纪念我的导师朱洪元先生诞辰100周年

黄 涛

(中国科学院高能物理研究所 100049)

朱洪元先生已去世25年，至今先生的音容相貌仍常常呈现在眼前。自1963年至1992年近三十年不断受到朱先生的教诲，受益匪浅。值此先生诞辰100周年之际，谨以此文表达我对老师的敬意和缅怀。

图1 朱洪元(1917~1992)

同步辐射理论先趋者

朱先生1939年毕业于同济大学。1944年在昆明考取英国文化协会的机械工程留英资助，1945年留学英国曼彻斯特大学。曼彻斯特大学物理系有着光荣的历史，卢瑟福(E. Rutherford) 和玻尔(N. Bohr) 曾在这里完成他们划时代的工作。朱先生留学时的系主任是布莱克特 (P. Blackett) 教授，他在原子核物理、宇宙线、射电天文学、古磁学、物理学在国防中的应用等多方面有杰出的贡献，并获得诺贝尔奖。朱洪元在布莱克特教授的指导下，在同步辐射及基本粒子两方面进行研究，并很快地显示了他在理论物理研究方面的才华。他全面研究了高速荷电粒子在磁场中运动时所发出的电磁辐射的性质，于1947年将结果写成题为《论在磁场中的快速荷电粒子放出的辐射》的论文，在英国皇家学会的会刊上发表。率先计算了高能电子在磁场中的磁辐射相同的结果，由美国物理学家施温格 (J. Schwinger) 在研究加速器中的电子辐射的性质时得到，稍后于1949年在美国发表。他们的工作结果是同步辐射应用的基础文献，为国际上同步辐射的应用指出了方向。1948年获英国曼彻斯特大学哲学博士学位。

图2 获博士学位后与导师布莱克特(右)留影(1948)

同年起，留校任物理系帝国化学工业科学基金会研究员，为期三年。1950年，朝鲜战争爆发，得悉美军在仁川登陆后，朱洪元即在10月中离英返国，任中国科学院近代物理研究所研究员，后任原子能研究所理论研究室主任。回国后他积极参与祖国的科学建设和党领导下的人民外交工作。1957年他出席在日本召开的反对使用核武器世界大

图3 1957年启程赴日本参加禁止使用核武器世界大会，钱三强（左一）、赵忠尧（右二）、周培源（右一）赴车站为代表团送行

会。1961年朱洪元被选为第三届全国人民代表大会代表。

1959年至1961年，朱洪元在苏联杜布纳联合核子研究所工作。1961年自苏联回国后，朱洪元从事包括光子、电子、中子和原子核在内的高温、高密度系统的输运过程、反应过程和流体力学过程的研究，是中国在此领域研究工作的开端。

我国第一本《量子场论》教科书

20世纪50年代中期国内仅有很少几位科学家懂得量子场论，1957年，朱洪元在北京大学首次讲授“量子场论”，1958年，朱洪元先生在青岛和张宗燧先生合作办了一个粒子物理暑期讲习班，每天讲4个小时课，一个月的时间，从场的量子化一直讲到费曼图的重整化等复杂问题。这为全国当时年轻的粒子物理和量子场论理论工作者，清除了“拦路虎”。座中听讲的不少人后来成为国内应用量子场论进行物理研究的重要带头人。朱先生整理讲稿后，很快于1960年9月由科学出版社出版，此后成为国内青年人学习量子场论的主要教科书，以至于成为中国几代粒子物理学者的标准教科书及参考书。他的书结构严谨，逻辑严密，推导严格，不仅讲述了量子场论的入门基础，而且论述了量子场论中许多重要的问题。他的《量子场论》书是国内学界公认和推崇的，尽管那个年代书的纸张很差、泛黄，多年翻阅封面都已破损，但它教会了我们许多许多，至今仍保持在案头。20世纪80年代初，我在中国科学院研究生院讲授量子场论课程仍将它作为学生的参考书之一。

2011年北京大学出版社作为“中外物理学精品书系”再版老一辈的物理学家的经典著作，请我负责朱先生这本书再版的相关工作。2012年这本精品量子场论书再版后与读者见面。通过完成这一工作，深深感到朱先生早在20世纪50年代末就出版了这样一本经得起推敲的著作是很不容易的，同时也鞭策我在早年讲稿基础上完成了《量子场论导论》，于2015年出版。

治学严谨、诲人不倦

记得1963年9月上旬一个秋高气爽的日子，我从北京大学走进相距约200米的中关村，那时候步入两旁大树矗立的林荫大道，感到宁静且富有神秘色彩，带着自信而又轻松的脚步迈向中国科学院原子能研究所一分部的大门。在办完了各种研究生入学手续以后，与张肇西一起以胆怯的心情叩开了朱先生办公室的门，初次见面他询问了在北大物理系学习的课程和情况，并布置先认真学习量子力学。朱先生推荐了席夫Schiff和狄拉克 (P. Dirac) 的两本书。当我们向他汇报已学完了量子力学，他组织了一个包括于敏先生、郑林生先生在内的考试委员会进行考核。考核通过后布置学习当时国际高能物理最热门的理论——色散关系。朱先生列出了约斯特 (R. Jost)、莱曼 (H. Lehmann)、塞曼则克 (K. Symanzik)、齐默曼 (W. Zimmermann) 等人的三篇文章，这三篇文章是关于单重色散关系证明的经典文献。当我从图书馆借出这三篇文章翻阅以后，自认为北大物理系学了六年已有良好基础的我傻了眼，不知所措，无从下手，哪一篇都看不懂。只好耐下性子学习这三篇文章，不懂的地方就去找书、查文献去弄懂，例如当时这三篇文章中都用到广义函数，就借书去学懂。经过三个月左右的时间，总算学完了并向朱先生汇报。朱先生并不完全信任地反问“是吗?”，随即安排在场论组内报告。第一

次我上台讲单重色散关系的证明,当时朱先生、阮图南、陈中谟等都坐在下面听。刚开场不久,一个问题接着一个问题使我难以招架,只好用“可能”、“我想”、“大概”等词来招架,朱先生毫不客气的说科学问题懂就是懂,不懂就是不懂,你就是不懂,今天就报告到这里,下去搞懂以后,下星期再讲。这可是给我当头一棒,一星期后再讲怎么办?只好埋头苦干。经过几个星期的反复,经常是卡在哪儿就停在那儿,弄懂以后下星期再讲,最后终于讲完了三篇关于单重色散关系证明的文章。此情此景,至今难忘。经过这一段时间的磨练,我掌握了量子表象理论、单重色散关系以及L-S-Z场论的基础,也学会了对不懂的文章如何掌握、理解和应用它。随即布置了利用色散关系求解π-π散射振幅的方程。20世纪70年代初,当何祚庥提出束缚态场论想法时,我们很快合作创建了复合粒子场论体系。可以说朱先生在我入学第一年中引导我走进高能物理研究的大门并有意识地培养进行科学研究的能力。1964年底北京大学基本粒子物理组对当时SU(3)对称性有很好的调研,并向北京基本粒子物理的同行们报告了他们所了解的国际进展,朱先生要我们停止了色散关系的研究工作转入基本粒子物理对称性和非相对论夸克模型方向的研究。由于北京几个单位的合作很快开创了基本粒子相对论结构模型的研究,1965~1966年完成了层子模型理论的研究成果,我们几位研究生也由于直接参与了层子模型理论的研究,不仅完成了研究生论文,而且培养了独立的科研能力,进入了高能物理研究大门。

朱先生的治学严谨是粒子物理界所公认的。前面已经提到研究生期间无论是量子力学考试还是掌握研究文献的考核都是很严格的,不允许你以“大概”,“或许”来回答问题。他常说科学问题懂就是懂,没弄懂的问题就去弄明白,譬如说要你设计一座大桥,就不能“大概”,“差不多”,差一厘米都会出大问题,是上亿人民币的损失。朱先生对后辈人的学术报告和研究成果要求很严。当时场论组的人做出的研究成果要在组内做一次报告,听取大家的意见后才投稿到杂志社出版,朱先生总是很仔细地听取报告人的讲述,不时地提出各种问题,有时是很严厉的追问。正是这种严谨的学风感染着研究组每一个人,每位报告人也从中获益,提高了研究成果的水平。他也不能容忍别人工作中的错误,记得有一次他拿着经他修改和评注后的一位同事的文章给我看,严肃地指出文章中的问题并告诉我写文章必须要认真严格,不可有错,在送出发表之前你可以修改,但发表了就是白纸黑字,改都改不了,等发表以后人家发现了你的错误,你的信誉就完了,以后你再发表的文章人家也不相信你的结果,这就晚了。他在教育我们时诲人不倦、语重心长、严格要求,在科学研究中一丝不苟、执著追求、勇于探索的精神是我们的光辉榜样。

朱先生的治学严谨还表现在他对自己的工作非常谨慎,他对物理的了解和计算能力都非常强,极少发生错误。他的研究手稿不仅有物理直观的估算,而且有条有理地给出一步一步的推导。所有见过他的手稿的人无不佩服先生的严谨作风和精湛的技算技巧。哪儿应有1/2因子,哪儿应有π因子都清清楚楚地写在他的算稿上。他的算稿稍加整理就可以写成一篇论文。朱先生审稿是非常认真的,经常把投稿文章中的公式自己推导一遍,检查有没有错。

朱先生为培养我国的理论物理人才做出重要贡献。自1950年回国后,他即为建立中国的原子核理论及基本粒子理论队伍进行了大量卓有成效的工作。20世纪50年代和60年代成长起来的科学家都对他治学之严谨,见解之深广留有深刻的印象。凡是与他接触过的学者都称赞他对所研究的问题的详尽周密的考虑与严谨的治学作风,丰富的学科知识与准确的科学判断,从中受到教益。自1962年起朱洪元一直在中国科技大学兼任理论物理专业的教授,讲授群论、量子力学和量子场论等课程,并任理论物理专业的主任、近代物理系主任,培养了大量的优秀人才。许多人后来成为各高等院校教学与科研的中坚和我国科技发展的不同方面的学科带头人。作为有丰富科学研究经验的物理学家,朱洪元的科学讲座也非常精彩,具有很大的吸引

力，聆听他的报告不仅了解物理学的发展趋势而且学到了许多发人深省的科学问题。

为了我国粒子物理、核物理科学的发展和培养人才的需求，在钱三强支持下，朱洪元于1977年创办了《高能物理及核物理》学术期刊(现已改名为*Chinese Physics C*)，朱洪元担任第一任的主编。这本期刊创刊后为发展我国粒子物理和核物理科学起了重要作用，至今仍为反映我国在这两个学科领域中的科研成就，参与国际交流和竞争的主要刊物。

“层子模型”的带头人

1965~1966年，朱洪元与胡宁两位老前辈共同领导北京基本粒子理论组提出层子模型理论，开辟了强子内部结构理论研究的新领域，做出了具有国际水平的研究成果。朱洪元、胡宁、何祚庥、戴元本等39位科学家完成的层子模型理论获得1982年国家自然科学二等奖。

早在1964年8月举行的北京国际科学讨论会上，中国科学家报告了高能物理、原子核物理和快中子物理等方面的工作。日本著名科学家坂田昌一参加了会议，受到毛主席接见，接见时毛主席谈到基本粒子物理中物质无限可分的哲学思想，这对当时做基本粒子理论研究的人是极大的鼓舞和促进，我们决心赶超国际水平，找差距，以便大干一场，并开始为做出好成绩而深入调研。由于国家最高领导对基本粒子研究的重视，我们研究组的人没有下放参加当时的“四清”运动，还调动已参加“四清”运动的人回所做研究。当时，有两个调研工作值得提起：一是原子能所理论室朱洪元先生带领大家调研“量子力学创立历史”，以便找出重大科学发现原始创新工作的思想要素；另一个重要的调研是北京大学胡宁先生领导的理论组调研“基本粒子对称性理论”，了解1962~1964年强子对称性理论及基于对称性表示理论提出的基础粒子“夸克”。由于深入调研，胡宁和朱洪元二位先生提议原子能所、数学所、北京大学三个单位合办一个讨论班，后来中国科技大学也加入。北京这4个单位基本粒子理论研究工作者定期举行研讨会，共同学习、研讨国际上的最新进展。讨论班曾突出地介绍了当时国际上最新进展和存在于基本粒子物理强子对称性理论中的困难和矛盾。例如，朱先生就近代物理学的重大发展作系统的分析报告，北京大学老师就粒子物理理论研究几个方面的国际进展分别作综述报告，并展开热烈的讨论。朱先生在讨论会上将介子八重态、重子的八重态和十重态的强子质量谱的规律比做原子的元素周期表，指出正像元素周期表反映原子的内部结构一样，强子质量谱的规律也是它们内部结构的反映，表明当时所谓的“基本粒子”并不基本，而是由几种组元组成的。同时实验上测量了质子形状因子，揭示了质子不是点粒子而是具有一定大小的粒子，这使我们认识到强子具有内部结构。

1965年北京4个单位理论研究工作者在对国际发展调研的基础上，开始了如何从强子具有内部组元和结构的观点研究高能物理的讨论和合作研究，在这些研讨会上朱先生总是毫无保留地把他的新思想介绍给大家。他从强子是有内部结构物理图像出发，首先引入内部结构波函数，借用原子核理论中处理电磁跃迁和弱衰变的方法，研究了强子的电磁衰变和弱衰变过程，对这些波函数的空间形式作一些简化假定后就可以从内部组元的电-弱作用计算出强子电-弱作用的各种物理量。朱先生的计算结果得到了实验数据的支持，这一创新尝试极大地鼓舞了我们，这样就可以把不同的物理量联系起来并和实验比较。在当时物理学还不知道这些内部组元怎样相互作用而组成强子束缚态的情况下，这是推进强子内部结构理论，得到超出单纯的对称性考虑的物理结果的最有效的办法。朱先生还提出方案，考虑了强子整体运动对内部波函数的影响，并指导原子能研究所的年青同志用这些波函数算出了一系列的物理结果。进一步4个单位参加人员通力合作完成了一系列学术论文。这些论文考虑到强子所满足的SU(6)对称性将内部结构推广到相对论波函数和应用相对论协变的Bethe~Salpeter方程改写成协变场论的形式。那时，北京基本粒子组全体同志每天都沉浸在紧张的计算和激烈

图4 北京基本粒子理论组在研讨层子模型理论

的讨论之中，不计名利，热情工作，相互切磋，日以继夜工作最终完成这一相对论的强子结构模型。当时，国内学术期刊全部停刊，也不允许将文章送到国外期刊发表，在这样恶劣的情况下，我们写好的论文也无处发表。幸好，在钱三强和周培源两位老前辈和老领导的关怀和干预下，这4个单位39人的42篇论文得以在尚未停刊的第二机械工业部主管的《原子能》杂志和《北京大学学报》上发表，共有3本论文集。“层子模型”理论的主要思想，首先发表在《原子能》杂志1966年第3期一篇题为《强相互作用粒子结构的相对论模型》的论文中，一开始将组成强子的最小单元称为“元强子”，显然可以用“夸克”作为示例，但不一定非“夸克”不可。关键在于强子具有内在的结构，基于物质结构的层次性，认为基本粒子并不基本，“元强子”可能是认识的总的长河中的某一“层次”。因而经过反复讨论后由钱三强拍板命名为层子(Straton)，相应的相对论的强子结构模型为层子模型，强子是由下一层次的层子组成的，并以层子为对象引入相对论性束缚态波函数来描述强子参与的各种过程。概括地说，它是基于强子具有内部结构的观念，认为强子是由下一层次的层子组成的束缚态，并以夸克为对象引入相对论性束缚态波函数描述强子参与的各种过程，成功地说明当时粒子物理实验数据的一些主要方面和得到实验检验。通过建立的相对论协变的层子模型这项工作，大大提高了中国粒子物理工作者的科学水平。层子模型理论优于当时国际上非相对论夸克模型，国际上相对论夸克模型文章发表是在此后的1~2年。层子模型的工作是北京基本粒子组很多同志共同努力的集体成果，在整个发展过程中朱先生的作用是独特的，具有原创性。北京基本粒子组率领不同单位的一大批青年研究队伍合作攻关的创新精神，非常值得称赞和传承，这在中国物理学史上也是少见的。我有幸参加了这项理论研究，实际上，它也是我在导师指导下的研究生论文。这不仅使我熟悉了高能物理当时的前沿课题，更重要的是，让我掌握了研究方法，特别是，朱先生的直观的物理图像和娴熟的计算技巧使我受益至今。

1966年北京暑期物理讨论会上采用北京基本粒子组署名的方式报告了层子模型理论所取得的有科学价值的研究成果。会后，层子模型由参加会议的萨拉姆和日本科学家介绍到国外，著名科学家温伯格说：“北京一个小组的理论物理学家长期以来坚持一种类型的夸克理论，但将其称之为层子，而不称之为夸克，因为这些粒子代表比普通强子更深一个层次的现实”(见温伯格著《最初的三分钟》)。

1980年，当年的北京基本粒子理论组决定请朱洪元代表在广州粒子物理国际会议上做层子模型研究的总结报告。首次系统地总结了层子模型理论的物理动机，计算技巧和主要物理结果，发表在会议集里。为了做好报告，他把过去做过的计算又重新做了一遍，又一次表现出朱先生的严格、严谨的思考方式和一丝不苟的工作态度。

图5 1980年1月，广州粒子物理国际讨论会
(左起：彭桓武、李政道、周培源、杨振宁、朱洪元)

我国高能物理事业的开创者之一

朱先生在推进中国物理研究事业、北京正负电子对撞机论证和研制等方面做了重要贡献。

早在1964年底，由于中苏关系的破裂，我国从杜布纳研究所撤回，每年付给杜布纳2千万人民币运行费将用于发展我国的高能物理。1965年朱先生组织全组调研1亿人民币(5年运行费)能否在中国建立高能物理的实验基地。我们从调研中学到了加速器知识和什么样的加速器可以做什么样的实验以及国际高能物理的进展。

1972年底，中国科学院原子能研究所张文裕、朱洪元等十八名科学家写信给周恩来总理，建议抓紧基础科学研究，建造中国的高能物理实验基地，此建议得到周总理的肯定及支持。1973年在原子能所一分部基础上成立了中国科学院高能物理研究所。同年张文裕、朱洪元等率团考察美国各地的高能物理研究中心及瑞士的西欧核子研究中心(CERN)，其后逐渐提出建造高能加速器的方案的建议。1978年，国内拨乱返正，百废待兴。随着改革开放带来了科学的春天，在年初的全国科学大会上，高能物理被列为全国八大重要科技领域和带头学科之一。1978年5月，中国科学院成立理论物理研究所。成立之前，科学院领导曾有意邀请朱洪元先生当所长，并将高能所理论室主要骨干一起带过去。张文裕所长获悉后，非常不高兴，发脾气说：高能物理所必须要有强的理论室，理论、实验、加速器是高能物理发展不可或缺的三个组成部分。此后不久，便任命朱洪元为高能所第一副所长，理论室也得以保存、发展。1978年8月我国首次派出以朱洪元为首的代表团(成员有胡宁先生、叶铭汉教授、戴元本教授和我)出席在东京召开的国际高能物理大会(第19届)，这是我国高能物理走向国际社会的第一步，也让国际高能物理界了解中国。朱先生首次在国际会议上介绍了发展我国高能物理的设想。当时日本科学家对我们代表团参会和会后对日本的访问特别重视，著名物理学家朝永振一郎(Tomonaka)在东京国际俱乐部宴请了我们。在参观日本KEK的12 GeV加速器、东京大学、京都大学、名古屋大学时，朱先生不时地对加速器和实验装置提出各种有兴趣的问题，连实验物理学家叶铭汉教授都表示惊讶。1979年初中美两国的科技合作协议，我国开始选派科技人员出国进修，在建设我国第一个高能物理实验基地的推动下，高能物理研究领域的各种学术活动日渐活跃。

作为一位理论物理学家对实验科学的了解和关心，朱先生在国内理论界当推首位。自从他担任理论室主任以来，一直提倡密切结合实验开展理论研究，至今仍成为理论室的研究主流方向。朱先生在高能物理发展的大方向上有自己的观点和敏锐的看法，对高能物理实验，从高山宇宙线的结果到北京正负电子对撞机上可能进行的实验的分析，都

图6　1978年率团参加在东京举行的第19届国际高能物理学大会，张文裕所长去机场送行。左起：蔡永赐、朱洪元、黄涛、张文裕、叶铭汉、戴元本、胡宁。

图7　在国外考察高能物理实验基地建设时与吴健雄教授讨论。（右起：谢家麟、吴健雄、朱洪元）

发表了具有真知灼见的见解。

1981年3月，朱洪元和谢家麟两位副所长访问美国，在李政道教授的协调下到芝加哥费米国家实验室与中美高能物理联合委员会的成员们进行了非正式的会议，一方面通报中国高能调整方案——建造一个能量为50 GeV的质子加速器，一方面听取他们在学术上对此方案的意见。考虑到我国国情和国际高能物理发展的需要，李政道教授和斯坦福直线加速器中心 (SLAC) 潘诺夫斯基教授提出新的建议:建造一台4.4 GeV正负电子对撞机方案。当朱、谢二位先生从纽约来到西岸SLAC访问时，专门组织一个粲粒子物理研讨会，我们在SLAC访问的15位学者密切配合。此次会议主要由SLAC曾在SPEAR机器上做实验的MarkIII组报告在τ-粲能区已取得的成果以及可能潜在的重要物理问题，从而论证在这一能区建造一台4.4 GeV正、负电子对撞机的科学意义。朱先生对这一能区的物理了解和发展中国高能物理基地的责任心结合在一起的发言至今仍记忆犹新。朱、谢二位先生对新方案进行了非常详细审慎的研究，觉得正负电子对撞机可以在特定的能区优化性能，不受国际上已有的更高能量的对撞机覆盖，故它虽然能量不高，造价较低，但完全可做国际上前沿的物理工作，而且还有可能兼做同步辐射光源之用，无疑是当前最适合我国国情的方案，应该认真对待。朱先生在研讨会上和会下认真考虑物理窗口的意义和窗口能否继续存在，为了取得充分的材料回国汇报，作为领导决策的依据，进行了大量的工作，收集各方面的信息做了记录，深思熟虑地落实有疑问的环节，以便具有说服力地介绍了这个方案。在研讨会期间，记得有一天诺贝尔物理学奖获得者里克特(Richter)打电话给我要约请朱洪元谈方案，我陪朱先生去到他的办公室后，他建议我国正、负电子对撞机的能量提高到10 GeV不仅可研究粲粒子还可研究B介子，物理上更有意义。朱先生向他解释，我国经费和技术条件所限还是选择4.4 GeV为好。两位去美国时，带着原先50 GeV质子加速器方案，回国时已彻底改变了想法。5月国内召开了专门论证会议，称作“香山会议”，接受了正负电子对撞机的方案，最后在1983年，正式命名为“北京正负电子对撞机(BEPC)”。朱先生为论证和制定北京正负电子对撞机对发展我国高能物理的重要性起到了关键作用。他身为理论物理学家，却很了解实验工作，对高能物理实验提出了有指导意义的见解，难能可贵。在建造对撞机的过程中他作为学术委员会主任多次在各种场合下强调对撞机亮度对做出重要物理成果的重要性，要求工程必须从各个环节保证机器的高亮度品质。

图8 在北京正负电子对撞机开工典礼上合影。
(左起:方毅、李政道、周培源、宋健、朱洪元、谢家麟(1984))

北京正负电子对撞机建成以后，朱先生经常关心国际高能物理最新进展对北京正负电子撞机提出的新问题。记得1991年有一天他打电话要我去他办公室问了理论室和实验部合作研讨的情况以及对北京谱仪研究工作的设想。然后拿出一本笔记本给我看了他对国际粲物理研究的进展，记录了各种衰变道的实验结果和误差，分析了北京谱仪上可能做的物理，并与固定靶相比较有哪些优越性。当时他已经是74岁高龄且健康欠佳，仍然对国际粲物理领域的实验进展了如指掌，并期望着北京谱仪做出高质量的研究成果。

几十年来，朱先生对我国理论物理和高能物理的发展做出了重要的贡献，他较早地离开是我国高能物理界的一个重大损失。今天我们纪念他将激励后辈人为在我国基础研究中做出更重要的成果对人类做出应有的贡献。