**3**

•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••••

**归纳与证实**

* 1. **所有问题之母**

在本章中，我们开始讨论一个非常重要而困难的问题，即我们是如何通过观察（observations）来证实（confirm）**一**个科学理论（scientific theory）的？观察和理论之间到底存在什么样的联系（connection），才能让某个观察成为支持该理论的证据（evidence）？这个问题在过去一百年的科学哲学（philosophy of science）中，某种程度上一直是最基本、核心的难题。有些人可能认为，只要我们放弃了逻辑经验主义的立场（因为它在证实问题上遇到了困难），这个问题也就不存在了。这种想法是错误的。即使我们不再追随逻辑经验主义，这个问题依然存在。它以这样或那样的形式，几乎对所有（nearly everyone）致力于理解科学知识本质的哲学家和科学家来说，都是一个需要面对的挑战。

注：逻辑实证主义和逻辑经验主义都非常强调经验证据在科学中的作用，并试图建立一套严格的、形式化的方法来解释科学知识是如何被证实和建立的。然而，这个“观察如何证实理论”的问题，却成了他们持续的挫败之源。这意味着他们虽然努力尝试，但始终未能给出一个令人满意的、没有漏洞的解决方案。

逻辑经验主义者（Logical Empiricists）是 20 世纪中期一个重要的科学哲学流派。他们的核心目标是建立一个逻辑化的证据和证实理论。 他们认为，“证实”就像一种抽象的关系，存在于句子（或命题）之间。逻辑经验主义者这种纯形式化的方法，被证明是注定失败的（doomed）。 这意味着他们所设想的那种，完全通过抽象逻辑关系来解释证据和证实的方式，最终未能成功地捕捉到科学实践的复杂性。由于逻辑经验主义者的失败，分析科学中的检验（testing）和证据（evidence），需要发展一种不同类型的理论。这暗示着，这种新理论将不再局限于纯形式逻辑，可能需要考虑更多非形式的、语境化的因素。要弄清楚哪些方法有效、哪些无效，并非一蹴而就。这需要在当前章节及后续章节中进行大量的讨论和探索。这意味着，理解这个复杂问题需要逐步深入，而不是简单地抛弃旧理论就万事大吉。本章将主要回顾 20 世纪中期，即逻辑经验主义者活跃的时期，证实问题是如何被处理的。And that is a tale of woe.

注：“And that is a tale of woe.” （那真是一个悲惨的故事/一段苦难史）。这句总结性的话语，以一种略带悲观或批判的语气，暗示了逻辑经验主义者在解决这个核心问题上所经历的巨大困难和最终的失败，他们的尝试充满了挫折和未能实现目标的遗憾。

在深入探讨20世纪关于“理论证实”的工作之前，有必要回溯到更早的哲学历史。理论的证实于一个古老的哲学问题相关：“归纳问题”。我们有什么理由（reason）相信，在过去经验中观察到的模式（patterns），在未来也会持续存在（hold also in the future）？我们有什么正当理由（justification）将过去的观察作为基础（basis），来对我们尚未观察到的事物进行概括（generalization）？

关于归纳法最著名的讨论，来自18世纪的苏格兰经验主义哲学家大卫·休谟。他的著作《人性论》（Treatise of Human Nature）是这一思想的来源。我们有什么理由相信，未来会像过去一样？我们日常生活中所有基于经验的预测，都建立在这个假设之上。设想未来与过去完全不同，并没有逻辑上的矛盾。 他认为，世界可能在任何时刻发生根本性的、彻底的变化，从而使我们过去的所有经验都变得毫无用处。关键问题是：我们如何知道这种情况不会发生？我们并没有逻辑上的必然性来排除这种可能性。从纯逻辑的角度看，未来太阳可能不会升起，水可能不再是液态，这些都不是矛盾。归纳法在过去确实起作用了，但这仅仅是过去！ “We have successfully used ‘past pasts’ to tell us about ‘past futures.’” 这句话很精妙，意思是：我们用更早以前的过去经验（“past pasts”）来预测较近的未来（“past futures”），并且这些预测成功了。但过去的经验能否为我们提供关于“明天”会发生什么的可靠信息？ 过去成功的例子，仍然无法跳出“过去”的范畴，无法为我们提供一个理性上必然的理由来相信未来（即明天）会像过去一样。

休谟得出结论，我们没有理由期望过去与未来相似。休谟是一个“归纳怀疑论者”。他承认我们都使用归纳法来理解这个世界。他并没有建议我们停止这样做（即使我们能做到）。归纳法对我们来说在心理上是自然而然的。尽管如此，休谟认为它没有理性的基础。休谟的归纳怀疑论从那时起一直困扰着经验主义。如何通过观测结果进行理论确认的问题与经典的归纳问题并不相同，但它们密切相关。

休谟认为我们没有理性上的理由（rational reason）来相信未来会与过去相似。他不是说未来不会与过去相似，而是说我们无法找到一个非循环的、逻辑必然的论证来证明它一定会相似。因此，休谟被称为一个 “归纳怀疑论者”（inductive skeptic）。尽管休谟是一个怀疑论者，但他承认并接受了我们所有人都在日常生活中使用归纳法。我们通过归纳来认识世界，预测未来（比如相信食物会滋养我们，火会燃烧等）。 而且，休谟并没有建议我们停止使用归纳法（甚至认为我们也无法停止）。他认为归纳法对我们来说是心理上自然的（psychologically natural），是一种本能的、习惯性的思维方式。我们无法违背这种天性。归纳法虽然在心理上是必然的、实际中是有效的（至少到目前为止），但它缺乏理性基础（rational basis）。换句话说，我们无法用逻辑或经验本身来为归纳法的可靠性提供一个非循环的证明。休谟的归纳怀疑论自此以后就一直困扰着经验主义（empiricism）。经验主义强调所有知识都来源于经验，但如果连从经验中进行概括和预测（即归纳）都没有坚实的理性基础，那么整个经验知识体系的可靠性就会受到质疑。这是一个巨大的哲学挑战。

最后，作者区分并关联了两个问题：

* 证实问题（problem of confirmation）：关注的是观察到的证据如何支持或证实一个科学理论。
* 经典归纳问题（classical problem of induction）：休谟提出的，关注的是我们是否有理由相信未来会像过去一样。 尽管它们不完全相同，但密切相关。因为科学理论的证实（即用过去和当前的证据支持理论的普遍性主张）本质上依赖于归纳推理。如果归纳本身没有理性基础，那么基于归纳的理论证实也面临类似的挑战。
  1. **归纳、演绎、证实和解释推理**

逻辑经验主义者的核心任务之一，就是试图阐明观察证据（observational evidence）如何能为某个科学理论（scientific theory）提供支持（provide support）。“支持”这个理论在这里很重要，支持并不意味着某个科学理论被“证实”。错误总是可能的，但证据可以支持一个理论而非另一个。

注：“支持” （support）：意味着证据能够加强理论的可信度，使其可能性增大，但并不意味着理论是绝对正确的或无法被推翻的。

“证明” （proved）：指的是像数学定理那样，一旦被证明就绝对成立，不容置疑。 逻辑经验主义者**没有试图证明**科学理论是绝对正确的。他们很清楚，科学理论无法像数学定理那样被最终“证明”。

“错误总是可能的” （Error is always possible）：这反映了科学哲学的共识，即任何科学理论都可能存在错误，或者未来可能会被新的证据推翻。没有绝对完美无缺的理论。

“但证据可以支持一个理论而非另一个” （but evidence can support one theory over another）：尽管理论无法被证明，且可能存在错误，但证据仍然扮演着关键角色。它能够帮助我们在多个竞争性理论中进行选择，或者说，某些证据能够更有力地支持某个理论，使其比其他理论更具优势或更可信。

本章所涉及的案例包括枚举归纳（enumerative induction），这是最简单也是传统的归纳形式：当我们观察到很多个体都具有某种属性（比如看到很多天鹅都是白色的），并且没有看到反例（没有看到其他颜色的天鹅），我们就有理由相信一个普遍的结论（“所有天鹅都是白色的”）。并非所有科学中的证据都像“白乌鸦”或“白天鹅”这样简单。对于哥白尼的地球围绕太阳转的理论或达尔文的进化论的支持，观察性证据（observational support）看起来与简单的枚举归纳大相径庭。进化论的证据来源非常多样和复杂：化石记录、生物地理分布、比较解剖学、胚胎学等。这些证据不是“一个个进化的实例”，而是通过复杂的推理链、跨越不同学科的观察和模式，间接支持了进化论这个宏大的理论框架。

逻辑经验主义者的雄心是建立一个普适的、能涵盖所有科学证据类型的证实理论（或称证据理论）。他们不满足于仅仅解释个别现象。他们不是在试图开发一个像烹饪食谱一样，教科学家“如何”去证实理论的操作手册。他们的目标不是提供实践指导。他们的真正目的是提供一个解释：揭示科学理论的陈述（比如“所有乌鸦都是黑的”或“地球绕着太阳转”）与描述观察结果的陈述（比如“这只乌鸦是黑的”或“行星在天空中这样那样运动”）之间，究竟存在着怎样的关系，使得这些观察能支持（support）该理论。 他们关心的是这种支持关系的本质和逻辑结构，而与如何操作无关。既然这种理论不提供实际操作指导，而且看起来与真实的科学家行为相距甚远，那么它有什么用呢？谁会在乎这种纯粹的逻辑分析是否存在呢？科学家们所做的许多事情（例如，相信实验结果可以支持某个理论，或者通过重复实验来加强信念），如果证实这种关系本身不存在或不被理解，那么这些行为就无法得到合理化（justified）。 换句话说，如果不存在一种方法能让观察支持理论，那么科学家们花费大量精力进行观察和实验，并宣称“我的理论被证实了”的行为，就缺乏理论上的合法性。证实理论的目的正是为这些科学实践提供一个哲学基础或合理性依据。

让我们更仔细地看看逻辑经验主义者试图做什么。首先需要更详细地阐述演绎逻辑和归纳逻辑的区别。这种区分对于理解他们的方法至关重要，并且这个概念在之前的章节中已经有所提及。演绎逻辑被描述为一种被充分理解且争议较少的逻辑类型。它的核心功能是作为一种论证模式的理论，能够确定无疑地传递真理（transmit truth with certainty）。这意味着，如果遵循特定的演绎模式，真理就会从前提传递到结论，且不会丢失。演绎论证的决定性特征：如果前提（premises）是真的，那么结论（conclusion）就必然是真的。这是演绎论证力量的来源。满足这一特征的论证被称为演绎有效（deductively valid）。这里的“有效”指的是论证的结构或形式正确，能够确保真理的传递，与前提是否真实无关。最著名的逻辑论证例子：

前提 所有人都会死。

苏格拉底是一个人。

---------------------------------------------------------

结论 苏格拉底是凡人。

如果前提是假的，那么即使论证形式有效，结论也可能是假的（虽然也可能碰巧为真，你从演绎论证中能得到什么（结论的真假），完全取决于你输入了什么（前提的真假）。演绎论证只是一个真理的传输机制，它本身不生产真理，只负责无损地传递真理（如果前提是真理的话）。

逻辑经验主义者确实非常喜爱演绎逻辑。这是因为演绎逻辑具有确定性和清晰性，能确保前提为真时结论也为真，这与他们追求严谨、客观的科学理念相符。然而，他们也意识到，演绎逻辑无法作为科学中证据和论证的完整分析工具。这意味着，仅仅依靠演绎逻辑，不足以理解科学是如何运作的。科学理论确实必须是逻辑上一致的（logically consistent），这是理论成立的基本要求。一个自相矛盾的理论是站不住脚的。但是，这“不是全部”（not the whole story）。仅仅逻辑一致性，并不能完全解释科学理论的建立和证实过程。

逻辑经验主义者是经验主义者（empiricists），这意味着他们坚信所有的证据都来源于观察。这是他们哲学立场的基础。然而，观察总是针对具体的事物和发生的事件。我们只能观察到有限的、个别的现象，比如“这只乌鸦是黑色的”，“这次实验结果是 A”。尽管观察是具体的，但逻辑经验主义者认为，科学的伟大目标在于发现并建立概括性结论（generalizations）。有时，这个目标被描述为发现“自然定律”（laws of nature）。但他们对“定律”这个概念本身抱有一些怀疑，这可能与他们对形而上学的警惕有关，更倾向于使用“概括性陈述”。科学的目标是制定(formulating) 和 检验 (testing) 概括性结论，而这些概括性结论被视为具有无限的适用范围（infinite range of application）。由于概括性结论具有“无限的适用范围”，而我们只能进行有限次数的观察。因此，有限的观察永远无法“最终确立”（conclusively establish）一个具有无限适用范围的概括性结论。这种从有限观察到无限概括的推理，本质上就是非演绎的（nonreductive）。它不提供必然的保证，只提供支持。要证明一个概括性结论是假的，只需要找到一个恰当的反例。这一事实（即证伪的非对称性：证实需要无限多的正例，而证伪只需一个反例）在后来的科学哲学中变得非常重要，尤其是在卡尔·波普尔（Karl Popper）的证伪主义（falsifications）中扮演了核心角色

在关于这些话题（特别是证据、证实和归纳）的许多讨论中，逻辑经验主义者（以及一些后来的学者）使用了一种非常简单的术语体系：他们认为所有论证，非此即彼，要么是演绎的，要么是归纳的。在这种简化分类下，归纳逻辑被视为一种理论，涵盖了所有“好”的、但又不是演绎的论证。换句话说，任何非演绎的合理推理都被一股脑儿地归到了“归纳”的范畴。这里特别提到了卡尔纳普（Carnap），他是逻辑经验主义的代表人物之一。他尤其以非常宽泛的方式使用“归纳”（induction）这个词，囊括了所有非演绎的、能提供支持的推理形式。这种 “要么演绎，要么归纳”的简单二分法是具有误导性的。

注：为什么误导？ 现实世界中的推理形式可能远比这两种复杂。例如，除了严格的归纳（从具体到一般），还有溯因推理（abductive reasoning，最佳解释推理）、类比推理等。如果把这些都粗略地归为“归纳”，可能会模糊它们各自独特的逻辑特征和运作方式。 因此，作者预告他将采取一种不同的方式来组织和区分这些论证类型，暗示他可能会提出更细致、更精确的分类，以避免这种误导。

作者首先明确了他对“归纳”这个词的狭义使用范围：它仅指从具体的、个别的观察（particular observations）出发，来支持（in support of）普遍性概括（generalizations）的推理。这意味着，不是所有从观察到结论的推理都叫归纳，它有特定的模式。当你观察到大量白色的天鹅，并且没有发现其他颜色的天鹅时，你可能会用这些观察来支持“所有天鹅都是白色的”这一假设。这里展示前提的两种表达方式：

1. 列举具体的个例：“天鹅1在时间t1是白的；天鹅2在时间t2是白的……”
2. 简洁的概括：“迄今为止观察到的所有天鹅都是白的。”

归纳的结论是一个普遍性的断言，即“所有天鹅都是白的”。重要的是，这个结论很可能是假的（could well be false）。即使你观察了亿万只白色的天鹅，也无法百分之百保证世界上没有其他颜色的天鹅存在。这就是归纳法与演绎法最根本的区别：它不保证真理，只提供支持。但尽管如此，这个结论仍然在一定程度上（to some extent）被证据所支持。这种传统、常见的归纳论证，有时也被称为“枚举归纳（enumerative induction）”或“简单归纳（simple induction）”。虽然他将“归纳”限定为上述简单形式，但并非所有从观察到概括的推理都具有这种简单的形式。这暗示了科学中存在更复杂的推理模式，这些模式虽然也从观察出发，但可能不是简单的枚举。（数学归纳法（mathematical induction）。尽管从名字上看带有“归纳”，甚至形式上有点像归纳（从n到n+1），但它本质上是一种演绎推理（deduction）。）

我将使用“归纳”一词，仅指支撑概括的特定观察的推理。使用传统的例子，观察到大量白天鹅（并且没有观察到其他颜色的天鹅），可能用来支持所有天鹅都是白色的假设。我们可以用一系列特定案例来表达前提——“在时间t1观察到的天鹅1是白色的；在时间t2观察到的天鹅2是白色的……”。或者我们可能简单地说：“迄今为止观察到的许多天鹅都是白色的。” 结论将是所有天鹅都是白色的这一主张——这个结论可能是假的，但在某种程度上得到了证据的支持。有时，“枚举归纳”或“简单归纳”被用来指这种传统和熟悉的归纳论证。不过，从观察到概括的并非所有推理都具有如此简单的形式。（给数学家的一条注释：数学归纳实际上是一种演绎，尽管它在表面上呈现出归纳的形式。）

一种与归纳密切相关的推理形式是投射。在投射中，我们从多个观察到的案例推断，以得出对下一个案例的预测，而不是对所有案例的概括。因此，我们观察到许多白天鹅，并推断下一个天鹅将是白色的。显然，归纳与投射之间存在密切关系，但（也许令人惊讶的是）理解这种关系的方法有多种。

显然，科学和日常生活中还有其他类型的非演绎推理。例如，在1980年代，路易斯和沃尔特·阿尔瓦雷斯开始声称，约6500万年前一颗巨大的陨石撞击了地球，造成了大规模爆炸和剧烈的天气变化，与恐龙的灭绝恰好同时发生（阿尔瓦雷斯等，1980年）。阿尔瓦雷斯团队声称这颗陨石导致了灭绝，但在这里我们暂且不谈这个。仅考虑6500万年前一颗巨大陨石撞击地球的假设。支持此假设的一项关键证据是，地壳中约6500万年前的层中存在一些稀有化学元素（如铱）的异常高水平。这些化学元素在陨石中的浓度往往远高于地球表面附近的浓度。这个观察结果被视为强有力的证据，支持阿尔瓦雷斯理论即在那个时候一颗陨石撞击了地球。

如果我们将这个案例作为一个论证来设定，并包含前提和结论，那显然这并不是归纳或预测。我们并不是在推断一个概括，而是在推测一个关于结构或过程的假说，以解释数据。哲学中使用了多种术语来描述这种推断。C. S. 皮尔斯称这些为 “溯因推断” ，与归纳推断相对。其他人称之为 “解释性归纳” ， “理论性归纳” 或 “理论推断” 。最近，许多哲学家使用 “最佳解释推断” 这一术语（哈曼 1965；利普顿 1991）。我将使用一个稍微不同的术语——“解释性推断。”

所以我将识别两种主要的非演绎推理，即归纳推理和解释推理（加上与归纳密切相关的投射）。分析确认的问题或分析证据的问题包括所有这些。

这些推理之间有什么关系？对于逻辑实证主义和逻辑经验主义而言，归纳是最基本的非演绎推理类型。赖赫巴赫声称，科学中的所有非演绎推理都可以以一种只依赖于接近传统归纳的推理形式的方式重构。看似解释性推理的东西可以通过某种方式被分解并重构为一个复杂的归纳和演绎网络。卡尔纳普并没有做出这样的强烈主张，但他似乎将归纳视为所有其他非演绎推理的模型。在某种意义上，理解归纳是解决整个问题的关键。而逻辑经验主义在这些主题上的大部分文献则集中在归纳而非解释性推理上。

因此，一种看待这种情况的方式是将归纳视为基本。然而，也可以做相反的事情，声称解释性推理是基本的。吉尔伯特·哈曼在1965年认为，归纳只有在它们以伪装的解释性推理存在时才是合理的，其他人以各种方式继续发展这个观点。

解释性推理似乎在实际科学中比归纳推理更为常见。实际上，你可能会想，科学中是否包含简单的传统的归纳。这样的怀疑是合情合理的，但可能有些过头。科学确实包含看起来像传统归纳的推理，至少在表面上是这样的。这里有一个例子。在詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克发现DNA结构的过程中，“查尔加夫规则”提供了一条关键证据。这些由厄尔温·查尔加夫在1947年描述的“规则”，涉及到四种“碱基”（C、A、T和G）之间的关系，这些碱基有助于构成DNA。查尔加夫发现，在他分析的DNA样本中，C和G的数量总是大致相同，T和A的数量总是大致相同。这个关于DNA的事实在讨论DNA分子如何组合时变得重要。我刚才称之为“事实”，但当然在1947年，查尔加夫并没有观察到所有存在的DNA分子，我们也没有。在1947年，查尔加夫的发现的从少量案例得出的归纳结果（仅来自八种不同的生物）。今天我们可以提出一个理由，说明为什么查尔加夫的规则成立，并不仅仅是一个简单的归纳；DNA的结构解释了为什么查尔加夫的规则必须成立。但看起来，当这些规则最初被发现时，唯一的理由认为这些规则适用于所有DNA是基于少量样本呢的归纳结果。

所以拒绝将其中一种推理视为“比另一种更基础的具有普遍适应性的结论”的想法或许是个好主意。也许有不止一种良好的非演绎推理（可能还有其他种类，除了我提到的那些）。哲学家通常认为，最终只有一种非演绎推理是有吸引力的，因为那看起来是一种更简单的情况。但从简单性出发的论证并不令人信服。

让我们回到讨论逻辑经验主义者如何处理这个问题。他们采用了两种主要方法。一种是制定一种归纳逻辑，使其尽可能地像演绎逻辑，从演绎逻辑中借用思想，这就是卡尔·亨佩尔（Carl Hempel）的方法。另一种方法是鲁道夫·卡纳普（Rudolf Carnap）使用的数学概率理论。在本章的接下来的两个部分中，我将讨论一些逻辑经验主义者确认理论的著名问题。这些问题在亨佩尔的方法背景下尤其容易讨论，因为亨佩尔的方法比卡纳普的方法简单。对卡纳普的详细审查超出了本书的范围。在他的职业生涯中，卡纳普使用应用于人工语言的概率论发展了非常复杂的确认模型。问题不断出现。需要越来越多的特殊假设才能使结果正确。虽然从未有人提出过对他具有决定性反驳的论点，但这个项目似乎与真实科学的相关性越来越小，最终也失去了动力（Howson and Urbach1993年）。

尽管卡尔纳普分析确认的方法没有成功，但使用概率理论来理解确认的想法仍然很受欢迎，并且以新的方式得到了发展。当然，这看起来是一种不错的方法；观察到地壳中某个年代的断层内的铱元素含量上升似乎确实使阿尔瓦雷斯（Alvarez）陨石假说比其他解释更有说服力。在第14章中，我将描述使用概率理论理解理论确认的新方法。

在我们继续讨论一些著名的难题之前，我将讨论一个可能已经出现在你脑海中的简单提议。

“假设演绎主义” 这个术语在讨论科学时被使用的方式有几种。有时它被用来描述关于测试和确认的简单观点。根据这一观点，科学中的假设在其逻辑结果被证明为真的情况下得到确认。这个想法涵盖了多种情况；通过观察白天鹅来确认白天鹅的一般化是一个案例，另一个案例是通过观察这一假设的真实后果来确认关于小行星撞击的假设。

正如克拉克·格莱默所强调的（1980），这个想法有趣的地方在于，当以简单的方式表达时，它是绝望的，但某种类似的东西似乎与科学史上的许多事件契合良好。一个问题是，科学假设只有在与其他假设结合时，才会具有可检验的后果，正如我们所看到的。但暂且将这个问题放一边。上面的建议是，当能够从理论中推导出关于可观察事物的真实陈述时，该理论就得到了证实。这个主张容易受到许多反对意见的攻击。例如，任何理论T都演绎地暗示T或S，其中S是任何句子。但是，T或S可以通过观察S的真实性来决定。假设S是可观察的。那么我们可以通过观察来确立T或S，这证实了T。这显然是荒谬的。同样，如果理论T暗示观察E，那么理论T&S也暗示E。因此，T&S由E所证实，而S在这里可以是任何内容。（请注意这里与第2.4节开始讨论的一个问题的相似性。）类似的案例还有很多。

注：这里的意思是，假设理论X可以推导出两个可能的现象T和S。假设S是可观测的，那么当S被观测确认后。能说明现象T必定是存在的吗？这个假设在现象T是否存在上显然不具有严谨的逻辑关系，即便现象T是不可观测的。

再假设理论T推导出现象E，同时理论由T衍生或相关的理论S也暗示会出现现象E，而S实际上可能已经与基础E理论有着十万八千里的差异。那么E现象被观测确认后，能证明与T理论的正确，但同时说明S理论是正确的吗？显然是不能证明S理论也正确的。

情况很奇怪，一些读者此时可能感到沮丧。人们确实常常认为，如果一个科学假设的结果是真的，那么这个假设就是得到了支持；这被视为科学的一个常规和合理的部分。然而，当我们尝试用简单的逻辑来概括这个想法时，它似乎崩溃了。问题出在原始想法上，还是在我们用基本逻辑概括这个想法上，或者是基本逻辑本身？逻辑经验主义者的反应是坚定地坚持逻辑，往往还坚持将关于科学的观点翻译成逻辑框架。这使他们质疑或修改一些看起来非常合理的关于证据和测试的想法。但是很难弄清楚问题到底出在哪里。

逻辑经验主义的一个相关特征是使用简化和人工案例，而不是来自真实科学的案例。逻辑经验主义者试图将确认问题简化到其基本要素，并且他们认为这些要素在形式逻辑中。但对许多人来说，科学哲学似乎变成了一种“逻辑切割”的练习，仅仅为了这个目的。正如我们在接下来的章节中将看到的，即使是逻辑切割也并不顺利。

尽管如此，从逻辑经验主义所面临的问题中有很多可以学习的地方。确认确实是一个令人困惑的事情。让我们来看一些著名的难题。

* 1. **乌鸦问题**

逻辑经验主义者投入了大量精力来分析通过观察实例来证实普遍性结论的方法。接下来，我们将依照传统，换个“鸟”来说。为什么反复观察到黑色的乌鸦就能证实“所有乌鸦都是黑色的”这个普遍性结论呢？

我首先要讲一个行不通的简单看法。有些读者可能认为，如果我们观察到大量黑色的乌鸦，而没有观察到非黑色的乌鸦，那么至少我们正在减少“所有乌鸦都是黑色的”这个假说可能出错的方式。每当我们看到一只乌鸦，就少了一只可能不符合理论的乌鸦。所以从某种意义上说，假说为真的几率应该在缓慢增加。但这并没有多大帮助。首先，逻辑经验主义者关注的是概括性结论涵盖无限多实例的情况。在这种情况下，我们每看到一只乌鸦，并不能减少假说可能出错的方式。此外，即使我们忽略这个问题，只考虑一个涵盖有限数量案例的概括性结论，这里分析的这种支持也非常微弱。这一点很清楚，因为我们无法解决投射问题。每当我们看到一只乌鸦，我们知道概括性结论为假的方式又少了一种，但这并没有告诉我们下一只乌鸦会是什么样。

那么，让我们换个角度来看待这个问题。亨佩尔提出，从逻辑上讲，所有观察到的黑乌鸦都证实了“所有乌鸦都是黑色的”这一概括性论断。更普遍地说，任何观察到的既是 F 又是 G 的事物，都支持“所有 F 都是 G”这个概括性论断。他认为这是关于支持逻辑的一个基本事实。

这看起来是个合理的起点。还有一个看似显而易见的观点：任何证实假说 H 的证据，也同时证实了任何与 H 逻辑等价的假说。

逻辑等价是什么？你可以把它看作是两个句子用不同的措辞表达了相同的意思。更精确地说，如果 H 与 H\* 逻辑等价，那么 H 为真，但 H\* 为假；或 H 为假，但 H\* 为真，都是不可能的。

然而，这两个看似无害的论断却引出了一个问题。在基本逻辑中，假说“所有乌鸦都是黑色的”与“所有非黑色的东西都不是乌鸦”是逻辑等价的。让我们看看这个新的概括性论断。“所有非黑色的东西都不是乌鸦” 似乎可以通过观察一只白鞋来证实。这只鞋不是黑色的，也不是乌鸦，所以它符合这个假说。但是，鉴于这两个假说逻辑等价，任何证实其中一个的证据也会证实另一个。因此，观察到一只白鞋就证实了 “所有乌鸦都是黑色的” 这个假说！这听起来很荒谬。正如纳尔逊·古德曼（Nelson Goodman，1955）所说，我们似乎有机会进行大量的 “室内鸟类学” 研究；我们可以在不出门观察乌鸦的情况下，研究乌鸦的颜色。

这个看似简单的问题却很难解决。围绕它的争论仍在继续。亨佩尔本人很清楚这个问题——他就是这个问题的最初提出者。然而，至今没有一个被所有人（甚至大多数人）都认同的解决方案。

有一种可能的反应是接受这个结论。这也是亨佩尔的看法。他认为，观察到一只白鞋确实证实了“所有乌鸦都是黑色的”这个假说，尽管可能只有微乎其微的程度。这样，我们就可以保留我们简单的规则：只要我们有一个“所有 F 都是 G”的假说，任何观察到既是 F 又是 G 的事物，都会证实这个假说，同时也会证实所有与“所有 F 都是 G”逻辑等价的说法。亨佩尔强调，从逻辑上讲，“所有 F 都是 G”的陈述并非仅仅是关于 F 的陈述，而是关于宇宙中一切事物的陈述——即“如果某物是 F，那么它就是 G”的陈述。我们应该注意到，根据这种回应，观察到白鞋也证实了“所有乌鸦都是绿色的”、“所有土豚都是蓝色的”等等假说。亨佩尔对此泰然自若，但大多数人却无法接受。

人们提出了许多其他的解决方案。我将只讨论其中两个我认为方向正确的观点。

这里是第一个观点。也许观察到一只白鞋或一只黑乌鸦，不一定能证实“所有乌鸦都是黑色的”这个说法。这取决于其他因素。

假设我们因为某种原因得知：

所有乌鸦都是黑色的，**并且**乌鸦极其稀有；

大多数乌鸦是黑色的，少数是白色的，**并且**乌鸦很常见。

那么，偶然观察到一只黑乌鸦会支持（2）——一个指出并非所有乌鸦都是黑色的假说。如果所有乌鸦都是黑色的，我们根本就不应该看到它们。同样，观察到一只白鞋，也可能证实或不证实一个给定的假说，这取决于我们还知道些什么。这个回应最早是由 I. J. Good (1967) 提出的。

注：这是一个经典的难题----乌鸦悖论：

 假设 (1) ： 所有乌鸦都是黑的 **并且** 乌鸦极其稀有。

 假设 (2) ： 大多数乌鸦是黑的，少数是白的 **并且** 乌鸦很常见。

那么你看到了一只黑乌鸦，观察是支持了假设1还是假设2呢？反直觉的答案是支持了“并非所有乌鸦都是黑的”这个假设（即假设2）！

**为什么？** 因为如果假设 (1) 是真的（乌鸦极其稀有），那么你根本就不应该轻易看到一只乌鸦。而你“随意地”看到了（casual observation）一只黑乌鸦，这个事实本身就极大地增加了乌鸦并非“极其稀有”的可能性。如果乌鸦不是稀有的，那么它很可能符合假设 (2)——乌鸦常见且有白色的（即并非所有都是黑的）。因此，观察到黑乌鸦，降低了乌鸦“极其稀有”的可能性（从而降低了假设1的可能性），相对提高了假设2的可能性。（作者的逻辑思维已经强到直接跳过推理过程，直达答案的地步了。）

把同样的逻辑应用回“白鞋”的例子。它再次强调，仅仅看到白鞋本身，并不能孤立地判断它是否能证实“所有乌鸦都是黑的”。你需要考虑其他因素，比如白鞋在环境中出现的概率，以及与乌鸦稀有性相关的背景知识。

古德（I. J. Good）的举动是非常合理的。我们在这里看到一个与第二章讨论的关于整体主义的测试问题相关的联系。观察与假设的相关性并不是两个陈述内容的简单问题；它还取决于其他假设。这即使在像“所有F都是G”的假设和“对象A既是F又是G”的观察这样简单的例子中也是如此。古德的观点还提醒我们，标准逻辑经验主义的例子是多么人为地简化。没有生物学家会认真怀疑看到成千上万只黑乌鸦是否使得所有乌鸦都是黑色的可能性增加。我们对遗传学和鸟类着色的知识让我们期待一些变异，例如白化现象，即使我们已经看到了成千上万只黑乌鸦而没有看到其他颜色。

这里有一个关于乌鸦的第二个建议，它与古德的观点一致但更进一步。黑色乌鸦或白色鞋子是否确认 "所有乌鸦都是黑色的" 可能取决于你学习到这两个属性的顺序。

假设你接受了所有的乌鸦都是黑色的，有人走到你面前说：“我背后有一只乌鸦，你想看看它是什么颜色的吗？” 你应该回答“Yes”，因为如果那个人拿出一只白色的乌鸦，你的理论就会被推翻。你需要知道他背后是什么。但是假设那个人走过来，告诉你： “我背后有一个黑色的物体，你想看看它是否是一只乌鸦吗？” 那么你关心他背后是什么就无所谓了。你认为所有的乌鸦都是黑色的，但你不必认为所有黑色的东西都是乌鸦。在这两种情况下，假设他背后的物体是一只黑色的乌鸦，并且他确实向你展示了它。在第一种情况下，你对乌鸦的观察似乎与你对乌鸦颜色的研究相关，但在另一种情况下，它就无关紧要了。

一个观察（比如看到一只黑乌鸦）之所以能够“确认”一个假设（“所有乌鸦都是黑色的”），并不是因为它与假设一致，而是因为它有潜力反驳这个假设。只有当这个观察来自于一个能够真正检验假设的“严谨测试”时，它才具有确认的力量。

现在我们可以知道如何处理那只白鞋了。你相信所有的乌鸦都是黑色的，这时有人走过来对你说：“我背后藏着一个白色的东西；你想看看那是什么吗？” 你应该说“想”，因为如果他背后藏着一只乌鸦，你的假设就被驳倒了。然而，他拿出来的是一只鞋，所以你的假设没有问题。然后另一个人走过来对你说：“我背后藏着一只鞋；你想看看它是什么颜色的吗？” 在这种情况下，你就不必在意了。看起来，在这两种情况中的第一种，你为“所有乌鸦都是黑色的”这个假设获得了一些支持。而在第二种情况中，你则没有获得任何支持。

因此，也许某些白鞋的观察确实能确认“所有乌鸦都是黑色的”这个假设，而某些黑乌鸦的观察则不能。也许只有当观察是在一次真正测试中产生时，才存在确认（的支持），这种测试既有推翻（证伪）假设的潜力，也有确认（支持）假设的潜力。

亨普尔（Hempel）看到了这种观点的可能性。事实上，他对古德（Good）的论点以及关于观察顺序的观点所做的回应是相似的。他说他试图分析一种仅仅存在于假设和观察本身之间的确认关系，而不考虑我们可能拥有的额外信息，也不考虑观察的顺序。 但也许亨普尔在这里错了；根本不存在这样的关系。我们无法回答“观察到一只黑乌鸦是否确认了这一概括性结论”这个问题，除非我们了解观察是如何进行的，并且除非我们也对其他事情做出假设。

亨普尔认为，某些观察对于假设而言是“自动地”相关的，无论其他情况如何。对于概括性结论的演绎反驳来说，这确实是成立的；无论我们如何看到一只非黑色的乌鸦，那对于“所有乌鸦都是黑色的”这个假设来说都是坏消息。但对于演绎反驳成立的，对于确认来说却不成立。

显然，这种关于观察顺序的讨论并不能完全解决乌鸦悖论。例如，为什么顺序很重要？如果两种属性是同时被观察到的呢？我将在第14章再次讨论这个问题，届时会使用一个更复杂的框架。简而言之，我们只有考虑到生成数据所涉及的程序，才能理解确认和证据。

我将对乌鸦悖论再发表一条评论。这虽然有点离题，但确实有助于阐明正在发生的事情。在心理学中，有一个著名的实验叫做“选择任务”（Wason and Johnson-Laird 1972）。这个实验被用来表明，许多人（包括受过高等教育的人）在某些情况下会犯糟糕的逻辑错误。实验对象会看到四张卡片，每张卡片都有一半被遮盖。实验对象被要求回答这个问题：“你必须移开哪些遮盖，才能知道 ‘如果卡片左侧有圆形，那么右侧也有圆形’这句话是否为真？” 请看图3.1（假设存在）并在阅读下一段之前，自己尝试回答这个问题。

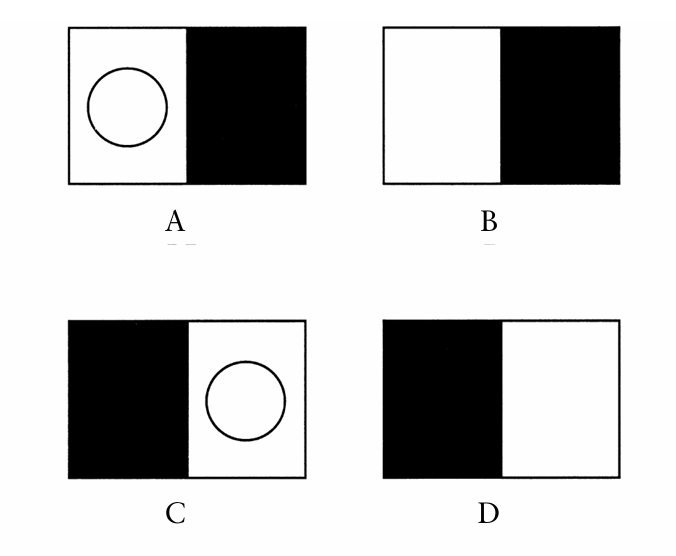


图3.1

Wason选择任务

在这个实验的许多（但非全部）版本中，绝大多数人都给出了错误的答案。许多人倾向于回答“只有卡片 A”或“卡片 A 和卡片 C”。正确答案是 A 和 D。将其与乌鸦问题进行比较；这两个问题结构相同。我相信如果亨佩尔是这个四卡片实验的参与者，他会给出正确的答案，但选择任务可能会揭示一些关于为何证实一直难以分析的有趣之处。由于某种原因，人们很难看到在这种情况下 “卡片 D”测试的重要性，却很容易错误地认为 “卡片 C”测试很重要。

与“所有乌鸦都是黑色的”假说的类比

如果你正在研究所有乌鸦都是黑色的这个假说：

卡片 D 类似于某人说他背后有一个白色物体的情况。

卡片 C 类似于某人说他背后有一个黑色物体的情况。

为何卡片 D 至关重要而卡片 C 则不然

卡片 D 是对该假说的真正检验，而卡片 C 则不是。 揭示卡片 C 在证据上是无用的，尽管它可能符合假说的说法。并非所有符合假说的情况观察都可作为有用的检验。

* 1. **古德曼（Goodman）的“新归纳悖论”**

在这一部分，我将描述一个更著名的问题，这个问题是由尼尔森·古德曼（Nelson Goodman）（1955年）提出的。这个论点看起来很奇怪，也很容易被误解。但是它提出的问题是非常深刻的。

首先，我们需要清楚古德曼试图通过他的论点做什么。他不是要推翻什么，而是要修正一种普遍的观念。古德曼认为，证实不能仅仅通过纯粹形式的（purely formal）规则来完成。古德曼并非认为我们不可能证实任何事物，也不是说归纳法（从具体观察中得出普遍结论的方法，如 “我看到很多黑乌鸦，所以所有乌鸦都是黑的” ）是错误的或不存在的。他承认证实和归纳法在我们的认知和科学中是真实存在的，而且是有效的。他认为，那些倾向于将归纳和证实完全归结为形式逻辑的哲学家（特别是逻辑经验主义者）搞错了。

注：“纯粹形式的” （purely “formal” ）意味着，像数学或形式逻辑那样，仅仅通过句子的结构、符号关系或抽象规则来判断其有效性，而不考虑内容的具体含义、背景知识或语境。

逻辑经验主义者认为，科学的证实过程应该是高度形式化的、客观的，可以像数学证明一样，通过纯粹的逻辑推理来完成。但古德曼通过他的“蓝绿悖论”（Grue Paradox）等例子，试图表明证实和归纳的实际运作过程远比这复杂，它还需要依赖于非形式的因素，比如我们对“自然属性”的预设、语言习惯、以及与我们日常经验相符的“投射规则”。

“证实” （confirmation）在哲学中是指我们如何从观察到的证据来支持一个普遍性陈述或科学假设。

什么是“正式的”证实理论？解释这一点最简单的方法是看演绎论证。回想一下最著名的演绎有效论证：

*论证1*

论据 所有人都是必死的

苏格拉底是一个人

---------------------------------------------

结论 苏格拉底是死人

假设论据是真的，那么结论就具有真实性。但事实上，论据是否良好与苏格拉底是死亡还是生存的状态没有必然的联系。任何描述人的状态的论据都同样有效。这种形式如下：

所有F都是G。

a是F。

-----------------------

a是G。

任何具有这种形式的论证都是推演有效的，无论我们用什么替代“F”，“G”和“a”。只要我们替代的术语描述明确的属性或对象的类别特征，并且这些术语在整个论证中保持相同的含义，论证就是有效的。

因此，论证推演的有效性仅依赖于论证的形式或模式，而不是内容。这是逻辑经验主义者希望将其融入归纳和证实理论中的演绎逻辑特征之一。古德曼旨在表明这是不对的；永远不会有一个无视论据内容，仅仅利用逻辑和为真的论据就能取得结果为真的结论。

注：公式化

古德曼用于反驳的例子是什么样的？

*论点2*

在2010年（某个过去的任意时刻）之前发现的绝大多数的翡翠都是绿色的。

-------------------------------------------------------------

所有的翡翠都是绿色的。

这看起来像是一个好的归纳论证。（像一些逻辑经验主义者一样，我用分割线将论据和结论分开，以表明这个论证并不是推演为有效的。）该论证并没有给我们提供直接的联系；归纳并没有在论据和结论之间建立足够的逻辑支撑。如果你更愿意将结论表达为“可能，所有的翡翠都是绿色的”，那对接下来的讨论没有任何影响。

(如果你对矿物有一些了解，你可能会反对说，翡翠呈现绿色是因为构成绿翡翠的柱石晶体中含有微量的铬。请暂时忽略或者忘记这一点。)

现在考虑论点 3：

*论点 3*

在2010年（某个过去的任意时刻）之前观察到的翡翠，都是“grue”的。

--------------------------------------------------------------

所有翡翠都是“grue”的。

论点3使用了一个新词，"grue"。我们将"grue"定义如下：

GRUE：当一个物体在2010年（某个过去的任意时刻）之前首次被观察到被定义为绿色物体，或者它在2010年（某个过去的任意时刻）之前没有被观察到，并且被定义为是蓝色的物体。

世界上有很多适用于grue定义的东西；这并不奇怪。我写这篇文章时，我门外的草是grue的（根据定义，门外的草在2010年之前被观察到的绿色植物）。2030年7月1日，外面的天空如果是晴天的话，也是grue的。一个单独的物体并不需要改变颜色才能被称为grue的——这是一个常见的误解。在2010年之前观察到的任何绿色物体都符合grue的标准。所以，到目前为止我们看到的所有绿宝石都是grue的。

论点3看起来并不是一个好的归纳论证。论点3让我们相信未来观察到的绿翡翠将是蓝色的，基于之前观察到的绿翡翠是绿色的。这个论点还与论点2相矛盾，而论点2看起来是一个好的论证。但是论点2和论点3的形式完全相同。这个形式如下：

在2010年之前的E都是G。

-----------------------------------------------------------------------

所有的E都是G。

这意味着无论我们把归纳论证的逻辑结构（即“形式”）抽象或简化到何种程度，都无法解决古德曼提出的根本问题。问题不在于我们如何写下这种形式，而在于形式本身是否足以决定归纳论证的优劣。古德曼的观点是，两个归纳论证可以具有完全相同的形式，但一个论证可以是好的，而另一个则是坏的。既然两个形式完全相同的论证，其结果却有好坏之分，那么从逻辑上讲，仅仅凭借形式本身不足以判断一个归纳论证是否健全。所以，任何试图仅仅依靠形式来构建归纳或证实的理论，都是不完整或有缺陷的。我们需要考虑形式之外的其他因素。请注意，‘grue’这个词在演绎论证中完全适用。你可以在论证1的形式中使用它，并不会造成任何问题。但是归纳论证是不同的。

假设古德曼是正确的，我们放弃形式化的归纳理论。这并没有解决问题。我们仍然需要弄清楚论点3到底有什么问题。这就是归纳的新谜题。

显而易见的是，“grue”这个词有些问题，使得它不适合用于归纳。因此，一个好的归纳理论应该对归纳论证中出现的术语进行限制。“绿色” 是可以的，而 “grue” 则不可以。

这一直是对这个问题最常见的回应。但是正如古德曼所说，详细说明这样限制的细节是非常困难的。假设我们说“grue”的问题在于其定义中包含对特定时间的引用。古德曼的回答是，一个术语是否以这种方式定义取决于我们以哪种定义作为起点。为了理解这一点，让我们定义一个新术语，“bleen”。

BLEEN：一个物体被称为bleen，当且仅当它是在公元2010年之前首次被观察到并且是蓝色的，或者它是在公元2010年之前没有被观察到并且是绿色的。

我们可以使用英语单词“绿色”和“蓝色”来定义“grue”和“bleen”，如果这样做，我们必须将时间的参考构建到定义中。但是假设我们说的语言与英语相似，只是“grue”和“bleen”是基本的、熟悉的术语，而“绿色”和“蓝色”则不是。那么如果我们想定义“绿色”和“蓝色”，我们就需要一个时间的限定。

绿色：一个物体是绿色的，当且仅当它在2010年之前被首次观察到并且是绿色，或者它在2010年之前没有被首次观察到并且是蓝绿色。

（你可以看到它如何适用于“蓝色”。）因此，古德曼声称，术语是否“包含对时间的指称”或“以时间为定义”是一种相对定义的问题。从一种定义的角度看起来没问题的术语，在另一种定义中可能看起来奇怪。所以，如果我们因为“绿色”而排除某些归纳，因为它涉及时间，那么归纳是否有效，将取决于我们认为的起始定义。古德曼认为这个结论很好。对古德曼来说，一个好的归纳必须使用在我们社区中有正常使用历史的术语。这是他自己解决问题的方法。大多数其他哲学家对此并不喜欢。这似乎表明归纳论证的价值取决于有关我们所使用的定义无关事实。

因此，许多哲学家试图不是关注“绿色”和“grue”这两个词，而是关注这些词所指代的属性或这种定义所归类的物体的种类。我们可以说，绿色是世界的一种自然和客观的特征，而grue则不是。换句话说，绿色物体构成了一个“自然类别”，这个类别由真实的相似性统一起来，而grue物体则是一个人工或任意的集合。然后我们可以说：一个好的归纳必须使用我们有理由相信能指向自然类别的术语。采取这种方法将我们引入哲学其他部分的困难问题。什么是属性？什么是“自然类别”？这些问题自柏拉图时代以来一直有争议。

虽然古德曼的问题是抽象的，但它与科学中的实际问题有着有趣的联系。事实上，古德曼的问题包含了科学中的几个截然不同的艰难方法论问题；这也是这个问题如此有趣的部分原因。首先，古德曼的问题与数据分析中的“曲线拟合问题”之间存在联系。假设你有一组以 x 和 y 值形式呈现的数据点，你想通过拟合一个函数来辨别这些点所表达的普遍关系。在图 3.2 中的点几乎完全位于一条直线上，这似乎为我们提供了一个自然的预测，即当 x = 4 时，我们预期的 y 值。然而，有无限多种不同的数学函数可以拟合我们的三个数据点（同样好或更好），但对于 x = 4 的情况却给出了不同的预测。我们怎么知道该使用哪个函数？将一个奇怪的函数拟合到这些点上，似乎就像在从我们看到的翡翠中推断时，更倾向于选择“愚”的归纳而不是“绿”的归纳。

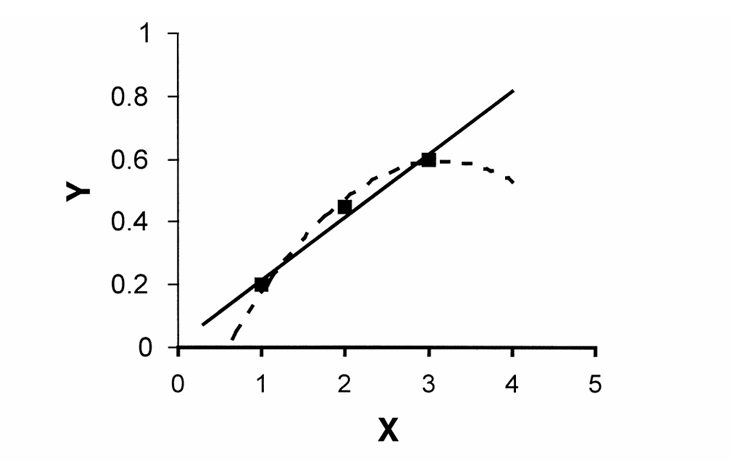


图3.2

曲线拟合问题

处理这样曲线拟合问题的科学家可能会有额外的信息告诉他们这里可能是什么样的函数，或者他们可能基于简单性更倾向于使用直线。这表明了一种我们潜在的处理古德曼原始问题的方法。也许绿色诱导是基于其简单性更值得选择的?

这可能行得通，但也存在问题。首先，绿色归纳真的如此明确简单吗？古德曼会争辩说，归纳论证的简单性取决于我们假设的起点定义，因为本节之前所述的原因。对古德曼来说，什么被视为简单的模式取决于你使用哪种定义或假设哪种分类。此外，尽管科学中偏好简单性非常普遍，但这样的偏好往往难以证明。简单的理论更容易让我们处理，但如果我们想要了解世界的真实情况，这似乎并没有给我们理由去偏好它们。为什么世界应该是简单而不是复杂的呢？

我之前提到过尝试使用“自然种类”的概念来解决古德曼问题，这是一种由真实相似性而不是约定或惯例统一起来的集合。尽管这个术语是哲学性的，但科学中的许多争论似乎更关心这种问题——即，为预测和推断找到正确的类别。这个问题在涉及复杂的相似性和差异网络的科学领域（如经济学和心理学）中尤为突出，这些领域试图对他们概括的案例进行推广。所有通货膨胀非常高的经济体是否都属于一个可以用于做一般预测的自然种类？按精神病学参考书（如DSM IV）中的分类，精神障碍真的是自然种类，还是我们将“精神分裂症”等标准标签应用于没有真实底层相似性的案例组？化学中的元素周期表似乎选出了一个真实自然种类的集合，但这种情况我们能在所有科学中期待吗？如果是这样，这对不同领域的归纳论证意味着什么？

这标志着我们对归纳和证实问题的初步探索的结束。问题本身似乎并不复杂，但为这些问题找到解决的办法却非常的困难。在二十世纪的大部分时间里，即使是看起来无可争议的归纳和论证也会直接引发了许多麻烦。

注：此节的例子被称为：纳尔逊·古德曼的“蓝绿悖论”。

归纳法和证实理论不能仅仅依靠纯粹的形式逻辑来运作。

演绎论证： 演绎论证完全依赖于逻辑有效性。如果前提为真，结论就必然为真。它的健全性完全取决于其形式。例如，“所有 A 都是 B，C 是 A，所以 C 是 B。”你可以用任何词语来替换 A、B、C，即使是“grue”这样的词，只要形式不变，论证仍然是演绎有效的。内容不会影响逻辑结构。

归纳论证： 归纳论证是通过观察得出结论。它的强度不仅仅取决于形式，还取决于内容、语境、背景知识以及我们对“自然种类”的先入之见。古德曼的观点是，虽然“grue”可以被形式化地定义和使用，但在我们对世界的归纳推理中，它不像“绿色”那样作为一个“自然”的属性来运作。我们直觉上选择像“绿色”这样的属性来推断未来，而拒绝像“grue”这样的属性，即使从纯粹的形式角度看，两者都同样受到过去的观察支持。

稍后（特别是在第14章）我将回到这些问题。但在下一章，我们将探讨一种哲学思想，它的动机部分来自本章讨论的挫折。

（本章就是介绍了逻辑经验主义的归纳方法，以及归纳法的用法和对于归纳法的各种探讨。其中包括确保历史的延续性，归纳过程中抽象和简化到何种程度是合适的。应用数学方法进行归纳时，不能脱离数学符号的实际意义。）

…………………………………………………………………………………………….

拓展阅读

再次推荐Hempel的《科学解释的方面》（1965），这是一个关键来源，包含了关于证实的长篇（且令人疲惫）的章节。Skyrms的《选择与机会》（2000）是关于这些问题的经典入门书籍，同时也介绍了概率论。尽管这本书支持的观点将在第14章讨论，但Howson和Urbach的《科学推理》（1993）是证实的各种方法的有用介绍。它提供了我所读到的对Carnap思想最有帮助的简短总结。Carnap在这些问题上的硕士之作是他的《概率的逻辑基础》（1950）。关于解释性推理的讨论，请参考Lipton的《最佳解释的推理》（1991）。关于使用观察顺序来解决乌鸦问题的内容，请参阅Horwich的《概率与证据》（1982），但您最好先阅读本书的第14章。Goodman最著名的“新的归纳难题”的展示在《事实、虚构与预测》（1955）中。这个问题在第3章（以及其他有趣的思想）中，而他的解决方案在第4章。他后来的论文汇集在《问题与项目》（1972）中。Douglas Stalker编辑了关于Goodman难题的合集，名为《Grue!》（1994）。它包括了非常详细的参考书目。Quine和Jackson的论文特别出色。关于属性和种类及其与归纳的相关性的讨论，请见Armstrong 1989、Lewis 1983、Dupre 1993和Kornblith 1993。（这些讨论都比较高级，除了Armstrong的那本是入门的。）Sober 1988中对简单性的讨论也很好。