

彩色电影

戈尔陀夫斯基主编

崔永泉译

中国电影出版社

內 容 說 明

本书是一部阐述有关彩色电影各方面问题的著作。书中从彩色电影技术理论到实际操作工艺都有详细叙述。举凡彩色电影的物理与化学原理、多层彩色电影胶片的制作、照相性能、传色性能以及感光测定均详加阐述。此外，关于彩色电影的外景摄影、内景摄影、特技摄影、灯光照明、洗印加工工艺以及彩色影片的声带等等，也分章作了详细的介绍。最后，书中还论述了多层彩色影片的保存与损伤修复的问题。

本书可供我国电影技术工作者阅读和参考。

統一書號：15061·93

定 价：1.95 元

目 次

序 言.....	(1)
第 一 章 电影影片中彩色的技术特性和造型特性 弗·米·戈尔陀夫斯基.....	(8)
第 二 章 彩色电影的物理原理和化学原理 弗·斯·奥列佐夫.....	(31)
第 三 章 多层彩色电影胶片的制造及其照相特性 依·米·吉甫林斯基.....	(44)
第 四 章 多层彩色照相材料的感光测定原理 格·斯·巴拉诺夫.....	(67)
第 五 章 多层彩色影片的传色性能 恩·斯·奥维吉斯.....	(94)
第 六 章 使用多层彩色电影胶片电影拍摄内景的摄影技术 利·弗·柯斯玛托夫.....	(119)
第 七 章 使用多层彩色胶片拍摄外景的摄影技术 阿·德·高洛夫尼亚.....	(173)
第 八 章 彩色电影中主要的特技摄影方法的工艺问题 布·奇·高尔巴巧夫.....	(193)
第 九 章 彩色影片生产中的照相加工工艺 叶·阿·约菲斯.....	(268)
第 十 章 彩色影片大量印片时的照相加工工艺 斯·米·安东诺夫.....	(297)
第十一章 多层彩色影片的声带 斯·斯·舒沙林(第四节—恩·依·吉	

里诺夫)	(313)
第十二章 多层彩色影片的保存和修复	
依·米·弗利得曼	(332)

序 言

俄国在电影事业誕生以后的許多年內，沒有制作彩色影片，自然界的一切彩色在电影画面上仅仅是以黑白色調表現出来的。这种情况在很早以前就促使我們的发明家們和科学家們从事研究用照相方式在电影胶片上获得彩色画面的方法。

还在伟大十月社会主义革命以前，俄国发明家斯·馬克西莫維奇和斯·甫罗庫金—高尔斯基就研究出了一种独特的彩色电影方法，并且取得了这种方法的专利权（1910—1914年）。这种方法是使用比标准寬度增加一倍的电影胶片，电影胶片的一半通过紅色滤色鏡拍摄画面，另外一半通过綠色和藍色滤色鏡拍摄画面。这样拍出的影片用装有特殊鏡頭（帶有紅、綠和藍三块滤色鏡）的电影放映机进行放映。由于三个彩色画面重叠的結果，在銀幕上便出現了影片的彩色。

这种彩色电影方法叫作三色加色法（即以三种彩色的混合为基础的的方法）。俄国曾經成立了一个“活动新聞”公司，这个公司采用了斯·馬克西莫維奇和斯·甫罗庫金—高尔斯基的专利权，并于1914年生产了一部彩色紀录短片。但是，这项发明的命运是很可悲的，像沙皇俄国其他大多数发明一样：它們不是被国外公司收买，就是被遺忘和抛弃。

从苏維埃政权建立的最初几年起，党和政府就向电影专家們提出了制作彩色电影的任务。但是，真正地解决这项任务是在第一个五年計劃和第二个五年計劃的年代，因为当时苏联电影事业

具备了强大的技术基础并且成立了电影照相科学研究所。

1928—1931年，恩·阿諾申柯研究并实现了彩色电影两色加色过程。影片拍摄和影片放映都通过两块滤色镜用标准宽度的电影胶片进行。1931年出品的彩色纪录片“劳动节”就是用这种方法拍成的。

但是，借助于两种彩色不可能表现出自然界的全部彩色，因此，1935年电影照相科学研究所利用普通宽度的电影胶片创造电影三色加色过程方面进行了工作。我们的科学家对这一问题进行深入研究的结果证明，加色过程不适于广泛运用在彩色影片的生产和放映上，因为特殊的光学系统和滤色镜不仅会使电影摄影和电影放映复杂化，而且还不能够保证彩色画面具有很高的质量。

解决问题的途径终于找到了，就是创造这样一种彩色电影过程：在电影正片胶片上获得的照相画面有着同被摄体的颜色相一致的彩色。这种彩色电影过程叫作减色过程，因为正像画面的彩色部分可以滤掉（减掉）各种颜色的光线。

最初，苏联科学家们在创造彩色影片两色减色法方面进行了工作。他们采用了片基两面涂有感光层的正片电影胶片，感光层则和普通黑白电影胶片的感光层相同。从通过两块彩色滤色镜拍摄的两条底片，向正片电影胶片的两面印出两个被摄体的画面，结果，其中的每一个画面便着上了不同的彩色。

苏联在研究和探讨彩色电影两色减色调色法方面进行了多次研究和试验。电影机械企业部门研究了同时拍摄两条胶片用的特殊的电影摄影机、印片机、显影机和其他设备。电影胶片工厂生产了制作正片所需要的电影胶片。苏联化学企业部门研究并制造了调制正片彩色用的染料。各个科学研究实验室拟定了生产两色正片拷贝的工艺过程。因此，这种方法得到了充分的掌握，并且成了许多彩色影片的摄制基础。其中第一部彩色影片是1936年生产的艺术片“夜鶯曲”。

但是，利用彩色电影两色减色法并不能够表现出被摄体的全部色调，因为彩色画面的构成仅仅使用了两种染料。因此，从1920年起，苏联开始研究一种更加完美的彩色电影三色过程，利用这种过程可以一次拍出三条电影底片，每条底片都通过其特定的彩色滤色镜进行拍摄。用特殊的电影胶片从每条底片印制黑白正片拷贝，由于经过特殊的照相加工，在这个拷贝上，便出现了浮雕状正像画面。然后，用染料对三条电影胶片上取得的浮雕状正像画面进行着色。用特殊的电影胶片将这样三个着色的正像画面按顺序印出来，于是这条胶片上便有三个单色画面，而形成一条多色的电影画面正片。

由于科学研究机关和电影制片厂共同工作的结果，苏联彩色电影三色染印法已研究成功并已在技术上得到掌握。在摄制工作方面，创造了特殊的电影摄影机，可以保证三条电影胶片运行和将一个被摄画面“分解”为三个单独画面，此外还设计了印片机、制作彩色正片所需要的其他一些机器、照明器、滤色镜、控制照明质量和强度用的仪器等等。电影企业部门研究并生产了新品种的正片和底片电影胶片；制作了合乎需要的染料；制造了显影机；拟定了彩色电影摄影、印片和放映过程中的传色条件，在战前年代，苏联各大型电影制片厂除使用了彩色电影两色调色法而外，同时也采用了苏联三色电影染印法。

第一次用这种方法进行的电影摄影工作证明，彩色画面具有很高的质量。但是，也肯定了染印法的缺点，这种缺点是电影摄影机和把彩色按顺序转印到正片上所用的机器非常复杂。为了简化电影摄影过程和彩色正片制作工作，科学研究机关创制了所谓多层电影胶片。制造这种电影胶片，需要在照相乳剂、保证各层形成必要色彩的染料以及照相加工等方面解决许多问题。

在伟大卫国战争的艰苦年代，苏联电影企业对于三色减色法的掌握继续进行了研究，找到了进一步掌握最复杂的彩色影片生产技术的可能性。1944年，莫斯科电影制片厂按照苏联三色染印

法摄制了一部彩色艺术长片“俄罗斯水兵伊凡·尼庫林”。同时在多层电影胶片方面继续进行了研究工作。1942—1943年，实行了多层彩色电影胶片的照相加工。

战争胜利结束以后，苏联电影事业面临着恢复战前电影工业水平和进一步发展电影技术的任务。这一工作是在掌握彩色影片生产技术和放映技术的口号下进行的。苏联的各个科学研究所和电影胶片工厂保证了底片过程和正片过程所用的多层彩色电影胶片的制造。近几年，已经制出了新的感光度很高的底片彩色电影胶片，这种胶片的感光度比以前一些品种的感光度提高了许多倍。苏联的各大型制片厂建立了多层彩色电影胶片正片拷贝印片和照相加工车间，组织了多层电影胶片大量影片拷贝的生产；在加速多层电影胶片的照相加工过程方面进行了很多工作。

在1945—1950年这一时期，苏联各个电影制片厂根据彩色影片的生产要求进行了改建。布景制作工艺、照明和化妆技术以及电影特技摄影方法完全适应了彩色影片的生产工作。

对彩色电影技术的掌握，给电影创作人员提供了巨大的可能性。苏联的各个制片厂运用特技摄影、特种摄影和彩色动画摄制了几十部彩色艺术片，科学普及片、新闻纪录片和教学片。彩色影片已经成为影片产品的主要品种。

苏联影片中的彩色，是最深刻、最全面反映我国丰富现实和苏联人民生活的表现手段之一。我国的彩色影片得到了全世界的承认。第一批彩色影片之一——“宝石花”——曾经在戛纳国际电影节上荣获优秀彩色影片一等奖。

苏联彩色影片表明了苏联电影艺术的高度思想性。这些作品也显示了苏联电影技术的成就，苏联电影技术在很短的时间内创造了能保证摄制质量优良的彩色影片的技术手段。

苏联彩色电影的技术基础是由于许多发明家、科学家和工程师的劳动而建立起来的。例如：恩·恩·阿高那斯、阿·恩·约尔坦斯基、弗·夫·甫罗沃洛夫、克·斯·利亚里柯夫、利·甫

·克雷洛夫、甫·米·海尔森、弗·甫·烏斯宾斯基、弗·格·卢达柯夫、斯·弗·吉汗諾維奇、阿·阿·米恩、依·阿·契尔金以及其他等人，在研究两色調色法以及后来的染印法方面进行了許多重要工作。

格·阿·阿尔布卓夫、弗·斯·契里佐夫、阿·阿·包拉依-柯森采、阿·恩·約尔坦斯基、克·利·梅尔特茲、依·依·列夫柯也夫、恩·恩·斯維什尼柯夫、依·米·吉林斯基、恩·德·尼尤別尔格、格·斯·巴拉諾夫、恩·斯·欧維奇吉斯、尤·恩·高罗霍夫斯基、斯·米·安东諾夫、恩·斯·吉利洛夫、叶·阿·約菲斯以及其他等人，由于他們工作的結果，多层电影胶片在彩色电影方面的运用有了可能。

这本論文集研究了苏联广泛采用的多层胶片彩色电影方法的問題。

因为电影摄影、放映和还音設備在其他一些論文集^①中有所闡述，所以这本論文集中仅仅引证了有关彩色影片生产和操作的最重要的工艺原理。为了满足广大讀者的要求，本书的材料是以通俗形式叙述的。

“彩色电影”論文集由一篇序言和十二章組成。

技术科学博士叶·米·戈尔陀夫斯基写的序言，簡短地叙述了苏联彩色电影的发展道路，并規定了本书的任务和內容。

同一作者所写的第一章“电影影片中彩色的技术特性和造型特性”，试图根据对苏联影片生产的分析，来确定影片彩色的技术特性和造型特性的相互关系。

第二章“彩色电影的物理原理和化学原理”是化学碩士弗·斯·契利佐夫写的。其中概述了有关彩色画面构成原理，特别是

① “电影音响技术”，苏联国家电影出版社，1950年版；“电影放映技术”，苏联国家电影出版社，1951年版；“电影摄影技术”，苏联国家电影出版社，1952年版。

多层照相材料彩色画面构成原理的最重要的論点。这一章編入本书，是为了使本书更趋于完整和保证在叙述上具有必要的連貫性。

技术科学碩士依·米·吉甫林斯基所写的第三章“多层彩色电影胶片的制造及其照相特性”，闡明了彩色电影胶片的制造問題和彩色电影胶片的基本照相特性。

技术科学碩士格·斯·巴拉諾夫写的第四章“多层彩色照相材料的感光測定原理”，叙述了苏联所采用的測定彩色电影胶片感光参数的方式和方法。

技术科学碩士恩·斯·欧維吉斯所写的第五章“多层彩色影片的传色性能”，研究了在影片生产中产生的彩色失真、改善传色性能的方法和多层彩色电影胶片可能保证包含的彩色范围。

利·弗·柯斯瑪托夫教授写的第六章“使用多层彩色电影胶片拍摄內景的摄影技术”，试图叙述彩色影片的拍摄，特别是彩色照明和化装方面的問題。本章的第十二节“新式鎢絲灯泡的特性及其照明设备的特性”是工程师阿·恩·拉扎列娃写的，其中叙述了苏联設計的彩色摄影用的鎢絲灯泡和这种鎢絲灯泡照明设备的特性。

第七章“使用多层彩色电影胶片拍摄外景的摄影技术”是阿·德·高洛夫尼亚教授写的，这一章叙述了外景彩色摄影的特点，特别是外景照明条件的基本原理。

摄影师布·克·高尔巴巧夫写的第八章“彩色电影中主要的特技摄影方法的工艺問題”，研究了苏联彩色影片生产上所使用的最主要的彩色特技摄影方法。

本书的第九章是技术科学碩士叶·阿·約菲斯写的，其中叙述了生产影片时多层彩色电影胶片的照相加工工艺問題。

技术科学碩士斯·米·安东諾夫所写的第十章，叙述了制作大量彩色影片拷貝时印片和照相加工的基本工艺原理。

技术科学碩士斯·斯·舒沙林所写的第十一章“多层彩色影片的声带”，指出了多层彩色正片声带的特性和改善这种声带的

可能方法；其中的第四节，是技术科学博士恩·米·吉里諾夫写的，叙述了声带和画面分别加工的问题。

本书的最后一章，即第十二章，叙述了关于修复多层胶片底片和正片的重要问题，由技术科学硕士依·米·弗利得曼著述。

第一章 电影影片中彩色的技术特性和造型特性

第一节 概 論

在电影事业发展的最初几年，发现影片有两个缺点：影片没有声音和彩色。当时，阿·瑪·高尔基曾经这样記述了他看过最初几場电影以后所得到的印象：

“昨天我到影子的王国去了。如果你们想要知道的话，那里真是可怕极了。那里既没有声音，也没有彩色。那里的一切——大地、树木、人群、河流和天空——都着上了单调的灰色；灰色的天空上照射着灰色的日光；灰色的脸上是灰色的眼睛；灰色的树叶就像灰尘一样。这不是生活，而是生活的影子，这不是动作，而是动作的无声的影子。”^①

有声电影的出現，消除了第一个缺点，稍后，第二个缺点也有可能克服，因为解决了彩色电影問題。

苏联采用的彩色电影方法，通常是使用多层电影胶片底片——正片过程。这种生产彩色影片的方法，是以借助于三原色制取一切自然彩色为基础的。由此可见，这种彩色电影方法的基础，其原理也就是彩色视觉基础的原理。目前大家都认为，眼睛的视网

① N·M·Pacatus (阿·瑪·高尔基的笔名) 的一篇杂文，发表在1896年7月4日的“尼日尼·諾夫戈罗德新聞”上。

膜有三个感受体——紅色感受体、綠色感受体和蓝色感受体（詳見第二章）。当所有三个感受体的感觉相同的时候，眼睛感受到的是白色（或者是各种灰色色調），如果它們的刺激程度不同，那么，眼睛里面便产生一定的彩色感觉。

应当指出，眼睛并不是一下子就开始借助于三个感受体来感应彩色的。显然，彩色视觉的进化经过了“两色”幻象的阶段。在很久很久以前，人的眼睛是根据作用于视网膜两个彩色感受体——黃色感受体和蓝色感受体——的长波光线和短波光线条数的多少来判断周围物体的彩色的。后来，由于眼睛的发展，黃色感受体才分成了两个感受体——紅色感受体和綠色感受体。

同眼睛的发展一样，彩色电影也经过了“两色”阶段而漸臻完善。虽然如此，但是，这种阶段的进化当然比人的眼睛快得多，只不过十年之間就为現在利用的三色彩色电影过程所代替。然而，不应当設想三色电影方法可以取得质量完美无缺的彩色画面。遺憾得很，由于某些原因，电影院里放映的影片彩色画面有着相当大的传色失真。

用多层电影胶片制成的影片，其传色质量之所以降低，首先是因为近年来使用的染料沒有合乎要求的彩色特性（詳見第五章）。結果，电影胶片上的正片彩色画面所能表現出来的色量大大少于被摄体上实有的色量，并且有許多彩色产生失真。例如，純正的光譜彩色根本不能表現出来；綠色、青色、蓝色和品紅色染料的純度較差——它們包含着很大的白色百分数；紅色和黃色比較飽和；藍綠色和綠色的表現情况比較恶劣。

以上所述，只有在使用根据一定照明光源“加以平衡的”电影胶片来进行拍摄并根据底片精确选配电影正片胶片的时候，才是正确的。如果不进行这种平衡，正片上就会出现彩色失真。

彩色影片传色失真的另一个根源，是多层电影胶片不能够在一个彩色画面中再現出被摄体的最小亮度和最大亮度。随着照明条件和被摄場面各个部分反射系数的不同，它們的亮度可能相差

几十倍、几百倍、甚至几千倍。

多层彩色电影胶片正片画面各个不同部分的亮度比，不大于30:1，而黑白电影胶片正片画面的这个亮度比则大约为60:1以上。由于最大亮度和最小亮度的比例减小，所以黑白影片正片上的照相画面常常失真，阴影部分的细部融成一片，以致眼睛看不清楚。银幕上的画面没有足够的色量，必然会减损表现力和失去艺术价值。在使用彩色电影正片的时候，多层电影胶片的宽容度很小，会减少色调和破坏正确的传色性能，使得银幕上放映出的彩色画面不能同被摄体完全一致。

应当着重指出，某些彩色发生微小变化的时候，人的眼睛能发现它们的色调变化。绿青、橙红和蓝紫色的色调变化，最容易发觉，因为这些彩色的波长即使只有1/500的变化，也会被发现。但是，在光谱的绿色、红色和紫色部分，眼睛的感应则较差，甚至光线波长有1/50的变化都不能够发觉。

根据上述情况可以断定，多层彩色电影正片本身就有一些能引起画面传色失真的缺点。这样，便产生了一个问题：在传色性能遭到这种破坏的时候，可不可以从银幕上看到在彩色上相当准确地再现了被摄体的电影画面。苏联科学家恩·德·尼尤别尔格教授证明，使彩色画面的彩色和被摄体的彩色准确地吻合（即所谓彩色再现的物理准确性）是完全不必要的。取得一些能够鲜明地表现被摄体彩色的彩色画面就可以了，尽管这些画面在色度上与被摄体不同。在观看彩色画面的时候，视觉感受的心理因素具有重要的意义。银幕上的彩色画面即使很不完美（在一定范围内），但是观众仍然能够根据生活经验和对真实彩色物体的感受正确地辨别出它的彩色。

由此可见，在再现彩色画面的时候，重要的不是彩色再现的“物理准确性”，而是“心理准确性”，虽然这种准确性会引起一些失真，但是，在进行电影放映时可以保证影片传色十分准确。

与绘画不同，在彩色影片的放映过程中，彩色是以动作和时

間表現出來的。

在這種條件下，觀眾很少能夠感覺到色調的微差和傳色的缺點，因為觀看每一個畫面的時間不長，特別是，觀眾不僅僅注意演員，而且也注意銀幕上所發生的一切。同時，在布景、道具、服裝和演員頭髮的彩色表現上，即使有相當大的誤差，觀眾一般也不會發現，更何況觀眾又不知道這些物體的真實色調。對於電影觀眾說來，重要的只是使他們所熟悉的彩色，如演員面部、花草樹木和天空的彩色，真實地表現出來。

第二節 放映時的影片傳色失真

影片放映過程所引起的失真，會加重多層電影膠片特性對於影片傳色性能的破壞。在這些失真當中，有一些是由於放映電影用的光源造成的，有一些則是由於電影所固有的畫面放映方法和觀眾眼睛在觀看影片時的工作特點而產生的。

放映電影用的各種光源的光譜是互不相同的。例如，強力電影放映機的高光強炭精燈發出的紅光，比發焰炭精燈（中等電影院使用）或鎢絲燈（移動式放映機使用）發出的紅光大約少二分之一。彩色影片拷貝常常在大型、中型和小型電影院里放映，並且有時也用移動式電影放映機放映，因此，放映在銀幕上的畫面的傳色失真是不可避免的。

如果用放映光源為鎢絲燈的移動式電影放映機放映，那麼，銀幕上的畫面就會具有過分紅的色調。固定式電影院使用強光炭精燈的時候，銀幕上的彩色畫面會借助於光譜紅色部分中減弱了的光線表現出來，因而藍色和青色也就會相對地顯得更加鮮明。

同一部彩色影片在實際操作條件下可能用各種放映機進行放映^①，因此，在實際工作條件下，影片的傳色失真是不可避免的。

① 這裡所指的不是只能用一種電影放映光源（鎢絲燈）放映的窄膠片彩色拷貝。

只有制作专门使用一定放映光源的特殊彩色拷贝，才能够消除传色失真。

上面关于放映灯泡光线色度的作用所谈到的一切，只有在用来放映彩色画面的电影银幕表面没有任何色调的时候才是正确的。在操作过程中，银幕往往带有一种黄色调子，这种调子便是放映电影时产生附加传色失真的原因。

画面在银幕上产生传色失真的原因，可能是银幕的亮度不够。彩色画面的亮度愈小，人的眼睛对于红色的辨别就愈差，而对于青色和蓝色的辨别就相对地愈好，在银幕亮度不大的时候，红色和橙色会变成暗色，而青色和蓝色会变成明色。这是因为在很小的亮度之下眼睛里只有非感色的感光体(杆状体)能起作用；而当亮度相当大时，才由眼睛的感色体(锥状体)来感受。由于在黄昏的时候眼睛不能分辨彩色，所以我们周围的物体都呈现出灰色。

在放映黑白影片时，眼睛的这种特性也起作用：银幕的亮度水平很低，必然会降低影片放映的质量，丧失画面各个细部的微差，以及增加观众眼睛的疲劳。放映彩色影片时，除了上述这些因素之外，还有前面所指出的彩色失真。因此，放映彩色影片用的电影银幕必须保持很高的亮度。

应当指出，影片正片的无色透明部分在银幕上显现出来时不应当是白色的画面，而应当是根据电影放映所使用的光源类型不同而有着不同彩色的画面。但是，人的眼睛容易适应炭精灯和钨丝灯的光谱，而把它们的光谱看成“白光”。因此，观众在观看各种类型的放映光源所照射的银幕时，一般不能辨别出银幕上的白光有很大的变化。

电影银幕的亮度一般是不均匀的，中心部分的亮度最大，银幕四周的亮度降低20—30%以上。这是因为银幕中心点距离镜头比银幕四周距离镜头近些，同时，也因为镜头（特别是短焦距镜头）有一种特殊的照射画面面积不均的特性。在放映黑白影片的时候，可以在相当大的范围内允许银幕亮度的这种不均匀性。实