

缅怀张先生生平及学术成就

朱重远

(中国科学院理论物理研究所 100190)

张宗燧先生是中国统计物理学和量子场论研究的先驱和开拓者之一。在统计物理学方面，他提出了在有合作现象的系统中求出与贝特理论相应的系统配分函数中组态因子的方法，给出了著名的“张组合公式”，并由此证明了贝特近似与准化学近似的完全等价。他又是研究次近邻近似的第一人，是最早提出吸附作用中可能存在超晶格相变的先驱。他是研究成果被写进国际著名的专著和教科书的第一位中国统计物理学家。在量子场论方面，他在约束系统正则量子化的研究中，最早认识到由于经典规范理论中任意时空函数以及一般系统中不定乘子出现带来的量子化问题，并提出了一种初步的解决方法。他发现了存在两种不同类型的约束并分别提出了对其中一大类模型可以使用的量子化方法，对于约束系统的正则量子化作出了重大贡献。他是高级微商场论最早的系统的研究者之一，在国际上有比较大的影响。在教育和培养人才方面，他主持制订了高等师范院校理论物理教学大纲，通过教育部委托北京师范大学主办的为时二年半的理论物理进修班，在建立高等师范院校理论物理教学和科研队伍中起了关键性的作用。他与朱洪元先生、胡宁先生一起，建设了中国量子场论及粒子物理理论研究队伍。

张先生的成就是相当突出的，但是，在相当长的一段时间里，并没有得到与之相符的评价和宣传，这有着很复杂的原因。1963年9月我作为研究生开始师从张先生，在几年的相处中，从没有听到他谈论他的成就。我虽然知道他很聪明，很早就当了教授，但并不清楚他取得的具体成果。直到改革开放以后，看到了保存在玻尔研究所、剑桥大学、李约瑟研究所等地的他与玻尔及夫人、穆勒、福勒、狄拉克、李约瑟等著名科学家之间的几十封通信，听到了他的老师、同辈、同事和学生对他的评价，研读了他的一些重要论文并知道了这些论文的影响，才比较确切地知道了张先生的重要学术贡献，认识到他是他那一代物理学家中的佼佼者。作为对张先生诞生100周年的最由衷的纪念，我非常高兴能趁《现代物理知识》出专刊之机，在此缅怀张先生的生平和成就。

张宗燧先生字次新、君厚，1915年7月12日（农历6月1日）出生于浙江省杭县（今杭州）的一个仕宦世家，祖上几代为官，他的父亲那一辈兄弟二人一直住在一起。伯父张尔田是清朝举人，民国时曾担任北京大学教授和燕京大学国学总导师。父亲张东荪是清朝浙江省公派至日本的留学生，毕业于日本东京帝国大学哲学系，自东京

留学时就开始办杂志、办报，将西方的各种哲学思想、主义介绍到中国，探讨改造中国社会的道路，但又不赞成陈独秀的马克思主义主张，并与之展开过辩论。张东荪长期担任燕京大学哲学系主任，抗战期间，坐过日本人的监牢半年，抗战胜利后不满意国民党的独裁，成为中国民主同盟的领导成员之一，1948年，为了保护北平这个文化古城以及北平人民的福祉，主动来往于傅作义及解放军之间，为和平谈判尽力，成为北平和平解放的功臣。解放后张东荪担任过中央人民政府委员及民盟的领导职务，但于1952年在思想改造运动中受到批判，最后因“美国间谍案”被撤销一切职务，开除出民盟，成为“按人民内部矛盾处理，保留北京大学教授职务”的平民，1958年被转至北京文史馆。文化大革命中，于1968年被捕，1973年病逝于监禁中。张东荪跌宕起伏的一生对张宗燧先生的经历有相当大的影响。

张先生的兄弟姐妹四人，都是高级知识分子。大哥张宗炳是美国康奈尔大学博士，北京大学生物系教授。弟弟张宗颖是燕京大学硕士。小妹张宗桦毕业于北京大学，是核物理学家，中国科学院高能物理所研究员，中国科学院院士。

张先生从小似乎就是个“偏才”，小时候，有些事学起来不快，

比如走路老像站不稳似的，被父母戏称为“傻二”，智力却超常聪明，小小年纪下棋就下得很好。张宗燧好学上进，不甘人后，个性特别要强，相当自信。1930年秋，张先生考入了燕京大学物理系。1931年，他又以特别优秀的插班考试成绩转学到清华大学，在吴有训和赵忠尧等名教授的指导下，他确立了从事自然科学研究的目标。他于1934年获得了清华大学理学士学位，随后就成为了清华大学研究院吴有训教授的研究生。1936年，他通过了庚子赔款留学英国的数学专业考试。同年9月他与另一位考上庚庚款数学的许宝騄同行，到达了英国剑桥大学菲茨威廉学院。他们两位与当时正在那里作访问研究的华罗庚一起，成为了好友，终身不渝。在剑桥，张先生如愿成为导师福勒的博士生，研究方向是他非常喜欢的理论物理学的一个重要的分支——统计力学。

福勒是英国皇家学会会员，从事统计力学和热力学、量子理论、天体物理方面的研究，有一系列重大贡献。他建立了一个物理学派，他的学生和研究团队中前后至少有15名英国皇家学会会员和3名诺贝尔奖获得者，其中包括后来对张先生的研究有很大影响的狄拉克。

20世纪30年代中期，统计物理学正处在研究重点从理想气体和低温固体等准自由粒子系统转向有比较强的相互作用的合作系统，合金及溶体的合作现象和相变问题成为研究的热点，张先生的研究就沿着这一方向开展。他很快就进到了前沿。

他的第一个研究工作是关于合金的有序-无序相变问题。二元合金中，两种原子在合金晶体的格点上分布的规则程度与温度相关。理想的超晶格由两个相套的晶格组成，这就是完全有序的情形。另一种极端类型是两种原子完全随机地分布在晶体的格点上，完全无序。有序程度随温度的变化，从高温到低温，存在着一个发生突变的临界点，这种有序-无序相变正是一种典型的合作现象，是统计力学的重要研究对象。合作现象的研究必须考虑相互作用。

1934年布拉格和威廉姆斯以及稍后的贝特等人都对此现象做过研究，但一些细节上与实验结果存在着明显的差别。张先生注意到，在临界温度附近，计算得到的在有序化过程中势能改变造成的比热太小。他将贝特理论中的由中心格点及其最近邻组成的小集体扩大到包括进次近邻格点，既计及最近邻格点间的相互作用，也包括次近邻格点作用的贡献。他就简单立方晶格及体心立方晶格的情形进行了仔细的分析和计算，结果表明，正的次邻相互作用势，有效地减少了序，降低了临界温度，明显地改善了与实验相符合的程度，形成了他的第一篇论文《贝特的有序-无序相变理论在合金理论中的推广》。实际上，布拉格和威廉姆斯的方法是零级近似，贝特方法是一级近似，张先生做的是二级近似，重要性显而易见。

在开展上述研究的同时，根据福勒的建议，张先生着手用贝特方法去研究由于分子转动带来的固体

的比热的反常行为。他将处于中心的分子加上其最近邻的分子看成贝特方法中的小集体，计算小集体的配分函数时，将外面的转动对小集体的作用，用作用于小集体中的最近邻分子的有效场去补偿，成功地完成了计算。结果显示了临界温度的存在以及由于转动自由度在临界点的突然加入造成的比热的不连续性，得到了同行的重视。

张先生接下来的工作是讨论二元合金在所有组分浓度比的情形下，形成AB型合金的超晶格的临界点附近的有序化特性以及AB₃型的超晶格存在的可能性。在分析这些结果时，他敏锐地发现，这些计算完全可以直接应用于气体在固体表面上的吸附。应用这种方法，张先生证明了，在一定条件下，在吸附层中，可能形成超晶格。张宗燧是提出吸附中可能形成超晶格的理论的第一人。

在统计力学中，研究物理系统平衡态性质的标准方法是构造系统的配分函数（或巨配分函数），然后从这些函数直接导出平衡态的性质。因此，给出配分函数具有基本的重要性。张宗燧先生利用比较由贝特理论得到的平衡性质与由巨配分函数给出的平衡性质的方法，求出了巨配分函数的表达式。这些关于组态数的式子被称为“张组合公式”。有了这样得到的巨配分函数，就可以应用它们去导出系统的各种特性，一个很重要的结果就是由此证明了贝特近似与准化学方法完全等价。在福勒和古根海姆的名著《统计热力学》一书中，专门有一节讲述“张组合公式”，并多处应用这

纪念张宗燧先生诞辰一百周年专题

些公式讨论各种问题。

张先生的上述论文中，有 5 篇论文的内容被写进了福勒和古根海姆的书中，这也是中国统计物理学家的成果第一次进入国际著名的专著和教科书。其后的一些统计物理学专著，包括现在仍被一些美国著名大学用作研究生教材的帕斯瑞（R. K. Pathria）的《统计力学》，也引用了其中的成果。

由于上述优秀的研究成果，张先生只用了两年就得到了博士学位。1938 年 7 月，他与比他早一年到剑桥留学的王竹溪一起成为中国最早的统计物理领域的博士。

庚款的经费有 3 年，张先生提前获得博士学位后，还有一年的费用可用。他想很好地利用这个条件，在继续研究统计力学的同时，拓广到开展量子场论和粒子物理（当时称为“基本粒子物理”，分类归属于“核物理”）的研究。他的打算得到了福勒的大力支持，福勒将他推荐给了尼尔斯·玻尔。玻尔非常热情地欢迎他到哥本哈根，为他安排了很周到的计划，让他跟随从事基本粒子理论研究的穆勒（C. Møller）。玻尔请他住在自己家里，从此，他与玻尔一家建立了深厚的友谊。他与玻尔的孩子，包括年龄比他小几岁的阿格·玻尔（后来也得到了诺贝尔奖）成了好友。在玻尔去普林斯顿访问期间，又推荐他去瑞士苏黎世理工大学泡利（W. Pauli）处工作，泡利建议他研究矢量粒子参与的过程的角分布，他很快就完成了。关于“赝标介子的性质”的工作，主要是在哥本哈根所做，写成论文则是在苏黎世，内容

含括了当时他能想到的所有赝标介子过程，包括其被静电场的散射、被核子吸收并辐射出光子、被核子散射及寿命的公式。论文完成后寄给玻尔研究所和穆勒。1941 年玻尔研究所的罗森塔尔（Rozental）在研究著名的宇宙线中发现的“介子”的问题。此前对此问题的研究考虑的都是矢量介子，罗森塔尔则使用了张先生导出的赝标介子寿命的公式去讨论它们是不是赝标介子的可能性。玻尔非常重视张先生的这篇论文，认为应当马上发表，但是，无法联系到张，而时间又已迟了两年，所以，他就请穆勒和罗森塔尔为该文写了新的引言，作了一些必要的修改，并由他亲自写了一段脚注，说明了情况，准备发表在《丹麦皇家科学院数学-物理杂志》上。在付印期间，玻尔从菲尔茨（Fierz）处得知了张先生的联系方式，于是，1941 年 9 月 23 日他写信详细地告诉了张先生上述处理过程，并表示会将此文的复印本寄给所有与丹麦有邮政通信的国家的有关科学家。张先生的这篇论文就以这样一种曲折的方式发挥了作用，玻尔的如此深切的关怀令人感动。

张先生从 1940 年 2 月正式就任因抗日战争内迁到重庆的中央大学的教授。他当时担任讲授“热力学”和主要内容为电动力学及相对论的“理论物理”课程，同时继续进行研究，在这段时期里（1940 ~ 1945.12）他一共在美国及英国期刊上发表了 7 篇论文，3 篇属于量子场论方面，4 篇是关于合作现象的，其中 2 篇是带领学生一起完成的。

抗战胜利以后，张先生得到中英文化协会的支持，在 1946 年 1 月到 1947 年 9 月以高级研究员的身份到剑桥大学访问讲学，邀请人是狄拉克。狄拉克安排张先生讲授“量子场论”课程，这是中国人第一次在剑桥讲课。此后，他又与狄拉克一起去美国普林斯顿高等研究所作访问研究，直到 1948 年 10 月回国到北京大学物理系担任教授。在这段时间中他的一个重要成果是关于约束系统的正则量子化。最早人们面对的需要量子化的约束系统是电磁场，狄拉克、海森伯、费米和泡利提出了一些方法使得量子化可以进行，但都有不满意之处。首先从理论角度对于更一般的具有多种类型约束的系统进行研究的是狄拉克。他在 1933 年的文章中试图用不定乘子去写出有约束的系统的哈密顿形式。在文献中，张先生第一个指出这些乘子的存在给量子化带来了问题。他指出，对于有一类系统，约束相当于可以通过消去某些正则自由度去解决。他证明了在这类模型中，与约束相乘的函数可能与动力学变量有关，量子化后会不平凡。这实际上是狄拉克后来所称的第二类约束。另一类是经典规范理论。他首先提出了这类理论采用的形式中，如果存在着任意时空函数，量子化时会有问题，并提出了初步的解决方案。他发展了对一类比电磁场情形更广泛的协变规范模型适用的量子化技巧，并提出了将规范条件不是作为算符方程，而是作为加到态上的初始条件的方案。张先生对约束系统的正则量子化作出了重大的贡献。

张先生是对于含有高阶导数的量子理论的最早的研究者之一，他进行了比较系统的研究，导出了运动方程的正则形式，建立了流、能量动量张量、角动量张量以及对称的能量动量张量的规范不变的表达式，并应用了他的约束系统量子化方法。

张先生对于量子场论的相对论不变性问题进行了仔细的研究。他从类空曲面上定义的薛定谔波泛函出发，研究其随曲面变化的变化，给出了比韦斯（P. Weiss）原始形式更一般的理论，并由它导出了朝永振一郎的形式，从而证明了韦斯场论与朝永振一郎场论的等价，同时说明了这两种方案也都不能解决正则量子场论的发散困难。他还提出了一种证明库仑规范具有相对论不变性的方法。这些工作一直延续到1952年。

1952年，张先生一家的生活出现巨大的转折。他的父亲被撤销一切领导职务，政治上成为比普通人还差的另类，他自己在北京大学的思想改造运动中受到了批判，院系调整中，又不情愿地被调整到北京师范大学物理系任教。直到后来著名的波兰理论物理学家英费尔德（L. Infeld）到北京访问，对此向接待人表示奇怪，才促成了他于1956年7月被完全调到中国科学院数学研究所。在数学所，他的工作得到了所长华罗庚及副所长关肇直的支持。由于张先生有着一个很强烈的观念，喜欢理论物理，认为自己生来就是要作这行的，所以无论是顺境还是逆境，他总是勤奋地

做研究。1953年到1965年，他写了3本书和32篇论文，在那时，这是不多见的。

1953年他在中国《数学学报》上发表了2篇有关相对论的量子力学中算子计算的论文，讨论非齐次洛伦兹群的表示问题。1946~1947年，齐次洛伦兹群的表示问题解决了，张宗燧在此基础上，用非常简单的方法证明了非齐次洛伦兹群的表示对于作为子群的齐次洛伦兹群是可以分解的，解决了这个问题。现在看来，张的论文更有意义的地方是用“超旋量”将平移算符明显写了出来，因为现在很热门的彭加勒（H. Poincare）超代数是1971~1974年由3组人提出的，其中关键的式子就是将平移算符表示为超代数的旋量生成元的二次型。张先生的工作相当领先。

1957年他带领学生王德懋和许永焕发展了固溶体的一种新的计算方法，把自由能按近邻矩阵的不可约乘积展开成一个级数，他在合作现象的研究中，则深入到了许多更复杂的系统，直至导出了多元多分子系统的配分函数。他在色散关系及微扰论的解析性方面也作了一系列工作。

在培养人才方面，张先生是公认的建设中国高等师范院校理论物理教学科研队伍的主要带头人。1952年院系调整后，中国高等师范院校中许多教师只有教普通物理的水平，急需提高，教育部委托北师大举办了为期二年半的由全国高师系统的理论物理教师作为学员的“理论物理进修班”，并专门请了

苏联专家讲课。在此期间，张先生为进修班讲授了张量、群论、数学物理方法和相对论等课程。还开设了选修的分析力学专题、统计物理专题及量子电动力学等高一个层次的课程。因此，苏联专家不仅对他的学术水平表示钦佩，还直接向系领导提出疑问：“你们有张宗燧这样的专家，为什么还要请我来讲课？”他还指导几位学员撰写了3篇论文。1956年，他主持制订了中国高等师范院校理论物理教学大纲。

张先生与朱洪元先生及胡宁先生是中国量子场论及粒子物理理论研究队伍的奠基人。1956年到数学所后，张先生建立了理论物理研究室，担任室主任，原子能研究所的朱洪元先生及北京大学的胡宁先生也分别带领着一支年轻的队伍。他们3人学术风格各异，甚至有时对学术方向的看法也并不一致，但关系很好，交往密切，讨论频繁，并把这种好风气传给了他们的学生们。1958年8月，他们主导在青岛举办了全国场论及基本粒子讲座，为全国培养研究人才。1965~1966年，他们再加上中国科技大学的相关人员，形成了“北京基本粒子理论组”，开展了层子模型的协作研究，取得了很好的成果。

张先生在中央大学、北京大学、北京师范大学、中国科技大学及中科院数学研究所培养了一批学生，他们中有的为国防做出了杰出的贡献，有的成为中国量子场论、粒子物理理论和数学物理研究的学

纪念张宗燧先生诞辰一百周年专题

科带头人，其中有好几位成为中国科学院或工程院院士。

纵观张先生的一生，他能够成为卓有建树的杰出科学家，与他有着不少不同于一般人的特质密切相关。

首先，他能够 15 岁上大学，19 岁毕业，21 岁到剑桥当研究生，23 岁得到博士学位，24 岁得到中央大学教授的聘请，25 岁正式就任当时最年轻的教授，研究成果蜚声国际，毫无疑问地，要得益于他天资聪明，思维敏捷，学习数学和理论物理的能力特强，不怕困难，尤其是不怕数学困难的才能。

其次，可以说，没有几位理论物理大师的指导和帮助，张先生不可能取得如此的成功。而另一方面，如果没有他在与大师们交往中表现出的素质，他也不可能得到他们的青睐。在剑桥，福勒指导他很快地进入统计力学前沿，脱颖而出，破格只用两年就被授予剑桥博士学位。玻尔对张先生“很高的科学才能和人品”，“精通新的数学方法又能最透彻地理解其物理含意”，“对理论物理问题的热忱和敏锐的洞察力”的高度评价，玻尔为他的一篇非常有兴趣的论文的发表做出的非同一般的安排，以及对于他的生活及各种事务的无微不至的关怀，令人十分感动。狄拉克是比张先生早十二年毕业的师兄，许多传记及回忆说他沉默寡言，不容易接近，但他与张先生很投合。张先生非常推崇狄拉克的研究风格，自己的风格受到了他很大的影响。

张先生治学严谨，一丝不苟，

对学术问题的讨论，认真直率，怎么想就怎么说，无论是对大师、前辈还是同辈、学生，都是如此，例子很多。在 1939 年一封给穆勒同时向罗森塔尔问好的信中，他写道：“我很抱歉，不得不指出，他（指罗森塔尔）的新项对于电子和正电子发射，在（与实际）相反的方向”。1955 年，北大的王竹溪先生出版了《热力学》一书。张先生带领北师大“理论物理进修班”的几位学员，认真地读了这本书，写出了二十多条具体的意见，发表在《物理通报》上，促成了王先生在 1957 年就改版，并在第二版序中表示：“特别是张宗燧教授所提的许多意见帮助最大”。1965 ~ 1966 年，对于北京基本粒子理论组层子模型研究开始时有些计算方法粗糙，讨论中也是直言不讳。

张先生作研究，喜欢从最一般和基本的原理出发，力求以较少的假定取得较多的结果，不可能一蹴而就。他劝人要“悠哉悠哉做物理”，是觉得急功近利做不出有意义的成果。

在日常政治生活中，张先生一直要求自己 and 家属要进步。不过，由于他惯于带着浓厚书生气的思维方式和怎么想就怎么说，不会说假话的性格，他的不少言论不随波逐流。例如，解放初期，他在政治学习中说：“美国资源丰富，剥削很少。剥削南美洲，但对中国剥削少”，“美国是假民主，苏联仍不是真民主”，“苏联帮助志愿军不够”，他“百分之百相信数学，百分之八十相信马列主义”。他还说过：“苏联没

有一个理论物理杂志比得上美国的物理学报”。在大跃进时，参观徐水后的讨论会上，他问“为什么猪肉那么多，菜市场还买不到猪肉？”在有人提出几年就要赶英超美时，他说他们不知道英美的工业有多先进。20 世纪 60 年代，在有人批判苏联的机器“傻大黑粗”时，他说“苏联的有些领域还是很先进的”。诸如此类的不合时宜的话，使得他在运动中常常受到批判。在 1952 年的“思想改造运动”（在北大）、1955 年的“肃反运动”（在北师大）以及 1966 年开始的“文化大革命”（在数学所）中，他都没有能幸免。但是，现在反思，正是这些在当时看起来好像政治上有点幼稚的言论，使人深深地感受到那种发自天性的诚实是多么难能可贵。

文化大革命中张先生一家遭遇了极大的不幸。弟弟张宗颖夫妻二人自杀身亡，父亲病逝监禁中。张先生于 1969 年 6 月 30 日服用大量安眠药自尽，享年仅 54 岁，令人万分痛惜。文化大革命后彻底平反并举行了追悼会。2005 年，举行了规模相当大的“张宗燧先生诞生九十周年纪念会”，大家聚集在一起，畅谈他的贡献，缅怀他的风范。今年，《现代物理知识》又出版了张先生诞辰 100 周年的纪念专刊，相信张先生在九泉下也会感到一丝欣慰的。

本文原刊登于科学出版社 2014 年 10 月出版的《20 世纪中国知名科学家学术成就概览·物理学卷第二分册》，作者根据本刊需要，作了一些改动。