

高等学校管理类精品教材

理论信息学

Theoretical Informatics

金新政 李宗荣 著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

014009642

G201
218

高等学校管理类精品教材

理论信息学

金新政 李宗荣 著



G201

218

华中科技大学出版社

中国·武汉



北航

C1696176

01400845

内 容 提 要

本书较为系统地介绍了理论信息学的基本概念、原理、科学范式和基本定律,信息科学的世界观与方法论,以及理论信息学在整个信息科学中的地位、与应用信息科学之间的关系、实际应用、研究目标、研究方法等内容。

本书可以作为大学高年级本科生、研究生的理论信息学或信息学基础理论课程的教材或参考书。对于计算机科学、通信科学、控制理论以及自然信息学和社会信息学等专业或相关专业的学者,从事信息理论思维或一般信息学理论问题研究的研究人员,也是一本较好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

理论信息学/金新政,李宗荣 著. —武汉:华中科技大学出版社,2013.12
ISBN 978-7-5609-9551-9

I. ①理… II. ①金… ②李… III. ①信息学 IV. ①G201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 299896 号

理论信息学

金新政 李宗荣 著

策划编辑:周芬娜

责任编辑:王红梅

封面设计:刘 卉

责任校对:祝 菲

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:15.25

字 数:330千字

版 次:2014年1月第1版第1次印刷

定 价:39.50元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

理论信息学是一门探索信息现象中的基本概念、原理和方法的独立学科,作为整个信息科学的基础理论,理论信息学的建立和完善是信息科学知识体系发展和成熟的主要标志。理论信息学作为一门独立的学科有它特定的研究对象、特殊的研究方法,以及为它所独有的研究结论,它对科学进步和社会发展能够起到其他学科所不能替代的作用。

本书共十二章,作者站在哲学的高度,以开阔的视野,清晰、系统地阐述了理论信息学的各个方面。本教材具有先进性、系统性、哲理性、前瞻性等特点。

本书的作者长期从事信息学的教学和科研工作,具有较强的理论研究功底和实践经验。为了丰富理论信息学理论、指导信息科学实践,作者集成自己的理论、整理有效的方法、总结过去的经验,并吸纳目前国内外很多宝贵的参考资料中之精华,力求具有指导性、综合性、理论性、针对性。全书最后由金新政教授统稿完成。

在撰写本书的过程中,作者参阅和引用了国内外许多学者的著作,在此向这些著作的作者表示由衷的感谢。同时,本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢!

由于作者能力及水平有限、时间仓促,书中难免会有错漏之处,恳请各位同仁和广大读者给予批评指正。

金新政 李宗荣
2013年6月于武汉

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 理论信息学的基本问题	1
1.1.1 物质与信息	2
1.1.2 物理学能量与信息学能量	2
1.1.3 物质过程与信息过程,物理学规律与信息学规律	4
1.1.4 物理学方法与信息学方法	5
1.2 理论信息学的基本内容	7
1.2.1 什么是理论信息学	7
1.2.2 理论信息学的目的和任务	9
1.2.3 理论信息学的基本内容	9
1.3 学习理论信息学的意义	10
1.3.1 国家信息化与行业信息化的要求	10
1.3.2 “学科信息化”的要求	10
1.3.3 学习和生活的要求	11
1.3.4 革新世界观、人生观的要求	12
思考题和练习题	14
第 1 章参考文献	14
第 2 章 理论信息学的产生与发展	15
2.1 科学发展与社会进步对理论信息学的需求	15
2.1.1 众多的应用信息学需要共同的理论基础	15
2.1.2 人文科学需要理论信息学	16
2.1.3 社会科学需要理论信息学	18
2.1.4 “国家信息化”需要理论信息学	19
2.1.5 工业社会向信息社会转型需要理论信息学	21
2.2 现有信息理论的局限性	22
2.2.1 香农通信理论的适用范围	22
2.2.2 计算机技术和工具:机械化与形式化	23

2.2.3 应用信息学的学科局限性·····	24
2.3 理论信息学需要信息世界观和信息方法论·····	26
2.3.1 “数学大厦常常是先修好楼层再打地基”·····	26
2.3.2 完整的信息科学知识体系没有建立起来·····	29
2.4 国内外关于信息科学基础理论的研究·····	30
2.4.1 北美和欧洲的统一信息理论研究·····	30
2.4.2 国内的信息科学基础研究·····	31
思考题和练习题·····	32
第2章参考文献·····	33
第3章 信息的定义及分类 ·····	35
3.1 对信息定义的评述·····	35
3.1.1 比较流行的信息定义·····	35
3.1.2 关于信息定义的评述·····	36
3.1.3 信息定义的区域性和层次性·····	40
3.1.4 在领域与层次的交叉中定义信息·····	40
3.2 理论信息学的信息定义与分类·····	42
3.2.1 理论信息学的信息定义·····	42
3.2.2 对理论信息学信息定义的诠释·····	43
3.2.3 理论信息学中信息的分类·····	44
3.3 信息存在与运动的二重性·····	45
3.3.1 关于信息特性研究的回顾·····	45
3.3.2 信息存在方式的二重性·····	46
3.3.3 信息运动动力和规律的二重性·····	47
3.4 信息的度量与信息过程的量化表达·····	48
3.4.1 信息载体的度量和纯粹信息的度量·····	48
3.4.2 信息过程的量化表达·····	49
思考题和练习题·····	50
第3章参考文献·····	50
第4章 信息能与宇宙要素四元论 ·····	51
4.1 能量一分为二:物质能与信息能·····	51
4.1.1 信息学需要新概念:表达信息引擎的动力·····	51
4.1.2 物理学能量不是信息运动的真正动力·····	52
4.1.3 物理学能量不能解释信息增生的机理·····	52

4.1.4	能量概念的一分为二:物质能与信息能	53
4.1.5	“信息能”概念的合理性	54
4.1.6	T.史东尼的泛化智能及其局限性	55
4.2	科学体系的层次性和“年轮模型”	56
4.2.1	系统中物质和信息的相互作用	56
4.2.2	物质系统构成的层次性	57
4.2.3	科学知识进步的层次性	58
4.2.4	科学知识体系的年轮模型	59
4.3	宇宙构成要素四元论	60
4.3.1	宇宙构成要素一元论	61
4.3.2	宇宙构成要素二元论	61
4.3.3	宇宙构成要素三元论	62
4.3.4	宇宙构成要素四元论	63
	思考题和练习题	64
	第4章参考文献	64
第5章	信息能与物质能的统一与进化	66
5.1	熵增原理及其推论:能量退化论	66
5.1.1	熵增原理和宇宙热寂说	66
5.1.2	热力学的价值判断:“熵恒增=能贬值”	67
5.1.3	宇宙退化论和宇宙进化论	68
5.2	信息能与物理能的统一与进化	69
5.2.1	物理能与信息能的统一	69
5.2.2	物理能与信息能“品质”的提升	70
5.2.3	自由能的进化	71
5.3	运动形式和运动机理的统一性	72
5.3.1	物质世界运动的统一性	72
5.3.2	信息世界运动的统一性	73
5.3.3	运动统一论与“统一科学”	73
	思考题和练习题	74
	第5章参考文献	74
第6章	生命信息进化	75
6.1	达尔文进化论的功绩和局限性	75
6.1.1	达尔文生物进化论产生的背景	75

6.1.2	达尔文进化论的要点及核心	77
6.1.3	达尔文理论存在的难点问题	79
6.1.4	达尔文理论的局限性	79
6.1.5	对达尔文理论的发展	81
6.2	物理进化、化学进化、生物进化与社会进化	86
6.2.1	物理、化学、生物与社会进化的层次	86
6.2.2	生命物质进化与生命信息进化	87
6.2.3	物质生命与信息生命	87
6.3	生命信息进化的机理	91
6.3.1	生命信息学	91
6.3.2	“智能”概念的泛化	92
6.3.3	“宇宙智能谱”	93
6.3.4	生命信息进化的机理	93
	思考题和练习题	94
	第6章参考文献	94
	第7章 智能与智能科学	96
7.1	机器进化的必然——智能化	96
7.1.1	人类新的进化方式	96
7.1.2	生物进化与机器进化	97
7.1.3	机器的起源与进化	100
7.1.4	机器进化的方向:人工智能	103
7.2	人类智能与人工智能	109
7.2.1	人类信息能:智能	109
7.2.2	人类智能的特征	111
7.2.3	关于人工智能的概念	113
7.2.4	人工智能的起源与发展	114
7.2.5	人工智能的研究方法	115
7.3	智能科学	117
7.3.1	智能的基本概念	118
7.3.2	智能科学的研究对象	120
7.3.3	智能科学的体系和内容	121
7.3.4	智能科学的研究方法	124
7.3.5	智能科学与信息科学	126

思考题和练习题	127
第7章参考文献	127
第8章 信息科学的基本定律	129
8.1 关于信息熵与信息负熵	129
8.1.1 信息学与热力学类比的依据	129
8.1.2 从热力熵、统计熵、信息熵到负熵	130
8.1.3 理论信息学借用负熵概念	131
8.2 信息学第一定律:信息不守恒	132
8.2.1 关于信息守恒的观点	132
8.2.2 物质常变与信息消失的倾向	132
8.2.3 信息复制与信息不灭的倾向	133
8.2.4 信息创生与信息增长的倾向	133
8.3 信息学第二定律:信息能与时俱增	133
8.3.1 演化物理学层次上的自组织现象	134
8.3.2 基因的复制和生物信息的增生	136
8.3.3 社会思维能力的增长	139
8.4 信息学第三定律:信息增长没有上限	143
8.4.1 人类文化科学知识的爆炸式增长	143
8.4.2 没有自然力量能阻止信息增长	143
8.4.3 没有人为力量能阻止信息增长	144
思考题和练习题	144
第8章参考文献	144
第9章 信息科学的世界观	146
9.1 古希腊、中世纪、近代以来世界观的演变	146
9.2 波普尔的三个世界理论	146
9.2.1 波普尔的三个世界理论	146
9.2.2 “世界3”的存在性证明	148
9.2.3 “世界3”的非物质性,对物质的依赖性和开放性	149
9.3 对于“三个世界”理论的评述	150
9.3.1 西方科学主义对“世界3”的冷淡与排斥	150
9.3.2 “世界3”:整个信息世界的一个子集	150
9.3.3 “世界2”:信息学还原——生命物质与生命信息	150
9.3.4 “世界1”:自然科学的建树和科学主义的片面	151

9.4 物质与信息的关系：“两个世界”理论	152
9.4.1 世界万物的物质与信息二重性	152
9.4.2 世界万物的空间与时间二重性	153
9.4.3 物质与信息的关系模型：对立统一的“两个世界”	153
9.5 信息科学世界观与信息主义时代精神	154
9.5.1 信息科学的世界观	154
9.5.2 信息主义的时代精神	155
思考题和练习题	155
第9章参考文献	156
第10章 理论信息学的方法及范式	157
10.1 方法与科学方法	157
10.1.1 什么是方法、什么是科学方法	157
10.1.2 科学方法论及其认识论基础	158
10.1.3 科学研究中的经验方法与理性方法	160
10.2 科学的实证方法与信息时代的要求	160
10.2.1 孔德的科学发展“三阶段论”	160
10.2.2 实证方法在信息时代必须发展	162
10.3 信息科学的基本方法：涌现论	163
10.3.1 物质科学还原论方法的适用范围	163
10.3.2 物质系统整体上的涌现特征	164
10.3.3 关于信息科学的涌现论方法	169
10.4 信息科学范式及科学范式转型	171
10.4.1 物质科学范式的使用范围及其局限性	171
10.4.2 物理学羡慕症和数量化情结	171
10.4.3 信息科学范式：图灵与冯·诺依曼计算模型	173
10.4.4 由物质科学范式向信息科学范式的转变	174
10.4.5 方法论、科学观和世界观的信息学转向	174
思考题和练习题	175
第10章参考文献	176
第11章 理论信息学的应用	177
11.1 物质科学的理论基础	177
11.1.1 从分子化学、超分子化学到“软化学”	178
11.1.2 分子识别、信号及信息化学	179

11.1.3	超分子逻辑转换器件:化学的“逻辑门”和“程序”	180
11.1.4	范式转变:从凝聚态到组织化、适应性物质,再到有思想的物质	181
11.2	为人文社会科学的方法论提供信息学依据	184
11.2.1	人文科学研究对象的自为性与价值性	184
11.2.2	研究对象的特殊性对社会科学研究方法的影响	185
11.2.3	为人文社会科学方法论提供理论依据	186
11.2.4	为人文社会科学范式提供科学基础	188
11.3	说明系统科学的研究方向	189
11.3.1	传统系统科学主要研究系统的物质特性	189
11.3.2	传统系统科学无法说明生物系统和社会系统	190
11.3.3	系统科学与信息科学在学术研究的前沿相遇	191
11.3.4	一般信息系统论与理论信息学互补	191
11.3.5	实现信息系统学与理论信息学的合作与双赢	193
11.4	与热力学“合作”说明格埃难题	195
11.4.1	什么是格埃难题	195
11.4.2	信息熵增与信息熵减	195
11.4.3	对格埃难题的解答	196
11.5	人的本质以及与脑死亡相关的伦理问题	196
11.5.1	人体:多层次的信息网络	196
11.5.2	心肺死亡与脑死亡	201
11.5.3	脑死亡的伦理学	202
	思考题和练习题	204
	第11章参考文献	205
第12章	理论信息学研究的相关问题	206
12.1	理论信息学“问题”的类型与结构	206
12.1.1	科学问题及其分类	206
12.1.2	理论信息学问题的目标和应答域	208
12.1.3	理论信息学面临的三个瓶颈问题	209
12.2	理论信息学学科的发展目标	213
12.2.1	理论信息学建立和发展成熟的标准	213
12.2.2	理论信息学的合理性证明需要新的规则	214
12.2.3	理论信息学要求哲学本体论承诺	214
12.3	理论信息学的研究方法	215

第 1 章 绪 论

本章介绍理论信息学研究的主要内容,说明它要解决的问题,学习这门课程的意义及方法。

1.1 理论信息学的基本问题

理论信息学和应用信息学是整个信息科学的两大分支,它们的学科分工就像理论数学(基础数学)与应用数学、理论物理与应用物理、理论化学与应用化学一样,前者探索信息现象的基本概念、原理和方法,后者解决社会生产、生活和学习中具体的信息处理实践问题。计算机系统、通信方式、控制设备是人们处理信息的主要工具,对它们的研究构成了工具信息学主要技术的基本内容。由于工具信息技术的广泛应用,在几乎所有的领域都产生了关于特定信息处理的学问,即领域信息学,如化学信息学、生物信息学、医学信息学等等。工具信息学和领域信息学这两门应用信息学先后发展起来之后,带动了理论信息学的建立和发展。理论信息学是对应用信息学知识的概括和提炼。

理论信息学作为一门独立的学科,必然有它特定的研究对象、特殊的研究方法,以及为它所独有的研究结论,它对科学进步和社会发展能够起到其他学科所不能替代的作用。换言之,它所关注的基本问题与其他相关的学科是不同的,也就是说,要么其他学科不关心这些问题,要么其他学科所关心的角度、范围和层面是不同的。比如,信息现象中的动力学问题、信息能量问题,没有其他学科提出或讨论过它们。在一定的意义上,人工智能学科研究机器智能,人工智能是信息能的一种,但不是全部,它是对人类智能的模拟。人工智能学科主要是在技术、工具和应用的层次上进行研究,没有上升到一般信息处理和信息创生机理的层次上去认识问题。还比如,几乎所有的社会成员都关心国家大事、谈论信息问题,但是人们对信息问题的关注所采取的视角都具有特定的领域性和层次性。所谓领域性,就是研究者针对的问题比如工业自动化、医疗信息化、国防信息化、金融信息化,等等,总是发生在某个具体的领域。所谓层次性,是指研究者的活动或者在具体学科之中,比如计算机信息、生物遗传学信息;或者在一般的科学意义上,比如理论信息学;或者在更为抽象的哲学层次上,比如关于信息的哲学思考或信息哲学。

所谓理论信息学对某个问题的“关心”，是指在全部应用信息学的基础上，以信息哲学为指导，在一般的科学意义上展开讨论。这种讨论既具体又抽象。说它具体，是因为它对工具信息学和领域信息学的实际模型进行思考，看得见、摸得着；说它抽象，是因为它的概念、原理与方法必须“一般化”，以便在每一个应用信息学的学科中能够通用。下面从理论信息学特定的视角来观察和分析它的四个基本问题。

1.1.1 物质与信息

物质与信息的关系是一个古老的命题。只不过几千年来，它一直是以一些特殊的形式（肉体 and 灵魂、物质和精神、存在和思维的关系问题等）被表达出来的。任何学过哲学课程的人都能背诵：“世界是物质的，物质是运动的；物质第一性，精神第二性；精神是特殊物质，即大脑的功能；物质决定精神，精神对物质具有反作用……”。这些理论是不错的。但是，它们并不全面。这种不全面的根源来自苏联的《联共（布）党史》第四章第二节的经典论述，来自于我国翻译的苏联科学院哲学研究所编写的在1957年出版的《马克思主义哲学原理》。^[1]

我们如何参考神学猜想、哲学思辨的命题，在应用信息学的基础上，提出一般科学意义上的物质和精神关系的学说呢？在本书中，读者将会看到，精神现象是人类特有的生命信息现象，而生命信息与非生命信息之间有一致性。对于任何生命系统或仿生系统，其信息子系统都起着调节、控制和决定的作用。例如，一个政党，思想路线正确了，没有枪可以有枪，没有打过仗可以打胜仗，没有政权可以取得政权。又如，在有些社会主义国家中，执政党由于思想路线严重错误，就失去政权、失去军队、失去人心、失去工作，集体“下岗”了。1947年，维纳提出“信息不是物质”的命题，从此信息作为一个哲学范畴、科学术语以及人们日常工作、生活、学习中的“口头禅”，日益深入人心、家喻户晓。可是，我们对它的认识至今还十分肤浅。

到底是物质决定信息，还是信息决定物质？这个问题不大自然给出一个肯定或否定的回答，它就像“鸡生蛋、蛋生鸡，哪个在先？”的问题一样。我们大致上可以说，两种情况都有。物质和信息相互依赖、互相促进；在进化的过程中，它们相辅相成、相得益彰。

1.1.2 物理学能量与信息学能量

自维纳提出信息不是物质，也不是能量之后，一些学者认为信息是构成宇宙的第三个要素，于是“开发物质、能量、信息三大资源”的说法为全社会广泛接受。有的学者对此进行理论上的解说：“宇宙万物皆由物质构成形体，能量引起运动，信息实行控制。”既然信息不是物质，那么事物的运动就分为物质运动和信息运动两个方面，那么这两个运动的推动力都可以归结为物理学的能量吗？在第3章，我们将清楚地看到，信息是信号和符号的含义，是一种抽象的、逻辑的存在；在第8章，我们将进一步了

解,信息是不守恒的,而且 DNA 和人类文化呈增长的趋势。那么,信息复制和创生的动力,是物理学的力量,还是另一种抽象的、逻辑的力量呢?

笔者在第4章明确提出“信息能”的概念,把推动事物运动、变化的能量分为物质能和信息能两种;指出信息能是管理和调节物质能的一种能量,信息能是在物质、物理学的能量、信息之后的第四个要素,提出宇宙构成要素“四元论”的观点。计算机软件工程师把他们开发的程序称为“数据搜索引擎”,在计算机专家的系统结构中专门设有由信息能驱动的“知识推理机”。机器人由硬件系统和软件系统组成,其听、看、说、做等功能是由软件系统决定的。如果不启动软件系统,即使它自带电源,也不会有任何动作。如果一个人饱读诗书,满腹经纶,但不会用来解决实际问题,他很可能将一事无成。这些事实说明,对于信息的演变和创生,光有物理学的能量是不够的,还要程序(算法)的力量;光有信息(知识)也是不够的,还要有运用知识的力量。正如在物理学中有物质的质量和能量相互转换的公式一样,在信息学中有信息和信息能相互转换的公式。在人类社会,则是知识和智能之间的相互转换。

知识和智能之间,既有联系又有区别。对于一个学生,学习的目的当然是掌握较多的知识,但是更为重要的是运用所学知识,提高利用所学知识分析问题和解决问题的能力。死记硬背的学生可能在考试中能够得到比较好的分数,但是一进入社会就显现出高分低能的问题。知识非常丰富的人,并不一定是处理问题能力强的人。人头脑中已有的知识固然重要,但更为重要的是他的“智能”,即他运用已有的知识和条件继续创新的能力。所以,与开发信息资源相比,开发智能资源更为重要。无论一个人,一个单位,一个民族,还是一个国家,都应当把开发智能资源放在最为重要的地位。

按照人类对宇宙构成要素从一元、二元到三元、四元的认识逐渐深入的程度,以科学知识的水平为标准,可以把人类社会的发展分为五个历史时期。

(1) 科学史前时期:公元16世纪中叶以前。人类经历了原始社会、奴隶社会和封建社会,社会的组织结构不断改变,但是人类关于自然的认识一直较少,原始的自然观和原始的宗教支配着人们的思想和行为,科学处于萌芽状态,它孕育在原始的生产技术当中。

(2) 物质科学时期:自16世纪中叶至19世纪中叶,历时300年。物质科学伴随着欧洲资本主义生产关系从封建社会内部逐渐形成和发展而兴起,在当时先进生产力的推动下,真正的以实验科学面貌出现的物质科学出现在科学的历史舞台上。到17世纪末18世纪初,产生和建立了较为完整的经典力学体系,而且初步确立了生理学和化学。这个时期又可以称为“经典科学”时期。

(3) 能量科学时期:自19世纪中叶到20世纪中叶,历时100年。19世纪中叶,能量守恒与转化定律发展成为一个严密的知识体系,继牛顿之后完成了物理学的一次大的综合,从能量的角度把机械力学、热力学、光学、电磁学、声学等作为一个有

机的整体,它也是整个自然科学的基石。能量科学的建立推动物理学走向成熟。这个时期又可以称为“近代科学”时期。

(4) 信息科学时期:自 20 世纪中叶到 20 世纪末,历时 50 年。在 1946—1948 年,冯·诺依曼、香农和维纳分别提出计算机模型、通信模型和控制模型,工具信息学技术得到迅速发展,并且逐步影响到整个社会生产和生活的所有领域,促进了许多领域的信息技术的繁荣,形成信息市场、信息产业、信息经济、信息时代。这个时期又可以称为“现代科学”时期。

(5) 智能科学时期:自 20 世纪末至 21 世纪初。随着人们将智能的概念泛化为一般的信息处理能力,提出抽象的、逻辑的信息能的概念,并提出宇宙构成要素四元论的观念,智能科学成为科学研究的一个热点。如果说物理学在本质上是能量科学的话,信息学则是一门关于智能的科学。关于智能转化和创生的理论需要建立和完善。这个时期又可以称为“当代科学”时期。

关于宇宙构成要素一元论至四元论的发展过程,本书第 4 章有较为详细的论述;关于信息能与物质能的统一与进化,将在第 5 章中介绍。

1.1.3 物质过程与信息过程,物理学规律与信息学规律

任何事物都是物质和信息的统一,任何事物的演变过程都既是物质的过程也是信息的过程,其中既有物理学的规律又有信息学的规律。有时候,我们专注于事物的物质特性,便说它是物质的;当我们撇开其物质特性的时候,又可以说它是信息的。比如,新闻记者采访中需要收集信息,但是他所收集到的东西都是信息的载体,是物质的,比如资料、照片、录音带、录像带等,信息就被这些载体承载着。又如计算机系统,可以说它是物质的系统,也可以说它是信息的系统。计算机的工作过程既是物质的过程,也是信息的过程。这两种过程是联系在一起,不可分割的。但是,我们也要清醒地看到:物质过程和信息过程所遵循的规律是不一样的。

一般来说,学生读书主要是一个信息过程,不是物质过程,尽管在阅读、背诵、记忆、作业、讨论、应试中也伴随着生理的、化学的和物理的过程。如果说物理学研究的是物质运动的规律,那么信息学研究的就是信息运动的规律。通信信息学研究信息传输的规律,计算机信息学研究数值计算、数据处理和知识推理的规律,控制理论研究实现信号控制和符号控制的规律。各领域的信息学则运用工具信息学的技术和工具,去研究特定领域中信息过程的规律,比如医学信息学运用核磁共振、计算机人体断层扫描等特殊技术与工具,研究发生在医学领域的信息处理过程。

信息过程与物质过程联系在一起,既相互依存又相互影响。比如,一个人学骑自行车的过程,就是实现物质过程与信息过程的相互配合的过程。在物理学的意义上,从动力学角度考虑,人靠手臂的力量掌握自行车的龙头以决定前进的方向,靠腿部的力量驱动脚踏板带动车轮旋转,自行车克服地面摩擦力而前进。但是,在信息学的意

义上,这一切都是在人脑的控制下进行的。一个人学骑自行车的主要目的不是因为四肢肌肉的能力不足,要通过骑车训练;而是因为心力和脑力不足,要训练其与手臂的配合能力,以及根据具体的路面、周围来往行人、车辆等情况决定自行车的启动和停止、加速和减速、躲闪和绕道的能力,尽可能快速而方便地到达目的地。所以,在学骑车的过程中,真正获得提高的是信息处理的能力,即信息能,而不是四肢肌肉的能力,即物质能。物质的能力在学骑车之前就已经具备了,信息的能力是在骑车过程中,特别是在摔跤过程中通过吸取教训、不断总结才能提高的。有的人在学骑车的过程中因为摔了一跤,就再也不学了,以至于不具备骑车的能力。

那么,信息学有哪些普遍的规律呢?在理论信息学的视野中,信息运动有三个最基本的规律:信息不守恒,信息能与时俱增,信息量增长没有上限。具体内容将在本书第8章中予以介绍。

1.1.4 物理学方法与信息学方法

任何科学研究都必须遵循共同的方法论,这就是经验的方法和理性的方法。所谓经验的方法就是观察和实验的方法,而理性的方法则是抽象和逻辑的方法。因为认识事物必须接触事物、了解事物,否则认识无从谈起,所以必须采用经验的方法。^[2]但是人的感觉常常并不能直接地、立即地把握事物的规律性,必须通过思索,对感觉材料进行加工、处理,才能抓住事物的本质,否则认识就会停留在事物的表面现象上,所以科学研究需要理性的方法。但是,物理学和信息学所研究的对象具有完全不同的特征,它们在运用经验方法和理性方法时的侧重点不同,所采用的具体方式也不相同。

物理学研究的对象是物质。物质的特征是具有实物特性和空间特性。在日常生活中,人们每时每刻都在观察,运用视觉、触觉、嗅觉、味觉来看、触、嗅、尝。物理学的观察是科学的观察,是人们在自然发生的条件下,通过自身感官或借助于科学仪器,有目的、有计划地考察研究对象,从而获得有关被观察事物的主观印象的一种科学方法。^[3]“自然发生的条件”是指不人为地干预、改变和控制的自然现象。观察是天文学研究使用的主要方法,通过对天体的位置、分布、运动、结构等因素的观察来进行研究。地质学、矿物学、生物分类学等学科领域研究的常用方法也是观察。^[4]科学观察,可以直接导致重大发现。例如,达尔文以博物学家的身份乘“贝格尔号”军舰进行了为期五年的环球航行,从欧洲到南美洲、亚洲,对各地的动物、植物和地质构造进行了观察研究,提出了以“自然选择、优胜劣汰”为核心的生物进化理论,第一次把生物学放到了科学的基础上。^[5]又如,加勒在预先计算的天空位置上发现了海王星,从而证实了哥白尼的学说。

在物质科学研究中,观察结果只局限于描述自然事物现象的层面,所以仅仅靠科学观察来获取经验材料是不够的,还必须通过科学实验来揭示自然事物的本质。科