科学定律与反事实条件句
——兼论“新归纳之谜”

陈晓平

(中山大学逻辑与认知研究所，广东 广州 510275)

摘要：科学定律和偶适概括在自然语言中都是全称命题。如何把二者区别开来呢？这就是古德曼所说的“新归纳之谜”。古德曼和亨佩尔等人在一定程度上指出科学定律和偶适概括的区别，即：1、前者可以支持反事实条件句而后者却不能；2、前者能够得到归纳证据的支持而后者却不能。本文将揭示科学定律、偶适概括和反事实条件句的逻辑结构，并对枚举归纳法的推理规则给以精确的表述，从而对新归纳之谜给出进一步的解决。

关键词：科学定律；反事实条件句；偶适概括；类律假设；新归纳之谜

中图分类号： **B81** **文献标识码**： **A**

1、问题的提出

反事实条件句(counterfactual conditionals)也叫做“虚拟蕴涵命题”，它具有“如果 P 那么 Q”的形式，并且其前件表达一个与现实不符的情况。例如，“如果今天太阳不升起来，那么今天就没有白昼”就是一个反事实条件句。

许多科学哲学家和逻辑学家对反事实条件句作了深入的研究，揭示出一些饶有趣味的问题，其中包括反事实条件句与科学定律之间的关系及其逻辑结构的问题。古德曼(N. Goodman)是最早研究反事实条件句的学者之一，他提出的一个富有启发性的并且几乎得到公认的观点是：**科学定律可被用于支持反事实条件句而偶适概括却不能**。(见[1]，第 1 章) 另一著名科学哲学家亨佩尔(Carl G. Hempel)在文献[2]中将古德曼的这一观点简明地转述如下：

> 反事实条件句是一种如下形式的陈述：“如曾有(或至今犹有)情形 A，则就曾有(或至今仍有)情形 B”，而在事实上并没有(或至今尚未有过)情形 A。这样，断言“如果这支石蜡蜡烛已经被放入沸水壶中，那么它就已经融化掉了”可以通过引证下述定律(以及水的沸点为摄氏 100 度这一事实)而获得支持，该定律即：石蜡在摄氏 60 度以上时处于液态。而陈述“所有在这个盒子中的石块都含有铁”却不能类似地被用来支持下面这个反事实陈述：“如果这个石子放到盒子里去，这个石子就会含有铁。”与此相似，定律不同于为真的偶适概括，它可支持虚拟条件句，即如下形式的语句：“如 A 竟然发生，则 B 也会发生”，其中对 A 在事实上是否真的发生不予限定。陈述“如果这支石蜡蜡烛竟被放入沸水中，那么它就会融化”就是一个例子。”([2]，第 63 页。)

这里提出一个重要的观点即：**能否支持反事实条件句可以作为科学定律和偶适概括之间的区别特征**。在上面的引文中，“石蜡在摄氏 60 度以上时处于液态”是一科学定律，它可以支持反事实条件句“如果这支石蜡蜡烛竟被放入沸水中，那么它就会融化”(实事上这支石蜡

蜡烛未被放入沸水中。)与此对照，“所有在这个盒子中的石块都含有铁”不是一个科学定律，而是一个偶适概括，这使它不能支持反事实条件句“如果这个石子放到盒子里去，这个石子就会含有铁。”(事实上这个石子未被放入盒子中。)

现在的问题是，科学定律和偶适概括之间为什么会有这样的区别特征呢？对此，古德曼虽然从所含词项的牢靠性方面给出一些回答，但却没有深入到科学定律、偶适概括和反事实条件句的逻辑结构上去，也没有深入到其他更为重要的背景知识，因而他回答得不够充分甚至有很大的缺陷。本文则从逻辑结构和背景知识两个方面来回答这一问题。

2、反事实条件句的逻辑结构

虽然从自然语言的形式来看，科学定律(如“所有石蜡在摄氏 60 度以上时处于液态”)和偶适概括(如“所有在这个盒子中的石块都含有铁”)都可表达为“所有 P 是 Q”，但是，二者在内涵上是有区别的，即科学定律断定了 P 和 Q 之间具有必然性联系，而偶适概括却没有这种断定。这种区别用符号逻辑的表达式是不难显示出的，科学定律应表达为：$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$，[1]而偶适概括似可表达为：$\forall x\ (Px\rightarrow Qx)$。（在第 4 节中将指出，偶适概括的这种表达是不准确的，但不影响本节的讨论。）差别在于前者含有必然算子“$\Box$”，而后者却不含。

现令 A 代表一个反事实的情况：a 是 P，B 代表情况：a 是 Q，(a 代表某个个别事物)，那么，由科学定律$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$可以逻辑地推出$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，这也正是古德曼和亨佩尔所说的反事实条件句“如 A 竟然发生，则 B 也会发生”，可见，科学定律支持反事实条件句。与此不同，从偶适概括$\forall x\ (Px\rightarrow Qx)$不能逻辑地推出$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，而只能推出 $Pa\rightarrow Qa$；这仅仅是一实质蕴涵命题，不具有反事实条件句所要求的必然性；因此，偶适概括不能支持反事实条件句。

以亨佩尔所讨论的例子来说，“如果这支石蜡蜡烛竟被放入沸水中，那么它就会融化”这一反事实条件句具有形式$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，它被“石蜡在摄氏 60 度以上时处于液态”这一概括所支持，可见这一概括具有形式$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$，因而是一个科学定律而不是一个偶适概括。与此对照，“如果这个石子放到盒子里去，这个石子就会含有铁”，如果作为反事实条件句，也具有形式$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，但却不被“所有在这个盒子中的石块都含有铁”所支持，可见，这一概括不具有形式$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$而只具有形式$\forall x\ (Px\rightarrow Qx)$，因此它不是一个科学定律而只是一个偶适概括。这样，我们便从逻辑上表明，一个全称命题能否支持反事实条件句，是判别它是否一个科学定律的重要标志。

反事实条件句具有必然性，其基本形式是$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，而不是 $Pa\rightarrow Qa$，这一点是重要的。我们知道，对于前件相同而后件相反的两个实质蕴涵命题即 $Pa\rightarrow Qa$ 和 $Pa\rightarrow\neg Qa$，当其前件 Pa 为假时，二者均为真的。然而，这种情况对于反事实条件句来说是不成立的，否则，反事实条件句将失去其特有的作用，既然反事实条件句的关键特征就是其前件 Pa 是反事实的因而是假的。把反事实条件句的基本形式表达为$\Box(Pa\rightarrow Qa)$，则可以避免后件相反的两个反事实条件句即$\Box(Pa\rightarrow Qa)$和$\Box(Pa\rightarrow\neg Qa)$均为真的情况。现证明如下：

首先，反事实的前件一般不是必然假的，而是偶然假的，即不是$\Box\neg Pa$，而是$\neg Pa\wedge\Diamond Pa$。因此，一个反事实条件句$\Box(Pa\rightarrow Qa)$所包含的一个先决条件是$\neg Pa\wedge\Diamond Pa$。由$\Box(Pa\rightarrow Qa)$和$\Diamond Pa$可推出$\Diamond(Pa\wedge Qa)$，进而推出$\neg\Box(Pa\rightarrow\neg Qa)$。这表明，两个前件相同而后件相反的反事实条件句是互不相容的，当其中$\Box(Pa\rightarrow Qa)$为真时，$\Box(Pa\rightarrow\neg Qa)$为假，反之亦然。

3、反事实条件句的预设性

前面谈到，科学定律是一个全称的必然命题即$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$，将它用于个别事例 a 时，可以得出一个单称的必然蕴涵命题即$\Box(Pa\rightarrow Qa)$；当 Pa 与现实不符时，$\Box(Pa\rightarrow Qa)$就表达了一个反事实条件句。现在我们要进一步指出，反事实条件句有预设性和非预设性之分：如果一个反事实条件句仅仅作为科学定律的一个反事实的具体事例，那么它就是非预设性的，它的形式恰为$\Box(Pa\rightarrow Qa)$；如果一个反事实条件句不仅作为科学定律的一个具体事例，而且设定了一个包含这个反事实条件的可能世界，那么它就是预设性的。由于预设性的反事实条件句设定一个反事实的可能世界，在其中反事实的前件 Pa 成立，这使得，$\Box(Pa\rightarrow Qa)$中的 $Pa\rightarrow Qa$ 相当于 Qa，因而 $Pa\rightarrow Qa$ 的真值表的前两行(即 Pa 为真的两行)有用，后两行(即 Pa 为假的两行)成为无意义的，因为 Pa 为假的情形已经超出所预设的那个可能世界。与非预设性的反事实条件句$\Box(Pa\rightarrow Qa)$相比，预设性的反事实条件句不仅表达一种必然性知识，而且表达一种进入那个使 Pa 为真的虚拟世界的状态。

反事实条件句的预设性使它具有另一个特点，即假言易位规则对它不成立。例如，小王上课迟到了，他不无遗憾地说："如果我早起 5 分钟，那么我不会迟到"。一般来说，这是一个预设性的反事实条件句：当小王说这句话的时候设定了他早起 5 分钟的可能世界状态以及他进入这种状态的愿望。如果将假言易位规则用于小王的这句话，则得出"如果我迟到，那么我没有早起 5 分钟"。不难看出，这个假言易位的结果是有违小王的原意的，因为它把小王对早起 5 分钟的设定或对没有早起 5 分钟的遗憾舍弃掉了。[2]

与之不同，"如果这支石蜡蜡烛被放入沸水壶中，那么它就会融化"作为某个科学定律——如"石蜡在 60 度以上的温度下处于液态"——的检验性预测，则是一个非预设性的反事实条件句，因为它仅仅表达这个前件与后件之间的必然关系，而没有表达真想把这支蜡烛放入沸水中的愿望。因此，对该命题可以进行假言易位，从而得出"如果它没有融化，那么它未被放入沸水壶中"。[3]

4、科学定律和偶适概括的逻辑结构

在传统逻辑中，直言命题和蕴涵命题(即假言命题)是两种不同的命题；而在现代逻辑中，全称直言命题与蕴涵命题密切相关。具体地说，传统逻辑中的全称直言命题即"所有 P 是 Q"和"所有 P 不是 Q"在现代逻辑中通常被分别表达为全称蕴涵命题即：$\forall x(Px\rightarrow Qx)$和$\forall x(Px\rightarrow\rightarrow\neg Qx)$。这后两个表达式常常被看作对全称直言命题的标准符号化。本节将对全称直言命题在科学语言中的用法作出区分，并对其符号化作进一步的讨论。

在实际的科学语言中使用的全称直言命题"所有 P 是 Q"主要有两种功能，一是表达科学定律的，如"所有 60 度以上的石蜡都是液态的"；另一是表达偶适概括的，如"所有放在这个盒子里的石头都是含铁的"。前面提到，科学定律和偶适概括的一个重要区别是前者支持反事实条件句，而后者却不支持；并把表达科学定律的全称命题用符号表达为$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$，而把表达偶适概括的全称命题用符号表达为$\forall x\ (Px\rightarrow Qx)$。现在要指出，把偶适概括表达为$\forall x(Px\rightarrow Qx)$是不准确的，而应表达为$\forall x(Px\rightarrow Qx)\wedge\exists xPx$。这种直言命题可称为"强化直言命题"，它有**主项存在的含义**，即主项不是一个空词项，这一点由其增加部分即$\exists xPx$表明。

由于表达科学定律和偶适概括的全称命题都不具有"标准"形式，这使得这两种形式的直言命题都可避免"标准"全称直言命题的**空主词悖论**：当 P 为空词项时，两个相反的"标

准”全称直言命题即$\forall x(Px \to Qx)$和$\forall x(Px \to \neg Qx)$均为真。例如，对于“所有飞马是健壮的”和“所有飞马不是健壮的”这两个命题，若作“标准”直言命题的表达，那么，这两个命题都是真的，既然主项“飞马”是一个空词项。然而，这与日常语言和科学语言中对全称命题的用法是不符的。例如，当科学家们把“所有不受任何外力的运动都将保持匀速直线运动”看作一个科学定律的时候，他们一定不会把“所有不受任何外力的运动都不保持匀速直线运动”看作真的，尽管其主词“不受任何外力的运动”是一个空词项。再如，当人们把“所有放在这个盒子里的石头都是含铁的”看作一个真实概括的时候，他们一定不会认为这个盒子是空的，进而把“所有放在这个盒子里的石头都不是含铁的”也看作真的。这表明，所谓“标准”全称直言命题并不标准，因为它们与人们对全称直言命题的实际用法不相符合。那么，“标准”直言命题的重要性何在呢？在笔者看来，其重要性仅仅在于它是构成其他全称直言命题的必不可少的要素；因此我将称之为“基本直言命题”。基本直言命题的主要作用在于它的基本性或要素性，而它本身并不能独立地揭示实际语言中直言命题的用法。

我们把科学定律和偶适概括分别表达为$\forall x\Box(Px \to Qx)$和$\forall x(Px \to Qx) \land \exists xPx$，而基本直言命题$\forall x(Px \to Qx)$只是其中的构成要素。科学定律和偶适概括的这两种表达式都可避免“标准”直言命题所导致的空主词悖论。概括地说：1、无论主词 P 是否为空词项，当$\forall x\Box(Px \to Qx)$为真时，其反对命题$\forall x\Box(Px \to \neg Qx)$一般是假的，反之亦然。2、当主词 P 为一空词项时，$\forall x(Px \to Qx) \land \exists xPx$ 和其反对命题$\forall x(Px \to \neg Qx) \land \exists xPx$ 都是假的，而不会出现二者都真的情况。事实上，在科学语言中，对于一个空盒子，无论断定“所有这个盒子中的石头都是含铁的”或断定“所有这个盒子中的石头都不是含铁的”，都会被认为是假的判断。

5、科学定律和背景知识

古德曼在文献［1］中不仅指出科学定律和偶适概括在是否支持反事实条件句上有区别，而且指出，它们在投射性(projection)上也是有区别的，即：科学定律可以被投射到尚未观察到的事例上亦即对未知事实作出预测，而偶适概括却不能。不难看出，科学定律和偶适概括之间的这两种区别是密切相关的，即它们都源于这样一个事实：科学定律具有必然性，而偶适概括却没有。

在前面的讨论中，我们着重从符号表达形式上把科学定律和偶适概括区别开来，用以为二者之间的上述区别给出逻辑形式上的说明。然而，在自然语言的表述中，科学定律和偶适概括至少在表面上是没有区别的，二者都被表述为“所有 P 是 Q”这种形式的全称命题。更为重要的是，对于科学定律和偶适概括来说，用以得出它们的逻辑方法也是没有区别的，即都依据于枚举归纳法，至少从表面看是如此。那么，我们如何从归纳方法上将科学定律和偶适概括区别开来呢？这就是古德曼提出的著名的“新归纳之谜”。

在关于新归纳之谜的讨论中，古德曼曾提出“背景假设”或“高层假设”的概念；然而，他并没有沿着这条思路走下去，而是把注意力放在全称命题的牢靠性(entrenchment)上。按照古德曼的意见，全称命题和偶适概括在方法论上的区别就是前者比后者更为牢靠。说全称命题 S_1 比 S_2 更为牢靠，就是说，S_1 的主词或谓词比起 S_2 的主词或谓词在以往的科学实践中有更多次的投射，亦即更多次地被用来进行预测。借用古德曼的例子，“所有铜是导电的”和“所有这个房间中的人都是第三个儿子”相比，前者的主词和谓词分别比后者的主词和谓词更为牢靠，因而前者是科学定律而后者是偶适概括。

然而，正如一些科学哲学家指出的，古德曼这样区分科学定律和偶适概括有一个严重的缺陷，即包含新概念的全称命题将总被看作偶适概括，从而任何新的科学理论都将无从诞生。笔者赞同对古德曼的牢靠性理论的这一批评，为此，笔者提出另一种解决新归纳之谜的方案(参阅［3］第 8 章)，现简述如下。

上面提到，在自然语言中，科学定律和偶适概括都具有“所以 S 是 P”的形式，而且在表面上都适用于枚举归纳法。枚举归纳法的推理形式通常被表述为：S_1 是 P，S_2 是 P，……，S_n 是 P，所以，所有 S 都是 P。现在我们要指出，这样表述的枚举归纳法是不精确的，精确的表述应当是：

命题“所有 S 是 P”被证据陈述“S_1 是 P”，“S_2 是 P”，……，“S_n 是 P”认证(即支持)，当且仅当，该命题相对于背景知识不必然为假；而且该命题相对于背景知识的置信度愈高，为使它得到充分认证所需要的证据就愈少。

根据这样精确表述的枚举归纳法，有些全称命题是得不到归纳认证的。借用古德曼曾举的一个例子：你**到此刻为止**从我的演讲中听到的每一个词都出现在我这个演讲的最后一句话之前，所以，我演讲中的每一个词都将出现在我这个演讲的最后一句话之前。(见［1］p.82) 这个“归纳推理”符合通常粗糙表述的枚举归纳法，但不符合我们精确表述的枚举归纳法，因为其结论“我演讲中的每一个词都将出现在我这个演讲的最后一句话之前”相对于我们的背景知识必然是假的；一个显而易见的事实是，我演讲中的最后一个词肯定不会出现在我演讲的最后一句话之前。因此，这个结论是得不到证据的归纳认证或归纳支持的，尽管其证据都是真的。

偶适概括是这样一种全称命题，它相对于背景知识虽然不是必然假的，但却是置信度较低的，因此，在一般情况下归纳证据不能给它提供支持，除非证据的数量非常大。还以“所有这个盒子里的石子都是含铁的”为例。按照通常的背景知识，一个石子是否含铁与它是否在某个盒子里是无关的；相对于这一背景知识，这个全称命题的置信度是很低的，因此，它很难得到证据的支持，要得到充分支持就更难了。

科学定律是具有必然性的全称命题，严格说来，它已经无需证据来支持。正因为这样，古德曼在讨论新归纳之谜时不谈科学定律，而谈类律假设(lawlike hypotheses)，以同偶适假设(accidental hypotheses)即偶适概括相对应。

类律假设是这样一种全称命题，它相对于背景知识虽然不是必然真的，但却是置信度较高的，因此，归纳证据能够给它提供支持，甚至无需很多证据便可使它得到充分的支持。还以“所有温度在 60°以上的石蜡是液态的”为例。按照通常的背景知识，同一种物质的熔点是相同的；相对于这一背景知识，该命题的置信度是较高的，所以该命题很容易得到证据的充分支持，以致成为科学定律。

类律假设一旦成为科学定律便具有必然性，并且不再需要证据的支持，因而应当被表达为$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$。偶适概括一般不能成为科学定律，不具有必然性，但却需要证据的支持，因而应当被表达为$\forall x(Px\rightarrow Qx)\wedge\exists xPx$。$\exists xPx$ 是使偶适概括得到证据支持的必要条件，如果没有它即 P 是一个空词项，那么偶适概括便永远得不到证据的支持，因而没有任何科学价值。需要强调，偶适概括只是不容易成为科学定律，并非绝对不能成为科学定律。一个偶适概括一旦成为科学定律，便意味着人们原有的背景知识有问题，需要有所改变；某些重大的改变将

导致科学范式的转变，即库恩所谓的科学革命。

至此，我们便从归纳法的角度对类律假设与偶适概括作了区分。我们的结论是：在类律假设尚未成为科学定律之前，它与偶适概括在逻辑形式上是一样的，均为$\forall x(Px \rightarrow Qx) \wedge \exists x Px$；但是二者之间仍然有区别，其区别不在于它们的逻辑形式，而在于它们相对于背景知识的置信度；类律假设的置信度较高而偶适概括的置信度较低，这使得前者容易得到归纳证据的支持和容易成为科学定律，而后者却不易得到归纳证据的支持和不太容易成为科学定律。这就是笔者对“新归纳之谜”的解决。

参考文献

[1] Nelson Goodman, ***Fact, Fiction and Forecast*** , Cambridge：Harvard University Press, 1979.

[2] C·G·亨佩尔：《自然科学的哲学》，上海科学技术出版社，1986 年。

[3] 陈晓平：《归纳逻辑与归纳悖论》，武汉大学出版社，1994 年。

[4] 陈晓平：《谈谈虚拟蕴涵问题》，载《自然辩证法研究》增刊，1996 年

Scientific Laws and counterfactual conditionals
——On The New Riddle of Induction

CHEN Xiao-ping

(Institute of Logic and Cognition, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: scientific laws and accidental generalizations are both universal propositions in natural language. How to differentiate between them? This is Goodman's ‘new riddle of induction’. Goodman and Hempel and others have pointed out the differences between scientific laws and accidental generalizations as follows: 1. The former can supports counterfactual conditionals but the latter can't. 2. The former can be supported by inductive evidences but the latter can't. In this paper, I will reveal the logic structures of scientific laws, accidental generalizations and counterfactual conditionals; and give a refined expression of the rule of enumerative induction and thereby advance a further solution of the new riddle of induction.

Key words: scientific law; counterfactual conditional; accidental generalization; lawlike hypotheses; the new riddle

收稿日期: 2003-1-15

作者简介: 陈晓平（1952－）男，山西昔阳人，哲学博士，中山大学逻辑与认知研究所研究员，华南师范大

学哲学研究所教授，主要研究方向是科学哲学、逻辑学和道德哲学。

[1]作为科学定律的“所有 P 是 Q”应表达为$\forall x\Box(Px\rightarrow Qx)$，而不应表达为$\Box\forall x\ (Px\rightarrow Qx)$，因为在原命题中，“所有”显然是主逻辑词，因而其辖域应包括整个命题。

[2]古德曼所说的半事实条件句(semifactuals)——如“即使火柴被划，火柴也不着”——也是一种预设性的反事实条件句，因而对它不能进行假言易位。(参见［1］pp. 5-6 和［4］)

[3]笔者曾在［4］中详细讨论有关问题。不过，该文所述观点在这里有所修正；该文把虚拟蕴涵都看作预设性的，而在这里则把虚拟蕴涵分为预设性的和非预设性的。