

## 杨振宁先生研究风格对我的影响

○翟 荟（1998级物理）



杨先生指导翟荟科研工作

2021年，杨振宁先生百岁华诞之际，清华大学高等研究院汇编了《杨振宁先生百岁华诞文集》，呈现了清华师生与杨先生之间的动人故事。现编发文集中高研院翟荟教授文章，以深切缅怀杨振宁先生。

二十年前的那个暑假，当时还是大三学生的我来到刚刚成立的高等研究中心，开始暑期的科研实践。这里是我心目中神圣的科学殿堂。一个午后，我正在楼道里用共用复印机复印一篇论文，这时，一位长者出现在我的身后，也准备来复印一份文件。正当我准备让他先用时，他示意我先复印完，并在等待的时候开始和我随意地聊天。在这简短的聊天即将结束时，他对我说：最近有个新发表的实验很有意思，你去看一看，暑假回来和我讨论一下。就是这个看似命运之神信手安排的偶遇，开始了我和杨先生的师生缘。

二十年后，我写的教材《超冷原子物理学》（*Ultracold Atomic Physics*）在剑桥出版社出版了。在这本书的前言中，我

写道：“I sincerely thank my thesis advisor, Professor Chen-Ning Yang, who brought me into the field of ultracold atomic physics nearly 20 years ago. As Professor Yang always said, it is a good luck for someone to grow up together with a young field. His taste in physics and style of doing research, his guidance and encouragement, have had an important impact on my scientific career. This book is a special gift to Professor Yang's coming one-hundred birthday.”

我将此书送给杨先生，他给我的回信中写道：“Your book follows your approach to physics.……”

my approach to physics?我其实并不很清楚，在杨先生的心目中，我研究物理的方式究竟是什么样的，甚至连我自己都说不清楚。然而，这句话是一个老师对学生莫大的鼓励。对于一个科研工作者来说，能有自己的研究方式和风格，是何其幸运的。

细细想来，我做研究的方式，难道不正是多年来在杨先生的潜移默化之下，在不断学习、体会，甚至可以说是模仿先生的研究风格中，逐渐成型的吗？于是我想，究竟应该怎样概括杨先生的研究风格，怎样总结杨先生研究风格对我的影响，怎样用这样的研究风格去继续影响我的学生，使之传承下去。

然而，我苦思良久，我想我回答不了这个问题。

正如你去读唐诗宋词，你很难简单地概括李白、杜甫或是苏轼的文风，唯有你

用心去读他们留下的名著名篇。我想，如果有学生问我，如何了解、学习杨先生的研究风格，我会建议他们去认真地读一读杨先生写的那些经典的科学论著，关于非阿贝尔规范势、关于伊辛模型、关于量子气体、关于非对角长程序、关于磁通量子化、关于不可积相因子……当你找一大段空余时间，忘记了周边的一切，全身心地读这些文章，重复推演文章中的计算，你会感到如沐春风、妙不可言。那里既充满了物理模型中数学的优美简洁，又不是脱离实际物理系统的空中楼阁。如同你在江南园林之中，当你正醉心于数学之美时，前方突然联系到物理实验的现实；又当你正困惑于具体实验现象时，不远处突然巧妙地抽象出理论模型。这种感觉，仿佛是置身于实验和数学之间的“拉格朗日点”，那是一种平衡而优雅的美。

除了这个建议以外，我还能说什么呢？我想我可以谈一谈杨先生说的三句话，这三句话对我来说印象最深刻，影响也最大。

### “进入一个有发展的领域”

“进入一个有发展的领域。”这句话是关于研究方向的。

这句话具有丰富的内涵。下面从几个不同的角度，漫谈我自己对这句话的体会。

杨先生强调年轻人要进入“有发展的领域”，而不是“最难的领域”或者“最具挑战的领域”。年轻人常常雄心勃勃，要做“大问题”。但是，科学发展是有其自身规律的。试想如果一个18世纪前叶的理论物理学家，一定要去挑战牛顿力学，致力于发展“超越牛顿力学的物理学”，即便他再聪明、再努力，恐怕他也是很难

有机会成功的。

什么样的领域是“有发展的”？往往一个新的研究领域是有发展的。杨先生常说，一个年轻人如果能和一个新的领域一同成长，那是一件非常幸运的事情。他也常举例，他年轻时赶上了粒子物理发展的黄金时代，同时，也是统计物理大发展的时期，因而在这些领域都作出了很重要的贡献。

同时，杨先生也说，一个人要不断保持对新生事物的兴趣。20世纪80年代高温超导发现时，杨先生已经是60多岁的功成名就的大物理学家了，他还对此非常感兴趣。他针对Hubbard模型开展研究，提出了 $\eta$ -配对和Hubbard模型 $SO(4)$ 对称性等理论，产生了深远的影响。近年来，我对机器学习用于物理学研究非常感兴趣，尝试着做了一些工作。我告诉杨先生，就得到了他很大的鼓励。

一个新的领域是不是一定就是“有发展的”，这也是一个仁者见仁、智者见智的问题。没有人有准确预言未来的能力，这甚至就像你看着一个襁褓中的孩子，去判断他长大以后是否能大有作为。尤其是在一个新的领域或研究方向刚刚萌芽时，判断它是否在未来有发展，就很大程度上取决于个人的眼光和品味（taste）。比如1995年冷原子物理刚刚出现时，其实很多大物理学家并不看重这个研究方向。因为当时研究的问题主要集中在对“玻色-爱因斯坦凝聚”这一现象的研究，而很多人认为这个现象已经非常清楚了，再研究也没有新意了。但杨先生就非常看重这个方向，积极鼓励我们进入这个新兴的方向，并亲自在清华作报告，介绍最新的发展。20年后，冷原子领域已经取得了蓬勃的发

展，其研究范围已经远远超出了“玻色-爱因斯坦凝聚”这一现象，其丰富的物理内容已经使之成为量子物质研究中不可或缺的一部分，不断地揭示新的物理，并影响到其他研究领域。这都证明了当时杨先生的眼光和品味。

当然，一个新的领域不能等同于一个有发展的领域。有些新的领域不一定能有很大的发展，也有些“老的领域”在合适的机会下会有新的发展的机会。例如20世纪70年代中数学物理中对一维可解模型做了很多研究，其中最著名的就是杨先生和巴克斯特（Baxter）分别独立提出的杨-巴克斯特（Yang-Baxter）方程了。当时，这些研究纯粹属于对理论模型的研究，属于数学物理的范畴。但2000年以后，在冷原子体系中可以实现这些一维模型，因而使得对一维可解模型的研究不仅是纯粹的数学物理的研究，而是和实验有关。这导致了这一研究方向的新的一轮发展。当时，杨先生虽然已经快90岁了，还是以很大的热情投入了这一轮新的研究中。特别是他发现，对于一个多分量费米气体来说，分量数目越多，其性质越接近一个玻色体系。这一理论预言后来很快被佛罗伦萨的实验组证实了。

有朋友曾经问我，杨先生既说要做有发展的领域，又说要做个人感兴趣的领域，这两句话之间是不是有矛盾，我的回答是“没有”。因为杨先生还说过，一个人的兴趣范围不要太狭窄。这三句话放在一起看就完整了。也就是说，一个人要保持比较宽的兴趣面，这样在个人的兴趣面里，至少可以包括一两个有发展的方向，这样就可以把个人兴趣和研究领域的发展前景统一起来。

### “宁拙毋巧”

“宁拙毋巧。”这句话是关于研究态度的。

杨先生在很多场合题字时，特别是他给孩子们、年轻人题字时，都是题这四个字。杨先生认为这四个字对于当今中国的年轻一代非常重要。

我想这四个字有两层意思。一层意思，是不要投机取巧，更不要弄虚作假，强调做学问必须诚实。另一层意思，是说做学问没有捷径可走，必须脚踏实地，从最简单的事情开始，一步一个脚印。杨先生在《我的学习与研究经历》一文中，给学生的建议，其中有一条就是：“永远不要把所谓‘不验自明’的定律视为是必然的。”

我也常常和我的学生们分享一个体会：很多时候我们面对复杂的问题无从下手，是因为我们对简单的问题理解得不深入。对于很多简单问题，我们想当然地接受了其中的结论，认为这些结论是“不验自明”，而没有去打破砂锅问到底，去深究其中的道理。或者说：我们之所以苦恼于得不到巧妙的结果，是因为我们在“拙”字上面花的功夫还不够。

我们看杨先生的很多文章，虽然最终的结论都极具创新性，开拓了人类知识的边界，但如果我们看得到这些结论的过程，都是通过一步一步扎实的推演得到的。所以，我们读杨先生的文章，不仅要看到最终结论的“巧”，更要看到达到这个结论过程中的“拙”。同样是创新性的工作，杨先生的文章读起来让人有“万丈高楼平地起”的踏实感，而另一类文章读起来，则给我以“天马行空”的飘忽感。我想，这是完全不同的两种研究风格。

## “懂一个东西的标准就是会做推广”

“懂一个东西的标准就是会做推广（generalization）。”这句话是关于研究方法的。

记得我在杨先生指导下读博士时，有一段时间曾对杨先生关于Hubbard模型 $\eta$ -配对的工作很感兴趣。有一次去找他请教，他对我说，你要是真正懂一个物理理论，就要能对它作出推广。你能推广一个物理理论，才说明你真的懂了这个物理理论。我不晓得杨先生是否在其他场合说过这样的话。杨先生在《我的学习与研究经历》一文中，给学生的另一条建议是：把问题扩大往往是一个好的策略。（Putting a problem in a generalized context is often a good strategy.）和这段话有类似的含义。

杨先生的这句话当时就给我留下了非常深刻的印象，并成为我此后研究中理解问题的准则。这句话就像金庸小说中绝世武功中的秘籍口诀一样，哪怕有一点领悟，都会豁然开朗，武功精进。我后来做的工作中，有一些我自己觉得还不错的，都可以从中看出这句话的影响。

为什么我认为这句话很重要？因为对于一个理论，可能在一个情形（context）下面，已经发展得很成熟了，但如果要推广到另一个不同情形下，很多表面的东西变了。如果我们要成功地作出推广，就要提炼出这个理论中最本质的东西。所以，推广的问题，实际上是提炼本质的问题。因此，只有当我们能提炼出本质了，才是真正懂了。反过来，把一个理论作出推广，也是提炼其本质最有效的方法和手段。物理学所追求的，正是对纷繁复杂的现象背后统一普适的描述。因而，我们越是能提炼出一个理论的本质，将其推广到

更多、更一般的情形之下，做出的工作就越重要。

纵观杨先生的工作，我们也可以更深刻地体会这句话的重要性。杨-米尔斯非阿贝尔规范场论是杨先生最重要的成就之一。这一理论成为后来标准模型的基础，可以当之无愧地列入人类物理学中最基础的少数几个理论之一。然而，杨-米尔斯理论是对麦克斯韦理论的一个推广，能做出这一推广，可以说是杨先生反复琢磨透了麦克斯韦理论，最后“真正懂了”。这一推广提炼出规范对称性这一核心。但麦克斯韦理论是阿贝尔理论，从阿贝尔理论到非阿贝尔理论，具体情形变了，因而杨-米尔斯的这个推广将规范理论的数学形式更一般化了。

杨先生的另一个工作杨-巴克斯特方程是基于对一维可积模型的严格解。对于这类模型，Bethe最早提出了一种被称为“Bethe Ansatz”方法，后来Lieb等人利用“Bethe Ansatz”方法解决了一维相互作用玻色子问题。之后，杨先生开始利用这个方法求解费米子问题。尽管这个研究似乎可以看成同一个方法从玻色子到费米子的推广，但正是这个推广，发现了可积模型中一个非常优美的数学结构。后来，澳大利亚国立大学的巴克斯特教授在求解另一个统计物理模型中，也发现了类似的结果。后来人们意识到，这是可积模型中的一个普适而本质的数学结构，后来被称为杨-巴克斯特方程。这一发现不仅对后续可积物理模型的研究有重要意义，在数学的很多分支中都产生了重要的影响。

所以，即便是如此具有创新性、有深远影响的工作，也不是无中生有、从零开始的。



## □深切缅怀杨振宁先生

以上所谈的三句话，可以说是二十年來我从杨先生那里学到的最重要的东西，分别从方向、态度和方法三个方面，时时刻刻指导着我的研究。

最后，我还想感叹一点关于科研论文的文风。读杨先生的文章，每篇文章开篇都非常简洁，直达主题。这也是杨先生一贯的风格。杨先生说，“宁拙毋巧”后面还有一句，是“宁朴毋华”。杨先生这种“宁朴毋华”的文风，是我无比仰慕和羡慕的。如今很多的科学论文，由于受种种原因的影响，开篇总是要铺开一个大框架，恨不得从盘古开天辟地讲到未来人类几百年的科技发展。美其名曰是为广大读者考虑，介绍一个大的背景，实则常常是空洞无物。而且越来越多的文章，这样空

泛的开篇介绍和这个具体工作所解决的问题都没什么关系。这类空泛的开篇，不仅不能使广大读者受益，反而常常会误导读者，甚至误导大众，也助长了科学上的浮夸之风。然而，无奈这种文风已流行于我们这个时代。以至于杨先生在2008年左右给《物理评论快报》（*Phys. Rev. Lett.*）投去一篇文章，其中一个审稿人也建议他要重新写开篇引言。何时，我们科研论文的文风，可以有一次“文艺复兴”？

啰啰嗦嗦谈了这些肤浅理解和体会，有些甚至可能并不准确，就此打住吧。

“先生之风，山高水长”，我们站在山下仰望高山，难免有“不识庐山真面目”的片面，还需要在未来的不断攀登中不停地去思考、去领悟。

# 追忆杨振宁先生

○翁帆（2011级博，建筑）

12月10日下午，清华大学在主楼接待厅举行杨振宁先生追思会。校党委书记邱勇院士、校长李路明院士、常务副校长曾嵘，学校老领导，杨振宁先生亲属、好友、同事、学生代表，学校师生、校友代表等100余人参加追思会。校党委常务副书记向波涛主持追思会。

以下是杨振宁先生夫人翁帆女士在追思会上的发言。

今天我们在清华相聚共同怀念杨先生，首先我想特别感谢清华人多年来对杨先生的关心和爱护。感谢大家分享很多关于杨先生的回忆。在这里我想跟大家分享一些杨先生在清华园生活的小片段。杨先

生长于清华园，又落叶归根于清华园，他与清华有着特别深的缘分。

我们都知道1929年杨先生七岁时随父亲搬到清华园居住，在清华园度过他快乐的童年时光，直至1937年抗日战争全面爆发。杨先生跟我说他小时候在清华园，跟小伙伴们一起的时候，总是一边走路一边大声唱歌。那时大人们都知道，那个唱歌声音最大的就是杨振宁。后来我突然意识到，杨先生做人做事直率坦荡的风格从他童年这一幕已经可以略窥一二。

杨先生的童年是很幸福的。20世纪30代的中国社会是动荡不安的，清华园却如世外桃源。杨先生和小伙伴们爬树、溜冰、飙车（当然飙的是自行车）。杨