

张宗焯

(1935—)



张宗焯，理论核物理学家，中国科学院院士。在原子核的相干结构、超核的超对称态、强子结构和强子-强子相互作用的夸克模型以及多夸克态的研究等方面取得了一系列成果。预言了 ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 和 ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ 的第一激发态分别为超对称态，并被实验所证实；给出了单胶子交换正反夸克对产生的传递位；提出了用手征SU(3)夸克模型来统一描述u、d、s系统，成功地解释了氘核结合能、核子-核子各个分波的散射相移以及超子-核子的截面；研究双重子和重子-介子系统，指出 $(\Omega\Omega)_{0+}$ 是具有夸克聚集效应的双重子态并预言了其能量。

张宗焯，1935年1月29日出生在北京。父亲是燕京大学哲学系的教授，母亲是家庭妇女。3位兄长都比她年长许多，大哥张宗炳生前是北京大学生物系教授，二哥张宗燧是著名的理论物理学家。她是家中老小，又是独生女，从小身体弱，家里对她的期望值不高，学习上没有受到什么压力。她小学就读于辅仁大学

附属小学，学习成绩中上；初中时贪玩，时常不按时完成作业，直到考高中时，受到刚从美国回来的二哥的影响，感到与哥哥们相比，自己的差距太大了，从此开始发奋读书。高中就读于贝满女中，在物理老师孙念台和数学老师张继毅的引导和鼓励下，她深深地喜爱上了这两门功课，不仅课内的学习成绩优秀，还做了大量的课外习题，并阅读了许多课外读物。

1952年，张宗焯顺利考入北京大学物理系。当时刚刚完成了院系调整，要求知名教授都要到第一线去教基础课，张宗焯所在年级的普通物理由黄昆讲授，热力学和统计物理由王竹溪讲授，电动力学由胡宁讲授，这使她受益匪浅，打下了扎实的理论基础。大学时期的生活很生动，物理系的女同学少，因此大部分时间是在与男同学交流，开始时，她不太习惯，后来感到男生的想法很有启发性，与他们讨论更加活跃了她自己的物理思想。在相互讨论和学习中，她与同班同学余友文相爱了。1956年，他们很幸运地一同被分配到了中国科学院原子能研究所（当时称为中国科学院近代物理研究所），任研究实习员，在于敏和邓稼先领导的原子核理论组工作。她的第一项研究工作就是在邓稼先的指导下完成的。于敏对物理问题的深刻认识给了她极大的启发。在他们的指导下，她逐步学会了如何做科学研究工作。

1958年，全国各地都派人到中国科学院原子能研究所来进修。当时的口号是“大家办原子能”，突然间组里多出了近20个人，原来的组员都成了“老同志”，张宗焯也被“逼”当上了核结构小组的组长。这段经历使得她的科研和组织能力都大大提高了。1961年，这个做纯基础研究的小组由北京房山区搬回海淀区中关村，继续进行核结构和核反应的理论研究。张宗焯这时开始在中国科学技术大学近代物理系兼课，讲授“原子核理论”。这是她第一次讲课，她认真备课，力求讲清楚物理图像，讲课效果相当好；在教学相长中，她本人也收获许多。20世纪60年代初，在于敏的指导下，他们提出了原子核的相干结构模

型。该模型的数学表达式非常简单，物理图像却十分清晰，是原子核中“超导”运动形态的一个推广。这项成果在 1966 年度北京物理讨论会上获得好评。

1973 年，以原子能研究所中关村分部为主体，成立了中国科学院高能物理研究所。1975 年，中断了近 10 年的研究工作终于逐步得到了恢复。这时，张宗焯将其研究方向转为了中高能核理论。原因之一是时隔 10 年，国际上原子核理论的研究有了很大的进展，出现了新的生长点，中高能核物理是其中之一；原因之二是，她所在的组属于中国科学院高能物理研究所理论室的一个组。经过调研，张宗焯选择的课题是超核结构的研究。超核中包括 3 种粒子：中子、质子和超子，比一般的原子核多了一种超子，因此，超核有可能形成更高的空间对称性——超对称态，并且预计这些超对称态具有较低的能量。1975 ~ 1980 年间，他们用群论方法给出了自旋味道空间 $SU_s(2) \otimes SU_f(3)$ 超级多重态分类的结构。预言了 ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 和 ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ 的第一激发态分别为超对称态 [5] 和 [54]，相应的能量为 10.5MeV 和 11.5MeV。该预言在 1981 ~ 1983 年间被美国 Brookhaven 国家实验室 (BNL) 的实验所证实，理论预言比实验早了 3 ~ 5 年。超核中存在超对称结构，这一结论受到国际同行的密切关注。

1978 年，中国迎来了科学的春天。为推动我国粒子物理和核物理的研究，钱三强先生于 1980 ~ 1981 年间分别组织了粒子物理和核物理国际讲习班，邀请国外的华裔科学家来讲课，为国内科研工作者走向国际前沿创造条件。钱先生选派张宗焯担任冬季核物理讲习班的学术秘书。她积极参与，在为与会者热心服务的同时，也开阔了眼界，增进了对国际研究现况的了解，认识到核物理与粒子物理的交叉是核物理的一个重要前沿，随后开始了核内夸克及核力的夸克模型的研究。她和余友文选择在夸克模型基础上研究重子 - 介子顶角函数的结构作为第一个研究课题。他们从单胶子交换出发，导出产生一对正反夸克对的传递位，采用

这个位势及合理的单胶子交换耦合常数，计算了一系列核子 - 介子顶角耦合常数，得到与实验值相符合的结果。该成果受到了国际同行的重视。

1984 年，张宗焯得到了德国马普学会交换学者的机会，赴德国图宾根（Tuebingen）大学理论物理研究所访问。自此开始了与该所 Amand Faessler 教授长期密切的合作关系，之后又多次访问该所，双方开展了在核力的夸克模型方面的合作。

随后，张宗焯与余友文合作，将手征 SU(2) 模型发展为包括 s 夸克的手征 SU(3) 夸克模型，成功地解释了氦核结合能、核子 - 核子 (NN) 各个分波 (S, P, D, F, G) 的散射相移以及超子 - 核子的截面。在此基础上，又做了一系列的改进和推广，其中主要包括：①提出了推广的手征 SU(3) 夸克模型，将矢量介子交换考虑了进来；②推广到包括反夸克的情况，研究了一系列重子 - 介子和介子 - 介子系统的结构及它们的相互作用；③推广到包含重夸克 (c, b) 的情况，考查了一些含重夸克系统的介子 - 介子分子态的结构。

与此同时，他们系统地分析了双重子态和多夸克态的结构及存在的可能性。通过分析两个基态重子之间的夸克交换效应，他们看到有一类情况的夸克交换效应很小，几乎可以忽略不计，例如 NN, N Λ 等；而另一类情况的夸克交换效应提供了很强的 Pauli 阻塞效应，两个重子之间有很强的排斥心；还有一类情况，夸克交换效应可以使得两个重子靠近，即产生聚集效应，这时有可能形成双重子态。在众多的两个重子体系中，他们发现只有 ($\Omega\Omega$)₀₊，不仅结合能大，而且有较长的寿命，约为 10^{-10} 秒，是个有趣的双重子态，可惜的是其生成几率很少。尽管如此，它仍然引起了实验物理学家的兴趣，被列入 RHIC - STAR 的研究规划，随后，他们又在手征夸克模型的基础上，研究了五夸克态、四夸克态以及一系列的强子 - 强子分子态，得到许多有兴趣的结果。

1999年，张宗焯当选为中国科学院院士。2006年，她与魏宝文、詹文龙、沈文庆、陈和生、陈森玉等5位院士联名建议，成立“中国科学院大科学装置理论物理中心”，得到中国科学院的支持。该中心于2007年正式成立，对我国大科学装置上做出优秀的物理成果起到了重要的推动作用。

原子核的相干对和相干涨落模型

20世纪60年代，在于敏的指导下，他们共同提出了原子核的相干结构模型。该模型的物理图像十分清晰，认为核内的核子配成“相干对”时，这些状态的能量最低。这种“相干对”的角动量，不仅可以为0（即超导对），还可以为2, 4, …，它们的数学表达式非常简单。在此基础上，他们又给出了3个粒子和4个粒子的相干结构模型。用简单的 δ 型相互作用，成功地解释了 ^{16}O 附近原子核 ^{18}O , ^{19}F 和 ^{20}Ne 的低激发态结构。随后，他们进一步提出相干对的涨落模型，很好地描述了 ^{16}O 的低激发态性质。这些成果在当时处于国际领先水平。

超核的超对称结构

超子被束缚在原子核内形成超核。由于超核中包含中子、质子和超子3种粒子，因此可以形成更高的空间对称性。通常，由中子和质子构成的原子核中最高的空间对称性为[4]，具有这种对称性的态的能量最低。超核中多了超子，所以它可以有对称性为[5]或[6]的态。1975~1980年间，他们将Wigner在自旋同位旋空间中 $\text{SU}_s(2) \otimes \text{SU}_t(2)$ 超级多重态分类方法做了推广，用群论方法给出了自旋味道空间 $\text{SU}_s(2) \otimes \text{SU}_f(3)$ 超级多重态分类的结构。采用包含 $\text{SU}(2)$ 和 $\text{SU}(3)$ 群的casmiar算子的相互作用普遍形式，研究了一系列轻超核1p壳激发态的性质。

指出 ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 和 ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ 的第一激发态分别为超对称态 [5] 和 [54], 预言它们的能量分别为 10.5 MeV 和 11.5 MeV, 并讨论了它们的生成几率。该预言于 1981 ~ 1983 年间被美国 Brookhaven 国家实验室 (BNL) 的实验所证实, 他们实验所得的 ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$ 的第一激发态的能量为 10.5 MeV, 经过分析, 认为这个态的主要成分为超对称态 [54], 与张宗焯等人预言的能量仅差 1.0 MeV。张宗焯等人的理论预言比实验早了 3 ~ 5 年。虽然当时刚刚改革开放, 该项工作的论文单篇引用就超过了 40 次。超核中有超对称态的存在, 在国际上被认为是超核结构研究中的一项重要进展。

强子结构与强子 - 强子相互作用

人们公认, 强子由夸克和胶子构成, 强相互作用的基本理论是量子色动力学, 大家还知道, 在核子层次上可以相当好地描述原子核的结构。因而, 如何建立强子层次与夸克胶子层次之间的联系, 探讨在什么情况下有夸克自由度的表现, 从基本理论上统一认识强子物理的现象和原子核的结构是强作用理论的一个关键问题。张宗焯与其合作者在这些方面开展了一系列的研究。

正反夸克对产生的传递位

1983 ~ 1984 年, 张宗焯等人首次从单胶子交换出发, 推导了产生一对正反夸克对的传递位, 分别给出了这个传递位势在动量表象和坐标表象中的表达式。采用这个位势及合理的单胶子交换耦合常数, 研究了一系列强子 - 强子的顶角函数。计算结果对核子 - 介子 ($\text{NN}\pi$, $\text{NN}\eta$, $\text{NN}\rho$, $\text{NN}\omega$) 顶角耦合常数的实验值给出了满意的解释, 他们并从理论上导出了这些顶角的形状因子。从这些顶角函数出发, 他们进一步得到了 2 个重子间的介子交换势, 这个势与强子层次的介子交换势的性质相一致。同时还计算了一些 1 个介子衰变到 2 个介子的衰变宽度, 得到了与实验相符合的结果。该项工作作为从夸克层次上认识强子 - 强子的耦合

结构提供了一个途径。这一成果受到国际同行的重视和广泛引用。

手征 SU (3) 夸克模型

为统一描述 u、d、s 夸克系统的实验现象，张宗焯与合作者将手征 SU (2) 模型发展为包括 s 夸克的手征 SU (3) 夸克模型。在一套参数下，先计算重子基态的质量，然后用动力学方法系统地研究了氦核结合能、核子 - 核子 (NN) 各个分波 (S, P, D, F, G) 的散射相移，以及超子 - 核子 ($\Lambda p \rightarrow \Lambda p$, $\Sigma^+ p \rightarrow \Sigma^+ p$, $\Sigma^- p \rightarrow \Sigma^- p$, $\Sigma^- p \rightarrow \Sigma^0 p$, $\Sigma^- p \rightarrow \Lambda n$) 的截面，所得结果与大量的实验符合很好，表明该模型既具有 QCD 精神为基础，又能解释大量的实验，是具有相当生命力的。

以此为基础，他们又提出了推广的手征 SU (3) 夸克模型。在该模型中，夸克之间的短程作用机制主要为矢量介子交换，而不是手征 SU (3) 夸克模型中的单胶子交换。通过比较这两个模型的结果，可以考查夸克之间的短程作用机制是单胶子交换或矢量介子交换，还是两者都需要考虑。随之，他们又做了两个重要的推广：一是推广到包括反夸克的情况，研究了一系列重子 - 介子和介子 - 介子系统的结构及其相互作用；一是推广到包含重夸克 (c, b) 的情况，考查了一些含重夸克系统的介子 - 介子的分子态结构，得到不少有趣的结果。

双重子态和多夸克态的研究

由于手征 SU (3) 夸克模型可以解释大量的实验，张宗焯等人试图采用同样的参数去预言一些可能的双重子态和多夸克态。首先，他们系统地分析了两个基态重子之间的夸克交换效应，从分析中看到：一类情况夸克交换效应很小，几乎可以忽略不计，例如 NN, NA 等，这时重子中的夸克效应可以忽略不计，从这里可以理解为何在核子层次上可以相当满意地描述原子核结构的原因；另一类情况夸克交换效应提供很强的 Pauli 阻塞效应，这时两个重子之间有很强的排斥心；还有一类情况，夸克交换效应可以使两个重子靠近，即产生聚集效应，这时有可能形成双重子

态。在众多的两个重子体系中，他们发现只有 6 对 $((\Delta\Delta)_{ST=30}, (\Delta\Delta)_{ST=03}, (\Delta\Sigma^*)_{ST=3\frac{1}{2}}, (\Delta\Sigma^*)_{ST=0\frac{5}{2}}, (\Xi^*\Omega)_{ST=0\frac{1}{2}}, (\Omega\Omega)_{ST=00})$ 情况具有明显的聚集效应，而且只有 $(\Omega\Omega)_{00}$ 具有较长的寿命，它不能发生强衰变，只有弱作用的衰变，寿命约为 10^{-10} 秒，其他五个态都可以发生强衰变，所以寿命短。在此分析的基础上，他们用手征 SU(3) 夸克模型，并采用符合 NN 散射相移和氦核结合能的同样参数，求解共振群动力学方程，认真研究了一系列两个重子系统的能量，主要有 H 粒子， $(\Delta\Delta)_{30}$ ， $(\Delta\Delta)_{03}$ ， $(\Xi^*\Omega)_{0\frac{1}{2}}$ ， $(\Omega\Omega)_{00}$ ，以及 N Ω 等。结果发现，正如所分析的那样， $(\Omega\Omega)_{00}$ 的确具有几十 MeV 至 100MeV 的结合能，是一个深束缚态。这一结果引起了同行的广泛兴趣，已被列入 RHIC - STAR 的研究规划。虽然在相对论性重离子碰撞中产生 $(\Omega\Omega)_{00}$ 的事例数很少，但实验物理学家仍然计划在实验中找到这个有趣的双重子态。

2003 年，日本 Spring - 8 宣称在实验中观测到了所谓的“五夸克态” Θ 粒子，随后，又有不少实验室随声附和，成为当时最热门的课题之一。张宗焯与合作者采用群论方法写出了各种量子数的 5 个夸克组态的基，并用手征 SU(3) 夸克模型计算了它们的能量，结果指出，在合理的参数范围内，理论结果比实验值高 200 ~ 400MeV。两年之后，大量高统计量的实验都宣布没有观测到这个粒子。他们的这一工作是最早给出 Θ 粒子能量的理论计算数值的工作之一，也是最早对所谓的“五夸克态”不支持的理论工作。

张宗焯热爱祖国。自 1956 年参加工作以来，她一直兢兢业业地开展原子核理论和强子物理理论的研究，对所从事的研究工作充满着浓厚的兴趣和热情。她的物理思想很活跃，看问题尖锐，分析问题深刻，做学术报告很生动。她为人谦和，但在原则问题上坚决坚持正确的立场。她的学风很严谨，对自己和学生都要求十分严格。她认识到培养人才对发展科学的重要性，努力做好培养研究生的工作。年过七旬的她，仍然坚持工作在科研和培

养学生的第一线，力争为祖国的科学事业再多做一些贡献。

(叶文)

简 历

1935年1月29日 出生于北京

1949—1952年 在贝满女中学习

1952—1956年 在北京大学物理系学习

1956—1961年 任中国科学院原子能研究所实习研究员

1961—1973年 任中国科学院原子能研究所助理研究员

1973年 历任中国科学院高能物理研究所，副研究员、研究员

1984—1992年 先后6次访问德国 Tuebingen 大学理论物理研究所，访问教授

1999年 当选为中国科学院院士

主要论著

- 1 You - wen Yu, Zong - ye Zhang, Min Yu. A fermi system giving the equally - spaced spectrum. *Acta Physica Sinica*, 1963, 19: 483; *Scientia Sinica*, 1964, XIII: 1919.
- 2 余友文, 张宗焯, 于敏. 关于 ^{19}F 和 ^{20}Ne 相干能级的结构. *物理学报*, 1965, 21: 542.
- 3 张宗焯, 余友文, 朱熙泉, 等. 原子核在短程力下的相干效应. *科学通报*, 1965, 10 (1): 1.
- 4 张宗焯, 余友文, 朱熙泉. ^{16}O 的偶宇称态的结构 (I). *物理学报*, 1965, 21: 897.
- 5 张宗焯, 刘建业. 关于 ^{16}O 的基态涨落. *原子能*, 1966: 236.
- 6 Zong - ye Zhang, You - wen Yu, et al. The Structure of the Nuclei Around ^{16}O (II) The fluctuation effect. *The Report on the International Symposium on Physics, Beijing, China, 1966.*

- 7 张宗焯, 厉光烈. 超核激发态的对称性分类 (短信). 物理学报, 1976, 25: 172.
- 8 张宗焯, 厉光烈. 超核激发态的对称性分类. 物理学报, 1977, 26: 467.
- 9 Zong - ye Zhang, Guang - lie Li, Jian - ping Shen. SU $_3$ group classification for excited states of hypernuclei structure and production of supersymmetric states. Transactions of the New York Academy of Sciences, Series II, Volume 40, 1980, 247.
- 10 Zong - ye Zhang, Guang - lie Li, You - wen Yu. SU₃ group classification for the energy spectrum and production probabilities of $^{13}_{\Lambda}$ C. Physics Letters B, 1982, 108: 261.
- 11 Zong - ye Zhang, You - wen Yu. A phenomenological transition potential $V_{q \rightarrow qq\bar{q}}$ derived from QCD theory. Commun. in Theor. Phys., 1983, 2: 783.
- 12 余友文, 张宗焯. 由单胶子交换传递势 $V_{q \rightarrow qq\bar{q}}$ 计算核子 - 介子顶角相互作用. 高能物理与核物理, 1983, 7: 575.
- 13 You - wen, Zong - ye Zhang. Nucleon - meson vertex functions and isobar - meson vertex functions from the quark potential model. Nucl. Phys. A, 1984, 426: 557.
- 14 余友文, 张宗焯, 沈彭年, 等. 夸克 - 夸克等效相互作用与手征对称性. 高能物理与核物理, 1995, 19: 441.
- 15 You - wen Yu, Zong - ye Zhang, Peng - nian Shen, et al. A quark - quark potential from chiral symmetry. Phys. Rev. C, 1995, 52: 3393.
- 16 张宗焯, 余友文, 戴连荣. SU (3) 模型中夸克与手征场的相互作用. 高能物理与核物理, 1996, 20: 293.
- 17 Zong - ye Zhang, You - wen Yu, Peng - nian Shen, et al. Hyperon - nucleon interactions in a chiral SU (3) quark model. Nucl Phys. A, 1997, 625: 59. (The memorial volume of C. Dover).
- 18 余友文, 张宗焯, 袁秀青. 六夸克集团态的研究. 宁夏大学学报 (自然科学版), 1998, 19: 346.
- 19 You - wen Yu, Zong - ye Zhang, Xiu - qing Yuan. The energy of six quark cluster system. Commun. Theor. Phys., 1999, 31: 1.
- 20 Xiu - qing Yuan, Zong - ye Zhang, You - wen Yu, et al. $\Delta\Delta$ dibaryon

- structure in chiral SU (3) quark model. Phys. Rev. C, 1999, 60: 045203.
- 21 Zong - ye Zhang, You - wen Yu, Xiu - qing Yuan. A study of six quark cluster states in chiral SU (3) quark modle. Nucl. Phys. A, 2000, 670: 178c.
- 22 Peng - nian Shen, Zong - ye Zhang, You - wen Yu, et al. Structure of H - dihyperon. Chinese Phys. Lett. , 2000, 17: 7.
- 23 Z Y Zhang, Y W Yu, C R Ching, et al. Suggesting a di - omega dibaryon search in heavy ion collision experiments. Phys. Rev. C, 2000, 61: 065204.
- 24 Q B Li, P N Shen, Z Y Zhang, et al. Dibaryon systems in chiral SU (3) quark model. Nucl. Phys. A, 2001, 683: 487.
- 25 张宗焯, 余友文. 两重子体系夸克效应的分析. 高能物理与核物理, 2002, 26: 712.
- 26 Y W Yu, P Wang, Z Y Zhang, et al. Di - omega ($\Omega\Omega$)_{J^π=0⁺} production cross section calculation. Phys. Rev. C, 2002, 66: 015205.
- 27 Z Y Zhang, Y W Yu, P Wang, et al. An extended chiral SU (3) quark model. Commen. Theor. Phys. , 2003, 39: 569.
- 28 Lian - rong Dai, Zong - ye Zhang, You - wen Yu, et al. NN interactions in the extended chiral SU (3) quark model. Nucl. Phys. A, 2003, 727: 321.
- 29 F Huang, Z Y Zhang, Y W Yu. Resonating group method study of kaon - nucleon elastic scattering in the chiral SU (3) quark model. Phys. Rev. C, 2004, 70: 044004.
- 30 F Huang, Z Y Zhang. NK and ΔK states in the chiral SU (3) quark model. Phys. Rev. C, 2004, 70: 064004.
- 31 F Huang, Z Y Zhang, Y W Yu, et al. A study of pentaquark Θ state in the chiral SU (3) quark model. Phys. Lett. B, 2004, 586: 69.
- 32 F Huang, D Zhang, Z Y Zhang, et al. Coupled - channel study of ΔK and ΣK states in the chiral SU (3) quark model. Phys. Rev. C, 2005, 71: 064001.
- 33 D Zhang, F Huang, Z Y Zhang, et al. Further study on 5q configurations in the chrial SU (3) quark model. Nucl. Phys. A, 2005, 756: 215.