

# 中 华 人 民 共 和 国 标 准

YY/T 0910.1—XXXX/IEC 62563-1:2016

代替 YY/T 0910.1-2013

---

## 医用电气设备 医学影像显示系统 第1部分： 评价方法

Medical electrical equipment - Medical image display systems -Part 1: Evaluation  
methods

(IEC 62563-1: 2016, IDT)

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

发 布

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、符号和缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 符号 .....	4
3.3 缩略语 .....	5
4 通则 .....	5
5 先决条件 .....	6
6 设备与工具 .....	6
6.1 亮度计 .....	6
6.2 照度计 .....	6
6.3 色度计 .....	7
6.4 测试模板 .....	7
7 评价方法 .....	8
7.1 概述 .....	8
7.2 评价方法表总览 .....	8
7.3 视觉评价方法 .....	9
7.4 量化评价方法 .....	16
附录 A (资料性附录) 测试报告样本 .....	23
附录 B (资料性附录) 光亮度测量方法 .....	46
附录 C (资料性附录) 试验模版描述 .....	50
参考文献 .....	60

## 前 言

YY/T 0910《医用电气设备 医学影像显示系统》拟分部分出版：

——第1部分：评价方法

——第2部分：验收和稳定性试验

本部分为YY/T 0910的第1部分。

本部分按照GB/T1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替YY/T 0910.1-2013《医用电气设备 医学影像显示系统 第1部分：评价方法》。本部分与YY/T 0910.1-2013相比，主要变化如下：

——修改了引言（见引言，2013年版的引言）；

——修改了范围（见1，2013年版的1）；

——增加了替代安全系数（见表1）；

——修改了物理参数 $\Delta u'v'$ 的定义与解释（见表1，2013年版的表1）；

——修改了多显示器的光亮度评价的最大偏差计算公式（见7.4.4，2013年版的7.4.4）；

——增加了灰阶色度评价（见7.4.9）

本部分等同采用IEC 62563-1:2016《医用电气设备 医学影像显示系统 第1部分：评价方法》。仅有如下编辑性变化：

——删除了IEC前言；

——引言，第1章，第4章中“本国际标准”改为“本部分”；

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。

本部分由国家药品监督管理局提出。

本部分由全国医用电器标准化技术委员会医用X射线设备及用具分技术委员会（SAC/TC10/SC1）归口。

本部分起草单位：辽宁省医疗器械检验检测院、苏州UL美华认证有限公司、巴可伟视(北京)电子有限公司苏州分公司、南京巨鲨显示科技有限公司、艺卓显像技术(苏州)有限公司。

本部分主要起草人：孟昭阳、张波、周旭、张小元、李陆伟、王越、金玉博。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——YY/T 0910.1-2013。

## 引 言

本部分提供了测试医用电气设备和医用电气系统所使用的诊断成像用影像显示系统的评价方法。

在使用场所或安装后应完成两类试验。验收试验在新影像显示系统安装完成后或对现有影像显示系统进行大修后进行。由于影像显示系统会随着时间衰减，使用者在一个固定的周期内进行稳定性试验以确准系统的性能维持在预期使用的范围内。

本部分描述了不同的评价方法，但并没有指定验收和/或稳定性试验应使用哪种方法。

更确切地说，本部分的目的是为其他标准提供一个参考或提供一个针对每种模式的指南，或为参考本标准评价方法的国家主管部门提供一个定义验收和稳定性测试的极限值和频率的基准。参见附录A给出了这种参考的报告样本。

为了维持IEC医用电气设备标准的一致性，IEC61223-2-5《医用成像部门的评价及例行试验 第2-5部分：图像显示装置稳定性试验》宜重新进行评价。

发布本修正案是为了引入颜色测量。

由于IEC 62563-1: 2009已出版，IEC 61223-2-5《医用成像部门的评价及例行试验 第2-5部分：图像显示装置稳定性试验》已经被撤回。

# 医用电气设备 医学影像显示系统 第1部分：评价方法

## 1 范围

本部分规定了用于测试医学影像显示系统的评价方法。

本部分的范围指的是可以用目视判断或使用基本实验设备进行测量的实验。借助更先进的或者更量化的设备进行的测试，不在本部分的范围之内。

本部分适用于在彩色或灰阶影像显示系统中显示影像信息的医学影像显示系统。本部分适用于以诊断（为做出临床诊断进行的医学影像解释）或观察（出于医学目的观察医学影像而不是提供医学影像解释）的目的，因而对影像质量有特殊的要求。头部固定的影像显示系统和用于确定定位的影像显示系统及用于操作这些系统的影像显示系统不包含在本部分范围内。手持式的影像显示系统可按照本部分附录D中描述的附加或者修改的方法。

本部分不包括定义验收试验及稳定性试验的要求或者稳定性试验频率的要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 60788: 2004 医用电气设备 定义术语汇编 (Medical electrical equipment - Glossary of defined terms)

ISO 11664-1: 2007 色度学 第1部分：色度观察的CIE标准 (Colorimetry — Part 1: CIE standard colorimetric observers)

CIES 010/E: 2004 光度学 物理光度学的CIE体系 (Photometry - The CIE system of physical photometry)

## 3 术语、符号和缩略语

### 3.1 术语和定义

IEC 60788: 2004界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**准确度 accuracy**

试验结果和被接受的基准值间的一致程度。

[ISO 5725-1: 1994, 定义3.6]

#### 3.1.2

**亮度 brightness**

人类视觉系统所察觉的光亮度。

### 3.1.3

**阴极射线管 (CRT) cathode ray tube (CRT)**

**显像管 picture tube**

影像显示系统的部件，在这个部件中通过电子信号定义的影像借助电子束撞击荧光体而可见。

### 3.1.4

**临床参考影像 clinical reference image**

特定的医学影像，典型的用于影像显示系统的预期使用。

注：参见附录C中的解剖影像是临床参考影像的例子。

### 3.1.5

**时钟伪影 clock artifact**

以当内部点时钟频率与输入模拟信号频率有差异时，在固定像素类型影像显示器（如LCD）屏幕上可见的，当失真的垂直线或条的形式出现的伪影。

### 3.1.6

**对比度 contrast**

（影像显示器）两个影像区域光亮度之差， $L_1-L_2$ ，与这两个光亮度的平均值之比。

$$\text{对比度} = 2 \cdot (L_1 - L_2) / (L_1 + L_2)$$

### 3.1.7

**数字驱动电平 digital driving level (DDL)**

作为输入信号输入到影像显示系统用以产生光亮度的数字化的数值。

### 3.1.8

**显示控制器 display controller**

影像显示系统的电子部件，它在计算机硬件和影像显示器间提供模拟或数字的接口。

### 3.1.9

**平板显示器 flat panel display**

平而且薄的影像显示器。

注：例如：液晶显示器（LCD），等离子显示（PDP），场发射显示器（FED），表面传导电子发射显示（SED），碳纳米管显示（CNT），有机发光显示（OLED）。

### 3.1.10

**闪烁 flicker**

在整个时间段上感觉到的光亮度的随意波动。

## 3.1.11

**灰阶标准显示函数 grayscale standard display function (GSDF)**

输入数字驱动电平 (DDL) 与光亮度值之间基于Barten模型映射关系的数学定义(此处建议不修改保留英文)。

[DICOM PS 3.14: 2007, 见[2]1)]

## 3.1.12

**照度 luminance**

入射到单位表面上光通量的测量。(单位:勒克斯 (lx),  $1\text{x}=1\text{lm}/\text{m}^2$ )。

## 3.1.13

**影像显示器 image display device**

**监视器 monitor**

通过模拟或数字接口用于显示影像的特殊硬件/介质。

## 3.1.14

**影像显示系统 image display system**

由影像显示器, 显示控制器及计算机硬件和软件组成的能够显示影像的工作站。

## 3.1.15

**光亮度 luminance**

在一个规定的方向进入表面区域的光通量与被照射的立体角和垂直于观察方向平面上的表面面积的投影的乘积之比(单位:坎德拉每米平方 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ))。

注:此定义从DIN5031-3:1982-03导出并且等效于国际电工词汇(IEV)中的定义。

## 3.1.16

**相位伪影 phase artifact**

当内部点时钟的相位设置与输入模拟信号相位有差异时在固定像素类型影像显示器(如LCD)屏幕上可见的,以显示的物体(字符,线等)模糊边沿的形式伪影。

## 3.1.17

**精确度 precision**

规定条件下得到的独立实验结果间的一致程度。

## 3.1.18

**投影系统 projection system**

大屏幕影像显示器,通过将一个小影像投射到另一个平面上使影像得到放大。

## 3.1.19

**像素重叠系统 (RAR) resolution address ability ratio (RAR)**

在亮度峰值点的50%位置测量到的像素，或表示为可获得的重叠空间百分比的标称比率。

## 3.1.20

**空间分辨率 spatial resolution**

**影像显示系统**辨别影像中所感兴趣空间细节能力的测度。

注：显示医学影像时，需要有设计的具有足够分辨率特性的系统以确保所感兴趣空间细节得以保留。在没有足够分辨率的影像显示器上显示的竖直影像数据将降低放射判读的精确度。

## 3.1.21

**测试影像 test image**

**测试图形 test pattern**

用于测试或校准影像显示系统的影像。

## 3.1.22

**杂散光 veiling glare**

影像显示器上由于室内散射过程引起的可测量到的光亮度的增强部分。

注：光亮度增强的值取决于所显示影像的被照射部分。

## 3.1.23

**窗口设置 window setting**

数字影像中像素值子集的显示。

注：窗口设置由窗口宽度和水平（中心）确定并对对比度增强起作用。

## 3.2 符号

用于本文件的物理参数的符号列于表1。所有基于表1的测量都是在影像显示器的中心。注意根据本文件描述的方法亮度也可以在其他位置进行测量。

表1 物理参数定义概览

缩写	数学推导	定义与解释
$L_{amb}$		当影像显示器关闭时，环境光在影像显示器表面上的产生的光亮度。
$L_{min}$		在屏幕中心测量到的影像显示器在DDL=0条件下产生的最小光亮度。它包括用于测量的测试图形所产生的特定杂散光。测量在环境光全部关闭（全黑）条件下进行。

$L_{\max}$		在屏幕中心测量到的影像显示器在 DDL=max 条件下产生的最大光亮度。它包括用于测量的测试图形所产生的特定杂散光。测量在环境光全部关闭（全黑）条件下进行。
$L'_{\min}$	$L_{\min} + L_{\text{amb}}$	DDL=0 时，人眼所察觉（接收到）的屏幕中心的光亮度。它包括杂散光和 $L_{\text{amb}}$
$L'_{\max}$	$L_{\max} + L_{\text{amb}}$	在屏幕中心测量到的，DDL=max 时影像显示器所产生的光亮度。它包括杂散光和 $L_{\text{amb}}$
$R_d$		漫反射系数（由制造商连同特定测量方法一起给出，理想情况下遵循参考资料 10 中描述的方法，使用 CIE 标准照射 A 和大于亮度计孔径约 20%~30% 的孔径尺寸）
$r'$	$L'_{\max} / L'_{\min}$	影像显示器包括杂散光和环境亮度的光亮度比
E		照度
a	$L_{\text{amb}} / L'_{\min}$	安全系数
$a_R$	$L_{\text{amb}} / L_{\min}$	替代安全系数。定义该参数是为保持与其他相关文件的一致性（如 ACR-AAPM-SIIM 医学成像电子实践技术标准，2014 年修订，第 39 号决议）。
$\Delta$ $u' \ v'$	$[(u1' - u2')^2 + (v1' - v2')^2]^{1/2}$	$u' - v'$ 空间的距离

### 3.3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CRT: 阴极射线管 (cathode ray tube)

CT: 计算机断层扫描 (computed tomography)

DDL: 数字驱动电平 (digital driving level)

DICOM: 医学中的数字成像与通信 (digital imaging and communication in medicine)

LCD: 液晶显示器 (liquid crystal display)

MR: 磁共振 (magnetic resonance)

## 4 通则

影像显示系统中，每个单独的零件部位都可能限制或减低整个系统的影像质量。因此需要采用适当

的测量进行质量监视。如果**影像显示系统**经过正确的调整和维护,这些器件可以稳定的产生相似的影像。

为了试验的目的使用简单的测试设备(亮度计,测试影像)。试验之前,所有的试验设备应根据制造商的规范进行功能检查。

制造商提供的数据(如:对操作电压的要求,湿度等等)对**影像显示系统**正确安装与设置是要求的。制造商提供的数据应包含在**影像显示系统**的技术资料中。

本部分所列的试验是所有用于测试图形显示系统的试验方法的汇编。根据**影像显示系统**使用目的不同,可以按任何顺序进行选择和使用这些试验项目或试验方法的子集。

对于移动系统,应确定并使用一个能够完成所有试验的固定位置,这种位置是这种移动系统可能使用的位置的典型代表。宜仔细注意确保测量区域的环境光得到适当控制。

## 5 先决条件

在测试图像显示系统之前,应考虑如下:

- a) **影像显示系统**的测试应包括其全部,包括影像调整所涉及的软件和硬件。
- b) 对所有要测试的**影像显示系统**,所有部件,包括计算机,影像显示器,显卡,显示软件及版本应可追溯。
- c) 测试图形和临床影像应在**影像显示系统**上用同样的方法显示。
- d) 在开始测试前,影像显示器前面板应根据使用指导书进行清洁。
- e) 应确保**影像显示系统**之前所有标称设置都无变动。
- f) 室内光线,窗户,观察器等不应引起影像显示器表面的干扰性反射。防止反射的方法在 ISO 9241-302, ISO 9241-303, ISO 9241-305 和 ISO 9241-307 中有描述。
- g) 室内的环境光应保持在正常使用状态下。
- h) 在开始测试之前,**影像显示系统**应安装好,并按照制造商推荐的方法启动;为保证性能稳定;影像显示器在测试开始前应接通电源并按照制造商的规定预热一段时间(如 30min)。**影像显示系统**宜调节到需要的显示功能。推荐使用 DICOM 灰阶标准显示函数(GSDF),对于某些测试它则是必须先决条件。

## 6 设备与工具

### 6.1 亮度计

亮度计应有如下规格。亮度计的范围应覆盖至少**影像显示系统**的亮度范围,并在绝大部分范围内具有最大 5%的精确度(重复精度),和最大 10%的准确度,对基础测量标准可追溯的校准。对于测试所需的所有仪器当其再次校准时,或者当其余其他另外一个参考亮度计进行比对校准时,亮度计被认为是基础实验室可追溯的。亮度计的制造商应提供明确的校准程序。孔径角不应超过 5°。相对光谱灵敏度应与光亮度 CIE 标准光谱相对应[1]。光适应响应的波动应在本节描述的整个范围内保持±10%准确度。

对于近场亮度计,预先定义的测量角度和距离导致定义好的测量野尺寸,测量期间,被测量区域应

以野（或跨度）的形式显示，后者明显大于定义的测量野尺寸。

亮度计可以集成到影像显示系统或者是独立的设备中。

### 6.2 照度计

可能需要一个照度计用于测试图形显示系统，其亮度范围在  $11x \sim 1000 \text{ lx}$ ，精确度为最大 10%，准确度为最大 5%（重复性）。仪器的校准应可追溯到基础测量标准并应具有清晰的校准程序。它对琅勃（Lambertian）光源应具有一致响应。

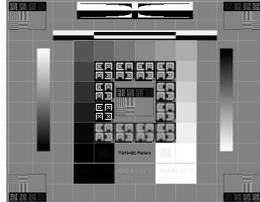
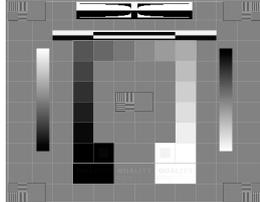
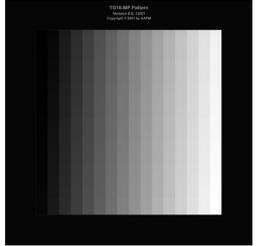
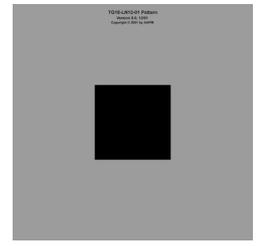
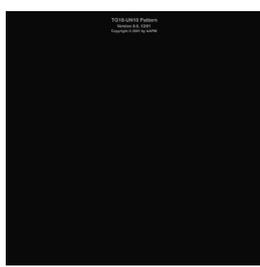
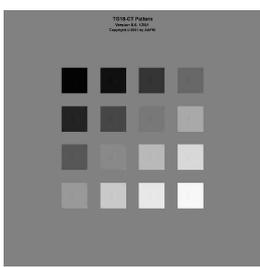
在测量方法 B, C 和 D（参见附录 B）中，照度计都是理想的放置的屏幕面朝外的中央位置。边上的位置也可以接受，只要他们提供了相似的测量结果。

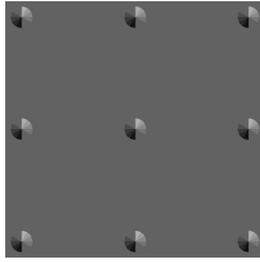
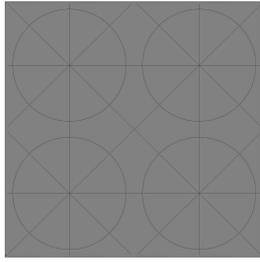
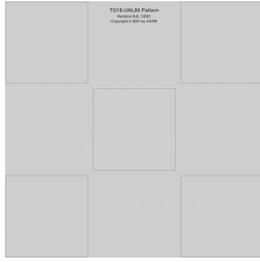
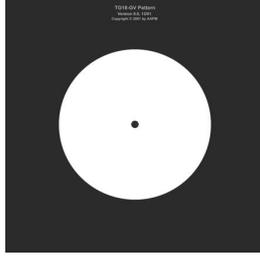
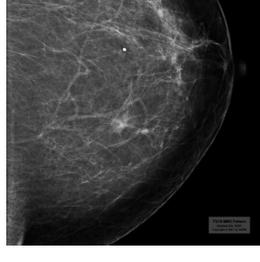
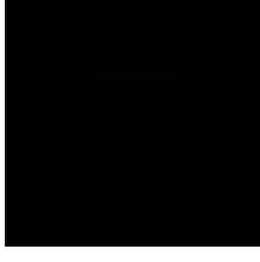
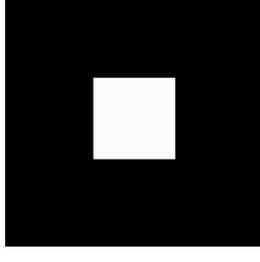
### 6.3 色度计

测量影像显示系统可能会需要色度计。色度计应能评价 CIE 所规范的（ISO11664-1:2007）色彩坐标（色彩空间），并在影像显示系统的亮度范围内，在  $u', v'$  空间对于标准照度具有优于  $\pm 0.004$ （在  $x, y$  空间里是 0.007）的精度。色度计的校准应可以追溯到基本测量标准并具有明确的校准程序。

### 6.4 测试模板

表 2 用于显示测试的测试图形

 <p>用于 CRT 综合评价的 TG18-QC</p>	 <p>用于 (LCD) 整体评价的 TG18-OIQ</p>	 <p>用于光照度分辨率的 TG18-MP</p>	 <p>用于光亮度的 TG18-LN8-01</p>
 <p>用于光亮度的 TG18-LN8-18</p>	 <p>用于光亮度均匀性的 TG18-UN10</p>	 <p>用于光亮度均匀性的 TG18-UN80</p>	 <p>用于光亮度响应的 TG18-CT</p>

 <p>用于角度响应的 TG18-ANG</p>	 <p>用于几何特性的 TG18-GD</p>	 <p>用于亮度均匀性的 TG18-UNL80</p>	 <p>用于散射光的 TG18-GVN</p>
 <p>用于散射光的 TG18-GV</p>	 <p>作为胸片样本的 <b>TG18-CH</b></p>	 <p>作为四肢样本的 TG18-KN</p>	 <p>作为乳腺样本的 TG18-MM1</p>
 <p>作为乳腺样本的 <b>TG18-MM2</b></p>	 <p>用于 (LCD) 光照度的 BN01</p>	 <p>用于 (LCD) 亮度的 BN18</p>	

根据预期测试的需要，这些样本的子集或者从这些样本中抽取的元素可以用来组成测试图形。

## 7 评价方法

### 7.1 概述

本章描述了一系列可以用于评价医用影像显示系统的评价方法。这些方法的数量与顺序不是强制性的；模式化标准可以参考这些测试的子集，以任何顺序，带有性能参数的限制值和评价准则。

### 7.2 评价方法表总览

表3展示了本部分描述的全部评价方法的概览。对于特定的影像显示系统并不是所有的这些试验都需要或都适用。对于特定的影像显示系统可以从所列清单中挑选试验项目或试验方法的子集。这些试验可以以任何适当的顺序进行。

表 3 可用于测试医用影像显示系统的评价方法概览表

评价方法	设备、工具
视觉评价方法	
整体影像质量评价 ——整体性能的校准	TG18-QC 测试图形
灰度分辨率评价 ——基于 8bit 和 10bit 标识的足够灰度分辨率校准	TG18-MP 测试图形
光亮度响应评价（比整体影像质量评价更全面的方法）	TG18-CT 测试图形
亮度一致性评价 ——查看非一致性	TG18-UN80 测试图形
色度评价 ——色度一致性校准	TG18-UN80 测试图形
像素缺陷评价 ——查看黑点（TG18-UN80）与亮点（TG18-UN10）像素缺陷	TG18-UN10 和 TG18-UN80 测试图形
杂散光评价 ——查看两个测试图形中的低对比度物体	TG18-GVN 和 TG18-GV 测试图形，mask
几何影像评价 ——查看几何，相位/时钟校准，过冲卷边	GD 测试图形，直尺，（仅 CRT）
观察角度评价 ——校准观察角度	ANG 测试图形
临床评价	临床测试图形（样板见 TG18-CH, TG18-KN, TG18-MM1 和 TG18-MM2）
量化评价方法	
基本亮度评价	亮度计，照度计
没有环境光的基本亮度评价	亮度计
光亮度相应评价 需要灰阶标准显示函数（GSDF）的试验	亮度计，照度计
多显示器亮度评价	亮度计

色度一致性评价	色度计
多显示器间色度评价	色度计
亮度一致性评价	亮度计
视角评价	(由制造商提供)
灰阶色度评价	色度计

### 7.3 视觉评价方法

#### 7.3.1 概述

所有观察试验都应在常规使用的观察距离进行，除非有不同的规定。

#### 7.3.2 整体影像质量的评价方法

如图 1 所示，TG18-QC 测试图形中的测试单元可以用于评价影像显示系统的整体性能。

对于 CRT 应包括空间分辨率：评价图形中心部位和四角的 CX 图形然后比较基准表给它们定级(参见附录 C)。

作为替代，OIQ（整体影像质量）测试图形也可以用于评价LCDs的整体性能，见图2。

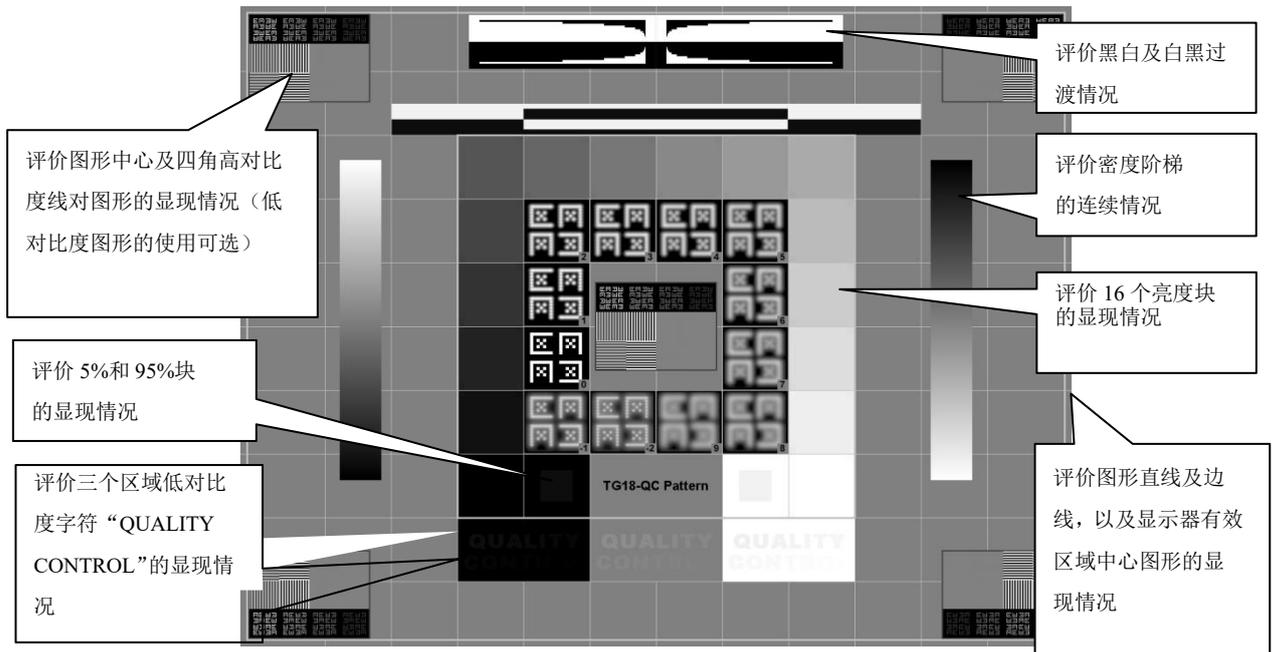


图 1 使用 TG18-QC 测试图形进行整体影像质量评价

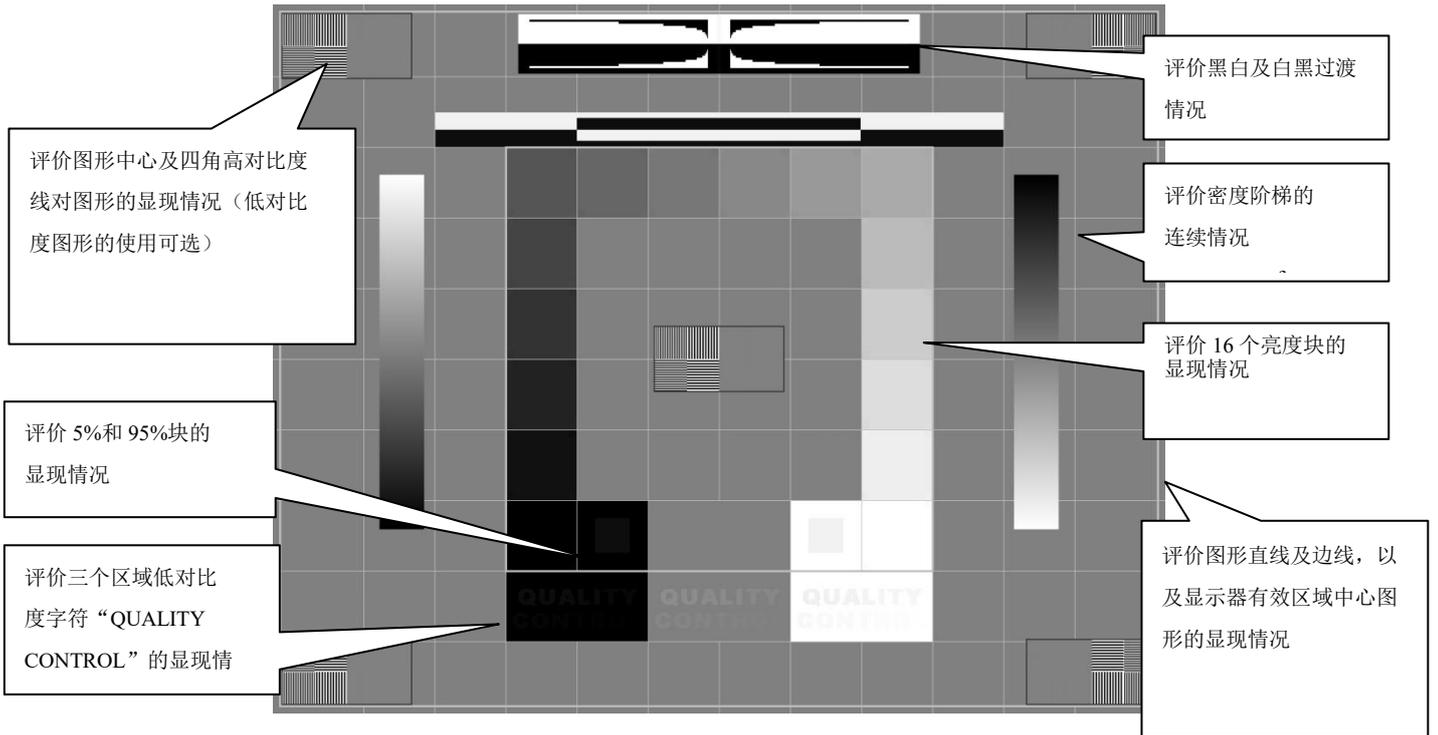


图 2 使用 TG18-01Q 测试图形进行整体影像质量评价

在这个测试期间，也要评价测试图形外观的整个情况。查看充分的空间分辨率细节，可能的闪烁，交叉干扰，噪声及视频伪影。注意有可能用到按规范设计用于评价上述每一项目的测试图形。

对于整个影像质量评价，在使用类似评价准则的条件下也可能用到SMPTE测试图形。

注：尽管还没有考虑对于医用显示性能中更为严酷的要求，动态显示性能（也称为时间响应）对于某些医学应用也许是很重要的。对于测试医用显示的动态性能，其他一些相关的文件可以用作应用程序的参考文献[15]。

### 7.3.3 灰度分辨率评价方法

影像显示器的灰阶分辨率应使用图3所描述的测试图形TG18-MP进行评价。进行测试时，将图形放大到200%也许更好。

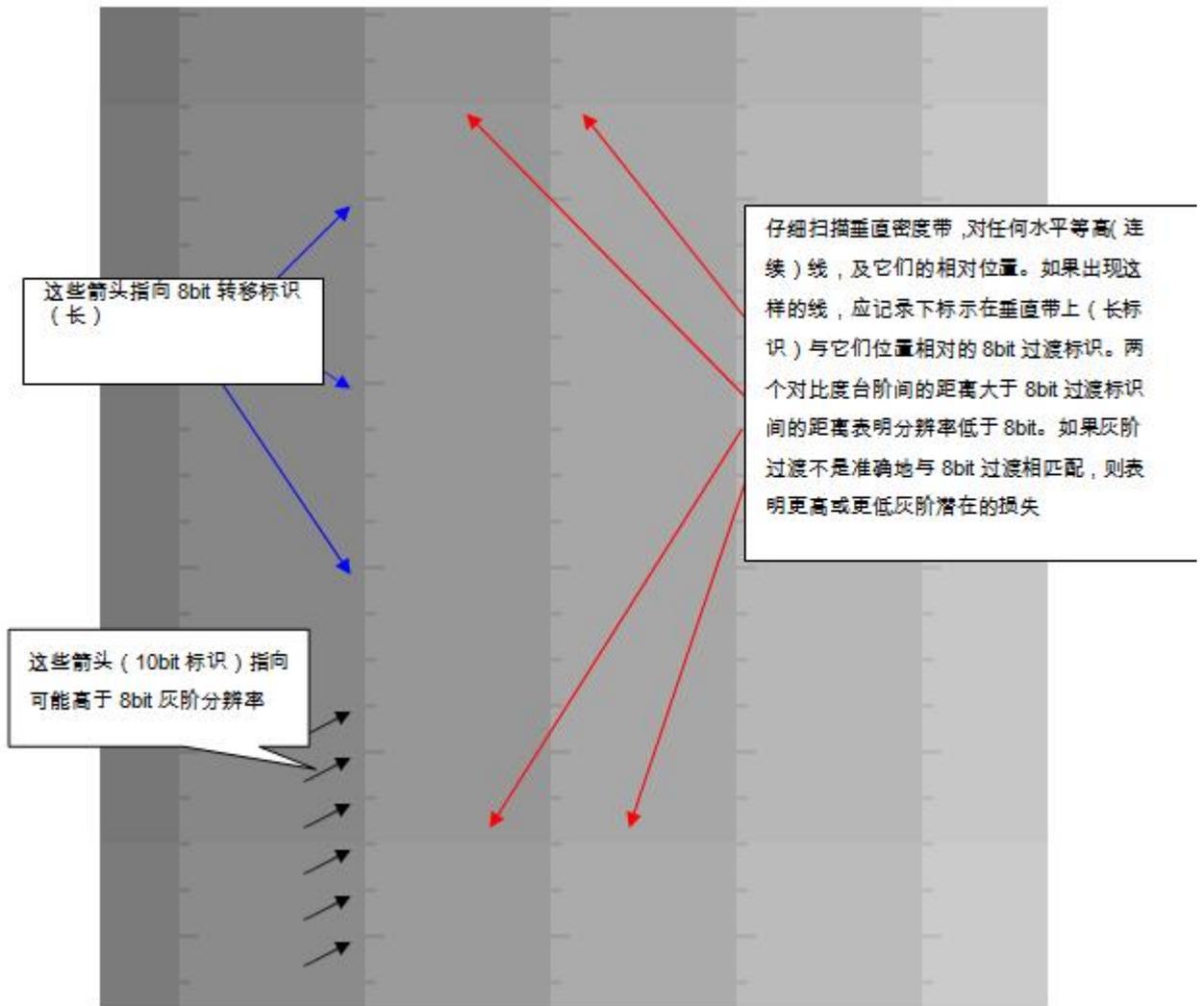


图 3 TG18-MP 影像带有 8bit 和 10bit 标识的放大图像

### 7.3.4 光亮度响应评价方法

作为整体评价的一部分, 影像显示器的光亮度响应可以使用测试图形TG18-QC 进行评价(7.3.2)。然而使用图4所描述的测试图形TG18-CT是对视觉光亮度响应评价的一个更完整的解决方法。

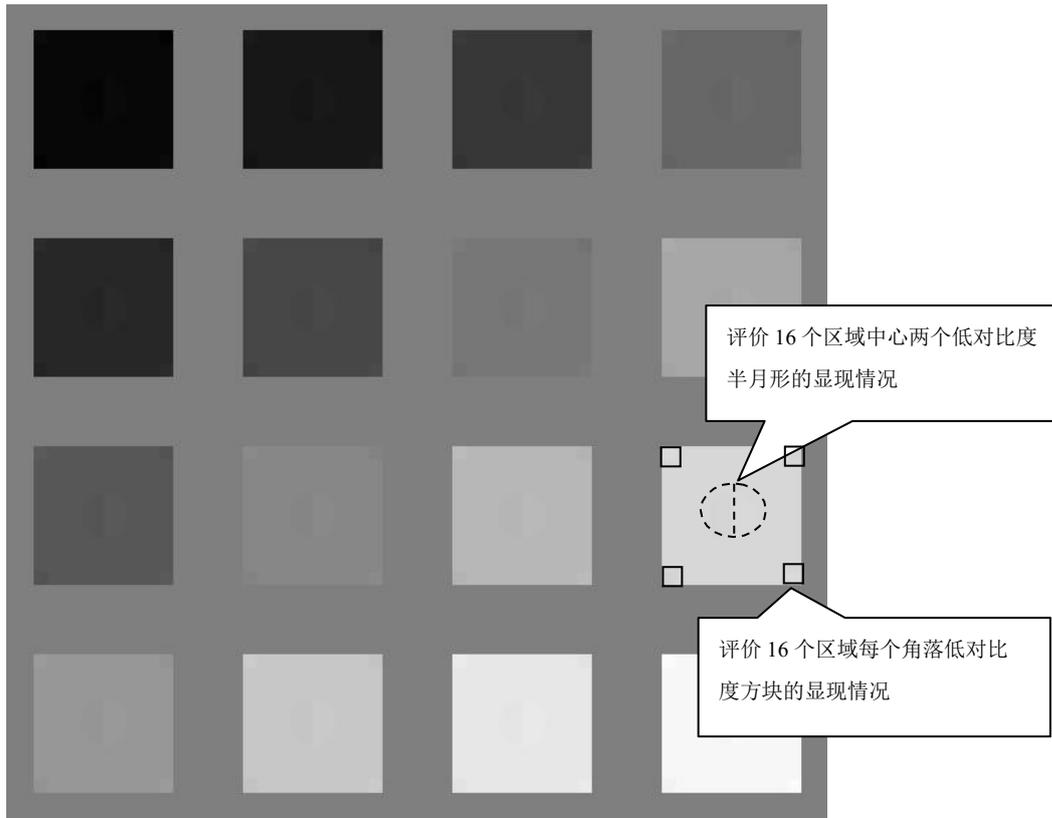


图 4 TG18-CT 测试图形的近距影像

### 7.3.5 亮度均匀性评价方法

校准 TG18-UN80 测试图形并观察从中心到边沿的总体非均匀性。典型的 CRT 显示对称的非均匀性，而 LCDs 则显示非对称的非均匀性。由于人类的视觉系统通常对非常低的空间分辨率不敏感，除非变化非常明显，整个显示面上的非均匀性梯度延伸不会成为问题。尺度在 1cm 量级的更小的非均匀性更为明显因此在观察均匀性测试图像时不宜可见。再小尺度的非均匀性则归为噪声(在 7.3.2 中评价)。

### 7.3.6 色度评价方法

色度的视觉评价是使用 TG18-UN80 测试图形来完成的。

校准显示图形在整个屏幕上的色彩均匀性。

本测试也可以在特定的影像显示系统中用来评价同一型号的多部影像显示器。校准同一系统中不同影像显示器间可察觉的色度差。

### 7.3.7 像素缺陷评价方法

像素缺陷通过显示测试图形TG18-UN10和TG18-UN80进行评价。应对缺陷的数量计数并根据如下缺陷类型的定义，通过使用放大镜识别缺陷的类型。

A类缺陷：子像素(灰阶像素的一部分，一个彩色像素的一个基础色)被阻在高状态TG18-UN10中的子像素计数为亮。

B类缺陷：子像素被阻在低状态TG18-UN80中的子像素计数为暗。

C类缺陷：既非A类缺陷也非B类缺陷的不规则子像素在TG18-UN10 和 TG18-UN80中计数(如，子像素被灰尘遮挡了部分，阻挡在中间介质，子像素闪烁)。

簇缺陷：在一个5×5像素区内有两个以上子像素缺陷。

上述类型也适用于其他点伪影，例如灰尘，及模拟影像显示器如CRT中的点缺陷。

### 7.3.8 杂散光评价方法

本实验仅适用于CRT及某些具有厚防护层的平板显示器。可以使用TG18-VG和TG18-VGN测试图形进行杂散光的视觉评价。

在带有亮区标记内的TG18-GV和TG18-GVN图形的顺序观察中(图5)，观察者应分辨低对比度物。面罩由黑色不透明的，光线吸收的，及不反射的材料制成(如，黑纸)。

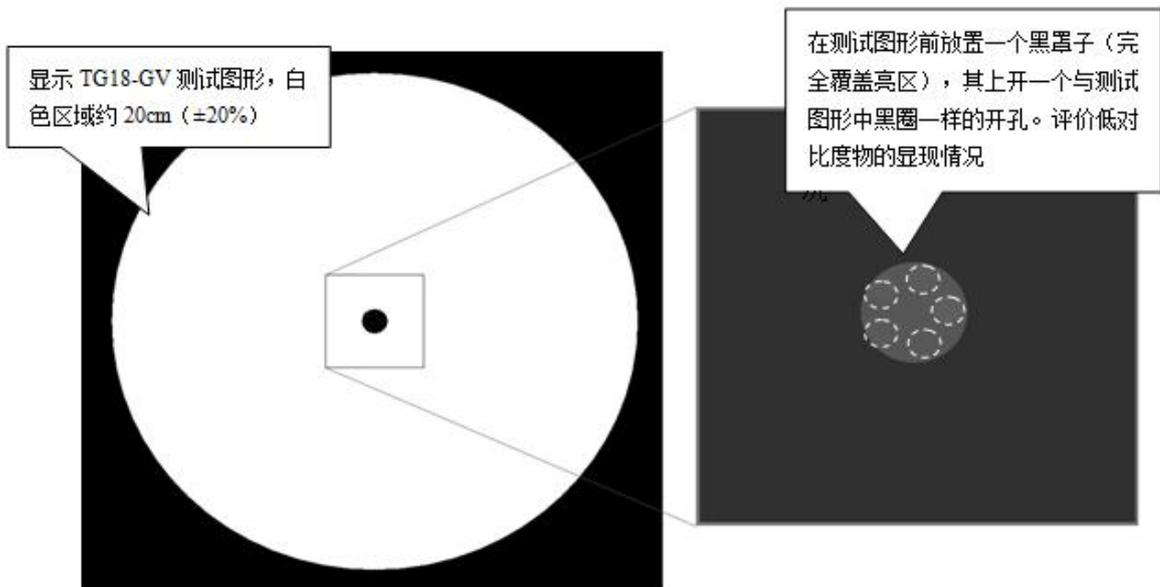


图5 所显示的 TG18-GV 测试图形（左边）当罩上遮光罩后中心部位的近距影像（右边）

### 7.3.9 影像几何失真评价方法

作为整个影像质量评价的一部分(7.3.2)，TG18-QC 测试图形用于几何影像评价。然而对于此评价使用几何失真图形(GD 图形)是一个更完整的解决方法(图6)。

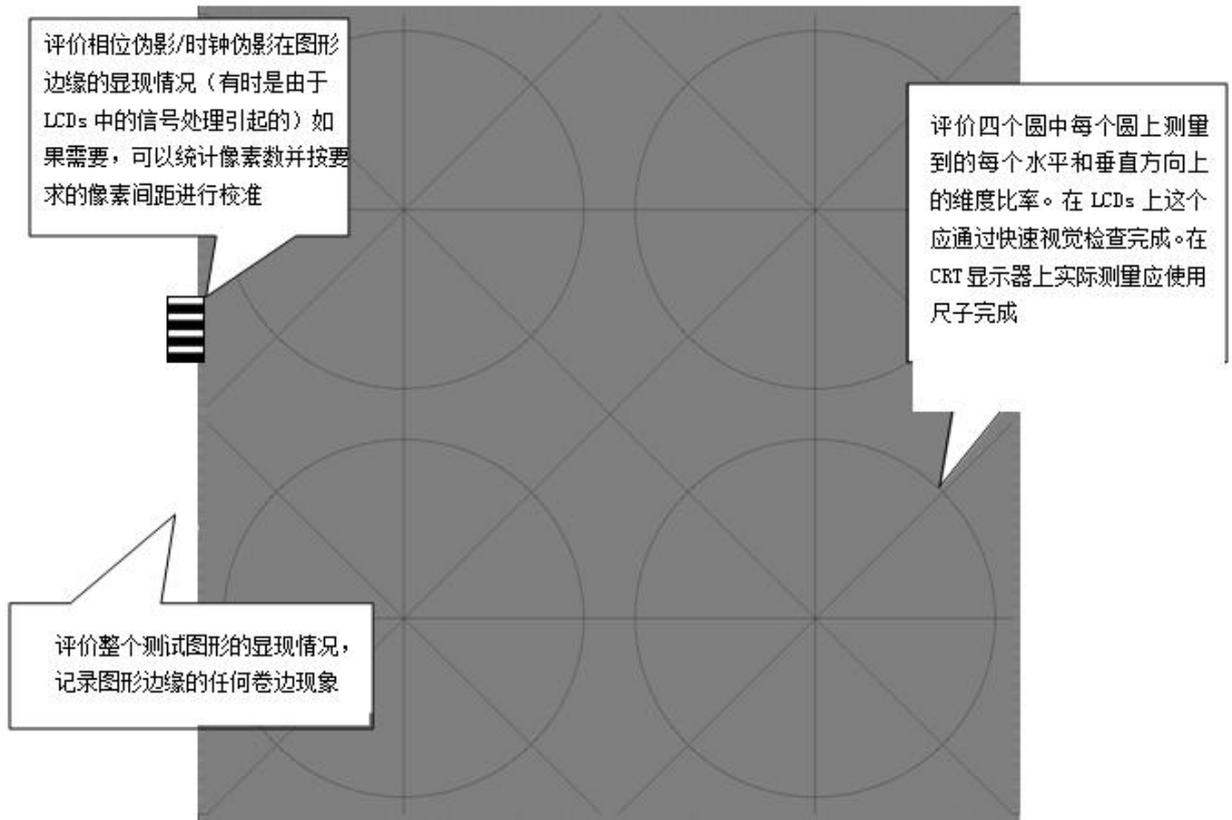


图6 使用GD图形的几何评价

### 7.3.10 视角评价方法

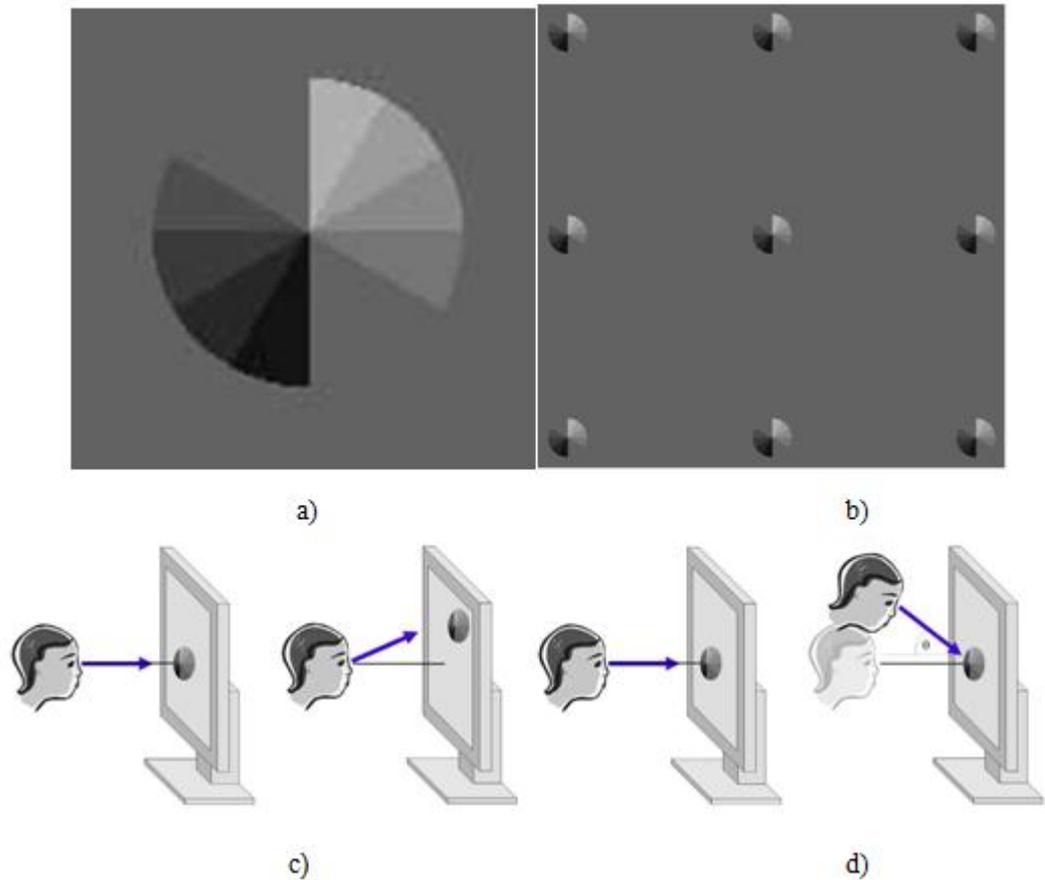
用如下段落描述的方法可以进行此特性的视觉评价。

用于视觉评价的测试图形，如图7 a)，由九个等间距的圆，拍成3乘3阵列组成。完整的描述在参见附录C。

阅读程序可以以两种形式完成：(1)固定观察者，(2)移动观察者。

在固定观察者的情况下(选择1)，程序要求在中间圆的中心与两眼间连线的中心点在正常观察距离连接起来的条件下观察图形。然后询问观察者可以看到屏幕中心位置的圆的多少个边缘或小片之间的过度线。在8个其他位置上(上中，上左，上右，中左，中右，下左，下中，下右)重复进行观察。所报告的分值，是偏离中心位置观察到的线数平均值与中心点观察到的线数的比值。这两个数都是在0和10之间。

在移动观察者的情况下(选择2)，程序要求只读取图形中心与观察垂直的目标，然后测定偏离法线方向并能提供与垂直观察角度同样分值的最大角度(如，在垂直和水平方向上)。



- a) 单一目标。  
 b) 全角度测试图形。  
 c) 对选择1阅读过程的描述图;观察者固定位置。  
 d) 对选择2阅读过程的描述图: 观察者移动。

图7 观察角度响应的视觉评价

如果科学评估表明,该方法随着视角的变化对亮度和对比度的预期或典型变化具有鲁棒性和敏感性,则可以采用一种具有相同或相似“测试模式”的替代修改方法,在该方法中,测试者根据使用条件调整观察方向。

### 7.3.11 临床评价方法

本部分的临床参考影像或解剖影像(参见附录C的报告)可以用于本实验。这些影像应借助其临床效果进行评价。

## 7.4 量化评价方法

### 7.4.1 基本光亮度评价

对于影像显示器应该评价其光亮度比 $r'(=L'_{\max}/L'_{\min})$

使用参见附录B中描述的测量方法中的一种，测量  $L'_{min}$ ， $L'_{max}$  和  $L_{amb}$  的值。

对于给定的最小要求光亮度比，对应的  $L'_{min}$  的最大值可以由：

$L'_{max} / r'$  确定。

评价安全系数“ $a$ ”见公式（1）：

$$a = L_{amb} / L'_{min} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$$L_{amb} = \text{照度 } E \times R_d \text{ 且 } 0 < a < 1$$

环境亮度的调节可以通过下述两种方法之一实现。这两种方法依赖于环境和影像显示器的光亮度比范围。例如安全系数等于或小于0.4意味着  $L_{min}$  至少1.5倍于  $L_{amb}$ 。

然而，在本规则的实施可能反向冲击所要求的光亮度比(例如，某些模式的显示)的情况下，安全系数可能非常接近单位值(1)以提供所需要的影像显示器显示功能[如，灰阶标准显示函数(GSDF)]校准，使环境中的亮度范围进入考虑。

如公式（2） $L_{min}$  和  $L_{amb}$  的关系可能会有用：

$$L_{min} = L_{amb} \left( \frac{1}{a} - 1 \right) \dots\dots\dots (2)$$

本试验中  $L_{max}$  相对于目标值可以评价为公式（3）

$$\Delta L_{max} = (L_{max} - L_{target}) / L_{target} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$L_{target}$  是目标光亮度在最大DDL是影像显示器供应商缺省值或校准期间使用的值。

此外， $L_{max}$  可以求值并与模式化规定或国家组织标准所定义的最小规定值进行比较评价。

#### 7.4.2 不考虑环境光的基本光亮度评价

此评价方法宜仅用于确立影像显示器基础光亮度响应，而不考虑环境照明条件。

此评价方法不宜用于考虑了环境照明条件对影像显示器进行了 DICOM GSDF 校准的情况。

应评价影像显示器的光亮度比  $r$  ( $= L_{max} / L_{min}$ )。

参见附录 B 中描述的测量方法中一种测量  $L_{min}$  和  $L_{max}$  的值。

本试验中  $L_{max}$  相对于目标值可以评价为

$$\Delta L_{max} = (L_{max} - L_{target}) / L_{target}$$

其中  $L_{target}$  是目标光亮度在最大 DDL 是影像显示器供应商缺省值或校准期间使用的值。

此外,  $L_{max}$  可以求值并与模式化规定或国家组织标准所定义的最小规定值进行比较评价。

7.4.3 光亮度响应评价

使用校准后的亮度计和 TG18-LN 测试图形。应对测试区域内对应 18 个 DDL 的 P 值的光亮度  $L$  进行测量,  $L(P)$  参见附录 B 中描述的测量方法。

影像显示系统应按 DICOM 灰阶标准显示函数(GSDF)进行校准。如果由于某些实际的原因  $L_{amb}$  的值无法测量,在校准期间使用的  $L_{amb}$  的值(或  $E \times R_d$ )应用于光亮度响应的评估。如果目的是评价与环境光条件无关的影像显示系统的光亮度响应,那么此方法在  $L_{amb}$  设置为零的情况下仍然有效。然而参考文献[2]中所指的 DICOM 灰阶标准显示函数(GSDF)清楚的注明:灰阶标准显示函数(GSDF)明显地包括散射的环境亮度效果。

测量值应与灰阶标准显示函数(GSDF)相关。首先它们应被变换成显著不同的基于人类视觉系统特性( $J$  值对应亮度)的索引( $J$  值)。 $J$  值对应测量到的  $L'_{min}$  和  $L'_{max}$ ,  $J_{min}$  和  $J_{max}$  应予以鉴别。中间的  $J$  值应在  $J_{min}$  到  $J_{max}$  范围内均匀的分布,  $\Delta J$ , 并且与实际使用的  $P$  值线性相关,  $P$ , 如:

$$J_i = J_{min} + \frac{P_i \Delta J}{\Delta P} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

——  $P$  是系统的数字输入

——  $i$  是指用于本试验的 18 个测试图形的索引。

对比度响应则是利用光亮度响应的斜率来进行计算。基于测量值的斜率  $\delta_i$  (测量到的对比度)以及灰阶标准显示函数(GSDF)值  $\delta_i^d$  (GSDF 的目标对比度)按公式(5)计算:

$$\delta_i = \frac{2(L'_i - L'_{i-1})}{(L'_i + L'_{i-1}) \bullet (J_i - J_{i-1})} \dots\dots\dots (5)$$

$$\delta_i^d = \frac{2(L_i^d - L_{i-1}^d)}{(L_i^d + L_{i-1}^d) \bullet (J_i - J_{i-1})}$$

式中:

——  $L_i$  索引  $i$  点上的亮度值；

——  $L_i^d$  根据灰阶标准显示函数(GSDF)对应的目标光亮度值。

$\delta_i$  和  $\delta_i^d$  对应  $0.5 (J_i + J_{i-1})$  (对应亮度测量的  $J$  值的平均值) 划点划线。

$\delta_i$  对应值与  $\delta_i^d$  对应值的偏差不应超过确定的阈值准则。图8显示了对18个显示水平的测量到的亮度样本，点划线对应目标光亮度响应，此例中它碰巧是灰阶标准显示函数(GSDF)。图9显示了图8中所显示数据对应的对比度响应。

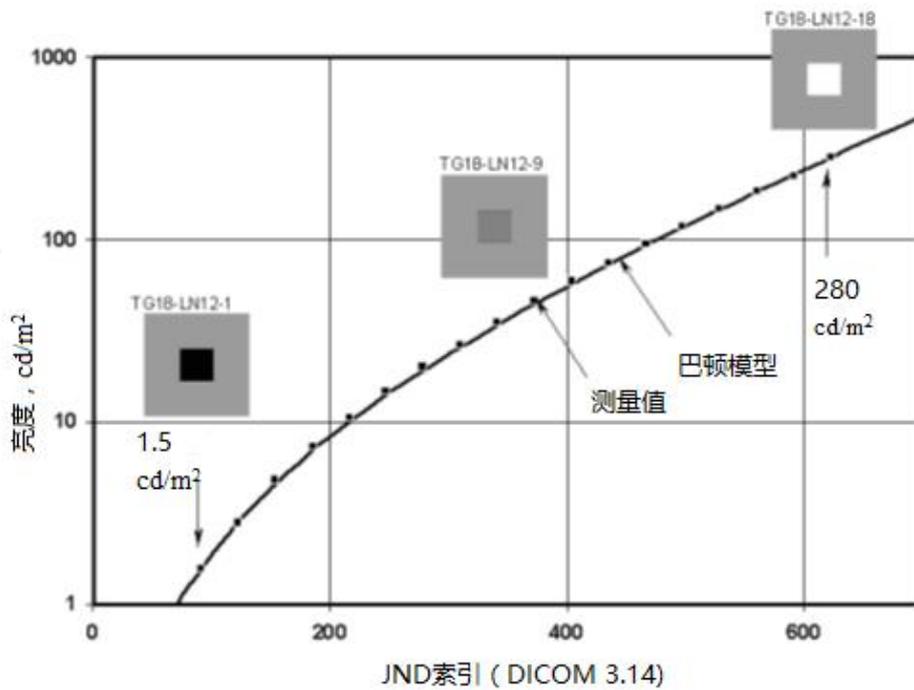


图 8 针对与灰阶标准显示函数 (GSDF) 一致的标准光亮度响应测试到的光亮度样本

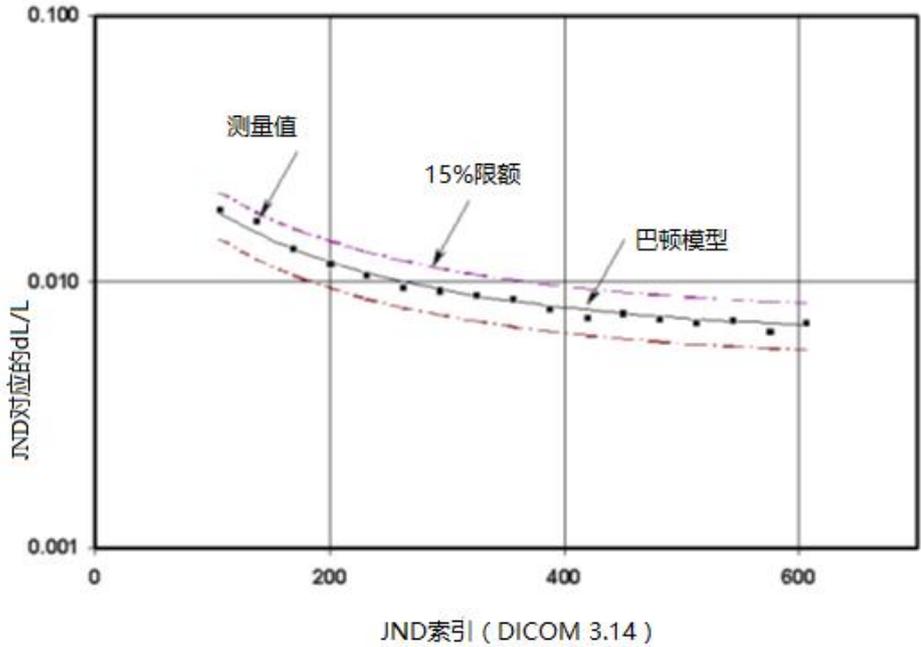


图 9 从 18 个灰阶计算出来的对比度样本，与预期的与 DICOM3.14 标准亮度相应有关的对比度响应，在给定容差之内

7.4.4 多显示器的光亮度评价

如果同一套影像显示系统中有多多个显示器，应对作为所有影像显示器亮度评价基础的白色亮度值进行比较。准备比较的值是  $L'_{max}$  或  $L_{max}$ ，所有的测量方法 A, B, C 和 D (参见附录 B) 都可以用于这些测量。光亮度的最大偏差按百分比计算为最大光亮度和最小光亮度的差与这些点光亮度最小值的比。

$$100 * (L_{highest} - L_{lowest}) / L_{lowest}$$

7.4.5 色度一致性评价

在显示器上显示 TG18-UNL80 测试图形。使用色度计，在屏幕的中心和四角测量  $(u', v')$  的彩色坐标，然后计算  $\Delta u'v'$  的距离， $u'-v'$  空间中任意  $(u'-v')$  点对间的距离的最大距离按如下计算：

$$\Delta u'v' = ((u'_1 - u'_2)^2 + (v'_1 - v'_2)^2)^{1/2}$$

这个距离被计算出来作为显示屏上任意两个位置之间的最大距离。如果色度计的输出值是在  $x, y$  坐标中，这些值可以按下面的公式转换到  $u'-v'$  坐标：

$$u' = 4x / (-2x + 12y + 3)$$

$$v' = 9y / (-2x + 12y + 3)$$

#### 7.4.6 多显示器间色度评价

如果同一影像显示系统有多台影像显示器应比较每台显示器中心的 $(u', v')$ 色度。所有影像设备的中心测量值也可以从每台显示器的测度评价中获取(7.4.5)。按下式计算距离 $\Delta u'v'$ ，作为 $u'-v'$ 空间任意中心测量值对间的最大距离：

$$\Delta u'v' = ((u_1' - u_2')^2 + (v_1' - v_2')^2)^{1/2}$$

如果这个距离 $\Delta u'v'$ 在两个以上影像显示器上计算，应使用在 $(u', v')$ 距离上的两个最大偏差。

可选的(为了和其他标准保持一致)，7.4.5描述每个影像显示器上5个点的测量值的平均 $(u', v')$ 色度坐标可以用于替代中心测量值。按如上公式计算距离 $\Delta u'v'$ ，作为 $u'-v'$ 空向任意中心测量值对间的最大距离。

#### 7.4.7 光亮度均匀性评价

在影像显示器的前面板上测量5个位置(中心及四角)的光亮度，使用TG18-UNL80测试图形及附录B中的方法A或B。

光亮度的最大偏差按百分比计算为最大光亮度和最小光亮度的差与这两个点光亮度平均值的比。

$$200 \times (L_{highest} - L_{lowest}) / (L_{highest} + L_{lowest})$$

#### 7.4.8 视角评价

影像显示器量化的观察角度评价可以按参考文献[15]中推荐的“观察漏斗阈值”方法由制造商完成。在接受试验时，制造商可以提供这些信息给用户。当作为影像显示器的典型值给出时，这个试验作为型式试验完成。

注1：对于观察角度量化评价的可能设置是：安排用亮度计从法线方向测量影像显示器中心的亮度和色度；用测角定位仪如旋转盘或电动定位系统确保精确的角度定位，在亮度计和屏幕法线，对于偏离法线观察方向的增加(对于倾角使用最大 $5^\circ$ 的增量值，对于方位使用最大 $10^\circ$ 的增量值)。

注2：观察角度宜使用对比度范围从轴 $\theta_0$ 开始降低的百分比对应的度[10]。

#### 7.4.9 灰阶色度评价

使用色度计，在不考虑环境光的情况下用TG18-LN测试图形来测量亮度和色坐标 $(u', v')$ (TG18-LNX-I, I=01, 02, ..., 18)。只有记录亮度值大于或等于 $5 \text{ cd/m}^2$ 相对应的测量值,在 $u', v'$ 平面上的距离关于在全白场(即从TG18-LN<sub>X</sub>-18)上测量的计算方法为

$$\Delta u_i' v_i' = ((u_i' - u_{18}')^2 + (v_i' - v_{18}')^2)^{1/2}$$

丢弃的测量数据(亮度值小于 $5 \text{ cd/m}^2$ )将根据校准后的显示功能而变化。基于这个原因，报告灰阶色度结果时应该伴随着被测量的显示设备所使用的校准显示功能。

灰阶色度被量化为计算后的最大偏差值。7.4.9中描述的灰阶色度评价方法适用于彩色和单色显示

设备。

附 录 A  
(资料性附录)  
测试报告样本

此附录提供了一些测试报告的样本如下：

- 表 A. 1 诊断显示器验收试验；
- 表 A. 2 诊断显示器稳定性试验；
- 表 A. 3 单色观察显示器验收试验；
- 表 A. 4 单色观察显示器稳定性试验；
- 表 A. 5 彩色显示器验收试验；
- 表 A. 6 彩色显示器稳定性试验。

表 A.1 诊断显示器验收试验

概况			
测试日期: xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员: xx			
单位: xxx 公司			
地址: xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器: LCD, Type 3MP Portrait, S/N			
应用场合: 诊断, 多模式 (RX, CT, MR) 工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果:			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试图	所有项目正常, 无缺陷发现	通过
——综合性能检查	形	否	
灰阶分辨率评价	TG18-MP 测试图	>8bit	通过
——对应 8bit 和 10bit 标识检查具有足够的灰阶分辨率	形	分辨率与 8bit 标识匹配	
光亮度响应评价 (对应综合影像质量评价更全面的解决)	TG18-CT 测试图	所有方块和半月形可见	通过
	形	是	
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测试	无可见的非均匀性标识出现	通过
——寻找非均匀性标识	图形	是	
色度评价	TG18-UN80 测试	无可见的色度非均匀性标识出现	
——色度均匀性检查	图形	无	

表 A.1 诊断显示器验收试验(续)

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
像素缺陷评价——寻找暗的(TG18-UN80)和亮的(TG18-UN10)像素缺陷	TG18-UN80 和 TG18-UN10 测试图形	A 型: $\leq 1$ B 型: $\leq 1$ C 型: $\leq 2$ 同一簇里无	通过
		检测到的像素缺陷: 0, A 类 ( $\leq 1$ ) 1, B 类 ( $\leq 1$ ) 2, C 类 ( $\leq 2$ ) 同一簇里无	
角度观察评价——观察角度检查	ANG 测试图形	要求得分: $\geq 0.9$	通过
		中心部位得分: 10 左上角部位得分: 8 上边中间部位得分: 10 右上角部位得分: 9 右边中间部位得分: 10 右下角部位得分: 9 下边中间部位得分: 10 左下角部位得分: 8 左边中间部位得分: 10 总得分: 9.25/10	
临床评价	临床测试图形 TG18-CH, TG-18-KN	临床测试图形显示正常	通过
		是	
量化方法			
基础亮度评价	亮度计	$L_{\max}$ 偏差 $< 500\text{cd/m}^2$ 的 $\pm 5\%$ $r' > 250$ $a < 0.4$	通过

		$L_{max} > 170 \text{cd/m}^2$ 使用测量方法 A (B.2.1) $L'_{max} = 504.97 \text{cd/m}^2$ $L'_{min} = 1.28 \text{cd/m}^2$ $L_{amb} = 0.5 \text{cd/m}^2$ $L_{max} = 504.47 \text{cd/m}^2$ $r' = 394$ $a = 0.39$	
亮度相应评价	亮度计	最大偏差 < 15% 使用方法 B (B.2.2 进行测量) $L' (LN01) = 1.58 \text{cd/m}^2$ $L' (LN02) = 3.16 \text{cd/m}^2$ $L' (LN03) = 5.48 \text{cd/m}^2$ $L' (LN04) = 8.7 \text{cd/m}^2$ $L' (LN05) = 12.9 \text{cd/m}^2$ $L' (LN06) = 18.8 \text{cd/m}^2$ $L' (LN07) = 26.4 \text{cd/m}^2$ $L' (LN08) = 36.4 \text{cd/m}^2$ $L' (LN09) = 48.9 \text{cd/m}^2$ $L' (LN10) = 65.5 \text{cd/m}^2$ $L' (LN11) = 86.2 \text{cd/m}^2$ $L' (LN12) = 112.7 \text{cd/m}^2$ $L' (LN13) = 144.8 \text{cd/m}^2$ $L' (LN14) = 186.7 \text{cd/m}^2$ $L' (LN15) = 240.2 \text{cd/m}^2$ $L' (LN16) = 309.8 \text{cd/m}^2$ $L' (LN17) = 395.5 \text{cd/m}^2$ $L' (LN18) = 504.9 \text{cd/m}^2$ 最大偏差 = 5.10%	通过
多显示器间的亮度评	亮度计	偏差 < 10%	通过

价		使用方法 B (B.2.2 进行测量) $L'_{max}=504.97\text{cd/m}^2$ $L'_{max}=493.65\text{cd/m}^2$ 偏差=2.27%	
色度评价	色度计	最大偏差<0.02 使用方法 B (B.2.2 进行测量) 左上 $u^f=0.2025$ $v^f=0.4699$ 右上 $u^f=0.2051$ $v^f=0.4688$ 中心 $u^f=0.2024$ $v^f=0.4680$ 右下 $u^f=0.2052$ $v^f=0.4695$ 左下 $u^f=0.2009$ $v^f=0.4706$ 最大偏差=0.0046	通过
多显示器的色度评价	色度计	偏差<0.02 使用方法 B (B.2.2) 进行测量 中心 $u^f=0.2024$ $v^f=0.4680$ 其他显示器 中心 $u^f=0.2046$ $v^f=0.4699$ 偏差=0.0029	通过

表 A.1 诊断显示器验收试验(续)

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
亮度均匀性评价	亮度计	最大偏差<30% 使用测量方法 B (B.2.2) 左上 L=191.5cd/m <sup>2</sup> 右上 L=176.4cd/m <sup>2</sup> 中心 L=197.2cd/m <sup>2</sup> 右下 L=202.5cd/m <sup>2</sup> 左下 L=195.8cd/m <sup>2</sup> 最大偏差=13.8%	通过

表 A.1 诊断显示器验收试验(续)

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
灰度色度评价 注意：这个装置是根据 GSDF 校准的。	色度计	最大偏差<0.01  舍弃的测量值：( $L < 5 \text{cd/m}^2$ ) LN01: $L=0.64 \text{cd/m}^2$ $u'=0.1936 \quad v'=0.4276$ LN02: $L=2.03 \text{cd/m}^2$ $u'=0.2003 \quad v'=0.4491$ LN03: $L=4.17 \text{cd/m}^2$ $u'=0.2039 \quad v'=0.4649$ 剩余的测量： LN04: $u'=0.2046 \quad v'=0.4695$ LN05: $u'=0.2048 \quad v'=0.4715$ LN06: $u'=0.2049 \quad v'=0.4727$ LN07: $u'=0.2050 \quad v'=0.4735$ LN08: $u'=0.2051 \quad v'=0.4740$ LN09: $u'=0.2051 \quad v'=0.4743$ LN10: $u'=0.2051 \quad v'=0.4744$ LN11: $u'=0.2053 \quad v'=0.4743$ LN12: $u'=0.2051 \quad v'=0.4741$ LN13: $u'=0.2052 \quad v'=0.4738$ LN14: $u'=0.2053 \quad v'=0.4733$ LN15: $u'=0.2050 \quad v'=0.4724$ LN16: $u'=0.2049 \quad v'=0.4715$ LN17: $u'=0.2049 \quad v'=0.4708$ LN18: $u'=0.2050 \quad v'=0.4708$ 最大偏差=0.0036	通过

表 A.2 诊断显示器稳定性试验

概况			
测试日期：xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员：xx			
单位：xxx 公司			
地址：xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器：LCD, Type 3MP Portrait, S/N			
应用场合：诊断，多模式（RX, CT, MR）工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果：			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试	所有项目正常，无缺陷发现	通过
——综合性能检查	图形	否	
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测	无非均匀性标识可见	通过
——查找非均匀性标识	试图形	否	
临床评价	临床测试图形	临床影像显示正常	通过
	TG18-CH, TG-18-KN	是	
量化评价			
基础亮度评价	亮度计，照度计	$r^f > 250$ $a < 0.4$	通过
		测量方法 C (B.2.3) 测量 $L_{max} = 520.9 \text{cd/m}^2$ $L_{min} = 0.64 \text{cd/m}^2$ $E = 24 \text{lx}$ $R_d = 0.017$ $L_{amb} = 0.408 \text{cd/m}^2$ $r' = 497, a = 0.389$	

表A.2 诊断显示器稳定性试验(续)

价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
光亮度响应评价	亮度计, 照度计	最大偏差<15%	通过
		使用测量方法 C (B.2.3)	
		L (LN01) =0.64cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN02) =2.03cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN03) =4.17cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN04) =7.11cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN05) =11.12cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN06) =16.75cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN07) =24.07cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN08) =33.67cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN09) =46.24cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN10) =63.12cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN11) =83.94cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN12) =110.6cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN13) =144.9cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN14) =190.1cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN15) =246.3cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN16) =317.8cd/m <sup>2</sup>	
L (LN17) =406.4cd/m <sup>2</sup>			
L (LN18) =520.9cd/m <sup>2</sup>			
		测试结果	
灰度色度评价 注意: 这个装置是根据 GSDF 校准的。	色度计	最大偏差<0.01	通过
		舍弃的测量: (L<5cd/m <sup>2</sup> )	
		LN01: L=0.64cd/m <sup>2</sup> u'=0.1936 v'=0.4276	
		LN02: L=2.03cd/m <sup>2</sup>	

		$u'=0.2003$ $v'=0.4491$ LN03: $L=4.17\text{cd/m}^2$ $u'=0.2039$ $v'=0.4649$ 剩余的测量: LN04: $u'=0.2046$ $v'=0.4695$ LN05: $u'=0.2048$ $v'=0.4715$ LN06: $u'=0.2049$ $v'=0.4727$ LN07: $u'=0.2050$ $v'=0.4735$ LN08: $u'=0.2051$ $v'=0.4740$ LN09: $u'=0.2051$ $v'=0.4743$ LN10: $u'=0.2051$ $v'=0.4744$ LN11: $u'=0.2053$ $v'=0.4743$ LN12: $u'=0.2051$ $v'=0.4741$ LN13: $u'=0.2052$ $v'=0.4738$ LN14: $u'=0.2053$ $v'=0.4733$ LN15: $u'=0.2050$ $v'=0.4724$ LN16: $u'=0.2049$ $v'=0.4715$ LN17: $u'=0.2049$ $v'=0.4708$ LN18: $u'=0.2050$ $v'=0.4708$ 最大偏差=0.0036	
--	--	---	--

表 A.3 单色观察显示器验收试验

概况			
测试日期：xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员：xx			
单位：xxx 公司			
地址：xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器：LCD，Type 2MP Portrait，S/N			
应用场合：评价，多模式（CT，MR）工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果：			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试	所有项目正常，无缺陷发现	通过
——综合性能检查	图形	否	
灰阶分辨率评价	TG18-MP 测试	>8bit	通过
——对应 8bit 和 10bit 标识检查具有足够的灰阶分辨率	图形	分辨率与 8bit 标识匹配	
光亮度响应评价（对应综合影像质量评价更全面的解决）	TG18-CT 测试图形	所有方形及半月形可见 是	通过
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测试图形	无可见的非均匀性标识	通过
——寻找非均匀性标识		否	

表 A.3 单色观察显示器验收试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
角度观察评价 ——观察角度检查	ANG 测试图形	要求得分 $\geq 0.75$ 中心部位得分：10 左上角部位得分：8 上边中间部位得分：9 右上角部位得分：8 右边中间部位得分：10 右下角部位得分：8 下边中间部位得分：10 左下角部位得分：9 左边中间部位得分：8 总得分：8.75/10	通过
临床评价	临床测试图形 TG18-CH, TG-18-KN	临床影像显示正常 是	通过
量化评价			
基础亮度评价	亮度计 制造商 xx 仪器名称 xx-S/N 98832	$L_{\max}$ 偏差 $<400\text{cd/m}^2$ 的 $\pm 10\%$ $r^f > 100$ 使用方法 A (B.2.1) 测量 $L'_{\max} = 418.2\text{cd/m}^2$ $L'_{\min} = 2.01\text{cd/m}^2$ $L_{\text{amb}} = 1.5\text{cd/m}^2$ $r^f = 208$ $a = 0.746$	通过

表 A.3 单色观察显示器验收试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
光亮度响应评价	亮度计 制造商 xx 仪器名称 xx-S/N 98832	最大偏差<30%	通过
		使用方法 A (B.2.1) 测量	
		$L' (LN01) = 2.012\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN02) = 3.324\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN03) = 5.236\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN04) = 7.488\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN05) = 10.396\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN06) = 14.9\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN07) = 20.756\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN08) = 28.436\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN09) = 38.492\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN10) = 51.996\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN11) = 68.652\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN12) = 89.98\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN13) = 117.42\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN14) = 153.58\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN15) = 198.54\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN16) = 255.74\text{cd/m}^2$	
$L' (LN17) = 326.62\text{cd/m}^2$			
$L' (LN18) = 418.22\text{cd/m}^2$			

		最大偏差=14.72%	
多显示器的光亮度响应评价	亮度计 制造商 xx 仪器名称 xx-S/N 98832	偏差<10%	通过
		使用方法 A (B.2.1) 测量 $L'_{\max}=418.2\text{cd/m}^2$ $L'_{\max}=389\text{cd/m}^2$ 偏差=7.2%	
亮度均匀性评价	亮度计 制造商 xx 仪器名称 xx-S/N 98832	最大偏差<30%	通过
		使用方法 B (B.2.2) 测量 左上 $L=144\text{cd/m}^2$ 右上 $L=159.1\text{cd/m}^2$ 中心 $L=149.8\text{cd/m}^2$ 右下 $L=168.2\text{cd/m}^2$ 左下 $L=153.7\text{cd/m}^2$ 最大偏差=15.5%	

表 A.4 单色观察显示器稳定性试验

概况			
测试日期：xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员：xx			
单位：xxx 公司			
地址：xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器：LCD，Type 2MP Portrait，S/N			
应用场合：评价，多模式（CT，MR）工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果：			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试	所有项目正常，无缺陷发现	通过
——综合性能检查	图形	否	
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测	无非均匀性标识可见	通过
——查找非均匀性标识	试图形	否	
临床评价	临床测试图形	临床影像显示正常	通过
	TG18-CH， TG-18-KN	是	
量化评价			
基础亮度评价	亮度计，照度计	$r^f > 100$	通过
		测量方法 C（B.2.3）测量 $L_{\max} = 430.6 \text{cd/m}^2$ $L_{\min} = 0.6 \text{cd/m}^2$ $E = 53 \text{lx}$ $R_d = 0.025$ $L_{\text{amb}} = 1.325 \text{cd/m}^2$ $r^f = 224$ $a = 0.688$	

表 A.4 单色观察显示器稳定性试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
光亮度响应评价	亮度计，照度计	最大偏差<30%	通过
		使用测量方法 C (B.2.3) 测量	
		L (LN01) =0.6cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN02) =1.9cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN03) =4cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN04) =7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN05) =11cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN06) =16.1cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN07) =23cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN08) =31.9cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN09) =42.8cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN10) =57.4cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN11) =75.6cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN12) =97.7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN13) =127cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN14) =163.1cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN15) =209.7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN16) =266.6cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN17) =340.1cd/m <sup>2</sup>	
L (LN18) =430.6cd/m <sup>2</sup>			
		最大偏差=11.6%	

表 A.5 彩色观察显示器验收试验

概况			
测试日期：xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员：xx			
单位：xxx 公司			
地址：xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器：LCD，Type 2MP 水平，S/N			
应用场合：评价工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果：			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试 图形	所有项目显示正常并无可见缺陷	通过
——综合性能检查		否	
灰阶分辨率评价	TG18-MP 测试 图形	>8bit	通过
——对应 8bit 和 10bit 标识检查具有足够的灰阶分辨率		分辨率与 8bit 标识匹配	
光亮度响应评价（对应综合影响质量评价更全面的解决）	TG18-CT 测试图 形	所有方形及半月形可见	通过
		是	
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测 试图形	无可见的非均匀性标识	通过
——寻找非均匀性标识		否	

表 A. 5 彩色观察显示器验收试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
色度评价	TG18-UN80 测	无可见性的非均匀性标识	通过
——色度均匀性检查	试图形	否	
临床评价	临床测试图形	临床影像显示正常	通过
	TG18-CH, TG-18-KN	是	
量化评价			
基础亮度评价	亮度计	$L_{\max}$ 偏差 $<300\text{cd/m}^2$ 的 $\pm 10\%$ $r^f > 100$	通过
		使用方法 A 进行测量 (B.2.1) $L'_{\max} = 285\text{cd/m}^2$ $L'_{\min} = 1.95\text{cd/m}^2$ $L_{\text{amb}} = 1.2\text{cd/m}^2$ $L_{\max} = 283.8\text{cd/m}^2$ $r^f = 146$ $a = 0.615$	

表 A. 5 彩色观察显示器验收试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
光亮度响应评价	亮度计	最大偏差<30%	通过
		使用方法 A (B.2.1) 进行测量	
		$L' (LN01) = 1.95\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN02) = 3.15\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN03) = 4.8\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN04) = 7.1\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN05) = 9.85\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN06) = 14.05\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN07) = 18.68\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN08) = 24.66\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN09) = 31.99\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN10) = 40.87\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN11) = 51.4\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN12) = 65\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN13) = 83.8\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN14) = 108.3\text{cd/m}^2$	
		$L' (LN15) = 139\text{cd/m}^2$	
$L' (LN16) = 177.9\text{cd/m}^2$			
$L' (LN17) = 224\text{cd/m}^2$			

		$L'$ (LN18) =285cd/m <sup>2</sup> 最大偏差=13.62%	
多显示器的光亮度响应评价	亮度计	偏差<10%	通过
		使用方法 A (B.2.1) 进行测量 $L'_{max}$ =285cd/m <sup>2</sup> $L'_{max}$ =306cd/m <sup>2</sup> 偏差=7.1%	
亮度均匀性评价	亮度计	最大偏差<30%	通过
		使用方法 B (B.2.2) 进行测量 左上 L=95.3 cd/m <sup>2</sup> 右上 L=90.8cd/m <sup>2</sup> 中心 L=110.6cd/m <sup>2</sup> 右下 L=101.1cd/m <sup>2</sup> 左下 L=112cd/m <sup>2</sup> 最大偏差=20.9%	
		测试结果	
灰度色度评价 注意：这个装置是根据 GSDF 校准的。	色度计	最大偏差<0.01	通过
		抛弃的测量：(L<5cd/m <sup>2</sup> ) LN01: L=0.7cd/m <sup>2</sup> u'=0.1927 v'=0.4583 LN02: L=1.92cd/m <sup>2</sup> u'=0.1935 v'=0.4615 LN03: L=3.48cd/m <sup>2</sup> u'=0.1935 v'=0.4640 剩余的测量： LN04: u'=0.1927 v'=0.4620 LN05: u'=0.1935 v'=0.4641 LN06: u'=0.1927v'=0.4647 LN07: u'=0.1930 v'=0.4648 LN08: u'=0.1930 v'=0.4649	

		LN09: $u'=0.1928$ $v'=0.4650$ LN10: $u'=0.1933$ $v'=0.4651$ LN11: $u'=0.1931$ $v'=0.4655$ LN12: $u'=0.1931$ $v'=0.4655$ LN13: $u'=0.1931$ $v'=0.4653$ <b>LN14: <math>u'=0.1933</math> <math>v'=0.4655</math></b> LN15: $u'=0.1934$ $v'=0.4654$ LN16: $u'=0.1934$ $v'=0.4654$ LN17: $u'=0.1935$ $v'=0.4657$ LN18: $u'=0.1939$ $v'=0.4661$ 最大偏差=0.0043	
--	--	--	--

表 A.6 彩色观察显示器稳定性试验

概况			
测试日期：xxxx 年 xx 月 xx 日			
测试人员：xx			
单位：xxx 公司			
地址：xx 市 xx 区 xx 胡同 x 号			
显示器：LCD，Type 2MP 水平，S/N			
应用场合：评价工作站			
评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
整体测试结果：			通过
视觉评价			
综合影像质量评价	TG18-QC 测试	所有项目显示正常无可见缺陷	通过
——综合性能检查	图形	否	
亮度均匀性评价	TG18-UN80 测	无可见的非均匀性标识	通过
——寻找非均匀性标识	试图形	否	
临床评价	临床测试图形 TG18-CH， TG-18-KN	临床影像显示正常	临床评价
量化评价			
基础亮度评价	亮度计，照度计	$r^f > 100$	通过
		测量方法 B (B.2.2) 进行测量 $L_{\max} = 280.3 \text{cd/m}^f$ $L_{\min} = 0.7 \text{cd/m}^f$ $E = 45 \text{lx}$ $R_d = 0.029$ $L_{\text{amb}} = 1.305 \text{cd/m}^f$ $r^f = 140$ $a = 0.651$	

表 A.6 彩色观察显示器稳定性试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
光亮度响应评价	亮度计，照度计	最大偏差<30%	通过
		使用方法 B (B.2.2) 测量	
		L (LN01) =0.7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN02) =1.92cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN03) =3.48cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN04) =5.56cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN05) =8.06cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN06) =11.85cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN07) =16.55cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN08) =22.84cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN09) =29.65cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN10) =37.2cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN11) =49.1cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN12) =63.7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN13) =82.5cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN14) =107cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN15) =137.7cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN16) =176.6cd/m <sup>2</sup>	
		L (LN17) =225.5cd/m <sup>2</sup>	
L (LN18) =280.3cd/m <sup>2</sup>			
		最大偏差=14.76%	

表 A.6 彩色观察显示器稳定性试验（续）

评价方法	设备、工具	要求	结论
		测试结果	
灰度色度评价 注意：这个装置是根据 GSDF 校准的。	色度计	最大偏差<0.01	通过
		抛弃的测量：(L<5cd/m <sup>2</sup> ) LN01: L=0.7cd/m <sup>2</sup> u'=0.1927 v'=0.4583 LN02: L=1.92cd/m <sup>2</sup> u'=0.1935 v'=0.4615 LN03: L=3.48cd/m <sup>2</sup> u'=0.1935 v'=0.4640 剩余的测量： LN04: u'=0.1927 v'=0.4620 LN05: u'=0.1935 v'=0.4641 LN06: u'=0.1927 v'=0.4647 LN07: u'=0.1930 v'=0.4648 LN08: u'=0.1930 v'=0.4649 LN09: u'=0.1928 v'=0.4650 LN10: u'=0.1933 v'=0.4651 LN11: u'=0.1931 v'=0.4655 LN12: u'=0.1931 v'=0.4655 LN13: u'=0.1931 v'=0.4653 LN14: u'=0.1933 v'=0.4654 LN15: u'=0.1934 v'=0.4654 LN16: u'=0.1934 v'=0.4654 LN17: u'=0.1935 v'=0.4657 LN18: u'=0.1939 v'=0.4661 最大偏差=0.0043	



附 录 B  
(资料性附录)  
光亮度测量方法

### B.1 概述

本附录描述影像显示系统光亮度响应的测量方法。所有这些方法所使用的仪器宜符合第6章的规范。除非另有规定，测量宜在屏幕的中心实施。然而由于光亮度测量费时昂贵，通过使用集成化的亮度计现代技术可以使得这些测量实现自动化。

### B.2 测量方法

#### B.2.1 方法A：平行光管方法

见图B.1

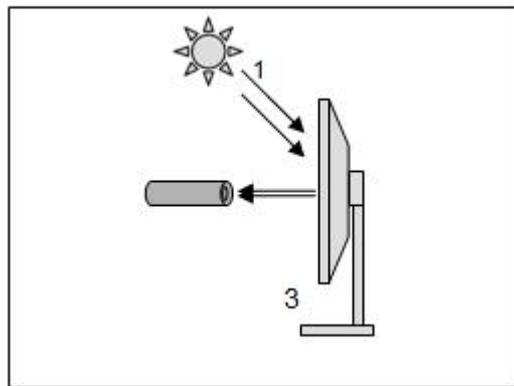


图 B.1 方法 A，平行光管法

说明：

- 1——环境光；
- 2——平行光管；
- 3——显示器。

图B.1描述，测量是用平行光管完成。平行光管宜能够完成包括环境光亮度在内的光亮度测量。其中包括具有望远式取景器的亮度计。对于望远式测量，提前确定的测量角度和距离导致确定测量场尺寸。亮度测量只是在测量野尺寸明显的小于最小或最大光亮度 ( $L_{min}$ 和 $L_{max}$ ) 对应的方块时是正确的。如果亮度计装备有成像镜头，亮度测量需要聚焦到屏幕的表面。为了使低亮度测量时闪烁的影响最小，测量应通过一个漏斗或者挡板，以遮盖仪器避开环境光。

为了避免在LCD显示器上使用漏斗或遮挡板的另一种方法是可以使用测试图形BN01-BN18以减少由测量仪器引起的错误。

### B.2.2 方法B：近场亮度计结合照度计

见图B.2

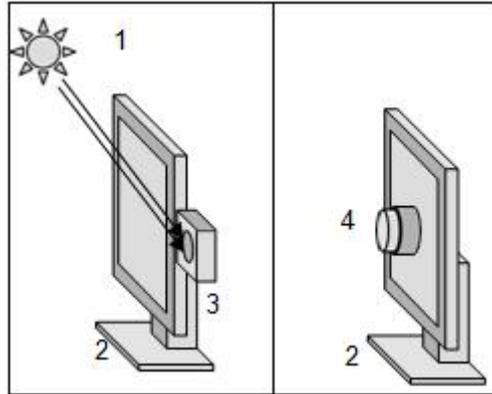


图 B.2 方法 B: 近场亮度计结合照度计

说明：

- 1——环境光；
- 2——显示器；
- 3——照度计；
- 4——近场亮度计。

近场亮度计提供了光亮度 ( $L$ ) 的测量，但没有考虑环境光 (见图B.2)。所有它宜结合照度测量  $E$  以计算  $L'$ 。近场亮度计宜符合前面提到的亮度计的规格要求。用于程序B的亮度计理想情况下定位于影像显示器正对面的中心位置。影像显示器的照度  $E$  和漫反射系数  $R_d$  的测量结果宜用于计算  $L'$  值 ( $L' = L + E \times R_d$ )。

### B.2.3 方法C：前置集成亮度计结合照度计

见图B.3

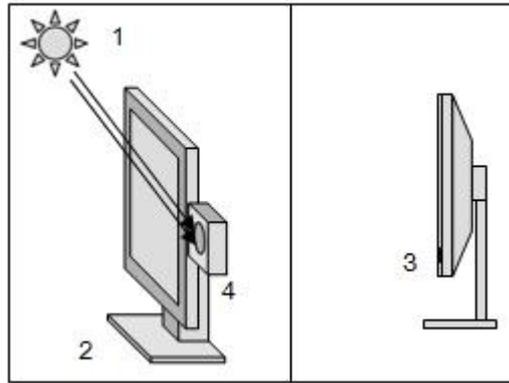


图 B.3 方法 C，前置集成亮度计结合照度计

说明：

- 1——环境光；
- 2——显示器；
- 3——照度计；
- 4——前置集成亮度计。

如图B.3所示，光亮度测量L可以借助集成的前传感器完成。这个测量方法强调前测量这点很重要，因为它能够根据使用者观察的不同测量显示在面板前的不同光亮度值。它也宜结合照度的测量以计算L'。L'=L+R×Rd。

如果集成的亮度计安装在屏幕的边沿，测量宜代表屏幕（前面的中心区域）的绝大部分使用区域的光亮度。这个通常由集成传感器的工厂校准实现。

#### B.2.4 方法D：背部集成亮度计结合照度计

见图B.4

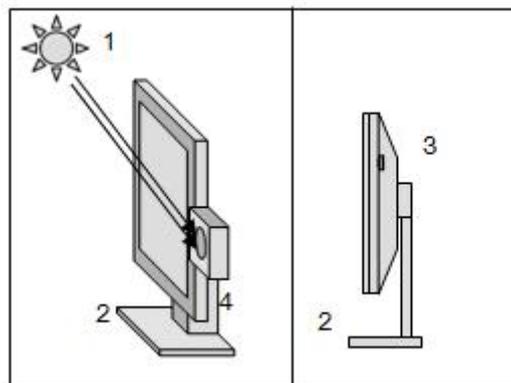


图 B.4 方法 D，背部集成亮度计结合照度

说明：

- 1——环境光；

- 2——显示器；
- 3——照度计；
- 4——背部集成亮度计。

如图 B.4 所示，测量也可以借助集成在背面的传感器完成。这个测量方法允许测量影像显示器的光源。前面传感器提供的  $L_{max}$  宜进行校准。这个亮度计宜仅用于测量影像显示器的最大光亮度。它也结合照度测量用于计算  $L'$ 。

### B.3 关于测量方法的注释

方法 B, C 所使用的近场亮度计宜测量  $L$  值并符合第 6 章所列技术要求。这些测量不宜包括环境光。环境光可以，举例说，每次测量中减去对应的值，屏蔽亮度计或当显示器电源关闭时提供的非常低的测量值（比如低于  $0.05\text{cd/m}^2$ ）。

四种测量方法中的每一种都具有其优缺点。例如，方法 A 仅给出重复的结果，如果环境和测量条件保持不变。方法 C 都知道受影像显示器亮度均匀性变化的影响。如果在集成传感器位置上的亮度以不同的方式变化，在屏幕中心位置的亮度，测量结果将只反映在次区域的光亮度响应而不是面板的亮度，除非采用某种校正。另一方面，方法 A, B 不能自动化操作，并且需要人的介入。而方法 D 可以自动化处理，但其缺点是只能测量背光的发射并且不能测量影像显示器的灰阶响应。

**附录 C**  
(资料性附录)  
试验模版描述

测试图形由如下组成：

- a) 数字化产生的技术测试图形。技术测试图形传送标准的输入信号用于像显示系统的测试。
- b) 临床测试图形，典型的用于临床应用。临床测试图形设计作为临床参考影像。表2显示了示例。表C. 4汇总了对这些示例的评价准则。

对于绝大部分的图形，在影像像素和显示器像素之间建立一一对应关系是必须的，除非在第7章中的那些测试程序所指出的情况下。DICOM或16bit TIFF格式的测试图形宜显示在窗口设及水平设置能够覆盖 0~4095 (WW=4096, WL=2048) 范围，除了对TG18-LN图形，其中宜使用4080的WW和2040的WL。对于8bit图形，显示范围宜从0~255 (WW=256, WL=128)。

测试图形中每个像素的方位和像素值在表C. 1有描述。像素的维数值和位置值是对应1024×1024矩阵尺寸并且方括号内的值是对应2048×2048矩阵尺寸。

对于矩阵尺寸不是2048×2048或1024×1024的，测试图形及特征原则上宜按比例标注刻度，这样同样的图形在不同尺寸和矩阵尺寸的屏幕上看上去是类似的。这些图形和特征根据标度要求的程度归到如下三个层次：

——不能变换尺度的：CX图形及线对 (如从7×7~10×10，从“1通，1阻”~“2通，2阻”)的尺度变换时禁止的。

——宜变换的：对于2048×2048矩阵尺寸其像素维数值标注在方括号内的图形或特征推荐进行尺度变换。

——必须变换：LN图形测量区域的，UNL图形，GV和GVN图形的，以及ANG图形中的靶圈必须进行尺度变换以满足诸如“整个区域的10%”，“20cm或22cm”的要求。

如果目标矩阵的尺寸不是正方形，比如1536×2048，尺度变换因子宜基于短边进行计算 (1536/1024=1.5)。TG18-QC图形对于矩阵尺寸1536×2048的变换描述的例子提供在表C. 5及图C. 1中。这仅仅是一个例子，并且原始的1024×1024图形也可以用于，当期望其对于每个图形的背景和上述第三种情况 (必须) 时。

如果目标矩阵尺寸不是正方形，角落单元的位置必须特别注意。ULN图形四角上的测量区域，QC图形四角的46×46 [92×92] CX图形，46×46 [92×92] 线对应放在目标矩形的四角上。

注：如果影像显示器的顶部或底部区域 (即，约6mm~7mm) 被防护住，不能进行测试 (即由成像应用生成工具条)，剩余的矩阵尺寸宜用作折中方法。

**表 C. 1 多用途测试图形描述**

测试图形/性能	像素维数和位置 1k[2k]尺寸	像素值 8bit[12bit]
TG18-QC		
背景	1024×1024[2048×2048]	128[2048]
十字交叉线阴影线	间距：102×102[204×204] 宽度：1(CIE S 010/E: 2004): 3[3]	191[3071]

	围绕中心区域	
亮度阶梯块: ——16级, 等间隔	102×102[204×204];在中心区域顺时针增加亮度(见表 C. 2)	8, 24, ..., 248 [128, 384, ...3968]
——低对比度角	10×10[20×20]; 在 16 个均匀块的四角上	+4[64]在左上-右下 -4[64]在左下-右上
——最小/最大水平	102×102[204×204]; 中心区域下部	0[0]和 255[4095]
——最小/最大水平下的对比度	51×51[102×102]; 在最小和最大光亮度块的中心	前景/背景: 最小: 13/0[205/0] 最大 : 242/255[3890/4095]
线对(水平和垂直格子)	46×46[92×92];1 通, 1 阻及 2 通.2 阻; 在图形中心及四角	高对比: 0, 255[0, 4095] 低对比: 128, 130[2048, 2088]
CX 图形: ——测量集	46×46[92×92];在图形中心及四角	背景: 0[0]CX: 255, 191, 128, 64 [4095, 3071, 2048, 1024]
——基准标志集, 12 级散焦	95×95[190×190];顺时针增加散焦;标有数字-2, -1, 0, 1, ..., 9(见表 C.2 及表 C.3)	最大对比度输入;散焦由 Kohmet al. (2001) [16] 确定
亮度阶梯	512×64[1024×128]图形左/右边的垂直准直。恒定像素值上的线数: 2[4]对应 8bit, 1[CIE S 010/E: 2004]对应 12bit.	1k: 0, 1, ..., 255[0, 8, ..., 4088] 2k: 0, 1, ..., 255[0, 4, ..., 4092]
白/黑窗口 ——外窗 ——内窗	815×25[1629×50];中心区域之上 407×25[813×50];中心区域之上	13/242[205/3890]
窜扰条	576×86[1152×172];沿图形顶部 条长度: 256, 128, ..., 1 [512, 256, ..., 1]	最大对比度 0/255[0/4095]-6[-96] 和 +6[+96]在上部和下部

	条宽度: 3[6] 中心垂直条 6×86[12×172]	
低对比度字符: “QUALITYCONTR OL”	加黑大写字母, 23[46]像素高;在中心区域之下的均匀背景中	背景: 0, 128, 255 [0, 2048.4095]。字母于背景之上以第一个字母+1[16], 第二个字母+2[32]排列
边线	宽度: 3[3]。镶边: 10[20]	191[3071]
OIQ		
背景	1024×1024[2048×2048]	128[2048]
十字交叉阴影线	间距: 102×102[204×204] 宽度: 1(CIE S 010/E: 2004): 3[3] 围绕中心区域	191[3071]
亮度阶梯块: ——16级, 等间隔	102×102[204×204];在中心区域顺时针增加亮度(见表 C. 2)	8, 24, ..., 248 [128, 384, ...3968]
——低对比度角	10×10[20×20]; 在16个均匀块的四角上	+4[64]在左上及右下 -4[64]在左下及右上
OIQ		
——最小/最大水平	102×102[204×204]; 中心区域下部	0[0]和 255[4095]
——最小/最大水平下的对比度	51×51[102×102]; 在最小和最大光亮度块的中心	前景/背景: 最小: 13/0[205/0] 最大: 242/255[3890/4095]
线对(水平和垂直格子)	46×46[92×92];1通, 1阻及2通.2阻; 在图形中心及四角	高对比: 0, 255[0, 4095] 低对比: 128, 130[2048, 2088]
亮度阶梯	512×64[1024×128]图形左/右边的垂直准直。恒定像素值上的线数: 2[4]对应8bit, 1[CIE S 010/E: 2004]对应12bit.	1k: 0, 1, ..., 255[0, 8, ..., 4088] 2k: 0, 1, ..., 255[0, 4, ..., 4092]

白/黑窗口 ——外窗 ——内窗	815×25[1629×50];中心区域之上 407× 25[813×50];中心区域之上	13/242[205/3890]
窜扰条	576×86[1152×172];沿图形顶部 条长度: 256, 128, ..., 1 [512, 256, ..., 1] 条宽度: 3[6] 中心垂直条 6×86[12×172]	最大对比度 0/255[0/4095]-6[-96] 和 +6[+96]在上部和下部
低对比度字符: "QUALITYCONTR OL"	加黑大写字母, 23[46]像素高;在中心区 域之下的均匀背景中	背景: 0, 128, 255 [0, 2048.4095]。字母于 背景之上以第一个字母 +1[16], 第二个字母 +2[32]排列
边线	宽度: 3[3]。镶边: 10[20]	191[3071]
TG18-MP		
背景	1024×1024	16[256]
垂直阶梯	16 个 768×48 灰度台阶	每个灰度台阶: 48 水平 像素
边界线	770×770, 像素宽度围绕斜坡区	Pixel value=32[512]
标识	1×3 和 1×5 标识对不同 bit 转移	4 1×3 标识每 8bit 转移 [1×3 标识对 10bit 转移 和 1×5 标识对 8bit 转移] 像素值=相邻线的像素 值 +16[256](左半边) 和 -16[256](右半边)
TG18-CT		
背景	1024×1024	128[2048]
亮度阶梯度 ——16 级, 等间隔	102×102, 间隔 51;以 4×4 矩阵排序, 对角线锯齿状(zig-zag)增加.在图形中央	8, 24, ..., 248[128, 384, ..., 3968]
——低对比度角	10×10;在每个亮度块的四角	+4[64]在左上右下

		-4[64]在左下右上
——低对比度中心盘（半月）	直径：34	$\pm 2[32]$ +右边-左边
TG18-LN{8, 12}-nn		
背景	1024×1024[2048×2048]	153[2457](亮度峰值的~20%)
亮度测量区域： nn=01 to 18	324×324[648X648](整个区域的10%)； 背景的中心	0, 15, ..., 255[0, 240, ..., 4080]
TG18-UN{10, 80}		
背景	1024×1024[2048×2048]	26[410]或 204[3276]
TG18-UNL{10, 80}		
背景	1024×1024[2048×2048]	26[410]或 204[3276]
测量区域边界	324×324[2048×2048]（整个区域的10%），1个像素宽；图形的中心及四角	128[2048]
TG18-GV		
背景	1024×1024[2048×2048]	0[0]
白环	内径、外径：1cm（±20%） 20cm(±20%)。图形中心	255[4095]
低对比度盘	5个盘，等距分布在白环的内径内	2,4,6,8,10 [32,64,96,128,160]
TG18-GVN		
同TG18-GV 但没有白环		
GD		
背景线	1024×1024[2048×2048] 4个环在图形的四分之一均等处，半径224个像素 6个对角线连接图形四角和圆的中心 4条轴线连接圆的轴心	128[2048] 圆周线 64[1024] 64[1024] 64[1024] 0[0]和 255[4095]

	10 像素宽, 2-像素通/2-像素阻线对图形以线对图形垂直于图形边线的形式在图形的四边连	
ANG		
背景	1024×1024[2048×2048]	10[160]
标靶	9 个等距的圆环排成 3×3 阵列, 距离边沿 10mm~20mm。每个圆由顺时针增加的 12 个片组成, 其中 5 或 11 位置上没有过渡线(或边沿)。8 片具有不同的灰阶度, 而 4 片具有与背景相同的灰度。靶标的像素延伸宜具有大约 22mm(±10%)的屏幕尺寸[11]	从 12 点位置逆时针开始, 片的灰度级相对于背景为+4[+64], +3[+48], +2[+32], +1[+16], 0[0], 0[0], -4[-64], -3[-48], -2[-32], -1[-16], 0[0]和 0[0]
TG18-CH	PA chest 测试图形(见表 2) 2048×2048	12bit 范围: 8~3944
TG18-KN	Knee 测试图形(见表 2) 2048×2048	12bit 范围: 2~3902
TG18-MM1	Mammogram 测试图形 1(见表 2) 2048×2048	12bit 范围: 0~4095
TG18-MM2	Mammogram 测试图形 2(见表 2) 2048×2048	12bit 范围: 0~4095
BNnn		
Background 背影	1024×1024[2048×2048]	0[0]
亮度测量区域 : nn=01~18	324×324[648×648](整个区域的 10%); 背景的中心	0, 15, ..., 255 [0, 240, ..., 4080]

表 C.2 TG18-QC 测试图形, 带有 8bit 和 12bit 像素值及 CX 等级的亮度水平

Level 6 88[1408]	Level 7 104[1664]	Level 8 120[1920]	Level 9 136[2176]	Level 10 152[2432]	Level 11 168[2688]
Level 5 72[1152]	Cx 2	Cx 3	Cx 4	Cx 5	Level 12 184[2944]
Level 4 56[896]	Cx 1			Cx 6	Level 13 200[3200]
Level 3 40[40]	Cx 0			Cx 7	Level 14 216[3456]
Level 2 24[384]	Cx -1	Cx -2	Cx 9	Cx 8	Level 15 232[3712]
Level 1 8[128]	0/5% 0/13[0/205]			100/95% 255/242 [4095/3890]	Level 16 248[3968]

表 C.3 TG18-QC 测试图形中 CX 基准集合的开花特性

参考号	像素弥散的标准方差	对应的编程分辨率(RAR)
-2	$0.35\sigma, 0.875\sigma^2^a$	不适用
-1	$0.3\sigma, 0.99\sigma^2^a$	不适用
0	0	1(最优)
1	0.339	0.80
2	0.383	0.90
3	0.432	1.02
4	0.488	1.15
5	0.551	1.30
6	0.622	1.47
7	0.703	1.65
8	0.794	1.87
9	0.896	2.11

a 框架文件 =  $0.85N(\sigma_1) + 0.15N(\sigma_2)$ 。其中  $N$  是高斯分布。

表 C.4 临床参考影像样本的判读标准

样本影像	评价准则
TG18-CH	进行检验的困难程度 综合对比度 综合锐度 胸廓对称性显影，是以锁骨内端之间的脊椎棘突位于中线为准。肩胛骨内侧缘 膈上整体肋骨框架显影 肉眼可见肺部血管结构锐利显影，特别是外周血管 气管与近段支气管的锐利显影 心脏与主动脉边缘锐利显影 膈肌锐利显影 看到心脏后方的肺与纵隔结构 看到膈肌下结构 透过心影看到脊椎骨 看到全部肺脏细微结构，包括心脏后方区域 看到肺外周部的线状与网格状细节
样本影像	评价准则
TG18-KN	检验的困难程度 整体对比度 整体锐度 横膈细节再现 骨骼及软组织的再现
TG18-MM1 和 TG18-MM2	检验的困难程度 综合及亮度 <b>整体锐度（不模糊）</b> Cooper 韧带的锐利再现 别针的结构和乳尖间隙的显现(仅 TG18MM1) 微小钙化的可见性和显现(仅 TG18-MM1) 乳房边沿结构的可见性(仅 TG18MM1)

表 C.5 用于 1536×2048 矩阵的 TG18-QC 测试图形样本描述

测试图形/特征	像素维数和位置 1536×2048 尺寸	像素值 8bit[12bit]
背景	1536×2048	128[2048]
十字交叉线阴影线	间距: 154×154 宽度: 1: 3 围绕中心区域	191[3071]
亮度阶梯块: ——16 级, 等间隔	154×154;在中心区域顺时针增加亮度 (见表 C.2)	8, 24, ..., 248 [128, 384, ...3968]
——低对比度角	<b>15×15</b> <b>在 16 个均匀块的四角上</b>	+4[64]在左上及右下 -4[64]在左下及右上
——最小/最大水平	154×154;中心区域下部	0[0]和 255[4095]
——最小/最大水平下的对比度	77×77;在最小/最大光亮度块的中心	最小: 0/13[0/205] 最大: 242/255[3890/4095]
线对(水平和垂直格子)	69×69;1 通, 1 阻及 2 通.2 阻;在图形中心及四角	高对比: 0, 255[0, 4095] 低对比: 128, 130[2048, 2088]
CX 图形: ——测量集	69×69;在图形中心及四角	背景: 0[0] Cx: 255, 191, 128, 64 [4095, 3071, 2048, 1024]
——基准标志集, 12 级散焦	143×143;顺时针方向增加;标有数字 -2, -1, 0, 1, ..., 9(见表 C.2 及表 C.3)	最大对比度输入;散焦由 Kohmet al. (2001) [16] 确定
亮度阶梯	768×96 在图形左右边的垂直准直。恒定像素值上的线数, 对应 8bit 为 3, 对应 12bit 为 1	1k: 0, 1, ..., 255[0, 8, ..., 4088] 2k: 0, 1, ..., 255[0, 4, ..., 4092]
白/黑窗口 ——外窗 ——内窗	1223×38;中心区域之上 <b>611×25;中心区域之上</b>	13/242[205/3890]
窜扰条	864×130;沿图形顶部 条长度: 384, 192, ..., 1	最大对比度 0/255[0/4095]-6[-96] 和

	条宽度：5 中心垂直条：10×130	+6[+96]在上部和下部
低对比度字符： “QUALITYCONTR OL”	加黑大写字母，23[46]像素高；在中心区域之下的均匀背景中	背景：0，128，255 [0，2048.4095]。字母于背景之上以第一个字母+1[16]f，第二个字母+2[32]排列
边线	宽度：3。镶边：15	191[3071]

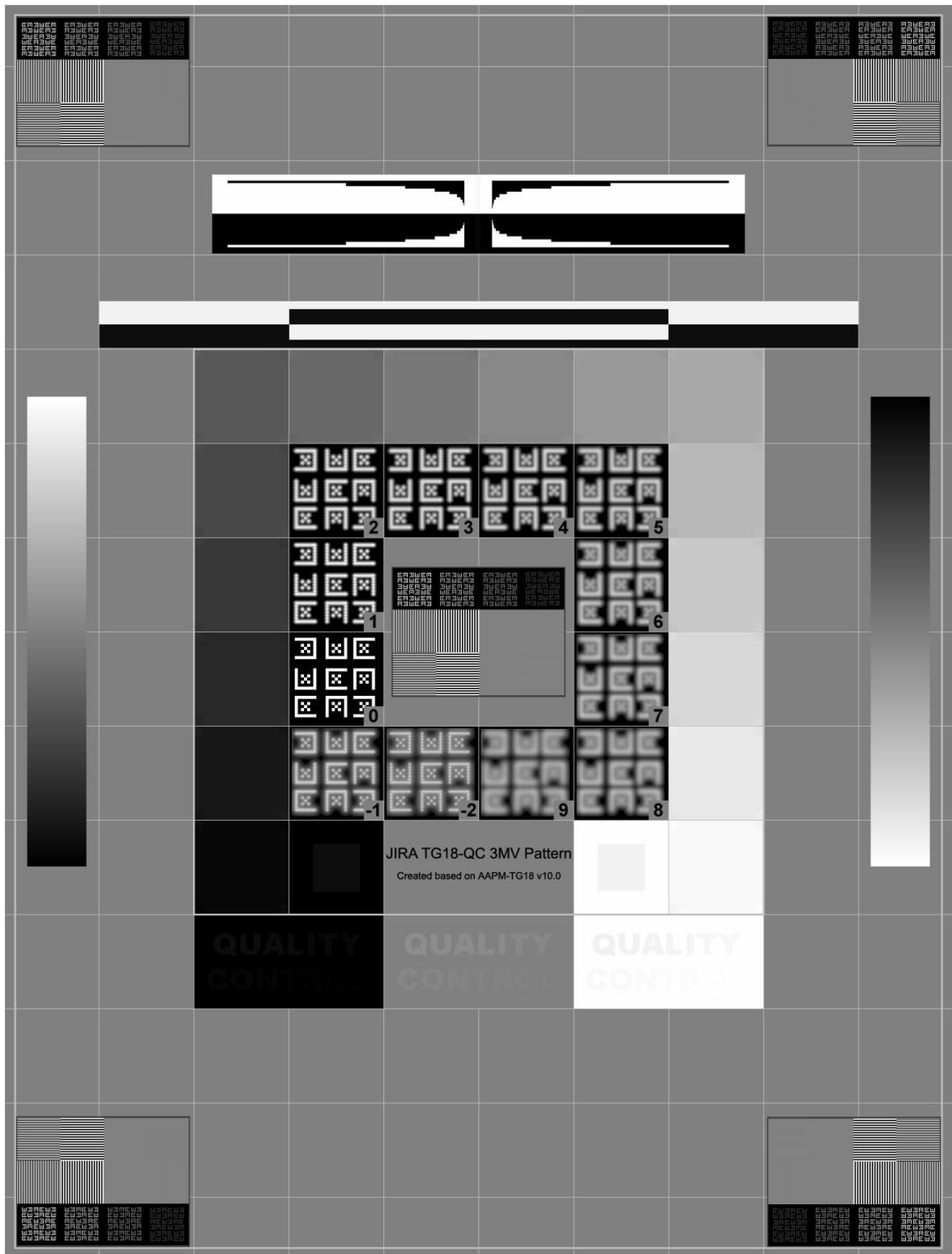


图 C.1 用于 1536×2048 矩阵的 TG18-QC 测试图形版本

附 录 D  
(资料性附录)  
手持式显示设备的评估方法

### D.1 概述

本附录描述了适用于手持式显示设备的评估方法。手持式显示设备是指便携式（随身携带）图像显示设备，通常，该设备体积小、重量轻，包括智能手机、平板电脑和笔记本电脑，但是，并非专门用于医疗用途。手持式设备使用方便、易于访问，可用于紧急情况（包括自然灾害）和远程咨询。工作空间有限的当前手持式查看技术并不能取代本文所述的专用医疗图像显示系统，后者更适合传统的放射工作流程和标准的主要报告。然而，移动设备日益实现了及时的患者管理和护理协作。需要制定明晰的规程，以便促进在紧急情况下使用手持式设备和进行远程咨询的更好方法。表 D.1 列出了本文所述的典型手持式设备和图像显示系统的主要特征。

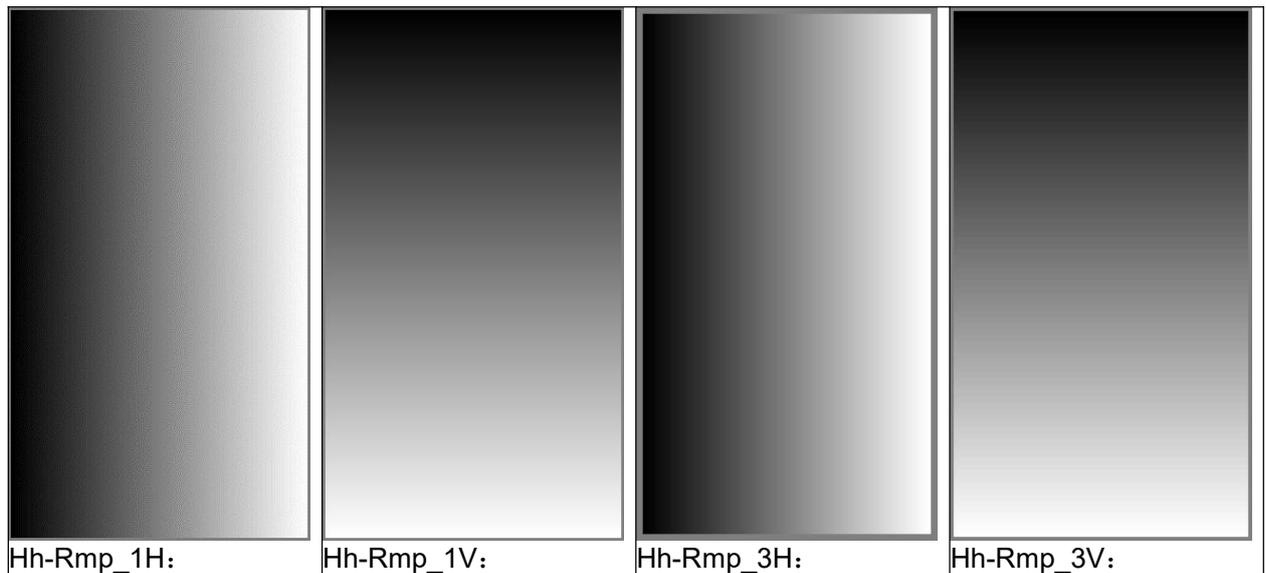
表 D.1 典型手持式设备与图像显示系统的主要特征比较

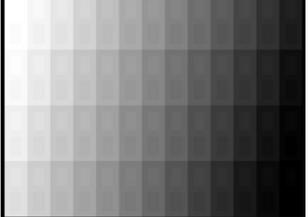
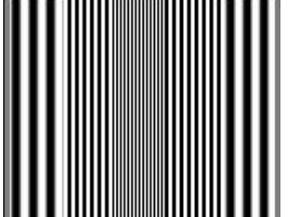
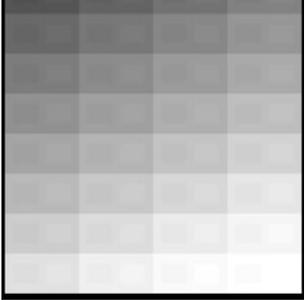
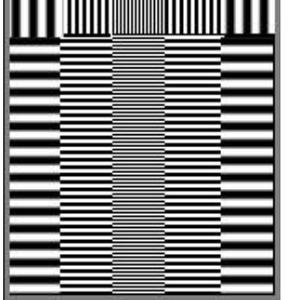
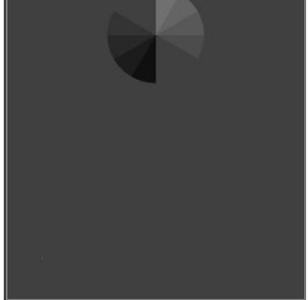
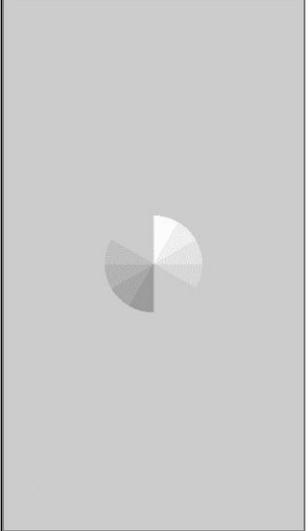
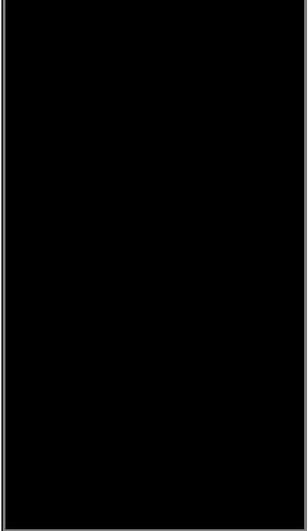
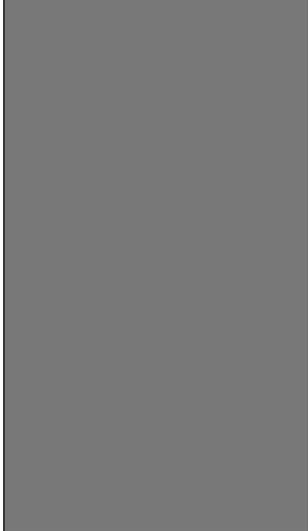
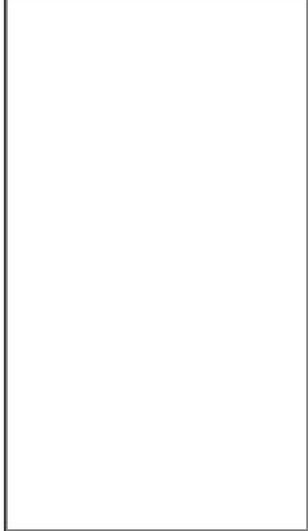
特性	手持式设备	医学图像显示系统（诊断用）
辉度响应的校准	未规定或不可能	DICOM GSDF
辉度稳定性	不受控	受控
环境辉度	变量，不受控	固定或受控
视角和视距	变量，不受控	固定或有限
质控软件	无	可用性

### D.2 手持式设备的测试图形

表 D.2 显示了手持式设备的测试图形。在分辨率、纵横比和屏幕大小方面，手持式设备可能不同于医学图像显示系统。因此，需要简单的测试图形。表 D.4 中描述了拟用测试图形。

表 D.2 手持式设备的测试图形



渐变增量 1 (水平)	渐变增量 1 (垂直)	渐变增量 3 (水平)	渐变增量 3 (垂直)
			
			
<p>Hh-Ctr (横向): 对比度 -4/+4</p>	<p>Hh-Ctr (纵向): 对比度 -4/+4</p>	<p>Hh-SpR: 空间分辨率</p>	<p>Hh-ANG(64): 角度响应 (64) (强调)</p>
			
<p>Hh-ANG(204): 角度响应 (204) (强调)</p>	<p>Hh-L01(0): 辉度响应 01 (0)</p>	<p>Hh-L09(120): 辉度响应 09 (120)</p>	<p>Hh-L18(255): 辉度响应 18 (255)</p>

Hh-UN10(26): 均匀性-10 (26)	Hh-UN80(204): 均匀性-80 (204)		

### D.3 手持式设备的评估方法

#### D.3.1 概述

为了通过参考D.3.2, 执行D.3.4所述的目视评估和D.3.5所述的定量评估, 所使用的适当测试图形应具有与受试手持式设备相同的显示分辨率。使用前, 应通过视觉灰度试验评估辉度响应。对于屏幕尺寸为10英寸(25.4厘米)或更大(对角线)的手持式设备, 才会进行辉度均匀性评估。使用前, 应采用HhCtr评估对比度, 并且, 采用HhSpR测试图形评估像素分辨率。

#### D.3.2 建议的测试项目

表D.3中列出了建议的试验项目。

表 D.3 手持式设备的建议测试项目

	测试项目	使用前	验收和稳定性测试	测试图形
目视	灰度评估	R	HR	Hh-Rmp_1H, 1V
	灰度(对比度)分辨率评估	R	HR	Hh-Rmp_3H, 3V
	对比度评估	HR	HR	Hh-Ctr
	像素分辨率评估	HR	HR	Hh-SpR
	角度观察评估	R	R	Hh-ANG(64), (204)
测量	辉度响应试验	-	HR	Hh-L01(0)-L18(255)
	辉度均匀性试验	-	HR (对于对角线大于 10英寸(25.4厘米) 的装置)	Hh-UN10(26), UN80(204)
<b>符号</b> HR 强烈推荐 R 推荐				

#### D.3.3 观察试验条件

应在纵向或横向图形下，利用实际使用条件进行评估。在试验图形 HhSpR、Hh-ANG (64)、(204) 下，不得进行缩放。如果放大或缩小了所述试验图形，那么由于缺少一个或多个边界、边界位置或 HhSpR 行距的不均匀，应识别该测试图形。

D.3.4 视觉评估方法

D.3.4.1 灰度评估

评估 Hh-Rmp\_1H、1V 测试图形的连续灰度显示。

D.3.3.1 灰度（对比度）分辨率评估

评估 Hh-Rmp\_3H、3V 测试图形的阶梯灰度显示。

D.3.4.3 对比度评估

在 52 个矩形之一中，评估 HhCtr 测试图形的两个矩形可见性。

以下示意图（图 D.1）显示了 HhCtr 测试图形中的补丁分布。表 D.4 中提供了 Hh-Ctr 测试图形的完整文本说明。

0	0	4	1	5	9	11	15	19	26	30	34
6	10	14	16	20	24	31	35	39	46	50	54
21	25	29	36	40	44	51	55	59	66	70	74
41	45	49	56	60	64	...	...	...	...	...	...
...											
...	...	...	...	...	...	...	...	...	241	245	249
...	...	...	...	...	...	246	250	254	251	255	255

IEC

图 D.1 Hh-Ctr 测试图形

D.3.4.4 像素分辨率评估

在水平和垂直方向上，分别以“3 开/3 关”、“2 开/2 关”和“1 开/1 关”，评估 HhSpR 测试图形的等间隔显示。

D.3.4.5 角度观察评估

在垂直观察时，读取 Hh-ANG (64)、(204) 测试图形（图 D.2）中心的目标，然后，确定偏

离正常方向（例如，水平和垂直方向）的最大角度，其中，可见线条的数量不少于垂直观察方向。如图 D.2 所示，在这两种情况下，线条数量始终在 0 与 10 之间。

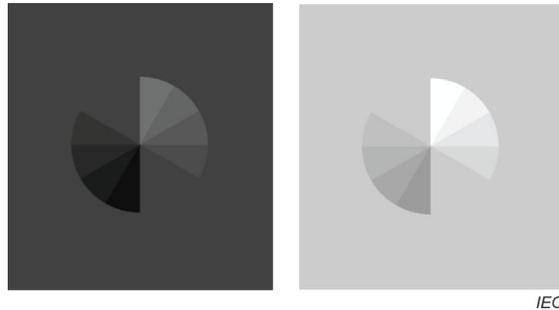


图 D.2 - 灰度增强的角目标

### D.3.5 定量评估方法

#### D.3.5.1 辉度响应试验

应使用校准辉度计和 Hh-L01 (0) -L18 (255) 测试图形，采用附录 B 中的测量方法，测量所有 18 个数字驱动等级 (DDL) 的 P 值【L (P)】的测试区辉度 L。评估图画外观（通过与理想曲线比较）以及与上次试验的变化。

#### D.3.5.2 辉度均匀性试验

采用 Hh-UN10 (26)、UN80 (204) 测试图形和附录 B 中的方法 A 或 B，测量手持式设备面板上五个位置（中心和四个角）的辉度。计算出最大辉度偏差，将其表示为最高和最低辉度值相对于其平均值的百分比差， $200 \times (L_{\text{最高}} - L_{\text{最低}}) / (L_{\text{最高}} + L_{\text{最低}})$ 。

### D.4 手持式设备的测试图形说明

测试图形的矩阵尺寸应适合手持式设备的屏幕矩阵尺寸，并且必须在图像像素与显示像素之间建立一对一关系。D.4 表中描述了每个特征的像素尺寸、位置和像素值。

除 Hh-Ctr 和 Hh-UN10 (26)、UN80 (204) 外，图形内的边框宽度设置为手持式设备长边的 0.5%。采用边框来查看边框是否正确位于屏幕边缘，以确保测试图形未缩放。表 D.4 所示的参数显示了像素数。例如，矩阵大小为  $1080 \times 1920$  的手持式设备 Hh-Rmp\_1H 值。短边：S = 1 080，长边：L = 1 920，边框：B = 10，渐变的宽度：NH = 1 060，图块的宽度：PH = 4 或 5。

表 D.4 - 手持式设备的测试图形说明

测试图形/特征	像素尺寸和位置	像素值 (8 位)
<b>Hh-Rmp_1H</b>		
边框	边框宽度（显示器的长边和短边均相等）为长方向像素数的 0.5% ——四舍五入至最接近的整数值。 $B = \text{向上舍入}(L \times 0,5\%)$	128
辉度渐变	除显示器背景的边框外，该区域内的辉度渐变应从左到右分布。 渐变宽度 $NH = S - B \times 2$ 。	0, 1, ..., 255 $n = 256$
图块宽度	图块宽度 $PH = NH / 256$ 根据需要调整宽度。	
<b>Hh-Rmp_1V</b>		
边框	边框宽度（显示器的长边和短边均相等）为长方向像素数的 0.5%	128

	——四舍五入至最接近的整数值。 $B = \text{向上舍入}(L \times 0,5\%)$	
辉度渐变	除显示器背景的边框外，该区域内的辉度渐变应从上到下分布。 渐变宽度 $NV = L - B \times 2$	0, 1, ..., 255 $n=256$

测试图形/特征	像素尺寸和位置	像素值(8位)
图块宽度	图块宽度 $PV = NV / 256$ 根据需要调整宽度。	
<b>Hh-Rmp_3H</b>		
边框	边框宽度(显示器的长边和短边均相等)为长方向像素数的0.5% ——四舍五入至最接近的整数值。 $B = \text{向上舍入}(L \times 0,5\%)$	128
对比度分辨率图形	以相等间隔,从左到右排列对比度分辨率图形,除显示器背景的边框外。 图形宽度 $NH = S - B \times 2$	0, 3, ..., 255
图块宽度	图块宽度 $PH = NH / 86$ 根据需要调整宽度。	
<b>Hh-Rmp_3V</b>		
边框	边框宽度(显示器的长边和短边均相等)为长方向像素数的0.5% ——四舍五入至最接近的整数值。 $B = \text{向上舍入}(L \times 0,5\%)$	128
对比度分辨率图形	以相等间隔,从上到下排列对比度分辨率图形,除显示器背景的边框外。 图形宽度 $NV = L - B \times 2$	0, 3, ..., 255
图块宽度	图块宽度 $PV = NV / 86$ 根据需要调整宽度。	
<b>Hh-Ctr(纵向):</b>		
边框	边框厚度至少为图形长边尺寸的0.5%。如果需要,那么应增加垂直边框的厚度,直到中心区的宽度为4像素的倍数。如果需要,那么应增加水平边框的厚度,直到中心区的高度为13像素的倍数。	0
背景矩形	以4列、13行的网格,排列52个背景矩形。像素值为0的第一个矩形位于网格中的左上位置(0,0)。以下矩形是网格中具有以下位置(水平、垂直)的对角线:(1,0),(0,1),(2,0),(1,1),(0,2),(3,0),(2,1),(1,2),(0,3),(3,1),(2,2),(1,3),(0,4),(3,2),...	0, 5, ..., 255
前景矩形	在每个背景矩形内,存在两个较小的前景矩形:一个前景矩形(左)的像素值为(背景矩形像素值-4),另一个前景矩形(右)的像素值为(背景矩形像素值+4)。在第一个背景矩形(其中,背景像素值为0)内,左侧前景矩形的像素值为0。在最后一个背景矩形(其中,背景像素值为255)内,右侧前景矩形的像素值为255。在垂直和水平方向上,每个背景矩形内的两个前景矩形应与背景矩形的边框分开,而且,这两个前景矩形应在水平方向上彼此分开,间距约为背景矩形高度的25%。	-4/+4

测试图形/特征	像素尺寸和位置	像素值 (8 位)
<b>Hh-Ctr (横向) :</b>		
边框	边框厚度至少为图形长边尺寸的 0.5%。如果需要, 那么应增加水平边框的厚度, 直到中心区的宽度为 4 像素的倍数。如果需要, 那么应增加垂直边框的厚度, 直到中心区的高度为 13 像素的倍数。	0
背景矩形	以 13 列、4 行的网格, 排列 52 个背景矩形。像素值为 0 的第一个矩形位于网格中的左上位置 (0, 0)。以下矩形是网格中具有以下位置 (水平、垂直) 的对角线: (1,0), (0,1), (2,0), (1,1), (0,2), (3,0), (2,1), (1,2), (0,3), (4,0), (3,1), (2,2), (1,3), (5,0), ...	0, 5, ..., 255
前景矩形	在每顶部背景矩形内, 存在两个较小的前景矩形: 一个前景矩形 (顶) 的像素值为 (背景矩形像素值-4), 另一个前景矩形 (底) 的像素值为 (背景矩形像素值+4)。在第一个背景矩形 (其中, 背景像素值为 0) 内, 顶部前景矩形的像素值为 0。在最后一个背景矩形 (其中, 背景像素值为 255) 内, 底部前景矩形的像素值为 255。在垂直和水平方向上, 每个背景矩形内的两个前景矩形应与背景矩形的边框分开, 而且, 这两个前景矩形应在垂直方向上彼此分开, 间距约为背景矩形宽度的 25%。	-4/+4
<b>Hh-SpR</b>		
边框	边框宽度 (显示器的长边和短边均相等) 为长方向像素数的 0.5% ——四舍五入至最接近的整数值。 $B = \text{向上舍入}(L \times 0,5\%)$	128





## 参 考 文 献

- [1] ISO 9241-30Z. Ergonomics of human-system interaction-Part 302: Terminology for electronic visual displays
- [2] DICOM Part 14 (PS 3. 14-2004), Greyscale Standard Display Function
- [3] ISO 9241-3: 1992, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) -Part 3: Visual display requirements ( withdrawn)
- [4] ISO 9241-3: 1992/ Amd 1: 2000 Amendment to[ 3]( withdrawn)
- [5] MUKA, E. Blume, H, Daly, S. Display of medical images on CRT soft- copy displays: A tutorial. SPIE Proc. , 1995, 2431: 341-359
- [6] MERTELMEIER, T. Why and How Is Softcopy Reading Possible in Clinical Practice. Journal of Digital Imaging , 1999, 12: 3-11.
- [7] Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Regelwerk 13, überarbeitete Auflage, Dortmund, Berlin, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, 1998, ISBN 3-89701-169-7
- [8] ROSE, A. The sensitivity performance of the human eye on the absolute scale. Journal of Optical Society of America , 1948, 38: 196-208.
- [9] SAMEI, E. Technological and psychophysical considerations for digital mammography displays. Radiographics , 2005, 25(2): 491-501
- [10] AAPM ON-Line REPORT NO.03, Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems : American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group 18, 2005 (see [http://www.aapm.org/pubs/reports/OR\\_03.pdf](http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03.pdf),  
[http://www.aapm.org/pubs/reports/OR\\_03\\_Supplemental](http://www.aapm.org/pubs/reports/OR_03_Supplemental))
- [11] BADANO, A. ,SCHNEIDER, S. , SAMEI, E. Visual assessment of angular response in medical LCDs. Journal of Digital Imaging , 2006, 19(3): 240-248
- [12] FETTERLY, K. A. , BERNATZ, S. N. ,GROTH, D. S. , HANGIANDREO J, N. J. Quantitative color measurement for the characterization of greyscale PACS CRTs. , Radiology , 1998, 209(P): 320
- [13] ROEHRIG, H. , JI, T. L. , BROWNE, M. , DALLAS, W. J. , BLUME, H. Signal-to-noise ration and maximum information content of images displayed by a CRT. Proc SPIE , 1990, 1231: 115-133
- [14] ROEHRIG, H. , BLUME, H. , JI, T. L. , SUNDARESHAN, M. K. Noise of CRT display system. Proc SPIE , 1993, 1897: 232-245
- [15] VESA, Flat Panel Display Measurements Standard (FPDM) Version 2. 0, Video Electronics Standards Association (VESA), 2001
- [16] KOHM, K. S. , CAMERON, A. w. , Van Metter , R. L. Visual CRT sharpness estimation using a fiducial marker set. Proc SPIE , 2001, 4319: 286-297
- [17] ISO 5725-1: 1994, Accuracy ( trueness and precision) of measurement meth ods and results - Part 1: General principles and definitions
- [18] DIN 5031-3 : 1982-03, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik; Größen, Formelzeichen und Einheiten der Lichttechnik
- [19] IEC 61223-2-5, Evaluation and routine testing in medical imaging departments-Part 2-5: Constancy tests- Image display devices

[20] ISO 9241-303, Ergonomics of human-system interaction-Part 303: Requirements for electronic visual displays

[21] ISO 9241-305, Ergonomics of human-system interaction Part 305: Optical laboratory test methods for electronic visual displays

[22] ISO 9241-307, Ergonomics of human -system interaction Part 307: Analysis and compliance test methods for electronic visual displays

