11} + \alpha^{193}x^{10} +$ $\alpha^{224}x^9 + \alpha^{130}x^8 + \alpha^{156}x^7 + \alpha^{37}x^6 + \alpha^{251}x^5 + \alpha^{216}x^4 + \alpha^{238}x^3 + \alpha^{40}x^2 + \alpha^{192}x + \alpha^{180}$
32	$x^{32} + \alpha^{10}x^{31} + \alpha^6x^{30} + \alpha^{106}x^{29} + \alpha^{190}x^{28} + \alpha^{249}x^{27} + \alpha^{167}x^{26} + \alpha^4x^{25} + \alpha^{67}x^{24} + \alpha^{209}x^{23} + \alpha^{138}x^{22} +$ $\alpha^{138}x^{21} + \alpha^{32}x^{20} + \alpha^{242}x^{19} + \alpha^{123}x^{18} + \alpha^{89}x^{17} + \alpha^{27}x^{16} + \alpha^{120}x^{15} + \alpha^{185}x^{14} + \alpha^{80}x^{13} + \alpha^{156}x^{12} +$ $\alpha^{38}x^{11} + \alpha^{69}x^{10} + \alpha^{171}x^9 + \alpha^{60}x^8 + \alpha^{28}x^7 + \alpha^{222}x^6 + \alpha^{80}x^5 + \alpha^{52}x^4 + \alpha^{254}x^3 + \alpha^{185}x^2 + \alpha^{220}x + \alpha^{241}$
34	$x^{34} + \alpha^{111}x^{33} + \alpha^{77}x^{32} + \alpha^{146}x^{31} + \alpha^{84}x^{30} + \alpha^{26}x^{29} + \alpha^{21}x^{28} + \alpha^{108}x^{27} + \alpha^{19}x^{26} + \alpha^{105}x^{25} + \alpha^{94}x^{24} +$ $\alpha^{113}x^{23} + \alpha^{193}x^{22} + \alpha^{86}x^{21} + \alpha^{140}x^{20} + \alpha^{163}x^{19} + \alpha^{125}x^{18} + \alpha^{58}x^{17} + \alpha^{158}x^{16} + \alpha^{229}x^{15} + \alpha^{239}x^{14} +$ $\alpha^{218}x^{13} + \alpha^{103}x^{12} + \alpha^{56}x^{11} + \alpha^{70}x^{10} + \alpha^{114}x^9 + \alpha^{61}x^8 + \alpha^{183}x^7 + \alpha^{129}x^6 + \alpha^{167}x^5 + \alpha^{13}x^4 + \alpha^{98}x^3 +$ $\alpha^{62}x^2 + \alpha^{129}x + \alpha^{51}$
36	$x^{36} + \alpha^{200}x^{35} + \alpha^{183}x^{34} + \alpha^{98}x^{33} + \alpha^{16}x^{32} + \alpha^{172}x^{31} + \alpha^{31}x^{30} + \alpha^{246}x^{29} + \alpha^{234}x^{28} + \alpha^{60}x^{27} + \alpha^{152}x^{26} +$ $\alpha^{115}x^{25} + \alpha^{24}x^{24} + \alpha^{167}x^{23} + \alpha^{152}x^{22} + \alpha^{113}x^{21} + \alpha^{248}x^{20} + \alpha^{238}x^{19} + \alpha^{107}x^{18} + \alpha^{18}x^{17} + \alpha^{63}x^{16} +$ $\alpha^{218}x^{15} + \alpha^{37}x^{14} + \alpha^{87}x^{13} + \alpha^{210}x^{12} + \alpha^{105}x^{11} + \alpha^{177}x^{10} + \alpha^{120}x^9 + \alpha^{74}x^8 + \alpha^{121}x^7 + \alpha^{196}x^6 +$ $\alpha^{117}x^5 + \alpha^{251}x^4 + \alpha^{113}x^3 + \alpha^{233}x^2 + \alpha^{30}x + \alpha^{120}$
40	$x^{40} + \alpha^{59}x^{39} + \alpha^{116}x^{38} + \alpha^{79}x^{37} + \alpha^{161}x^{36} + \alpha^{252}x^{35} + \alpha^{98}x^{34} + \alpha^{128}x^{33} + \alpha^{205}x^{32} + \alpha^{128}x^{31} + \alpha^{161}x^{30} +$ $\alpha^{247}x^{29} + \alpha^{57}x^{28} + \alpha^{163}x^{27} + \alpha^{56}x^{26} + \alpha^{235}x^{25} + \alpha^{106}x^{24} + \alpha^{53}x^{23} + \alpha^{26}x^{22} + \alpha^{187}x^{21} + \alpha^{174}x^{20} +$ $\alpha^{226}x^{19} + \alpha^{104}x^{18} + \alpha^{170}x^{17} + \alpha^{7}x^{16} + \alpha^{175}x^{15} + \alpha^{35}x^{14} + \alpha^{181}x^{13} + \alpha^{114}x^{12} + \alpha^{88}x^{11} + \alpha^{41}x^{10} +$ $\alpha^{47}x^9 + \alpha^{163}x^8 + \alpha^{125}x^7 + \alpha^{134}x^6 + \alpha^{72}x^5 + \alpha^{20}x^4 + \alpha^{232}x^3 + \alpha^{53}x^2 + \alpha^{35}x + \alpha^{15}$
42	$x^{42} + \alpha^{250}x^{41} + \alpha^{103}x^{40} + \alpha^{221}x^{39} + \alpha^{230}x^{38} + \alpha^{25}x^{37} + \alpha^{18}x^{36} + \alpha^{137}x^{35} + \alpha^{231}x^{34} + \alpha^{33}x^{33} + \alpha^3x^{32} +$ $\alpha^{58}x^{31} + \alpha^{242}x^{30} + \alpha^{221}x^{29} + \alpha^{191}x^{28} + \alpha^{110}x^{27} + \alpha^{84}x^{26} + \alpha^{230}x^{25} + \alpha^8x^{24} + \alpha^{188}x^{23} + \alpha^{106}x^{22} +$ $\alpha^{96}x^{21} + \alpha^{147}x^{20} + \alpha^{15}x^{19} + \alpha^{131}x^{18} + \alpha^{139}x^{17} + \alpha^{34}x^{16} + \alpha^{101}x^{15} + \alpha^{223}x^{14} + \alpha^{39}x^{13} + \alpha^{101}x^{12} +$ $\alpha^{213}x^{11} + \alpha^{199}x^{10} + \alpha^{237}x^9 + \alpha^{254}x^8 + \alpha^{201}x^7 + \alpha^{123}x^6 + \alpha^{171}x^5 + \alpha^{162}x^4 + \alpha^{194}x^3 + \alpha^{117}x^2 +$ $\alpha^{50}x + \alpha^{96}$
44	$x^{44} + \alpha^{190}x^{43} + \alpha^7x^{42} + \alpha^{61}x^{41} + \alpha^{121}x^{40} + \alpha^{71}x^{39} + \alpha^{246}x^{38} + \alpha^{69}x^{37} + \alpha^{55}x^{36} + \alpha^{168}x^{35} + \alpha^{188}x^{34} +$ $\alpha^{89}x^{33} + \alpha^{243}x^{32} + \alpha^{191}x^{31} + \alpha^{25}x^{30} + \alpha^{72}x^{29} + \alpha^{123}x^{28} + \alpha^9x^{27} + \alpha^{145}x^{26} + \alpha^{14}x^{25} + \alpha^{247}x^{24} +$ $\alpha x^{23} + \alpha^{238}x^{22} + \alpha^{44}x^{21} + \alpha^{78}x^{20} + \alpha^{143}x^{19} + \alpha^{62}x^{18} + \alpha^{224}x^{17} + \alpha^{126}x^{16} + \alpha^{118}x^{15} + \alpha^{114}x^{14} +$ $\alpha^{68}x^{13} + \alpha^{163}x^{12} + \alpha^{52}x^{11} + \alpha^{194}x^{10} + \alpha^{217}x^9 + \alpha^{147}x^8 + \alpha^{204}x^7 + \alpha^{169}x^6 + \alpha^{37}x^5 + \alpha^{130}x^4 + \alpha^{113}x^3 +$ $\alpha^{102}x^2 + \alpha^{73}x + \alpha^{181}$

表 A1 (续)

纠错码字数	生成多项式
46	$ \begin{aligned} & x^{46} + \alpha^{112} x^{45} + \alpha^{94} x^{44} + \alpha^{88} x^{43} + \alpha^{112} x^{42} + \alpha^{253} x^{41} + \alpha^{224} x^{40} + \alpha^{202} x^{39} + \alpha^{115} x^{38} + \alpha^{187} x^{37} + \alpha^{99} x^{36} + \\ & \alpha^{89} x^{35} + \alpha^5 x^{34} + \alpha^{54} x^{33} + \alpha^{113} x^{32} + \alpha^{129} x^{31} + \alpha^{44} x^{30} + \alpha^{58} x^{29} + \alpha^{16} x^{28} + \alpha^{135} x^{27} + \alpha^{216} x^{26} + \\ & \alpha^{169} x^{25} + \alpha^{211} x^{24} + \alpha^{36} x^{23} + \alpha x^{22} + \alpha^4 x^{21} + \alpha^{96} x^{20} + \alpha^{60} x^{19} + \alpha^{241} x^{18} + \alpha^{73} x^{17} + \alpha^{104} x^{16} + \\ & \alpha^{234} x^{15} + \alpha^8 x^{14} + \alpha^{249} x^{13} + \alpha^{245} x^{12} + \alpha^{119} x^{11} + \alpha^{174} x^{10} + \alpha^{52} x^9 + \alpha^{25} x^8 + \alpha^{157} x^7 + \alpha^{224} x^6 + \\ & \alpha^{43} x^5 + \alpha^{202} x^4 + \alpha^{223} x^3 + \alpha^{19} x^2 + \alpha^{82} x + \alpha^{15} \end{aligned} $
48	$ \begin{aligned} & x^{48} + \alpha^{228} x^{47} + \alpha^{25} x^{46} + \alpha^{196} x^{45} + \alpha^{130} x^{44} + \alpha^{211} x^{43} + \alpha^{146} x^{42} + \alpha^{60} x^{41} + \alpha^{24} x^{40} + \alpha^{251} x^{39} + \alpha^{90} x^{38} + \\ & \alpha^{39} x^{37} + \alpha^{102} x^{36} + \alpha^{240} x^{35} + \alpha^{61} x^{34} + \alpha^{178} x^{33} + \alpha^{63} x^{32} + \alpha^{46} x^{31} + \alpha^{123} x^{30} + \alpha^{115} x^{29} + \alpha^{18} x^{28} + \\ & \alpha^{221} x^{27} + \alpha^{111} x^{26} + \alpha^{135} x^{25} + \alpha^{160} x^{24} + \alpha^{182} x^{23} + \alpha^{205} x^{22} + \alpha^{107} x^{21} + \alpha^{206} x^{20} + \alpha^{95} x^{19} + \alpha^{150} x^{18} + \\ & \alpha^{120} x^{17} + \alpha^{184} x^{16} + \alpha^{91} x^{15} + \alpha^{21} x^{14} + \alpha^{247} x^{13} + \alpha^{156} x^{12} + \alpha^{140} x^{11} + \alpha^{238} x^{10} + \alpha^{191} x^9 + \alpha^{11} x^8 + \\ & \alpha^{94} x^7 + \alpha^{227} x^6 + \alpha^{84} x^5 + \alpha^{50} x^4 + \alpha^{163} x^3 + \alpha^{39} x^2 + \alpha^{34} x + \alpha^{108} \end{aligned} $
50	$ \begin{aligned} & x^{50} + \alpha^{232} x^{49} + \alpha^{125} x^{48} + \alpha^{157} x^{47} + \alpha^{161} x^{46} + \alpha^{164} x^{45} + \alpha^9 x^{44} + \alpha^{118} x^{43} + \alpha^{46} x^{42} + \alpha^{209} x^{41} + \alpha^{99} x^{40} + \\ & \alpha^{203} x^{39} + \alpha^{193} x^{38} + \alpha^{35} x^{37} + \alpha^3 x^{36} + \alpha^{209} x^{35} + \alpha^{111} x^{34} + \alpha^{195} x^{33} + \alpha^{242} x^{32} + \alpha^{203} x^{31} + \alpha^{225} x^{30} + \\ & \alpha^{46} x^{29} + \alpha^{13} x^{28} + \alpha^{32} x^{27} + \alpha^{160} x^{26} + \alpha^{126} x^{25} + \alpha^{209} x^{24} + \alpha^{130} x^{23} + \alpha^{160} x^{22} + \alpha^{242} x^{21} + \alpha^{215} x^{20} + \\ & \alpha^{242} x^{19} + \alpha^{75} x^{18} + \alpha^{77} x^{17} + \alpha^{42} x^{16} + \alpha^{189} x^{15} + \alpha^{32} x^{14} + \alpha^{113} x^{13} + \alpha^{65} x^{12} + \alpha^{124} x^{11} + \alpha^{69} x^{10} + \\ & \alpha^{228} x^9 + \alpha^{114} x^8 + \alpha^{235} x^7 + \alpha^{175} x^6 + \alpha^{124} x^5 + \alpha^{170} x^4 + \alpha^{215} x^3 + \alpha^{232} x^2 + \alpha^{133} x + \alpha^{205} \end{aligned} $
52	$ \begin{aligned} & x^{52} + \alpha^{116} x^{51} + \alpha^{50} x^{50} + \alpha^{86} x^{49} + \alpha^{186} x^{48} + \alpha^{50} x^{47} + \alpha^{220} x^{46} + \alpha^{251} x^{45} + \alpha^{89} x^{44} + \alpha^{192} x^{43} + \alpha^{46} x^{42} + \\ & \alpha^{86} x^{41} + \alpha^{127} x^{40} + \alpha^{124} x^{39} + \alpha^{19} x^{38} + \alpha^{184} x^{37} + \alpha^{233} x^{36} + \alpha^{151} x^{35} + \alpha^{215} x^{34} + \alpha^{22} x^{33} + \alpha^{14} x^{32} + \\ & \alpha^{59} x^{31} + \alpha^{145} x^{30} + \alpha^{37} x^{29} + \alpha^{242} x^{28} + \alpha^{203} x^{27} + \alpha^{134} x^{26} + \alpha^{254} x^{25} + \alpha^{89} x^{24} + \alpha^{190} x^{23} + \alpha^{94} x^{22} + \\ & \alpha^{59} x^{21} + \alpha^{65} x^{20} + \alpha^{124} x^{19} + \alpha^{113} x^{18} + \alpha^{100} x^{17} + \alpha^{233} x^{16} + \alpha^{235} x^{15} + \alpha^{121} x^{14} + \alpha^{22} x^{13} + \alpha^{76} x^{12} + \\ & \alpha^{86} x^{11} + \alpha^{97} x^{10} + \alpha^{39} x^9 + \alpha^{242} x^8 + \alpha^{200} x^7 + \alpha^{220} x^6 + \alpha^{101} x^5 + \alpha^{33} x^4 + \alpha^{239} x^3 + \alpha^{254} x^2 + \alpha^{116} x + \\ & \alpha^{51} \end{aligned} $
54	$ \begin{aligned} & x^{54} + \alpha^{183} x^{53} + \alpha^{26} x^{52} + \alpha^{201} x^{51} + \alpha^{87} x^{50} + \alpha^{210} x^{49} + \alpha^{221} x^{48} + \alpha^{113} x^{47} + \alpha^{21} x^{46} + \alpha^{46} x^{45} + \alpha^{65} x^{44} + \\ & \alpha^{45} x^{43} + \alpha^{50} x^{42} + \alpha^{238} x^{41} + \alpha^{184} x^{40} + \alpha^{249} x^{39} + \alpha^{225} x^{38} + \alpha^{102} x^{37} + \alpha^{58} x^{36} + \alpha^{209} x^{35} + \alpha^{218} x^{34} + \\ & \alpha^{109} x^{33} + \alpha^{165} x^{32} + \alpha^{26} x^{31} + \alpha^{95} x^{30} + \alpha^{184} x^{29} + \alpha^{192} x^{28} + \alpha^{52} x^{27} + \alpha^{245} x^{26} + \alpha^{35} x^{25} + \alpha^{254} x^{24} + \\ & \alpha^{238} x^{23} + \alpha^{175} x^{22} + \alpha^{172} x^{21} + \alpha^{79} x^{20} + \alpha^{123} x^{19} + \alpha^{25} x^{18} + \alpha^{122} x^{17} + \alpha^{43} x^{16} + \alpha^{120} x^{15} + \alpha^{108} x^{14} + \\ & \alpha^{215} x^{13} + \alpha^{80} x^{12} + \alpha^{128} x^{11} + \alpha^{201} x^{10} + \alpha^{235} x^9 + \alpha^8 x^8 + \alpha^{153} x^7 + \alpha^{58} x^6 + \alpha^{101} x^5 + \alpha^{31} x^4 + \alpha^{198} x^3 + \\ & \alpha^{76} x^2 + \alpha^{31} x + \alpha^{156} \end{aligned} $
56	$ \begin{aligned} & x^{56} + \alpha^{106} x^{55} + \alpha^{120} x^{54} + \alpha^{107} x^{53} + \alpha^{157} x^{52} + \alpha^{164} x^{51} + \alpha^{216} x^{50} + \alpha^{112} x^{49} + \alpha^{116} x^{48} + \alpha^2 x^{47} + \alpha^{91} x^{46} + \\ & \alpha^{248} x^{45} + \alpha^{163} x^{44} + \alpha^{36} x^{43} + \alpha^{201} x^{42} + \alpha^{202} x^{41} + \alpha^{229} x^{40} + \alpha^6 x^{39} + \alpha^{144} x^{38} + \alpha^{254} x^{37} + \alpha^{155} x^{36} + \\ & \alpha^{135} x^{35} + \alpha^{208} x^{34} + \alpha^{170} x^{33} + \alpha^{209} x^{32} + \alpha^{12} x^{31} + \alpha^{139} x^{30} + \alpha^{127} x^{29} + \alpha^{142} x^{28} + \alpha^{182} x^{27} + \alpha^{249} x^{26} + \\ & \alpha^{177} x^{25} + \alpha^{174} x^{24} + \alpha^{190} x^{23} + \alpha^{28} x^{22} + \alpha^{10} x^{21} + \alpha^{85} x^{20} + \alpha^{239} x^{19} + \alpha^{184} x^{18} + \alpha^{101} x^{17} + \alpha^{124} x^{16} + \\ & \alpha^{152} x^{15} + \alpha^{206} x^{14} + \alpha^{96} x^{13} + \alpha^{23} x^{12} + \alpha^{163} x^{11} + \alpha^{61} x^{10} + \alpha^{27} x^9 + \alpha^{196} x^8 + \alpha^{247} x^7 + \alpha^{151} x^6 + \\ & \alpha^{154} x^5 + \alpha^{202} x^4 + \alpha^{207} x^3 + \alpha^{20} x^2 + \alpha^{61} x + \alpha^{10} \end{aligned} $

表 A1 (续)

纠错码字数	生成多项式
58	$ \begin{aligned} & x^{58} + a^{82}x^{57} + a^{116}x^{56} + a^{26}x^{55} + a^{247}x^{54} + a^{66}x^{53} + a^{27}x^{52} + a^{62}x^{51} + a^{107}x^{50} + a^{252}x^{49} + a^{182}x^{48} + \\ & a^{200}x^{47} + a^{185}x^{46} + a^{235}x^{45} + a^{55}x^{44} + a^{251}x^{43} + a^{242}x^{42} + a^{210}x^{41} + a^{144}x^{40} + a^{154}x^{39} + a^{237}x^{38} + \\ & a^{176}x^{37} + a^{141}x^{36} + a^{192}x^{35} + a^{248}x^{34} + a^{152}x^{33} + a^{249}x^{32} + a^{206}x^{31} + a^{85}x^{30} + a^{253}x^{29} + a^{142}x^{28} + \\ & a^{65}x^{27} + a^{165}x^{26} + a^{125}x^{25} + a^{23}x^{24} + a^{24}x^{23} + a^{30}x^{22} + a^{122}x^{21} + a^{240}x^{20} + a^{214}x^{19} + a^6x^{18} + \\ & a^{129}x^{17} + a^{218}x^{16} + a^{29}x^{15} + a^{145}x^{14} + a^{127}x^{13} + a^{134}x^{12} + a^{206}x^{11} + a^{245}x^{10} + a^{117}x^9 + a^{29}x^8 + \\ & a^{41}x^7 + a^{63}x^6 + a^{159}x^5 + a^{142}x^4 + a^{233}x^3 + a^{125}x^2 + a^{148}x + a^{123} \end{aligned} $
60	$ \begin{aligned} & x^{60} + a^{107}x^{59} + a^{140}x^{58} + a^{26}x^{57} + a^{12}x^{56} + a^9x^{55} + a^{141}x^{54} + a^{243}x^{53} + a^{197}x^{52} + a^{226}x^{51} + a^{197}x^{50} + \\ & a^{219}x^{49} + a^{45}x^{48} + a^{211}x^{47} + a^{101}x^{46} + a^{219}x^{45} + a^{120}x^{44} + a^{28}x^{43} + a^{181}x^{42} + a^{127}x^{41} + a^6x^{40} + \\ & a^{100}x^{39} + a^{247}x^{38} + a^2x^{37} + a^{205}x^{36} + a^{198}x^{35} + a^{57}x^{34} + a^{115}x^{33} + a^{219}x^{32} + a^{101}x^{31} + a^{109}x^{30} + \\ & a^{160}x^{29} + a^{82}x^{28} + a^{37}x^{27} + a^{38}x^{26} + a^{238}x^{25} + a^{49}x^{24} + a^{160}x^{23} + a^{209}x^{22} + a^{121}x^{21} + a^{86}x^{20} + \\ & a^{11}x^{19} + a^{124}x^{18} + a^{30}x^{17} + a^{181}x^{16} + a^{84}x^{15} + a^{25}x^{14} + a^{194}x^{13} + a^{87}x^{12} + a^{65}x^{11} + a^{102}x^{10} + \\ & a^{190}x^9 + a^{220}x^8 + a^{70}x^7 + a^{27}x^6 + a^{209}x^5 + a^{16}x^4 + a^{89}x^3 + a^7x^2 + a^{33}x + a^{240} \end{aligned} $
62	$ \begin{aligned} & x^{62} + a^{65}x^{61} + a^{202}x^{60} + a^{113}x^{59} + a^{98}x^{58} + a^{71}x^{57} + a^{223}x^{56} + a^{248}x^{55} + a^{118}x^{54} + a^{214}x^{53} + a^{94}x^{52} + \\ & x^{51} + a^{122}x^{50} + a^{37}x^{49} + a^{23}x^{48} + a^2x^{47} + a^{228}x^{46} + a^{58}x^{45} + a^{121}x^{44} + a^7x^{43} + a^{105}x^{42} + a^{135}x^{41} + \\ & a^{78}x^{40} + a^{243}x^{39} + a^{118}x^{38} + a^{70}x^{37} + a^{76}x^{36} + a^{223}x^{35} + a^{89}x^{34} + a^{72}x^{33} + a^{50}x^{32} + a^{70}x^{31} + \\ & a^{111}x^{30} + a^{194}x^{29} + a^{17}x^{28} + a^{212}x^{27} + a^{126}x^{26} + a^{181}x^{25} + a^{35}x^{24} + a^{221}x^{23} + a^{117}x^{22} + a^{235}x^{21} + \\ & a^{11}x^{20} + a^{229}x^{19} + a^{149}x^{18} + a^{147}x^{17} + a^{123}x^{16} + a^{213}x^{15} + a^{40}x^{14} + a^{115}x^{13} + a^6x^{12} + a^{200}x^{11} + \\ & a^{100}x^{10} + a^{26}x^9 + a^{246}x^8 + a^{182}x^7 + a^{218}x^6 + a^{127}x^5 + a^{215}x^4 + a^{36}x^3 + a^{186}x^2 + a^{110}x + a^{106} \end{aligned} $
64	$ \begin{aligned} & x^{64} + a^{45}x^{63} + a^{51}x^{62} + a^{175}x^{61} + a^9x^{60} + a^7x^{59} + a^{158}x^{58} + a^{159}x^{57} + a^{49}x^{56} + a^{68}x^{55} + a^{119}x^{54} + \\ & a^{92}x^{53} + a^{123}x^{52} + a^{177}x^{51} + a^{204}x^{50} + a^{187}x^{49} + a^{254}x^{48} + a^{200}x^{47} + a^{78}x^{46} + a^{141}x^{45} + a^{149}x^{44} + \\ & a^{119}x^{43} + a^{26}x^{42} + a^{127}x^{41} + a^{53}x^{40} + a^{160}x^{39} + a^{93}x^{38} + a^{199}x^{37} + a^{212}x^{36} + a^{29}x^{35} + a^{24}x^{34} + \\ & a^{145}x^{33} + a^{156}x^{32} + a^{208}x^{31} + a^{150}x^{30} + a^{218}x^{29} + a^{209}x^{28} + a^4x^{27} + a^{216}x^{26} + a^{91}x^{25} + a^{47}x^{24} + \\ & a^{184}x^{23} + a^{146}x^{22} + a^{47}x^{21} + a^{140}x^{20} + a^{195}x^{19} + a^{195}x^{18} + a^{125}x^{17} + a^{242}x^{16} + a^{238}x^{15} + a^{63}x^{14} + \\ & a^{99}x^{13} + a^{108}x^{12} + a^{140}x^{11} + a^{230}x^{10} + a^{242}x^9 + a^{31}x^8 + a^{204}x^7 + a^{11}x^6 + a^{178}x^5 + a^{243}x^4 + \\ & a^{217}x^3 + a^{156}x^2 + a^{213}x + a^{231} \end{aligned} $
66	$ \begin{aligned} & x^{66} + a^5x^{65} + a^{118}x^{64} + a^{222}x^{63} + a^{180}x^{62} + a^{136}x^{61} + a^{136}x^{60} + a^{162}x^{59} + a^{51}x^{58} + a^{46}x^{57} + a^{117}x^{56} + \\ & a^{13}x^{55} + a^{215}x^{54} + a^{81}x^{53} + a^{17}x^{52} + a^{139}x^{51} + a^{247}x^{50} + a^{197}x^{49} + a^{171}x^{48} + a^{95}x^{47} + a^{173}x^{46} + \\ & a^{65}x^{45} + a^{137}x^{44} + a^{178}x^{43} + a^{68}x^{42} + a^{111}x^{41} + a^{95}x^{40} + a^{101}x^{39} + a^{41}x^{38} + a^{72}x^{37} + a^{214}x^{36} + \\ & a^{169}x^{35} + a^{197}x^{34} + a^{95}x^{33} + a^7x^{32} + a^{44}x^{31} + a^{154}x^{30} + a^{77}x^{29} + a^{111}x^{28} + a^{236}x^{27} + a^{40}x^{26} + \\ & a^{121}x^{25} + a^{143}x^{24} + a^{63}x^{23} + a^{87}x^{22} + a^{80}x^{21} + a^{253}x^{20} + a^{240}x^{19} + a^{126}x^{18} + a^{217}x^{17} + a^{77}x^{16} + \\ & a^{34}x^{15} + a^{232}x^{14} + a^{106}x^{13} + a^{50}x^{12} + a^{168}x^{11} + a^{82}x^{10} + a^{76}x^9 + a^{146}x^8 + a^{67}x^7 + a^{106}x^6 + \\ & a^{171}x^5 + a^{25}x^4 + a^{132}x^3 + a^{93}x^2 + a^{45}x + a^{105} \end{aligned} $

表 A1 (完)

纠错码字数	生成多项式
68	$ \begin{aligned} & x^{68} + \alpha^{247} x^{67} + \alpha^{159} x^{66} + \alpha^{223} x^{65} + \alpha^{33} x^{64} + \alpha^{224} x^{63} + \alpha^{93} x^{62} + \alpha^{77} x^{61} + \alpha^{70} x^{60} + \alpha^{90} x^{59} + \alpha^{160} x^{58} + \\ & \alpha^{32} x^{57} + \alpha^{254} x^{56} + \alpha^{43} x^{55} + \alpha^{150} x^{54} + \alpha^{84} x^{53} + \alpha^{101} x^{52} + \alpha^{190} x^{51} + \alpha^{205} x^{50} + \alpha^{133} x^{49} + \alpha^{52} x^{48} + \\ & \alpha^{60} x^{47} + \alpha^{202} x^{46} + \alpha^{165} x^{45} + \alpha^{220} x^{44} + \alpha^{203} x^{43} + \alpha^{151} x^{42} + \alpha^{93} x^{41} + \alpha^{84} x^{40} + \alpha^{15} x^{39} + \alpha^{84} x^{38} + \\ & \alpha^{253} x^{37} + \alpha^{173} x^{36} + \alpha^{160} x^{35} + \alpha^{89} x^{34} + \alpha^{227} x^{33} + \alpha^{52} x^{32} + \alpha^{199} x^{31} + \alpha^{97} x^{30} + \alpha^{95} x^{29} + \alpha^{231} x^{28} + \\ & \alpha^{52} x^{27} + \alpha^{177} x^{26} + \alpha^{41} x^{25} + \alpha^{125} x^{24} + \alpha^{137} x^{23} + \alpha^{241} x^{22} + \alpha^{166} x^{21} + \alpha^{225} x^{20} + \alpha^{118} x^{19} + \alpha^2 x^{18} + \\ & \alpha^{54} x^{17} + \alpha^{32} x^{16} + \alpha^{82} x^{15} + \alpha^{215} x^{14} + \alpha^{175} x^{13} + \alpha^{198} x^{12} + \alpha^{43} x^{11} + \alpha^{238} x^{10} + \alpha^{235} x^9 + \alpha^{27} x^8 + \\ & \alpha^{101} x^7 + \alpha^{184} x^6 + \alpha^{127} x^5 + \alpha^3 x^4 + \alpha^5 x^3 + \alpha^8 x^2 + \alpha^{163} x + \alpha^{238} \end{aligned} $

附录 B

(标准的附录)

纠错译码步骤

以版本 1-M 符号为例,对该符号来说,域 $GF(2^8)$ 上的 $(26,16,4)$ Reed-Solomon 码用于纠错。假设符号解除掩模后的码字是:

$$R = (r_0, r_1, r_2, \dots, r_{25})$$

即

$$R(x) = r_0 + r_1 x + r_2 x^2 + \dots + r_{25} x^{25}$$

其中: $r_i (i=0 \sim 25)$ 是 $GF(2^8)$ 上的一个元素。

(1) 计算伴随式:

找伴随式 $S_i (i=0 \sim 7)$ 。

$$S_0 = R(1) = r_0 + r_1 + r_2 + \dots + r_{25}$$

$$S_1 = R(\alpha) = r_0 + r_1 \alpha + r_2 \alpha^2 + \dots + r_{25} \alpha^{25}$$

...

...

$$S_7 = R(\alpha^7) = r_0 + r_1 \alpha^7 + r_2 \alpha^{14} + \dots + r_{25} \alpha^{175}$$

其中: α 是 $GF(2^8)$ 的基元。

(2) 找错误位置

$$S_0 \sigma_4 - S_1 \sigma_3 + S_2 \sigma_2 - S_3 \sigma_1 + S_4 = 0$$

$$S_1 \sigma_4 - S_2 \sigma_3 + S_3 \sigma_2 - S_4 \sigma_1 + S_5 = 0$$

$$S_2 \sigma_4 - S_3 \sigma_3 + S_4 \sigma_2 - S_5 \sigma_1 + S_6 = 0$$

$$S_3 \sigma_4 - S_4 \sigma_3 + S_5 \sigma_2 - S_6 \sigma_1 + S_7 = 0$$

用上面的公式,找每一错误位置的变量 $\sigma_i (i=1 \sim 4)$,然后,用变量 $\sigma_i (i=1 \sim 4)$ 替代下列多项式,并逐个替代 $GF(2^8)$ 上的每一个元素。

$$\sigma(x) = \sigma_4 + \sigma_3 x + \sigma_2 x^2 + \sigma_1 x^3 + x^4$$

即可找出错误出现在元素 α_j 的第 j 个位上(从 0 开始计数),并且 α_j 使 $\sigma(\alpha_j) = 0$ 。

(3) 找错误值

假定一个错误出现在上面第(2)步中的第 j^1, j^2, j^4 位数上,那么,找出它的错误值:

$$Y_1 \alpha_{j^1} + Y_2 \alpha_{j^2} + Y_3 \alpha_{j^3} + Y_4 \alpha_{j^4} = S_0$$

$$Y_1 \alpha_{j^1}^2 + Y_2 \alpha_{j^2}^2 + Y_3 \alpha_{j^3}^2 + Y_4 \alpha_{j^4}^2 = S_1$$

$$Y_1\alpha_j^3 + Y_2\alpha_j^3 + Y_3\alpha_j^3 + Y_4\alpha_j^3 = S_2$$

$$Y_1\alpha_j^4 + Y_2\alpha_j^4 + Y_3\alpha_j^4 + Y_4\alpha_j^4 = S_3$$

解上述方程求得每一错误 $Y_i (i=1\sim 4)$ 的值。

(4) 纠错

将求得的错误值的补数追加到每一错误位置上来实现纠错。

附 录 C

(标准的附录)

格 式 信 息

格式信息是由 5 个数据位和 10 个 BCH 纠错位组成的一个 15 位序列。本附录描述了纠错位的计算方法及纠错译码过程。

C1 纠错位的计算

BCH(15,5)码用于纠错。以数据位串为系数的多项式被生成多项式 $G(x)=x^{10}+x^8+x^5+x^4+x^2+x+1$ 除,所得剩余多项式的系数串应追加到数据位串上形成(15,5)BCH 码字符串。最后,通过用 101010000010010 对位串进行异或(XOR)运算进行掩模,来保证掩模图形和纠错等级的任意组合的格式信息位图不全为 0。

例:纠错等级 M;掩模图形参考 101

二进制字符串: 00101

生成多项式: x^2+1

将次数升至(15-5): $x^{12}+x^{10}$

被 $G(x)$ 除后: $=(x^{10}+x^8+x^5+x^4+x^2+x+1)x^2+(x^7+x^6+x^4+x^3+x^2)$

把上面的剩余多项式的系数字符串附加至格式信息数据串。

00101+0011011100 → 001010011011100

用掩模图形进行 XOR 运算: 101010000010010

结果: 100000011001110

如 6.9 所述的那样将这些位放入格式信息区。

C2 纠错译码步骤

用掩模图形的位序列 101010000010010 对格式信息位序列进行 XOR 运算,解除格式信息模块的掩模。

得到下列码字:

$$R=(r_0, r_1, r_2, \dots, r_{14})$$

即: $R(x)=r_0+r_1x+r_2x^2+\dots+r_{14}x^{14}$

其中: $r_i (i=0\sim 14)$ 是 0 或 1。

计算伴随多项式:

找伴随多项式 $S_i (i=1, 3, 5)$

$$S_1=R(\alpha)=r_0+r_1\alpha+r_2\alpha^2+\dots+r_{14}\alpha^{14}$$

$$S_3=R(\alpha^3)=r_0+r_1\alpha^3+r_2\alpha^6+\dots+r_{14}\alpha^{42}$$

$$S_5=R(\alpha^5)=r_0+r_1\alpha^5+r_2\alpha^{10}+\dots+r_{14}\alpha^{70}$$

其中: α 是 $GF(2^4)$ 上的基元。

找错误位置:

$$S_1 + \sigma_1 = 0$$

$$S_3 + S_2\sigma_1 + S_1\sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$S_5 + S_4\sigma_1 + S_3\sigma_2 + S_2\sigma_3 = 0$$

其中: $S_2 = S_1^2, S_4 = S_2^2$ 。

用上述公式对每一错误位置计算变量 $\sigma_i (i=1\sim 3)$ 。然后用变量 σ_i 替代下面的多项式的变量并逐个替代 GF(2^4) 上的元素。

$$\sigma(x) = x^3 + \sigma_1 x^2 + \sigma_2 x + \sigma_3$$

即可找出错误出现在元素 α_j 的第 j 个位上(从第 0 位开始计数), 此时 α_j 满足 $\sigma(\alpha_j) = 0$ 。

对每一错误位置上的位值取反来纠错。

附录 D

(标准的附录)

版本信息

版本信息是一个由 6 个数据位和 12 个 BCH 纠错位组成的 18 位的序列。本附录给出了纠错位的计算和纠错译码过程。

D1 纠错位计算

用 BCH(18,6) 码进行纠错。用数据位作系数的多项式除以生成多项式 $G(x) = x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^5 + x^2 + 1$ 。将剩余多项式的系数串附加到数据位串后形成 (18,6) BCH 码串。

例: 版本

7

二进制串:

000111

多项式:

$x^2 + x + 1$

将多项式次数升至 (18—6):

$x^{14} + x^{13} + x^{12}$

被 $G(x)$ 除: $=(x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^5 + x^2 + 1)x^2 + (x^{11} + x^{10} + x^7 + x^4 + x^2)$

将上述剩余多项式的系数数据串附加至版本信息数据串。

000111+110010010100→000111110010010100

按 6.10 所述方法, 将这些位放入版本信息区。

下面的表 D1 给出了每一版本的版本信息位流。

表 D1 每一版本的版本信息位流

版本	版本信息位流	对应的十六进制数
7	00 0111 1100 1001 0100	07C94
8	00 1000 0101 1011 1100	085BC
9	00 1001 1010 1001 1001	09A99
10	00 1010 0100 1101 0011	0A4D3
11	00 1011 1011 1111 0110	0BBF6
12	00 1100 0111 0110 0010	0C762
13	00 1101 1000 0100 0111	0D847
14	00 1110 0110 0000 1101	0E60D
15	00 1111 1001 0010 1000	0F928

表 D1 (完)

版本	版 本 信 息 位 流	对应的十六进制数
16	01 0000 1011 0111 1000	10B78
17	01 0001 0100 0101 1101	1145D
18	01 0010 1010 0001 0111	12A17
19	01 0011 0101 0011 0010	13532
20	01 0100 1001 1010 0110	149A6
21	01 0101 0110 1000 0011	15683
22	01 0110 1000 1100 1001	168C9
23	01 0111 0111 1110 1100	177EC
24	01 1000 1110 1100 0100	18EC4
25	01 1001 0001 1110 0001	191E1
26	01 1010 1111 1010 1011	1AFAB
27	01 1011 0000 1000 1110	1B08E
28	01 1100 1100 0001 1010	1CC1A
29	01 1101 0011 0011 1111	1D33F
30	01 1110 1101 0111 0101	1ED75
31	01 1111 0010 0101 0000	1F250
32	10 0000 1001 1101 0101	209D5
33	10 0001 0110 1111 0000	216F0
34	10 0010 1000 1011 1010	228BA
35	10 0011 0111 1001 1111	2379F
36	10 0100 1011 0000 1011	24B0B
37	10 0101 0100 0010 1110	2542E
38	10 0110 1010 0110 0100	26A64
39	10 0111 0101 0100 0001	27541
40	10 1000 1100 0110 1001	28C69

D2 纠错译码步骤

假设从符号的版本信息区读得下列代码：

$$R = (r_0, r_1, r_2 \cdots, r_{17})$$

即 $R(x) = r_0 + r_1x + r_2x^2 + \cdots + r_{17}x^{17}$

其中： $r_i(i=0\sim17)$ 是 0 或 1。

计算伴随多项式：

求伴随多项式 $S_i(i=1, 3, 5)$

$$S_1=R(\alpha)=r_0+r_1\alpha+r_2\alpha^2+\cdots+r_{17}\alpha^{17}$$
$$S_3=R(\alpha^3)=r_0+r_1\alpha^3+r_2\alpha^6+\cdots+r_{17}\alpha^{51}$$
$$S_5=R(\alpha^5)=r_0+r_1\alpha^5+r_2\alpha^{10}+\cdots+r_{14}\alpha^{85}$$

其中： α 是 GF(2⁵)上的基元。

求错误位置：

$$S_1+\sigma_1=0$$
$$S_3+S_2\sigma_1+S_1\sigma_2+\sigma_3=0$$
$$S_5+S_4\sigma_1+S_3\sigma_2+S_2\sigma_3=0$$

其中： $S_2=S_1^2$ ，且 $S_4=S_2^2$

用上述公式求得每一错误位置的变量 $\sigma_i(i=1\sim3)$ ，然后，用变量 σ_i 替代下列多项式的变量并逐个替代 GF(2^5)上的元素。

$$\sigma(x) = x^3 + \sigma_1x^2 + \sigma_2x + \sigma_3$$

若 α_j 满足 $\sigma(\alpha_j)=0$ ，则错误在第 j 位数字上(从第 0 位计数)。

对每一错误位置的位值取反来纠正出现的错误。

附 录 E
(标准的附录)
校正图形的位置

校正图形从符号的左上角到右下角沿对角线两边对称地分布。校正图形尽可能地均匀排列在定位图形与符号的相对边之间。

表 E1 给出了每一版本的校正图形数以及每一校正图形的中心模块的行或列的坐标值。

表 E1 校正图形中心模块的行/列坐标值

版本	校正图形数	中心模块的行/列坐标值						
1	0	—	—	—	—	—	—	—
2	1	6	18	—	—	—	—	—
3	1	6	22	—	—	—	—	—
4	1	6	26	—	—	—	—	—
5	1	6	30	—	—	—	—	—
6	1	6	34	—	—	—	—	—
7	6	6	22	38	—	—	—	—
8	6	6	24	42	—	—	—	—
9	6	6	26	46	—	—	—	—
10	6	6	28	50	—	—	—	—
11	6	6	30	54	—	—	—	—
12	6	6	32	58	—	—	—	—
13	6	6	34	62	—	—	—	—
14	13	6	26	46	66	—	—	—
15	13	6	26	48	70	—	—	—
16	13	6	26	50	74	—	—	—
17	13	6	30	54	78	—	—	—
18	13	6	30	56	82	—	—	—
19	13	6	30	58	86	—	—	—
20	13	6	34	62	90	—	—	—
21	22	6	28	50	72	94	—	—

表 E1 (完)

版本	校正图形数	中心模块的行/列坐标值						
22	22	6	26	50	74	98	—	—
23	22	6	30	54	78	102	—	—
24	22	6	28	54	80	106	—	—
25	22	6	32	58	84	110	—	—
26	22	6	30	58	86	114	—	—
27	22	6	34	62	90	118	—	—
28	33	6	26	50	74	98	122	—
29	33	6	30	54	78	102	126	—
30	33	6	26	52	78	104	130	—
31	33	6	30	56	82	108	134	—
32	33	6	34	60	86	112	138	—
33	33	6	30	58	86	114	142	—
34	33	6	34	62	90	118	146	—
35	46	6	30	54	78	102	126	150
36	46	6	24	50	76	102	128	154
37	46	6	28	54	80	106	132	158
38	46	6	32	58	84	110	136	162
39	46	6	26	54	82	110	138	166
40	46	6	30	58	86	114	142	170

例如,在一个版本 7 的符号中,表中给出值 6,22 和 38。因此,校正图形的中心位置的行、列坐标为 (6,22),(22,6)(22,22)(22,38),(38,22),(38,38)。由于坐标(6,6),(6,38),(38,6)坐标位置被位置探测图形占据,因此,这些坐标位置没有放置校正图形。

附 录 F

(标准的附录)

符号标识符

在 ISO/IEC 15424 中,给 QR 码指定的符号标识符是:

]Qm,它应作为段首标记附加至译码器译得的数据中。

其中:

] 是符号标识标记(ASCII 值为 93);

Q 是 QR 码符号的编码字符;

m 是变数字符,取值为表 F1 中的某一值。

表 F1 符号标识符选择与变数值

变数值	选 择
1	未使用 ECI 协议
2	已使用 ECI 协议
3	未使用 ECI 协议,FNC1 被隐含在第一个位置
4	已使用 ECI 协议,FNC1 被隐含在第一个位置
5	未使用 ECI 协议,FNC1 被隐含在第二个位置
6	已使用 ECI 协议,FNC1 被隐含在第二个位置

m 的允许取值为:0,1,2,3,4,5,6,其中 m 为 0 时标识模式 1 符号,现已不推荐使用。

附 录 G

(提示的附录)

编码与符号表示实例

本附录描述了按 6.4.2 的数字模式,将数据串“01234567”编码为一个版本 1-M 符号的方法。

步骤 1:数据编码

(1) 将数据串按每 3 位一组进行分组,并将每一组转化成它的相对应的 10 位或 7 位二进制数;

012→0000001100

345→0101011001

67→1000011

(2) 将字符计数指示符转化为二进制数(对版本 1-M 为 10 位);

字符计数指示符(8)=0000001000

(3) 连接数字模式的模式指示符(0001),字符计数指示符,二进制数据和终止符(0000);

0001 0000001000 0000001100 0101011001 1000011 0000

(4) 将上述二进制数分成 8 位的码字,并加入所需填充位(用下划线标出);

00010000 00100000 00001100 01010110 01100001 10000000

(5) 加填充码字将符号的数据码字容量填满(版本 1-M,数据码字容量为 16 个码字,因此需 10 个填充码字(带下划线的码字))最终结果如下:

00010000 00100000 00001100 01010110 01100001 10000000 11101100 00010001
11101100 00010001 11101100 00010001 11101100 00010001 11101100 00010001

步骤 2:纠错码字的生成

用 Reed-Solomon 算法生成所需数量的纠错码字(版本 1-M 符号,需 10 个纠错码字),这些码字(带下划线)应加到位流中,结果如下:

00010000 00100000 00001100 01010110 01100001 10000000 11101100 00010001
11101100 00010001 11101100 00010001 11101100 00010001 11101100 00010001
10100101 00100100 11010100 11000001 11101101 00110110 11000111 10000111
00101100 01010101

步骤 3:以矩阵格式进行模块排列。

由于在版本 1-M 符号中,仅有一个纠错块,因此,在本实例中无需交替。将位置探测图形与定位图形排列在 21×21 的矩阵中,格式信息的模块位置暂时空置,将从步骤 2 获得的码字按照 6.7.3 所述放进矩阵(见图 G1)。

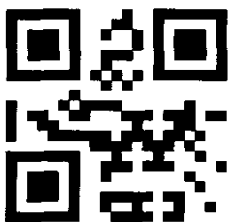


图 G1 符号掩模前的数据模块排列

步骤 4:掩模图形选择

依次使用 6.8.1 定义的掩模图形,并根据 6.8.2 对结果进行评价。选择的掩模图形为 011。

步骤 5:格式信息

纠错等级是 M,掩模图形是 011。格式信息的数据位是 00011。

BCH 纠错计算得到 1101011001 作为位序列加到数据中得到:

未掩模前的格式信息 000111101011001。

对该位流用掩模图形 101010000010010 进行 XOR 运算后得:

000111101011001(原位流)

101010000010010(掩模)

101101101001011(排列在符号中的格式信息)

步骤 6:最终符号的构成

如 6.8 所述,将选择的已掩模图形应用于符号编码区,并将格式信息模块放入步骤 3 保留的位置(见图 G2)。

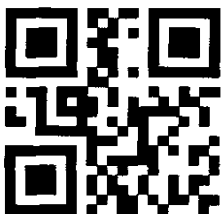


图 G2 编码为 01234567 的最终版本 1-M 符号

附 录 H

(提示的附录)

位流长度的最优化

对一组特定的数据串,QR 码提供多种不同编码模式,但每一种模式表示一已知数据串所需的编码字节数量是不相同的。由于各模式的字符集有重叠的部分,例如数字数据可以以数字、字母数字以及 8 位字节三种模式进行编码,拉丁字母数据可以以字母数字和 8 位字节模式进行编码,符号生成软件要选择最佳的模式,对可用多于一种模式表示的数据字符进行编码。

在数据流的开始必须进行模式的选择,在数据流当中也可以进行模式的选择。

许多可选的方法可以使位流长度最小化。编码算法不仅需要考虑当前字符序列,而且也要考虑下一个数据序列以及模式转换所需要的开销。

对一个给定的数据串,最佳的方案不一定是表示每一数据字符的位数最小的一个。如果需要更高度的压缩,需考虑改变模式所需要的附加位(增加的模式指示符和字符计数指示符)。也要注意即使使码字

数最小化,也许码字流需要扩充以填满符号。这个填充过程是用填充字符来实现的。

下列导则是形成最短位流的算法的基础。在方括号中的字符数如[5,7,9]分别用于版本1~9,10~26和版本27~40。在导则中,术语“专有子集”是指在一种模式的字符集中的一组字符,不能与另一种更有限的字符集共享,例如,8位字节字符集的专有子集由ASCII的值00_{HEX}~FF_{HEX}组成,但它不包括十六进制的值20,24,25,2A,2B,2D~3A,和41~5A;它们是字母数字字符集的一组字符{A~Z,space,\$,%,* ,+,-,.,/,,:}。

a) 选择初始模式

- 1) 如果初始输入数据是在中国汉字字符集中,不包括其他字符,选择中国汉字模式;
- 2) 如果初始输入数据是在8位字节的二进制字符的专有子集中,选择8位字节模式;
- 3) 如果初始输入数据是在字母数字字符集的专有子集中,并且如果字符个数少于[6,7,8]其后紧跟8位字节专有子集中的数据,那么选择8位字节模式,否则选择字母数字模式;
- 4) 如果初始数据是数字,并且如果数字个数少于[4,4,5]其后紧跟8位字节字符集专有子集中的数据,那么选择8位字节模式,否则如果少于[6,7,8]后随字母数字字符集的专有子集中的数据,那么选择字母数字模式,否则选择数字模式。

b) 在8位字节模式中

- 1) 如果有一个或多个中国汉字字符出现,转至中国汉字模式;
- 2) 如果有不少于[6,8,9]的数字字符序列出现在来自8位字节二进制字符集的专有子集的多个数据前,那么转至数字模式;
- 3) 如果有字母数字字符集的专有子集的不少于[11,15,16]的字符序列出现在来自8位字节二进制字符集的专有子集的数据前,那么转至字母数字模式。

c) 在字母数字模式中

- 1) 如果有一个或多个中国汉字字符出现,转至中国汉字模式;
- 2) 如果有8位字节字符集的专有子集的一个或多个字符出现,转至8位字节模式;
- 3) 如果有不少于[13,15,17]的数字字符数据序列在来自字母数字字符集的专有子集的数据前出现,转至数字模式。

d) 在数字模式中

- 1) 如果有一个或多个中国汉字字符出现,转至中国汉字模式;
- 2) 如果有一个或多个来自8位字节的专有子集中的字符出现,转至8位字节模式;
- 3) 如果有一个或多个字母数字的专有子集中的字符出现,转至字母数字模式。

附 录 I

(提示的附录)

QR 码符号印制与扫描的用户导则

11 总则

应将QR码的应用看作整个系统的解决方案。组成系统的各个部分(打印机、标签、识读者)需要作为一个整体来考虑,在该系统的任一环节出现问题,或各环节之间的错误匹配将影响整个系统的运行效果。

符合规范要求是保证整个系统成功的关键之一,同时其他因素也会影响系统的运行。以下导则是建议在确定或者采用条码或矩阵码时应考虑的一些因素。

- a) 选择适当的印制密度,使符号的允许偏差是所使用的印制技术能达到的。保证模块尺寸是打印

头点阵尺寸的整数倍(在平行和垂直于印刷方向的两个方向),也要保证印制增量的调整,这种调整是通过单个深色模块或毗连的深色模块组边缘(由深色到浅色或由浅色到深色)改变等量的整数倍像素来实现的,这样可以保证模块中心的间距保持不变,虽然对每个深色(或浅色)模块的外表位图表示的尺寸进行了调整。

b) 选择识读器,其分辨率应与特定印制技术所生成的符号密度和质量相适应。

c) 保证印制的条码符号的光学特性与扫描器光源的波长或传感器的感光特性相适应。

d) 检查在最终标签或外包装上的条码符号是否合格。遮盖、透光、弯曲或不规则表面都会影响条码符号的识读性能。

必须考虑光滑的符号表面产生的镜面反射。扫描系统必须考虑在深色与浅色特性之间的漫反射的改变量。在某些扫描角度,反射光的镜面反射部分大大地超过希望的漫反射部分,从而改变了扫描特性。如果能改变材料表面或材料表面的某部分,那么,选择粗糙的、非光滑的表面有助于减小镜面效应。否则,必须保证识读符号的照明使所希望的对比度达到最佳。

I2 纠错等级的用户选择

用户应确定合适的纠错等级来满足应用需求。如表 8 所示,从 L 到 H 四个不同等级所提供的检测和纠错的容量逐渐增加,其代价是对表示给定长度数据的符号的尺寸逐步增加。例如,一个版本为 20-Q 的符号能包含 485 个数据码字,如果可以接受一个较低的纠错等级,则同样的数据也可用版本为 15-L 的符号表示(准确的数据容量为 523 个码字)。

纠错等级的选择与下列因素相关:

- 预计的符号质量水平:预计的符号质量等级越低,应用的纠错等级就应越高;
- 首读率的重要性;
- 在扫描识读失败后,再次扫描的机会;
- 印刷符号的空间限制了使用较高的纠错等级。

纠错等级“L”适用于具有高质量的符号以及/或者要求使表示给定数据的符号尽可能最小的情况。等级“M”被认为是“标准”等级,它具有较小尺寸和较高的可靠性。等级“Q”是具有“高可靠性的”等级,适用于一些重要的或符号印刷质量差的场合,等级“H”提供可实现的最高的可靠性。

附录 J

(提示的附录)

矩阵码的印刷质量导则

本附录提供了一个评估矩阵码符号印刷质量的框架,它适用于所有的矩阵码符号。本标准第 9 章叙述了如何将本附录应用于 QR 码。本附录描述的方法在很多方面对应于 ISO/IEC 15416 中对线性条码符号的印制质量的评估方法。它由在给定的光照和观测条件下获取一个符号的高分辨率的灰度图像开始,然后对储存图像的译码、符号对比度、印制增量、轴向不一致性以及未用纠错等参数进行分析。符号的最终评估是根据这五个参数以及给定码制或应用所规定的参数的最低等级,对符号进行最终评估。

这里给出的步骤必须与具体的符号规范中的参考译码算法和其他测量细节结合使用,可根据码制的调整的应用规范改变或者被替换。

J1 获取测试图像

符号的测试图像应在模拟该符号典型扫描状态的环境中获取,但分辨率要高得多,照明均匀与最好的聚焦。专门的应用必须清楚地指定符号照明的颜色、角度以及所需的成像分辨率,下列通用测试装置

适用于开放应用系统。

一个标准的单色摄像机应在测试符号中心轴线垂直于符号平面的方位获取图像。所使用的透镜应适合于在好的聚焦状况下获取整个符号(包括任何需要的空白区),并有足够小的视场使光学失真最小。光源应至少从两侧以 45° 入射角均匀地照到符号所在的面积上。测试图像用标准的帧获取设备,以 8 位灰度数字化方式采集。应该用已知漫反射率的标板对灰度进行标定。

除了精密的光学装置外,有两个原则应该指导它的选择。首先,测试图像的灰度理论上应该是线性的,并且不能以任何方式调整以增加对比度或者改善其外观。第二,图像的分辨率应能产生一致的识读结果,它一般要求模块宽度和高度至少占 5 个像素。

J2 符号参数的评估

J2.1 译码

应将符号的参考译码算法用于测试图像,如果能成功译码,那么译码分级为“4”,否则为“0”。

译码参数测试以“通过/失败”为判据,看符号处于最佳的成像状态时,是否具有可被识读的所有足够正确的特性。除此而外,初始参考译码还要完成后续的其他符号质量参数测量所需的三个附加任务。首先,它定位和确定了在图像中试验符号所覆盖的区域。第二,它恰当地生成各数据模块中心组成的一个网格映像以便对它们进行取样。第三,它进行了纠错,检测符号的损坏是否已经消耗错误容量。这些图像、图像坐标和错误译码,每一项都有利于以下的一个或多个测量。

J2.2 符号对比度

在灰度图像中,在测试符号区域内,向外延伸到任何要求的空白区的边缘的所有图像像素将按照其反射率值进行排列,选出像素中最暗的 10% 和最亮的 10%。计算出最暗的 10% 反射率的算术平均值和最亮的 10% 反射率的算术平均值,这两个平均值的差即是符号对比度 SC。

符号对比度等级确定如下:

当 $SC \geq 70\%$	4.0 (A)
当 $SC \geq 55\%$	3.0 (B)
当 $SC \geq 40\%$	2.0 (C)
当 $SC \geq 20\%$	1.0 (D)
当 $SC < 20\%$	0.0 (F)

对比度测试衡量符号内亮和暗的两个反射状态,是否在整个符号中一直有足够差别。

J2.3 印制增量

按附录 J2.2 计算亮、暗平均值之间的反射率阈值,用这一阈值产生出另一个区分亮、暗的二进制图像。

印制增量参数,也就是亮暗标记是否能恰当地充满它们的模块边缘的程度,是影响识读性能的一个重要的过程质量指标。最能标明符号相对于单元名义尺寸的增加量和减少量的独特图形结构因符号不同而不同,应该在其符号规范中规定。它们一般是固定的结构或者是孤立的单元。它们的尺寸 D 通过计算二进制数字化图像像素数量来决定。可以独立地对一个以上的尺寸,例如水平增量和垂直增量,进行规定和检测。对于每一个检测的尺寸规定一个标称值 D_{NOM} ,一个允许的最大值 D_{max} 和最小值 D_{min} 。每一个测量值 D 应该归一化到它对应的名义值和极限值:

$$\text{如果 } D > D_{\text{NOM}} \quad D' = (D - D_{\text{NOM}}) / (D_{\text{MAX}} - D_{\text{MIN}})$$

$$\text{否则 } D' = (D - D_{\text{NOM}}) / (D_{\text{NOM}} - D_{\text{MIN}})$$

印制增量的等级确定如下:

当 $-0.50 \leq D' \leq 0.50$	4.0 (A)
当 $-0.70 \leq D' \leq 0.70$	3.0 (B)
当 $-0.85 \leq D' \leq 0.85$	2.0 (C)

当 $-1.00 \leq D' \leq 1.00$ 1.0 (D)

当 $D' < -1.00$ 或 $D' > 1.00$ 0.0 (F)

印制增量测量的目的在于检测组成符号的图形质量偏离名义尺寸的程度,以保证实际制做的符号的可读性。

J2.4 轴向不一致性

矩阵符号包含由模块组成的数据区,这些模块名义上位于正多边形网格中。参考译码算法必须能够映像这些模块的中心位置以取得数据。轴向不一致性指的是对映像中心的距离,即取样点在网格的每一个主轴方向上的间隔的度量和分级。

在每一个多边形的轴向,对相邻取样点的间隔分别整理,然后再计算出沿每一个轴向的平均间隔 X_{AVG} ,轴向不一致性度量了轴与轴之间的取样点间隔的差别有多大。即:

$$AN = \text{abs}(X_{AVG} - Y_{AVG}) / ((X_{AVG} + Y_{AVG}) / 2)$$

其中 $\text{abs}()$ 是绝对值函数,如果一个符号有多于两个主轴,那么 AN 用由差别最大的两个平均间隔计算得出。轴向不一致性等级的确定如下:

当 $AN \leq 0.06$ 4.0 (A)

当 $AN \leq 0.08$ 3.0 (B)

当 $AN \leq 0.10$ 2.0 (C)

当 $AN \leq 0.12$ 1.0 (D)

当 $AN > 0.12$ 0.0 (F)

轴向不一致性是对符号尺寸不均匀性程度的测试,它会在某些非正常的视角内比其他视角更影响符号的可读性。

J2.5 未使用的纠错

Reed-Solomon 译码方法的校正能力由以下公式表示。

$$e + 2t \leq d - p$$

其中:

e = 拒读错误数;

t = 替代错误数;

d = 纠错码字数;

p = 错误检测的码字数。

d 和 p 的值由符号规范给出(通常取决于符号的尺寸), e 和 t 的值按参考译码算法在成功的译码后确定。未使用的纠错量由下式计算:

$$UEC = 1.0 - (e + 2t) / (d - p)$$

在带有多个(如,交替的)纠错块的符号中,对每一纠错块单独计算 UEC 的值,然后用最低的值分级如下:

当 $UEC \geq 0.62$ 4.0 (A)

当 $UEC \geq 0.50$ 3.0 (B)

当 $UEC \geq 0.37$ 2.0 (C)

当 $UEC \geq 0.25$ 1.0 (D)

当 $UEC < 0.25$ 0.0 (F)

未使用的纠错参数用于测试一个符号因局部或污点损坏所消耗的纠错容量的程度。

J3 整个符号的分级

整个符号的等级是上述所能达到的各参数等级中的最低级。表 J1 汇总了各测试参数及等级。

表 J1 测试参数和分级值

分级	参考译码	符号对比度	印刷增量	轴向不一致性	未使用的纠错
4.0 (A)	通过	$SC \geq 0.70$	$-0.50 \leq D' \leq 0.50$	$AN \leq 0.06$	$UEC \geq 0.62$
3.0 (B)		$SC \geq 0.55$	$-0.70 \leq D' \leq 0.70$	$AN \leq 0.08$	$UEC \geq 0.50$
2.0 (C)		$SC \geq 0.40$	$-0.85 \leq D' \leq 0.85$	$AN \leq 0.10$	$UEC \geq 0.37$
1.0 (D)		$SC \geq 0.20$	$-1.00 \leq D' \leq 1.00$	$AN \leq 0.12$	$UEC \geq 0.25$
0.0 (F)	失败	$SC < 0.20$	$D' < -1.00$ 或 $D' > 1.00$	$AN > 0.12$	$UEC < 0.25$

质量分级可采用两种方法表示：一种方法是按 ISO/IEC 15416, 用保留一位小数的数值表示, 其取值范围为 4.0 至 0.0, 质量分级随该数值的减小而降低, 质量等级递减; 另一种方法是根据 ANSI X 3.182(条码印刷质量导则), 用字母 A 至 D 以及失败级 F 表示符号的质量分级。

表 J2 给出了数字和字母分级之间的对应关系

表 J2 数字和字母质量分级的对应关系

$4.0 \geq A \geq 3.5$
$3.5 > B \geq 2.5$
$2.5 > C \geq 1.5$
$1.5 > D \geq 0.5$
$0.5 > F$

附录 K

(提示的附录)

过程控制技术

本附录描述了控制制作可识读 QR 码符号过程的设备及程序。这些技术不构成生成符号时的印刷质量检验(在第 9 章和附录 J 中规定了评估符号质量的方法), 但是, 这些技术的单独使用或结合使用有利于制做可识读的符号。

K1 符号对比度

大多数线性条码符号的检测仪或者有反射率测量模式, 或者有绘制扫描反射率轮廓图模式, 和/或对于不能译码的扫描按 EN 1635 的定义给出符号的对比度。

除了符号需要的特殊照明条件外, 用孔径为 0.15 mm 到 0.25 mm, 波长为 660 nm 可以得到的比度数据——报告的符号对比度, 扫描曲线中最大反射率差, 或者反射率测量值的最大和最小之差——这些值和由图形产生的符号对比度值具有很好的相关性。特别是这些测量读数, 能用来检查符号的对比度是否满足所要求的符号质量等级所允许的最小值。

K2 评价轴向不一致性

对于任何符号, 测量从左上角位置探测图形的左边缘到右上角位置探测图形的右边缘的距离, 以及从左上角位置探测图形的上边缘到左下角位置探测图形的下边缘的距离, 将以上每个值用该尺寸所含的模块数去除。例如, 一个版本为 2 的符号就用 25 作为除数。将结果代入 J2.4 的公式中的 X_{AVG} 和 Y_{AVG} 。然后就可以用此结果评价轴向不一致性。

K3 目测符号变形及缺陷

现场对样品符号的位置探测图形和定位图形的目测可以对生成过程中的重要环节进行监测。

矩阵码符号容易因局部矩阵网格变形而导致出错。不论是在位置探测图形上被弯曲的边缘,还是定位图形中不均匀的间距,都可目测出来。

构成位置探测图形的三个同心正方形以及与其相邻的空白区域应该总是全暗和全亮的。由于印刷错误会导致符号产生亮条和暗条的缺陷,这种错误在探测图形和空白区中间人目测时非常明显,这种印制过程中的系统错误应该得到纠正。

K4 评估印制增量

一个能够直接输出条空图形测量值的线性条码检测仪,可以用来评估水平轴和垂直轴方向上的印制增加量和减少量。应以正确的角度,沿着两条路径扫描:一条路径要通过上面的两个位置探测图形并穿过各自的 3×3 模块的中心;与此类似,另一条要通过左边的两个位置探测图形。在每个扫描路径的末尾,对输出的分析可显示出条/空/条/空/条图形,通过将五个测量单元宽度和理想的 $1:1:3:1:1$ 比率进行比较,就可以评价印刷增加量或减少量。
