

第3章

显示屏和仪器设置

图 3-1 中的箭头（黄色）和小坐标线给出了探测器指向的位置及其聚焦（假设它有一个镜头）的表面或被测量光线的大概区域。图 3-2 给出了仪器相对于坐标系的布局，详细信息参阅 3.5 节。我们经常给出一些虚拟的设备图例。我们不会有意代表任何制造商。任何相似之处纯属偶然。我们通常给出有光照和白色背景的图，以便看清楚设备的配置和布局。实际上，大多数情况下应该使用暗室条件（如果按照暗室条件描绘图像，那么设备将不易清晰可见）。

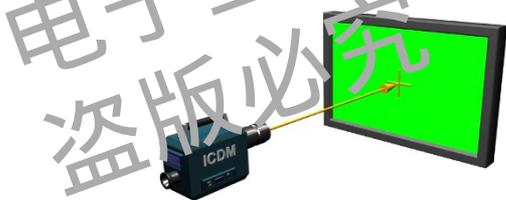


图 3-1 箭头给出探测器指向的位置及聚焦点（十字）

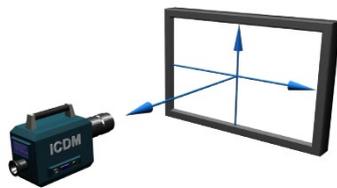


图 3-2 箭头给出显示屏中心处的直角坐标 (x, y, z)

3.1 测量仪器

在光学测量中，可以选用各种各样的测量器具。通常，将这样的器具称为光测量仪器（LMD）。但是，本书也使用“探测器”一词作为替换词，或者将其与 LMD 一起使用。附录 A.1 讨论了各种类型的设备及其详细要求。下面给出对测量仪器的大致要求。

(1) 亮度测量：对于 CIE A 类照明体，要求在 5 分钟内，其相对扩展不确定度必须为 $U_{LMD} \leq 4$ （包含因子为 2），其重复精度为 $\sigma_{LMD} \leq 0.4\%$ ，且相对光谱响应曲线与 $V(\lambda)$ 曲线的偏差必须满足 $f_1' \leq 8\%$ 。

(2) 照度测量：对于 CIE A 类照明体，要求在 5 分钟内，其相对扩展不确定度必须为 $U_{LMD} \leq 4$ （包含因子为 2），其重复精度为 $\sigma_{LMD} \leq 0.4\%$ ，相对光谱响应曲线与 $V(\lambda)$ 曲线的偏差必须为 $f_1' \leq 8\%$ ，且方向性响应必须不大于 2%。

(3) 颜色测量：对于 CIE A 类照明体，对于所有测量颜色的设备，在测量 (x,y) 色坐标时，其相对扩展不确定度必须为 $U_{col} \leq 0.005$ （包含因子为 2），其重复精度为 $\sigma_{col} \leq 0.002$ 。

(4) 辐射亮度测量：对于覆盖 380~780nm 的分光辐射亮度计，在 400~700 nm，其相对扩展不确定度必须不大于 2%（包含因子为 2），且在 380~400 nm 和 700~780 nm 必须不大于 5%。

(5) 阵列式探测器测量：对于 CIE A 类照明体均匀光源上的亮度测量，要求在 5 分钟内，其相对扩展不确定度为 $U_{LMD} \leq 4\%$ （包含因子为 2），其重复精度为 $\sigma_{LMD} \leq 0.4\%$ ，相对光谱响应曲线与 $V(\lambda)$ 曲线的偏差必须为 $f_1' \leq 8\%$ ，且在 $50\% \pm 10\%$ 饱和度下，任意 10×10 探测器的像素测量区域的亮度平均值必须在整个阵列亮度平均值的 2% 范围内。

3.2 标准条件（测试图样）

熟悉显示测量技术的人通常不需要被提醒测量应满足何种设置条件。在大多数测量描述中，我们把这些重复的要求转化成了本节定义的图标形式，如图 3-3 所示。最常用的十个图标以这样的形式给出。对于阵列式探测器，有时会用到如图 3-4 上行所示的两个额外图标。



图 3-3 测量设置条件示意

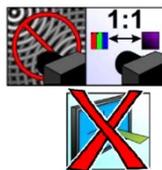


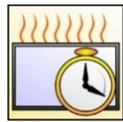
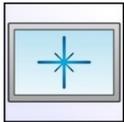
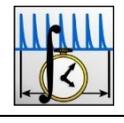
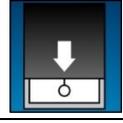
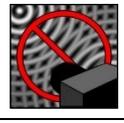
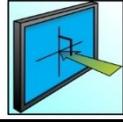
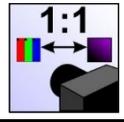
图 3-4 测量设置条件及条件删除示意

如果某种特殊方法中不需要某种设置条件，那么将看到对应图标被画交叉删除线（见图 3-4）。任何与这些设置条件的偏离必须在对应报告中说明。表 3-1 给出了各种设置图标表示的标准设置条件概要。

表 3-1 设置图标表示的标准（默认）设置条件概要

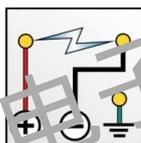
图标	说明	图标	说明
	确认合理的电气条件并记录		500 px 为默认待测像素数量（直径约 26 px）
	环境条件： 24℃ ±5℃； 84 ~ 106 kPa； 25 %~85 % RH（无凝结）		测量视场角为 2° 或更小（聚焦于无限远）。感光区域的孔径角（通常为透镜的对弦角或探测器探测区域对应的角度）不大于 2°。例外情况必须经核实。保持合理的距离

续表

图标	说明	图标	说明
	预热时间：名义上至少 20 min（我们倾向于充足的时间，以建立稳定的全白场画面亮度，每小时漂移少于 1%）		屏幕中心测量（或其他指定位置）的位置误差为屏幕对角线的 3%
	整个测量过程中不得改变控制，且如果有多种显示模式，那么必须指定操作作用的显示模式		测量重复性要求探测器有足够的积分时间
	暗室条件：0.01 lx 或更小，从显示屏的观察点观看，无明显可见光光源，如设备光线及由墙壁反射的计算机显示屏光线		在使用阵列式探测器时，避免莫尔条纹和混乱现象
	垂直观察方向（或其他特殊用途指定方向）的目标角度误差不得超过 0.3°		设置阵列式探测器以使显示屏像素与探测器像素之间形成一一对应探测

注：与这些设置条件的偏离和例外必须记录并报告给所有利益相关方；LMD 术语见 3.7 节。

3.2.1 电气条件



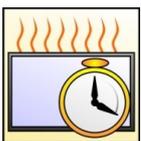
必须确定、记录（在显示屏上或在其手册中进行充分记录）并满足适当的（若制造商明确说明）电气条件；否则，必须对所有利益相关方报告偏离。若为电池驱动器件，则建议使用 AC 适配器以确保测量结果不依赖电池的条件。

3.2.2 环境条件



必须满足下面的环境条件：24°C ±5°C，84~106 kPa，25%~85% RH（无凝结）。这些是比海平面低约 1609m 的气压，海平面气压为 101325 Pa（76 mm Hg）。若这些条件中的任何一个未满足，则必须报告给所有利益相关方。

3.2.3 预热时间



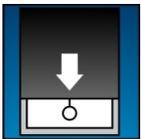
显示屏必须预热至少 20 min。鼓励使用更长的预热时间，直至显示屏每小时的漂移低于 1%。可能会出现要求更长或更短的预热时间的特殊情况。在此种情况下，必须对所有利益相关方报告偏离。

3.2.4 控制及模式恒定不变



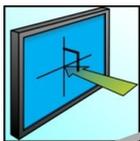
在测量过程中，必须记录用于调节显示屏显示特性的操作、控制或设置，并保持这些操作、控制或设置恒定不变。一旦调节合适，它们对于所有测量必须保持恒定不变。一些特殊显示屏的特殊测量项目必须改变控制。在此种情况下，控制的任何改变都必须明确报告给所有利益相关方。

3.2.5 暗室条件



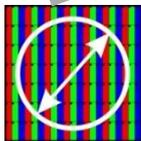
对于一般测量，暗室中落于屏幕上的照度必须不大于 0.01 lx，越小越好。此外，从被测显示屏观察点方向观看，不可有明显可见的光源光线（设备光线、墙壁或人身体反射计算机屏幕的反射光线）。可参阅第 12 章有关内容。

3.2.6 标准观察方向



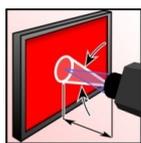
测量应沿垂直方向进行，即屏幕中心法线方向，如左侧图标所示，这是标准观察条件。在某些情况下，我们想知道显示屏前某处的眼睛位置、观察角度、设计观察方向等显示特性，则必须记录此种非垂直观察条件，且告知所有利益相关方。对于投影式测量，该图标意味着要求保持照度计的轴线与屏幕垂直；无论照度计在投影屏幕的哪个位置，照度计可能都不会指向投射仪。更多有关普遍使用的若干测量方法的详细信息，请参阅附录 A.15。

3.2.7 被测像素数量



除非另有规定，否则在规定的测量方法中，测量区域必须覆盖的像素数量为 500px，这个圆形区域的直径为 26px。这样，少数像素采集数据相对于平均值的微小偏离将不会严重改变测量结果。若所使用仪器的测量区域覆盖的像素数量少于 500px，且这个仪器经确认与测量区域覆盖像素数量为 500px 的仪器所得到的结果完全相同，则可使用这种仪器。

3.2.8 测量视场、孔径角和距离



本书中规定的典型测量距离为 500mm，这个典型距离依赖所使用的计算机显示器。须确保在任何亮度（辐射度）或颜色测量中，无穷远处的测量区域张角和 500mm 处的孔径角都是 2° 或更小。一些 LMD 的聚焦距离不能小于 1m，且一些仪器仅能在几毫米的距离内使用，如锥状 LMD；如果此类 LMD

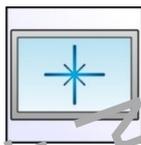
的测量结果与 500mm 的标准测量距离所获得的测量结果一致，则可使用此类 LMD。许多手持式显示屏必须在 250~400mm 的距离进行测量。许多电视机必须使用与前向投影显示屏类似的、更远的距离进行测量。因此，没有针对所有显示屏的、固定的测量距离。

注意：若未使用 500mm 的测量距离，则必须报告使用的距离，并得到所有利益相关方的同意。在所有情况下，测量距离必须适合所使用的 LMD。

选择一个不依赖显示屏类型的、恰当的测量距离的推荐方法是基于平均人眼视觉灵敏度极限，即 $48\text{px}/^\circ$ （视角）（对于具有非常好的视觉效果明亮物体，还可用 $60\text{px}/^\circ$ ，更多信息请参阅附录 A.4.1）。为将此分辨率限制转换为距离，使用公式 $D=48P/\tan(1^\circ)=2750P$ ，其中， P 为像素尺寸（假定为方形像素）[对于 $60\text{px}/^\circ$ ，使用 $D=60P/\tan(1^\circ)=3437P$]。例如，一个分辨率为 $1920\text{px}\times 1080\text{px}$ 的全高清显示屏。使用 $D=2750P$ 这个公式意味着测量距离约为屏幕高度 V 的 2.54 倍， $D=(2750/1080)V$ （使用 $60\text{px}/^\circ$ 得到的测量距离约为屏幕高度的 3.18 倍）。¹

对于娱乐用电视机， $2750P$ 是最佳观察距离。这样，将会看到电视机的所有像素。对于计算机显示器，500mm 的距离通常小于 $2750P$ ，因为通常情况下，我们可能想使用比像素分辨率距离观看效果更好的距离，以便更容易看清楚文字。

3.2.9 屏幕测量点



除非另有规定，否则在给定的测量方法中，屏幕上的标准测量点就是屏幕的中心。均匀性测量依据定义将不遵守此条件。任何其他偏离都必须报告给所有利益相关方。

3.2.10 足够的积分时间



发射型显示屏会引起探测器积分问题，显著地增加测量不确定度。应确保发射型显示屏测量结果不受积分时间太短的影响；过短的积分时间将会使测量结果因较大的重复性不确定度而不可信。更多信息请参阅附录 A.4。

3.2.11 避免阵列式探测器重影现象

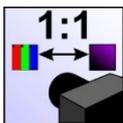


使用探测器时要注意如下两点：①对于大面积测量，探测器像素越近似于一个显示屏像素或显示屏子像素，则会遇到越多的重影和莫尔条纹问题，有时，离焦调整或使用扩散透镜（从摄影店购买）可改善该问题；②对于像素细节检查，显示屏每个像素所对应的探测器像素越多，所获得的显示屏像

¹ 此处原书参考资料如下。对于 $48\text{px}/^\circ$ ，参见：Olzak, L. A., & Thomas, J. P. (1986). Seeing spatial patterns. In K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Eds.), Handbook of perception and human performance (Vol. 1, pp. 7.1-7.56). New York: Wiley. 对于 $60\text{px}/^\circ$ ，参见：The Encyclopaedia of Medical Imaging, H. Pettersson, Ed., p. 199. Taylor & Francis, UK, 1998.

素细节就越可靠。每个显示屏子像素可对应 10 个或更多的探测器像素，或者每个显示屏像素对应 30 个或更多的探测器像素。

3.2.12 阵列式探测器像素与显示屏像素 1:1 对应



在某些情况下，当使用阵列式探测器时，可能会希望阵列式探测器像素和显示屏像素之间一一对应(1:1)，即显示屏像素的尺寸与探测器像素的尺寸相同。

3.3 显示屏设置和误导性宣传手法

注意：如果经由经过训练的观察者判定，制造商的设置条件无论如何都无法使显示屏的性能满足要求，则不准许使用制造商的设置。当观察设置不符合实际应用的设置时，不允许出现扭曲显示控制以给出最佳观察设置的情况。再次声明，判定应由专业观察者执行，而非来自对应显示屏制造公司的人员。我们出于对努力追求制造高品质器件的制造商的利益考虑，采取此种立场来保护其免受损害。

设置一个显示屏的意思是调节显示屏的设置状态以获得最佳图像，这些图像将由一名专业检视人员或经过训练的观察者评判。存在两种常用的设置显示屏的方法，即在环境光照射环境中或在暗室中。使用环境光照射环境时必须谨慎地指定周围照明，并使其具有可重复性，但重复性往往很难达到。谨记，人的眼睛是非线性探测器，而测量设备是线性的。眼睛看到的一个微小变化，对测量设备来说会是一个不可忽略的变化。对于环境照明的微小变化，人眼可能观察不到，但它对测量结果可能会有很大的影响。具有重复性的环境照明的类型将在第 12 章讨论。同时我们将讨论什么是构成一个稳定的测量装置的要素，以及在测量装置无法轻松提供可重复测量结果的情况下如何提供适当的警告。

3.3.1 误导性宣传手法和回旋空间的消除

误导性宣传手法通过提供正常使用情况下的、无法真实描述显示屏特性的规格书来故意误导人们。术语“回旋空间”(wiggle-room)来源于指定需求(这里使用者精确知晓需求的真正含义)所使用的不精确的语言描述，而因为语言描述的不精确，制造商就故意在需求中找出一个漏洞，或根据其优势故意曲解需求。这等同于一种误导性宣传手法。

如果制造商描述或指定了如何针对应用设置显示屏，以便给出符合使用者任务的最佳性能和最满意的、有用的画面，那么可使用制造商的设置说明来设置显示屏。如果其未提供设置说明，或设置说明不适用预期任务，那么必须使用本章给出的其他建议。然而，如果调节使显示屏不合适、不切实际、对预期任务不合理，或者驱动显示屏至超出预期生产和/或分配配置的极限状态，那么不允许调整显示屏至极限状态，避免获得极限测量结果。此种极限设置使制造商的设置说明失去被用于设置显示屏的资格。本章给出的制造商设置说明条

款或其他想法不是（任何将显示屏调整至不切实际的状态以获得用于误导公众的测量结果的）借口，即显示屏对于其预期的显示应用的显示效果必须尽量好，而不能只使用使测量结果看上去有利于竞争或销售的、不切实际的设置。

3.3.2 不恰当的显示屏混合调节

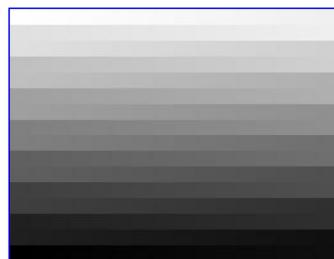
存在一些有意调整显示屏以适应不同的周围条件，且显示屏可能因此种调整而有不同的操作模式的情况。例如，汽车上的显示屏在白天行驶时必须调亮，而在夜晚行驶时必须调暗。此时，它可通过调光比率描述，且可在不同的亮度模式下运行。在这种预期应用条件下，可改变显示屏的控制。然而，必须描述显示屏所使用的每种模式。不允许仅仅为了提高显示屏规格书的指标而使用不同模式混合描述，因为这种做法就是误导性宣传手法，在本书中不允许用这种做法。

3.4 图案

本书中使用了大量图案。关于图案的详细解释见附录 A.12。当使用模拟信号驱动显示屏时，检查计算机中的模拟图形卡的信号特征以确保信号电平正确非常重要；否则，可能会因为图形卡的错误而误认为显示屏不好。

3.5 显示屏设置和调节

理想情况下，我们可能想观察送至显示屏的所有灰阶等级。例如，对于一个黑色对应 0 灰阶且白色对应 255 灰阶的 8 位显示屏，在显示屏上显示全灰阶时，我们可能希望看到稍微高于黑色的 1 灰阶等级和稍微低于白色的 254 灰阶等级。当然，我们可能也希望完全区分 256 个灰阶等级。然而，一些显示屏由于各种原因无法达到此要求。图 3-5 所示的条状灰阶阴影图案对于视觉检测显示屏可产生的灰阶数量很有用。本书假设所测量的显示屏具有调节功能。此图案在附录 A.12 中有详细描述。



SSW256_####x####.png

图 3-5 条状灰阶阴影图案

仅看到黑色与白色之间所有或大部分的灰阶等级是不够的，了解这些灰阶等级是如何表现出来的也很重要。存在可以看清所有灰阶等级但它们在一个灰阶区域过于集中而在另一个灰阶区域过于分散的情况。一个视觉检测全灰阶是否呈现充分的好方法是看各种场景画面，特别是面部图像，如图 3-6 所示。第 6 章将详细介绍灰阶测量，也将介绍灰阶如何从一个阴影至另一个阴影轻微改变颜色。下面介绍三种调节方法。



图 3-6 静态场景图像，特别是面部图像适用于检查灰阶是否恰当显示。你可能会在一个面部图像上看到一个問題，此問題在灰階圖、色階圖或自然場景圖中都分辨不出

3.5.1 理想暗室下的調節

使用一幅邊緣或角落處是黑色但相鄰區域和其他區域有邊界（包括白色）的圖案，如圖 3-7 所示。如果可能，首先將灰階陰影範圍最大化，調節後，檢查圖像質量，步驟如下。

- (1) 如果可以調節黑色灰階等級，那麼可將其調節至最低等級或不可見，但不可調節至丟失白色灰度和丟失緊挨黑色的灰階陰影（沒有人願意丟失緊挨黑色的灰階陰影）。
- (2) 在不丟失明亮灰階等級和不提高黑色亮度的前提下，白色灰階等級調整得越亮越好。
- (3) 必要時，反復調整白色灰階等級和黑色灰階等級，直至灰階尽可能完美。
- (4) 觀察圖 3-8 中的圖案和面部圖像，看它們是否正確。這對灰階的快速測量可能有價值（見第 6 章）。使用圖 3-7 中的條紋灰階陰影圖案進行檢查，確保未將暗色灰階等級變成黑色及未將白色灰階等級變成白色。



圖 3-7 角落為黑色、其他位置均為一定灰階的圖案

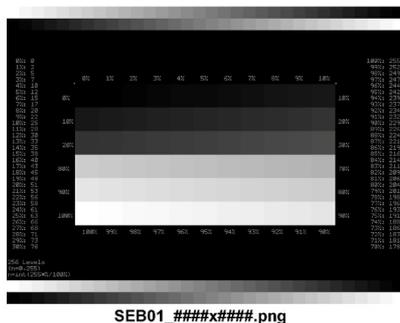


圖 3-8 以整數百分比表示的灰階圖案 SEB01

3.5.2 環境照明下的理想調節

能夠產生可重複性測量結果的環境照明條件的設置非常少。僅僅將顯示屏置於辦公環境或其他描述不明確的房間中，將無法給出可重複的測量結果。在這種情況下，人眼觀看可