



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

影像灰度标准显示函数标定方法

The calibration method of the Grayscale Standard Display Function for image

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021.5）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 标定条件	4
6 标定材料	4
7 标定设备	4
7.1 亮度计	4
7.2 光学密度计	4
8 标定步骤	4
9 标定数据的处理	6
10 标定（测量）的不确定度	6
附录 A（资料性） Bartending 模型	7
附录 B（规范性） 灰度标准显示函数查找表	10
附录 C（规范性） 打印式医学影像输出设备光学密度的灰度标准显示函数	17

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国光电测量标准化技术委员会（SAC/TC 487）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

影像灰度标准显示函数标定方法

1 范围

本文件规定了影像灰度标准显示函数标定方法的术语和定义、原理、标定条件、标定材料、仪器设备、标定步骤、标定数据的处理、标定（测量）的不确定度

本标准适用于数字式显示终端例如显示器、投影幕布、显示屏等和打印式显示终端例如打印机、印刷机等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JJF 1032-2005 光辐射计量名词

JJG 452-2006 光学密度片

JJG 920-1996漫透射视觉密度计检定规程

JJG 211-2005 亮度计检定规程

NEMA PS 3.14-2009 Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 14: Grayscale Standard Display Function

3 术语和定义

“GB/T 15313-2008 激光术语”、“GB/T 9259-1988 发射光谱分析名词术语”界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灰度 greyscale

影像灰度使用单色调颜色（一般是黑白色或者三原色）的明度表示。灰度是一个相对量。本标准使用黑色的明度表示灰度，其绝对量值的测量与具体显示影像的媒介相关，分为两种。一是电子显示媒介，灰度对应的绝对量为亮度；一种是打印媒介，灰度对应的绝对量为光学密度。

3.2

人眼视觉模型 human visual model

指人眼对亮度源的感知亮度的模型。构造该模型的函数自变量是不同能量的亮度源，因变量是人眼感知的亮度。本标准选用的模型是Barten模型（该模型的描述见附录A）。

3.3

灰度标准显示函数 greyscale standard display function

该函数规定了影像显示媒介的输入量和输出量之间的对应关系。例如对于电子显示媒介，灰度标准显示函数规定了其输入电平与显示亮度之间的关系。对于打印媒介，灰度标准显示函数规定了其输入电平与光学密度之间的关系。该函数以人眼视觉模型为基础建立，以灰度标准显示函数标准装置（由中国计量科学研究院建立）的复现值为标准值。

3.4

亮度 luminance

[来源：JJF 1032-2005 词条 3.11]

3.5

光学密度 optical density

[来源：JJG 452-2006 词条3.1]

3.6

（显示终端）显示特性（曲线） display characteristic curve

指影像显示媒介的输入量和输出量之间的对应关系。例如对于电子显示媒介，其输入量为数字驱动电平（见3.8定义），输出量为相应的显示亮度。该曲线描述了其输入电平与显示亮度之间的关系。其显示特性（曲线）可以表述为：

$$L_m = F(D_m) \dots\dots\dots (1)$$

对于打印媒介，该曲线描述了其输入电平与光学密度之间的关系。
某一显示媒介的的显示特性可以通过测量得到。

3.7

亮度差阈 luminance difference threshold

指人眼能够感受的影像显示媒介所显示的最小亮度。

3.8

数字驱动电平 digital driving level

指影像显示媒介的输入量，是其输出显示亮度的输入驱动。

4 原理

数字影像的各像素值在不同的显示媒介所显示的结果并不一致，其原因主要是不同的显示媒介都有其显示特性。将显示媒介的显示特性曲线校准到灰度标准显示函数，可以解决这一问题。不同类型的显示媒介的显示特性通过对应的仪器测量得到。例如电子显示媒介的显示特性通过亮度计测量得到，打印媒介的显示特性通过打印光学密度片并使用光学密度计测量该光学密度片得到。然后将测量得到的显示媒介显示特性曲线和灰度标准显示函数进行比较，通过数学方法将显示媒介显示特性曲线校准到

灰度标准显示函数。经过校准的显示媒介将以与灰度标准显示函数一致的显示特性对影像进行显示，具有了显示一致性。

在动态范围内，校准的目的是将此显示特性曲线校准为与灰度标准显示函数最为吻合的显示函数。即对于一个输入电平，通过该动态范围内的标准显示函数可以唯一对应一个输出电平。如(2)式所示。

$$D_{output} = s * F^{-1}(S(j)) \dots\dots\dots (2)$$

即为峰峰阈值调制产生的校准步长。

自变量为标准灰度等级 由以下几个参数决定：

- a) 被校准显示系统的最小显示亮度所对应的灰度标准显示函数的输入电平标识；
- b) 在被校准显示系统的亮度范围内所对应的标准灰度等级的个数；
- c) 在被校准显示系统的数字分辨率 DR。

则有式(3)：

$$j = j_0 + \frac{N_{JND}}{DR} D_{input} \dots\dots\dots (3)$$

由式(2)、(3)即可实现对任一影像显示媒介的灰度显示特性进行标定。

对于打印式媒介，灰度和打印出的光学密度D的关系式(4)：

$$L = L_a + L_0 10^{-D} \dots\dots\dots (4)$$

为没有胶片时观片灯的亮度，为没有胶片时由于周围辐射度影响的亮度的属性。

如果胶片打印的密度范围从Dmin到Dmax，其最终的灰度范围为：

$$L_{min} = L_a + L_0 10^{-D_{max}} \quad L_{max} = L_a + L_0 10^{-D_{min}}$$

j的范围相应的为 $j_{min} = j(L_{min})$ 到 $j_{max} = j(L_{max})$ 。

某一驱动电平所对应的光学密度D的结果见式(5)：

$$D(p) = -\log_{10} \left(\frac{L(D_m(p)) - L_a}{L_0} \right) \dots\dots\dots (5)$$

判读打印光学胶片所对应的观片灯的典型参数为：

$$L_0 = 2000 \text{cd/m}^2$$

$$L_a = 10 \text{cd/m}^2$$

对于反射式光学胶片，灰度L和打印的光学密度D的关系见式(6)：

$$L = L_0 10^{-D} \dots\dots\dots (6)$$

为从可获得的现实存在的弥漫反射亮度的最大灰度。

如果打印光学胶片的密度范围为Dmin到Dmax，那么其最终亮度范围为：

$$L_{min} = L_0 10^{-D_{max}} \quad L_{max} = L_0 10^{-D_{min}}$$

j值相应的范围为从 $j_{min} = j(L_{min})$ 到 $j_{max} = j(L_{max})$ 。

某一驱动电平所对应的光学密度D的结果见式(7)：

$$D(p) = -\log_{10}\left(\frac{L(D_m(p))}{L_0}\right) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

读取反射式的光学胶片所对应的观片灯典型参数为：

$$L_0 = 150 \text{cd/m}^2$$

5 标定条件

当显示媒介为数字式时，需要使用亮度计测量其显示特性曲线，标定条件为暗室，环境亮度应低于 0.05cd/m²。

6 标定材料

当显示媒介为打印式时，需要使用光学密度片作为测量其显示特性曲线的中间媒质。光学密度片的光学密度范围应至少包括（0.05-4.50），其准确度要求建议参考JJG 452-2006词条4.2及词条5，建议尽量使用标准密度片。

7 标定设备

7.1 亮度计

根据所测数字式显示媒介的显示亮度范围选用有相应亮度测量范围的亮度计，其准确度要求参见JJG 211-2005词条5，建议尽量使用标准级。

7.2 光学密度计

根据所测打印式显示媒介的打印光学密度范围选用有相应光学密度测量范围的亮度计，其准确度要求参见JJG 920-1996词条5。

8 标定步骤

标定过程是将影像显示媒介的显示特性曲线ChaC与标准灰度显示函数GSDF（曲线）进行对比。影像显示媒介的显示特性曲线为从显示媒介输入的数字驱动电平与影像显示媒介的输出亮度之间的关系，标准灰度显示函数GSDF（曲线）是校准完成后需要得到的显示特性曲线，通过二者之间的对比运算，可以得到校准曲线Ca1C，即影像输出显示设备的输入值DDL与影像输出值（如亮度、光学密度）之间的关系，见式（8）。

$$\text{Ca1C} = \text{GSDF}/\text{ChaC} \dots\dots\dots (8)$$

标定过程的示意见图1。

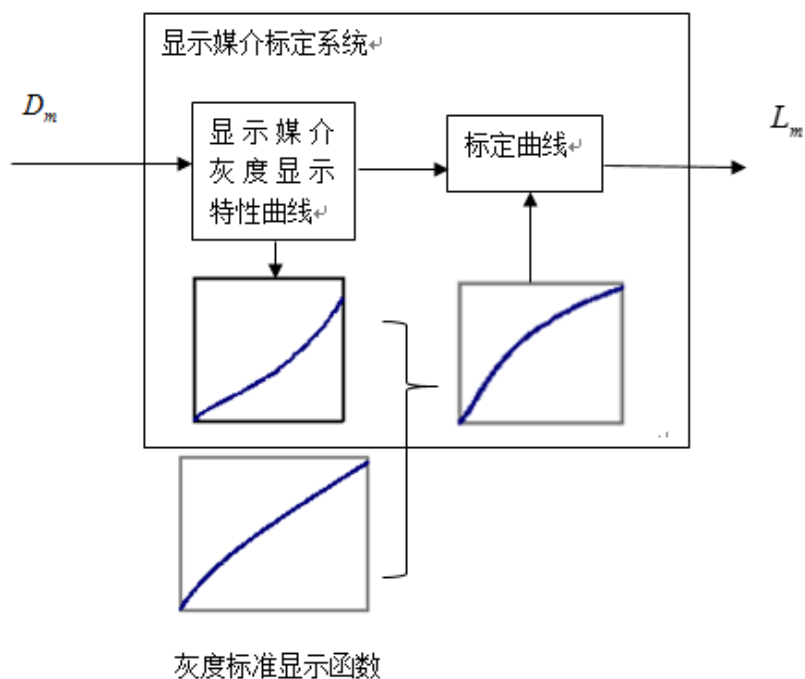


图1 标定过程示意图

标定的流程如下：

- 测量某一影像媒介的灰度显示特性；
- 根据亮度范围对应到标准显示函数区域；
- 按输出设备的数据位数插值标准显示函数；
- 根据插值结果和亮度等级确定输入输出对应关系。

标定过程流程图见图2。

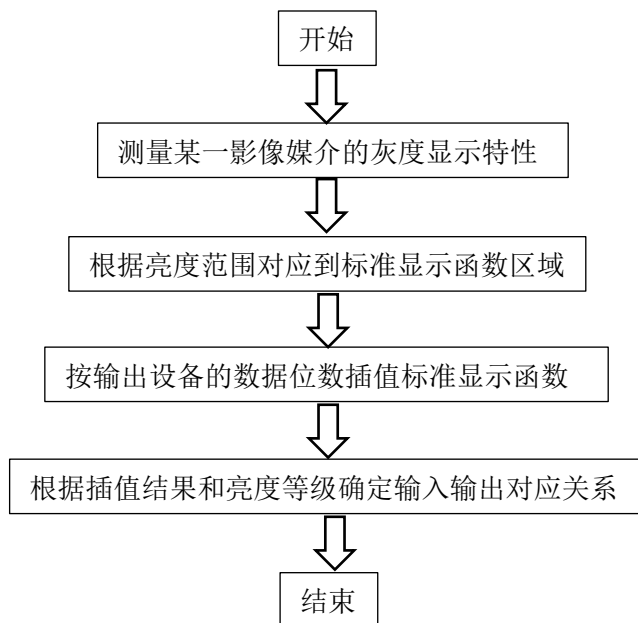


图2 标定过程流程图

9 标定数据的处理

标定结果为被校准影像媒介的灰度显示校准曲线。根据主流影像显示媒介的校准功能，该曲线主要用离散数据对表示，即查找表的方式。对于无校准功能的影像显示媒介，建议更具标定数据使用二次多项式以上的数学式作为校准曲线。

10 标定（测量）的不确定度

由式（2）可以得到，校准结果的不确定度模型为式（9）

$$u(D_{output}) = \sqrt{u(L_m)^2 + u(L_D)^2} \dots\dots\dots (9)$$

其中 $u(L_m)$ 为亮度计在影像灰度标准装置上的校准不确定度， $u(L_D)$ 的来源为在整个动态范围内各校准点灰度标准显示函数的标准亮度与被校准影像媒介的对应亮度之间的亮度差。 $u(L_m)$ 由影像灰度标准装置的分析中给出。 $u(L_D)$ 则由校准过程中所有校准值的亮度差的均方根给出。即式（10）

$$u(L_D) = \sqrt{\frac{1}{254} * \sum_{i=1}^{255} (L_{Di} - L_{Mi})^2} \dots\dots\dots (10)$$

一个典型的 $u(L_D)$ 的产生过程如图3所示。该示例的标定（测量）不确定度结果为：

$$u(L_D) = 0.001486$$

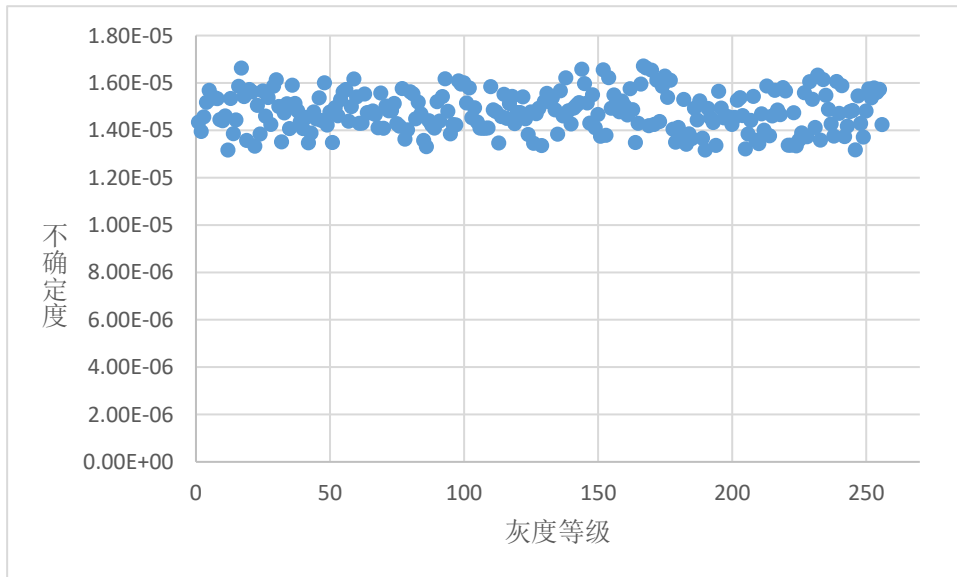


图3 $u(L_D)$ 来源

附录 A
(资料性)
Bartending 模型

Barten人眼可视系统模型综合了以下几个参考因素：

- a) 人眼神经系统噪声；
- b) 人眼的横向约束；
- c) 进入人眼的光噪声；
- d) 进入人眼的其它噪声；
- e) 人眼有限的积分能力；
- f) 人眼的光调制传递函数；
- g) 方向性；
- h) 时间过滤。

其中，人眼神经系统噪声表征了进入人眼的图像的高空间频率成分对比度的上限；人眼的横向约束指的是杆状细胞对进入人眼的图像的低空间频率成分具有衰减作用，即对图像的进行了空间上的低通滤波。光噪声定义为人眼以下三参数的波动：光通量 h ，光瞳直径 d 和人眼的光量子效率。根据Vries-Rose定律，在低光照水平，对比敏感度和亮度的平方根成比例。在本模型中，人眼的积分时间设定为0.1秒。除了时间积分，还需要考虑空间积分。设人眼识别的图像空间的有效区域为，其积分周期为。

人眼的光调制传递函数从高斯点扩散函数推导，包括了人眼瞳孔的光学特性、介质的杂散光和漫射性、以及人眼视网膜上的感光细胞的离散性（类似于光学系统的球差）。如下式所示：

$$M_{opt}(u) = e^{-\pi^2 \sigma^2 u^2} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

$$\sigma = \sqrt{\sigma_0^2 + (C_{sph} * d^3)^2}$$

u ——图像的空间频率；

C_{sph} ——与人眼孔径相关的参数；

σ_0 ——最小孔径时的 σ 。

其它噪声主要包括显示系统噪声和图像噪声。

对比灵敏度与测试的模式相关，并接近正弦关系，最大灵敏度值出现在0和90度，最小灵敏度值出现在45度。这种对比灵敏度的差别只出现在图像的高频率成分，这种影响反映在不同的积分模式中。综合这些因素的对比灵敏度和空间频率的关系式如下：

$$S(u) = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{T}{2}} \frac{M_{opt}(u)}{\sqrt{\left(\frac{1}{\eta h I_L} + \frac{\phi_0}{(1-F(u))^2} + \phi_{ext}(u)\right) * \left(\frac{1}{X_0^2} + \frac{1}{X_E^2} + \left(\frac{u}{N_E}\right)^2\right)}} \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中噪声的影响即平方根的第一项由3个影响因子组成。分别是量子效率、过滤的神经噪声、额外噪声。其中照度 $I_L = \pi d^2 L / 4$ ， d 是瞳孔的直径， L 是被观察的目标的亮度。瞳孔的直径由下式计算得到：

$$d = 4.8 - 2.6 \times \tanh(0.4 \times \log_{10}(0.625 \times L)) \quad \text{..... (A. 3)}$$

其中 $(1 - F(u))^2 = 1 - \exp(-u^2 / u_0^2)$ 表征了神经噪声的低频成分由于横向约束的减少，基本频率 $u_0 = 8c / \text{deg}$ 。上式针对的是方形的图像空间，即 $X_0 = Y_0$ 。 ϕ_{ext} 是由额外噪声产生的对比度偏差。其它参数如下：

$$K = 3.3 \quad \eta = 0.025$$

$$h = 357 * 3600 \text{ photos} / \text{td sec deg}^2$$

$$\text{由神经噪声产生的不变偏差 } \phi_0 = 3 * 10^{-8} \text{ sec deg}^2$$

$$X_E = 12 \text{ deg}$$

$$N_E = 15 \quad (\text{在 } 0^\circ \text{ 和 } 90^\circ) \quad N_E = 7.5 \quad (\text{在 } 45^\circ) \quad u > 2c / \text{deg}$$

$$\sigma_0 = 0.0133 \text{ deg}$$

$$C_{sph} = 0.0001 \text{ deg} / \text{mm}^3$$

在亮度范围为 $(10^{-4} \sim 10^3) \text{ cd} / \text{m}^2$ ，空间大小为 $(0.5 < X_0 < 60) \text{ deg}$ ，频率范围为 $(0.2 \sim 50) \text{ c} / \text{deg}$ 的条件下，上述模型仿真计算结果和实际实验结果吻合的比较好。

代入以上常量，式 (A-3) 可演变为：

$$S(L) = \frac{q_1 M_{opt}(L)}{\sqrt{\frac{q_2}{d^2 L} + q_3}} \quad \text{..... (A. 4)}$$

式中：

$$q_1 = 0.1183 ;$$

$$q_2 = 3.9627 * 10^{-5} ;$$

$$q_3 = 1.3562 * 10^{-7} .$$

特别指出的是，灰度标准显示函数提到的对比灵敏度测量用的标准对象由充满每度四周的正弦模型的水平或垂直光栅的 $2 \text{ deg} \times 2 \text{ deg}$ 正方形组成。该正方形被放在一个和目标平均亮度 L 相同亮度的均匀背景里。由光栅的阈值调整决定的对比灵敏度刚好被一般观察者看到。亮度调整表达了在亮度 L 条件下目标刚刚被值得注意的差异。当观察距离为 250 mm 时，标准目标的尺寸为 $8.7 \text{ mm} * 8.7 \text{ mm}$ ，其空间频率为 $0.92 \text{ 对线} / \text{mm}$ 。

灰度标准显示函数是通过计算各灰度等级的亮度的阈值调制得到的 S_j ，然后将这些亮度阈值通过堆叠形成查找表。即上一级的亮度 L_{j+1} 是由下级的亮度 L_j 叠加峰峰值阈值调制得到的，如下式所示。

$$L_{j+1} = L_j \frac{1 + S_j}{1 - S_j} \quad \text{..... (A. 5)}$$

这种峰峰值阈值调制即为刚好识别的亮度差别。

当一个符合灰度标准显示函数关系的显示系统显示一幅标准图像时，该图像在视觉上应该是线性的。也就是说，当增加一级原始驱动信号时，其输出图像的对比灵敏度也相应的增加一级。在上述限定条件下，即增加一个刚好识别的亮度差别（ $2\text{deg} \times 2\text{deg}$ 正方形图形区域中每度四周的正弦调制，该正方形被嵌入一个和目标平均亮度 L 相同亮度的均匀背景里）。

附录 B

(规范性)

灰度标准显示函数查找表

灰度标准显示函数查找表见表B.1。

表B.1 灰度标准显示函数查找表

D_m	L[cd/m ²]	D_m	L[cd/m ²]	D_m	L[cd/m ²]	D_m	L[cd/m ²]
1	0.0500	2	0.0547	3	0.0594	4	0.0643
5	0.0696	6	0.0750	7	0.0807	8	0.0866
9	0.0927	10	0.0991	11	0.1056	12	0.1124
13	0.1194	14	0.1267	15	0.1342	16	0.1419
17	0.1498	18	0.1580	19	0.1664	20	0.1750
21	0.1839	22	0.1931	23	0.2025	24	0.2121
25	0.2220	26	0.2321	27	0.2425	28	0.2532
29	0.2641	30	0.2752	31	0.2867	32	0.2984
33	0.3104	34	0.3226	35	0.3351	36	0.3479
37	0.3610	38	0.3744	39	0.3880	40	0.4019
41	0.4161	42	0.4306	43	0.4454	44	0.4605
45	0.4759	46	0.4916	47	0.5076	48	0.5239
49	0.5405	50	0.5574	51	0.5746	52	0.5921
53	0.6100	54	0.6281	55	0.6466	56	0.6654
57	0.6846	58	0.7040	59	0.7238	60	0.7440
61	0.7644	62	0.7852	63	0.8064	64	0.8278
65	0.8497	66	0.8718	67	0.8944	68	0.9172
69	0.9405	70	0.9640	71	0.9880	72	1.0123
73	1.0370	74	1.0620	75	1.0874	76	1.1132
77	1.1394	78	1.1659	79	1.1928	80	1.2201
81	1.2478	82	1.2759	83	1.3044	84	1.3332
85	1.3625	86	1.3921	87	1.4222	88	1.4527
89	1.4835	90	1.5148	91	1.5465	92	1.5786
93	1.6111	94	1.6441	95	1.6775	96	1.7113
97	1.7455	98	1.7802	99	1.8153	100	1.8508
101	1.8868	102	1.9233	103	1.9601	104	1.9975
105	2.0352	106	2.0735	107	2.1122	108	2.1514
109	2.1910	110	2.2311	111	2.2717	112	2.3127
113	2.3543	114	2.3963	115	2.4388	116	2.4817
117	2.5252	118	2.5692	119	2.6137	120	2.6587
121	2.7041	122	2.7501	123	2.7966	124	2.8436
125	2.8912	126	2.9392	127	2.9878	128	3.0369
129	3.0866	130	3.1367	131	3.1875	132	3.2387

133	3.2905	134	3.3429	135	3.3958	136	3.4493
137	3.5033	138	3.5579	139	3.6131	140	3.6688
141	3.7252	142	3.7820	143	3.8395	144	3.8976
145	3.9563	146	4.0155	147	4.0754	148	4.1358
149	4.1969	150	4.2586	151	4.3209	152	4.3838
153	4.4473	154	4.5115	155	4.5763	156	4.6417
157	4.7078	158	4.7745	159	4.8419	160	4.9099
161	4.9785	162	5.0479	163	5.1179	164	5.1886
165	5.2599	166	5.3319	167	5.4046	168	5.4780
169	5.5521	170	5.6269	171	5.7024	172	5.7786
173	5.8555	174	5.9331	175	6.0114	176	6.0905
177	6.1702	178	6.2508	179	6.3320	180	6.4140
181	6.4968	182	6.5803	183	6.6645	184	6.7496
185	6.8354	186	6.9219	187	7.0093	188	7.0974
189	7.1863	190	7.2760	191	7.3665	192	7.4578
193	7.5500	194	7.6429	195	7.7366	196	7.8312
197	7.9266	198	8.0229	199	8.1199	200	8.2179
201	8.3167	202	8.4163	203	8.5168	204	8.6182
205	8.7204	206	8.8235	207	8.9275	208	9.0324
209	9.1382	210	9.2449	211	9.3525	212	9.4611
213	9.5705	214	9.6809	215	9.7922	216	9.9044
217	10.017	218	10.131	219	10.246	220	10.362
221	10.480	222	10.598	223	10.716	224	10.836
225	10.957	226	11.079	227	11.202	228	11.326
229	11.451	230	11.577	231	11.705	232	11.833
233	11.962	234	12.092	235	12.223	236	12.356
237	12.489	238	12.624	239	12.759	240	12.896
241	13.034	242	13.173	243	13.313	244	13.454
245	13.596	246	13.739	247	13.884	248	14.030
249	14.177	250	14.325	251	14.474	252	14.624
253	14.776	254	14.929	255	15.083	256	15.238
257	15.394	258	15.552	259	15.711	260	15.871
261	16.033	262	16.195	263	16.359	264	16.524
265	16.691	266	16.859	267	17.028	268	17.198
269	17.370	270	17.543	271	17.718	272	17.893
273	18.070	274	18.249	275	18.429	276	18.610
277	18.793	278	18.977	279	19.162	280	19.349
281	19.537	282	19.727	283	19.918	284	20.111
285	20.305	286	20.500	287	20.698	288	20.896
289	21.097	290	21.298	291	21.501	292	21.706
293	21.912	294	22.120	295	22.329	296	22.540

297	22.752	298	22.966	299	23.182	300	23.399
301	23.618	302	23.838	303	24.061	304	24.284
305	24.510	306	24.737	307	24.966	308	25.196
309	25.428	310	25.662	311	25.898	312	26.135
313	26.374	314	26.615	315	26.858	316	27.103
317	27.349	318	27.597	319	27.847	320	28.099
321	28.352	322	28.608	323	28.865	324	29.124
325	29.385	326	29.648	327	29.913	328	30.180
329	30.449	330	30.719	331	30.992	332	31.267
333	31.543	334	31.822	335	32.103	336	32.385
337	32.670	338	32.957	339	33.246	340	33.537
341	33.830	342	34.125	343	34.422	344	34.722
345	35.024	346	35.327	347	35.633	348	35.941
349	36.252	350	36.564	351	36.879	352	37.196
353	37.515	354	37.837	355	38.161	356	38.487
357	38.816	358	39.146	359	39.480	360	39.815
361	40.153	362	40.493	363	40.836	364	41.181
365	41.529	366	41.879	367	42.232	368	42.587
369	42.944	370	43.304	371	43.667	372	44.032
373	44.400	374	44.770	375	45.143	376	45.519
377	45.897	378	46.278	379	46.661	380	47.048
381	47.437	382	47.828	383	48.223	384	48.620
385	49.020	386	49.422	387	49.828	388	50.236
389	50.648	390	51.062	391	51.479	392	51.899
393	52.321	394	52.747	395	53.176	396	53.607
397	54.042	398	54.480	399	54.921	400	55.364
401	55.811	402	56.261	403	56.714	404	57.170
405	57.630	406	58.092	407	58.558	408	59.027
409	59.499	410	59.975	411	60.453	412	60.935
413	61.421	414	61.909	415	62.402	416	62.897
417	63.396	418	63.898	419	64.404	420	64.913
421	65.426	422	65.942	423	66.462	424	66.985
425	67.512	426	68.042	427	68.576	428	69.114
429	69.656	430	70.201	431	70.750	432	71.302
433	71.859	434	72.419	435	72.983	436	73.551
437	74.122	438	74.698	439	75.277	440	75.861
441	76.448	442	77.040	443	77.635	444	78.235
445	78.838	446	79.446	447	80.058	448	80.674
449	81.294	450	81.918	451	82.546	452	83.179
453	83.816	454	84.458	455	85.103	456	85.754
457	86.408	458	87.067	459	87.730	460	88.398

461	89.070	462	89.747	463	90.429	464	91.115
465	91.805	466	92.501	467	93.201	468	93.905
469	94.615	470	95.329	471	96.048	472	96.772
473	97.501	474	98.234	475	98.973	476	99.716
477	100.46	478	101.22	479	101.98	480	102.74
481	103.51	482	104.28	483	105.06	484	105.85
485	106.64	486	107.43	487	108.23	488	109.04
489	109.85	490	110.66	491	111.49	492	112.31
493	113.15	494	113.98	495	114.83	496	115.68
497	116.53	498	117.39	499	118.26	500	119.13
501	120.01	502	120.90	503	121.79	504	122.68
505	123.58	506	124.49	507	125.40	508	126.32
509	127.25	510	128.18	511	129.12	512	130.07
513	131.02	514	131.97	515	132.94	516	133.91
517	134.88	518	135.87	519	136.86	520	137.85
521	138.86	522	139.87	523	140.88	524	141.90
525	142.93	526	143.97	527	145.01	528	146.06
529	147.12	530	148.18	531	149.25	532	150.33
533	151.42	534	152.51	535	153.61	536	154.72
537	155.83	538	156.95	539	158.08	540	159.22
541	160.36	542	161.51	543	162.67	544	163.84
545	165.01	546	166.19	547	167.38	548	168.58
549	169.79	550	171.00	551	172.22	552	173.45
553	174.69	554	175.94	555	177.19	556	178.45
557	179.72	558	181.00	559	182.29	560	183.58
561	184.89	562	186.20	563	187.52	564	188.85
565	190.19	566	191.54	567	192.90	568	194.26
569	195.64	570	197.02	571	198.41	572	199.81
573	201.22	574	202.64	575	204.07	576	205.51
577	206.96	578	208.42	579	209.89	580	211.36
581	212.85	582	214.34	583	215.85	584	217.37
585	218.89	586	220.43	587	221.97	588	223.53
589	225.10	590	226.67	591	228.26	592	229.86
593	231.46	594	233.08	595	234.71	596	236.35
597	238.00	598	239.66	599	241.33	600	243.01
601	244.71	602	246.41	603	248.13	604	249.85
605	251.59	606	253.34	607	255.10	608	256.87
609	258.66	610	260.45	611	262.26	612	264.08
613	265.91	614	267.75	615	269.61	616	271.47
617	273.35	618	275.24	619	277.15	620	279.06
621	280.99	622	282.93	623	284.88	624	286.85

625	288.83	626	290.82	627	292.83	628	294.84
629	296.88	630	298.92	631	300.98	632	303.05
633	305.13	634	307.23	635	309.34	636	311.47
637	313.61	638	315.76	639	317.93	640	320.11
641	322.30	642	324.51	643	326.74	644	328.97
645	331.23	646	333.50	647	335.78	648	338.07
649	340.39	650	342.71	651	345.06	652	347.41
653	349.79	654	352.17	655	354.58	656	357.00
657	359.43	658	361.88	659	364.35	660	366.83
661	369.33	662	371.84	663	374.38	664	376.92
665	379.49	666	382.07	667	384.67	668	387.28
669	389.91	670	392.56	671	395.22	672	397.91
673	400.61	674	403.32	675	406.06	676	408.81
677	411.58	678	414.37	679	417.18	680	420.00
681	422.85	682	425.71	683	428.59	684	431.49
685	434.41	686	437.34	687	440.30	688	443.27
689	446.27	690	449.28	691	452.31	692	455.36
693	458.44	694	461.53	695	464.64	696	467.77
697	470.92	698	474.10	699	477.29	700	480.51
701	483.74	702	487.00	703	490.27	704	493.57
705	496.89	706	500.23	707	503.59	708	506.98
709	510.38	710	513.81	711	517.26	712	520.73
713	524.23	714	527.75	715	531.29	716	534.85
717	538.44	718	542.05	719	545.68	720	549.34
721	553.02	722	556.72	723	560.45	724	564.20
725	567.97	726	571.78	727	575.60	728	579.45
729	583.32	730	587.22	731	591.15	732	595.10
733	599.07	734	603.08	735	607.10	736	611.16
737	615.24	738	619.34	739	623.47	740	627.63
741	631.82	742	636.03	743	640.27	744	644.54
745	648.83	746	653.16	747	657.51	748	661.89
749	666.29	750	670.73	751	675.19	752	679.69
753	684.21	754	688.76	755	693.34	756	697.95
757	702.59	758	707.26	759	711.96	760	716.69
761	721.45	762	726.25	763	731.07	764	735.92
765	740.81	766	745.72	767	750.67	768	755.65
769	760.67	770	765.71	771	770.79	772	775.90
773	781.04	774	786.22	775	791.43	776	796.67
777	801.95	778	807.26	779	812.61	780	817.99
781	823.40	782	828.85	783	834.34	784	839.86
785	845.42	786	851.01	787	856.64	788	862.30

789	868.00	790	873.74	791	879.52	792	885.33
793	891.18	794	897.07	795	902.99	796	908.96
797	914.96	798	921.00	799	927.08	800	933.20
801	939.36	802	945.56	803	951.80	804	958.08
805	964.40	806	970.76	807	977.16	808	983.60
809	990.09	810	996.61	811	1003.2	812	1009.8
813	1016.4	814	1023.1	815	1029.9	816	1036.7
817	1043.5	818	1050.4	819	1057.3	820	1064.2
821	1071.2	822	1078.3	823	1085.4	824	1092.5
825	1099.7	826	1107.0	827	1114.2	828	1121.6
829	1128.9	830	1136.4	831	1143.8	832	1151.4
833	1158.9	834	1166.5	835	1174.2	836	1181.9
837	1189.7	838	1197.5	839	1205.4	840	1213.3
841	1221.3	842	1229.3	843	1237.3	844	1245.5
845	1253.6	846	1261.9	847	1270.2	848	1278.5
849	1286.9	850	1295.3	851	1303.8	852	1312.4
853	1321.0	854	1329.7	855	1338.4	856	1347.2
857	1356.0	858	1364.9	859	1373.8	860	1382.8
861	1391.9	862	1401.0	863	1410.2	864	1419.4
865	1428.7	866	1438.1	867	1447.5	868	1457.0
869	1466.5	870	1476.2	871	1485.8	872	1495.6
873	1505.3	874	1515.2	875	1525.1	876	1535.1
877	1545.2	878	1555.3	879	1565.4	880	1575.7
881	1586.0	882	1596.4	883	1606.8	884	1617.3
885	1627.9	886	1638.6	887	1649.3	888	1660.1
889	1670.9	890	1681.9	891	1692.9	892	1703.9
893	1715.1	894	1726.3	895	1737.6	896	1748.9
897	1760.4	898	1771.9	899	1783.5	900	1795.1
901	1806.8	902	1818.6	903	1830.5	904	1842.5
905	1854.5	906	1866.7	907	1878.8	908	1891.1
909	1903.5	910	1915.9	911	1928.4	912	1941.0
913	1953.7	914	1966.5	915	1979.3	916	1992.2
917	2005.2	918	2018.3	919	2031.5	920	2044.8
921	2058.1	922	2071.5	923	2085.1	924	2098.7
925	2112.4	926	2126.2	927	2140.0	928	2154.0
929	2168.1	930	2182.2	931	2196.5	932	2210.8
933	2225.2	934	2239.7	935	2254.4	936	2269.1
937	2283.9	938	2298.8	939	2313.8	940	2328.9
941	2344.0	942	2359.3	943	2374.7	944	2390.2
945	2405.8	946	2421.5	947	2437.3	948	2453.2
949	2469.2	950	2485.3	951	2501.5	952	2517.8

953	2534.2	954	2550.8	955	2567.4	956	2584.1
957	2601.0	958	2617.9	959	2635.0	960	2652.2
961	2669.5	962	2686.9	963	2704.4	964	2722.0
965	2739.8	966	2757.6	967	2775.6	968	2793.7
969	2811.9	970	2830.2	971	2848.7	972	2867.3
973	2885.9	974	2904.8	975	2923.7	976	2942.7
977	2961.9	978	2981.2	979	3000.7	980	3020.2
981	3039.9	982	3059.7	983	3079.7	984	3099.7
985	3119.9	986	3140.3	987	3160.7	988	3181.3
989	3202.1	990	3222.9	991	3243.9	992	3265.1
993	3286.3	994	3307.8	995	3329.3	996	3351.0
997	3372.9	998	3394.8	999	3417.0	1000	3439.2
1001	3461.6	1002	3484.2	1003	3506.9	1004	3529.8
1005	3552.8	1006	3575.9	1007	3599.2	1008	3622.7
1009	3646.3	1010	3670.0	1011	3693.9	1012	3718.0
1013	3742.2	1014	3766.6	1015	3791.2	1016	3815.9
1017	3840.8	1018	3865.8	1019	3891.0	1020	3916.3
1021	3941.9	1022	3967.5	1023	3993.4		

附录 C

(规范性)

打印式医学影像输出设备光学密度的灰度标准显示函数

以8bit为例，配合2000cd/m²的观片灯，打印式医学影像输出设备光学密度的灰度标准显示函数查找表见表

表C.1 打印式医学影像输出设备光学密度的灰度标准显示函数查找表

D_m	OD	D_m	OD	D_m	OD	D_m	OD
0	3.000	1	2.936	2	2.880	3	2.828
4	2.782	5	2.739	6	2.700	7	2.662
8	2.628	9	2.595	10	2.564	11	2.534
12	2.506	13	2.479	14	2.454	15	2.429
16	2.405	17	2.382	18	2.360	19	2.338
20	2.317	21	2.297	22	2.277	23	2.258
24	2.239	25	2.221	26	2.203	27	2.185
28	2.168	29	2.152	30	2.135	31	2.119
32	2.103	33	2.088	34	2.073	35	2.058
36	2.043	37	2.028	38	2.014	39	2.000
40	1.986	41	1.973	42	1.959	43	1.946
44	1.933	45	1.920	46	1.907	47	1.894
48	1.882	49	1.870	50	1.857	51	1.845
52	1.833	53	1.821	54	1.810	55	1.798
56	1.787	57	1.775	58	1.764	59	1.753
60	1.742	61	1.731	62	1.720	63	1.709
64	1.698	65	1.688	66	1.677	67	1.667
68	1.656	69	1.646	70	1.636	71	1.626
72	1.616	73	1.605	74	1.595	75	1.586
76	1.576	77	1.566	78	1.556	79	1.547
80	1.537	81	1.527	82	1.518	83	1.508
84	1.499	85	1.490	86	1.480	87	1.471
88	1.462	89	1.453	90	1.444	91	1.434
92	1.425	93	1.416	94	1.407	95	1.398
96	1.390	97	1.381	98	1.372	99	1.363
100	1.354	101	1.346	102	1.337	103	1.328
104	1.320	105	1.311	106	1.303	107	1.294
108	1.286	109	1.277	110	1.269	111	1.260
112	1.252	113	1.244	114	1.235	115	1.227
116	1.219	117	1.211	118	1.202	119	1.194
120	1.186	121	1.178	122	1.170	123	1.162
124	1.154	125	1.146	126	1.138	127	1.130

128	1.122	129	1.114	130	1.106	131	1.098
132	1.090	133	1.082	134	1.074	135	1.066
136	1.058	137	1.051	138	1.043	139	1.035
140	1.027	141	1.020	142	1.012	143	1.004
144	0.996	145	0.989	146	0.981	147	0.973
148	0.966	149	0.958	150	0.951	151	0.943
152	0.935	153	0.928	154	0.920	155	0.913
156	0.905	157	0.898	158	0.890	159	0.883
160	0.875	161	0.868	162	0.860	163	0.853
164	0.845	165	0.838	166	0.831	167	0.823
168	0.816	169	0.808	170	0.801	171	0.794
172	0.786	173	0.779	174	0.772	175	0.764
176	0.757	177	0.750	178	0.742	179	0.735
180	0.728	181	0.721	182	0.713	183	0.706
184	0.699	185	0.692	186	0.684	187	0.677
188	0.670	189	0.663	190	0.656	191	0.648
192	0.641	193	0.634	194	0.627	195	0.620
196	0.613	197	0.606	198	0.598	199	0.591
200	0.584	201	0.577	202	0.570	203	0.563
204	0.556	205	0.549	206	0.542	207	0.534
208	0.527	209	0.520	210	0.513	211	0.506
212	0.499	213	0.492	214	0.485	215	0.478
216	0.471	217	0.464	218	0.457	219	0.450
220	0.443	221	0.436	222	0.429	223	0.422
224	0.415	225	0.408	226	0.401	227	0.394
228	0.387	229	0.380	230	0.373	231	0.366
232	0.359	233	0.352	234	0.345	235	0.338
236	0.331	237	0.324	238	0.317	239	0.311
240	0.304	241	0.297	242	0.290	243	0.283
244	0.276	245	0.269	246	0.262	247	0.255
248	0.248	249	0.241	250	0.234	251	0.228
252	0.221	253	0.214	254	0.207	255	0.200
