

缅怀戴元本先生*

吴岳良^{1,2,†} 刘金岩³

(1 中国科学院理论物理研究所 北京 100190)

(2 国际理论物理中心(亚太地区) 中国科学院大学 北京 100049)

(3 中国科学院自然科学史研究所 北京 100190)

2020-11-18收到

† email: ylwu@itp.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20201207

戴元本先生是中国著名的理论物理学家, 积极推动了量子场论和粒子物理理论在中国的发展。转眼间, 戴先生离开我们两个多月了, 但他的音容笑貌犹在。本文主要介绍戴先生的求学经历、学术研究和影响, 以及他对中国科学院理论物理研究所发展所作的贡献, 展现他的严谨学风和高尚品德, 缅怀他对中国理论物理学发展的重要贡献, 以寄托我们对戴先生的怀念。

1 早期求学和工作经历

戴元本先生祖籍湖南省常德市, 1928年7月出生于江苏省南京市。其童年岁月主要在南京度过, 抗日战争爆发后随家人辗转生活于长沙、贵阳、昆明、路南和重庆。抗战胜利后重返南京。1947年, 戴元本毕业于国立中央大学附属中学, 随后保送至中央大学(1950年更名为南京大学)物理系学习, 并于1952年毕业。他读大学期间正值解放初期, 较多的政治学习和运动使得学时精简。此外, 他还因身体原因休学一年。不过, 受益于有海外留学经历的魏荣爵、徐躬耦等教授开设的课程, 戴元本打下相对坚实的物理学基础^[1]。

大学毕业后, 戴元本被分配到南京工学院(1988年更名为东南大学)工作, 讲授普通物理课程。此时, 全国高校正进行院系调整和改革。此前, 即民国时期的高等院校办学模式主要模仿欧洲、美国和日本, 比较重视通才教育。中国共产党接管后, 开始学习苏联的办学经验^[2]。1951年, 教育部制定了《全国工学院调整方案》。在这种形势下, 南京工学院的学生数量增加一倍。因此, 教师的教学任务繁重。戴元本每周需上课20多个小时。在完成繁重的教学任务之余, 他仍对科学研究保持着浓厚兴趣, 研读多种物理书籍, 并被高能物理吸引。戴元本在补习相对论、电磁辐射理论、量子力学和热力学统计等基础知识的同时, 还根据俄文书籍、论文集等资料^[1]自学量子场论并及时掌握高能物理的前沿发展。

1956年, 中共中央提出“向科学进军”的口号。同年, 国家制定《1956—1967年科学技术发展规划纲要》。其中, 原子核与基本粒子物理学被列为物理学发展的重点之一, 场论和量子力学的基础研究则被列入第56项任务“现代自然科学中若干基本理论问题的研究”。此

外, 为了培养高等学校师资和科学研究人才, 高等教育部决定于1956年开始在全国范围内招收自由报考的研究生, 而此前的招生大都采取“保送、审查、批准”的方法^[3]。也是这一年, 戴元本利用Bathe—Salpeter方程研究S态介子—核子散射的重整化效应, 并将文章投稿至《物理学报》。审稿人朱洪元先生在给戴元本回复的审稿意见中鼓励他计算多个能量值以便绘制一条曲线^[2]。但由于戴元本正忙于备考1957年的研究生考试, 没有足够时间再做计算, 于是将文章改投《南京工学院学报》^[4]。

1957年, 戴元本如愿考取中国科学院数学研究所理论物理研究室张宗燧先生的研究生。他曾在1955年参加浙江大学物理教研组主办的一次学术讨论会上向于敏了解张宗燧先生。于敏是张宗燧指导的研究生, 他对张宗燧的评价是“很聪明”^[5]。张宗燧是第4届(1936年)留英公费生, 曾在剑桥大学福勒(R. H. Fowler)教授指导下研究统计物理。1938—1939年, 张宗燧访问哥本哈根大学理论物理研究所、苏黎世联邦理工学院和法国巴黎, 跟随米勒(C. Møller)、泡利(W. Pauli)研究

* 彭恒武、周光召对中国理论物理发展贡献研究(批准号: Y52601101Q)、国家自然科学基金(批准号: 11775207)和中国科学院青年创新促进会资助项目

1) 戴元本通过阅读沙可洛夫编著的《量子场论》自学量子场论。他还研读苏联物理学杂志。该杂志将国际前沿物理成果译为俄文以专辑形式出版。其中有几期专辑的主题是量子场论和粒子物理, 内容涉及重整化方法、Wick定理、Bethe—Salpeter方程、Tamm—Dancoff方法以及盖尔曼的部分文章。2014年4月24日, 刘金岩访谈戴元本先生。

2) 戴元本当时并不知审稿人具体是谁。待他考取研究生到北京后同朱洪元先生相识, 通过笔迹知道当时的审稿人是朱先生。2014年4月24日, 刘金岩访谈戴元本先生。

量子场论及粒子物理。1939年秋，张宗燧回国，随后担任中央大学物理系教授。除完成教学任务外，他继续研究统计物理和量子场论。1945—1948年，张宗燧再次出国，在剑桥大学和普林斯顿高等研究院研究量子场论。1948年秋，张宗燧回国，先后任教于北京大学物理系(1948—1952)、北京师范大学物理系(1952—1956)。1956年，张宗燧调入中国科学院数学研究所^[6]。

2 中国科学院数学研究所理论物理研究室(1958—1978)

1958年4月，戴元本到数学研究所报到，开始在张宗燧的指导下从事弱相互作用及双重色散关系理论的研究。同年暑假，戴元本作为助教参加了由山东大学(校址青岛)物理系王普教授组织的量子场论、相对论电动力学、原子核理论讲习班(简称青岛讲习班)，图1。青岛讲习班是量子场论第一次在全国范围的普及，共有60多位代表参加。讲习班以朱洪元先生的量子场论课程为主，张宗燧先生的量子电动力学讲座为辅。清华大学谢毓章讲授原子核理论，主要为基础不足学员补习必要的量子力学知识。戴元本和洗鼎昌分别担任张宗燧和朱洪元的助教³⁾。戴元本在讲习班上作了3场关于相移分析报告并组织参会代表参加教学改革经验座谈会。朱洪元先生的授课内容主要基于前一年在北京大学开设的量子场论课程讲义。1960年，他根据课程讲义整理出版了量子场论在中国的“启蒙之作”——《量子场论》。由于此时朱洪元先生正在苏联联合原子核研究



图1 1958年青岛量子场论讲习班合影(取自《王普先生纪念集》，山东科学出版社)。二排：洗鼎昌(左4)、戴元本(左5)、王普(左8)、张宗燧(左9)、谢毓章(左10)、朱洪元(右5)、何祚庥(右1)

所访问(1959—1961年)，戴元本承担了书稿的校对工作。读研究生期间，戴元本同朱洪元以及洗鼎昌、何祚庥合作研究 μ 介子的辐射俘获，首先指出存在一种新的选择法则^[7]。此外，他还计算了弱相互作用对轻子反常磁矩的影响^[8]。在色散关系研究方面，戴元本在双重色散关系上分析了核子—核子相互作用。

1961年，戴元本研究生毕业。此时，他的研究工作集中在当年风行一时的雷杰理论(Regge theory)。Regge理论的基础是把位阱散射下散射振幅具有的一些特点硬性推广到粒子理论。戴元本在1963—1965年发表的系列论文中指出Regge理论中所要求的Regge渐近行为只在某些特殊位阱情况下才出现，而在一些高奇性的位阱散射情况下并不出现^[9, 10]，从而否定了Regge理论作为“基本”理论的理论基础。这些工作曾引起国内外学者的关注。

期间戴元本还多次参加张宗燧、胡宁和朱洪元组织的小型讨论会，讨论量子场论和粒子物理的新发展。

1964年8月，在北京举办了中华人民共和国成立后承办的首次国际科学讨论会。共有来自亚、非、拉和大洋洲的44个国家和地区的代表参加会议。中共中央对这次会议高度重视。8月22日，3000多位科学家和来宾参加了在人民大会堂举行的会议开幕式。朱德元帅、聂荣臻副总理、陈毅副总理、郭沫若院长等出席开幕式。中国代表团包括61位成员和32位特邀代表，由中国科协副主席、北京大学副校长周培源任团长，张劲夫、范长江、于光远等任副团长。此时已是副研究员的戴元本作为粒子物理学界的两位代表之一⁴⁾参加了讨论会。他的报告题目为《高度奇异位势和一类非定域位势的Regge行为》。

3) 2014年11月10日，刘金岩访谈中国海洋大学于良教授。

4) 粒子物理学界的另一位代表是北京大学讲师高崇寿，报告题目为《八重态理论与强相互作用粒子的分类》。据北京大学高崇寿教授生前回忆，粒子物理学界之所以选择这两个报告，一是因为雷杰极点理论当时是国际粒子物理学的流行课题，戴元本的工作比较前沿；二是朱洪元建议高崇寿作与对称性有关的报告。每个报告时长15分钟，很精炼。

日本代表团团长坂田昌一认为戴元本等人的报告“涉及当前国际物理学界研究的尖端问题，而且达到了国际第一流的水平^[11]。”坂田昌一(S. Sakata)当时已是国际知名理论物理学家，他在粒子物理学研究中自觉运用唯物辩证法，同时是一名左派社会活动家，关注社会主义国家尤其是苏联和中国的发展。在中日政府尚未建交的情况下，他早在1956年就利用机会到访中国，还介绍了自己刚刚提出的坂田模型，即基本粒子可以再分，由更基础的三个粒子(p, n, Λ)组成。此后，坂田积极推动中日物理学家的交流，为中国物理学界带来新信息。1964年北京科学讨论会期间，中共中央主席毛泽东在接见全体代表时祝贺坂田在基本粒子研究中所取得的成果。事实上，毛泽东在一年前就格外关注了《自然辩证法研究通讯》杂志转译坂田昌一的文章《基本粒子的新概念》^[12]中的基本粒子可分观点。这与他希望中国尽快研制原子弹以及他所坚持的基本粒子无限可分的哲学思想有关。随后，毛泽

东还特意同物理学家和哲学家讨论坂田的文章。毛泽东对坂田的赞赏在中国学术界引起非同一般的反响。坂田的文章很快重新由日文译成中文并加注释，连同哲学家根据毛泽东的几次谈话内容起草的编者按，刊登在中共中央主办的《红旗》杂志和《人民日报》。同时，全国各行业展开对坂田文章的座谈。

坂田的工作和毛泽东的物质无限可分思想直接影响了中国粒子物理学家的研究方向，刺激了层子模型的提出。1965年9月，朱洪元先生邀请刚刚参加“四清”运动回来的戴元本共同研究基本粒子结构问题，提出存在比基本粒子更基本的真实粒子。随后，朱洪元、何祚麻、汪容、戴元本和洗鼎昌等围绕该问题展开讨论，初步形成强子结构模型的基本思想⁵⁾。他们假设基本粒子由“亚基本粒子”组成，即与SU(3)、SU(6)对称性基础表示的基相对应的粒子。“亚基本粒子”性质满足盖尔曼在1964年提出的关于夸克性质的假设，但质量很重，约10 GeV。紧接着，讨论范围逐渐扩

大，形成由中国科学院原子能研究所、数学研究所、北京大学和中国科学技术大学的成员参加的“北京基本粒子组”(图2)⁶⁾。事实上，上述人员在20世纪60年代初就保持着良好的合作关系。“北京基本粒子组”自1965年9月起定期组织报告会。朱洪元、胡宁、戴元本、宋行长、杨国帧、刘连寿、侯伯宇、汪容等人分别在讨论会上作报告。报告内容涉及近代物理学重大发展、对称群及其群表示、CP破缺，等等。

研究强子结构需处理质心运动为相对论性的“外轻内重”束缚态问题，即“亚基本粒子”(后称“层子”⁷⁾)重于其组成的束缚态。量子场论框架下已有的描述束缚态的相对论性方程是B—S方程，但方程本身还有很多问题尚未解决，且物理学家对其方程解和物理意义存在疑义。朱洪元等人决定不去探讨束缚态的相对论性方程及其解的问题，假设“层子”通过瞬时相互作用结合为束缚态，并尝试直接引入基本粒子内部结构波函数解释和联系实验结果。在此基础上，提出强相互作用粒子的相对论性结构模型^[13]。

另一种处理束缚态的方法是Tamm—Dancoff方法。该方法在Fock空间表示粒子，即将粒子态表示为真空态加相应的产生算符。例如，介子由真空态加一个粒子或反粒子产生算符构成，重子由3个产生算符作用在真空态上构成。该方法的优点是当作一截断后，可写出束缚态方程且方程可解，利用所得波函数能计算各种过程。戴元本熟悉B—S方程和Tamm—Dancoff方法。



图2 戴元本(左)和朱洪元(右)在讨论问题



图3 戴元本在“北京基本粒子组”报告会上的记录手稿

5) 2012年8月25日，刘金岩访谈戴元本先生。

6) 事实上，讨论组最初并没有特定称呼，“北京基本粒子组”是为准备“暑期物理讨论会”而提出的。

7) 1966年北京暑期物理讨论会筹备期间，钱三强提议为基本粒子组组成部分统一名称。洗鼎昌建议取作“straton”，简称“层子”，用以强调“层子”也并非物质结构的最终单元，而只是物质结构无限层次中的一个层次，“层子”也具有内部结构。

经计算后,他认为Tamm—Dancoff方法可行并在讨论会作报告。不过,当原子能所确定具体模型和计算方法后,戴元本便没有继续在Tamm—Dancoff基础上做计算。随后,他查阅到当时中国物理学界并不熟悉的曼德斯坦(S. Mandelstam)方法,该方法可以完全相对论地处理束缚态。利用Mandelstam办法,原则上可以由场论方法求出束缚态矩阵元,即用3个流或者多个流关联函数取其奇点便可以确定束缚态矩阵元。戴元本在讨论会上也报告了这一方法。随后,部分“北京基本粒子组”成员特意找出曼德斯坦文章,仔细推导和学习⁸⁾。

在此期间,意大利物理学家莫谱戈(G. Morpurgo)发表利用Fock Base计算夸克组成介子过程的文章。这与戴元本之前的想法类似。看到有同行发展这种方法,戴元本担心被外国人抢先,于是抓紧用相同方法计算 π 介子的相关过程。随后,他征求朱洪元先生意见是否发表。朱先生认为此时国外多数物理学家尚未注意强子结构问题,建议不要单独发表文章,以免“透漏风声”,“北京基本粒子组”要做出一些成果在国际会议(即1966年暑期物理讨论会)报告,以取得这一领域的学术优先权⁹⁾。

此外,考虑到朱洪元先生提出的方法并不具有完全相对论性。北京大学有成员向戴元本提议利用完全协变的方法重新计算相应过程¹⁰⁾。北京大学成员的基础较好,参与研究较多。数学所年轻学者研究基础不一,需在戴元本指导下做研究。张宗燧先生虽然参与全部讨论,但他要求数学严谨,对数学上不严谨

的近似法批评较多。不过,这在一定程度上促使他们寻求更严谨的方法。一段时间后,数学所和北京大学的成员合作提出强相互作用粒子结构模型及其协变场论方法¹⁴⁾。他们给出了描述具体物理过程的S矩阵元费曼规则,讨论了中子和介子情况,并由此计算了强子的各种电磁和弱作用过程。

“北京基本粒子组”除完成上述两批研究结果外,还讨论了夸克之间的超强相互作用的性质和耦合形式、高自旋重子激发态以及夸克统计等问题。1966年7月,层子模型作为毛泽东思想指导自然科学研究的典型案例在暑期物理讨论会上报告。此外,朱洪元、胡宁、戴元本等还同日本代表团成员单独召开小组会议,仔细讨论层子模型工作。暑期物理讨论会结束后,“文化大革命”的爆发使得“北京基本粒子组”工作中断。这期间,国际粒子物理学界建立起描述强相互作用的量子色动力学。虽然层子模型并未在国际粒子物理学界产生预期的影响,但其适时抓住当时国际研究热点并为中国粒子物理学的发展培养了一批年轻力量¹⁵⁾。1982年,该项工作荣获国家自然科学二等奖,主要获奖人为朱洪元、胡宁、戴元本和何祚庠。

“文革”期间,戴元本的研究工作并未完全中断。1973年,他与合

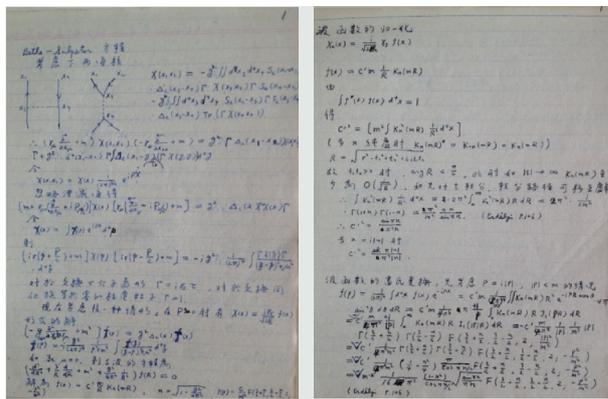


图4 戴元本参与层子模型研究过程中的手稿

作者在层子模型框架下研究了准二体反应的共振衰变角分布,高能散射截面之间的关系以及极化靶 $0^- + \frac{1}{2}^+ \rightarrow 1^- + \frac{3}{2}^+$ 过程的共振衰变角分布等问题。1975年,戴元本提出用重整化群方程研究粒子的电磁形状和大角度散射的方法。这使得此前只能用来讨论非物理粒子的渐近行为的重整化群方程可以用来讨论实际问题¹⁶⁾。例如,将其发展到应用于复合粒子的形状因子渐近行为。此外,戴元本同吴咏时合作研究了非阿贝尔规范场六阶微扰论中费米子电磁形状因子的渐近行为¹⁷⁾。这项工作计算十分繁杂。他们最初提出领头阶指数化的猜想,并得到验证。戴元本还与周光召合作利用半经典近似处理孤粒子散射问题¹⁸⁾。事实上,该工作不仅探讨了孤粒子散射问题还发展了半经典近似的方法,所得结果可能适用于其他情况。

3 中国科学院理论物理研究所(1978—2020)

戴元本不仅在理论物理研究方面成就突出,还对中国科学院理论

8) 2014年8月5日,刘金岩访谈中国科学院高能物理所杜东生研究员。

9) 2012年8月25日,刘金岩访谈戴元本先生。

10) 2013年12月17日和2014年6月26日,刘金岩访谈戴元本先生。



图5 基本粒子理论研究会座谈会，左侧沙发坐者分别为戴元本、朱洪元和胡宁

物理研究所的创建和发展作出了重要贡献。全国科学大会(1978年)召开以后，中国科学院开始筹建理论物理研究所。戴元本作为筹备小组成员参与制定多项决策，包括研究所的机构设置、研究方向、人才选拔和培养等。1980年戴元本当选中国科学院学部委员(院士)，当年中国科学院理论物理研究所共有4位研究人员当选。1985年，理论物理研究所被确立为中国科学院首批两个开放所之一。戴元本连续担任3届开放所学术委员会主任(1985—1994年)，贯彻“开放、流动、联合”的办所方针，领导学术委员会指导和评议开放所的研究方向，建立开放课题制度并决定开放课题及经费分配，组织成果评价，监督开放所的运转，建立由开放课题组成员及客座人员组成流动研究人员队伍，使理论物理研究所建设充满了活力。同时，戴元本善于团结同行，将每年召开的开放所学术委员会会议办成了理论物理界共商共举的重要场所。

戴元本还曾担任中国高能物理分会理事长、中国物理学会常务理事、国际纯粹与应用物理联合会粒子与场委员会委员，努力推动中国

高能实验物理和粒子物理理论发展，并对稳定和培养高素质队伍作出贡献。20世纪80年代中期，中国理论物理研究遇到经费和专业人才的稳定性问题。戴元本积极支持周光召等

领导组织实施国家自然科学基金理论物理重大项目。他在90年代初又与周光召共同提议“攀登计划”中的理论物理若干重大前沿课题项目。这些项目的实施对于中国理论物理事业的进一步发展产生了积极的推动作用。

1987年，戴元本著作《相互作用的规范理论》出版，成为年轻一代粒子物理专业研究生的教科书。与治学一样，戴先生培养研究生也是极其认真、严谨，为中国的理论物理学界培养了许多人才。1983年，戴元本指导的学生黄朝商获得博士学位，成为中国自主培养的首批18位博士之一。目前，戴元本的弟子们大都成为国内外理论物理学界的知名专家。2003年，吴岳良与戴先生一起探讨量子色动力学的低能动力学性质，通过运用量子场论圈正规化方案引入特征能标克服无穷发散困难同时保持理论的对称性，由此导出低能量子色动力学的动力学自发对称破缺机制，得到了介子质量谱等二十多个与实验相自治的理论计算结果^[19]。

戴元本先生从事科学研究近70年，一直秉持严谨、求真的态度。他顾全大局的胸怀，谦虚低调的作风，

奖掖后进的用心，乐观旷达的性格，都值得我们学习、继承和发扬!

参考文献

- [1] 戴元本. 我的求学之路. 见: 中国科学院院士工作局编. 科学的道路(上卷). 上海: 上海教育出版社, 2005. 342—344
- [2] 张柏春, 田淼. 科技革命与中国现代化. 济南: 山东教育出版社, 2017. 125—126
- [3] 王战军, 周文辉, 李明磊等. 中国研究生教育70年. 北京: 中国科学技术出版社, 2019. 11
- [4] 戴元本. 东南大学学报(自然科学版), 1957, (01): 109
- [5] 戴元本. 现代物理学知识, 2015, 27(02): 19
- [6] 朱重远. 张宗燧传. 见: 陈佳洱. 20世纪中国知名科学家学术成就概览·物理学卷第2分册. 北京: 科学出版社, 2014. 92—105
- [7] 戴元本, 冼鼎昌, 何祚庥等. 物理学报, 1959, 15(05): 262
- [8] 戴元本. 物理学报, 1961, 17(11): 512
- [9] 戴元本. 物理学报, 1964, 20(09): 863
- [10] 戴元本. 物理学报, 1965, 21(05): 983
- [11] 新科学的起点——坂田昌一教授谈北京科学讨论会. 人民日报, 1964年8月30日第三版
- [12] 刘金岩, 张柏春, 吴岳良. 自然科学史研究, 2015, 34(01): 39
- [13] 中国科学院原子能研究所. 原子能, 1966, (3): 137
- [14] 北京大学理论物理研究室基本粒子理论组, 中国科学院数学研究所理论物理研究室. 北京大学学报·自然科学, 1966, 2: 113
- [15] Liu J Y. Chinese Annals of History of Science and Technology, 2018, 2(1): 085
- [16] 安璞, 吴咏时, 戴元本. 物理学报, 1976, 25(03): 188
- [17] 吴咏时, 戴元本. 科学通报, 1975, (11): 510
- [18] 周光召, 戴元本. 中国科学, 1978, 21(06): 628
- [19] Dai Y B, Wu Y L. Eur. Phys. J. C, 2005, 39: S1