

## 《当代青年科普文库》顾问

吴阶平( 全国人民代表大会常务委员会副委员长 )

周光召( 全国人民代表大会常务委员会副委员长 )

朱丽兰( 科学技术部部长 )

陈至立( 教育部部长 )

路甬祥( 中国科学院院长 )

邬书林( 中共中央宣传部出版局局长 )

杨牧之( 新闻出版署副署长 )

## 《当代青年科普文库》编委会

主 任 周 谊 王为珍

副主任 ( 按姓氏笔画为序 )

李建臣 肖尔斌 张培兰 林万泉 孟祥林 胡大卫 胡明琇

委 员 ( 按姓氏笔画为序 )

王浩荧 刘 红 刘振杰 杨新书 李书敏 李光炜 肖尔斌

汪 华 沈火生 张培兰 张敬德 林万泉 胡大卫 胡明琇

赵守富 袁大川 夏 祯 夏同珩 徐惠国 席广辉 黄达全

寇秀荣 覃 春 谢荣岱 曾勇新 额敦桑布

总体策划工作组

组 长 胡明琇 汪 华

成 员 ( 按姓氏笔画为序 )

杨勇翔 李永平 李建臣 汪 华 宋德万 张虹霞 张洁佩

孟祥林 胡明琇 徐荣生 黄元森

---

图书在版编目(CIP)数据

万物之灵 :人类的智能/饶恒毅等著. —上海 :上海科学技术出版社, 1999. 11

(当代青年科普文库)

ISBN 7-5253-5318-4

C. 万... I. 饶... P. 智力工程—青年读物

. . B848.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 53453 号

---

当代青年科普文库

万物之灵——人类的智能

饶恒毅 丁玉珑等编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 山东新华印刷厂印刷

新华书店经销 山东新华印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 5.75 字数 135 000

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印数 :1—5000

ISBN 7-5323-5318-4/G·1198

定价 8.70 元

本书有如缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向印刷厂联系调换

出版一套面向广大青年的科普图书,是许多地方科技出版社萦怀已久的愿望,但是由于种种原因,一直没有哪一家出版社独自将之付诸实施,这常常让我们引为憾事。1995年,新闻出版署确定了《当代青年科普文库》为国家“九五”出版重点选题,才使我们有机会通过联合出版的方式了却大家的夙愿。

今天,世界处在科学技术飞速发展、社会生活瞬息万变的时代。处于高科技时代的青年人,通过耳濡目染或者孜孜以求,已经打开了曾经狭窄的眼界,而从各种不同的途径汲取知识,丰富自己,以求得多元的而不是单一的知识结构。将会影响21世纪人类命运和前途的高新科学技术知识,便成为他们涉猎的热点。青年人清醒地认识到,21世纪是青年人的世纪,他们背负着时代赋予的重大责任,而科学技术知识恰恰能开发他们担负起这种责任的巨大潜能。

地方科技出版社承担着向青年系统地进行科学普及教育的重要任务,这是具有使命性的任务。科学普及事业直接影响着社会进步和民族兴衰。翻开历史的卷页,许多事实都证明,科学技术对社会的影响既取决于科学技术的发展水平,又取决于科学技术被公众理解的程度,所以说,科学普及与一切科学活动、科学成就具有等量齐观的价值。我们注意到,由于现代科学技术发展迅速,知识更新日益加快,自然科学的各分支学科之间、自然科学与社会科学之间的融合愈加紧密,再像过去那样仅向青年人介绍一般的科学常识已经不足以提高他们的科学文化素质。因此《文库》除介绍

了当代科学技术的重要知识内容,并竭力避免浮光掠影地粗浅描述外,还十分注重一定层次的整体描述,企望以此引导青年朋友改变传统的、陈旧的思想观念,确立新的科学理念、科学精神、科学方法和科学的思维方式。

在人类社会的发展进程中,科学技术从来不是孤立存在的,它是社会文化的重要组成部分。今天,人们越来越重视科学技术的文化意义,这对当今社会的进步具有重大意义。我们力求把科学技术放到大的文化背景中,采用合理的文化观念描述人类、自然、社会相互间的关系,使当代青年从单纯了解科学技术事实的局限中解脱出来,看到科学技术更为广阔和动人的图景。

《当代青年科普文库》的前期准备工作进行了将近两年,总体策划工作组在广泛调查研究的基础上,拿出了选题设想和文库整体编辑方案,之后多次进行了充分的讨论并召开专家论证会,确定了最后的选题编辑方案,这一方案经过地方科技出版社社长、总编年会通过后才正式加以实施。参加这一工程的共有27家地方科技出版社。

在《文库》即将全部付梓之际,这们倍觉欣慰。与此同时,我们对在《文库》策划、编辑、出版过程中,给予关心和支持的中宣部出版局、新闻出版署图书司和中国版协科技委员会的领导表示敬意和感谢;对应邀担任《文库》顾问的各位领导和科学家表示诚挚的谢意;对在很短的时间内编写出高质量稿件的各位作者表示衷心的感谢;对承担《文库》编辑、出版工作的各地方科技出版社的领导、责任编辑致以深切的慰问。作为跨世纪的大型科普书,这是我们奉献给当代青年的一份礼物,希望他们能够喜欢这份礼物。

中国出版工作者协会  
科技委员会地方工作部  
1999年6月

## 目 录

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 从原始到科学——心智研究的历史.....         | (1)   |
| 认识自己 .....                   | (1)   |
| 古老的哲学思辨.....                 | (6)   |
| 黑箱子的智能 .....                 | (12)  |
| 心智之源——扑朔迷离的知觉世界 .....        | (23)  |
| 迷惑而有趣的知觉 .....               | (23)  |
| 左右互搏一心二用 .....               | (29)  |
| 真有专门识别面孔的‘老祖母细胞’吗？ .....     | (40)  |
| 心智之本——维系过去、现在、未来的学习和记忆 ..... | (53)  |
| 永恒的学习 .....                  | (53)  |
| 规律的记忆 .....                  | (68)  |
| 心智之桥——丰富的语言 .....            | (91)  |
| 动物也有语言吗？ .....               | (91)  |
| 人类的语言 .....                  | (99)  |
| 智力之母——至上的思维.....             | (109) |

---

|                     |         |
|---------------------|---------|
| 形象思维 瑰丽的表象 .....    | ( 110 ) |
| 概念 思维的基础 .....      | ( 120 ) |
| 推理 思维的方法 .....      | ( 130 ) |
| 问题解决 思维的体现 .....    | ( 135 ) |
| 心智的延伸——人与机器 .....   | ( 143 ) |
| 探索意识 哲学与科学的交接 ..... | ( 143 ) |
| 思想的机器 .....         | ( 157 ) |
| 心智之窗——观察人的大脑 .....  | ( 164 ) |
| 脑电磁技术 .....         | ( 165 ) |
| 脑成像技术 .....         | ( 167 ) |
| 结束语 .....           | ( 173 ) |
| 后记 .....            | ( 178 ) |

# 从原始到科学

## ——心智研究的历史

来吧 ,但是 ,请像启明召请太阳  
升起黎明的海洋 ,请引导智慧  
走出人类精神至深处的内在心房  
我已听到她的车辇 ,旌旗翻飞  
像彩云驾驭着焰火在空中飞航

——雪莱

### ■认识人自己

人类对自身的认识经历了一个艰难而漫长的过程。从柏拉图时代起 ,无数先哲们就从未停止过对心灵和自我 ,对感知觉和意识 ,对记忆和思维的苦苦思索。他们那些建立在思辨基础上的哲学思考 ,那些缺乏实验基础无法证实或证伪的理论观点 ,虽然有益地加深了我们对自身的本质、心理、智力、精神和意识的认识 ,却永远无法得到确定无误的结论。人类的意识 ,一直戴着迷人的面纱忽隐忽现。而到上个世纪末 ,自然科学的深入发展和实验心理学的创立 ,才使我们对自身的认识 ,对智力的研究踏上了一条科学的大道。本世纪 70 年代才兴起的认知科学 ,正是为了研究目前人类科学事业所面临的四大问题——物质的本质、宇宙的起源、生命的本质和智力的产生中最后一个也是最困难的一个问题——人类的智力(精神、心理、意识)是如何由物质产生的?毫无疑问 ,对人类自身的特有功能智力的研究了解 ,一

直是人类科学发展中一个最富有意义和吸引力的,然而也是空前困难的问题。

## 智力种种

一只黑猩猩在密林的深处向她的同伴们发出表示她已经找到食物的叫声,然后却悄悄的尽量不出声音地穿过茂密的森林绕道跑回她真正找到食物的地方。当别的黑猩猩费力地穿过森林走向她发出叫声的地方时,她正在不受打扰地安享她发现的食物。看到这种在高级灵长类动物中出现的类似人类的行为,我们是否就能够认为黑猩猩具有与人类智力相似的智力?

一个在实验室里制造出来的机器眼睛,从你走入实验室的那一刻起就不停地看着你,无论你走到哪儿,它的目光就跟到哪儿,甚至在你躲藏在某根柱子或某张桌子之后时,它仍然将它的眼睛紧紧盯着你,虽然你明明知道这只是一双看起来像人类的眼睛的人造机器而已,在你的感觉中它却总是让你觉得它也具有某些与人类智力相似的智力。

那么,智力究竟是什么?

刚出生的婴儿算不算有智力?白痴算不算有智力?计算机又有没有智力?黑猩猩有没有智力?猫和狗有没有智力?金鱼有没有智力?含羞草有没有智力?草履虫有没有智力?甚至极端的问题:细菌,它有没有智力?

要回答这些问题就如对智力的科学研究一样,都无可避免地需要有一个智力的相对明确的限定。从动物学家的眼光来看,所有具有复杂神经系统的有机体都必须不停地面对环境和生存所带来的问题并作出反应,不管这种决定是出于本能还是有意识的衡量,这种由刺激到反应本身就是一个智力过程。行为学家古德尔夫妇在动物的心智研究中认为,先天的信息加工,本能的行爲,内在的动机以及固有导向性的学习都是动物认知

能力的基本要素。从人工智能和神经网络专家的观点来看,智力只是计算。从自然哲学家的角度来看,智力只能是人类所具有的专利。从悲观主义的论调来看,智力“……仅是一种语音,是一个含有大量意义但最终什么都不含的单词”。从实用主义者的观点来看,智力就是“从经验中获益的能力”,就是在具体环境中作出适应性行为和成功发挥作用的能力。从心理测量学家的观点来看,智力就是智力测验所测量的东西。然而在这里就人类的智力研究来说,智力是包括知觉、学习、记忆、判断、理解、推理和解决问题的能力等在内的综合的认知能力,智力的研究也就是对知觉、学习、记忆、判断、推理和问题解决的研究。

### 信息加工的智力

第二次世界大战的时候,战争的要求,提出需要改进武器的准确度的问题,要求设计一个制导系统,能够追踪一个运动的目标,并且最后击中这个目标。于是,罗森布鲁特(Rosenbluet)、维纳(Wiener)、彼各劳(Bigelow)三位研究人员,以恒温器为对象,研究以机械的目的控制行为的自我调节系统,这种系统,就是最早的信息加工的智力系统。

以恒温器为例,当一个恒温器设置它的温度为 $30^{\circ}\text{C}$ 的时候,也就设置它的目标,要维持室内温度在 $30^{\circ}\text{C}$ 。那么,如何在没有外力介入的条件下,由恒温器自身实现这个要求呢?不需要有什么神秘的内部人存在,只要信息反馈的思想,一只温度计、一个触发器和一个加热器就能实现。温度计测量温度的变化,在温度计和加热器之间有一个触发器,当温度计测量温度低于 $30^{\circ}\text{C}$ 时,触发器开启加热器,直到温度计监视温度达到 $30^{\circ}\text{C}$ 时,触发器又将加热器关闭。这儿,温度计为恒温器提供信息,将环境温度的改变报告给触发器,触发器由此决定加热器的开或关,恒温的目的,就是这样实现的。在这样的原理上,数字计

算机、控制论、信息论发展起来。科学家开始将信息加工的观点移植到人的智力和心理的研究上。

从信息加工的角度来说,一个信息加工系统的功能,就是信息的输入、输出、储存、复制、建立符号结构和条件性迁移。凡是具有这些功能的系统,必然表现出智力行为,凡是表现出智力行为的系统,同样必然具有这些功能。一个信息加工系统,它的一般结构可以用本章配图表示:

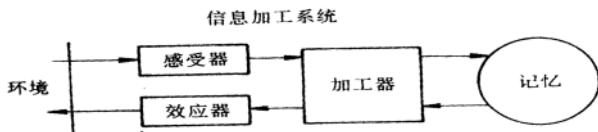


图1·信息加工系统的一般结构:信息加工系统一般都以符号结构来标志其输入和输出,感受器从外界环境接收信号,通过加工器的加工,记忆系统储存和提取符号结构,效应器和出反应

## 计算的智力

先从计算机说起。

任何问题,要让计算机求解,必须先建立一个形式系统,规定所用的符号,规定符号连接成合法序列的规则,规定合法的符号串如何表示问题的意义解释,然后建立一套规则,说明这些符号可以进行一些什么样的处理。这一套过程,就是问题的形式化。通过形式化,问题就表述成从初始的符号序列出发,如何在合法的规则操作下,得出符合要求的解的符号序列。计算机,就是这个符号求解的执行人。例如,你要买10千克饼干,每千克饼干7元钱,你要付多少钱?用计算机处理,首先,建立普通的

数字四则运算的形式系统,数字 10 和 7 是其中的合法符号,分别代表饼干的重量和单价,乘法符号,代表与问题相应的符号处理规则。那么,通过计算机输出来所求的解就是  $10 \times 7 = 70$ 。

在形式化系统中,对符号进行合法的处理的过程,就是计算,也是目前对思维智力研究的基本理解。西蒙(Simon)和纽维尔(Newell),这两位现代西方思维科学的开创者,就认为任何一种复杂的精神智力活动,在本质上都是以离散符号的处理为核心的计算过程。通用图灵机可以给出计算的最一般的精确定义:精神、智力的任何状态都不外乎是图灵机的一种状态;精神、智力的任何状态都不外乎是图灵机的一种状态;精神、智力的任何活动都是由图灵机定义的离散符号,可一步一步机械实现的“计算”。

## 计算和大脑

“计算”这个概念的出现和发展,极大地推动了精神和智力研究的科学进程。不可否认,这些离散符号的操作和处理的计算,它们确实能够代表人类智力的一些本质。然而,还需要问的是:这种计算,是不是人脑的精神活动的全部主要内容?以计算理论为基础不断发展的计算机,能否像它的通俗名字“电脑”所说的那样,是以电为能量的名副其实的“脑”?

对于大脑来说,大脑是生命进化的产物,它的活动,首先是物质的运动,即组成大脑物质的物理的、化学的、生物学的变化。从大脑中的细胞内各种分子的构形和运动,到各种神经细胞的结构和变化,到细胞群集体的活动,到大脑各个分区的功能和联系,到大脑如何进行信息处理的流程,到整个大脑的记忆、思维、意识功能的实现,对大脑的研究从微观到宏观,从局部到整体,从生理学基础到数学模拟,有着许多的不同层面。分子生物学、神经科学、生理学、心理学、语言学、计算机科学、人工智能、行为

学、还有数学、哲学,就是在这些不同的层面上研究大脑的结构和功能的学科。它们,也就是研究人类精神与智力的认知科学的基础和组成。

## ■ 古老的哲学思辨

### 山洞里的囚徒

据说,在古希腊时代的特尔斐城,传达神谕的巫师常常陶醉于一种从地下小洞里冒出来的雾状气体。因此,现在的“灵感”一词( inspiration )就是来源于古希腊的神话,原指的是通神,吸入了神的灵气。著名的哲学家柏拉图( Platon )断言:灵感,只能局限在文学和艺术的领域,诗人,只有在神性的着魔,只有在诗神的迷狂的状态下,才能作出真正的杰作。这,就是灵感的“神赐论”和“迷狂说”的代表。

在他的哲学中,柏拉图构造了著名的理念世界。他曾作过这样一个譬喻:生活在物质世界的人就好像锁在山洞里的囚徒,他带着镣铐,背朝着洞口,面向阴暗的墙壁。在洞口外面,走过的人们拿着动物和人的偶像,通过阳光,他们的影子投射到洞里的墙上。囚徒看到的只是这些影子,而看不到真实的东西。唯一的永恒不变的真实是“理念”,而人们日常感觉到的具体事物都只是理念的影子,这就是柏拉图的理念论。从它出发,柏拉图将认识分成两个世界四种等级:可见世界的“想象”和“信念”;可知世界的“知性”和“理性”。“想象”是对实际事物的景象的认识,正如由水里或光滑物体上反射出来的影子;“信念”则是对实际事物的认识,它们的对象隶属于可见世界即物质世界;“知性”指以可见世界的事物作为影象,由假定出发进行研究得到结论,有如在几何学中的线段、点,代数中的数、运算被假定为已知的、

自明的东西,然后通过一系列逻辑推理得到结论一样;“理性”则是对“理念”的认识能力,指人通过逻辑辨证的力量,从个别理念上升到绝对第一原理,在其中决不涉及到任何感性事物,这两者的对象属于可知世界即理念世界。

柏拉图认为人的感觉不能获得真正的知识,只有知性和理性才能得到真正的知识。为此,他提出了“回忆说”:灵魂和理性是先于肉体而存在的,并且是不朽的,灵魂永远具有对理念的认识,只是在投生人体的时候受到肉体的污染而忘记了原有的理念知识,人们学习和获得知识的过程,仅仅是“回忆”灵魂进入到肉体之前原有的理念知识的过程。

## 亚里士多德

亚里士多德(Aristotle)是古希腊哲学思想的集大成者,他对于哲学、政治、伦理、逻辑、美学和各项自然科学都留下了著作。他的学说作为不可怀疑的权威一直流行了很久,直到近代科学兴起时才被动摇。

亚里士多德是第一个把心理学作为自然科学的一部分来考虑的人。他著的《灵魂论》一书,细致地探讨了灵魂的心理。他认为,凡是有生命的东西都有灵魂,而灵魂分为三个等级:营养的灵魂、感觉的灵魂和理性的灵魂;相应于它们的生物是植物、动物和人类。植物只有消化、吸收和繁殖的能力;动物则除了消化、吸收和繁殖外还有知觉的能力;人类则还有理性认识的能力,所以是自然界最完善最高级的生命。他驳斥了柏拉图关于灵魂不朽的观点,论证了灵魂与身体的关系:灵魂之于身体,就如视觉之于眼睛一样,只不过是一个虚名,不能成为眼睛,就像石头上刻的眼睛不是真正的眼睛。他以为,人的灵魂犹如一张白张,认识和知识的获得都源于最初的感觉经验。感觉和外界事物的关系就像图章和它印在蜡上的痕迹的关系,感觉的产

生要求既有被感觉的事物存在,又有感觉者的同时存在。例如:只有发出声音的东西和具有听的器官的主体两者同时存在和活动时,才会产生听觉。

亚里士多德说明了从感觉经验得到普遍性知识的过程:外物作用于特殊感官发生感觉,感觉遗留下意象。一物多次留下意象,就形成对于它的简括形象,即它所谓的经验,人由这些经验中抽出概念或概括成原理,就可以进行抽象思维。从特殊感官的感到抽象思维的中间过程,包括比较感觉材料的异同;感知物体的运动、静止、数目的多少、形状、大小和时间长短等;自我意识到感觉的发生;记忆、回想、联想、想象、睡眠和做梦,都归结于人的心脏区域的功能。这里所谓记是指保持和被动的再生,回想则是指主动的再生,睡眠是由于心的器官的能力消耗,醒来是因为能力的恢复,做梦是由于过去感觉作用的遗迹。虽然他的结论中有不少错误,他的通过观察而不是纯粹哲学上的思考得出结论的方法却是以后的自然科学研究的基础。

## 荀子

与古希腊相应,中国的春秋战国时代,也是一个学术上百家争鸣、群星璀璨的年代。荀子就是其中杰出的代表。

先秦后期的荀子,他继承和发展了先辈的学说,对形神关系、意识和心理作出了集大成式的阐述。“形具而神生,好恶、喜怒、哀乐臧焉”,首先就明确提出了精神对物质的依赖性。其次,荀子已经知道了人的各种认知活动都依赖于一定的感觉器官。识别物体形状、颜色靠眼睛,辨别不同声响靠耳朵,而心是全身的统帅,各种精神活动的主宰:“心者,形之君也,而神明之主也。”荀子否认了鬼神之说,正确地指出鬼神是人在精神恍惚时的胡思乱想,感官的幻觉:“凡人之有鬼也,必以其感忽之间疑玄之时正之。此人之所以无有而有无之时也。”荀子还提出“徵知”

之说,认为心有微知的能力,就是对感官所获得的知识进行分类、辨别、取舍等加工处理的能力。没有这种思维的加工,就不可能有认识:“心不使焉,则白黑在前而不见,雷鼓在侧而不闻”,这种观念,与现代的认知科学的基本观点有许多的相通之处。

以荀子为代表的卓越的古代先哲们,开创的是一个与同时代的世界上任何地方相比都决不逊色的文化和科学的先声。

### 笛卡尔

在亚里士多德之后,度过了黑暗的中世纪经院哲学统治的时代,经过了辉煌的文艺复兴时期,欧洲的哲学开始步入一个持续健康发展的轨道。17世纪法国先进的思想家、数学家笛卡尔(R·Descartes),创立了解析几何学,同时开创了近代哲学心理学。

“我思故我在”,这是笛卡尔说过的一句著名的话,也是他在灵魂和心理观点的代表。在笛卡尔看来,动物和人的身体都是自动的机械,不同之处是动物没有灵魂,而人有。为什么说人有灵魂?因为,无论我看什么,或想什么,无论是看见或没有看见,无论是想对了还是错了,总是有一个在看、在想的主体,这个主体就是灵魂。“我思故我在”中的“思”,意指的是包括各种心理过程在内的认知活动,而“我”就是心理过程的主体——灵魂。

还有一个著名的概念——反射,也是起始于笛卡尔。在他看来,有一条细线,一头连着感官,另一头连着大脑中某些孔道的开口。外物刺激感官时,就拉动细线,从而拉开孔道口的活塞,大脑中的精气就从孔道流向肌肉,肌肉就发生动作,这个过程就是反射的过程。他的这个观点,是后来举世皆知的巴甫洛夫的条件反射的概念的最初源泉。

## 康德

作为德国乃至整个世界最伟大的思想家和哲学家之一的康德(I·Kant),在他的划时代的《纯粹理性批判》、《判断力批判》和《实践理性批评》中,除了对哲学作出了巨大的贡献外,在心理学上也留下了不可磨灭的影响。

康德的第一个贡献就是确定了心理活动的三分法。在他之前一直上溯到亚里士多德时代,人的心理活动都是分成两个部分:认识功能和动求功能。其中,认识功能包括感觉、意象、概念和思维等,动求功能包括感情、欲望、意志、动作等。康德在他上述的三部著作中表明:应该将人的心理活动分成认识、情感和意志三类,因为这三种中任何一种,都不是其他一种派生而来的。纯粹理性相当于认识活动、实践理性相当于意志活动、判断力主要涉及美感,相当于小情感活动。由康德开始,心理学中就确定了心理活动的三分法,一直流传到今。

## 加尔

在学究式的哲学思考之外,在科学的实验心理学建立之前,像康德、笛卡尔,他们的思想,他们的观点并没有在大众身上得到什么体现。相反,由加尔(F·J·Gall)在19世纪创立的颅相学,却在公众中引起过广泛的注意。直到今天仍然有着相当的影响力。

颅相学的两个基本原则是:心理功能表现为许多可以鉴别和分离的机能,每一种机能都在大脑的一定区域有着各自相应的位置。他们认为,头骨的外形是与脑的形状相应的,头骨突出的地方,脑的区域也突出,即对应的脑功能发达;头骨平或者凹的地方,对应的脑区和功能就不发达。颅相学将头骨分成39个区域,相应的将心理功能也分成39种,包括“谨慎”、“仁慈”、“希

望”、“比较”、“因果关系”、“时间知觉”、“大小知觉”等等。由这些原则,最后得到的一个易被大众注意的假说是:用手指摸一个人的头骨,就能了解这个人脑的哪些区域富有天资,从而可能对这个人的主要性格特征作出分析。

颅相学在西方很快就流传到很广泛的区域,但是,在科学上,它始终没有得到过科学界的真正承认。因为生理学家很早就已经知道,头骨的外形并不与大脑的形状相对应;心理学家也不同意,心理功能可以分解成许多各自有其对应的器官的功能,然而,颅相学推动了对脑的功能的研究。

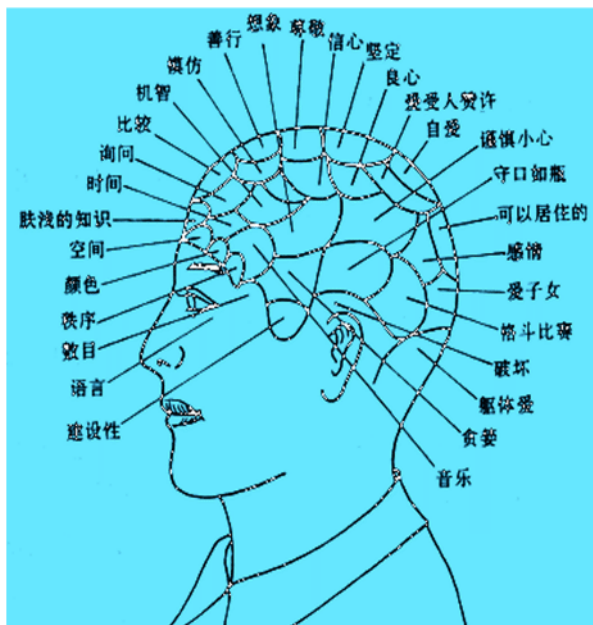


图 2·颅相学脑 - 心理功能对应图