



走进科学大门丛书

RAOYOUQUWEI DE DANAQ

# 饶有趣味的大脑

饶毅 主编



人民教育出版社  
PEOPLE'S EDUCATION PRESS



RAOYOUQUWEI DE DANAO

# 饶有趣味的大脑

饶毅 主编



人民教育出版社  
PEOPLE'S EDUCATION PRESS

主编：饶 毅

作者：（按章节顺序排列）

饶 毅 余 聪 万 有 陈宙峰

洪 波 高家红 黄志力 俞 强

陆 林 鲁 白

---

图书在版编目（C I P）数据

饶有趣味的大脑 / 饶毅主编. — 北京：人民教育出版社，2015. 5

（走进科学大门）

ISBN 978-7-107-30066-0

I. ①饶… II. ①饶… III. ①大脑—普及读物 IV.  
①R338. 2-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 224139 号

---

人民教育出版社 出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

北京盛通印刷股份有限公司印装 全国新华书店经销

2015年5月第1版 2016年10月第1次印刷

开本：787毫米×1092毫米 1/16 印张：17.5

字数：235千字 印数：0 001~5 000册

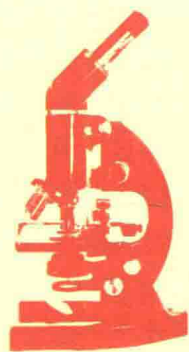
定价：59.80元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版部联系调换。

（联系地址：北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081）

电话：010-58759215 电子邮箱：[yzzlfbk@pep.com.cn](mailto:yzzlfbk@pep.com.cn)



科学大门由此开启……

# 序

脑是亿万年生物进化的产物。大脑，特别是人脑，因有意识，堪称生物界最为复杂的系统。人脑约有 $10^{11}$ 个神经元，不同神经元之间形成的突触联系约有 $10^{15}$ 个，约75%的神经元和突触联系与大脑的意识活动有关。随着科学的发展，人类利用各种新技术（如PET、fMRI等）对大脑结构和功能展开研究，并取得了一系列突破。一些重要问题（甚至包括意识）已不仅是哲学家研究的抽象命题，也成为自然科学领域的研究热点。对大脑神经活动的基本过程、神经系统的发育、脑的高级功能（包括感知、记忆、语言、情绪、运动控制等）、遗传和环境对大脑功能的影响等研究，吸引了大批的神经科学家、心理学家、分子和细胞生物学家、遗传学家、物理学家、数学家、信息科学家参与其中，脑科学也成为一门名副其实的交叉学科。

大脑的复杂性常常使人感到难以理解，令人望而生畏。其实，大脑的神经活动及其功能与我们每个人息息相关。七情六欲，人皆有之。人的各种感觉（视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉等），无所不在、无时不在。那么，你想知道其中的奥秘吗？我们观察色彩缤纷的世界，色觉是如何形成的呢？日常生活中人们信赖“眼见为实”，那为何常常会有视错觉？你知道真有“六亲不认”的人吗？人有甜酸苦辣之感，才能品美味佳肴，味觉中的辣和热为什么在感觉上是相关的？你想过“痒”的定义吗？有“痒基因”吗？为什么越挠越痒？驾驶员有很强的记路的能力，但我们身边也有“路痴”，大脑中决定人的方向感的

“GPS”在哪里？毒品是全球性的严重社会问题，吸毒人员戒毒后为什么极易复吸？人也有生物钟，这样才能确保我们每天有规律地生活，你想知道大脑控制生物钟的部位吗？你想知道脑机接口给智能假肢和神经康复带来的新希望吗？大脑中处理爱情和亲情的信息在哪些脑区，它们有不同吗？你知道动物也有性取向和性偏好吗？对这些问题，本书作者从大量的文献资料出发，并结合自己的研究，以简洁、生动、形象的语言，在本书的前四部分向读者讲述了不少精彩的科学故事，也提出了不少还没有研究清楚、需要进一步思考的科学问题。

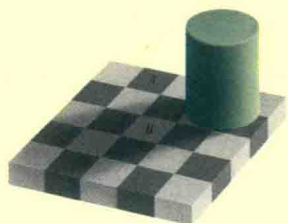
迄今几十位研究神经系统的科学家获得了诺贝尔奖。本书，特别是在第五部分“有学则灵——美在科学”，讲述了多位获得诺贝尔奖的科学家以及知名学者，介绍了他们的实验室、他们的导师和学生、他们的个性和人品等。希望这些内容能对读者，特别是对从事科研或对科研感兴趣的年轻人有所启示。本书最后一篇为饶毅教授所写《年轻人是否选择科学：梦想、理想、志气和智趣》，我想不仅对北京大学生命科学学院的学生，也对所有大学生、中学生都有启发，特别是已选择了理科的同学更应思考为什么要选择科学，思考你们的梦想、理想、追求是什么。希望读者通过阅读这本书，不仅能增进对脑科学的了解，也知道科学家并不是苦行僧，而是有着执着追求的，苦中有乐！也了解原来科学可以这样有趣！

许智宏

2016年3月8日

# 目 录

## 一、感觉系统——人与自然的交流 / 02



1. 色 / 04
2. 视错觉 / 25
3. 弱视 / 33
4. 国产博士的记录 / 41
5. 疼痛 / 46
6. 我们为什么抓痒 / 56
7. 路痴是谁的错? / 68

## 二、神奇的大脑——生命的高级中枢 / 74



1. 神经科学：脑研究的综合学科 / 76
2. 功能磁共振成像 / 81
3. 死的难题 / 96
4. 意识 / 104
5. 睡觉，没那么简单 / 114
6. 生物钟 / 129
7. 脑机接口——智能假肢和神经康复的新希望 / 144

## 三、误判 成瘾 抑郁——神经系统的“麻烦” / 148



1. 科学趣闻：六亲不认 / 150
2. 偷窃的生物学机理：（有些）小偷有药可治 / 161
3. 消除对毒品的记忆 / 164
4. 抑郁症患者的心理变化 / 170

## 四、动物的神经生物学——有趣的行为 / 175



1. 猪会骗猪 鸟能唬鸟 / 176
2. 老兵不死：百年亿蝇为哪般？ / 180
3. 饶有性趣（1）：欲解异性恋 须知同性恋 / 187
4. 饶有性趣（2）：失恋之后…… / 202
5. 饶有性趣（3）：卿为谁狂 / 209
6. 何时雌性爱漂亮？ / 212

## 五、有学则灵——美在科学 / 215



1. 中国神经科学历史简介 / 216
2. 寿不怕长 有学则灵 / 222
3. 我所认识的蕾塔 / 239
4. 科学朝代的兴衰：哈佛一个系科的故事 / 243
5. 一个可能的诺贝尔化学奖 / 248
6. 美在科学（1） / 254
7. 美在科学（2） / 262

## 结语 年轻人是否选择科学：梦想、理想、志气和智趣 / 267

RAOYOUQUWEI DE DANAQ

# 饶有趣味的大脑

饶毅 主编



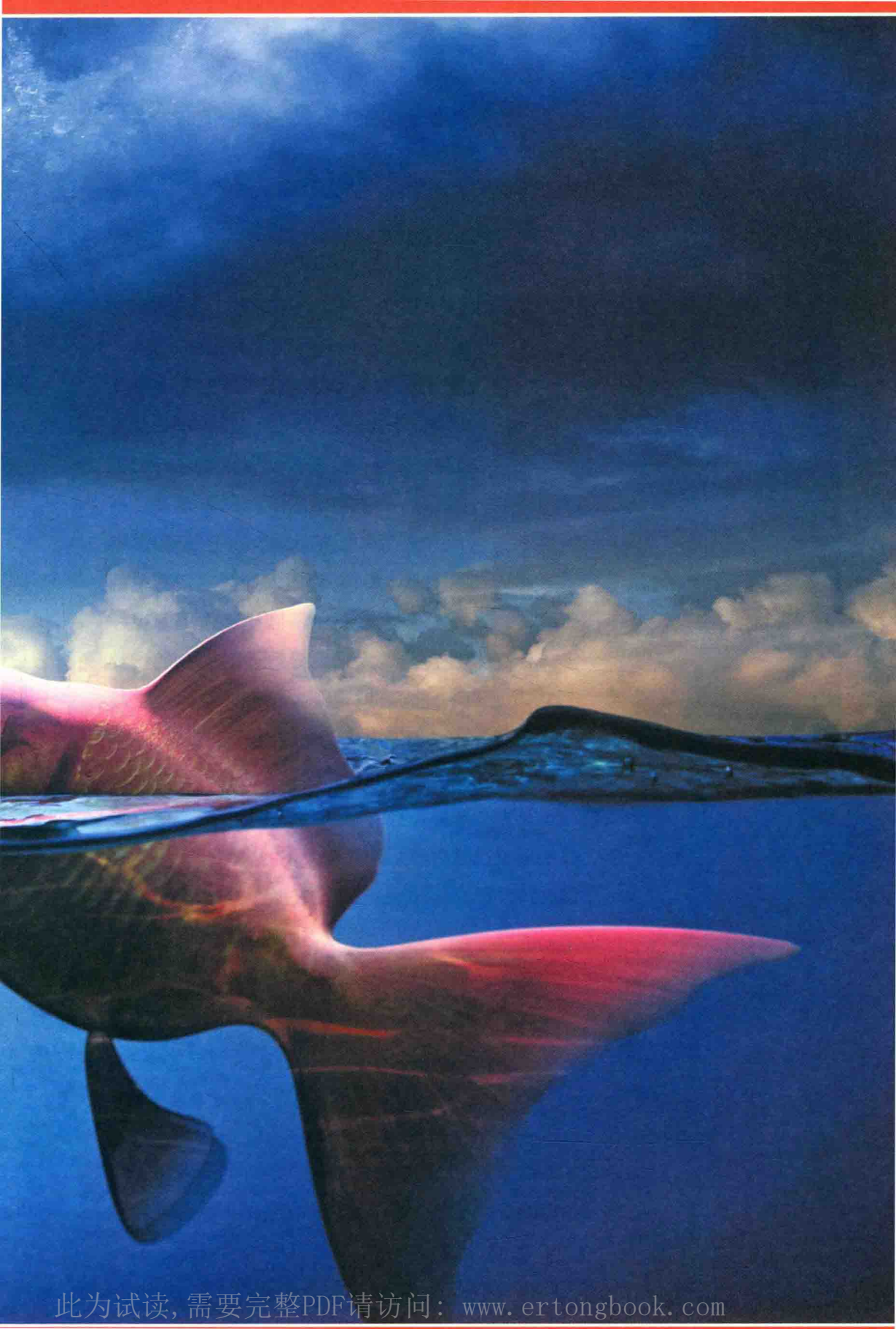
人民教育出版社  
PEOPLE'S EDUCATION PRESS



## 一、感觉系统

### ——人与自然的交流

视觉、嗅觉、听觉、痛觉、触觉、痒觉等，是人最基本的感觉，没有这些感觉，我们就无法生存。各种感觉的存在，既是为了使我们的身体能直接感受环境和外面世界的精彩，也是为了保护我们的身体免受伤害。



饶毅

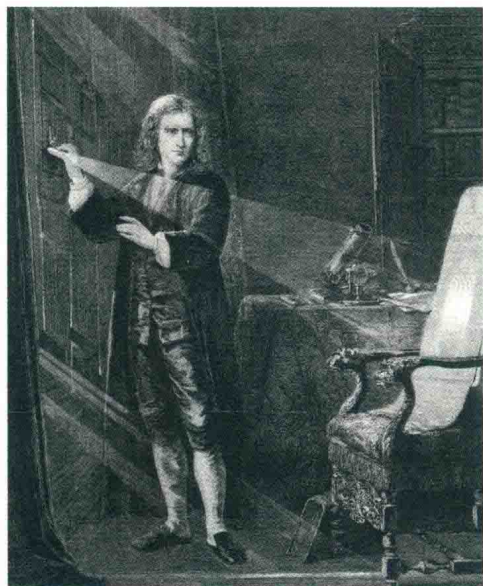


图1 牛顿

中文一个“色”字，有多种意思。英文的“color”，有多学科的解读。

从物理学角度，大家熟知牛顿（Isaac Newton，1643—1727，图1）于1672年用三棱镜实验研究颜色的光学特征。从生物学角度，色觉是神经系统对外界的反应。大家不一定知道牛顿曾于1704年提出人如何感知颜色的想法：光振荡以不同比例作用于视神经，传入大脑而导致人对颜色的感觉不同。可以说，牛顿在感觉神经生物学方面有先驱性的想法。

眼睛是人类观察世界的重要器官，而科学家对眼睛的研究也是人类理解自身的渠道之一。科学家们研究眼睛，以期理解视觉、感觉，甚至人类的大脑。

因为对颜色的感知始于眼睛，色觉最终成于大脑皮层，所以需要在多个层面研究色觉。本文主要介绍眼睛中第一级感光细胞对色觉分辨的分子基础，仅在这一个层面就有很多科学家的前赴后继的工作。

## 眼见不为实

不同的方法和设备只能检测物质世界的部分特性。视觉系统并非照相机，而是对外界信号加工后获得对特

定种属动物有意义的信息。现存感觉系统也是进化过程中选择的结果，能较为实用地获得物种经常遇见的外界信息。眼和脑的局限导致我们的视觉系统不能完整、准确地反映外界的物理实际。

因此，眼见并不一定为实。

有视错觉（visual illusion）说明视觉系统有时不是在客观地简单影射。绝大多数人都有视错觉，如果少数人没有这种视错觉，其中有些人可能是因为发生了基因的变化。研究人员会对此感兴趣，并通过收集其血样检测DNA的变化，研究是否有基因变化。

图2可以显示佛家所谓“外界没动、观察者的心在动”。图片中两个圆圈在物理上没动，而多数人觉得它们在相对运动（一个顺时针，另一个逆时针）。

第二幅视错觉的图（图3），在一般人看来，立方体上面正中小方块呈“褐色”，而在立方体左侧面正中的小方块呈“黄色”，人们会认为这两块的颜色差别很大。实际上，读者不妨做个简单的实验，将图像复制下来后把这两个小方块分别分离出来，可以发现它们的颜色完全一样：都是褐色。

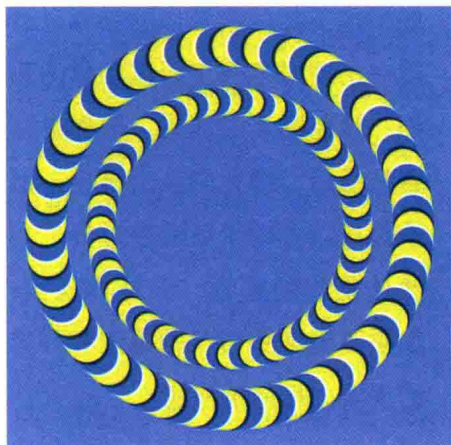


图2 视错觉图（一）

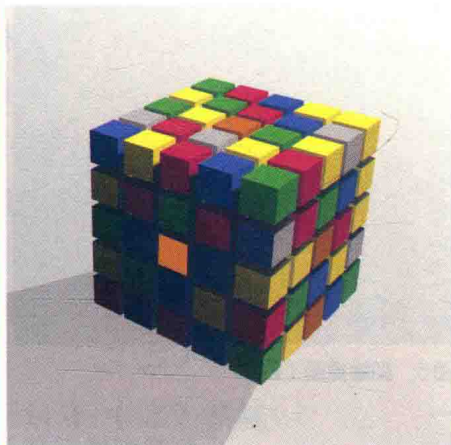


图3 视错觉图（二）

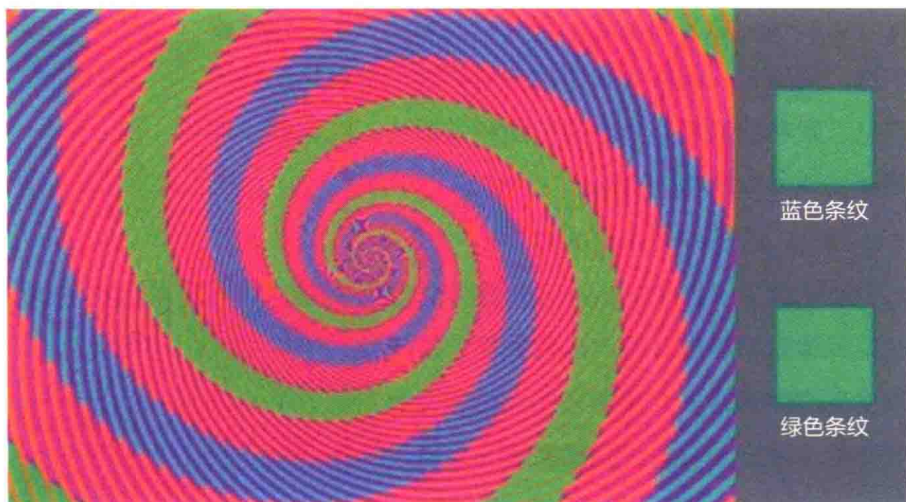


图4 视错觉图（三）

第三种视错觉的情况，观察图4，一般人看到蓝色和绿色两种颜色的螺旋，其实这“两种”颜色在物理上是完全一样的。

第四幅视错觉的图是动态的，读者可在网络上搜索图5的动态版本。该图的物理现实是：环绕加号的紫色原点

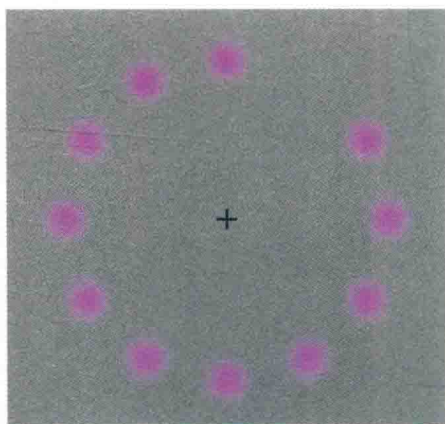


图5 视错觉图（四）

点沿顺时针方向运动（不是消失和再现，而是圆点绕圈运动）。如果你不相信这是你的错觉，可以在出现绿色圆点后移动你的头部，绿色圆点会消失，等你再盯着加号后，绿色圆点会再现，似乎你可以不动手就遥控外界。当然这是你的感觉，非外界现实；如果不能区分自己的感觉和外界的现实，那是精神病。

这些视错觉都是由我们视觉系统处理信号的机制造

成的，其中有些机理不明。

## 视觉与光感

视觉与光感不同。植物有光感，有些细菌也有光感，但它们不能形成动物一般的视觉。

植物感光能力有时很奇妙。植物可以通过检测日光中不同波长的光、每日不同波长光照的时间，知道冬天变成春天、秋天变成冬天，从而作出相应的季节性变化。已经发现的植物感光的分子有多种，一般是蛋白质和小分子参与植物光反应。植物的感光蛋白只有一种和动物相似，即隐花色素（cryptochrome）<sup>[1]</sup>，这是近20年的一个有趣发现。

<sup>[1]</sup> 编者译为隐花色素。

动物界有多种不同的眼睛和视觉系统，在进化中视觉系统独立地发生过40次以上。不同动物视觉特性不一样，比如蜜蜂能感知偏振光。

人的视觉系统从位于外周的眼睛开始，眼睛的视网膜（retina）从外界获得信号后稍作加工，传递到丘脑的外侧膝状体（lateral geniculate nucleus, LGN），再到大脑的视皮层（visual cortex），成为视觉通路。

人也有不形成视觉的感光系统。瞳孔对光反射是指当光强度增加时，我们的瞳孔缩小。这一反应使用了我们的视觉系统，也可能用了不能形成视觉的感光系统，比如有实验认为用了隐花色素。

## 眼内的神经细胞

达·芬奇（Leonardo Da Vinci, 1452—1519）曾对眼睛和视觉系统感兴趣。



图6 笛卡尔

笛卡尔（René Descartes, 1596—1650, 图6）不仅是哲学家、数学家，现在也可以说是神经生物学家。他将神奇的大脑回归为物理基础，提出神经纤维是通过水力传输信息。

笛卡尔在1637年的《方法论》一书中曾提到眼睛的解剖，在他去世12年后出版的《论人》一书中绘制了视网膜上的神经细胞（后来被称为视杆细胞）。

笛卡尔也曾描绘光通过眼睛晶状体投射到视网膜，视网膜收集的信息通过视神经从眼睛投射到大脑的步骤（图7）。

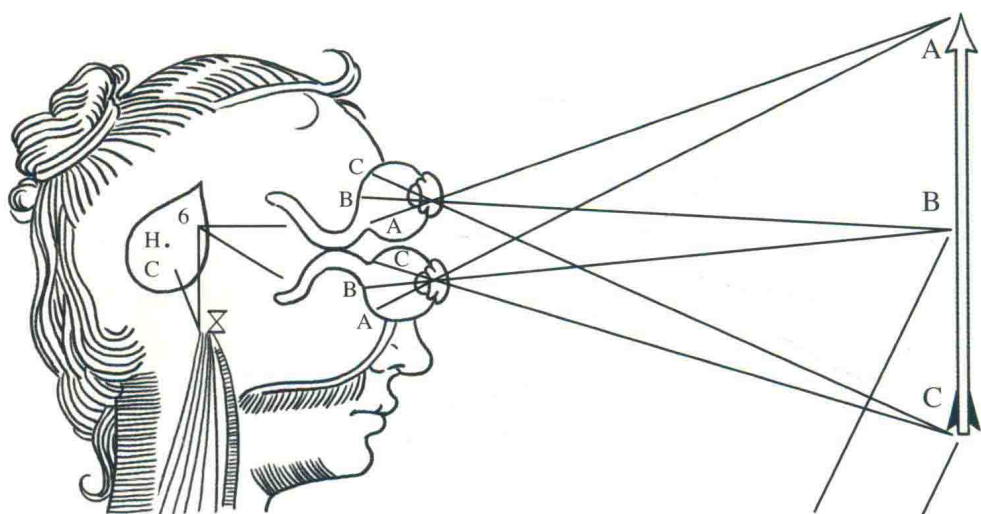


图7 笛卡尔描绘光从眼睛投射到大脑的过程示意图

眼睛由多种细胞组成。人的眼球从前到后有角膜、晶状体（英文称其为透镜lens更为反映其作用）、玻璃体（vitreous body）、视网膜。视网膜神经细胞通过视神经（optic nerve）向脑投射。视网膜内有三级神经细胞传递光信号，第一级为感光细胞（photoreceptors），第二

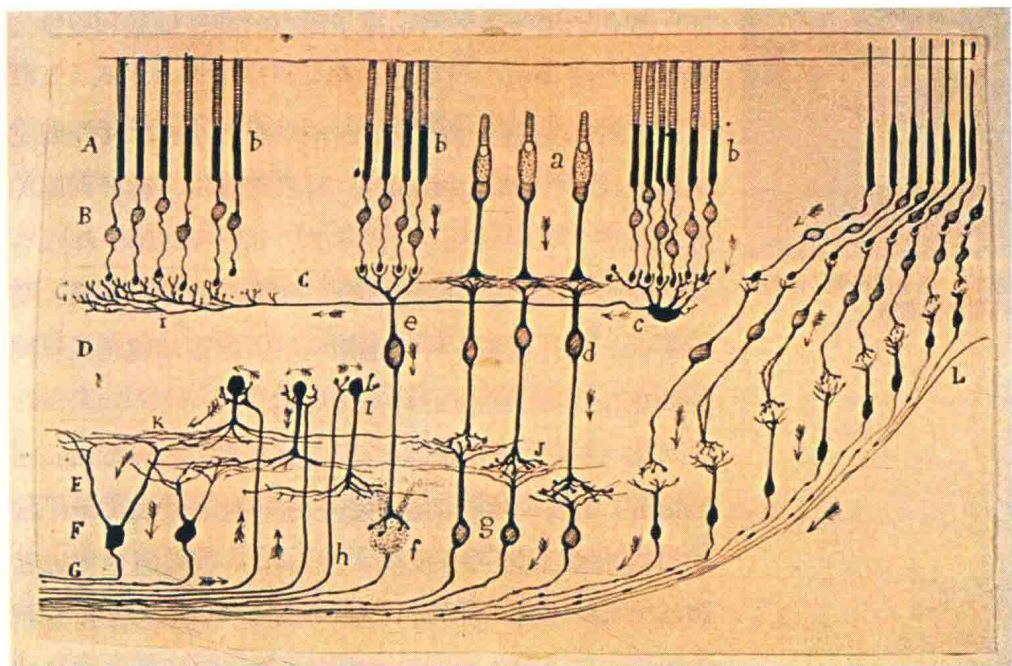


图8 卡哈尔绘制的视网膜神经元图

级为双极细胞（bipolar cells），第三级为视神经节细胞（retina ganglion cells, RGC）。视网膜还有不直接传递信息，而参与修饰加工的水平细胞（horizontal cells）和无突起细胞（amacrine cells）。这里展示一副西班牙解剖学家拉蒙-卡哈尔（Santiago Ramón y Cajal, 1852—1934, 荣获1906年诺贝尔生理学或医学奖）画的图（图8）。

传统认为，人类的第一级感光细胞有两种：视杆细胞（rods）和视锥细胞（cones）。1675年，列文虎克（A. van Leeuwenhoek, 1632—1723）可能观察到了感光细胞；一百多年后的特里维兰纳斯（G. R. Treviranus, 1776—1837）描述了感光细胞。19世纪，德国的克利克尔（R. A. von Kolliker, 1817—1905）与舒尔策（M. Schultze, 1825—1874）清楚地知道了视网膜细胞的分层与感光细胞。舒尔策绘制的视杆和视锥细胞如图9。



图9 舒尔策绘制的视杆和视锥细胞示意图