

卫星遥感图像产品质量控制规范

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本规范规定了利用数字图像处理系统处理卫星遥感图像数据,并制作影像底片和相片产品时实现质量控制的技术要求。

1.2 适用范围

本规范适用于在各类数字图像处理系统上,对各种卫星遥感图像数据进行的相片产品制作。航空遥感图像数据的相片产品制作亦可参照使用。

相片产品包括黑白负片和相纸,彩色反转胶片,彩色负片和彩色相纸。

2 术语

2.1 像元数字灰度(digital grey level of pixel)卫星遥感传感器采集的数字地面信息用 8 位编码量化成 256 级,每级用区间 $[0,255]$ 中的一个整数来表示。数字 0 表示黑(最暗);数字 255 表示白(最亮)。中间的数字表达了 254 个连续变化的灰度。这 256 个整数 $f_i(i=1,2,\dots,256)$ 包括了传感器所采集信息取值的整个动态范围。

$$0 \leq f_i \leq 255 (i = 1, 2, \dots, 256) \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.2 底片密度(film density)

底片密度 D 定义为:

$$D = \log\left(\frac{1}{\tau}\right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: \log ——取对数符号;

τ ——底片透光率。

其定义是光线通过底片前的光通量与通过底片后的光通量之比:

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad \dots\dots\dots (3)$$

实际工作中,底片密度 D 是用经过标定的透射式或反射式光学密度计来测定的。

2.3 数字灰标(digital grey scale)

为满足人眼目视解释时,对影像亮暗程度的区分,需把像元数字灰度的整个动态范围,均匀划分成 16 个等级,每级的数字灰度值是常数值,规定如下:

1, 17, 34, 51, 68, 85, 102, 119, 136, 153, 170, 187, 204, 221, 238, 255

所作出的图像灰度标尺称为数字灰标:

0	17	34	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255	灰度值
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	级

为满足光学密度计测量的需要,底片上的数字灰标图每级方框尺寸应大于 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 。

2.4 底片特性曲线(characteristic curve of film)

将实测的 16 级底片密度数值 $=D_1, D_2, \dots, D_{16}$, 点在以数字灰度 f 为横轴, 底片密度 D 为纵轴的坐标图中, 就是底片特性曲线。黑白感光材料的底片特性曲线是一条; 彩色感光材料的底片特性曲线是三条(红, 绿, 蓝, 或黄, 品, 青)(见图 1)。

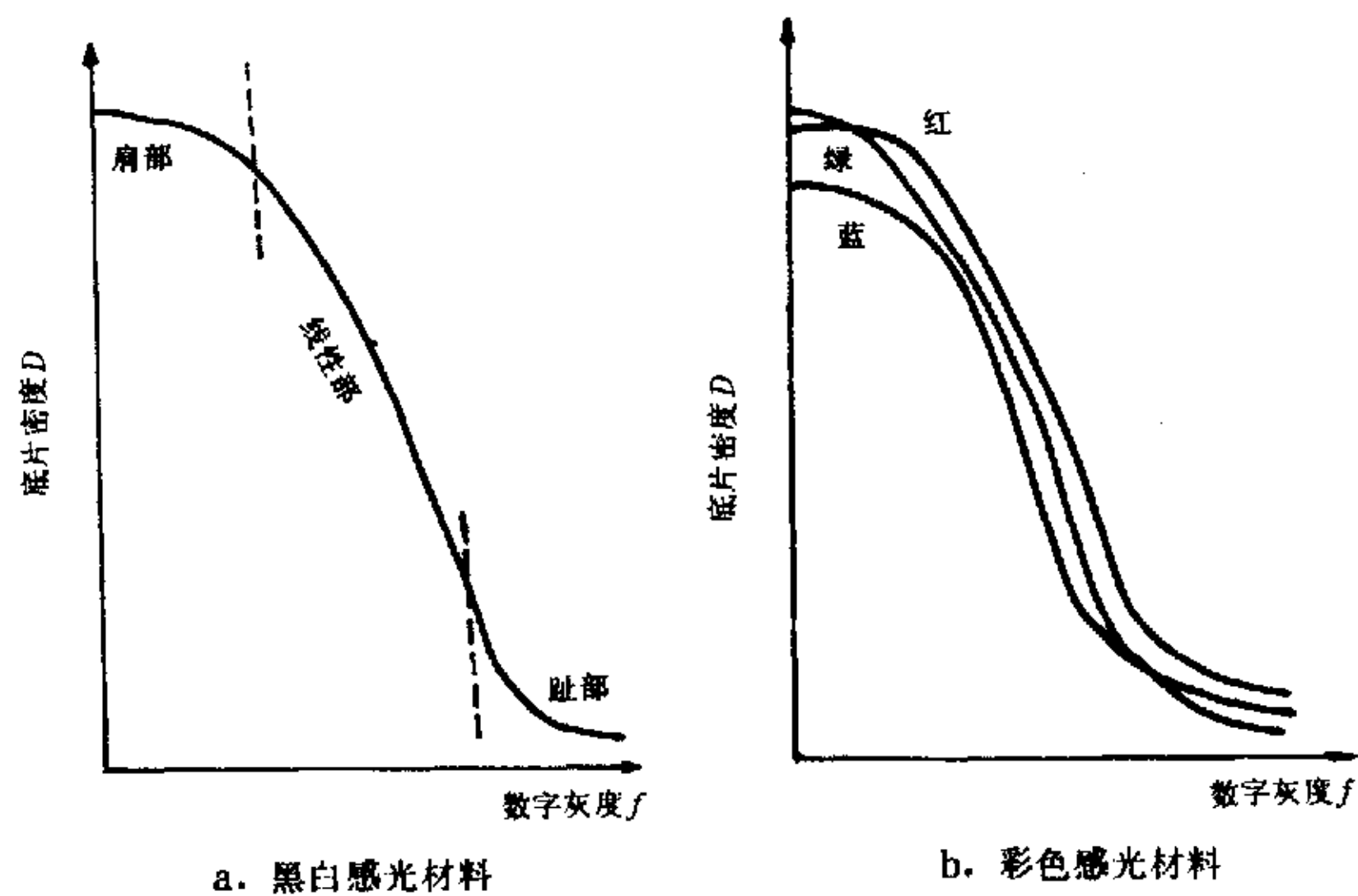


图 1 底片特性曲线示意图

底片特性曲线的形态是由底片感光化学特性和数字成像系统特性两个因素综合决定的。

3 卫星遥感图像产品质量控制

3.1 数字图像增强处理

3.1.1 图像直方图统计

对多波段遥感数字图像, 进行分波段的直方统计处理, 计算出各波段像元数字灰度的最小值 g_{\min} 和最大值 g_{\max} 并打印出直方图(见图 2)。

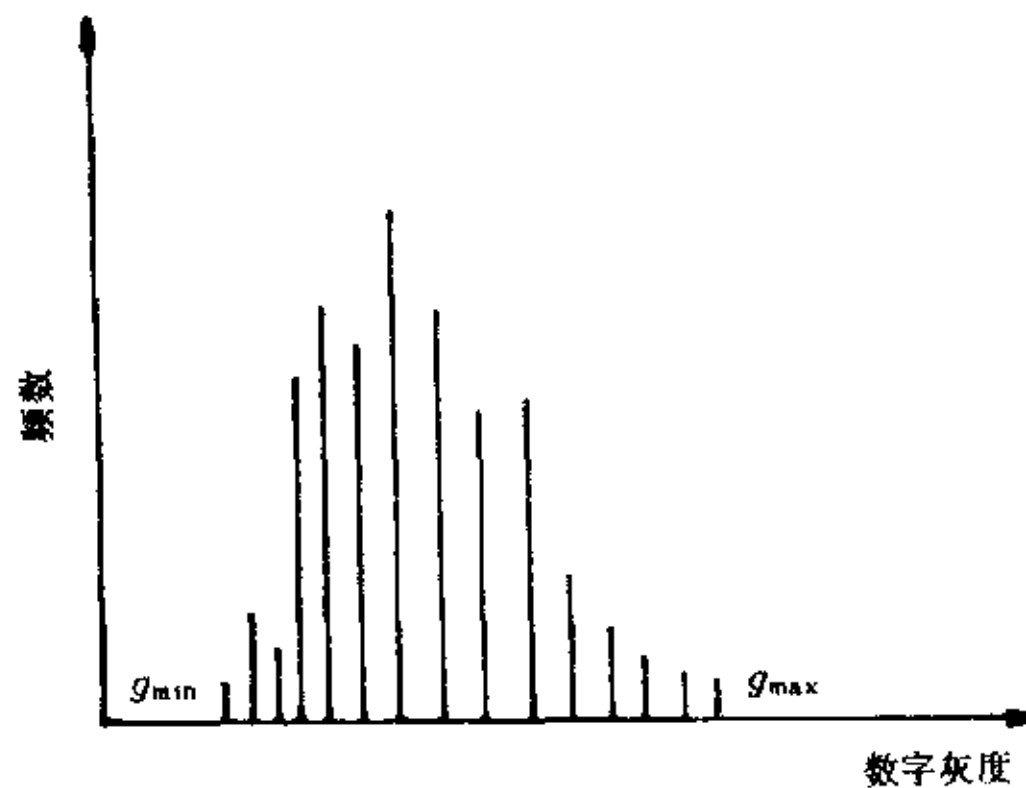


图 2 图像的直方图

3.1.2 线性扩展增强

遥感图像增强所用的线性扩展公式是：

$$f = \frac{254 - 1}{g_{\max} - g_{\min}} \times (g - g_{\min}) + 1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

数字灰度值 0 和 255 应留做二值图形处理和图像注记文字之用。

3.2 生产系统的底片特性曲线

3.2.1 测定原始底片特性曲线

在标准工艺条件下测定的底片特性曲线称为原始底片特性曲线。

标准工艺条件包括厂家规定的成像系统标准工作参数；感光材料的标准曝光时间；感光底片的标准冲洗条件。

3.2.2 基准特性曲线的确定

满足下面条件的原始底片特性曲线称为基准特性曲线：

- a. 底片最低灰雾度应小于 $0.15D$ (D 表示密度计量单位)；
- b. 底片最高密度应大于 $2.50D$ ；
- c. 特性曲线线性段在横轴上投影宽容度应大于 64 个数字灰度，在纵轴上投影宽容度应大于 $1.50D$ ；
- d. 彩色感光材料底片特性曲线的三条线性段应平行、聚拢和不交叉；
- e. 彩色感光材料底片特性曲线的三条线性段，对应同一数字灰度的三个密度值之间，两两相差小于 $0.4D$ 。

3.2.3 基准特性曲线的数字拟合

为在计算机系统中数字处理，实际测定的数字灰标底片密度值，经三次 B 样条函数插值计算，与基准特性曲线拟合出底片密度 D 和数字灰度 f 的对应关系

$$D = F(f) \quad \dots\dots\dots (5)$$

3.3 数字补偿技术流程

数字补偿技术的目标是最大限度地充分利用基准特性曲线线性段的密度范围来表现图像，使图像中各种信息均占有一个能为上眼识别和分辨的数字灰度值。

3.3.1 转换曲线

转换曲线应满足(6)式表达的线性关系：

$$D = a \times f + b \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： a —— $(D_{\min} - D_{\max})/254$ ；

b —— D_{\max} ；

D_{\min} ——线性段规定的最低底片密度值；

D_{\max} ——线性段规定的最高底片密度值。

一般规定：

$$D_{\min} = 0.4D, D_{\max} = 1.6D$$

为了满足某些专业需要， D_{\min} 和 D_{\max} 的取值可放宽到： $D_{\min} = 0.2D, D_{\max} = 1.8D$

转换曲线表示见图 3：

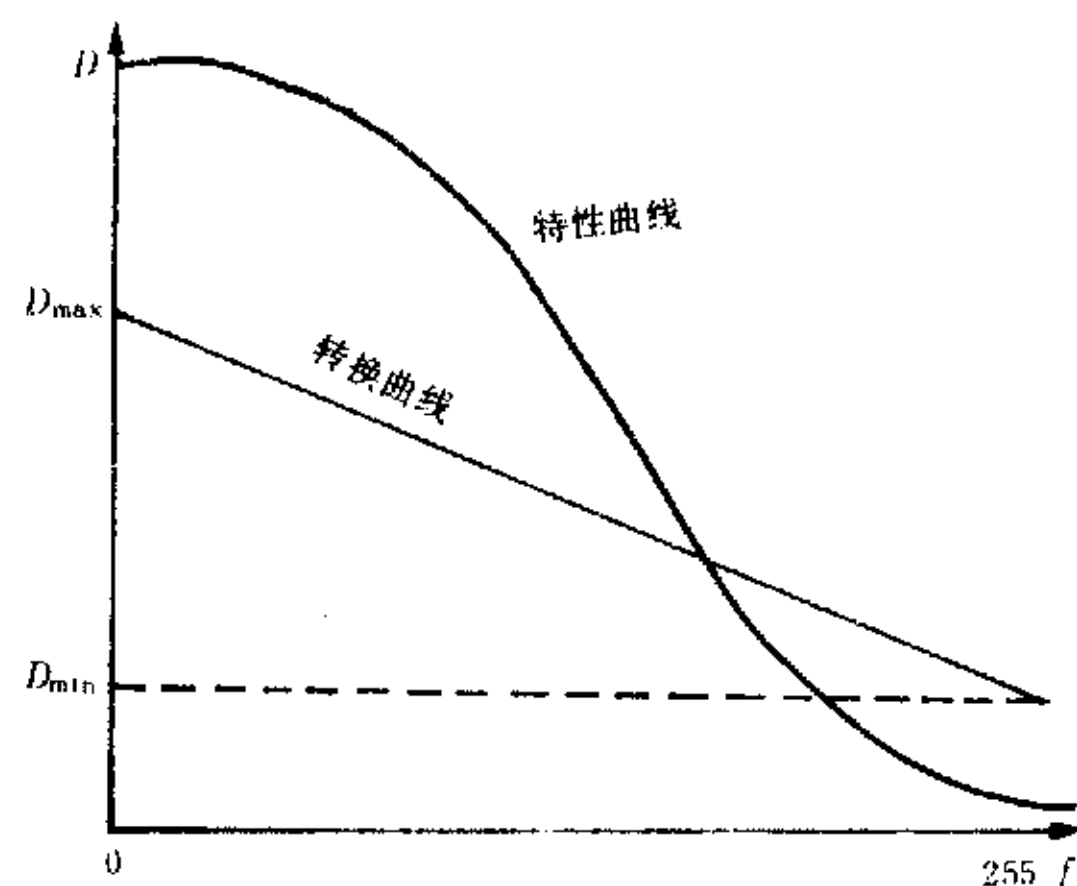


图 3 转换曲线示意图

3.3.2 数字灰度的输入输出转换

确定数字补偿数字灰度的输入输出转换表(look up table, LUT)是指:给定输入数字灰度 f_{in} , 其在符合视觉生理学的转换曲线上对应的期望密度为 D_H , 而在感光底片上实际能产生期望密度 D_H 的数字灰度, 应是其准特性曲线所对应的输出灰度 f_{out} 。

实际计算流程如下:

由公式(5): $D_H = F(f_{out})$

逆运算为: $f_{out} = F^{-1}(D_H)$

由公式(6): $D_H = a \times f_{in} + b$

所以得出: $f_{out} = F^{-1}(a \times f_{in} + b)$ (7)

由(7)式计算出每个 f_{in} 对应的 f_{out} 值就是输入输出灰度转换表(LUT)。其形式和物理意义见表 1 和图 4。

表 1

f_{in}	f_{out}		
	R	G	B
0	77	72	59
1	78	72	60
2	79	73	61
3	79	74	64
⋮	⋮	⋮	⋮
254	148	140	156
255	149	141	157

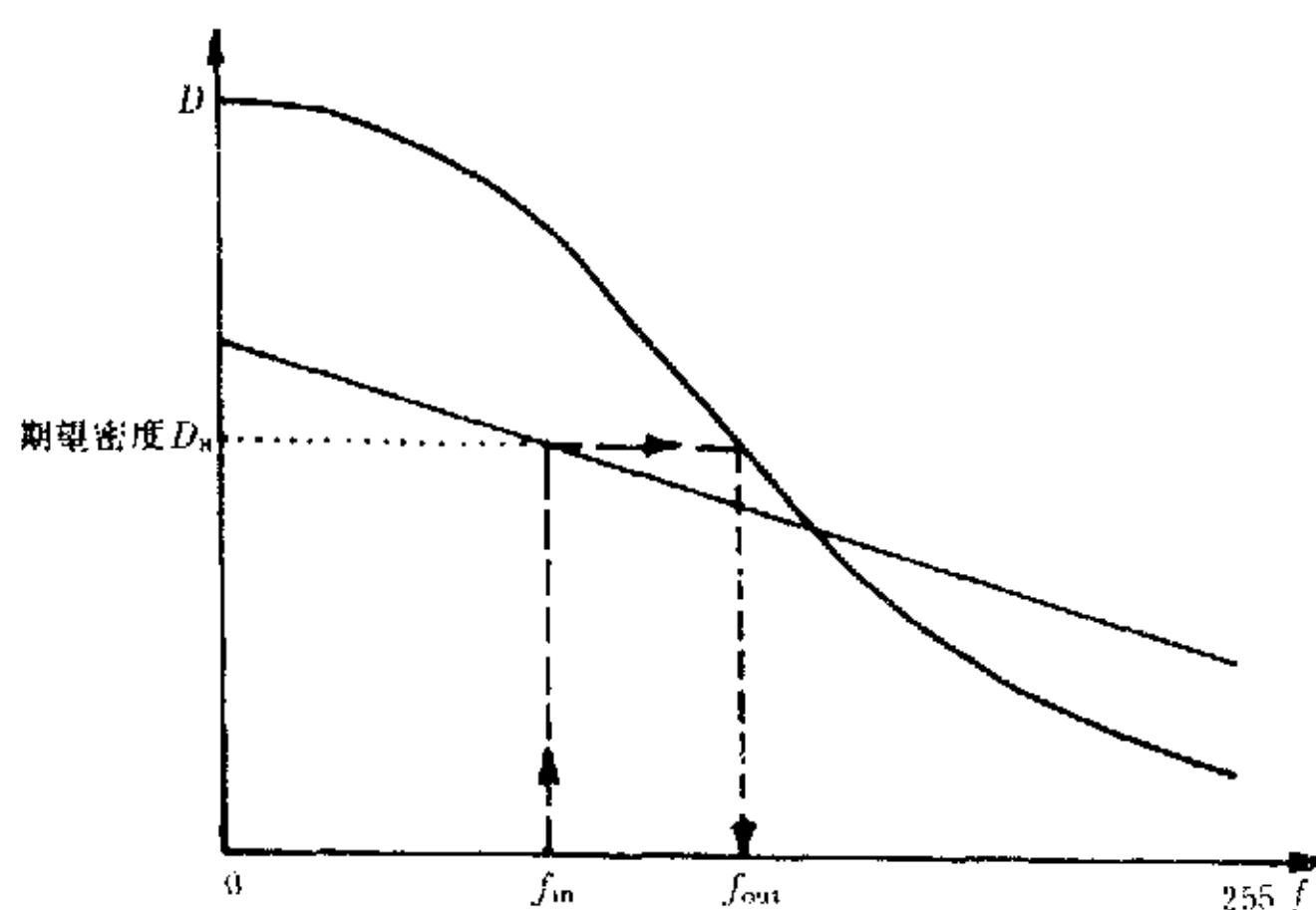


图4 输入输出转换的物理意义

3.3.3 数字补偿处理

经增强处理后的遥感数字图像像元数字灰度为输入值 f_{in} , 从输入输出转换表查出对应输出值 f_{out} . 以 f_{out} 为像元数字灰度的图像, 就是原图像经数字补偿处理后的补偿图像。补偿图像通过生产系统按基准工艺条件成像, 获得的底片方能用于制作符合目视解释需要、信息表现丰富的高质量遥感图像。

3.4 生产过程质量控制

为保持卫星遥感图像产品质量始终稳定, 应在生产过程中, 结合补偿效果对基准工艺条件实行质量控制。实现这一控制的手段就是对原始数字灰标和补偿灰标在生产过程中持续监测, 并对基准工艺条件进行微调。

3.4.1 补偿灰标(compensated grey scale)

原始数字灰标经输入输出转换数字补偿处理后就是补偿灰标。

补偿灰标的每一级在底片上的响应密度值 $D_m (i=1, 2, \dots, 16)$ 应是:

表 2

i 级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D_m	1.60	1.52	1.44	1.36	1.28	1.20	1.12	1.04	0.96	0.88	0.80	0.72	0.64	0.56	0.48	0.40

3.4.2 产品附加灰标

每幅遥感图像标准产品必须附加原始数字灰标和补偿灰标, 做为质量鉴定的依据。

原始数字灰标主要用于鉴定基准工艺条件是否稳定; 补偿灰标主要用于鉴定补偿效果和图像质量的好坏。

3.4.3 质量鉴定

用光学密度计测定底片补偿灰标各级的光学密度值所得底片密度与数字灰度的关系曲线就是鉴定曲线。

质量控制的根本原则是保持鉴定曲线与转换曲线一致, 鉴定曲线示意图 5。

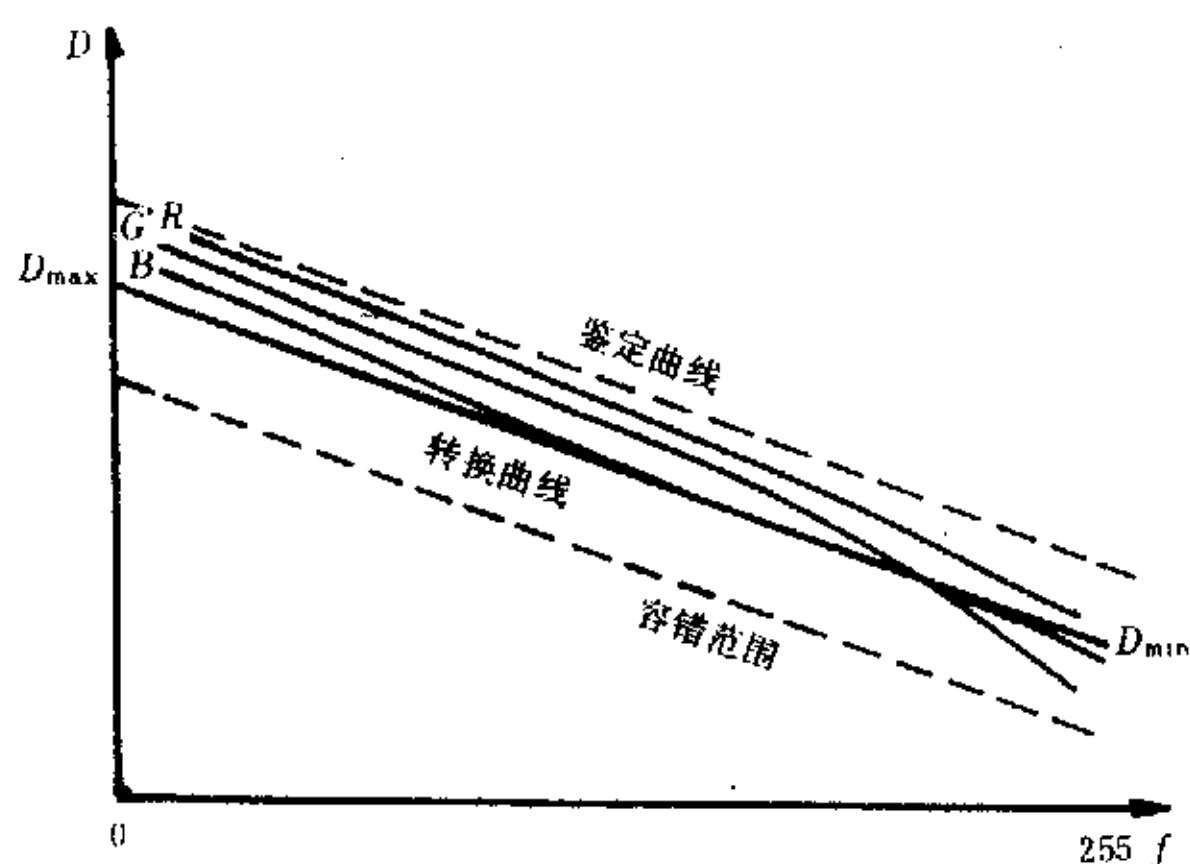


图 5 鉴定曲线示意图

遥感图像产品质量鉴定应通过评定鉴定曲线来实现。

合格图像产品的鉴定曲线应具备以下条件：

- a. 实测的鉴定曲线各级密度值 D_i 与补偿灰标密度值 D_o 的差应满足：

$$\Delta D_o = |D_i - D_o| \leq 0.1D \quad \dots\dots\dots (8)$$

- b. 实测的鉴定曲线相邻各级的密度值之差应满足：

$$\Delta D_i = |D_i(i+) - D_i| \leq 0.10D \quad \dots\dots\dots (9)$$

- c. 彩色底片三条实测鉴定曲线两两间距应小于 $0.15D$ 。

3.4.4 质量控制的实现

每套数字图像生产系统的均应建立自己的输入输出转换表和补偿处理程序,对图像产品进行数字补偿。若结果达不到 3.4.3 条所规定的鉴定标准,就应调整基准工艺条件和相应工作参数,形成新的控制工艺条件和相应工作参数。这些工作参数有:胶片记录仪曝光时间,光源类型与工作电压,底片冲洗的显影温度,首显时间,彩显时间等。

通过持续监测可确定一组当前最佳工作参数。在控制工艺条件和最佳工作参数条件下所得补偿灰标及其鉴定曲线应能重新保持 3.4.3 条中规定的鉴定标准。

3.5 相纸特性曲线和相片产品质量控制

相纸和底片的区别在于底片是利用光学透射密度,相纸是利用光学反射密度。

用反射式光学密度计测量相纸数字灰标各级密度值得出相纸特性曲线。测量相纸补偿灰标各级密度值得出相纸鉴定曲线。相纸鉴定曲线相对于转换曲线(或鉴定曲线)的偏离量不大时,可直接从输入输出转换表中提前加以修正。

附 录 A
胶片数字补偿数据记录表
(参考件)

A1 胶片数字补偿数据表见表 A1。

表 A1

辉光管编号_____感光胶片型号_____控制试条首显时间_____胶片首显时间_____																		
孔径_____转速_____记录时间_____年____月____日 测试人_____																		
图像原灰度值		0	17	34	51	68	85	102	119	136	153	110	187	204	221	238	255	
正 像	正像输出灰度值		0	17	34	51	68	85	102	119	136	153	110	187	204	221	238	255
	D_o	R																
		G																
		B																
	D_{co}		1.60	1.52	1.44	1.36	1.28	1.20	1.12	1.04	0.96	0.88	0.80	0.72	0.64	0.56	0.48	0.40
	灰度补偿值	R																
		G																
		B																
负 像	负像输出灰度值		255	238	221	204	187	170	153	136	119	102	85	68	51	34	17	0
	D_o	R																
		G																
		B																
	D_{co}		1.60	1.52	1.44	1.36	1.28	1.20	1.12	1.04	0.96	0.88	0.80	0.72	0.64	0.56	0.48	0.40
	灰度补偿值	R																
		G																
		B																

附 录 B
鉴定曲线测试数据记录表
(参考件)

B1 TGS 与 CGS 鉴定曲线测试数据表见表 B1。

表 B1

设备名称		孔径	转速	光源工作电压 V_R		V_a	V_b	V_c	静态(一)		测试人						
感光胶片型号		感光度		首显时间				测试日期									
灰雾度 D_f		反差系数 $\epsilon = \frac{\overline{D}_{\max} - \overline{D}_{\min}}{K \cdot 255} =$				宽容度 $M = K [i(\overline{D}_{\max}) - i(\overline{D}_{\min})] =$				(令 $K = 0.01$)							
灰度级		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
红	基准密度 D_0																
	实测密度 D																
	差值 ΔD_0																
	补偿密度 D_{co}																
	实测值 D_c																
	差值 ΔD_c																
绿	D_0																
	D																
	ΔD_0																
	D_{co}																
	D_c																
	ΔD_c																
兰	D_0																
	D																
	ΔD_0																
	D_{co}																
	D_c																
	ΔD_c																

附加说明：

本规范由全国地质矿产标准化技术委员会、物探化探分技术委员会提出。

本规范由全国遥感地质工作协调小组负责组织编写。

本规范主要起草单位为：石油勘探开发科学研究院遥感所。

本规范参加起草单位为：地质矿产部地质遥感中心、冶金工业部遥感中心、有色金属总公司遥感中心、中国煤田地质总公司航测遥感局。

本规范起草人史久浩、吴滨全、邱兆祥、赖吉生、胥国泰、韩国江、张玉柱。

本规范由全国地标委、物探化探分技术委员会负责解释和修订。