



- 教育科学出版社
- 陕西师范大学出版社
- 广西师范大学出版社

神奇的探测术



陈俊 邱向阳 编著

21

世纪热点学科漫话丛书

面向未来系列□
21世纪热点学科漫话丛书□

神奇的探测术

陈 俊 邱向阳 编著

教育科学出版社
陕西师范大学出版社
广西师范大学出版社

(京)新登字第111号

21世纪热点学科漫话丛书

神奇的探测术

陈俊 邱向阳 编著

责任编辑：许佩云

教育科学出版社出版、发行（北京·北太平庄·北三环中路46号）

邮政编码 100088

各地新华书店经销

通县兔子店印刷厂印装

开本：787×1092毫米 1/32

印张：5.5 字数：123千

1993年8月第1版

1993年8月第1次印刷

印数：00,001—10,500册

ISBN 7-5041-1275-5/G·1232

定价：3.50元

编者的话

21世纪，象一个不速之客悄然来临，它在给新世纪带来曙光的同时，也向人类发出了危机信号：能源危机，资源濒临枯竭，人口激增，可土地税减，生态环境日益恶化……人类要继续生存，要发展，路在何方？

众所周知，以蒸汽机诞生为标志的近代工业革命是以近代科学技术为发端的，事实证明，科学技术在很大程度上推动着社会进步。虽然，近代工业革命和它所创造的奇迹已成过去，但是，“知识就是力量”，“科学技术是生产力”这一论断仍放射着真理之光。世纪之交，人类社会又处在命运的十字路口，科学技术作为新世纪第一生产力，必将成为全人类的共识。

世纪之交的青少年，是21世纪的主人，新世纪必降大任于斯人。只有把握时代脉搏，勇敢地迎接时代的挑战，才是21世纪主人正确的选择。毫无疑问，未来科学技术的发展，必是每个青少年关注的热点。因此，我们围绕着“21世纪热点学科”这一主题，选择了高科技领域内最新发展的、与未来人类生存发展息息相关的学科，如能源、资源、交通、通信、材料、生命工程、计算机、环境，以及人类将要开发的海洋和南极等领域，聘请了多年从事这些学科领域研究工作的学者，编写了这套通俗读物，奉献给广大青少年以及所有关

注此类问题的人们。

这套书在选题、取材，立意、表达各方面，力求贯彻“新颖、通俗”的要求。新，是这套丛书最鲜明的特色。首先着眼于一个全新的角度，选择高科技领域最新最前沿的学科。热点学科，多属高科技前沿学科，本身相当艰深，但又不能弃难从易。不深入其中，就不能引人入胜。既不回避那些“尖端”问题，又使其浅显通俗，就成为编写这套书的难点，这也是仅次于“新”的又一重要特点。在具体行文上，采取从问题入手，立体透视的方法，把有关基础知识融会在热点学科的阐述之中，引导读者“看门道”而不单是“看热闹”。

愿这套“热点学科”丛书如甘露，如春雨，“随风潜入夜，润物细无声”，引导青少年步入21世纪科学技术的殿堂；也希望这套书在帮助青少年领略21世纪科学技术发展前景的同时，为他们未来的事业开启一线视野。

前 言

探测术说的是探测世界的方法和手段的运用。人类为了克服自己生理上的限制和不足,一直在用自己的智慧,发展着延伸自己眼睛和耳朵的探测技术,人类每一次开阔自己的眼界,都促进了现代科学技术的发展。

80年代医学界最大的突破,莫过于艾滋病病毒的发现了,如果没有现代高分辨率的电子显微镜,那也就谈不上艾滋病毒的发现。

在海湾战争时,多国部队能轻而易举地赢得胜利,原因之一在于多国部队比伊拉克军队看得更远更清楚。

本书通过一个个既有一定联系又各自独立的章节,描绘了现代显微科学,天文学、空中遥感技术,水下声呐技术及医疗诊断学等领域中各类探测仪器的原理及应用,并介绍了“延伸”的眼睛和耳朵在现代科学研究、现代军事中的重要成就和将对未来世界产生的重大影响。本书力求深入浅出地说明这些新技术的基本原理和最新发展动向,希望中学生们通过本书能从中得到一些收益。

参加本书编写工作的还有李浩江、魏富忠、黄华鹏、杨凌鸥等同志。由于作者水平有限,书中错误在所难免,望各位读者提出宝贵意见。

陈 俊 邱向阳

1993年1月

目 录

眼睛需要延伸.....	(1)
-------------	-----

观察微观世界的眼睛.....	(10)
----------------	------

一、首先进入微观世界的人.....	(10)
-------------------	------

二、细胞的发现.....	(12)
--------------	------

三、披红挂绿为观察.....	(16)
----------------	------

四、形形色色的光学显微镜.....	(20)
-------------------	------

五、冲破“极限”的电子.....	(24)
------------------	------

六、奇妙的隧道现象.....	(28)
----------------	------

七、探索生命的奥秘.....	(31)
----------------	------

八、微观世界的又一好帮手.....	(34)
-------------------	------

走进宏观的宇宙空间.....	(38)
----------------	------

一、望远镜初建奇功.....	(38)
----------------	------

二、又来一个竞争者.....	(40)
----------------	------

三、赫歇耳的功绩.....	(43)
---------------	------

四、激烈的望远镜之“战”.....	(46)
-------------------	------

五、照相术进入天文学.....	(51)
-----------------	------

六、两个小故事.....	(54)
--------------	------

七、开创一个新时代.....	(57)
----------------	------

八、射电望远镜的发展.....	(59)
-----------------	------

九、太阳系中的新发现..... (62)

十、宇宙源于大爆炸吗..... (64)

十一、冲出蔚蓝色的屏障..... (66)

遨游天空的“火眼金睛”..... (71)

一、遥看“庐山”真面目..... (71)

二、遥感的历程..... (74)

三、巡天着世间的千里眼..... (76)

四、透过伪装见“妖形”..... (80)

五、高空侦察兵..... (86)

六、多光谱遥感..... (90)

幽幽海底探明路..... (95)

一、水下千里眼..... (95)

二、声呐的发展史..... (98)

三、声音遨游海洋的秘密..... (102)

四、声纳的结构..... (106)

五、声纳的非凡本领..... (110)

六、海洋卫士的眼睛..... (114)

七、海底地质探宝..... (119)

八、渔民的好助手..... (121)

九、为船舶导航..... (123)

透过人体窥疾病..... (127)

一、内窥镜的变迁..... (127)

二、真实的三维世界..... (130)

三、示踪原子作“助手”..... (136)

四、医学成象中的佼佼者.....	(140)
五、再现纤纤血管.....	(145)
六、红外线探病.....	(149)
七、医生的“超声波眼睛”.....	(152)
八、生物雷达.....	(158)

眼睛需要延伸

在人的感官中，从外界获取信息最多的是眼睛。我们为有一双明亮的眼睛而骄傲。我们的眼睛，能看到远处起伏的山峦，能看到夜晚闪烁的星星，能看到空中翱翔的雄鹰，能看到随风摇曳的树木，能看到艳丽多姿的鲜花，能看到拥抱大地的小草……

我们的眼睛能迅速而真切地看到物体的明暗，颜色、形状、行为动态。我们相信和信任自己的眼，遇事我们都想看个究竟。人们不是说“百闻不如一见”，“眼见为实”嘛！

然而，认为只要睁开眼睛，就可把五彩缤纷，千姿百态，气象万千约大千世界尽收眼底，那就大错特错了。

眼睛有其局限性。

首先，人眼只能感知可见光。可见光是电磁波，但只占电磁波波段中的很小的一部分。只有这一小波段的电磁波才是人眼可以看见的，对于广大范围内的电磁波，却“熟视无睹”，“视而不见”。人类生活在电磁波的海洋中，却存在一大段的盲区，实在是一件憾事。

那么，什么是电磁波呢？对于波，大家一定非常熟悉了，石子丢在水中，会产生一圈一圈高低起伏的水波。人们说话时声带振动引起周围空气的振动而形成波，这个振动的声波传播出去，到达对方耳朵，便引起耳膜的振动，使对方听见了说话的语音。总之，波是某种振动在媒质中的传播方式。

依此类推，我们可以说，电磁波就是电磁振动在空间的传播。比如，我们天天看电视节目，没有任何导线将电视台的节目传送过来，电视机却接收到了电视节目。其实，这是电磁波中的微波在起作用，微波就像一条带有电视节目的传输线，不断地将节目内容传输过来。又如，我们经常听的收音机，它刚问世时，曾让人惊叹不已，还以为是谁产生魔法将小人国的人装进去说话的呢。实际上，这也是电磁波在起作用。广播电台将反映广播节目内容的电磁波，如短波、中波，发射出去，通过空气的传播，由收音机将它接收下来，

把节目信号还原，我们就能听到电台播出的节目了。

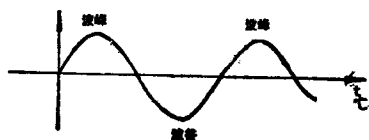


图 1 电磁波的振动

电磁波的振动形式可以画成图 1 的样子。

电磁波的波振动是有规

律地上下起伏的。波的凸起称为点波峰，波的凹下的最低点称为波谷，二个波峰（或波谷）之间的长度就称为波长。不同电磁波振动的快慢是有差别的，也就是说，不同电磁波的波长是不同的。其中，无线电波的波长最长，可达1000米，而红外线次之，大约是 10^{-4} 米左右。由于人的肉眼对这部分电磁波不能接收，所以我们看不见它们，但它们是确实存在于我们身边，并正在为人类服务。红外线后面跟着的是可见光，只有它，人类的眼睛才能接收。此外，还有比可见光波长更短的紫外线、X射线等等，电磁波大家族中各成员的波长范围见图2所示。从图中可以看出，可见光只占电磁波的很小一部分，若是人类只局限于用肉眼去观察世界，那么，世界上许许多多的奥秘就不可能被发现，人类的文明

也不可能如此进步了。

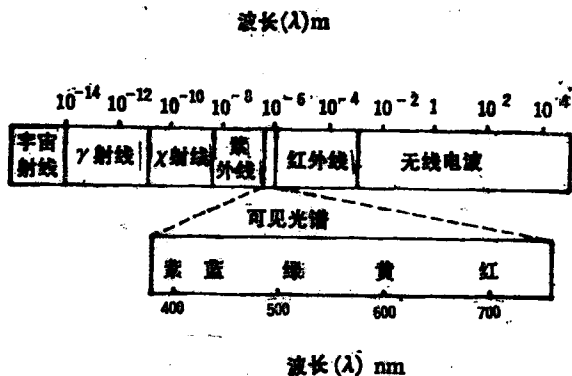


图 2 电磁波谱

在电磁波中，我们能看得见的是可见光。波长范围为380—780纳米。我们人眼观察每天生活于其中的这个色彩斑斓、多姿多彩的世界，是借助于可见光的作用。可见光又称为白光。实际上，白光主要由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种单色光组成的。在一阵大雨过后，太阳重新钻出云层时，有时我们会看见美丽的七色彩虹，这是空中的小水珠对白光折射所形成的。同样，如果让太阳光通过三棱镜，我们也可以让它们分解成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色。

可见光进入眼睛便引起视觉。要了解视觉的形成，要先了解人眼的结构和特点。

人眼的形状近似球形，故称眼球。它的壁可分为三层。外层的前部1/6称为角膜，后部5/6称为巩膜；中间层由前向后分别是虹膜、睫状体和脉络膜；内层为视网膜。眼球内部有水样液、水晶体和玻璃液。整个眼球可分为采光系统、折光系统和

感光系统三部分（见图3）。

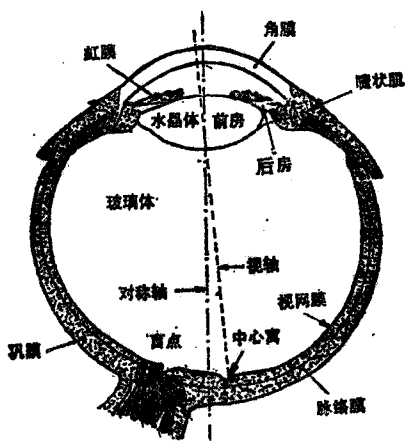


图 3 眼球结构示意图（右眼）

虹膜由平滑肌纤维组成。虹膜颜色由所含色素决定，因人种不同而异。东方人的眼睛为黄棕色或黑色，西方人的眼睛多为蓝色。虹膜中央的小圆孔叫瞳孔，虹膜上平滑肌的伸缩，可使瞳孔的口径缩小或放大，其控制着进入眼内的光量，故称为采光系统。

折光系统由角膜、水样液、水晶体和玻璃液组成。这些物质有不同的折射率，它们使物体射来的光线折射而成像在视网膜上。

视网膜就是人眼的感光系统。视网膜上有圆锥细胞和圆柱细胞，它们具有感光的作用。圆锥细胞具有精细的分辨能力，能很好地分辨颜色，但感光灵敏度低，而圆柱细胞感光灵敏度高，但分辨细节的能力低，又不能分辨颜色。两种细胞的数目相当多，圆锥细胞约有700万个，圆柱细胞约有1亿个。它们在视网膜上的分布很不均匀。位于视网膜中央正对

瞳孔的一个小区域内，是圆锥细胞密集区，呈黄色，称为黄斑。黄斑中央有一凹窝，称为中央凹，这里的圆锥细胞密度最大，是视觉最为敏锐的区域。在黄斑和中央凹内几乎没有圆柱细胞存在，而向外离开黄斑，圆柱细胞逐渐增多，在近边缘的范围内，就几乎都是圆柱细胞了。在视网膜上视神经进入眼球的地方，没有视细胞，称为盲点。

人眼视觉产生的过程是这样的：当用眼睛观察物体时，物体发出的光由瞳孔控制进入人眼内，在角膜、水样液、水晶体和玻璃液的折光作用下，成像在视网膜上面，由视细胞接受光刺激转化为神经冲动，经视神经进入脑内的视觉中枢，从而产生对物体的视觉。

尽管在视网膜的黄斑和中央凹处，有很好的分辨能力，但因视细胞尺寸大小所限，使眼睛有个分辨的极限。眼睛能够分辨的最近两物点对眼睛所张视角，称为最小分辨角。在白昼里，黄斑内最小分辨角约为 $1'$ 。趋向视网膜边缘，分辨本领急剧下降。所以人的眼睛视场虽大，水平方向视场角约 160° ，垂直方向约 130° ，但其中只有中央视角约 $6^\circ-7^\circ$ 的小范围里才能较清楚地看到物体的细节。但这对我们的观察没有什么妨碍。由于眼球可以随意转动，我们可以随时把视场中心对准所要注意的地方。眼睛的分辨本领与照明条件有很大关系。在夜间光线较弱的时候，主要是圆柱细胞进行感光，眼睛的分辨本领就大大下降，最小分辨角可达 1° 以上。

物体在视网膜上成像的大小，正在于它对眼睛所张的视角。所以物体越近，它在视网膜上的像也就越大，我们便越容易分辨它的细节，但物体太近，即使不超出可调节范围，看久了眼睛也会感到疲倦。只有在适当的距离上，眼睛才能比较舒适地工作。这个距离称为明视距离，习惯上它规定为

25cm。在明视距离上,对应的最小分辨角的最小分辨距离约为0.1mm。小于这个距离,人的肉眼就分辨不清了。也就是说,当两个物体相距不到0.1mm时,人眼就会把它们看成一个物体了。可见,人眼观察物体的分辨能力是有限度的。

人的眼睛又是怎样辨别颜色的呢?

19世纪科学家托马斯·扬和赫姆霍尔兹,根据红、绿、蓝可以混合出各种不同颜色的规律,提出了三色学说,认为人眼视网膜上含有和这三种基本色相对应的三种感光物质,每种感光物质的兴奋引起一种基色的颜色感觉。光作用于视网膜上虽然能同时刺激三种感光物质,但光的波长不同,引起三种感光物质的兴奋程度不同,人眼就产生不同的颜色感觉。图4是三种感光物质的兴奋曲线。比如,长波端的光引入人眼,它会同时刺激三种感光物质,但“红”感光物质兴奋最强烈,因此有红色感觉,对光谱中的每一波长,三种感光物质有着特定的兴奋强度,这三种不同程度的兴奋的联合作用就产生了这一波长的光的相应的颜色感觉。总的亮度感觉为这三种感光物质的亮度感觉之和。现代研究表明,人眼视网膜上确有三种不同类型的圆锥细胞,它们分别含有三种不同的视色素。所以赫姆霍尔兹的三色学说是令人信服的。

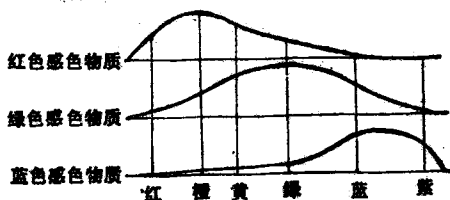


图 4 三种感光物质的兴奋曲线

在前面已经讲到,可见光(白光)含红、橙、黄、绿、

青、蓝、紫七种颜色的光。在我们周围环境里，我们的眼睛还可分辨出上万种颜色来。这么多的颜色光可以用这七种颜色的光混合出来，也可用红、绿、蓝三种色光混合出来。通常把这三种色光称为三原色。三原色光有如下主要加法运算：

红色 + 绿色 = 黄色

红色 + 蓝色 = 品红色

绿色 + 蓝色 = 青色

红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色

一种色光与另一种色光相加得到白色，便称这两种色光为互补色。

黄色 + 蓝色 = 白色

品红色 + 绿色 = 白色

青色 + 红色 = 白色

色光也可作减法运算，如：

白色 - 蓝色 = 黄色

白色 - 绿色 = 品红色

白色 - 红色 = 青色

有意思的是颜料的混合与色光的混合，结果出现的颜色是不同的。如蓝光和黄光混合，相加得到白光；但是，如果把蓝颜料和黄颜料混合，却得到绿色的颜料。这是什么原因呢？原来这里实际发生的是颜色相减过程。因为每种颜料都吸收某些色光，反射另一些色光。黄颜料吸收蓝光、紫光，反射红光、黄光和绿光；蓝颜料吸收红光、黄光，反射绿光、蓝光和紫光，两种颜色相混后，不仅吸收各自原来吸收的成份，而且还把对方反射的色光中能吸收的成份也吸收了，只有绿光是大家都无法吸收而共同反射出去的。因此，在白光照射下，这两种颜料混合后呈现绿色。几种颜料混合后的颜

色取决于未被吸收的色光。三原色的互补色，黄、品红和青色颜料叫原颜料。这三种颜料混合在一起可成为黑色颜料，因为在白光中它把所有色光都吸收了。

眼睛对各种颜色的可见光有感觉。但是有的感觉迟钝，有的则要敏感。如果把强度相等的各种波长的光引入眼睛，会发现红外线，眼睛看不到，从红光到黄绿光，亮度的感觉越来越强，而黄绿光看上去最亮，光再向短波长方向去，亮度感觉又弱下来，到紫光则勉强能看到了，紫外线便看不见了。

把波长为0.55纳米的黄绿光的亮度感觉定为1，同等强度的各种波长的光线的亮度感觉可以用视见度曲线表示（图5）。视见度曲线的最高处对应于黄绿光，所以人眼对黄绿光

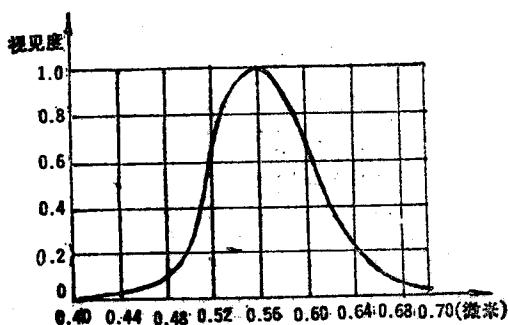


图 5 视见度曲线

最为敏感。在峰值两旁，曲线下降的趋势是很快的。在向波长大于0.7微米的红外线和小于0.4微米的紫外线之外扩展，视见度就为零了。因此，人眼在可见光范围内，对各种颜色的光的感受程度是不一样的。对于可见光范围之外的电磁波就无能为力了。