

“新颖”为什么比“正确”更重要？*

文小刚[†]

(美国麻省理工学院物理系 美国 坎布里奇 MA 02139)

2015-03-23 收到

† email: xgwen@mit.edu

DOI: 10.7693/wl20150508

“我想用量子纠缠来统一基本粒子和引力，用的是一个全新的思路，一个代数的思路，和几何分析的思路完全不同。也可以说是想用代数的眼光来看几何分析，用代数的眼光来看纤维丛。过去爱因斯坦把我们引入了用几何分析眼光看世界的思路，它主导了物理学一百多年的发展。但我觉得几何分析的视角没有抓住我们世界的本质。我们应该用代数眼光看世界，理解世界。”

——文小刚

1 “用孩子天真的眼光来看世界”

《赛先生》：您读博士时候的导师是当今物理学界大名鼎鼎的天才人物 Witten，他还曾拿过数学界的最高荣誉“菲尔茨奖”，作为学生，您怎么看待导师的传奇？

文小刚：我导师不仅数学非常好，物理也非常好！可以说，他能同时精通这两门学科的思考方法。他把自己称作数学物理学家。一般来说，用物理的想法看数学会很不自然，用数学的想法思考物理也会别



美国物理学家、数学家 Edward Witten

别扭扭的。但正因为两者思考方法如此的不同，所以当它们碰上的时候，就能互相启发。比如说，有些东西在物理上很容易解释，可用数学怎么都看不清楚，这样可以用物理的思路来诱导数学的发展。因为当用数学把物理上容易解释的东西严格地做出来的时候，对数学就会有很大的促进。有些数学上看得很清楚的东西，物理学家以前则没想到，也想不到，那就可以把数学引入到物理中去，对物理产生很大的推动。Witten 在这两个方面都做得很好。但他贡献最多的，我觉得是用物理直觉很大程度地推动了数学的发展。因为他在物理上的很多直觉，使他能看清楚数学家看不清楚的问题。所以凭借这些物理直觉，使得他在数学上做出了很多新的贡献。

当一个人站在不同领域交界处的时候，常常容易出成果。因为对两个领域都很熟悉，所以看问题时便能融合两者的特点和优势，更容易做出更有价值的工作。我觉得 Witten 十分具有这种优势。

《赛先生》：您怎么看待广义相对论

和量子场论的一致性问题的呢？

文小刚：也许我们可以详细讲讲这个问题。广义相对论是一种规范理论，它是一个非常成功的经典理论，但它也有重大缺陷。这就是广义相对论和量子力学的基本观念有不可调和的冲突。

杨振宁先生最近在 *Physics Today* 上发表了一篇文章(《赛先生》已于2014年12月4日刊出此文中译版)，他回忆了有关规范理论的一些历史，指出规范场的思路是爱因斯坦首先提出来的。

其实最简单的规范场是电磁学，麦克斯韦方程就是规范场的方程，不过那时大家不那么想。是爱因斯坦在广义相对论中，首先用那种局部相对的观点来看问题，把规范概念、相对论的概念提出来，进而发展了引力时空理论。数学家外尔(Hermann Weyl)非常欣赏爱因斯坦的思路，他说既然在相对论中，局域方向可以是相对的，局域单位也可以是相对的。比如说两个地方有两个局域的方向，它们一样或不一样，要比。但要比不同地方的两个方向，要把一个地方的方向，变换到另一个地方，才能比。这就

* 原文来自微信公众号《赛先生》。2014年底，文小刚教授在清华大学高等研究院接受了《赛先生》记者潘颖的专访。本刊发表时，文小刚教授对文章有一些修改和补充。

是相对论中方向的相对性。外尔说，每个地方也都有局域的单位(就像每个国家都有自己的货币)。两个地方的量一样不一样(如在两个国家的存款一样不一样)，要把一个地方的量，通过比较单位，变换到另一个地方，才能比(要把一个国家的存款值，通过汇率，变换到另一个国家的，才能比)。所有不同地方的单位比值，可以用一个场来描写，这个场就是规范场(所有不同国家间的汇率就是规范场)。所以规范(gauge)的意思就是单位(unit)的意思。既然方向的相对性可以导致引力理论，外尔觉得单位的相对性可以导致电磁理论。但仔细研究，发现不行，不成功。后来发现外尔的想法大方向还是对的：电磁场实际上不是源于局域单位的相对性，而是源于量子力学中局域相位的相对性。这样，电磁场引力场就跟数学里的纤维丛完全联系起来。这种关于电磁力和引力起源的观念，很几何也很漂亮。方向的相对性给出引力，相位的相对性给出电磁力。于是，从某种程度上讲，一个物理的新时代就开创出来了，就是用几何分析的思路来描写物理、研究物理，用几何分析的眼光看世界。

实际上，量子场论和广义相对论都是这种思路，但是这个思路跟量子力学有一些冲突。最著名的就是，为什么引力无法量子化(即搞不出量子引力)?虽然纤维丛黎曼几何理论很漂亮，但它不一定是描写我们世界的正确理论。那它跟量子力学的

冲突在哪里?我们知道，几何分析与牛顿的微积分，是一类东西。但是量子力学是线性代数，是代数那一类的东西。几何分析与代数在数学上是很不一样的东西，有点凑不在一起，所以就会惹出问题。

我想用量子纠缠¹⁾来统一基本粒子和引力，用的是一个全新的思路，一个代数的思路，和几何分析的思路完全不同。也可以说是想用代数的眼光来看几何分析，用代数的眼光来看纤维丛。过去爱因斯坦把我们引入了用几何分析眼光看世界的思路，它主导了物理学一百多年的发展。但我觉得几何分析的视角没有抓住我们世界的本质。我们应该用代数眼光看世界，理解世界。那些几何分析方法很漂亮，而且在历史上，它们很大程度地促进了物理学的发展。但现在，到了用新眼光看世界的时候了。

我讲的代数思路是一个非常根本性的东西，就是完全不用几何流形来看世界，完全从代数纠缠的角度看世界。我想要把几何流形的观念用代数纠缠搞出来。因为代数就是一大堆的0和1，怎么搞出一个连续的几何流形的东西，是挺大的挑战。这就是量子引力的挑战。但代数思路慢慢发展着，好像越来越有戏了，除了广义相对论还没搞

出来以外，其他(如规范场、费米场)都能做出来。某种程度上讲，第二次量子革命有多根本，就体现在这里，我们的世界不是几何世界，而是代数世界，是0和1这种根本特点是离散型的东西，其纠缠又给了我们一个类似于连续几何的印象。实际上，几何跟我们日常生活的体验更接近，它是更接近于牛顿的经典看法，所以几何容易被人接受。而代数是量子力学的方法，用代数方法看世界更难被接受。

2014年11月去世的数学家格罗滕迪克(Grothendieck)的最大贡献，就是引入代数几何，他用代数来看几何，是真正的代数几何的鼻祖。我听别人这样介绍过，实际上我是这方面的外行，如果你问一个数学家，他也许会说得更清楚。从欧拉开始，几何学传统的观念已经深入人心了，所以格罗滕迪克发现和发展的这一全新的眼光，是了不起的。他不是出于物理的动机来获得这种思路的，他觉得用代数眼光去看本来就对，是最自然的眼光。



已故数学家 Grothendieck

1) 量子力学中不能表示成直积形式的态称为纠缠态。举例说明：考虑两个体系(如两个比特)，每个体系有两个态，0和1，那么两个体系总共就有四个态：00、01、10、11。在量子力学中，我们有新的形式存在——这些态的叠加态。如00+11是00和11的“混合态”，00-11是另一个00和11的叠加态，00+01+10+11是00、01、10和11的叠加态。00+11和00-11都是纠缠态，因为其中第一个体系，既不是处于1态，也不是0态，甚至不是0和1的任意一个叠加态。其第一个体系是处于1态还是0态，和第二个体系是处于1态还是0态有关。这就是量子纠缠。00+01+10+11不是纠缠态，因为其中第一个体系总是处于0和1的一个叠加态，x态，x=0+1，和第二个体系无关。第二个体系也总是处于0和1的一个叠加态，x态，x=0+1，和第一个体系无关。这是因为xx=(0+1)(0+1)=00+01+10+11。纠缠态之间的关联不能被经典地解释。所谓量子纠缠指的是，两个或多个量子系统之间存在非定域、非经典的强关联。量子纠缠涉及实在性、定域性、隐变量以及测量理论等量子力学的基本问题。

相比之下，物理学家们很想用几何的眼光看世界。现在他们开始用代数的眼光，用量子眼光看世界。但这是没办法的办法，不得已的办法，是被自然界硬逼着这么去想的。因为我们以前的几何分析观念，在微观尺度上，跟自然界格格不入，已被实验否定。被逼到了这份儿上，才把量子力学(代数眼光)



作者年少时喜爱的科普书籍

逼出来。而格罗滕迪克这样的大数学家，没人逼他，他自己自然而然就想到这。

格罗滕迪克一个重要的经验就是“用孩子天真的眼光来看世界”²⁾，他认为自己之所以能做出这些伟大的工作，最深刻的经验就源自这儿。所以，学得太多的话，做事情就有很多的范式和框框，想问题都

是按被教授的东西来想的。一个人头脑里不必要的传统和束缚太多，自然而然就会沿袭和跟从前人，就不容易创新。所以我特别欣赏格罗滕迪克的这句话，要像小孩儿一样天真，没有任何思想包袱，这样才能全心全意地感受到最真实的世界。不然，人所感受到的都是条条框框描摹的不真实的世界，触及不到世界最本质、最根本的东西。我还没有达到格罗滕迪克的水平，但我看了这些后还是挺有感触的。

当然，被教授的知识很重要，因为要是没有这些知识，有

时候可能连边儿也够不着。科学是有其底线的，是要能够被证伪的。所以说，做科学要冲破条条框框，要创新，要去开拓未知世界，但做什么问题，总得着点儿边际，能够被证伪。如何平衡这两方面，来做创新工作，来突破对已知世界的极限，这都是科学家要掌握的东西。

2 “猜”的学问

《赛先生》：您曾在专著里提出过“新颖比正确更重要”，这句话应该如何理解？

文小刚：这里我想强调的就是要“猜”。当一个未知的事物出现的时候，我们怎么去了解它，甚至连描写它的语言都没有的时候，我们该怎么思考呢？一个做物理的人怎么能想到这些全新的东西？这就要敢“想”敢“猜”。我经常说，要有非逻辑的思考，要有天马行空般的联想。多猜一猜，也许慢慢就能拼凑出来，是怎么一回事儿了。

很多中国学生由于高考的原因，受到的科学训练非常严格，但都严格在计算上，就是题已经出好了，你给我算出来。学校教育就是告诉学生一大堆知识并把它吸收掉。学生都是在吸收知识、消费知识，做计算，然后掌握知识。学校不太注重让大家去“胡思乱想”，去

2) “In our acquisition of knowledge of the Universe (whether mathematical or otherwise) that which renovates the quest is nothing more nor less than complete innocence ... Although so often the object of our contempt and of our private fears, it is always in us. It alone can unite humility with boldness so as to allow us to penetrate to the heart of things, or allow things to enter us and take possession of us. This unique power is in no way a privilege given to ‘exceptional talents’ — persons of incredible brain power (for example)... Yet it is not these gifts, nor the most determined ambition combined with irresistible will power that enables one to surmount the ‘invisible yet formidable boundaries’ that encircle our universe. Only innocence can surmount them...” — Alexander Grothendieck in *Récoltes et Semailles* (《收获与播种》)。

“然而，不管格罗滕迪克的成就多么杰出，他将自己的创造力归因于一些很卑微的东西：一个孩子的天真而热情的好奇心。‘发现是这个孩子的特权’，他在《收获与播种》(第1页)里面写道，‘他不会由于老是犯错、看上去像个傻瓜、不认真或者不像别人那样做事情而去害怕。’对于发现和创造的工作，格罗滕迪克将天资和技术能力放在孩子希望明了事务的单纯渴望次要的位置上。这个孩子存在于我们每个人身上，尽管它可能被边缘化、忽视或者淹没了。‘我们每个人都可以重新发现，发现和创造究竟是什么，而没有人可以发明它们’(《收获与播种》，第2页)。”

“这种孩子式的好奇心的一个方面是对于真理的严谨忠诚。格罗滕迪克教给他学生写数学文章时的一条重要戒律：永远不要说错误的东西。几乎或者本质上正确的陈述是不允许的。”——摘自《仿佛来自虚空》

“猜”。但是做研究，“猜”是特别特别的重要。如果仅凭推导演算的话，那就完蛋了。为什么呢？因为推导演算什么，总得有个数学框架，有个什么东西供大家去推导演算，这些都是在以前的框架里头琢磨，所以光推导演算的话就跳不出那个框框来，得不到新的东西。

像我前面提到的几次物理革命，都是全新的东西，理论提出以前，连名词、语言都没有，什么都没有，该怎么去想，怎么推导演算，这是一个基本问题。其实我也不知道该怎么想，经常做得也不是太好。但我觉得，就算什么都没有，也能“猜”，也能“想”。这是非逻辑的、片断的、互相矛盾的思考猜测。但吭哧吭哧这么搞，也许最后真能拼凑点什么出来。做物理创新，需要在什么都没有的情况下，还能够去做工作。

我强调新颖比正确更重要，是强调大胆猜想，对不对以后再说。如果光寻求正确的话，不容易跳出原来的框框。如果你想新东西，哪怕它不正确，哪怕自相矛盾，说不定以后修修补补能把这矛盾解决掉，也许就能有个全新的东西跑出来。而且一般来说，就算想错了，事后大家查一查，发现哪里错了，也容易修正。但如果连个想法都没有，那就真什么都没有，也就无所谓修正不修正了。

《赛先生》：这也是您教导学生的方法吗？鼓励大家去“猜”？

文小刚：我是鼓励他们“猜”，但不太容易。因为这种思路待学生到了研究生阶段已经比较难培养了，实际在小学的时候就应该这么做。至于带研究生，我主要还是教他们一

些研究的经验，鼓励学生一起讨论问题，希望在思想互动的过程中，让他们悟到和学到我的一些思考方法。其中关键是，脑子里要有很多很多对自然世界的疑问，这点很重要，有了这些困惑和问题，才能常常去猜、去想可能解决问题的方法。因为这里面必定蕴含了很多矛盾，得去试着把它们凑在一起。不一定要用推导的办法来解决这些矛盾，主要是得有东凑凑、西凑凑，东猜猜、西猜猜的这种思路。但这跟中国现在的教育方式有很大冲突。

我是在“文革”中上的小学、中学，种种机遇，碰巧培养了这样的思路。我喜欢看各种各样的书，但在那个时期，没有什么书可看。科学书籍就两种，《十万个为什么》和《科学小实验》，这两套书我看了不知道多少遍。这类书对一个小学生来说还是比较吃力，它讲了很多有关自然现象的知识，但真正的科学的背景和原因我并不知道，所以一堆东西就这么乱七八糟塞进了脑子，各方面也凑不到一起。当时，还按《少年晶体管收音机》自己做收音机，锻炼了很好的动手能力。³⁾

到我上大学的时候，开始读各种各样的科普文章，也是乱七八糟的东西凑在一起，脑子里就跟一锅浆糊似的。总是觉得一锅浆糊不好，就会想着怎么把它捋一捋，顺一顺。科学知识没学到家的时候，就是自己胡诌一通，硬凑到一起。我一天到晚都在猜猜想想，得到

了很好的锻炼。这个“拼凑”的过程特别重要。反倒是假如掌握的知识都齐了，思维可能就僵化了，“猜猜想想”的锻炼也没了。课本上把什么事情都解释了，如同把“猜”的机会剥夺了，一看到这个现象就知道是这个知识解释，看到那个现象就知道用那个知识解释，自己便不再去想了。所以，在学习课程之前，碰到问题和现象，自己先去想想，想法不见得对，但思考所经历的过程特别重要。一旦脑子里想过这个问题，有了自己的疑惑，就会知道学一门课到底是要解决什么问题，这样，听课效率会很高。这是我自己在学习中一条很重要的经验，我称之为“零碎学习”，就是零零碎碎、莫名其妙搞一大堆东西，然后自己试着拼拼凑凑，猜来猜去。上课的时候也按着安排上，课堂知识能解释很多疑惑，但还是有很多其他东西可以课后继续猜啊想啊，总之要养成“猜想”的习惯。

《赛先生》：可能每个人学习过程中都有过类似的体验。

文小刚：对，都有，但现在我们的



曾给作者少年时代以启迪的科普书籍

3) 《一个非文艺青年的阅读体验》(<http://www.jianshu.com/p/97e191008728>)。

中小学教育把这个忽略或者说扼杀掉了。我觉得我这一辈子就是在一大堆的知识里，努力地把它“拼”到一起。我们会发现很多课本上的东西都说得冠冕堂皇的，实际上如果真的深入追究的话，很多现象并不像书上解释的那样天衣无缝，它有很多内部的问题在里头。所以这些问题会变成新的思考方向，又塞到脑子里，使人想办法补上欠缺的东西，直到这个理论真的完成了。如果课本知识讲得特别完美的话，反倒完蛋了，学生就会觉得没什么好做的了。如果老师上课的时候告诉学生，书上的知识只解释了一部分问题，还留了更多的问题，那么学生课后就会带着新问题继续去思考，使得人类知识可以进一步往前发展。但有些老师觉得，自己有疑问，有不知道的东西的话，脸上挂不住，知识是完美的对学生才好，实际上这是不对的。老师除了传授学生知识，还要传授疑问，教导学生持续想下去。如果从小养成不断发现问题的思维习惯的话，自然而然较为容易做出开创性的研究工作。学习的目的不仅是为了掌握知识，更重要的是积累问题，激发猜想，来感知未知世界。

《赛先生》：在这一点上，您觉得中国的学生和国外的学生差别大吗？

文小刚：差别挺大的。中国学生基础很好，知识掌握得很深很细，这点毫无疑问。但问题是，中国式教育把学生胡思乱想、敢想敢猜的机会剥夺了，把知识切成一块一块的，然后一勺一勺喂，反复机械练习，没给学生机会自己去想，去判断，去疑惑，去提问。

相比之下美国的教育就很不

同，它一个学期里有很多研究项目(project)，这个project需要学生从提什么问题，怎么组织信息和知识，怎么论证，怎么说明等一整套东西，都要自己完成。

我见过一个挺好玩的project，让学历史课的高中生研究美国总统怎么做战争准备。就是假设自己是美国总统，要发动战争，到底该怎么办？那么各种各样的东西就要自己想了：什么叫做战争准备，该怎么动员，是不是要在舆论上做些什么工作，是不是要在生产上做什么工作呢？……老师不会提前告诉学生，要自己去想。进入这种情境后，就会真的去设想种种过程，以及战争之后怎么办，什么事情重要，要怎么去做，然后查查历史上像罗斯福总统是怎么做的之类的，再来和自己想的相比较。这不是我们有一个范式摆在那儿的解题教育，是启发性的。所以美国教育是有优势的，它培养的学生更能独立思考。

从我接触的研究生来看，美国或其他外国研究生，总体上他们自然而然就能达到那种状态，但是很多国内的学生，要老师领着，他脑子里没有问题。要是给他一个问题的话，他一个礼拜就能解出来，但要不给他问题的话，他就发现不了需要解决的问题。

3 发展全新方法看问题更重要

《赛先生》：您曾经说过，最好的科学不是解决问题。

文小刚：对，是这样。不过这其实是科学政策的问题。中国有一个很不好的现象，就是把科学和技术混起来，很多所谓的科学政策和技术政策都是不分的，结果相当于政策

都是技术政策而不是科学政策。技术问题或工程问题是以目标为导向的，就是说我有一个很明确的目标，我要达到我的目标，这是很有用的思路，但这是技术或工程上的思路。

但科学目标是迥然不同的，它不是解决问题，是开拓知识的疆界。我们除了知道的东西，还有很多不知道的东西，甚至我们不知道还有哪些是我们不知道的东西。对知道不知道的东西，我们还可以去攻关，但还有不知道不知道的问题呢？所以，科学更重要的创新就在于提出问题，要开拓新知识就要能够提出新问题，但这也不是那么简单的。这就是说，如果你有问题的话，说明你已经是以前知识的范畴内了；而有的时候，问题都提不出来，因为不知道那是什么东西，迷茫得连提问题的语言都没有。这跟我之前讲的很有关系。在这个状态下，我们该怎么继续往前发展，怎么继续做工作。

这就要说国内的政策环境了。因为国内很强调某一个人把什么问题解决了，让公众感觉是很了不起的科学工作。这确实是一项了不起的工作，但还有更了不起的就是提出问题。因为大家想问题都有一种思考方式，有时候会有人以全新的角度全新的办法来看问题，这一类的进展我觉得更重要。因为遇到复杂的问题，有时候需要全新的思考方式来解决它，这种新的解决方式非常重要。而解决问题是纯技术活，虽然也难，但解决问题的方法还是在老框架下做的话，这种工作我并不觉得有多重要。比如说解决哥德巴赫猜想本身可能并不那么重要，更重要的应该是，他解决问题的方法是否有很大的借鉴性和普适

性，能否用到其他地方去继续解决问题。

所以说不应该把科学目的当做是解决问题，科学更重要的是发展一套全新的思路，全新的看问题的方法。

《赛先生》：不过好的科学是一定能解决问题的，不能解决问题就不是科学。除了解决老问题，还能给出新的预言。

文小刚：对，这我很同意。如果用新的方法解决了原来的一个难题，那么往往这个新方法还有很多其他

的应用。也就是说，它会给出其他的预言，给出一些新东西。比如我曾举过的例子，麦克斯韦方程的“以太说”一开始做不出来，觉得什么媒介都给不出麦克斯韦方程来。后来，用弦网的量子纠缠思想，把麦克斯韦方程搞出来了。结果发现一石二鸟，电子也做出来了。以同样的思维方法，不仅把麦克斯韦方程解决了，狄拉克方程也解决了。原来还觉得麦克斯韦方程搞了半天都搞不出来，狄拉克方程想都不要想。结果新的思维方法，不仅把前者搞出来了，后者也搭班车一通都

解决了。所以说，如果光有一个方法把麦克斯韦方程解决了并不是太重要，但量子纠缠这种新思路很重要。如果有一个新思路新方法把原来想解决的东西解决了，那它还将解决更多的问题，有更多的理解，自然而然地拓展了知识的疆界。

总而言之，用科学来解决问题很好，但如果总是用老想法老思路解决问题就不那么好了，我更关心解决难题的方法是不是新的，还有没有其他的推广应用，这比解决难题本身更重要。



ILOPE-2015
www.ilope-expo.com
垂询电话：010-8460 0344

北京国际光电产业博览会 暨
第二十届中国国际激光·光电子及光电显示产品展览会
北京·中国国际展览中心（三元桥） 2015年10月14日-16日

主办单位 中国国际展览中心集团公司 中国光学光电子行业协会	支持单位 中国工业和信息化部 中国物理学会 北京光机产业基地 韩国光产业振兴会	中国科技部 中国兵器工业集团公司 中国图形图象学学会 财团法人光电科技工业协进会	中国科学院 北京生产力促进中心 日本光产业技术振兴会 新加坡光学与光子学学会
承办单位 中国光学光电子行业协会 中展集团北京华港展览有限公司	展品范围 激光与红外产品及设备 光电材料与元件	光电显示及照明 光学元件与材料	LED & OLED & FPD 光通讯设备