

认知信息系统原理 ——人工智能基础理论

Renzhi Xinxì Xitong Yuanli
Rengong Zhineng Jichu Lilun

任顺平 陈 涛 王 乾 著

陕西新华出版传媒集团



陕西科学技术出版社

Shaanxi Science and Technology Press

认知信息系统原理

——人工智能基础理论

任顺平 陈 涛 王 乾 著

陕西新华出版传媒集团



陕西科学技术出版社

Shaanxi Science and Technology Press

— 西 安 —

图书在版编目(CIP)数据

认知信息系统原理：人工智能基础理论/任顺平，陈涛，王乾著. —西安：陕西科学技术出版社，2019.8

ISBN 978-7-5369-7562-0

I. ①认… II. ①任… ②陈… ③王… III. ①人工智能—理论 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 117437 号

认知信息系统原理——人工智能基础理论

任顺平 陈涛 王乾 著

责任编辑 杨波
封面设计 绝色设计

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
西安市曲江新区登高路 1388 号陕西新华出版传媒产业大厦 B 座
电话(029)81205187 传真(029)81205155 邮编 710061
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
电话(029)81205180 81206809

印刷 陕西迅捷印务有限责任公司

规格 787mm×1092mm 16 开本

印张 17.25

字数 370 千字

版次 2019 年 8 月第 1 版
2019 年 8 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5369-7562-0

定价 86.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

认知信息系统原理是研究人感知、加工、处理、认知、记忆和利用信息的原理和方法的学问，它是人工智能的理论基础。它以信息论、系统论、非线性理论、模糊逻辑、分类学和心理学等为理论基础，以先贤思想轨迹为启示，以认知现象归纳为途经，以经典理论为范式，揭示了认知信息的基本原理，阐述了认知信息系统的模型，尤其是整体与局部的上行、下行和横向因果关系、认知信息的等效共核、认知信息的界面、认知信息能级、信号与符号、符号与语义等理念。定位了系统突变点、开启了认知信息动力学、勾连了信号感知和理解通道，达成对象语法与语义的自然转换。

认知信息系统是感知、处理、认知客观，学习运用知识的意识系统。认知信息具有极强的主观性，没有感知信息，就没有认知信息。内窥问心，考察认知过程，确立认知原则。诸如，结构的认知信息量大于相同粒子认知信息量；时间、空间尺度是研究成功的重要因素；内心已存整体意念，“像”随意先动，等等。外观诸像，由像至道，探索认知规律，归纳认知信息原理。诸如，符号、文字、动物都是认知信息等效原理的像；皮肤、房屋、管道等形成物的界，划分了彼此，形成选择性隔离，构成功能性新质，等等。

作者以因果关系探索为主线，以历史的视角，考察科技历史的进步，裸露科技思想发展的原始状态和创新的基本方式，为科研工作者的具体科研提供借鉴；以哲学的视角探讨认知信息系统的普遍性，建立具有普遍意义的基本原理和分析方法；以理论的视角，借鉴经典理论刻画认知信息系统，为该学科奠定较坚实的理论基础，同时，形成自身较完备的理论体系。

本书共分八章。第一章中西方系统思想概述。介绍公元前 500 年左右，为了探究宇宙的组成，形成朴素的西方各种探索思想，该时期是人类思想的爆发期。介绍了中世纪科学思想启蒙和形成时期的重要贡献者和他们的思想；介绍了数学三次危机引起的数学的进步；介绍了近代物理学的危机和由此引起的物理学进步；以科学思想诠释易经科学意义和在人类文明史的重要地位。该章的目的：了解人类认知历程；学会转化危机为机会，理解创新的奇点；尊重人类文明的思想火花。第二章认知信息感知过程。唯像地探讨了人类认知天文知识的过程，总结了认知天文现象的几种基本方法。介绍了人类感知器官感知信号的本质是数字感知方式，得出感知信息的基本方式——数字方式，所谓的连续信号是大脑根据客观实在和感知数字信号进行的整理和加工。介绍了脑地图机理，得出脑神经元网络化、功能化和分层化的基本结论。总之，认知信息有雄厚的物质基础和复杂的工作原理需要进一步研究。第三章通信信息论。介绍了信息论发展历程，阐述香农的科学贡献。特别强调了香农信息论的三个前提，揭示了香农信息的适用范围。介绍了信息量计算方法，尤其是信道容量的计算方法，通过

信道容量的本质分析，开拓了信道编码、信源编码和信息加密领域的研究。第四章一般系统论。介绍了系统论与机械论的根本不同，确定世界的始基——系统，逐步建立系统论世界观。介绍了系统基本原理，为认知信息系统论提供范式。第五章认知信息的基本分析方法。介绍了还原论、整体论和系统论，比较了各自优缺点和适用范围；介绍了因果关系的内在本质以及上行、下行因果关系产生的源和作用，强调了下行因果关系反映了系统整体的规定性，为认知信息模型的建立和量化处理提供了哲学依据。耗散结构、协同学、突变论揭示了事物处于非平衡态的自组织过程，为认知信息处于非平衡态提供判断依据和处理方法。第六章认知信息基本原理。本章以独特视角探讨了认知信息的基本原理。认知信息的整体原理突出了先整特点；认知信息符号原理除了符号具有的普遍性、抽象性和多样性外，更注重结合最新科研成果和人类内心感知，发掘符号在认知信息系统的特点；等效原理中，提出等效共核的概念和理解函数；感知原理中，提出信息代表的概念；压缩原理中提出虚拟整体的理念。第七章认知信息基本规律。从现象入手归纳总结了认知信息的相关结论，诸如认知信息存在形式、认知信息发展过程、认知信息分岔现象。以类比的方式初步划分了认知信息能级，给出了能级划分的基本原则，为认知信息动力学开了一扇窗。论证了认知信息吸引子奇异吸引子做模型、意识场做模型和虫洞做模型的合理性。总结了几个认知信息基本规律：共存律、反思律、能级律和触发律。第八章认知信息应用。以语音编码、整齐度应用为代表，介绍了认知信息应用过程和如何扩大科研颗粒度。

特别指出，未能联系上本书部分插图的原创者，在此表示由衷的感谢！如有需要，请联系我(邮箱：rshunping@126.com)。

认知信息系统是新的学科，限于作者水平和研究深度，错误和疏漏在所难免，希望广大读者批评指正。

在结束之际，感谢中科院战略性先导专项资助(XDA17040505, XDA17010301)的支持，感谢中国科学院大学电子学院焦建斌院长。

谨以此书献给父母、家人。

任顺平

2019年5月

目 录

第一章 中西方系统思想概述	1
第一节 古代西方始基诸观点	1
第二节 近代经典科学思想	3
第三节 物理界描绘的矛盾图景	5
第四节 三次数学危机	8
第五节 中国古代经典思想——易经新解	10
本章小结	17
第二章 认知信息感知过程	18
第一节 天文信息的认知	18
第二节 感官基本机理	21
第三节 脑地图	24
第四节 认知的艰难与曲折	28
本章小结	30
第三章 通信信息论	31
第一节 信息史话	31
第二节 香农信息定义	33
第三节 通信模型和信息量计算	35
第四节 信道容量	44
第五节 “信息”真实性之奇见	52
本章小结	55
第四章 一般系统论	56
第一节 一般系统论——前奏	56
第二节 系统论基本内容	58
第三节 系统论基本原理——整体性原理	61
第四节 系统论基本原理——系统层次性原理	73
第五节 系统论基本原理——系统开放性原理	89
第六节 系统目的性原理	102
第七节 系统相似性原理	116
本章小结	132
第五章 认知信息基本分析方法	134
第一节 还原论	134
第二节 整体论科学	136

第三节	自组织系统	140
第四节	耗散结构理论	142
第五节	协同学	145
第六节	自组织演变方法论——突变论	157
本章小结	161
第六章	认知信息基本原理	164
第一节	“整体性”原理	164
第二节	等效原理	177
第三节	感知原理	187
第四节	符号原理	196
第五节	选择原理	208
第六节	压缩原理	214
本章小结	220
第七章	认知信息基本规律	223
第一节	实例启示	224
第二节	认知信息能级	234
第三节	记忆模型	247
第四节	认知信息基本规律	258
多余的话——认知信息界面	259
本章小结	260
第八章	认知信息应用	262
第一节	语音处理技术	262
第二节	整齐度	266

第一章

中西方系统思想概述

认知信息常常作为动名词，在这里作为一个整体——名词。认知信息是运用个体经验和知识，感知、理解和认知客体，获得客体“信息”的过程，是客观信息的主观认知。认知信息系统原理是研究认知信息过程的普遍规律和一般方法的学问。经验和知识是认知信息的基础，它们决定了认知深度、认知完整性和客观性。从人类整体经验和知识来考察认知过程，是认知信息研究的基本途径。

前人经典的观点是后辈思想的种子，继承是进步的捷径，是探索的路标。每个经典观点都有不一样的视角、不一样的经验、不一样的觉悟、不一样的途径和不一样的依据。横亘几千年、跨越东西方，这些不一样的经典阅尽天地沧桑，全息了大千世界的属性和规律。恰应了圣经的一句名言“日光之下无新事”。思想的多样性为选择提供机会，为探索提供思路，它是创新的基础。前人探索的触角，认知求证的路径是后人的范式。本章汇集东西方、古今系统思想经典，历数探索危机，达成人类经典科技思想整体认知的目的。

第一节 古代西方始基诸观点^[1]

始基的基本意思是万物的根源或基本，万物从它产生又可复归于它。

1. 泰勒斯

泰勒斯(Thales, 公元前 624—547 年)提出“水是万物的始基”。他认为：世界处于不断运动变化之中，具有统一性，可以通过始基来把握整体。

2. 毕达哥拉斯

毕达哥拉斯(Pythagoras, 公元前 570—490 年)学派提出“数是万物的始基”。数服

从一定的关系和规律，毕达哥拉斯第一次提出宇宙的节奏性。数体系的和谐就是宇宙的节奏。许多人对数为始基有误解，认为宇宙怎么可以由数组成呢？实际上，数为始基是说万物之间的关系可以映射为数与数之间的关系。

作者对数是始基的观点持赞成态度，原因有二：其一，任何不能用数学表述的客观物质关系，是不清晰或认识不深刻的关系；其二，数学不断增长自己的表述能力，以刻画尚不能表述的客观研究对象。

3. 赫拉克利特

古希腊朴素辩证法的奠基人赫拉克利特(Herakleitos, 公元前 540—480 年)认为，世界万物的始基是“火”，一切都是火的变形，火变成万物，万物复归于火。

宇宙系统是一个过程系统，赫拉克利特是过程世界观的奠基人。宇宙永不停息运动是有规律的、有秩序的，这规律与秩序是“火”的属性，叫作“逻各斯”。

赫拉克利特认为：智慧就是认识逻各斯。并且进一步阐述：同意一切是“一”就是智慧。对于如何认识逻各斯：要抓住整体的东西和非整体的东西，接近的和分离的，和谐的和不和谐的，从一切事物而有一(个事物)和从一个事物而有一切(事物)。他提出了整体和部分的辩证法问题。将整体与局部问题作为智慧内容之一。

同意一切是“一”就是智慧，颇有禅意，深奥晦涩。作者认为，无论对象结构多复杂，构成要素多繁杂，首先将对象视为整体，即“一”。在“一”的基础上，才能把握对象的整体规定性。更深一层含义是，宇宙是由“始基”构成，至少古代是如此认为，一切都具有相似性，即“一切是一”是对宇宙根本的认知，是智慧。在以后的认知信息原理论述中，有该思想的具体运用，即认知信息系统相似性原理。

4. 德谟克利特

德谟克利特(Demokritos, 公元前 460—361 年)，古希腊原子论的创立者。

德谟克利特的宇宙系统论：世界的始基是原子，不可分的原子结合起来形成万事万物，甚至灵魂也是由精细的原子构成的。他肯定了世界由要素组成，终极要素构成了系统，也决定了系统。

主要著作：《大宇宙秩序》《小宇宙秩序》《论自然》等，均已失传。

5. 柏拉图

柏拉图(Platon, 公元前 427—347 年)师承苏格拉底(Sokrates, 公元前 468—399 年)，创立理念论对抗原子论。

柏拉图认为：几何学表达了理念界的永恒与完美。世界是有层次的，首先是可见世界与可知世界两个不同层次，一两种三角形是世界的真正组成要素。理念也是一个等级系统，就是从具体事务的理念，到数学和科学的理念，再到艺术、道德的理念，直到最高级的“善”的理念。

6. 亚里士多德

亚里士多德(Aristoteles, 公元前 384—322 年)古希腊哲学的集大成者，最伟大的体系哲学家。

亚里士多德名言：如果知识的对象不存在，就没有知识。这是真的，因为没有什么东西可以被认知。同样也是真的：如果某物的知识不存在，某物却很可以存在着。

亚里士多德认为：理论体系是有客观原型，理论体系要反映客观体系。

亚里士多德设想了一个球层结构的多层次宇宙系统，比较完整地描述了天璇地静的宇宙图景。罗马时代，托勒密据此建立了著名的本轮——均轮几何宇宙模型。他把宇宙一分为二，即神圣的月上世界和低贱的月下世界，月上世界由“精英”元素构成。月下世界由水、火、土、气四种元素构成。

亚里士多德提出了四因宇宙观，即动力因、质料因、形式因和目的因。他触摸到“万物有灵”的结论——万物有目的。

亚里士多德不是从事物的对立统一解释运动，而是以运动为前提，不得不寻找“第一推动力”。牛顿继承了亚里士多德的运动先于矛盾的理念，也不得不从事物之外寻找运动的第一推动力。

亚里士多德还提出了“元素与本原是从整体事物分析出来的”和“整体大于局部之和”等著名结论。

第二节 近代经典科学思想

1. 日心说

1543年哥白尼(N. Copernicus, 1473—1543年)发表《天体运行论》，这部不朽著作提出了日心说宇宙体系。可以说哥白尼是一个划时代的人物。

伽利略(G. Galilei, 1564—1642年)和开普勒(J. Kepler, 1571—1630年)论证和发展了日心说，实现了天文学革命。引起自然观、科学认识论和方法论上的革命。对自然的研究，进入深入细致的境界。

2. 培根

培根(F. Bacon, 1561—1624年)大力提倡新的科学方法，为科学的复兴摇旗呐喊。

培根第一个系统研究科学方法，并将其作为追求知识的原则、程序和方法。他的著名著作《新工具论》对应亚里士多德的《工具论》。

正确的科研是从命题金字塔的底部一步步上升到顶部，即有条理地追求知识的程序是以自然为对象，以感官知觉为起点，让心灵顺着一条全然循序递进的阶梯向前推进，即通过实验、列表、比较、排除、归纳而逐步上升到公理(形式)阶梯的顶部。

他还提出了归纳法。

培根的不朽名言：实践是检验真理的唯一标准。

3. 笛卡尔

笛卡尔(R. Descartes, 1596—1650年)是解析几何的创立者。

笛卡尔的重要著作有《哲学原理》和《方法论》。

笛卡尔科学方法的重要贡献是：唯理论科学方法创立者，是还原主义原理扎根于

科学的关键人物。

笛卡尔认为：科学认识方法具有同一性，决定了科学具有统一性。同一方法不断运用于种种不同学科，因为这种共同适用的可能性和实践性意味着：整体的科学无非是人的理性本身的统一性(唯理论科学方法)。

他以“我思故我在”的著名命题，规定了唯理论科学方法的出发点。

他归纳了重要科研原则：

- (1) 只接受清晰和独特的思想；
- (2) 把难题分解成尽可能多的必要部分，以便最好地加以解决；
- (3) 从简单到复杂渐次前进；
- (4) 进行无遗漏的完整分析。

第二条原则统治西方科学方法达 350 年之久，标示了西方知识传统之特征的分析还原原理。

事实上，还原论的观点奠定了追求简单性、追求线性解的基础。现代系统论运动对这一原理提出了真正挑战。顺便说一句，光的波属性和粒子属性是笛卡尔假想的。

4. 近代机械还原论

1687 年，牛顿的《自然哲学之数学原理》的出版，宣告了经典机械力学的诞生，同时标志着近代机械还原论的确立。

牛顿科学纲领的核心是希望从力学原理导出其余自然现象的规律。

牛顿认为一切自然现象都可以归结为质点在时空中的机械运动，一切物质系统都可以归结为用各种力黏合在一起的质点组。

汤姆逊的一句话确切地描述了机械还原论独霸学界的现实，即：一切物理现象都从力学角度加以说明，这是一条公理。整个物理学就建立在这条公理上。

实际上，经典物理学的光学、声学、热学、电磁学等分支都采用了纯粹力学的研究方法，同时，它们都被看成特殊的力学形式。

光学：光粒子说是机械原子论类比的产物。认为光是一种具有惯性的实体，是一种机械微粒。

热学：也称热力学，爱因斯坦指出，牛顿的运动方程是分子热运动的唯一基础。

电磁学：电和磁被看成一种微粒实体(电荷与磁荷)，电荷相互作用力 $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 类似万有引力 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 。

化学：近代化学以化学原子论和化学亲和力理论的建立为主要标志。道尔顿的化学原子论局限于牛顿机械原子论思想架构内，即原子不可分，元素不会变。门捷列夫元素周期表还是力学占统治地位的解释。17 世纪化学亲和力理论认为，化合物是由物质粒子依靠某种力相互吸引形成的，化学亲和力与重力、电力、磁力无本质区别。

近代机械还原论的科学方法：将整体对象分解为各个元素或组成部分加以研究的方法。

笛卡尔创建了空间任意一点分解为三维坐标分量的解析几何。

史蒂芬创立了力学平行四边形法则——可以将任一合力按需要分解成简单力。

伽利略与牛顿在力学上成功地将复杂运动分解为简单运动的合成。

海森堡有过高度概括：牛顿力学作为普朗克常数无限小的极限情况归结到量子力学中。作为光速无限大的极限情况归结到相对论中。相对论和量子力学是物理学中的理论范本。波尔的原子理论是核化学的理论基础；量子化学更是直接运用量子理论，而量子化学又是现代其他化学分支的理论基础。

5. 逻辑主义和形式主义还原

以罗素和怀特海为代表的逻辑主义主张将整个数学全部还原为逻辑符号与逻辑公式。

以希尔伯特为代表的形式主义则主张将整个数学还原为无任何意义的形式符号和形式符号串。

6. 决定论

决定论是承认一切事物具有规律性、必然性和因果制约性的哲学学说。因果性，溯原即因。“凡事必有因”，传统因果论就是决定论。拉普拉斯：“历史‘像’卷曲的地毯，人类仅仅是按时间打开，其图案早已绘制！”

原子论是经典决定论的代表。

原子论研究纲领：整体的有组织的事物可以拆分为部分来研究和理解；事物的复杂性只是表面的现象，经过不断的分析就可以把复杂的东西归结为简单的东西来加以研究和理解；相应地，非线性问题总是可以归结为或近似地归结为线性问题来解决，规律性就归结为机械决定论规律，即如同传统上对于牛顿力学的理解，只要知道了质点的初始条件和运动方程，过去和将来就可以精确求解出来。

第三节 物理界描绘的矛盾图景

当德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹(Heinrich Ruolf Hertz, 1857—1894年)，1888年以高压放电试验首次证实了电磁波的存在后，宣称物理理论大厦已经封顶，以后的物理研究仅仅是修修补补。

他第一个宣称光是电磁波，修改了麦克斯韦方程。

物理学家们还没来得及享受物理理论大厦封顶的喜悦，物理理论大厦已经呈现千疮百孔的破败，即物理理论的矛盾图景。

1. 预备知识

热辐射：任何物体都具有不断辐射、吸收电磁波的本领。辐射出去的电磁波在各个波段是不同的，具有一定的谱分布，它与物质本身的特性及温度有关，被称为热辐射。

为了研究不依赖于物质具体物性的热辐射规律，物理学家定义了一种理想物

体——黑体，以此作为热辐射研究的标准物体。

黑体是指入射的电磁波全部被吸收，即没有反射，也没有透射（黑体向外辐射）。

在黑体辐射中，随温度不同，光的颜色各不相同，呈现由红—橙红—黄—黄白—白—蓝白的渐变过程。与黑体在某温度下发射的光颜色相同时，黑体的温度称为该光源的色温。

黑体未必是黑色。太阳为气体星球，可以认为射向太阳的电磁波很难被反射回来，所以，可以认为太阳是“黑体”。

2. 黑体辐射——量子力学

19世纪末，经典统计物理学在研究黑体辐射时遇到巨大困难：由经典的能量均分定理导出的瑞利—金斯公式在短波方面得出同黑体辐射光谱实验相违背的结论。同时，维恩公式则仅仅适用于黑体辐射光谱能量分布的短波部分。也就是说，未能找到一个成功描述整个曲线的黑体辐射公式。

1900年普朗克(Max Planck, 1858—1947年)获得一个和实验一致的纯粹经验公式。

1901年提出了能量量子化假说。

量子假说的主要内容：黑体是由以不同频率作简谐振动的振子组成的，其中电磁波的吸收和发射不是连续的，而是以一种最小能量单位 $\epsilon = h\nu$ 为基本单位变化的， ν 是辐射频率， h 是普朗克常数。

普朗克虽然用量子假说成功解释了黑体辐射现象，但是量子的理念与传统物理理念完全不同，它颠覆了经典物理理论的基础。以至于，普朗克反复告诫物理领域的同仁和后辈，不要使用量子这个概念。

3. 以太的窘境——相对论

以太是亚里士多德设想的一种物质。地球上的物质由水、火、气、土组成，太空中物质由以太组成。人们赋予以太很神秘的色彩。

17世纪，笛卡尔最先将以太引入科学，并赋予它某种力学性质。笛卡尔坚信，不存在任何超距离作用。他们认为，空间不能是空无所有的，它被以太这种物质充满。以太虽然不能为人的感官所感知，但是它能传递力的作用，如电磁力和月球对潮汐的作用。

笛卡尔建立以太漩涡说，以解释太阳系内行星的运动。

光的波动说是胡克首先提出的。惠更斯和胡克都提倡光的波动说。假定以太充满空间，即使是真空，以此作为波动的媒介。问题是光是纵波，以太的存在不能解释光的偏振，不能解释光的直线传播。

18世纪是以太没落时期。由于笛卡尔主义者拒绝引力的平方反比定律使牛顿的追随者反对笛卡尔哲学体系，尤其是电荷之间的力也与距离平方成反比。粒子说、超距离作用统治学界，坚持认为空间是空虚的，以太不存在。

19世纪以太得以复兴、发展，T. 杨和 A. 菲涅尔的工作功不可没。杨用光波的干涉解释了牛顿环；1817年提出光波是横波的新观点，解释了光偏振现象。菲涅尔提出

的理论方法能正确计算衍射图样、光的直线传播以及光的双折射，光波动学确立地位。

1831年，法拉第电磁感应实验成功，提出磁力线概念，用以解释电、磁及其相互作用。后来，他提出电场、磁场和力线场的概念，放弃了以太观念。但是，他怀疑以太是否是力线的荷载物。

19世纪60年代，麦克斯韦提出位移电流的概念，借用以太观念成功将法拉第电磁力线表示为一组方程组，即“麦克斯韦方程组”。麦克斯韦曾提出：电磁感应强度就是以太速度；以太绕磁力线转动形成带电涡元。人们将麦克斯韦的以太称为电磁以太。

19世纪90年代，H. 洛伦兹提出电子论的概念。他把物质的电磁性质归之为同原子相关的电子效应，物质中的以太与真空中的以太并无区别。他假定以太是静止的，不参与任何运动。考虑电子运动时受电磁力的作用，他同样推导出运动物质中的光速公式；他根据约束电子强迫振动，推导出光折射率随频率变化（不需要“不同频率的光有不同以太”的假设）。洛伦兹上述理论被称为电子论。

在洛伦兹电子论中，以太仅仅发挥荷载电磁振动和绝对静止参考系的作用，失去了生动的物理性质。

1887年，A. 迈克尔逊和 E. 莫雷以高精度实验得到的结果是否定的（即地球对以太不运动）。实验结果显示，不同方向的光速没有差别，证明了光速不变原理。光速不变原理：真空中光速在任何参考系下具有相同数值，与参考系的相对速度无关（以太失去了绝对参考系特质）。

相对论简介：

两个公设：第一，物理定律在所有惯性系中具有相同的形式；第二，在所有惯性系中，光在真空中的传播速度具有相同的值 c 。

第一个公设叫作爱因斯坦相对性原理。它是说：如果坐标系 k' 相对坐标系 k 做匀速运动而没有转动，则相对这两个坐标系所做的任何物理实验，都不可能区分那个是坐标系 k ，哪个是坐标系 k' 。

第二个原理叫光速不变原理，它是说光（在真空中）的速度 c 是恒定的，它不依赖于发光物体的运动速度。从表面看，光速不变似乎与相对性原理冲突。因为按照经典力学的合成法则，对于 k' 和 k 这两个做相对匀速运动的坐标系，光速应该是不一样的。爱因斯坦认为，要承认这两个假设没有抵触，就必须重新分析时间与空间的物理概念。

爱因斯坦发现，如果假设光速不变原理与相对性原理是相容的，这时对一个时钟同时发生的事件，对另一个时钟不一定是同时的，时间有了相对性；在两个相对运动的坐标系中，测量两个特定点之间的距离得到的数值不再相等，距离也有了相对性。

4. 热寂窘境

热力学第一定律：能量守恒定律。

法国工程师萨迪·卡诺提出了卡诺定律，即功转换为热不需要任何条件，而热转换为功总伴随着热向冷的耗散。即热向功转化不可逆。

1850年克劳修斯发表论文指出：没有某种动力的消耗或其他变化，不可能使热从低温转移到高温。这就是后来的热力学第二定律。

同一时期，英国物理学家开尔文(原名汤姆逊)认为：不可能制成一种循环动作的热机，从单一热源取热，使之完全变为功而不引起其他变化。即第二类永动机不可能实现。

熵增原理：孤立系统的熵永不自动减少。熵在可逆过程中不变，在不可逆过程中增加。

熵增原理标志着物理学出现了演化概念。按照这个原理，一个孤立系统总是朝向均匀、简单和消灭差别的方向发展。

克劳修斯将这一原理推广到宇宙，得出著名的热寂说结论：宇宙总体上在走向退化之中，最终将达到物理差别不复存在的“死亡”状态。

世界出现矛盾景象：一面宇宙的退化，一面生物界的繁荣。

第四节 三次数学危机

1. 无理数危机——第一次数学危机

毕达哥拉斯是公元前5世纪古希腊数学家和哲学家。他曾创立了一个政治、学术、宗教三位一体的神秘主义派别——毕达哥拉斯学派。毕达哥拉斯提出的著名命题——万物皆数，是该学派的哲学基石。毕达哥拉斯学派所说的数仅指整数。一切数均可表示成整数或整数之比，这是他们的数学信仰。

具有戏剧性的是，毕达哥拉斯建立的毕达哥拉斯定理却成了该学派数学信仰的掘墓人。

毕达哥拉斯定理提出后，其学派的成员希伯斯(Hippasu)考虑一个问题：边长为1的正方形其对角线长度是多少？他发现该长度既不能用整数，也不能用分数表示，而只能用一个新数来表示，即无理数 $\sqrt{2}$ 。

$\sqrt{2}$ 的出现在当时数学界掀起了一场巨大风暴，动摇了毕达哥拉斯学派的数学信仰，对当时所有的古希腊人都是一个极大冲击：任何量，在任何精度的范围内都可以表示成有理数，这不但是希腊人当时的普遍信仰，今天也为我们经验所确信。

到了公元前370年，这场危机由毕达哥拉斯学派的毖多克斯通过在几何学中引进不可通约量的概念得到解决。即，两个几何线段，如果存在一个第三线段能同时量尽它们，就称这两个线段是可以通约的，否则称为不可通约的。很显然，只要承认不可通约量的存在，使几何不再受整数的限制，所谓的数学危机也就不存在了。

几何量不能完全由整数及其比来表示，反之，却可以由几何量表示出来，整数的权威地位开始动摇，几何学的身份升高了。

危机表明，知觉和经验不一定靠得住，推理证明才是可靠的。从此希腊人开始重视演绎推理，并由此建立了几何公理体系，引起数学思想上的一次巨大革命。

经过这次危机，数学发展到这样的阶段：

(1) 数学已由经验科学变为演绎科学；

(2)把证明引入数学；

(3)演绎思想首先出现在几何中，使几何具有更重要的地位，这种状态一直保持到笛卡尔解析几何的诞生。

中国、埃及、巴比伦、印度等国的数学没有经历过这样的危机，因而一直停留在实验科学，即算术阶段。希腊走上了完全不同的道路，形成了欧几里得的《几何原本》与亚里士多德的逻辑体系，而成为现代科学的始祖。为什么只有希腊人认为几何事实必须通过合乎逻辑的论证，而不是通过实验来建立？这个原因被称为希腊的奥秘。

2. 无穷小是零吗？——第二次数学危机

18世纪，微分和积分在生产 and 实践上都有了广泛而成功的应用，大部分数学家对这一理论的可靠性是毫不怀疑的。

1734年，英国哲学家、大主教贝克莱发表了《分析学家或者向一个不信正教数学家的进言》，矛头指向微积分的基础——无穷小问题，提出了所谓的贝克莱悖论。

他指出：牛顿在求 x^n 导数时，采取先给 x 以增量 0 ，应用二项式 $(x+0)^n$ ，从中减去 x^n 以求得增量，并除以 0 以求出 x^n 的增量与 x 增量之比，然后又让 0 消逝，这样得出增量的最终比。这里，牛顿做了违反矛盾律的手续——先假设 x 有增量，又令增量为 0 。他认为：无穷小 dx 即等于 0 又不等于 0 ，招之即来，挥之即去，是荒谬的，是逝去的灵魂。

分析学的奠基人，公认为法国多产的数学家柯西。柯西在数学分析和置换群理论方面做了开拓性的工作，是最伟大的近代数学家之一。他在1821—1823年间出版的《分析教程》和《无穷小计算讲义》是数学史上划时代的著作，在其中他给出了数学分析一系列基础概念的精确定义，例如，他给出了精确的极限定义，然后用极限定义连续性、导数、微分、定积分、无穷级数的收敛性。柯西详细、系统地发展了极限理论。

柯西认为：把无穷小量作为确定的量，即使是零，都说不过去，它会与极限的定义发生矛盾。无穷小量是要怎么小就怎么小，因此本质上它是变量，而且是以零为极限的变量。至此，柯西澄清了前人无穷小的概念。另外 Weistrass 创立了极限理论，加上实数理论、集合理论的建立，把无穷小量从形而上学的束缚中解放出来，第二次危机基本解决。

3. 悖论的产生——第三次数学危机

19世纪下半叶，康托尔创立了著名的集合论。不久这一开创性成果得到广泛赞誉。数学家们发现，从自然数与康托尔集合论出发可建立起整个数学大厦。因而集合论成为现代数学的基石。

1903年，一个震惊数学界的消息传出：集合论是有漏洞的！这就是英国数学家罗素提出的著名的罗素悖论。

罗素构造一个集合 S ： S 由一切不是自身元素的集合组成。然后罗素问： S 是否属于 S 呢？根据排中律，一个元素或者属于某个集合，或者不属于某个集合。因此，对于一个给定集合，问是否属于它自己是有意義的。但是，看似合理的问题，回答却陷

入两难。如果 S 属于 S ，根据定义， S 不属于 S ；反之，如果 S 不属于 S ，同样，根据定义， S 属于 S 。这就是罗素悖论，即数学史上的第三次危机。到现在，还没有解决到令人满意的程度。

实际上，第三次数学危机从 1897 年已经开始了，如布拉利和福尔蒂提出的最大序数悖论。只是因为罗素悖论通俗易懂，所以才广为人知、影响巨大。1919 年罗素给出了著名的理发师悖论。理发师宣布这样一条原则：他给所有不自己刮脸的人刮脸，并且只给村里这样的人刮脸。当人们回答下列疑问时，就认识到这种情况的悖论性质了：“理发师是否给自己刮脸？”如果不给自己刮脸，那么他按原则就该为自己刮脸；如果他给自己刮脸，那么他就不符合他的原则。还有大家熟悉的“说谎者悖论”，大体内容是：一个克里特人说：“所有克里特人说的每句话都是谎话。”试问这句话是真还是假？

危机产生后，数学家纷纷提出自己的解决方案。人们希望对康托尔集合定义加以限制来排除悖论。1908 年，策梅罗提出公理化集合论体系，称之为 ZF 系统，很大程度上弥补了康托尔朴素集合论的缺陷。

第五节 中国古代经典思想——易经新解

普里戈金在《从混沌到有序》一书中，对中国古代科学、哲学思想有中肯的评价：“中国文明对人类、社会和自然之间的关系有着深刻的理解。……中国的思想对于那些想扩大西方科学范围和意义的哲学家和科学家来说，始终是个启迪的源泉。”易经是中华文明的主根，俗称六经之首。今天，它依然是中华文化（哲学、自然科学、社会科学和方法论）和世界文明发展的宝藏。

一、作者对易经的解读

中华先人经过上古、中古和近古创造了易经，它的代表人物分别是上古的中华人文始祖伏羲、中古的周文王姬昌和近古的至圣先师孔丘。夏代的《连山》、商代的《归藏》和周代的《周易》合称《易经》。道家、儒家文化源于易经，太极、阴阳、道等概念是道家、儒家对易经的发展，甚至，诸子百家的学说也与易经渊源极深。可以说，易经是中华文明宝库的根脉，是认知自然和社会的地标。

1. 法自然

古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文于地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦。以通神明之德，类万物之情。

用白话解释就是，古时伏羲治理天下，仰首观察天上日月星辰运行的现象，下则观察大地上的种种的法则，又观察鸟兽羽毛的文采如何和环境相适应，近的就取象于人的自身，远的就取象于宇宙万物，于是创作出八卦，以融会贯通神明的德行，参赞天地的化育，以比类万物的情状。

道家文化将其发展为：域中有四大，而人居其一焉。人法地，地法天，天法道，道法自然。可理解为：宇宙间有四大，而人居其中之一。人取法地，地取法天，天取