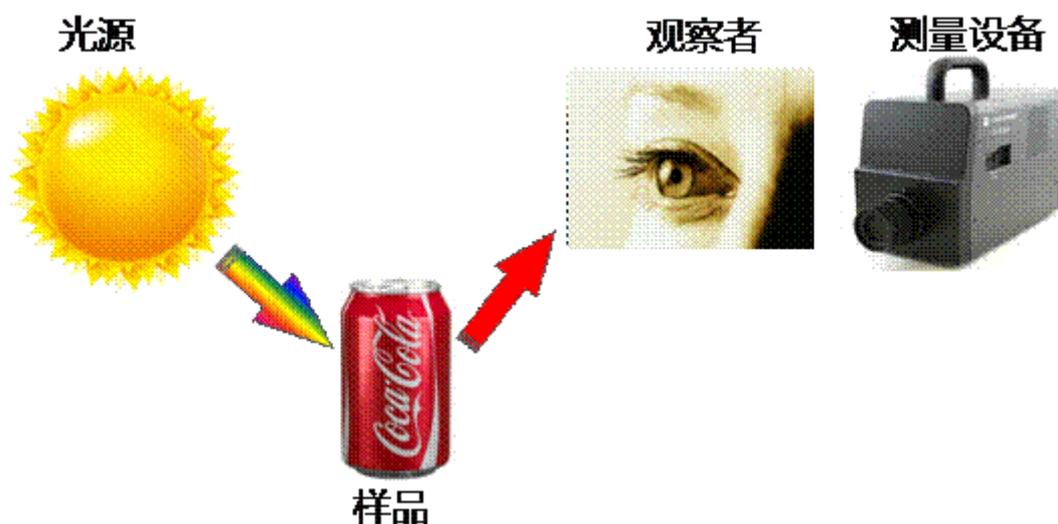


颜色测量标准化之照明观察几何条件

由于颜色视觉的复杂性，颜色测量和目视评价条件必须标准化，这样结果才有可比性。根据国际照明委员会 CIE 的规定，颜色测量必须在以下三个方面实现标准化：①在计算被测量样品的三刺激值时，照明光源选择标准照明体，常用的标准照明体有 A、C、D65；②计算被测量样品的三刺激值时，要选用标准观察者，小视场($1^{\circ}\sim 4^{\circ}$)选用 CIE1931 标准色度观察者，大视场(10°)时选取用 CIE1964 标准补充色度观察者；③测量装置必须选择标准化几何条件 (Geometry)，即标准照明观察条件。

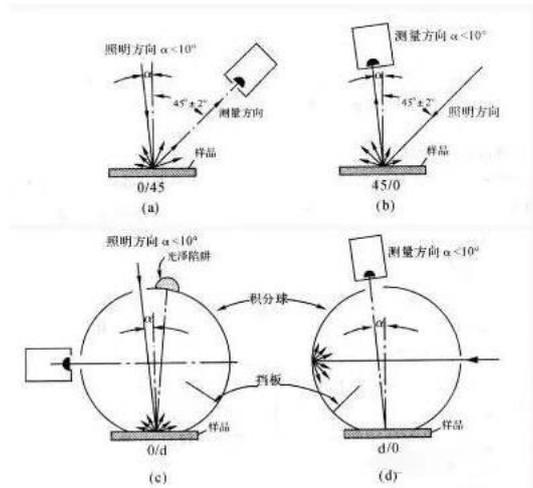


颜色视觉三要素



2004 年以前 CIE 推荐几何条件

物体色的颜色测量是通过对光谱或三刺激值的测量来实现的，因此测量结果与光源、探测器和样品的相对位置关系，即几何条件有关。同样的，对颜色样品的目视评价也会受照明和观察的几何条件影响，测量结果和目视评价的相关程度依赖于仪器测量的几何条件对实际观察时的几何条件的模拟程度。在 2004 年之前，CIE 根据人眼观察物体的主要方式规定了 4 种反射测量的几何条件和 4 种透射测量的几何条件。以反射测量为例，如下图所示，这些几何条件包括： $0/d$ (垂直照明/漫射接收)， $d/0$ (漫射照明/垂直接收)， $0/45$ (垂直照明/ 45° 接收)和 $45/0$ (45° 照明/垂直接收)。



CIE 在 2004 年以前的 4 种反射测量的几何条件

根据 CIE 规定在 $0/45$ 、 $45/0$ 、 $d/0$ 三种条件下测得的光谱反射因数称为光谱辐亮度因数，分别记为 $p_{0/45}$ 、 $p_{45/0}$ 、 $p_{d/0}$ ；在 $0/d$ 条件下测得的光谱反射因数称为光谱反射比 ρ 。

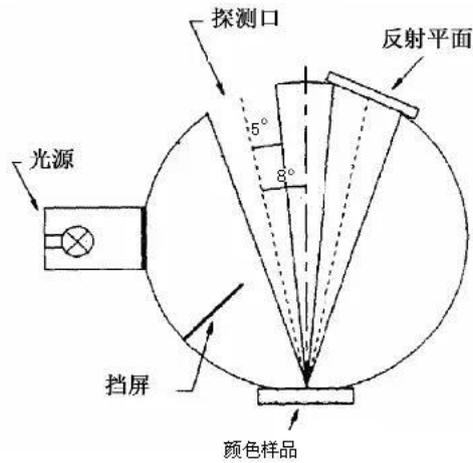
2004 年 CIE 推荐几何条件

随着仪器制造业和其它颜色应用的不断发展，几何条件的实现方式多种多样，上述几何条件的表示方法已经不能全面地阐述测量状态。例如规则反射成分或镜面反射成分是否包含、 $45/0$ 条件中入射光的实现方式等均未能在符号中表示。因此，CIE 于 2004 年在其出版物中对几何条件的表示方法进行了修订，并取消了仪器测量中“照明/观测条件”的提法，代之以“几何条件”以避免与目视观察条件相混淆。

对于物体反射色度的测量，CIE 规定了如下 10 种几何条件

(1) 漫射： 8° 几何条件，包含镜面成分；简写符号为 $di:8^\circ$

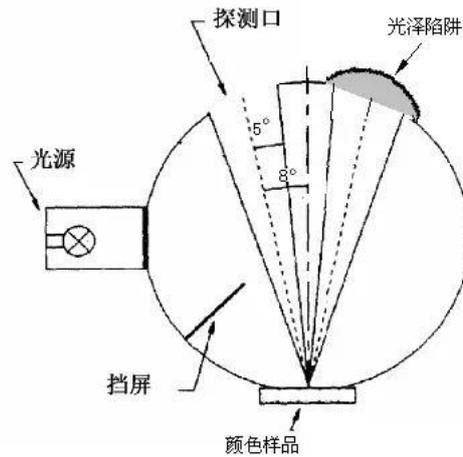
这里， di 是 Diffusion 和 Included 的缩写。如下图所示，取样孔径被以其平面为界的半球内表面从各个方向均匀地照明，测量区域过充满。探测器对取样孔径区域的响应均匀，反射光束轴线和样品中心法线成 8° 角，在接收光束轴线 5° 内的所有方向上认为取样孔径反射的辐射是均匀的。



CIE 的 $di:8^\circ$ 几何条件

(2) 漫射： 8° 几何条件，排除镜面成分；简写符号为 $de:8^\circ$

这里， de 是 Diffusion 和 Excluded 的缩写。如下图所示，首先满足 $di:8^\circ$ 的条件，但是用一个光泽陷阱取代了 $di:8^\circ$ 的反射平面。因此将单面的平面反射镜放置于取样孔径处时，没有光反射到探测器方向，并且在这个方向的 1° 以内也没有镜面反射，以便为仪器杂散光或对准误差留有宽容度。



CIE 的 $de:8^\circ$ 几何条件

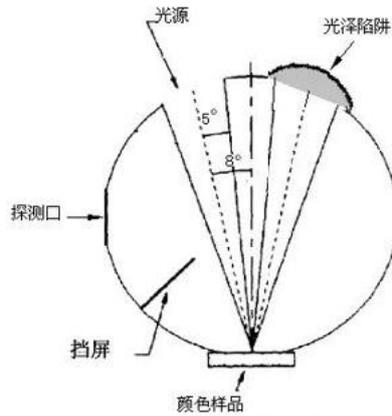
(3) 8° ：漫射几何条件,包含镜面成分；简写符号为 $8^\circ:di$

该几何条件满足 $di:8^\circ$ 的条件，但照明光源与探测器的光路相反。因此取样孔径被与法线成 8° 角的光照明，以参考平面为界的半球收集取样孔径反射的各个角度的通量，如下图所示

CIE 的 $8^\circ:di$ 几何条件

(4) 8° ：漫射几何条件，排除镜反射成分；简写符号为 $8^\circ:de$

该几何条件满足 $de:8^\circ$ 的条件，但照明光源与探测器的光路相反，如下图所示。CIE 的 $8^\circ:de$ 几何条件



(5) 漫射/漫射几何条件, 简写符号为 d:d

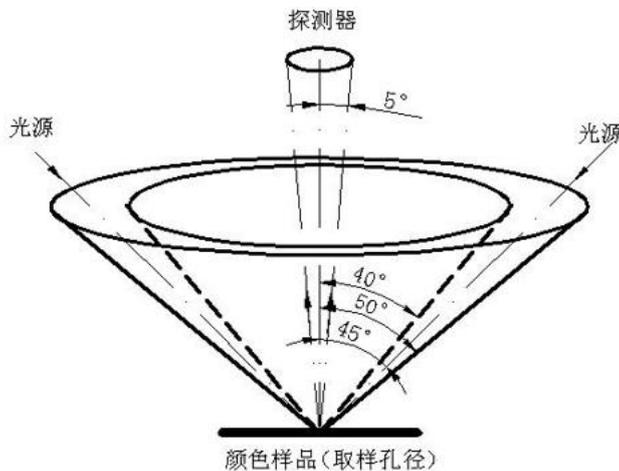
该几何条件的照明满足 $d_i:8^\circ$ 的条件, 且以参考平面为界的半球收集取样孔径反射的各个角度通量。

(6) 备选的漫射几何条件(d:0°)

该几何条件是备选漫射几何条件, 它的出射方向沿着样品法线, 这是严格的不包含镜面反射的几何条件。

(7) 45°环带/垂直几何条件(45°a:0°)

这里, **a** 是 **annular** 的缩写。如下图所示, 从顶点位于取样孔径中心, 中心轴位于取样孔径法线上, 半角分别为 40° 和 50° 的两个正圆锥之间各个方向射来的光均匀地照明取样孔径; 探测器从顶点位于取样孔径中心, 中心轴沿样品法线方向半角为 5° 的正圆锥内均匀接收反射辐射。这种几何条件可以将样品质地和方向的选择性反射影响降至最低。如果这种照明几何条件是由多个光源以接近于形排列来近似得到, 或者由多根出光口排列成圆形且被单个光源照明的光纤束近似得到, 就得到圆周/垂直几何条件($45^\circ c:0^\circ$)。



CIE 规定的 $45^\circ a:0^\circ$ 几何条件

(8) 垂直 /45°环带几何条件(0°:45°a)

其中角度和空间条件满足 $45^\circ a:0^\circ$ 的条件, 但照明光源与探测器的光路相反。因此取样孔径被垂直照明, 反射辐射被中心与法线成 45° 角的环带接收。

(9) 45°单方位/ 垂直(45° x :0°)

其中角度和空间条件满足 $45^\circ a:0^\circ$ 的条件, 但辐射只从一个方位角发出, 这排除了镜反射, 但突出了质地和方向性。符号中 **x** 表示入射光束从某任意方位照射参考平面。

(10) 垂直 45°单方位(0°:45° x)

其中角度和空间条件满足 $45^\circ x:0^\circ$ 的条件, 但光路相反。因此样品表面被垂直照明, 从与法

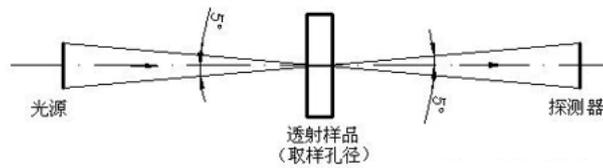
线成 45° 角的某个方位接收反射辐射。

CIE 规定，在几何条件符合(1)、(2)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)的情况下测量的结果是光谱反射因数；当测量张角足够小时，反射因数的量值与辐亮度因数的量值相同。符合几何条件 (3) 且积分球为理想积分球时，测量结果为反射比，也是台式分光光度计最常采用的几何条件。因此在 $45^\circ \times 0^\circ$ 条件可以给出辐亮度因数 $\beta_{45:0}$ ；在 $0^\circ:45^\circ \times$ 条件下可以给出辐亮度因数 $\beta_{0:45}$ ；在 $di:8^\circ$ 条件下可以给出辐亮度因数 $\beta_{di:8}$ ，它接近于辐亮度因数 $\beta_{d:0}$ ；在 $8^\circ:di$ 条件的测量结果是反射比 ρ 。

对于透射物体的颜色测量，CIE 规定了如下 6 种几何条件

(1) 垂直/垂直几何条件($0^\circ:0^\circ$)

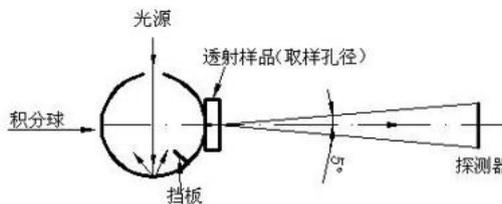
如下图，入射与测量的几何条件都是完全相同的正圆锥状，正圆锥的轴位于取样孔径中心的法线上，半角是 5° ，取样孔径的面辐射和角辐射以及探测器的面响应和角度响应都是均匀的。



CIE 的透射测量 $0^\circ:0^\circ$ 几何条件

(2) 漫射/垂直几何条件,包含规则成分($di:0^\circ$)

如下图所示，取样孔径被以第一参考平面为界的半球从各个方向均匀地照明，测量光束与 $0^\circ:0^\circ$ 几何条件的规定相同。



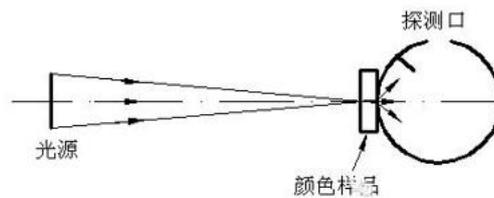
CIE 的透射测量 $di:0^\circ$ 几何条件

(3) 漫射/垂直几何条件，排除规则成分($de:0^\circ$)

该几何条件满足 $di:0^\circ$ ，但当开放取样孔径(例如不放置样品)，测量取样孔径中心时，没有直射到探测器的光，并且在 1° 以内也没有直射光。

(4) 垂直/漫射几何条件，包含规则成分($0^\circ:di$)

该几何条件与 $di:0^\circ$ 相反，如下图所示。



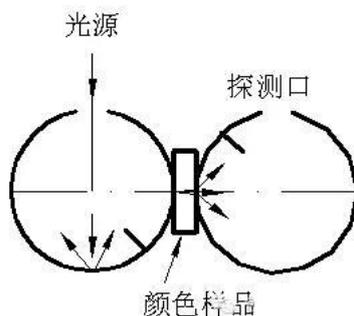
CIE 的透射测量的 $0^\circ:di$ 几何条件

(5) 垂直/漫射几何条件,排除规则成分($0^\circ:de$)

该几何条件的光源和探测器的位置与 $de:0^\circ$ 相反。

6) 漫射/漫射几何条件(d:d)。

该几何条件的取样孔径被以第一参考平面为界的半球从各个角度均匀地照明，透射通量被以第二参考平面为界的半球均匀地从各个角度接收，如下图所示



CIE 的透射测量的 d : d 几何条件

CIE 规定，在以上测量几何条件中，排除规则成分条件下测量的量是透射因数，其余均为透射比。

[上海罗中科技发展有限公司](#)

地址：上海市江场西路 299 弄中铁中环 4 号楼 906B

Tel: +86-21-61485255 Fax: +86-21-61485258

E-mal: info@roachelab.com www.roachelab.com

RoacheLab
TEST EQUIPMENT SOLUTIONS

