



Elsevier Handbook of  
the Philosophy of  
Science

# 爱思唯尔 科学哲学手册

信息哲学（下）

Philosophy of Information

---

英文本丛书主编

[以色列]道·加比 (Dov Gabbay)

[加拿大]保罗·撒加德 (Paul Thagard)

[加拿大]约翰·伍兹 (John Woods)

中译本丛书主编

郭贵春 殷杰

---

本卷主编

[荷兰]彼得·阿德里安斯 (Pieter Adriaans)

[荷兰]约翰·范·本瑟姆 (Johan van Benthem)

本卷译者

殷杰 原志宏 刘扬弃



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”  
国家重点图书  
出版规划项目

Elsevier Handbook of  
the Philosophy of  
Science

# 爱思唯尔 科学哲学手册

信息哲学（下）

Philosophy of Information

---

英文本丛书主编

[以色列] 道·加比 (Dov Gabbay)

[加拿大] 保罗·撒加德 (Paul Thagard)

[加拿大] 约翰·伍兹 (John Woods)

中译本丛书主编

郭贵春 殷杰

---

本卷主编

[荷兰] 彼得·阿德里安斯 (Pieter Adriaans)

[荷兰] 约翰·范·本瑟姆 (Johan van Benthem)

本卷译者

殷杰 原志宏 刘扬弃

---



北京师范大学出版集团  
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP  
北京师范大学出版社

---

图书在版编目(CIP)数据

信息哲学 / 郭贵春, 殷杰主编. 殷杰, 原志宏, 刘扬弃  
译. —北京: 北京师范大学出版社, 2015.12  
(爱思唯尔科学哲学手册)  
ISBN 978-7-303-19178-9

I. ①信… II. ①郭…②殷… III. ①信息学—哲学  
IV. ①G201-02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 164893 号

---

营 销 中 心 电 话 010-58805072 58807651  
北师大出版社学术著作与大众读物分社 <http://xueda.bnup.com>

XINXI ZHEXUE

出版发行: 北京师范大学出版社 [www.bnup.com](http://www.bnup.com)  
北京市海淀区新街口外大街 19 号  
邮政编码: 100875

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司  
经 销: 全国新华书店  
开 本: 787mm × 1092mm 1/16  
印 张: 63.5  
字 数: 940 千字  
版 次: 2015 年 12 月第 1 版  
印 次: 2015 年 12 月第 1 次印刷  
定 价: 250.00 元

---

策划编辑: 饶 涛	责任编辑: 刘文平
美术编辑: 王齐云	装帧设计: 王齐云
责任校对: 陈 民	责任印制: 马 洁

### 版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58805079

# 目 录

## 第一部分 导言与背景介绍

### 第一章 导言：信息即信息之所为 3

1. 导言 3
2. 信息简史 4
3. 信息理论的三条主线 12
4. 本书章节内容介绍 17
5. 一些综合性主题以及新问题 19
6. 本章总结并重申本书之宗旨 26

## 第二部分 观念史：信息概念

### 第二章 认识论与信息 37

1. 一些必要的概念说明：意义、真理，以及信息 38
2. 信息与通信 40
3. 通信理论的应用 42
4. 信道 47
5. 剩余问题和各种选择 52

### 第三章 自然语言中的信息 60

1. 导言 60
2. 两条发展主线 66
3. 语境中的意义模型化 89
4. 话语连接的模型化 103

5. 接收者的模型化	114
6. 自然语言中的信息	119
7. 前景和挑战	123
<b>第四章 信息哲学中的若干趋势</b>	<b>136</b>
1. 导言	136
2. 信息哲学的定义	137
3. 信息哲学中的若干开放问题	139
4. 信息的本质	140
5. 信息动态分析	143
6. 统一信息论所面临的问题	144
7. 数据接地问题：数据如何获得意义	145
8. 语义问题：有意义的数据如何获得其真价值	146
9. 信息处理和认知研究	147
10. 科学和信息建模	148
11. 信息的本体论地位	149
12. 自然化的信息	150
13. 从比特假设看信息技术	151
14. 结语	152
<b>第五章 学习与协作计算宇宙</b>	<b>161</b>
1. 导言	161
2. 学习与认知间不稳定的结合：参与还是构造	168
3. 人类效率之谜	170
4. 学习、计算、信息和熵	173
5. 协作计算宇宙	192
6. 结语	196

### 第三部分 三种主要基本研究方法

<b>第六章 信息的定量理论</b>	<b>203</b>
1. 信息论的一些基本概念	203

2. 并非简单的“是非”问题	217
3. 真理与描述之间的二元性	224
4. 容量只对工程师有用吗	240
5. 多用户通信	244
6. 结语	250
<b>第七章 逻辑与信息</b>	<b>255</b>
1. 导言及概要	255
2. 逻辑学中的信息	258
3. 作为范围的信息：状态空间、认知逻辑与信念逻辑	263
4. 信息流和动态逻辑	275
5. 作为相互关系的信息：情境论的世界	282
6. 合并范围与约束观点	301
7. 作为编码的信息：句法、证明与计算	311
8. 语义学、句法学与证明：实现融合	317
9. 结论：作为信息论的逻辑	324
10. 深层次的论题以及广泛的延伸	326
<b>第八章 算法信息论</b>	<b>339</b>
1. 导言	339
2. 柯尔莫哥洛夫复杂性：若干要点	341
3. 综述与概要	346
4. 柯尔莫哥洛夫复杂性：详细讨论	348
5. 香农与柯尔莫哥洛夫	358
6. 有意义的信息	365
7. 哲学涵义与结论	376

## 第四部分 信息传输及使用中的主题

<b>第九章 奥卡姆(Ockham)剃刀原理、真理及信息</b>	<b>385</b>
1. 导言	385
2. 标准解释	386

3. 分析判断	394
4. 帮助旅行者	395
5. 若干示例	396
6. 理论结构推断	404
7. 经验策略与收敛方案	405
8. 根据效果定义的经验复杂性	407
9. 奥卡姆剃刀原理	408
10. 牢固性以及最终信息量	409
11. 收敛的认知成本	410
12. 最坏情况成本范围	412
13. 相对效率	413
14. 最优性	415
15. 标准奥卡姆策略的唯一最优性	415
16. 经验复杂性的一般定义	416
17. 随机应用简述	419
18. 奥卡姆、易误性与“信息”	420
附 录	426
<b>第十章 认知逻辑与信息更新</b>	<b>434</b>
1. 导言	434
2. 引言：逻辑语言与逻辑表述	437
3. 认知逻辑中的深层问题与领域	454
4. 认知逻辑：是什么，为什么	463
5. 动态认知逻辑	487
6. 时序推理与动态认知逻辑	510
7. 信念变更与动态认知逻辑	519
8. 结语	538
<b>第十一章 信念修正中的信息结构</b>	<b>552</b>
1. 导言	552
2. 浅谈信息、真理与心灵	553
3. 信念变更 = 修正 + 反思	560

4. 用于简单变更运算的推断运算：三个例子	564
5. 用优先化数据库操作表示融贯论信念变更	568
6. 信念修正简史	570
7. 结语	576
<b>第十二章 信息、过程与博弈</b>	<b>584</b>
1. 导言：基本难题	584
2. 导论：问题与方法	587
3. 背景理论介绍	590
4. 定性信息理论与定量信息理论的结合	610
5. 博弈、逻辑平衡与信息流守恒	618
6. 层创逻辑：信息流几何学	633
7. 结语	648
<b>第十三章 博弈论中的信息与信念</b>	<b>660</b>
1. 博弈论之本体论	661
2. 信息的个体聚集	666
3. 信息的个体化处理	670
4. 信息的集体影响	674
5. 个体供给信息	677
6. 信息的集体扩散	681
7. 信息与学习	685

## 第五部分 人文、自然科学以及社会科学中的信息

<b>第十四章 计算机科学中的信息</b>	<b>697</b>
1. 信息是什么	697
2. “计算机科学”是什么	700
3. 作为信息(“数据”)处理器的计算机	701
4. 计算机并不仅限于“计算”	702
5. 信息概念的历史	703
6. 经典信息论	704



7. “猴子悖论”	706
8. 索洛莫诺夫(Solomonoff)—柯尔莫哥洛夫(Kolmogorov)—柴廷(Chaitin)“算法信息”	708
9. 冯·诺依曼二重性	709
10. 信息检索、信息表述、网络以及分布式信息	711
11. 量子计算/信息	715
12. 建模、模拟、复杂系统、虚拟现实	721
13. 人工智能	723
14. 伦理问题	725
15. 结语	726
<b>第十五章 信息物理学</b>	<b>736</b>
1. 信息物理学	736
2. 热力学	739
3. 统计力学	745
4. 非线性动力学	753
5. 关于熵	762
6. 量子信息	783
7. 黑洞：时空信息悖论	809
8. 结语	814
<b>第十六章 人际交互研究中的信息</b>	<b>822</b>
1. 信息作为分析工具	822
2. 信息	825
3. 信息是如何产生的	828
4. 情境论	831
5. 人际交互示例	837
6. 以基于信息的方式分析萨克斯示例	840
7. 产业中的一个实例	845
8. 信息立场的效用与关联	848
<b>第十七章 人工智能之哲学与哲学之人工智能</b>	<b>852</b>
1. 导言	852

2. 若干历史评述	855
3. 人工智能的哲学预设	856
4. 人工智能的科学假定	864
5. 常识与常识信息情境	866
6. 哲学之人工智能——若干建议	874
7. 语境中的信息以及关于语境的信息	882
8. 结语	885
第十八章 信息、计算以及认知科学	891
第十九章 生物系统中的信息	921
1. 导言	921
2. 作为工具的信息	926
3. 信息的储存与处理	936
4. 密码	939
5. 信息与意义	941
6. 生物符号学	944
7. 结语	945
索 引	953

## 第四部分

# 信息传输及使用中的主题

Elsevier Handbook of the Philosophy of Science



# 第九章 奥卡姆(Ockham)剃刀原理、真理及信息

凯文·凯利

## 1. 导言

321

如果有若干甚至无限多的理论都适合于可用信息，那么，人们该如何在这些理论中做出选择呢？从传统上和直觉上来看，就是选择“最简单”的理论，并且引用奥卡姆剃刀原理予以论证。于是，简单性就与实体、描述长度、原因、自由参量、独立原则或特定假设等的最小化，或者统一性、一致性、对称性、可检验性或说明力等的最大化，都产生了联系。

奥卡姆剃刀原理被广泛视为一种科学推理规则，就此而言，它应该有助于人们从众多备选理论中选择正确的理论。问题在于，人们根本没有意识到，此原理强调了简单性，而这种带有明显偏好的原则又怎么能选择出正确的理论[Morrison(莫里森)，2000]。就像指南针可以指示或者表明方向一样，人们也希望简单性能够指示或者表明某个正确的理论。但因为奥卡姆剃刀原理总是指向简单性，所以它更像是一个指针固定不动的指南针，并不能指明任何事情。同样，也不能认为对于简单性的先在偏好是可以修正的，并最终让我们达到真理，因为在这个限制之内的其他偏好同样也是可修正的。

本文对奥卡姆剃刀原理的若干标准解释予以综述，并得出结论认为，这些标准解释中没有任何一个能够有效地说明，奥卡姆剃刀原理是如何比其他实验方法更能帮助人们找到正确的理论。随后，本文提出了一种新的解释，认为奥卡姆剃刀原理并不是像指南针一样向人们指示或者表明真理是什么，而是使人们沿着最直接的可能路线到达正确理论，这也是所有归纳性策略所可能达到的最好结果。事实上，人们认为仅有奥卡姆剃刀策略才能确保如此直接的路线。因此，即使简单性在短期内并不能向人们指示或者表明真理，真理寻求者也总是有充分理由坚持奥卡姆剃刀原理。

## 2. 标准解释

322

接下来我们对奥卡姆剃刀原理的标准解释进行回顾，旨在强调这些解释并未将简单性与正确理论的选择结合起来。在大多数情况下，提出各种解释的研究者们仅是客观明确地阐释了发现的动机而非发现正确理论，例如，连贯性、数据压缩或者精确估计等理论。这种书面式的提醒却带给人们一种模糊而又充满希望的印象（这一点很容易被人忘记），即简单性是充满魔力的神谕，它能扩展或增强由数据所提供的信息。尽管在下面回顾的这些解释中，有一些以这样或那样的方式提到了“信息”这个词，但是都不能证明上述“简单性能够增强信息”的结论。

### 2.1 简单的优点

简单理论所具有的审美和方法论优点很吸引人。从审美上看，这些理论更加统一、一致且匀称，也更具一般性且形式规整。从方法论上看，这些理论更能经得起检验 [Popper(波珀), 1968; Glymour(格利穆尔), 1981; Friedman(弗里德曼), 1983; Mayo(梅奥), 1996]，能够更好地做出说明 [Kitcher(基切尔), 1981]，能够更好地预测 [Forster and Sober(福斯特和索伯), 1994]，并能对数据进行简洁概括 [Li and Vitányi(李明和威塔涅), 1997; Rissanen(瑞

桑恩), 1983]。<sup>①</sup>然而, 如果刚巧真理本身比较复杂, 那么这些简单性所具有的优点就无法在真理中体现出来了。我们周围的世界是简单的, 并且描述这些世界的理论也令人满意, 但如果因此就推断出真理也是简单的, 就显得有些想当然了, 除非我们能够更进一步证明这些其他性质与发现正确理论之间存在联系 [van Fraassen(范·弗拉森), 1981]。

## 2.2 贝叶斯(Bayesian)先验概率

根据贝叶斯方法(Bayesian methodology), 人们应该按照下面的规则, 以证据  $e$  更新他们在理论  $T$  中的信念度  $P(T)$ :

$$p(T|e) = \frac{p(T) \cdot p(e|T)}{p(e)}$$

主观贝叶斯主义者认可先验概率  $p(T)$  的任何值, 因此我们可以从偏向简单理论的先验概率分布入手开始研究 [Jeffreys(杰弗里斯), 1985], 但仅凭此还远不能说明为何由此偏置比其他偏置更容易发现真理。

我们似乎可以通过一个更加精细的贝叶斯论证避免上述循环问题。假设  $S$  为解释观察  $e$  的简单理论, 那么  $p(e|S) \approx 1$ , 而且与先验概率分布一样,  $C = \exists \theta C(\theta)$  也是一种可用于寻找真理的有偏理论, 由于具有自由参数  $\theta$ , 因此认为该理论更加复杂, 但它可在  $p(e|C(\theta)) \approx 1$  上转化为小范围内的“不可思议”值。这一次, 我们尽力避免了所有支持或反对简单性的先验偏置。若  $S$  与  $C$  彼此互不相知, 则  $p(S) \approx p(C)$ 。因此, 根据标准贝叶斯演算就有:

323

$$\frac{p(S|e)}{p(C|e)} = \frac{p(S) \cdot p(e|S)}{p(C) \cdot p(e|C)} \approx \frac{p(e|S)}{p(e|C)} \approx \frac{1}{\int p(e|C(\theta)) \cdot p(C(\theta)|C) d\theta}$$

进一步讲, 如果已知  $C$  为真, 但是  $\theta$  的真值未知, 则表明  $p(C(\theta)|C)$  将保持不变。由于仅当  $\theta$  在极小范围内取值, 并且  $p(C(\theta)|C)$  保持不变时,  $p(e|C(\theta))$  才较高, 所以该部分所假定的值接近于零。于是简单理论  $S$  的后验概率明显大于  $C$  的后验概率 [Rosenkrantz(罗森克兰茨), 1983]。因此, 似乎

<sup>①</sup> 瑞桑恩充分阐明了寻找简短解释这一过程本身就是其最终目的, 而不是寻找正确理论的手段。

在完全不知情的状态开始研究，简单性才能够“传递真理”。

当我们把注意力从一些理论转向可使另一些理论为真的方法时，这种奇妙的性质就不复存在了。世界  $S$  具有的先验概率为  $1/2$ ，而在世界  $C(\theta)$  中，可将  $\theta$  进行转换以说明  $e$ ，且  $C(\theta)$  所含范围的先验概率几乎为零。这种明显倾向于世界  $S$  的先验偏置仅能通过贝叶斯计算来进行下去，并且要完整说明对  $C$  之上  $S$  的明确“证实”。更普遍地讲，贝叶斯定理对某一概率分区的“无知”意味着对另一分区的强烈偏见，例如，对蓝色和非蓝之间分区的“无知”，连同对其他非蓝色彩之间分区的无知，就意味着对黄色的强烈偏见，而这就是我们所讨论的问题所在。问题的关键并不在于科学应当毫无偏见，而在于直接采用某种偏置的话，根本无法说明为何这个偏置能够比其他备选偏置更有利于发现真理，因为每种偏置都不会自曝缺点。

### 2.3 客观先验概率

有一种方法可以避免前文论证过程的主观性，就是选择一些特定的先验概率分布，并说明奥卡姆剃刀原理服从这些概率分布。例如，卡尔纳普(Garnap) [1950]把证实看成是一种普遍化的逻辑概念，其中前提  $e$  以有偏方式推导出结论  $T$ ，而  $p(T|e)$  用以表示二者推衍关联的程度。用满足  $T \& e$  的概率总加权除以满足  $e$  的概率总加权，就可以理解这一假定的推衍度。“加权”是根据概率进行解释的，所以存在这样一个普遍的贝叶斯问题，即使用哪种先验概率测度。卡尔纳普使用了有利于具有可观察结果的均匀数列的先验概率，有些预测与以往发生过的结果非常相似，而此先验概率就使这一预测结果显得不那么突兀，并且具有较高的证实度。

卡尔纳普对奥卡姆剃刀原理进行逻辑辩护所遇到的问题是，其偏向一致性的先验偏置无法在语言翻译过程中保持，因此不具有逻辑性。卡尔纳普认为，对绿色的长期观察强有力地证实了在观察阶段  $n$ ，下一个观察仍将是绿色，而不是蓝色，因为不变的绿色世界会更具一致性。N·古德曼(N. Goodman) [1955]对此回应为，人们可以把绿色/蓝色(green/blue)翻译成绿蓝/蓝绿(grue/bleen)，其中绿蓝意为“绿色在  $n$  终结，之后就是蓝色”，蓝绿意为“蓝色在  $n$  终结，之后就是绿色”。当且仅当对绿蓝/蓝绿的观察序列为非均匀时，对



绿色/蓝色的观察序列才是均匀的，因此，均匀性，以及其证实，都无法在翻译过程中保持。有人对此提出异议，认为绿色/蓝色是“自然”谓词，绿蓝/蓝绿则需要“魔力时刻  $n$ ”，但是，在绿蓝/蓝绿这样的语言中，谓词绿色/蓝色同样会需要魔力时刻  $n$ ，所以，它们的情境在逻辑上是对称的。因此，我们必须跳出逻辑范畴来探究奥卡姆剃刀原理。

古德曼建议借助以往归纳方法中的成功经验，来剔除掉“绿蓝式”的谓词，但是这属于历史问题而不是逻辑问题。然而，如果在未来仍然存在“魔力”时刻  $n$  的话，那么古德曼的方法就难以奏效了，因为在那时绿蓝和绿色会产生相同的成功率。目前，一种名为算法信息论 [Li and Vitányi, 1997] 的方法比较流行，这种方法寻求的不是纯逻辑中的均匀性，而是计算的可假设客观本质中的均匀性。字串的算法复杂性(大体上)相当于(在确定的计算机语言中)产生该字串的最短计算机程序的长度。这一观点从直观上表明，简单字串具有可由短程序进行复制的结构，复杂字串或者“随机”字串则没有这种结构。由此产生出这样的概念，即好的解释都是能将数据压缩的短小理论，而奥卡姆剃刀原理就是将理论长度与被压缩数据之和最小化。因此有人建议，应该由此意义而得出最优解释，这种观点被称为最小描述长度原理或者简称为 MDL [Rissanen, 1983]。人们发现，字串的可压缩性越高，其先验概率就越大，利用此性质，算法信息理论者们发展出了适用于位串的普遍先验概率的概念。这说明，在一定条件下，MDL 方法近似于具有普遍先验概率的贝叶斯更新 [Vitányi and Li, 2000]。

算法复杂性有助于说明某些难以把握但又非常重要的方法论概念，例如兴趣、美 (beauty) 或者突现 [Adriaans (阿德里安斯), 2007]。如果假定数据压缩与寻找真理之间存在关联，那么此时我们的关注重点就是此关联。然而，一些支持 MDL 方法的人(例如，瑞桑恩本人)否认存在此关联并力主以数据压缩作为关注目标。有此质疑的原因是，程序长度很大程度上取决于定义程序长度时所采用的特定编程语言。在算法复杂性理论中，一种计算机语言就等于一台通用机，用以模拟任意程序  $p$  并逐步产生  $p$  的输出。假设在“自然”编程语言  $L$  中，产生随机字符串  $\sigma$  的最短程序  $p$  与  $\sigma$  本身长度几乎相同。但是现在人们可以使用一个新的编程语言  $L'$ ，其通用机  $I'$  与  $L$  的通用机  $I$  几乎相同，唯一的区别