

# 颜色标准化的应用研究

林仲贤 孙秀如 张增慧 许宗惠

中国科学院心理研究所

**【摘要】**颜色科学是本世纪发展起来的一门综合性科学，它与近代物理学、心理学生理学等学科都有着密切关系。从五十年代开始，由于彩色电视、电影、商业化工及纺织行业以及建筑和照明技术方面的发展和需要，颜色科学得到较快的发展。这门科学应用范围很广，与国民经济和人民生活息息相关。本文作者介绍了近年来他们在颜色标准化应用研究方面的一些工作，内容包括：我国电视彩色肤色测试卡的研制，我国电视彩条测试卡的研制，我国摄影用标准灰板、色板的研制，我国摄影用常见景物色模拟色板的研制，我国灯光信号颜色标准的制定以及我国视觉信号表面色标准的制定等，其中有六项已正式被定为国家标准。

颜色科学是在本世纪发展起来的一门综合性科学，它与近代物理学、心理学、生理学等学科都有着密切关系。一般来说，光刺激作用到网膜这阶段是物理学的研究领域，网膜的神经冲动传到大脑部位是生理学研究领域，而大脑如何感觉颜色的问题，则是属于心理学的研究领域。但在实际生活中，对颜色的有关问题，往往涉及多种学科共同解决，因此，有时很难截然划分学科间的严格界线。像人工智能问题、思维问题、记忆问题、言语问题等，常常是许多学科共同进行探讨的。现代科学发展，对某些现象的解决，往往不是一门学科，而是多种学科相互渗透，相互进行探索的结果。

颜色科学发展，主要是由于彩色工业的发展而推动起来的，尤其是从五十年代开始，由于彩色电视、电影、商业、化工及纺织行业以及建筑和照明技术等方面需要，颜色科学的发展是较快的。这门科学应用范围极广，与国民经济和人民生活密切相关。英、美、日、德、瑞典、加拿大等许多国家在颜色科学方面进行了大量的研究工作。在国际上也成立了国际颜色学会（AIC）。1985年6月在达摩纳哥王国首都蒙特卡罗召开了第五次大会。大会收到论文160篇，内容很广泛，包括色觉机制、色差、测量及设备、配色、视觉、色序系统、食品色、光泽及表现、颜色教学电视颜色、民俗色、流行色等等，下届大会将于1989年在阿根廷举行。

我国颜色科学的研究工作起点较晚，基础薄弱。专门从事有关这方面的研究工作的人数很少。近年来随着我国颜色工业发展的需要，我们与一些有关单位协作，承担了有关颜色标准化的一些国家标准任务。近年来先后完成了《彩色电视肤色测试卡的研制》、《彩色电视彩条测试卡的研制》、《摄影用标准灰板、色板的研制》、《摄影用常见典型景物模拟色板的研制》以及《灯光信号颜色》、《视觉信号表面色》等六项标准任务。其中三项先后获部级科研成果奖，六项已正式被定为国家标准。

## 一、我国《电视彩色肤色测试卡》的研制

在评价彩色电视的色再现中，人的肤色的色再现是最重要的。在观看电视时，观众对肤色是极敏感的，肤色稍有一些畸变，就不能接受，整个画面就会受到破坏。“彩色肤色测试卡”系用于彩色电视系统的彩色调正及评价方面，它可供调整各摄像机的色调平衡，直接观察彩色复现的效果，是电视演播中的直观性的标准验测工具。国外早在五十年代就进行了研制和使用。许多国家的电视部门根据其本国情况，研制专门用于演播方面，进行彩色调整的《彩色肤色测试卡》。我国人属于亚洲黄色人种，国外的白种人肤色样品并不完全适合我国情况。为了适应我国彩色工业的迅速发展，进一步提高彩色电视演播质量，按照国家下达的标准任务，我们与广播科学研究所、中国图片社共同协作研制成适用于我国彩色电视的《彩色肤色测试卡》。

在进行此项工作之前，需要解决的一个问题，是中国人的肤色色度范围分布问题。由于我们曾在76—79年完成了中国人的肤色色度特性的测查工作。此项工作是从初生儿一直到70多岁的老年人，共计测查1400余人。基本上掌握了我国人的肤色不同民族、年龄、性别发展的变化规律及色度分布（中国人肤色色度测定工作曾获1978年中科院重大科研成果奖）这为进行肤色测试卡的研制奠定了基础。考虑到从国外近年来所采用的肤色测试卡的发展情况来看，多以青年女性肤色为标准。如美国、英国、日本、加拿大等国所采用的肤色测试卡均以女性肤色为标准，并且倾向于用自然（真实肤色）。这是因为女性的自然肤色极柔细、嫩滑、具有美的感觉，并且是属于极难还原得好的一种低饱和色。因此我们确定以我国青年女性的自然肤色（不化妆肤色）的测试数据作为标准。

根据以女性肤色作为研制《彩色肤色测试卡》标准这一原则，在我们过去对中国人自然肤色的色度特性大量测定的基础上，又分别对北京、天津、上海、广州等地电视台的女播音员的脸部自然肤色进行了分光测定。从对我国女播音员的自然肤色的实测结果来看，其自然肤色度值X值为0.36—0.38；y值为0.33—0.35，反射率为27—36%，饱和度为20—30%。平均色度坐标值为 $X=0.3711$ ， $y=0.3446$ ；平均反射率为30.7%，平均饱和度为32.6%，平均主波长为588.2nm。这些数值均落在我国人典型的色域范围。这些基本参数及分光曲线的形状与走向对研制《彩色肤色测试卡》提供了进一步的基本参数标准。

根据这些基本参数，我们进行人像拍摄工作，最后选定广播员中的一人作为标准图象模特。拍摄条件及冲洗和放大图片均采用国内最先进的照相设备。经过对同一人像多次拍摄及图象试样的大量测试工作，最后测出6幅色调稍有差别，而又符合中国人肤色色度标准的照片试样，在中央电视台进行试验。采用目视评定方法进行评定，以确定出认为视觉效果最满意的一幅作为《彩色肤色测试卡》的标准。评分等级采用国际无线电咨询委员会500号建议的五级质量制，即5分——优秀，4分——良好，3分——好，2分——不好，1分——坏。将肤色试样经扫描一幅一幅地显示在监视器上，由在场人员（包括专业人员与非专业人员）进行逐一评定，各人根据自己的喜爱进行评分，最后以分数达到优良者（即平均分数在4分以上）得分最多的一幅照片作为《彩色肤色测试卡》标准色样。

《中国人肤色测试卡》的色样与CIE白种人女性肤色及黑种人肤色相比较，如下图1。

从图1列出的不同人种肤色光谱反射曲线来看，人类肤色的光谱反射曲线有其类似

性和同一性。这就是说，在短波范围（如蓝端）反射率较低，而随着波长的增长，反射率逐步升高，而在580nm以后，有着明显的陡升。我国人肤色光谱反射曲线在白人与黑人之间，这是容易理解的，因为中国人是黄色人种。

我们所研制的“彩色肤色测试卡”的肤色光谱反射曲线的形状与走向，基本上符合人类肤色的光谱反射曲线的要求。

“彩色肤色测试卡”的大小规格为 $280 \times 210\text{mm}$ 的人像彩色图片。考虑到产品大批量生产，在严格保证“彩色肤色测试卡”的色度特性符合我国人的色域范围要求时，我们规定了一定的宽容范围。基本数值如下：

色度坐标： $x = 0.37 \pm 0.01$

$y = 0.34 \pm 0.01$

反射率： $(33 \pm 3)\%$

饱和度： $(22 \pm 3)\%$

色矢量角： $117^\circ \pm 2^\circ$

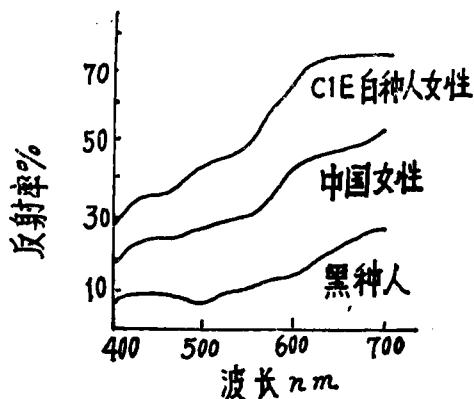


图1. 白种人、中国人和黑种人的肤色试样光谱反射曲线

所研制的《彩色肤色测试卡》的色样，曾先后送交国内四十多个电视台试用，效果满意。认为符合中国人的肤色特点，在监视器上观看，直观效果好，使用方便，利于调机，能起到色调平衡和评价作用，是具有实用意义的标准检测工具。此“彩色肤色测试卡”已通过技术鉴定，被定为国家标准（GB3175-82），并获广播电影部1983年标准成果二等奖。

## 二、我国《电视用彩条测试卡》的研制

彩色电视的颜色复现，肤色是最重要的，但其它的一些常见色也是不可忽略的。一些先进国家，如美、日等国，随着电视工业的发展，已经形成了用于彩色评价用的多种类型的测试卡（或测试图）。不仅有肤色测试卡，还有彩条测试图、综合测试图、常见实物色测试图等。“电视用彩条测试卡”包括黄、青、绿、品、红、蓝6种色彩条。它适用于彩色电视系统后期调正，保证各信道间的色平衡。根据我国彩电工业发展的需要，我们与广播科学研究所、北京油漆厂涂料研究所协作研制成适用我国的《电视彩条测试卡》。研制彩条测试卡的标准参考了彩条的相位角、亮度比值、饱和度及排列顺序。分为反射式和透射式两种。

### （1）反射式彩条测试卡

用涂料和树脂研制。经过反复喷涂、色度测量基本达到要求，已通过技术鉴定。下表1是反射式彩条测试卡基本数值。

使用彩条测试卡可以从矢量示波器上的相位角的误差来检验三管摄像机的三基色是否符合要求，对单管机来说，彩条卡可以作为评价彩色还原的参照标准。

### （2）透射式彩条测试卡

透射式彩条测试卡是用于电视各项色度指标评定与调正。保证各信道间的色彩平衡。由于透射式彩条是采用标准光合的光源( $3200^\circ\text{K}$ )照明，因此，不容易受环境条件变化的影响。

表 1 反射式彩条测试图基本数值

颜 色	色矢量角	容 许 差	色度坐标 ( $D_{65}$ )		反射系数 (%)	主波长 nm
			x	y		
黄	167°	±2.5°	0.3972	0.4935	56.59	568.3
青	283.5°	±2.5°	0.2106	0.3364	21.44	493.0
绿	240.5°	±2.5°	0.2645	0.5077	20.74	535.5
品	60.5°	±2.5°	0.3048	0.2305	27.98	554.6c
红	103.5°	±2.5°	0.5475	0.3275	11.51	611.0
蓝	347°	±2.5°	0.2164	0.1657	6.64	464.5

我们与广播科学研究所、北京第三光学仪器厂协作研制成适用我国的《透射式彩条测试卡》。透射卡采用染料制成，已通过技术鉴定。下表 2 是其中基本数值。

表 2 透射式彩条测试图基本数值

颜 色	色矢量角	容 许 差	色度坐标 ( $D_{65}$ )		透射系数 (%)	主波长 nm
			x	y		
黄	167°	±2.5°	0.4122	0.5000	79.7	569.7
青	283.5°	±2.5°	0.2483	0.3309	57.9	493.2
绿	240.5°	±2.5°	0.2476	0.5732	38.4	534.8
品	60.5°	±2.5°	0.3412	0.1916	23.2	555.8c
红	103.5°	±2.5°	0.6721	0.3276	15.9	612.0
蓝	347°	±2.5°	0.1475	0.0391	3.2	461.0

研制成的样品，经过色度测量及色牢度试验均符合要求。在2500Lx及3200°k条件下连续使用寿命大于100 小时。先后用日本索尼光盒及国产光盒进行矢量角测量，其各色矢量角的误差值均落在允许误差范围之内。表明所研制的样品基本达到设计要求。样品经国内有关电视台，全国计划生育中心及清华大学等单位的试用后，结果表示满意。认为使用方便，利于调机，有些主要技术指标已接近甚至超过了国外同类型产品的水平(如矢量角和亮度比值)认为样品能起到彩色摄影机色调平衡的作用，是一种具有实用价值的标准检测工具。

### 三、我国《摄影用标准灰板、色板》的研制

在彩色摄影和彩色印刷等行业中，都需要用标准灰板、色板作为彩色还原评价的标准器件。美国柯达公司为了对彩色胶片的彩色还原质量进行客观评定而采用了一套标准色板作为评价标准。色板共24块，大小为4×4英寸。其中9块是饱和色，8块是低饱和色，7块是非彩色。利用一套标准色板对彩色胶片的彩色还原质量进行客观评价，通常认为如果拍摄下来的照片上的色板的色度值接近于原色板的色度值，则就认为此胶片的彩色还原性能较好。在摄影中彩色胶片对不同波长的光的敏感度是不同的，在眼睛看来同样是白色的光，对彩色胶片感光的效果不一定是一样。因此，用于对彩色胶片彩色还原评价的标准，

色板的光谱反射特性应要求与客观物体的光谱反射特性尽可能相一致。我国电影部门及摄影部门过去由于国内没有我国自己生产的标准灰板和色板，大都从国外进口。由于没有严格的标准，有的灰板和色板已经用了很久，褪了色也应用，结果各电影制片厂很难有一个统一的彩色还原评价标准，而影响了电影胶片生产的质量标准的控制。随着我国电影事业的发展，有关部门迫切需要研制适用我国的摄影用标准灰板和色板。为此我们与电影技术研究所及北京油漆厂涂料研究所共同协作研制成一套适用于我国的《摄影用标准灰板和色板》。

为了进行研制适用的标准色板，我们查阅了国外有关资料，并测试了我国现有的一些从国外进口的灰板和色板的色度坐标和光谱反射曲线。这些数据为我们的研究工作提供了参考。我们研制灰板和色板的依据和技术要求是：

①板表面要求均匀，无纹理，无光泽，以保证入射光均匀地被反射；②黑白系列的灰板定为 6 级，反射率之间的级差是倍数关系。灰板对光谱各波长的反射系数在可见光 400-700nm 范围内没有选择性，即整个板面保持中性色。此外，另增加一块最常用的最能反映画面颜色平衡情况的反射率为 18% 的中性灰板；③参考了国内外常用的彩色电影负片的光谱区和感峰波长范围，要保持选定色板的各光谱反射主峰与胶片感峰基本一致。④由于色板是经常在太阳光下使用，因此，所选用的颜料应能耐晒，不易退色。

经过反复试验和测试最后研制成一套适用于《摄影用的标准灰板、色板》，其基本数值如下表 3 和表 4 所示。

表 3 我国研制的标准灰板数值

灰 板	I	II	III	IV	V	VI	VII
反射率%	91.8	44.6	23.4	12.8	6.0	3.8	18.0

因分光测定结果，其中性度已达到高水平。与比利时阿克发灰板比较，我们所研制的灰板，其中性度已达到国外的同类型产品水平。图 2 是研制的灰板光谱反射曲线。

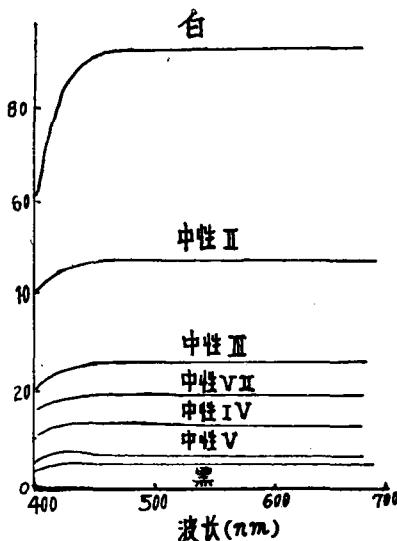


图 2 研制的灰板光谱反射曲线

表4 我国研制的标准基色板数值

色板	色度坐标		反射系数%	色板	色度坐标		反射系数%
	x	y			x	y	
红	0.5510	0.3102	14.3	黄	0.4500	0.4644	58.1
绿	0.2854	0.510	19.9	品	0.3750	0.2564	21.9
蓝	0.1822	0.157	7.0	青	0.2107	0.2564	22.7

上述所研制的色板，在光谱反射曲线方面和国外摄影界所推荐的产品——马克贝斯的色板光谱反射曲线是很相一致的。经过耐晒试验，表明色牢度符合要求。色板的光谱反射曲线的峰区和胶片的感峰区域也很相接近。所验测的灰板和色板经国内七家电影制片厂试用和评定，一致认为效果良好，符合实际使用要求，可作为彩色还原评价的标准器件。此灰板和色板已通过技术鉴定被定为国家标准（GB3356—83），并获1982年文化部科技成果三等奖。

#### 四、我国《摄影用常见景物色模拟色板》的研制

在电影、照相等摄影过程中，为了检验感光材料的性能，以及评价彩色还原效果的好坏，常采用除了灰板和基色板外，还采用一些常见景物色色板。美国柯达公司曾研制了一套（共24块）色板，是用于评价彩色还原质量的。在这些色板中包括日常人们所经常见到的景物色，如皮肤颜色，蓝天、树叶色、绿草、沙土等。柯达公司的色板的色度值是采用对实物实测的结果。如肤色板的数值就是根据C. B. Buck等人对103名美国白人实测的结果而制定的。其它一些国家，如比利时的阿克发一吉伐公司，也为了同样目的，研制了摄影用的常见景物色色板，其中包括肤色、叶绿色、蓝天等色。近几年被美国摄影界推荐的马克贝斯的色彩与光度学研究室研制的一套摄影用的24块色板，其中有12块是常见色或敏感色色板。由于人类生活的世界是色彩丰富的世界，在自然界中，经常见到的颜色，如肤色、树叶、蓝天、绿草、玫瑰花等都是常见的颜色。它们都是属于极难还原得好的低饱和颜色，同时也是人们最敏感的颜色。根据电影部门的需要，我们在完成摄影用标准灰板、色板研制任务后，又进行了摄影用常见景物色色板的研制。我们广泛征求了摄影人员的意见及一些植物学家的意见，确定了8种常见色：肤色（男性和女性），蓝天、树叶绿、桔黄、橄榄绿（湖水绿）、牵牛花蓝（黄绿色）（藕荷色）玫瑰红等作为模拟研制的常见物色板。

肤色标准是根据我们对中国男性及女性肤色实测结果作为参数。

树叶绿色：系根据我国植物生长情况，经中科院植物所专家推荐，以我国南、北方均有而属常见的槲栎树叶为测试选样，其数据作为研制树叶绿的参数。

天空蓝色：以国外色样和一般晴空实拍对比效果作为参数。

橄榄绿：以邮递员的绿色工作服为色样。

黄沙色（牵牛花）：以对牵牛花实测数据为参数。

玫瑰花（紫红）：以对玫瑰花实测数据为准。

根据色样的参数，我们进行了常见色模拟试验，最后研制成符合要求的8块常见景物

色模拟色板。从外观点色到色度测定以及光谱曲线走向的调整，每个色样都经过数十次甚至上百次的反复试样。下表 5 是常见景物色模拟色板的基本数据。

表 5 8 块常见景物色模拟色板的基本数据

色名	色度坐标			色名	色度坐标		
	x	y	反射率%		x	y	反射率%
女性色	0.3710	0.3416	29.2	蓝绿色	0.2185	0.3072	9.5
男性色	0.3922	0.3468	19.8	橙黄色	0.4893	0.4086	31.8
天空色	0.2345	0.2581	20.2	玫瑰紫色	0.3134	0.2149	7.2
树叶绿	0.3151	0.4719	12.7	藕荷色	0.2604	0.2318	23.5

此 8 块常见色试样先后送交北京电影制片厂、八一电影制片厂进行试用，效果满意，认为肤色板具有我国人种的特色，其它色板有的已达到国外同类产品水平。建议尽快进行批量生产以满足国内需要。此研制色板已通过技术鉴定并获文化部 1984 年科技成果三等奖。

## 五、我国灯光信号颜色及视觉信号表面色标准的制定

### (1) 灯光信号颜色标准

我国灯光颜色虽然已广泛使用在各个交通运输和工矿企业等部门。但长期以来我国尚无统一的国家标准。考虑到海、陆、空交通都是国际性的，随着我国四化建设的发展及我国国际地位的提高，国际交往日益增多，在颜色信号方面有必要同国际上协调一致。为此，我们与铁道部科学研究院通信信号研究所等有关部门协作对目前国内海、陆、空部门，使用灯光信号颜色的情况进行广泛调查，并参考了国内有关部门已进行过的灯光信号颜色辨别的实验材料，同时对 1975 年 CIE (TC-16) 第 22 号出版物所推荐的灯光信号颜色作了认真分析。确定适用于我国的灯光信号颜色标准。下表 6 是灯光信号颜色边界交点色度坐标。图 3 是灯光信号颜色的色域范围。此标准已于 1986 年通过鉴定，正式上报定为我国国家标准。

### (2) 视觉信号表面色标准

视觉信号表面色广泛地使用在各个交通运输部门和工矿企业等单位，但是我国长期来尚未制定一个统一的国家标准。因此在实际使用方面，视觉信号表面色（包括荧光色及逆向反射物色）处于很不严格，甚至混乱状态。由于一些信号标志表面色千差万别，严重影响辨别的正确性。为了使我国视觉信号表面色规范化，我们与有关单位协作，在进行广泛调查和分析研究的基础上，并参照国际照明协会 (CIE) 1978 年提出的“视觉信号表面色”的标准建议，制定出适用于我国的国家标准。下表 7 是各色的色度坐标值。图 4 是视觉信号表面色的色域范围。此标准已于 1986 年通过鉴定，正式上报定为我国国家标准。

心理学作为一门基础学科也具有其应用研究的方面，并且随着社会建设的发展，心理学已经越来越多地与人们的生活及生产实践密切相结合。美国从事心理学研究的人是世界

表 6 灯光信号颜色边界线交点及色度坐标

颜色	边界线交点色度坐标						
	Q	R	S	T			
红	x 0.665	0.645	0.721	0.735			
	y 0.335	0.335	0.259	0.265			
	X	Y	Z	T			
限定红	x 0.700	0.690	0.728	0.735			
	y 0.300	0.300	0.262	0.265			
绿	a	b	c	d			
	x 0.305	0.321	0.228	0.028			
	y 0.689	0.493	0.351	0.385			
限定绿	g	b	h	i	e	f	
	x 0.009	0.321	0.315	0.183	0.013	0.245	
	y 0.720	0.493	0.569	0.359	0.494	0.377	
黄	K	L	M	N			
	x 0.560	0.546	0.612	0.618			
	y 0.440	0.426	0.382	0.382			
限定黄	K	P	M	N			
	x 0.560	0.555	0.612	0.618			
	y 0.440	0.435	0.382	0.382			
白	A	B	C	D	E		
	x 0.285	0.440	0.453	0.500	0.525		
	y 0.382	0.432	0.440	0.440	0.440		
四色系统白	F	G	H	I	J		
	x 0.565	0.542	0.500	0.440	3.285		
	y 0.413	0.382	0.882	0.382	0.264		
编码白	A	B	C	D	H	I	J
	x 0.235	0.440	0.453	0.500	0.500	0.440	0.285
	y 0.332	0.432	0.440	0.440	0.382	0.382	0.264
独立辨认	A	B	I	J			
	x 0.285	0.440	0.440	0.285			
蓝白(月白)	y 0.332	0.432	0.382	0.264			
蓝	J	k	l	m			
	x 0.090	0.186	0.233	0.148			
	y 0.137	0.214	0.167	0.025			
蓝紫	m	n	o				
	x 0.148	0.161	0.181				
	y 0.025	0.046	0.008				

上人数最多的一个国家。但近年来美国心理学的发展总的趋势也是面向应用。颜色视觉及颜色标准化的研究无疑是一个广阔的领域。一个新的分支——色彩心理学已经提到日程上来。颜色对行为的影响，流行色及喜爱色的选择，色彩与工作效率，颜色与情绪和健康，颜色的视觉效应都吸引颜色科学工作者们的广泛兴趣。在现实生活中，颜色的作用已越来越多地被人们所了解。科学家们正在继续研究各种颜色的特性和作用。人们已经开始利用颜色美化生活，改善劳动条件，提高生产效率。随着我国四化的进展，颜色科学的研究将会得到进一步加强，其研究成果也将进一步被推广和应用。

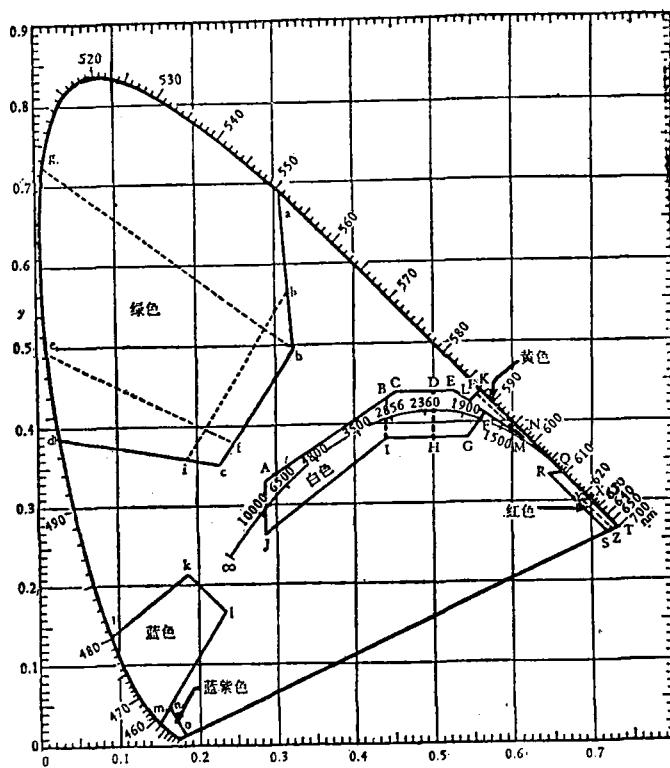


图3 灯光信号颜色色域范围

表7 各色色度坐标

颜 色	色 度 坐 标																							
	(1)			(1') (1'')			(2)			(2') (2'')			(3)			(3') (3'')			(4)			(4') (4'')		
	x	y		x	y		x	y		x	y		x	y		x	y		x	y		x	y	
表 面 色	红	0.690	0.310		0.658	0.342		0.597	0.313		0.595	0.315												
	橙	0.629	0.371		0.583	0.423		0.519	0.391		0.553	0.359												
	黄	0.531	0.468		0.464	0.534		0.427	0.483		0.477	0.433												
	绿	0.230	0.754		0.013	0.486		0.209	0.383		0.234	0.440												
	蓝	0.078	0.170		0.137	0.038		0.240	0.210		0.198	0.252												
	红紫	0.302	0.064		0.457	0.136		0.374	0.247		0.307	0.203												
	白	0.350	0.360		0.300	0.310		0.290	0.320		0.340	0.370												
	灰	0.350	0.360		0.300	0.310		0.290	0.320		0.340	0.370												
	黑	0.385	0.355		0.300	0.270		0.260	0.310		0.345	0.395												
荧光色	红	0.690	0.310		0.658	0.342		0.597	0.313		0.595	0.315												
	橙	0.629	0.371		0.583	0.423		0.519	0.391		0.553	0.359												
	黄	0.531	0.468		0.464	0.534		0.427	0.483		0.477	0.433												
	绿	0.313	0.682		0.013	0.486		0.209	0.383		0.319	0.454												

颜 色	色 度 坐 标								
	① ①' ①''			② ②' ②''			③ ③' ③''		
	x	y	x	x	x	y	x	y	
逆 向 反 射 物	红	0.690	0.310	0.658	0.342	0.597	0.313	0.595	0.315
	橙	0.629	0.371	0.583	0.423	0.519	0.391	0.553	0.359
	黄	0.531	0.468	0.464	0.534	0.427	0.483	0.477	0.433
	绿	0.007	0.702	0.026	0.399	0.177	0.362	0.248	0.409
	蓝	0.078	0.170	0.137	0.038	0.210	0.247	0.150	0.220
	红紫	0.302	0.064	0.457	0.136	0.374	0.374	0.307	0.203
	白	0.350	0.360	0.300	0.310	0.290	0.320	0.340	0.370

注：①、②、③、④代表表面色；①'、②'、③'、④'代表荧光色；①''、②''、③''、④''代表逆向反射物。

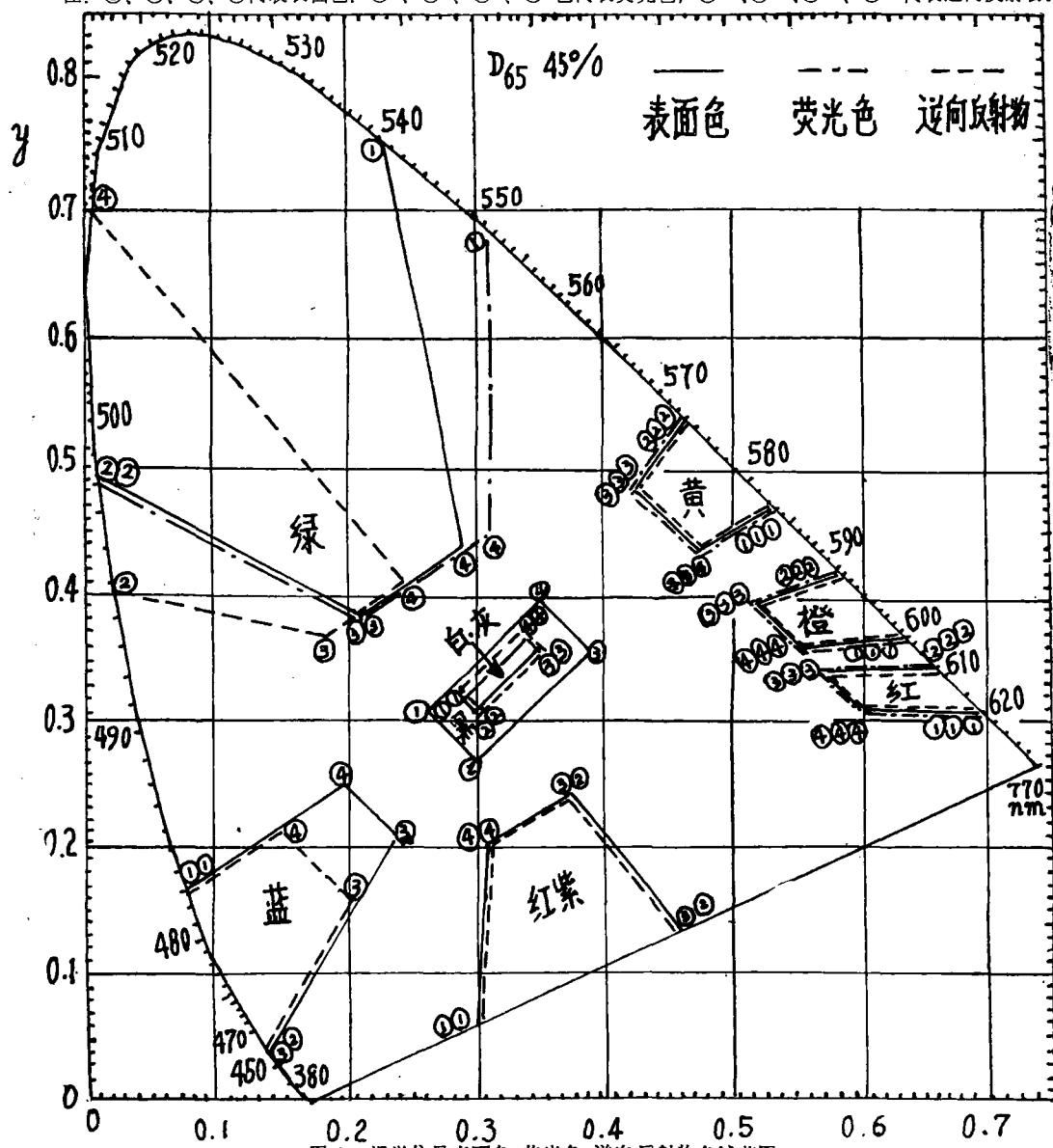


图4 视觉信号表面色、荧光色、逆向反射物色域范围