3

1984

科学与哲学

研究资料

科学与哲学 1984年第3辑

（研究资料） （总第33辑）

目 录

卷首语……………………………………………………卞其（1）

数学的建筑……………………………〔法〕布尔巴基（3）
数学研究者的数学基础………………〔法〕布尔巴基（21）
布尔巴基与当代数学…………………〔法〕H.嘉当（34）
布尔巴基的事业………………………〔法〕J.丢东涅（51）
近三十年来布尔巴基的工作…………〔法〕J.丢东涅（70）

科学理论的性质…………………〔美〕D.G.布莱尔 （87）
系统研究和“系统哲学”……〔苏〕B.萨多夫斯基（107）
技术规范和技术轨道…………………〔英〕G.道西（124）
历史地看待通向量子论的道路……〔西德〕F.洪德（142）
赫兹及其科学哲学思想…………〔英〕P.亚历山大（154）

德国科学的复兴………………〔英〕A.R.米凯利斯（161）
德国完了吗？…………………………………………（162）
德国科学的崩溃及其原因……………………………（164）

德国科学复兴的諸因素……………………………………………… (167
德意志研究联合会对西德科学复兴的貢献…………………… (169)
占领军的作用……………………………………………………… (172)
难民的作用………………………………………………………… (173)
大学是联邦德国科学复兴的核心……………………………… (176)
财政资助与联邦德国科学的复兴……………………………… (178)
政府对联邦德国科学复兴的貢献……………………………… (180)
化学工业…………………………………………………………… (185)
基金会……………………………………………………………… (187)
林道諾贝尔奖金获得者研讨会………………………………… (190)
马克斯·普朗克学会……………………………………………… (192)
比较………………………………………………………………… (194)
損失………………………………………………………………… (199)
收益………………………………………………………………… (202)
教訓之一：联邦德国政治与科学的关系……………………… (204)
教訓之二：对其它国家的启示………………………………… (208)
结论………………………………………………………………… (211)

·书评·

规范概念……………………………〔美〕D.夏佩尔（212）

三月十五付印

卷首语

本辑主要介绍了当代数学领域的一个重要学派——布尔巴基学派。

我们知道，布尔巴基学派产生于本世纪二十年代，由法国一些年轻的数学家组成。主要成员有A.魏伊（Weil）、J.丢东涅（Dieudonne）、H.嘉当（Cartan）、C.薛华荔（Chevally）等人。现在，这些人都成为法国科学院院士，属于当代最有影响的世界著名数学家之列。

这个学派，以布尔巴基名义发表的著作，主要是多卷本的《数学原理》（现已出版四十分册）；而以布尔巴基名义发表的论文，只有《数学的建筑》和《数学研究者的数学基础》能集中反映该学派对数学的基本观点。这些著作和论文，成为我们研究布尔巴基学派的主要原始文献。迄今，有关介绍该学派的文章并不太多，特别是该学派成员发表的介绍性文章更为少见。本辑选译的三篇，近年来才问世，其中，《布尔巴基与当代数学》是H.嘉当于1958年1月在联邦德国的演讲（1980年发表），属于系统介绍布尔巴基学派的第一篇文章；《布尔巴基的事业》和《近三十年来布尔巴基的工作》是J.丢东涅于1968年10月在罗马尼亚和1982年10月在美国所做的学术讲演（分别发表于1970年和1983年），它们在内容上虽然有些重复，但是由于介绍角度不同，因而有助于我们更好地认识与了解布尔巴基学派的基本观点以及布尔巴基学派在数学史上的地位和作用。

尚有几篇布尔巴基成员论述数学哲学问题的译文，我们将在以后陆续发表。

另外，本辑还选译了几篇有关科学哲学、技术哲学和科学技术史方面的文章。

其中，《科学理论的性质》一文从两个方面阐述了科学理论的定义，并以形式判定/效用理论为例，联系内格尔、波普尔和库恩这三大学派的争论，详细分析了科学理论的组成。该文还介绍了库恩的所谓“学科基体”概念及其构成要素（符号概括、共同信念、共同价值、范例），说明科学学科“不仅是具体的或含蓄的理论，而且是用类似方法解类似难题的实践者集体”，任何科学学科的核心“主要不在于被认为是正确的理论，而在于学科所支撑的难题家族”。

《技术规范和技术轨道》一文探讨了技术变化的方向及其决定因素。作者明确地指出，与科学发展过程中存在着“科学规范”、“常规科学”相类似，在技术发展过程中也存在着一种“技术规范”以及由技术规范所确定的“技术轨道”（进行“常规”解题活动的模式）。作者还具体分析了技术规范与技术轨道概念的内容、性质和特点，以及它们对技术革新活动的重要作用。

《德国科学的复兴》一文生动地回顾了第二次世界大战以后联邦德国科学事业发展的艰难历程，详细地阐述了联邦德国科学复兴过程中的许多值得认真总结的经验教训。

上述译文以及其他几篇译文，对于了解、研究国外科学哲学、技术哲学和科学技术史问题，具有一定的参考价值。

卞　其

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

数 学 的 建 筑

〔法〕N.布尔巴基 (Bourbaki)

(一) 一门数学还是多门数学?

目前，要对数学科学提供一个完整的看法，似乎一开始就有着不可克服的困难，这是因为它的主题内容广泛、复杂、变化多端。正象所有其它科学一样，数学家的人数和有关数学论著的数目从十九世纪末期以来已有极大的增长。在正常年景，全世界每年出版的纯粹数学专著可达成千成万页。当然，这些材料的价值并不完全相同；但是，在充分考虑到不可避免地会有稗子混杂其中的情况下，仍然可以说，数学科学每年都增加大量新成果，它稳步地扩展并分化成为各种理论，而这些理论又经常加以修正、重新改造、互相对比、彼此融合。任何数学家，即使是把他的全部时间和精力都投入工作的数学家，也不可能跟上这种发展的所有细节。许多数学家只是集中搞整个数学领域中的一个角落的一小部分，而不打算离开；他们不仅对于和他们专业无关的数学领域几乎一无所知，而且对于和自己专业隔得很远的另外角落里工作的同事所用的语言和专门名词也不能理解。甚至那些受到最广博训练的数学家，也没人能够在数学的广大世界的某些区域中毫无迷失方向之感；象彭加勒和希尔伯特那样在几乎所有领域都刻上他们天才印记的数学家，即使在取得最伟大成就的人

当中也是极为罕见的例外情形。

因此，对于数学家自己也不能整个加以考虑的全局，要想描绘出一个精确的图景是根本谈不上的。然而，我们却可以问：这种旺盛的繁衍是具有坚实构造的有机体的发育过程，随着新的发展日益获得越来越大的协调性和统一性，还是正如它的外部所表现出的那种逐步分裂的趋势是数学的本性中所固有的？是否数学领域不会成为巴贝尔塔，其中独立的学科，不仅它们的目的，而且它们的方法甚至它们的语言也正在越来越明显地分离？换句话说，我们现在是有一门数学还是有几门数学？

虽然这个问题在当前比以往任何时候或许都有更大的紧迫性，可是它决不是一个新问题；可以说几乎从数学科学刚一萌芽，就已经提出这个问题。的确，抛开应用数学不谈，就已经在几何的起源和算术的起源方面一直存在着二元性（当然都是指它们的初等方面），因为，算术一开始是一门关于离散数量的科学，而几何总是连续数量的科学；这两个方面就造成了从无理数的发现以来两种彼此对立的观点。况且，正是无理数的发现使得统一这门科学的最初尝试，即毕达哥拉斯学派的算术化（“万物皆数”）归于失败。

假如我们要从毕达哥拉斯的时代起把数学统一性概念的兴衰替废一直追溯到现在，那就会使我们离题太远。况且，这个任务更适于哲学家而不是数学家去干；因为把整个数学合成一个协调一致的整体的各种尝试——不管你想到的是柏拉图，笛卡儿，或者莱布尼茨，是算术化还是十九世纪的逻辑斯蒂，它们的共同特征都是它们和范围或宽或窄的哲学体系联系在一起；一般都是从数学与外在世界和思想世界这两

重宇宙的关系的先验观点出发的。关于这方面我们最好还是请读者参考L.布鲁恩什维克的历史的及批判的研究：《数学哲学的发展阶段》。我们的任务更为局限，也不那么广泛，我们不想考察数学与现实或者与大的思想范畴的关系；我们力图局限于数学领域之内，通过分析数学本身的进程来寻求我们上面提到的问题的答案。

（二）逻辑形式主义和公理方法

在我们上面所提到的各种体系多多少少明显地破产之后，在本世纪初，似乎把数学看成具有特定目标和方法的科学的尝试都趋于废弃；代之而起的趋势是把数学看成“一个学科的集体，每一个学科都是基于特殊的，确切规定的概念之上”，这些学科通过“许许多多交流途径”彼此相联系，以致这些学科中任何一个学科的方法都能使得一个或几个其他学科取得成果。可是，今天我们相信，数学科学的内部演化，尽管表面看来光怪陆离，却使其各个不同的组成部分聚集在一起形成更为密集的统一体，好象创造出某种类乎中心核的东西，它比以往任何时候都更加紧密。这种演化的本质方面，就是系统地研究在不同的数学理论之间存在的关系，而这就导致通常所说的“公理方法”。

“形式主义”和“形式主义的方法”这两个词也常常用到；但是，重要的是从一开始就要注意防止应用这些定义不确切的词所引起的混乱，以及公理方法的反对者也经常使用这些词而引起的误解。谁都知道，数学表面上看来象是笛卡儿所说的这样的“推理的长链”，每一个数学理论都是一串命题，每一个命题都由前面的命题按照逻辑体系的规则推导

出来，这个逻辑体系就是从亚里士多德时代起实质上已经建立起来的所谓“形式逻辑”，它最适于数学家用来达到自己的目的。因此说这种“演绎推理”是数学的统一原则，这是一句毫无意义的老生常谈。这样一种说法实在太肤浅，以致它肯定没有涉及各种不同的数学理论的明显的复杂性，而且也不比例如说根据物理学和生物学都使用实验方法就把它们统一成为单独一门科学更为高明。通过一串三段论式进行推理无非是一套变换程序，把它用到一组前提上和用到另外一组前提上都一样好，因此，它不足以刻划这些前提的特性。换句话说，它是数学家赋予他的思想的外部形式，它是使这些思想为别人接受的工具，[1] 简单说，它就是数学所适用的语言；它无非就是这些东西，再也不能赋予它更多的意义。规定出这个语言的规则，建立起它的词汇，阐明它的语法，所有这些的确都极为有用；这确实也构成公理方法的一个方面，即可以正确地称之为逻辑形式主义（或者如有时所谓的“逻辑斯蒂”）的方面。但是我们强调它只是公理方法的一个方面，而且确实是最没什么意思的一个方面。

公理方法所设定的根本目的，正好是逻辑形式主义本身不能达到的，就是数学的深刻的清晰性。正如实验方法是由对自然规律的永恒性的先验信念为其出发点，公理方法的基石就在于这样的信念：数学不仅不是一串随便发展起来的三

---

〔1〕的确每一位数学家都知道，假如仅仅把构成证明的推演过程的正确性一步一步地加以验证，而对于为什么采用这一串推演步骤而不采用任何其他的一串推演步骤的思想并不打算去获得一个清楚的了解，那么他实际上并没有真正“懂得”这个证明。

段论式，而且也不是一堆多多少少“高明”的技巧，这些技巧都是通过幸运的组合得出的，其中以纯粹技术上的巧妙取得优胜。肤浅的观察者只看到两个或几种不同的理论，其中一种理论通过天才数学家的干预给另外的理论以“意想不到的支持”，而公理方法就教导我们去寻求这种发现的更深刻的根由，去发现埋藏在每一种理论中的一大堆细节下面的这些理论的共同的思想，去把这些思想推向前进，并把它们安置在它们本来应有的地位上。

（三）结构的观念

这些究竟以什么形式来完成呢？正是在这个地方公理方法与实验方法最为接近。正象实验方法由笛卡儿主义的源泉中吸取它的力量一样，公理方法“把困难进行分割为的是更好地去克服困难”。它力图在一种理论的证明中，分离出其论证的首要动力，然后把它们分别加以考虑并表述成为抽象的形式，这样就可以得出由它本身推出的结论。然后再回到我们所考虑的理论，它将是这些原先分离出来的组成部分的再结合，并且我们还会问这些不同的组成部分是怎样互相影响的。在这种经典的分析与综合之间的进进退退的确并没有什么新东西；这个方法的独创性完全在于应用它的方式。

为了用例子阐明我们刚刚概括地叙述的步骤，我们举出一个最老的（也是最简单的）公理理论即“抽象群”的公理理论。让我们考虑，比如说，“下面三种运算：(1)实数的加法，两个实数(正、负或零)的和按照通常的方式来定义；(2)“模一个素数p的”整数(这里所考虑的元素是整数1，2，…p－1）的乘法，这样两个数的“乘积”，根据约定，定义

为它们通常的乘积除以p后所得的余数；（3）三维欧氏空间中的平移的‘合成’，两个平移S，T（按照这个顺序）的‘合成’（或者‘乘积’）定义为先进行平移T然后进行平移S后所得到的平移。在所有这三种理论中的每一个，我们都通过在这理论中定义的一种步骤，使得所考虑的集合（第一种情形是实数集合，第二种情形是数集1，2…，p—1，第三种情形是所有平移构成的集合）中的两个元素x，y（按照这个次序），对应于一个完全确定的第三个元素，我们约定把这三种情形下所得到的这个第三个元素都用$x\tau y$来表示（假如x，y是实数，$x\tau y$就是x与y的和；假如x，y是≤p—1的整数，$x\tau y$就是它们“模p”的乘积；假如x，y是平移，$x\tau y$就是它们的‘合成’）。如果我们现在来检查这三种理论中这个‘运算’的各种性质，就会发现显著的平行性；但在每个个别的理论中，这些性质是互相联系在一起的，因而，分析它们之间的逻辑联系，就会导致我们在选择这些性质中少数互相独立的性质，这里互相独立是指其中没有一条性质是其余性质的逻辑推论”。

例如[2]，我们可以把这三个理论的共同特点表示如下，其中都用我们的符号记法来表示，但是它可以很容易地翻译成为任何一个理论的特殊语言：

（a）对于所有元素x，y，z，我们有$x\tau(y\tau z)=(x\tau y)\tau z$（运算$x\tau y$的“结合性”）；

---

〔2〕这个选取也不是绝对的；已经知道有许多公理系统和我们这里所明确表述的公理系统“等价”，其中每一公理系统中的公理都是任何其他公理系统的公理的逻辑推论。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（b）存在一个元素e，使得对于任意元素x，我们有$e\tau x=x\tau e=x$（对于实数的加法，e就是数o；对于"模p"乘法，e就是数1；对于平移的合成，e就是"恒同"平移，即使得空间每一点保持不动的平移）；

（c）对于每一个元素x，都对应一个元素x'，使得$x\tau x'=x'\tau x=e$。（对于实数的加法，x'是数—x；对于平移的合成，x'是x的"逆"平移，即把被x平移到的每一点都移回到原来的点的平移；对于"模p"乘法，通过非常简单的算术论证即可得出x'的存在[3]）

于是，我们可以得出，在上面三种理论中可以用同样记法通过相同方式来表述的性质都是上面这三条的推论。让我们试着证明，比如说，由$x\tau y=x\tau z$可推出$y=z$，而在每一个理论中我们都可以通过一种专用的推理方法去证明这一点。但是，我们下面的证明方法对于所有的情形都能用得上：由关系$x\tau y=x\tau z$，我们可以推出$x'\tau(x\tau y)=x'\tau(x\tau z)$（$x'$的意义我们已定义如上）；然后应用（a），$(x'\tau x)\tau y=(x'\tau x)\tau z$；由（c），这个关系就变为$e\tau y=e\tau z$，最后，应用（b），就得出$y=z$，这就是我们要证的。这个推理过程中，我们所考虑的元素x，y，z本身的性质如何则是完全不相干的；我们并没有去管这些元素究竟

〔3〕我们可以看到，数x，x^2，…，x^n，…除以P之后所得的余数不可能完全不同，当我们表示其中两个余数相等这个事实时，我们就很容易证明，存在x的一个幂x^m，它的余数为1；那么，假定x'是x^{m-1}除以p的余数，我们即可推出x和x'的"模p"乘积等于1。

是实数还是$\leq p-1$的整数，还是平移；唯一重要的前提是在这些元素上的运算$x\tau y$具有性质（a），（b），（c）。即便只从避免冗繁的重复来看，只由三个性质（a），（b）（c）一下子推出来它所有的逻辑推论显然也是非常方便的。为了语言上的便利，自然也希望对于这三个集合采用共同的术语。如果一个集合，其上定义一种运算τ具有（a），（b），（c）三条性质，我们就说它上面具有一个群的结构（或简单说它是一个群）；性质（a），（b），（c）称为群结构的公理，[4]而由此得出它们的推论就结构成公理化群论的理论。

现在，数学结构一般来说是什么意思就可以讲清楚了。用这个通用的名称来表示各种各样概念的共同特征就在于它们可以应用到各种元素的集合上，而这些元素的性质并没有专门指定[5]；定义一个结构也就是给出这些元素之间的一

〔4〕不言而兪，这里对于“公理”这个词的解释和它的传统意义“明显的真理”不再有什么关系。

〔5〕我们这里采用一种朴素的观点，不再讨论由数学的“存在”或“对象”的“性质”问题而引起的许多半哲学、半数学的棘手问题。我们只須谈到十九世纪和二十世纪的公理研究已经用单一的概念来逐步代替这些“存在”的头脑表象中的初始的多元性，这些可以看成感官经验的理想的“抽象”并保持它们所有的杂合性，逐步縮减所有的数学观念，先是归结成自然数的概念，然后在第二阶段归结成集合的概念。长期以来，集合概念被认为是“原始的”和“不能定义的”，由于它极为一般的特征，以及它在头脑中喚起的表象太空泛，结果成为无

个或者几个关系[1]（在群的情形，这就是三个任意元素之间的关系$z = x\tau y$）；于是人们就假定给定的一个或几个关系满足某些条件（它们被明显地表述出来，并是所考虑的结构的公理）[7]。建立起某种给定结构的公理理论就等于只从结构的公理出发，而排除掉所有关于所考虑的元素的任何其他假设（特别是关于这些元素的本性的假设）来推演出这些公理的逻辑推论。

止无休的争论的主题；这种困难不可能消失，除非集合的观念本身連同那些关于数学"存在"的所有形而上学的假问题在邏辑形式主义的最近成果的影响下消失掉。由这种新观点出发，其实数学结构就成为数学的唯一的"对象"。读者可在 ．丢东涅〔《近代公理方法和数学基础》，《科学评论》，第77卷，第224～223頁（1939）〔及H．嘉当《论数学的邏辑基础》，《科学评论》，第81卷，第3—11頁（1934）〕的两篇文章中看到对这种观点更为充分的讨论。

〔6〕实际上，这个结构的意义，对于数学的需要来说还不够一般；还必須考慮到这样的情况：定义结构的关系不仅是指所考慮的集合的元素之間的关系，而且还可以有这个集合的各个子集之間的关系，甚至于更一般地包括在"类型的层次"的术语中更高"阶"的集合的元素之間的关系。更精确的定义见拙著《数学原理》第Ⅰ卷，科学工业丛书，no.846。

〔7〕严格来讲，在群的情形下，除了上面讲的性质（a）、（b）、（c）之外，还应該把下面的事实算作公理：当 及 给定时，关系z= τ 决定唯一的一个z；我们通常把这个性质默认为蕴涵在关系所记下的形式当中。

（四）结构的几大类型

定义一个结构的出发点的关系可以是有着极为不同的特征的。在群的结构中出现的关系就是所谓的“合成律”，即三个元素之间的关系，它把第三个元素作为前面两个元素的函数而唯一决定下来。假如在结构的定义中所出现的关系是合成律的话，这个相应的结构就称为代数结构（例如，一个域的结构就由两个合成律再加上适当的公理来定义的，实数的加法和乘法就在实数集合上定义一个域的结构）。

另外一个重要的类型是由次序关系所定义的结构。次序关系是两个元素x，y之间的一种关系，它通常表述为“x小于或等于y”，我们把它一般地表示为xRy。这里完全不假定，这个关系把两元素x，y中的一个作为另外一个的函数而唯一决定下来；它满足下列公理：（a）对于任何x，我们有xRy；（b）由关系xRy及yRx可推出x=y；（c）由关系xRy和yRz可推出推论xRz。具有这类结构的集合中一个明显的例子是整数集合（或者实数集合），其中记号R用记号≦来代替。但是，必须注意我们在公理中并没有把下面这个性质包括进来，而这个性质似乎和通常讲的“次序”观念是不可分的：“对于任何一对元素x和y，或者xRy或者yRx成立”。换言之，我们并不排除x与y是不可比较的情形。乍一看来，这似乎有点自相矛盾，但是，我们很容易举出非常重要的序结构的例子，其中出现这种现象。比如说，如果X和Y表示同一集合中的子集，关系XRY解释为“X包含在Y中”就是这种情形；还有x和y是正整数，xRy意思是x整除y的情形也是如此；还有，假如f（x）和g（x）是在区间a≦x≦

b上定义的实值函数，而f（x）Rg（x）解释为“对于所有x，f（x）≦y（x）”也是这种情况。这些例子也表明，序结构所出现的领域是多么复杂多样，从而指出为什么研究序结构有那么大的兴趣。

我们还需要谈几句第三大类型的结构，也就是拓扑结构（或者拓扑），它给由我们空间观念引出的邻域、极限和连续性等直观概念提供了一个抽象的数学表述。对于这样一种结构的公理的表述所需的抽象程度肯定比上面的例子要高得多；因此，由于本文的特点就不得不请有兴趣的读者去参看专门的著述。

（五）数学工具的标准化

我们可能已经讲得足够多，使得读者对于公理方法有一个相当精确的观念。显然由前面所讲的，它最突出的特色就是产生高度的思维经济。“结构”对于数学家来说是工具；一旦他在他所研究的元素当中认出某种关系，它们满足已知类型的公理，那么，他马上就有属于这种类型结构的一般定理的整个武库供他随意使用。可是已往他就不得不亲手创造解决他的问题的武器；而这些武器的威力大小就要靠他个人的才能，并且由于他当时研究的问题的特殊性，往往还要加上许多限制性的假定。我们可以这样说，公理方法就是数学中的“泰罗制”[8]。

然而，这是一种很不恰当的类比；数学家不是象一架机

〔8〕泰罗制：利用“科学”方法提高劳动效率的劳动管理方法。——譯者注

器那样工作，也不是象工人在传送带旁那样干活；我们不能过分强调在他的研究工作中特殊的直觉所起的重要作用[9]，这种直觉并非通常所说的感官上的直觉，而可以说是（在所有推理之前）对于正常行为的一种直接的预见，他好象有权预期数学的结果，由于他同数学存在长期的认识，使得他对它们的熟悉程度就跟他对现实世界的凡人的了解一样。现在，每一种结构都带有自己一套语言，充满着许多特殊的直观参照物，它是由上面所描述的公理分析得出结构所依据的一些理论推导出来的。并且，一位研究工作者在他所研究的现象当中忽然发现了这个结构，就好象把他的直觉思路突然一下子调整到一个没有料到的方向，或者好像在他漫步的数学的风景区中投下一束新的光线照亮了这块地方。作为一个古老的例子，让我们回想一下在十九世纪初期由于虚数的几何表示所带来的进步。对于我们来说，这也就相当于在复杂集合中发现了一个众所周知的拓扑结构——欧氏平面的拓扑结构，连同所涉及的各种应用的可能性。在不到一个世纪期间中，它经由高斯、阿贝尔、柯西和黎曼的努力，给分析注入了新的生命。近五十年来，这种实例不断地出现；希尔伯特空间，或者更一般的函数空间，在元素不再是点而是函数的集合上建立起拓扑结构；亨塞尔的p—adic数理论以更为令人惊讶的方式使得拓扑侵入一直到当时离散的、不连续性占统治地位的领域例如整数集合中去；哈尔测度，它极大地扩展了积分概念的应用范围，而且使连续群的性质能够得到非常深刻的分析；所有这些都是数学进展中决定性的事例，也是一些转折点，在这个转折点天才的灵机一动，通

〔9〕正如所有直觉一样，这种直觉也经常出错。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com