

纺织新技术书库 11

MICAI  
ZHUANG  
JISHU

# 迷彩

张建春 著

## 伪装技术



中国纺织出版社

纺织新技术书库⑪

# 迷彩伪装技术

张建春 著



中国纺织出版社

## 内 容 提 要

本书系统地论述了迷彩伪装的发展历史,各种侦察器材的原理和特点以及迷彩伪装的基本原理,通过自然背景分析与迷彩图案设计,详细探讨了迷彩织物印染工艺、热红外伪装、变色迷彩、雪地防紫外伪装和纳米伪装材料等迷彩伪装技术,最后提出了如何测试评价迷彩伪装性能的方法和标准。本书还收集了美军迷彩伪装服标准和 101 个国家和地区的迷彩伪装图案。

本书可供化工、纺织、军事等院校师生、科研人员、工厂技术人员和军事伪装工程技术人员阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

迷彩伪装技术/张建春著. —北京:中国纺织出版社,2002.3  
(纺织新技术书库①)

ISBN 7-5064-2118-6/TS·1540

I. 迷… II. 张… III. ①迷彩伪装-纺织品-研究②迷彩伪装-军服-研究 IV. TS941.733

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 066524 号

---

策划编辑:曹炳镛 责任编辑:姜娜琳 责任校对:俞坚沁  
责任设计:李 然 责任印制:刘 强

---

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号

邮政编码:100027 电话:010-64168226

http://www.c-textilep.com

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2002 年 3 月第一版第一次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18.75

字数:387 千字 印数:1—1200 定价:120.00 元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换



#### 作者简介

◎ 张建春

男，1958年生，  
山西省芮城县人，  
材料学工学博士。  
现任中国人民解放军  
总后勤部军需装备研究所  
士兵系统研究中心总工程师，  
大校军衔。  
军内外12所大学客座教授，  
上海东华大学  
兼职博士生导师；  
美国纺织化学家与  
染色家协会高级会员。  
曾获国家科技进步  
一等奖1项、  
二等奖1项，  
军队科技进步一等奖5项、  
二等奖6项；  
发表学术论文100多篇  
获国家专利20余项；  
先后被评为总后勤部  
科技新星、科技银星和  
科技金星。  
长期从事功能纺织材料和  
特种防护服装的研究与开发，  
在迷彩伪装研究领域  
造诣颇深，被誉为  
“中国迷彩第一人”。

# 序

现代科学技术的发展与运用，推进了侦察装备现代化的进程。现代侦察装备正朝着全天候、全天时、远距离、大面积、高精度、实时监控战场、快速定位识别目标和提高战场生存力的方向发展。

侦察与伪装是不可或缺的“矛盾”，伪装与侦察之间的斗争都是围绕目标与背景来进行的。迷彩伪装是对抗军事侦察和武器攻击系统的一种有效手段，也是检验单兵作战综合防护能力的重要条件之一。迷彩伪装对于战场上保存自己，迷惑敌人，保障部队隐蔽地配置和行动，争取战斗和战役的胜利，具有十分重要的作用。

作者长期从事迷彩伪装方面的理论研究与生产实践，提出了红外(紫外)荧光染料的发色理论。经过十几年的努力，目前已研制出了林地、荒漠、沙漠、海洋、城市、山地、雪地等7种迷彩伪装服，初步形成了迷彩染料系列化、迷彩图案系列化、迷彩织物系列化和迷彩产品系列化。他所研制的迷彩伪装服能适应我国复杂的自然地理条件下作战训练的需要，经得起各种光学侦察传感系统的异谱同色检验考核，具有优异的防紫外、防可见光、防微光夜视、防近红外侦视的伪装性能，综合指标达到了国际先进水平。本书是作者多年辛勤耕耘的收获和丰富经验的总结。

“伪装是特别有效的战斗武器”，“战场上士兵的命运在很大程度上取决于伪装的能力”，“暴露了就等于被击毁”。随着人们对迷彩伪装作用的认识不断加深，迷彩伪装服在未来战争中必将发挥它应有的作用。我相信，本书的出版对从事迷彩伪装的生产研究技术人员都有一定的参考和使用价值，同时本书也是一本很好的进行国防教育的科普读物。

中国工程院院士



2001年8月10日

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 迷彩伪装的发展历史</b>        | 1  |
| 一、伪装的起源                     | 1  |
| 二、生物学家、艺术家和伪装               | 2  |
| 三、军服颜色的变迁                   | 4  |
| 四、第一次世界大战                   | 5  |
| 五、德军迷彩                      | 8  |
| 六、第二次世界大战                   | 12 |
| 七、冷战时期                      | 13 |
| 八、北约军事力量                    | 15 |
| 九、未来的迷彩伪装                   | 16 |
| <br><b>第二章 各种侦察器材的原理与特点</b> | 19 |
| 一、光学侦察                      | 19 |
| 二、红外侦察                      | 24 |
| 三、雷达侦察                      | 26 |
| 四、激光侦察                      | 30 |
| 五、现代侦察技术的应用和发展              | 31 |
| <br><b>第三章 迷彩伪装的基本原理</b>    | 35 |
| 一、迷彩伪装的基本概念                 | 35 |
| 二、迷彩作战服的伪装作用                | 42 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 三、单兵夜间伪装 .....      | 44 |
| 四、红外荧光染料的伪装机理 ..... | 47 |
| 五、伪装染料的筛选合成 .....   | 49 |

## 第四章 自然背景分析与迷彩图案设计 .....

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 一、我国地形植被背景的主要特征 ..... | 60 |
| 二、我国地形植被背景的分类 .....   | 64 |
| 三、目标与背景的光谱反射特性 .....  | 65 |
| 四、迷彩图案设计 .....        | 68 |
| 五、智能迷彩系统 .....        | 71 |

## 第五章 迷彩伪装印染工艺技术 .....

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 一、涤棉混纺迷彩织物的印花 .....          | 76  |
| 二、纯涤纶迷彩织物的印花 .....           | 97  |
| 三、纯棉迷彩织物的印花 .....            | 99  |
| 四、纯锦纶迷彩织物的印花 .....           | 101 |
| 五、锦/棉混纺迷彩织物的印花 .....         | 108 |
| 六、涤纶/Lyocell 混纺迷彩织物的印花 ..... | 112 |
| 七、芳纶及芳/棉混纺迷彩织物的印花 .....      | 116 |

## 第六章 热红外伪装——“隐形”技术 .....

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、热辐射基本原理 .....   | 125 |
| 二、各种目标的红外辐射 ..... | 127 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 三、防热红外迷彩伪装服 .....     | 128 |
| 四、军事装备反红外探测隐形技术 ..... | 131 |
| 五、防红外侦察的遮蔽技术 .....    | 132 |
| 六、防红外侦察的融合技术 .....    | 135 |
| 七、美军单兵热红外伪装技术 .....   | 137 |
| 八、瑞典巴拉居达公司的伪装系统 ..... | 140 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>第七章 变色迷彩伪装技术</b> ..... | 142 |
| 一、仿生学对变色迷彩研究的启示 .....     | 142 |
| 二、变色材料的种类与变色机理 .....      | 144 |
| 三、美军变色迷彩研究的最新进展 .....     | 151 |
| 四、现代生物技术在变色迷彩中的应用 .....   | 152 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第八章 雪地防紫外伪装</b> ..... | 155 |
| 一、雪地防紫外伪装的基本概念 .....     | 155 |
| 二、雪地伪装紫外反射纤维的制备 .....    | 157 |
| 三、白色紫外荧光染料 .....         | 158 |
| 四、雪地迷彩印染工艺 .....         | 159 |
| 五、抗紫外线防晒织物 .....         | 159 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第九章 纳米伪装材料</b> ..... | 165 |
| 一、隐身技术与隐身材料 .....       | 165 |
| 二、纳米伪装材料 .....          | 166 |

三、纳米级涂料印染粘合剂 .....171

**第十章 迷彩伪装服伪装性能的测试与评价 .....175**

一、迷彩伪装服的伪装性能指标 .....175

二、伪装性能的实验室检测 .....178

三、伪装性能的光学侦察仪器检测 .....181

四、野外伪装性能的测试评价 .....189

五、防中远红外伪装性能的热像仪检测 .....196

**附录 1 美国军用规范 .....201**

棉/锦丛林迷彩印花布(MIL—C—44031D 1989. 8. 22) .....201

**附录 2 美国军用规范 .....217**

沙漠地区军服用棉/锦混纺迷彩斜纹布(MIL—C—44034D 1992. 3. 31).....217

**附录 3 101 个国家和地区的迷彩图案与迷彩伪装服 .....235**

**主要参考文献 .....283**

# 第一章 迷彩伪装的发展历史

## 一、伪装的起源

伪装首先是从狩猎开始的。猎人们在搜寻跟踪猎物时发现动物除了锋利的爪牙之外,还具有一种自我保护的能力,即它们毛皮的颜色能够与周围的环境背景融为一体。特别是那些行动迅猛的动物,如老虎、美洲豹和斑马等。如图 1-1 所示,斑马身上深色的条纹与浅色的皮毛形成明显的对比,这样在远距离观察时,自身的轮廓被破坏了,这就是变形迷彩的雏形。动物的伪装原理被早期的猎人所效仿,几千年前,在美洲部落中生活的人无疑是应用伪装最早的人。他们在打猎时披覆着动物的皮、羽毛或树枝来伪装自己,直到非常接近猎物时才投矛或射击。

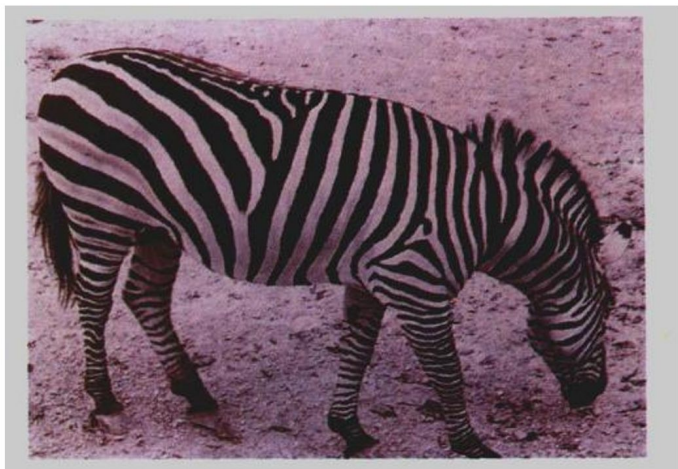


图 1-1 斑马——变形迷彩的雏形

尽管人工伪装到 20 世纪早期才成为近代战争中所必须考虑的重要战术因素之一,伪装在军事上的应用可以追溯到古罗马共和时代的轻骑兵和土耳其巴尔干的侦察兵。他们佩戴着包覆狼皮的头盔,身着各种毛皮服装,直到今天有些国家的军礼服还沿用毛羽作为装饰,这就是古老伪装的痕迹。公元 4 世纪,罗马人为了对付野蛮的海盗,对侦察船进行了伪装,他们将船帆和绳索染成大海一样的蓝色,船员着蓝色短袖上衣,并且将脸部也涂成蓝色。17 世纪莎士比亚曾对中世纪武士的早期伪装进行过形象的描述。

“camouflage”伪装一词是由法国人从 camoufler 这个动词引申出来的, camoufler 的原意是

开一个现实的玩笑。不过也许像《新韦氏词典》中所说的那样，伪装这个词来自于法语“camoufleur”，它的意思是欺骗。这个术语进而被用于描述军队用来隐蔽士兵、武器以躲过敌人侦察的手段上。早期使用的伪装包括在坦克和各种舰艇上涂上各种颜色和图案，以伪装自己欺骗敌人。随后伪装扩展到利用纺织品和人工材料在各种作战环境中隐蔽战士。从早期人类使用天然材料进行伪装到现在利用科学技术进行各种伪装，人类这种隐藏自己不被敌人和猎物发现的需要就意味着生与死的抉择。

## 二、生物学家、艺术家和伪装

迷彩伪装是直接继承自然学家的研究和 19 世纪末兴起的艺术革新运动成果的结果。达尔文对自然界各种伪装的研究工作和 Abbot Thayer 对动物身上斑纹明暗对比的研究极大地影响了野生生物色彩理论并对后来的迷彩伪装作出了巨大的贡献。达尔文在他的旅行中注意到具有某种颜色搭配的动物要比其他没有这些颜色的动物存活的可能性大。他在英国发现有一种深色的蛾由于颜色接近于它们栖息的树木的颜色，易于躲避食蛾鸟类的眼睛而降低被捕食的概率。达尔文同时也发现还有一些动物能够模拟其它的生物（例如具有巨大单眼的蛾），还有一些能够通过身上的图案使自己从环境中突出出来（如蝴蝶），或者利用自身的毒气警告捕食者。达尔文在自己细心观察的基础上最终提出了自然选择和动物自我保护等理论。尽管他的理论既赢得了荣誉也招来了诽谤，但是他的自然选择理论还是奠定了研究自然界动植物利用各种伪装自我保护的基础。



图 1-2 马鹿对早期车船伪装的启示

Abbot Thayer 进一步发展了达尔文的理论，他开创了哺乳动物身上的明暗搭配理论。这一理论认为，从侧面看身体下侧颜色较浅的动物更难被捕食者发现，如图 1-2 所示。因为上下部分的明暗对比打破了动物自身的轮廓线，使之更难被识别。事实上，像非洲羚羊等许多动物身上都具有这种现象。

到 19 世纪末 20 世纪初，人类学家将达尔文和 Thayer 的理论用于研

究土著部落人的自我装饰与伪装之间的关系。尽管这个课题的进展很小，却对科学界产生了震动。几乎就在他提出动物具有拟态假设的同时，前卫派画家开始对人们看待世界的方法提出挑战，尝试用新的作画方式进行绘画。

20 世纪初一种新的艺术风格逐渐成熟，法国画家毕加索采用高度抽象的表现手法进行

绘画,用立体派技法表现了现实主义题材的内容。毕加索的画用收敛或发散的线条、阴影、明暗对比色和大量的色彩描绘普通事物,使人从新的视角去观察世界,给人以独特的感受。他对色彩的独特运用及看待事物时特有的视角使得人们对早已习以为常的看待事物的方式产生了怀疑。

现代艺术最早是用现实主义的手法描述自然,而立体派却尝试着运用一种令人迷惑的方式描述世界,用一种几乎不可辨认的手法描绘事物,甚至使人们对自己的认识产生怀疑。将各种线条、阴影及色彩组合进一幅画中,使画面所要表现的主要内容与背景几乎交融在一起,很难区分。这种类型的抽象派艺术最终导致了打破物体原本轮廓进行伪装的理论发展。

在第一次世界大战期间,Abbot Thayer 在具有打破物体轮廓功能的图案上投入了更大的精力,并向美国和英国军事伪装的领导人提出了应用建议。为了推进这种图案和明暗对比概念在战争中的应用,Thayer 描述了保护色的作用,并大力促进它的应用。他认为大部分动物的颜色都与其生存的环境相近,并且动物的保护色是建立在它们各自生存优势的基础之上的。所以士兵们和各种装备在其优势的基础上,通过选择色彩应当能够有效地实现隐蔽效果。

Abbot Thayer 认为,最有效的保护色是与周围环境相协调的颜色。对于大多数动物来说,其生存空间是很有限的,因此它们的伪装不需要非常复杂或是经常更换。而且一般来说,动物生存环境的变化经历的时间足够长,能够让动物们有充分的时间改变外观形象以适应新的环境。比如极地哺乳动物夏季和冬季皮毛的更替,沙漠地带的蜥蜴可以根据环境颜色使自己的肤色变暗或是变亮等。士兵的作战伪装则要比这些更为复杂。与动物有限的较固定的生存环境不同,士兵作战环境是随着战场的推移和战斗的发展进程而不断转换的。这意味着士兵的伪装要同时能够满足沙漠、草地、森林、雪地等作战环境的要求。虽然在战争中很少同时遭遇这些不同的环境,并且通常士兵有充足的时间来更换服装。但是为了满足不同环境对伪装的要求,士兵必须或者能在环境变化的同时对服装做适当的调整,或者在作战期间随身携带附加的服装,随时穿脱以适应环境的要求。



图 1-3 1845 年英国第 60 皇家步兵团  
身着绿色军服的士兵

### 三、军服颜色的变迁

从古代至中世纪,由于武器的射程有限,战争一般都是在很近的距离上发生的。因此伪装显得并不重要,军服的颜色一般都很鲜艳,具有炫耀和威慑的功能。直到 18 世纪,随着火器的发展和射程的增加,人们对伪装的认识逐步加深。1754~1763 年期间,英国在北美的军队出于森林作战的需要,一改过去传统的猩红色军服,首先采用了绿色起绒粗呢茄克。1880 年,英国军队将标准的白色束腰上衣改为柔和的土色,从而使士兵们更不易被敌人发现。通过把束腰上衣放到锅中煮,染成茶色,英国士兵们的衣服颜色与阿富汗农村的环境色彩更接近了。

18 世纪中叶,奥地利军队除装备比滑膛枪更为先进射程更远的来福枪之外,还装备了绿色的茄克制服,并且在作战时将脸涂成绿色或黑色。随后,德国和加拿大等国的军服也逐步采用绿色军服,并采用树枝和树叶进行隐蔽,这就是早期军用伪装的萌芽。在 150 码(1 码=0.9144m)来福枪的射击试验中,伪装性能最好的是当时奥地利步兵穿着的浅铁灰色军服。

当欧洲各国稳固了它们在世界上的霸主地位后,依仗其武器技术的优势,军队又重新穿上了炫耀武力的亮丽服装。然而这种自信于 1857 年英军在印度作战中被撕得粉碎。在此 10 年前,英国军队在征服了北印度的锡克教徒之后,一直穿着惠灵顿时代英国陆军传统的猩红色制服,夏季则为白色军服。1857 年夏季作战时,为了避免被作为目标射击,士兵们用



图 1-4 1846 年最初身着土黄色军服的英国陆军士兵

茶叶、泥土、咖喱粉和果酱汁等涂抹白色军服,从此军服出现了不同程度的土黄色,包括深褐色、鼠灰色和蓝棕色等。

“khaki”是巴基斯坦乌尔都语“灰尘”的意思,它源于波斯单词“灰土”(khak)。采用土黄色军服最初并不是从伪装角度考虑,而是因为这种颜色非常耐脏。1858年后,欧洲军团的士兵每人配发了两套土黄色夏服,随后土黄色军服的使用越来越广泛,并在实战中被证明有减少伤亡的作用。1902年布尔战争后,土黄色军服最终取代了英国传统的猩红色军服,从此后者仅



图1-5 19世纪初在俄土战争中身穿土褐色军服的俄军士兵

被用做军礼服。而欧洲其他国家的军队仅改变了驻殖民地军队服装的颜色,国内军队仍沿用过去的颜色。美军在1902年对菲律宾殖民战争后也将军服的颜色改变为土黄色。俄国士兵在1905年的俄日战争中首次遭遇了穿着满是灰尘的黄色军服的日本兵,他们称这种颜色为土褐色。后来俄国也采用土褐色作为军服的颜色。

## 四、第一次世界大战

随着欧洲冲突四起,各国军事首领都开始重新考虑已有的战略战术,寻求增强战斗力的新途径。这期间军事伪装逐渐被重视,但主要还是用在伪装战舰等军用运输战斗武器上。

早期卡车、坦克和战舰上的军事伪装是利用颜色鲜明的几何图案来隐藏这些装甲的实际轮廓。在一次世界大战期间这种方法应用很广,成为当时运用最成熟最成功的战术伪装。这些怪异的设计降低了战斗装备的可见性,增强了这些装备的有效作战能力。因此,这些从立体派艺术中引申出来的图案设计在1918年的美国和法国海军中得到了广泛认同。

随着1917年美国加入战争,军事伪装的发展开始加速。当时人造伪装还是个新生事物,而自然伪装技术已经达到了一个空前的高度。法国军队使用草、树叶和树干在战争中隐藏士兵,保护他们在执行侦察任务时不被发现。

使用染料或涂料绘制迷彩图案隐蔽士兵及其装备的现代伪装起源于第一次世界大战,但美军和英军在整个战争中仍穿着土黄色军服。法军将原来的深蓝色上衣和红色裤子改变



图 1-6 1918 年第一次世界大战中德国军队在对法作战中使用的变形迷彩钢盔



图 1-7 第一次世界大战中早期的迷彩试验

为统一的由红、白、蓝色纱织成的“三色灰”；德军仍采用传统的浅灰色，并采用了淡褐色的头盔罩；其他欧洲国家都采用不同程度的灰色军服，如意大利、奥地利和塞尔维亚采用灰绿色军服。

第一次世界大战中单兵使用迷彩伪装的惟一实例是早期德军的新式头盔，它于 1916 年生产出来，并主要用于装备壕沟作战的士兵。它是在头盔上涂上亮暗分明的不规则迷彩图案，这样当士兵越过壕沟观察时歪曲了其头部的外形，不易被对方发现。迷彩图案起源于第一次世界大战，但当时主要用于伪装轮船、飞机、坦克和大炮。迷彩图案的颜色最初选择了与周围背景相适应的土黄色、绿色和棕色，后来发现如果添加一些对比度更强的黑色或亮色斑点，当远距离观察时，能够破坏武器外形，从而提高伪装的效果。自 1916 年起，德军的坦克也采取了同样的伪装措施。

法国迷彩伪装的想法是由一位在炮兵部队服役的巴黎画家提出来的。

1914 年，他用一个画好迷彩图案的帆布床单覆盖大炮，这一作法立即被法国军方采纳，这位画家迅速被提升为陆军中尉，主管战争史上最初的军用伪装工作。许多画家被招募到军队，伪装范围也迅速被扩展到飞机、观察点等。到 1918 年，法国军队雇佣了 1200 名男工，8000 名女工从事伪装材料的生产。

英国根据法国的经验，也增设了自己的伪装部门，有的画家专门从事坦克或大炮的伪装，进行迷彩图案设计时要想像 2000m 高空飞机侦察时的情景。地面大炮的伪装比较简单，而飞机与舰船的伪装则要困难得多。在非常空旷的天空和海洋中，完全看不见是不可能的，只能采取变形迷彩，而最具迷惑力的是将舰船涂成明暗相间的条纹。由于轮廓被歪曲，很难确定飞机或舰船的速度和方向，从而延缓发射鱼雷的时间，降低命中率。1917 年 10 月，英国海军部决定用迷彩图案伪装所有的舰船。

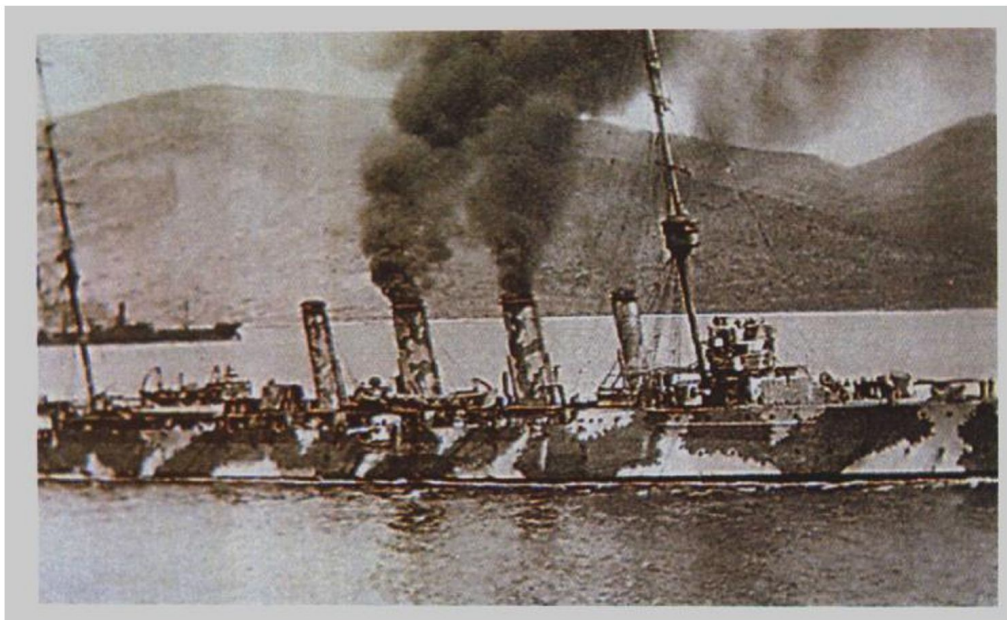


图 1-8 1915 年在第一次世界大战中巡洋舰使用的变形迷彩图案

用于舰船伪装的变形迷彩图案首先是在模型上设计,然后在画室里通过潜望镜观察。每一艘舰船的迷彩图案都是不同的,一般选用的颜色主要有黑色、白色、蓝色和绿色。设计时应避免采用直线,结构边缘的颜色过渡应当是连续的,亮色和暗色相邻可增加对比度。德国空军 1916 年在飞机上采用了变形迷彩,飞机的正面采用明亮的对比色,反面则采用灰暗的色调。



图 1-9 1916 年德国空军的飞机采用了变形迷彩图案

伪装图案确实是应战场的需要而产生的,后来被认为是一种艺术形式,第一次世界大战期间确实也出现了一些很好的设计。到1918年,变形迷彩伪装图案已与现代战争紧密地联系在一起,但仅局限于装备和运输工具,大约又过了20年,才应用于战场上单兵的伪装。

## 五、德军迷彩

迷彩应用于士兵军服的尝试始于1918年,纽约的一些艺术家利用业余时间设计了宽松的带兜帽的迷彩长衫,上面印有岩石、树干等图案,有照片可以证明救护女兵曾经穿过这种迷彩服。在此之前美国业余自然学家和艺术家 Thayer 先生曾出版了一本《动物王国的伪装色》的著作,他在多年研究野生动物的基础上,列举了自然界各种动物利用色彩和图案伪装的方法,包括变形迷彩图案。

法国也在进行着同样的尝试,从假飞机场到哨所伪装。1924年以前出版的书籍中可以找到身着迷彩服、带着兜帽的变形迷彩的照片。1929年意大利军队采用迷彩织物生产帐篷,这是世界上士兵采用迷彩织物的最早记录,它也是世界上使用时间最长的迷彩伪装,直到1992年才进行修订。



图1-10 1929年意大利军队使用的迷彩帐篷是世界上单兵最早使用的迷彩织物

第一次世界大战后,许多国家立即开始着手试验将迷彩伪装应用到士兵的服装上。但是,直到20世纪30年代,才设计出具有迷彩图案的军服,并且装备数量也非常有限。纳粹德军首次采用了这种新产品,党卫军设计了一系列由树产生灵感的图案。这些图案是以深绿色的从树干剥落下来的树皮与底下浅棕色木纹的对比为基础设计的,然后添加叶子形状以产生一种绿、棕色的森林图案,在秋季以棕色为主色调,在春季以绿色为主色调,可两