



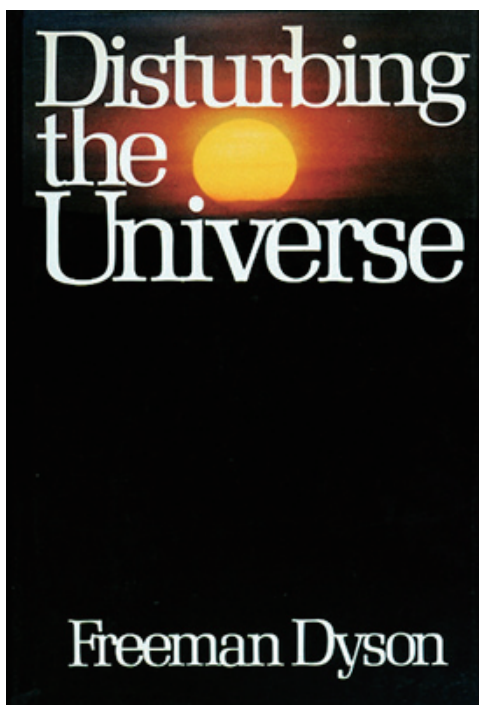
戴森传奇

林开亮

Dyson

In my life the three most important things were family, friends and work, in that order. So my greatest contribution was to bring up six children who are all successful in various professions and now raising families of their own. My work was not as important as that. Also, my work as a writer was probably more important than my work as a scientist.

——弗里曼·戴森，2012年11月21日给笔者的信



弗里曼·戴森 (Freeman Dyson) 的名字在中国也许已经不陌生。作为杰出的作家，他有广泛的读者。他有好几本著作被译成中文，其中处女作《宇宙波澜》² 有两个译本，而邱显正的译本在2002年荣获了台湾吴大猷学术基金会颁发的首届吴大猷科普著作奖。《全方位的无限》、《想象中的世界》、《太阳、基因组与互联网》、《反叛的科学家》和《一面多彩的镜子》也先后出版了中译本。想必很多读者都为戴森的文笔所吸引，而对

¹ 本文初稿曾以“弗里曼·戴森：科学家与作家的一生”为题发表于《科学文化评论》，2013年第3期，也曾作为附录重印于戴森的中译本著作《一面多彩的镜子》（肖明波、杨光松译，浙江大学出版社，2014）。感谢一些热心读者和朋友（包括戴森本人）的反馈，初稿中的某些错误现在得到了更正。

² Dyson 1979. *Disturbing the Universe*. New York: Harper & Row.



弗里曼·戴森 (R. Hagadorn 摄)

他作为数学家和物理学家的身份却未必很了解。本文将尝试解读这位集科学才能与人文修养于一身的大家。

现今的戴森即将九十二岁，仍在继续写文章、做研究，包括纯数学方面的一些有趣工作。十多年前，戴森接受南开大学数学所葛墨林教授的邀请访问中国，并游览了首都北京和古城西安。中国悠久的历史与飞速的发展，给他留下了深刻的印象。他对中国在世界舞台上将扮演的角色寄予了厚望。这尤其反映在他于2013年7月26日回复给老朋友杨振宁的邮件中：

你写道，当我们年轻时，研究的重心从欧洲转移到美国。现在我看到了二十一世纪的一个最重要的事实，就是世界舞台的中心将从美国转移到中国。你可以因为能够有机会先后为这两大转变做出贡献而骄傲。留给我们子孙辈的主要任务是，要见证这个转变和平地发生。

我常常想起你的美文《父亲和我》³。他(即杨振宁的父亲杨武之)也必定会为之骄傲。

一、英才少年

弗里曼·戴森1923年12月15日生于英国。母亲雅特琪(M. L. Atkey)是律师，在40岁生下爱丽丝·戴森(Alice Dyson)，43岁生下弗里曼·戴森，之后一直以社会工作者为职。父亲乔治·戴森(George Dyson)是音乐家，曾任教于英国历史悠久的温彻斯特学院，后来迁升为伦敦皇家音乐学院院长。乔治对科学很有兴趣，书架上有很多科学书籍，

如怀特海(A. N. Whitehead)、爱丁顿(A. S. Eddington)、金斯(J. Jeans)、霍格本(L. Hogben)和霍尔丹(J. B. S. Haldane)的作品。这使得戴森在很小时就接触到科学。但戴森说，其实在成为科学家之前，他早就是作家了。因为他九岁时就写了一篇科幻小说。这篇未完成的处女作后来作为开篇收入到他的通俗文集《从爱神到盖娅》⁴中。

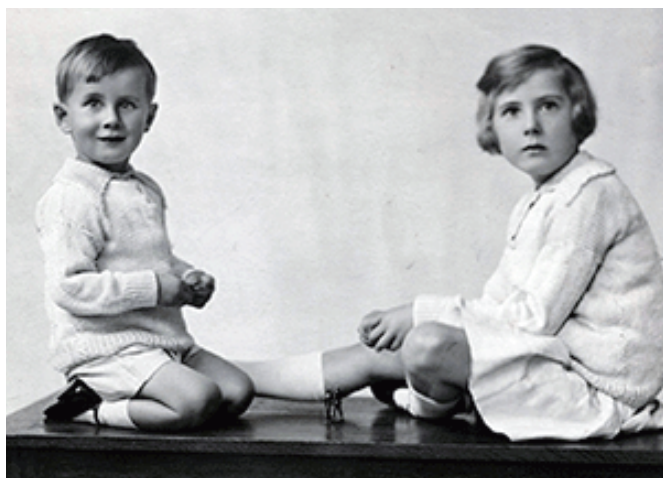
戴森小时候非常迷恋凡尔纳(J. Verne)1877年的《太阳系历险记》(*Hector Servadac*)。他一直把它当作真的故事来读，到后来发现原来“一切都是编造的”时非常失望。不过，凡尔纳的风格激发了戴森本人童年时代的写作。下一页第三幅图展示了他小时候在笔记本里的一幅创作。

戴森很小的时候就展现出非凡的数学才能。他在为《科学的面孔》⁵所写的简短自

³ 杨振宁1991, "Father and I", 收入 C. N. Yang 2013. *Selected Papers II With Commentaries*, World Scientific. 有中译文《父亲和我》，收入杨振宁《曙光集》，北京三联书店，2008。

⁴ F. Dyson 1992. *From Eros to Gaia*. New York: Pantheon Books.

⁵ M. Cook 2005. *Faces of Science*. New York, London: Norton and Company.



戴森姐弟：弗里曼和爱丽丝

传中讲述了这样一个故事。当时他还很小，还需要躺在婴儿床里睡午觉。但那一天他不想睡觉，于是用计算来打发时间。他计算 $1 + 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + \dots$ ，发现最终得数为 2。然后，他又计算 $1 + 1/3 + 1/9 + 1/27 + \dots$ ，发现最终得数为 $3/2$ 。他再次计算了 $1 + 1/4 + 1/16 + 1/64 + \dots$ ，发现最终得数为 $4/3$ 。换句话说，他发现了无穷级数。当时他没有跟任何人说起这个奇妙的经历，他觉得这仅仅是他喜欢的一个游戏。

1936 年，戴森通过竞争激烈的考试

升入了父亲所执教的温彻斯特学院，直至 1941 年毕业。他与隆科 - 希金斯兄弟 (H. Christopher Longuet-Higgins, Michael S. Longuet-Higgins)、赖特希尔 (J. Lighthill) 一起结成了“四人帮”，他们后来都在各自的科学领域做出了卓越的贡献，都入选为英国皇家学会会员。克利斯朵夫·隆科 - 希金斯 (1923-2004) 是理论化学家，同时也是位音乐认知学家。迈克尔·隆科 - 希金斯 (1925-) 是数学家和海洋学家，曾与几何学家考克斯特 (H. S. M. Coxeter) 合作过关



少年戴森



少年戴森在笔记本里的一幅创作



戴森的书架

于均匀多面体的著名论文。赖特希尔(1924-1998)是著名的流体力学专家,曾担任狄拉克(P. A. M. Dirac)与霍金(S. Hawking)中间的卢卡斯数学讲座教授⁶。

温彻斯特学院不赞成逼迫有天赋的孩子提前学习高等数学与科学。教师认为学生自主地学习会更好,因而有意地放任学生,学生有许多时间可自由支配,戴森和其他男孩主要靠自学。戴森说,“四人帮”之间相互学习的收获比从老师那里学到的还要多。

在戴森看来,学院设有极好的评奖机制。对每个年级,学院每年举行三次竞赛,优胜者将获得三十先令,但必须在学院的书店里花掉。戴森经常在竞赛中获奖,因而拥有了自己的藏书。从1937年至1940年,他一共赢得了19本书。这些书对他的兴趣发展及智力培养起到了决定作用,有些书甚至

成为他一生的珍爱。其中最影响的几本是:贝尔(E. T. Bell)的《数学精英》⁷、哈代(G. H. Hardy)与赖特(E. M. Wright)合著的《数论导引》⁸、朱斯(G. Joos)的《理论物理》和拉曼纽扬(S. Ramanujan)的《数学论文集》。

戴森为贝尔的数学科普书《数学精英》所深深吸引。他曾回忆道⁹:

十四岁时我读了贝尔的《数学精英》。该书记载了许多伟大数学家的传奇故事。贝尔是加州理工学院的数学教授,同时也是很有天赋的作家。他令人信服地向读者介绍了数学界的精英。他懂得如何去打动情感敏锐的青少年的心弦。贝尔的书造就了整整一代的年轻数学家。尽管书中许多细节与事实不符,但主要情节是真实的。在贝尔的笔下,数学家是有血有肉的人,也会做错事,也有瑕疵。数学俨然成了各种各样的人都可以涉足的魔法王国。该书传递给年轻读者的信息是:“如果他们能做到,为什么你就不能呢?”

贝尔的书激发了戴森成为数学家的抱负。他甚至有了这样的梦想,有一天要证明出著名的黎曼假设(Riemann Hypothesis)。

1939年9月3日,英国首相张伯伦被迫对希特勒宣战,英国加入了第二次世界大战。圣诞假期里,为了弄懂爱因斯坦的相对论,戴森开始自修一本比较高深的数学书,皮亚焦(H. T. H. Piaggio)的《微分方程》,是他同年在学校获得的奖品。戴森担心他可能会在战争中丧生,那样的话他甚至可能比贝尔书中最悲惨的数学天才伽罗瓦还要悲惨,因为伽罗瓦毕竟在决斗之前就已经创造出不朽的数学成就。当时他满脑子里只有伽罗瓦决斗前的遗言“我没有时间了,我没有时间了”。因此,戴森将所有的时间都投入到数学中,每天从早上六点学到晚上十点,除了中午休息两个小时,每天平均学习长达十四个小时。虽然戴森自己乐此不疲,但却令他的父母很担忧。母亲引用了乔叟(G. Chaucer)笔下的牛津教士的话“一心专注求学问,无暇他顾出一声”,并警告他,长此以往将要生病甚至损坏大脑。而父亲则一再建议他放下书本,一起出去帮他干点农活

⁶ 杨振宁教授在给童元方教授的一封信里曾讲到赖特希尔的故事,见陈之藩《万古云霄》(北京:中华书局,2014):他身体强健,而且喜欢做常人不能做的活动。曾经绕英伦海峡中一个小岛一气游泳一周,前后要十个小时。而且1.曾这样游过七次;2.每次都独自游,不要有汽船跟随;3.不穿橡皮衣;4.第八次周游时去世!有人说他去世时自己知道已患癌症。……

⁷ E. T. Bell 1937, *Men of Mathematics*. 有两个中译本:《数学精英》(在2004年上海科技教育出版社的再版中更名为《数学大师》),徐源译.北京:商务印书馆.1991;《大数学家》.井竹君等译.台北:九章出版社.1998.

⁸ 有中译本.张明尧、张凡译.北京:人民邮电出版社.2008.

⁹ M. Cook 2005.

以暂时放松一下。但戴森置若罔闻，继续沉迷于皮亚焦的《微分方程》中。圣诞假期快结束时，戴森已经完成了书上的近 700 道习题，差不多要大功告成了，因此他愿意抽空陪母亲一起散步。对此，母亲已祈盼多时了，而且早有准备。母亲当时说的话对戴森产生了深远的影响。我们从《宇宙波澜》¹⁰中引述如下：

我母亲是个律师，因而对人极感兴趣，她喜欢拉丁诗人和希腊诗人。同我讲话时，她先引用了一个原是非洲奴隶后来成为最伟大的拉丁剧作家埃福（T. Afer）的剧本《自虐者》（*The Self-Tormentor*）中的一句台词：“我是人，我绝不异于人类。”这是她在漫长的一生中，直到九十四岁去世，一直奉为信条的箴言。当我们沿着泥沼和大海之间的堤坝漫步时，她对我说，这句话也应该成为我的信条。她了解我对皮亚焦的抽象美的渴望和热爱，但她要求我，在渴望成为一个数学家的过程中，不要丢失人的本性。她说：有朝一日你成了一个伟大的数学家，却清醒地发现你从未有时间交过朋友时，你将追悔莫及。如果你没有妻子和儿女来分享成功的喜悦，那么纵使你证明出黎曼假设，又有什么意义呢？如果你只对数学感兴趣，那么日后你将会感到，数学也会变得索然无味，有如苦酒。

如戴森在书中所说，“母亲的箴言已经逐渐深深地印入我的潜意识中，并且不时地产生意想不到的影响。”

戴森还下功夫读了哈代和赖特的《数论导引》，并尝试证明书中的每一个定理。要知道全书共有 400 多条定理，而戴森当时还不满 14 岁！这本书培养起戴森对数论的浓厚兴趣，而哈代对戴森长达一生的影响也由此拉开序幕。

除了阅读自己的获奖藏书以外，戴森还与赖特希尔一起读了学院图书馆的另外两本书，罗素（B. Russell）和怀特海的《数学原理》与若尔当（C. Jordan）的《分析教程》。这两本书是赖特希尔的意外发现。他们很快判断出，《数学原理》是一部失败的作品，而《分析教程》则是打开现代数学殿堂之门的钥匙。

他们一直很好奇，《分析教程》这本用法语写成的三卷本大部头高等数学书怎么会放在学院的图书馆里。直到多年以后，戴森读到哈代的经典著作《一个数学家的辩白》时才找到合理的解释。哈代在该书中描述起《分析教程》一书对他的影响¹¹：

我永远也忘不了阅读这本伟大著作所带来的惊喜，对与我同一时代的许多数学家来说，这是第一个启迪。在阅读它的时候我第一次了解到数学的真正涵义。从那以后，我才走上了成为一位具有健康的数学志向、对数学具有真诚热情和抱负的真正数学家的道路。

哈代的感受必定引起了戴森的共鸣。后来戴森了解到，原来哈代在 40 年前也曾就读于温彻斯特学院（哈代在这里过得不太愉快，因而他很少提及这个著名的母校¹²）。戴森一度猜测，也许正是哈代有意在学院图书馆留下了这本书，想“藏诸名山，传之其人”。后来戴森升入剑桥大学，成了哈代的学生。但由于哈代高高在上难以接近，戴森没有勇气找哈代本人求证。1947 年哈代去世后，这也成了戴森的一大遗憾。

在学院的最后一个暑期，戴森的高中数学老师德雷尔（C. V. Durrell）安排了几何学家裴多（D. Pedoe）来给戴森与赖特希尔做专门的辅导。裴多当时是十二英里之外的南安普敦大学的初级讲师，他是戴森见到的第一个真正的数学家。裴多后来曾追忆起 17 岁的戴森¹³：

¹⁰ 戴森 1982.《宇宙波澜》. 陈式苏等译. 上海: 上海科学技术文献出版社.

¹¹ G. H. Hardy, *A Mathematician's Apology*. 有两个中译本，都叫《一个数学家的辩白》，分别是：王希勇译，商务印书馆，2007；李文林、戴宗铎、高嵘译，大连理工大学出版社，2014.

¹² 关于哈代，可参考以下文献：斯诺（C. P. Snow）为《一个数学家的辩白》所写的序，中译文可见王希勇的译本；胡作玄，《哈代：不仅仅是数学家》，《自然辩证法通讯》1993 年第 4 期，62-72.

¹³ D. Pedoe, "In Love with Geometry", *College Mathematics Journal*, Vol. 29, No. 3 (May, 1998), pp. 170-188.

戴森问我还有没有比中学里的无穷级数问题更有趣的东西，因此我建议他研究将平面内由方程 $x^2 + y^2 - 2px - 2qy + r = 0$ 给出的圆用三维空间中的点 (p, q, r) 表示的问题。我曾发表了一篇极其深入的文章讨论这个优美的表示。例如，共轴的圆将表示为三维空间中的直线。戴森深受吸引，至今仍然记得那件事。

如戴森所说，虽然他没有成为几何学家，却从裴多身上学到了对几何风格的鉴赏力，从而把数学看作一门艺术而不仅仅是科学。

戴森在学院还结交了比他大三岁的文艺青年弗兰克·汤普森 (Frank Thompson)。

汤普森对戴森的影响比学院其他任何人都要大。汤普森在十五岁时就获得了学院诗人的称号。他对诗歌有很深厚的感情。对他来说，诗歌不仅是智力上的消遣，而且一直都是人们从无法言喻的灵魂深处淬炼出的智慧结晶。作为敏感的诗人，他更关心学院之外的大千世界，特别是当时正在进行着的西班牙内战与即将来临的第二次世界大战。戴森也因此从汤普森那里第一次了解到战争与和平的重大道义问题。不过正如汤普森离开诗歌就不能生活一样，戴森最钟爱的依然是数学。汤普森不幸在二战中牺牲，其英雄事迹被戴森谱写进《宇宙波澜》“诗人之血”一章。

二、剑桥大学

1941年9月，戴森与赖特希尔双双进入了剑桥大学。由于当时英国处于非常时期，所有大学都安排尽可能短的课程使学生尽快投入战争，很多学生只学习一年就离校从军了。戴森比较幸运，在剑桥听了两年课，到1943年才去服兵役。

剑桥大学只剩下年长的教授，数学系有哈代、李特尔伍德 (J. E. Littlewood)、霍奇 (W. V. D. Hodge)、莫德尔 (L. J. Mordell) 和伯西柯维奇 (A. S. Besicovitch)，物理系有狄拉克、爱丁顿、杰弗里斯 (H. Jeffreys) 和布拉格 (W. L. Bragg)。学生也很少，在很多课程中，戴森与赖特希尔就占了听众中的一半，杰弗里斯的流体力学课甚至可怜到只有戴森一个学生。

这些教授中，以狄拉克最有名气。作为量子力学奠基人之一，狄拉克在1931年出版了《量子力学原理》，这本书后来成为了物理学的圣经之一。狄拉克当时授课几乎就是一字不差地照本宣科，这让戴森很失望。

因为这个课程完全缺乏从历史角度看待问题的意识，并且狄拉克也没有教学生如何做具体计算。戴森总是在课堂上提问，狄拉克往往需要停顿很久才能答复他，有一次狄拉克不得不提前下课，以便准备正确的答复。

戴森对哈代与李特尔伍德的课程非常满意。他注意到这两位著名的数学搭档风格迥异：哈代将数学作为成熟的优美艺术品展现给学生，而李特尔伍德则将数学作为智力拼搏的过程展示给学生。戴森更喜欢李特尔伍德的风格¹⁴。不过，最能引起戴森共鸣的还是伯西柯维奇的风格。1993年，戴森为三联版的《宇宙波澜》中译本作了一篇序言，特别提到了伯西柯维奇对他的深远影响¹⁵：

这篇中文版序让我有机会说说如果我今天重写此书，我会添加哪些内容。首先我会添加一章内容探讨纯数学。纯数学是我们生活的宇宙中的一个重要部分。我的科学生涯是以纯数学家开始的，对我思维方式影响最深的老师是俄国数学家伯西柯维奇。在我的物理和数学的研究风格上，伯西柯维奇的痕迹清晰可见。……伯西柯维奇的风格是建筑式的。他依照层次分明的计划，从简单的数学元素中构造出一个微妙的建筑结构，而当他的建筑物完成时，整个结构通过简单的论证就引出意想不到

¹⁴ 李特尔伍德也有一本著名的通俗数学书 *A Mathematician's Miscellany*. 新版本 *Littlewood's Miscellany* 有中译本《Littlewood 数学随笔集》. 李培廉译. 北京: 高等教育出版社. 2014.

¹⁵ 戴森 1998. 《宇宙波澜》. 邱显正译. 北京: 三联书店.

的结论。……在四十年的物理研究之后，我最近又回到了纯数学。纯数学再度成为我科学活动的主要焦点。因此我更加了解了科学和艺术层面。从某种程度上说，每个科学家都是艺术家。作为艺术家，我以数学思想作为工具，奉伯西柯维奇为楷模。

1943年从剑桥完成学业以后，戴森服兵役投入到战争中，他为皇家空军做统计工作。直至1945年战争结束，他获得了数学学士学位，但仍被要求继续服役一年，他被概允在伦敦的皇家学院教学。战争吞噬了许多年轻的生命，学校很不景气，戴森几乎没有教学任务。他的上司查普曼(S. Chapman)是著名的数学家和地球物理学家，鼓励他随心所欲做自己想做的事情。戴森于是成了伦敦大学伯贝克学院的数论专家达文波特(H. Davenport)讨论班上的常客。与剑桥的哈代、李特尔伍德、伯西柯维奇等形单影只的局面完全不同，达文波特的身边有一群年轻的研究生，研究氛围十分活跃。戴森跟达文波特提起他对西格尔猜想(Siegel's Conjecture)的兴趣，得到了后者的极大鼓励。

其实当时戴森已经有了从数学转向物理的念头。之前他曾读到物理学家海特勒(W. Heitler)的专著《辐射的量子理论》，该书总结了1930年代末理论物理学的状况，并给出了一些建议来解决基本问题，这深深吸引了戴森。但达文波特的友情和他在数学上给予的激励令戴森一时犹豫不决。于是戴森决定用西格尔猜想来抉择他的学术命运：如果攻克了这一猜想，就继续做数学；如果失败了，就皈依物理。三个月的艰辛工作之后，戴森认输了。他虽然没有完全攻克西格尔猜想，但也取得了部分的成功，改进了西格尔早先的结果¹⁶。

1945-1946年是戴森在数学上的黄金年代。除了在西格尔猜想方面取得部分进展以外，他还对另外两个问题——几何数论中的闵科夫斯基猜想(Minkowski's Conjecture)与堆垒数论中的阿尔法-贝塔猜想(α - β Conjecture)——做出了重要贡献。但后两个问题都在主流之外，所以影响不大。

(阿尔法-贝塔猜想在1942年为曼恩(H. Mann)证明，而闵科夫斯基猜想至今仍未解决，目前的研究进展可见<http://arxiv.org/pdf/1410.5743v1.pdf>)

1946年服役结束以后，凭借出色的数学成就，戴森成为剑桥三一学院的研究员。他原打算重新学习现代物理，但慢慢意识到，他真正需要的是找一个理论物理学家交谈，从那里获悉当前有哪些未解决的重要问题，这样他可以凭借自己的数学功底探探深浅，看看自己是否适合搞物理。幸运的是，查普曼告诉他，在剑桥恰好有他要找的人：克默尔(N. Kemmer)。

克默尔曾受教于苏黎世大学的泡利(W. Pauli)和温策尔(G. Wentzel)，他将 from 恩师那里学到的量子场论悉心传授给了戴森。量子场论主要是狄拉克、海森堡(W. Heisenberg)、泡利、费米(E. Fermi)的创造，其行家大多是欧洲人。在当时，懂得量子场论的人寥寥无几，而量子场论的书只有一本问世，作者就是温策尔。戴森从克默尔那里了解到其重要性，掌握了这手绝技，这对他以后从事物理研究有莫大的好处。克默尔极为耐心地指导戴森，给他详细解释了温策尔书中的难点，并让戴森接受了这样的观点：量子场论提供了以一种自洽的数学方式来描述大自然的关键。戴森一生阅人无数，他说克默尔是他见过的最无私的科学家。

虽然有克默尔的指点，但有更多的因素促使戴森想离开剑桥到美国开始新的生活。戴森在卡文迪许(Cavendish)实验室邂逅了流体力学专家泰勒(G. I. Taylor)，二战期间他曾在洛斯·阿拉莫斯国家实验室工作。于是戴森打听起美国哪个地方适合做物理。泰勒立即回答说：“噢，你应该投奔到康奈尔大学汉斯·贝特(Hans Bethe)的门下，那是战后洛斯·阿拉莫斯实验室所有聪明人向往的地方。”在泰勒的热心推荐下，1947年戴森只身前往美国。

有趣的是，就在戴森决定从数学转向物

¹⁶ 最终的荣耀归于戴森的同胞罗斯(K. Roth)。见维基百科中的条目：Thue-Siegel-Dyson-Roth 定理。

理的同时，剑桥的另一个人却决定从物理转向数学，就是后来成为大数学家的哈里什·钱德拉（Harish-Chandra）。哈里什·钱德拉是印度人，来剑桥追随狄拉克做博士，因为缺乏狄拉克对物理那种神秘的“第六感”，而最终离开了物理。哈里什·钱德拉后来随

导师狄拉克一起访问美国普林斯顿高等研究院，在那里他遇到了戴森，他跟戴森曾说道：“我为数学而离开了物理学。我发现物理学乱七八糟、不严格、难以捉摸。”戴森回答说：“恰恰是出于同样的原因，我离开了数学而投入物理学的怀抱。”

三、成功转行

1947年9月，戴森入学康奈尔师从贝特。他立即发现，自己来对地方了：在整个康奈尔大学，居然只有他一个人懂量子场论。量子场论是一个成熟的数学构造，当初欧洲人创造这个理论时，更多的是基于对数学美的考虑而不是解释实验方面的成功，因此大多数持实用主义的美国物理学家不愿费力去学它。但后来发现，有很多实验需要用量子场论才能解释，这使得学习量子场论成为必要。戴森的到来恰逢其时。因此，戴森一边跟指导老师贝特与聪明的年轻教员费恩曼（R. P. Feynman）学习物理，一边又教他们如何处理量子场论的问题。戴

森带去的技巧可以计算一些原子碰撞过程，而得到的数据又能够为实验证实，因此他立即得到了师友的青睐。

贝特当时关心的是量子电动力学¹⁷中的问题，该理论致力于精确描述原子和电子如何发射和吸收光子。现在回顾起来也许有些不可思议，在量子力学诞生20多年之后的1947年，人们对最简单和最基本的粒子，氢原子和光量子，都没有一个精确的理论！不过已有突破性进展，物理学家兰姆（W. Lamb）同年测出了所谓的“兰姆移位”，引起同行们的高度关注。同年6月，美国科学院在纽约谢尔特岛专门召开了一次会议讨论兰姆移位及相关问题，这是历史上的盛事，虽然与会者只有24位，但都是一流人物。正是在这次会议上，诞生了重正化的想法。贝特就是利用这一想法，在会后返回康奈尔的火车上粗略计算出兰姆移位。他给戴森的主题，就是深入探究重正化，给出严格的处理。这在当时是最热门最前沿的理论问题。

1948-1949年，戴森遵循贝特的建议前往普林斯顿高等研究院访学一年。这是戴森科学生涯中最关键的一年。那一年，年仅25岁的戴森做出了他在物理学上的最重要的贡献——量子电动力学的重正化，一年之间，他从一个无名小卒一跃成为物理学界一颗闪亮的新星。他成功转行了！

在当时的美国物理学界，研究重正化的活跃分子有两个：哈佛的施温格（J. Schwinger）与康奈尔的费恩曼。他们都是物理奇才，但品味与风格很不一样。¹⁸1948年，凭借出色的数学天分与人际交往能力，戴森直接从费恩曼与施温格那里学到了他们各自对量子电动力学的处理方法，并完美地

¹⁷ quantum electrodynamics，常缩写为 QED；而在数学中，Q.E.D. 则常用来表示证明结束，它是拉丁文 quod erat demonstrandum（此即所欲证）的缩写。

¹⁸ 杨振宁先生在 Julian Schwinger 一文（收入 C. N. Yang, 2013. 中译文《施温格》收入《曙光集》）中对费恩曼与施温格做了以下有趣的评论：费恩曼和施温格是我们这个时代的两位伟大的物理学家。他们各自都作出了许多深刻的贡献。他们都出生于1918年。但就个性而言，他们几乎是两个截然相反的极端。我常常想，人们也许可以写一本书，标题为《施温格与费恩曼：一项比较研究》：

百分之二十的情感外露的搞笑能手（impulsive clown），百分之二十的不守成规的行家（professional nonconformist），百分之六十的聪明物理学家（brilliant physicist），为了成为伟大的表演家，费恩曼（Feynman）所付出的努力，与他为了成为伟大的物理学家所付出的努力几乎一样多。

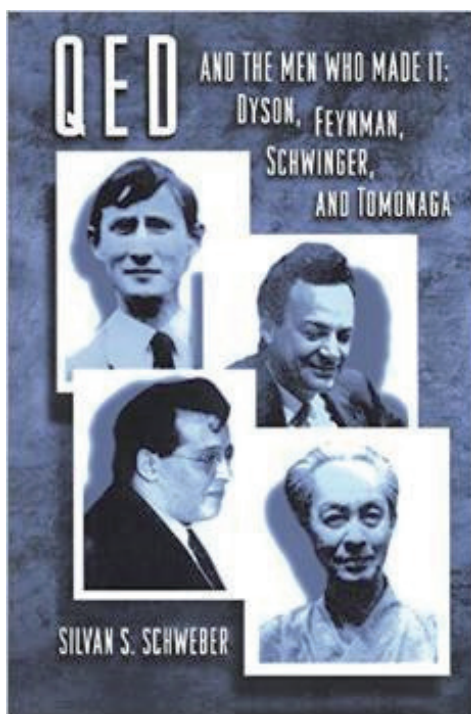
腼腆，博学，用精雕细琢的优美语句演讲和写作，施温格（Schwinger）是有修养的完美主义者（cultured perfectionist）和极内向的绅士（quite inward-looking gentleman）的典范。

吸取了两个方法的优点，从数学上给出了量子电动力学重正化的一个自治表述。在《宇宙波澜》第六章中，他曾回忆起灵光一闪豁然开朗的美妙瞬间：

第三天，当巴士徐徐驶过内布拉斯加的时候，奇迹发生了——我已经两周没有思考了的物理，此刻却排山倒海一股脑儿地涌进我的脑海里。费恩曼的图像和施温格的方程式，在我脑海里开始自动地一一对应，从来没有这么清晰过。我生平第一次，可以将这两个观点连接在一起。有一两个小时，我把那些片段不停地重组再重组，忽然我领悟到，他们其实可以彼此配合得天衣无缝。虽然我手头没有笔和纸，但一切都是那么清晰，根本不需要写下来。费恩曼和施温格其实只是从两个不同的方向来看待同一个思想；如果将他们两人的方法结合起来，就可以得到一个兼顾施温格的数学上严谨与费恩曼的应用上灵活的理想的量子电动力学理论。

在了解到日本物理学家朝永（S. Tomonaga）的早期贡献后，戴森精心创作了论文《朝永、施温格和费恩曼的辐射理论》，这成为一篇影响深远的文章。文章的标题或多或少给读者造成这样一种印象：理论是属于朝永、施温格和费恩曼这三个人的，戴森只是做了简单的整合。事实并非如此简单，例如，诺贝尔物理学奖得主杨振宁先生对戴森的工作有高度评价¹⁹：

重正化纲领是物理学的伟大发展。这个理论的主要缔造者是朝永、施温格、费恩曼和戴森。1965年把诺贝尔物理学奖授予朝永、施温格和费恩曼时，我就认为，诺贝尔委员会没有同时承认戴森的贡献而铸成了大错。直到今天，我仍然这么认为。朝永、施温格、费恩曼并没有完成重正化纲领，因为他们只做了低阶的计算。只有戴森敢于面对高阶计算，并使这一纲领得以完成。在他那两篇极富洞察的高水平论文里，戴森指出了这种非常困难的分析的主要症结所在，并且解决了问题。重正化是这样一种纲领，它把可加的减法转化成可乘的重正化。其有效性还需要一个绝非平凡的证明。这个证明是戴森给出



的。他定义了本原发散性、骨架图以及重叠发散等概念。利用这些概念，他对问题作了深刻的分析，完成了量子电动力学可以重正化的证明。他的洞察力和毅力是惊人的。

这里杨振宁提到的两篇论文就是《朝永、施温格和费恩曼的辐射理论》及其续篇《量子电动力学的 S-矩阵》²⁰。杨振宁先生曾在给笔者的邮件中特别指出，这两篇论文各有其重要性：第一篇论文证明了费恩曼图的正确性，而在此之前费恩曼仅仅提出了构想；第二篇论文则攻克了高阶计算的难题，登上了朝永、施温格和费恩曼此前从未达到的高度。后来大家差不多都认同了这样的观点：与朝永、施温格和费恩曼一样，戴森也是量子电动力学的奠基人。这尤其体现在施韦伯（S. S. Schweber）1994年出版的《QED

¹⁹ C.N. Yang 1983, *Selected Papers 1945-1980, With Commentary*, W.H. Freeman & Company.

²⁰ F. J. Dyson (1949). "The radiation theories of Tomonaga, Schwinger, and Feynman". *Phys. Rev.* 75 (3): 486-502; "The S matrix in quantum electrodynamics". *Phys. Rev.* 75 (11): 1736-1755.