

# 中国理论物理学家与生物学家结合的典范

## ——回顾汤佩松和王竹溪先生对植物细胞水分关系研究的历史性贡献\* (下)

刘 寄 星<sup>†</sup>

(中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

(上接 2003 年第 6 期第 409 页)

### 4 汤、王论文出现的主观与客观条件

汤、王对植物生理学所作出的此一历史性贡献,是一位植物生理学家和一位理论物理学家合作的结果.此一事实一定的意义上表明,对于自然科学的某一特定领域一些基本问题的突破,根据问题所涉及及知识领域的不同,往往是在多学科科学工作者的协作或具有不同专长的相同学科学者的合作下完成的.自然科学史上这样的情况并不罕见,DNA 双螺旋结构的创立是跨学科科学家协作的典型,低温超导中 BCS 理论的建立是同学科不同特长学者合作的范例.

汤、王二位先生能在 1940 年完成这样一件重要工作,绝非偶然.他们的成功是主观与客观条件结合的产物.汤先生的回忆录尽管多次提到这篇论文,但关于二人如何具体合作,回忆录没有提及,而王先生也没有留下任何有关文字记载.然而,从汤先生回忆录对西南联合大学中的清华大学三个特种研究所 1940—1946 年期间学术交流合作的记述和西南联合大学校友的诸多回忆中<sup>[18]</sup>,仍可对他们的合作是在怎样的主观条件和客观学术环境中完成作出一定分析.

#### 4.1 主观条件——有准备的头脑 + 朋友式的合作

从作为植物生理学家的汤佩松先生方面讲,弄清植物细胞水分运动规律曾是他 1927 年大学毕业后,1928 年进入 John Hopkins 大学追随 Livingston B E 教授学习的初衷之一.关于这点,他在《为接朝霞顾夕阳》的第二章中有详细的叙述.与他在 Minnesota 大学的导师 Cooper W S 推荐他到 Livingston 教授处学习是出于“名校、名门、名师”和学习植物生态生理学的目的不同,汤先生对自己前往 John Hop-

kins 另有所图.他写道,“而我愿到 Livingston 那里去则是由于另一原因.我曾被他早期所作的(可能是博士论文)关于渗透压的原理及其在细胞水分关系中的作用和中期与 Shive J W 一起作出关于植物营养‘三盐溶液’配制方法图解中所用的物理化学探索方式所吸引”;前一项论著对 Pfeffer 在 19 世纪所作的经典巨著(*Osmotische Untersuchungen*, Leipzig, 1877)和其后一些物理化学家关于渗透压的工作作了精辟论述后,指出其在植物水分生理中的应用及其局限性……”;对于我这个热衷于从物理化学原理去探索生理功能的人很有吸引力<sup>[12]</sup>.由于各种原因,汤先生后来被细胞呼吸的研究课题所吸引,没有能对细胞水分关系问题作深入探索,但却并未将之忘却.在西南联合大学于昆明创立的初期;由于这段时间(1938—1940 年初)空袭和搬家的干扰,我自己的时间多半花在整理过去关于细胞呼吸的工作和思考过去在研究和教学工作中的一些问题,从而捋出一条学术思路<sup>[12]</sup>.解决细胞水分关系的问题自然在他的思考范围之内.

正当他想要以热力学为基础解决这个理论性极强的问题的时候,结识了从剑桥大学学成回来“耿耿忠心效桑梓<sup>1)</sup>”的同乡后辈王竹溪博士.1935—1938 年,王竹溪先生在英国剑桥大学 Fowler R H 教授指导下专门研究热力学与统计物理学,1938 年秋回国任教<sup>[18]</sup>.应当说在当时的西南联合大学,他是最出色的热力学、统计物理学教授.前者对所解决的问题有长达十几年的思考和准备,后者对解决问题的理论基础与方法有着深刻的理解和技能.这样两位各具特长的科学家朋友的亲密合作,产生了汤

\* 2002-10-14 收到初稿 2003-04-01 修回

<sup>†</sup> E-mail: jlx@itp.ac.cn

1) 王竹溪诗句,引至《王竹溪传》第 35 页.

先生在他的回忆录中所说的这篇“我和我的好友，也是当时我国一位年轻有为的理论物理学家王竹溪合作的”、“我认为理论性较高的，也许自认为是有较广泛业务基础性的”、“有一定深远意义的”文章<sup>[12]</sup>。

#### 4.2 客观条件——“时乱驱人全气节，天殷嘱我重斯文”+“中国皇家学会”的学术交流活动

汤、王二位先生的此一重要工作是在当时自然科学研究总体水平相当落后，生活、工作条件极端困难的抗日战争中期的中国大后方完成的。按照一般常规，这样的客观条件不利于汤、王论文的出现。然而，不可想象的事情偏偏出现了。原因在于西南联合大学存在有利于它出现的独特的客观条件<sup>[19]</sup>。

以“山、海、云”三校<sup>1)</sup>组成的西南联合大学创造了中国科学教育史上一个空前绝后的奇迹。师、生物物质生活之艰苦，达到了闻一多先生要刻图章卖钱，梅贻琦校长夫人与潘光旦教授夫人要作米糕寄售贴补家用，几乎所有的教授都要靠变卖物品谋生，学生们则四十人住一间“风雨通行”的茅舍，每日吃沙石、鼠粪混杂的“八宝饭”（见图4）；然而在精神上，西南联合大学师生表现出的团结、奋斗和学术创造性之高，却是后来的任何大学都难以达到的。文学家林语堂20世纪40年代初出国途经昆明在西南联合大学的讲演中说的两句话：“联大师生物质上不得了，精神上上不得”，描述了这一现象。当时正在留学英伦的彭桓武的两句诗：“时乱驱人全气节，天殷嘱我重斯文”<sup>2)</sup>，或许道出了联大人的内心。

已故语言学家王力先生生前有诗缅怀西南联合大学，诗云：

卢沟变后始南迁，三校联肩共八年。  
 饮水曲肱成学业，盖茅筑室作经筵。  
 熊熊火炬穷阴夜，耿耿银河欲曙天。  
 此是光辉史一页，应教青史有专篇。

正是本着“饮水曲肱成学业，盖茅筑室作经筵”的精神，一批有远大抱负的西南联合大学的理科教授和教师，在昆明以北一个叫做大普集的村子附近开展了长达6年（1940—1946）的戏称为“中国皇家学会”的定期学术交流活动，形成罕见的学术合作气氛。汤先生对这个“学会”作了深情的回忆，照抄如下：

“在大普集期间的一个重要活动是三个所<sup>3)</sup>的人员之间在业务上的交流和合作。在我们搬到大普集新址后不久，由金属研究所的余瑞璜发起组织在这三个研究所工作的部分朋友，加上家住附近梨园村在西南联大教课的一些朋友，每月定期（星期天）



图4 西南联合大学校门、学生宿舍及图书馆缩小照片

在大普集与梨园村之间的一家茶馆会晤，由每人轮流作自己的工作报告或专题讨论，学术空气十分浓厚。集会是在无拘无束的形式下进行的。既无正式组织形式，也无正式负责人，只是在每次会后推举出下

- 1) 有人喻指南开大学“坚定如山”，北京大学“宽宏如海”，清华大学“智慧如云”。此处掌故及后引林语堂语、王力诗皆引至萧荻，《清华校友通讯》复17册70页，清华大学出版社（1985）。
- 2) 引至《彭桓武诗文集》第1页，北京大学出版社，北京（2001）。
- 3) 指西南联合大学中的清华大学所属的农业、金属和无线电三个特种研究所，由叶企孙先生总掌其事。汤是农业研究所植物生理研究组主任。三所所在地大普集是位于昆明以北10公里左右的一个村庄。

次集会的召集和主持人。参加者据我能记忆的有：吴有训、余瑞璜（发起人）、范绪筠、孟昭英、赵忠尧、黄子卿、华罗庚、王竹溪、赵九章、殷宏章、娄成后和我。还有几位因是从城里来的，不太熟悉，现已记不清了。似乎有张文裕和一位出色的天文学家戴文赛（福建人，解放后为南京大学天文系教授），一共十五人左右。人数虽少，抱负颇大。余瑞璜（不久前从英国留学回国）在首次集会上称：英国皇家学会

（The Royal Society, London）就是由少数几位热心的科学家以友谊集会学术交流方式开始的。‘当然我们这个学术交流会的目的和抱负也就不言而喻了。我们这些人中虽然有的在不久后（1948年）被选为‘中央研究院院士’乃至建国后几乎全部被选为中国科学院‘学部委员’，但最使我们高兴的还是我们这个集体里的物理学成员们的学生中出了两位比我们成就更高的人物：杨振宁和李政道！’<sup>[12]</sup>

### 背景材料：大普集“中国皇家学会”成员表

吴有训（1897—1977）物理学家，1948年中央研究院院士，1955年中国科学院学部委员，生前为中国科学院副院长；

任之恭（1906—1995），无线电物理学家，1946年去美国，先后任 Harvard 大学与 John Hopkins 大学物理学教授，1962年台北中央研究院院士；

余瑞璜（1906—1997），金属物理学家，1955年中国科学院学部委员，生前为吉林大学物理系教授；

范绪筠（1912—），半导体物理学家，1947年去美国，曾任美国 MIT 和 Purdue 大学物理系教授，JUPAP 半导体专业委员会委员；

孟昭英（1906—1995），无线电物理学家，1955年中国科学院学部委员，生前为清华大学无线电系教授；

赵忠尧（1905—1998）核物理学家，1948年中央研究院院士，1955年中国科学院学部委员，生前为中国科学院高能物理研究所研究员；

黄子卿（1900—1982），物理化学家，1955年中国科学院学部委员，生前为北京大学化学系教授；

华罗庚（1910—1982）数学家，1955年中国科学院学部委员，1982年美国科学院院士，生前为中国科学院数学研究所研究员；

王竹溪（1911—1983），理论物理学家，1955年中国科学院学部委员，生前为北京大学物理系教授；

赵九章（1907—1968），气象学家，地球物理与空间物理学家，1955年中国科学院学部委员，生前为中国科学院应用地球物理研究所研究员；

殷宏章（1908—1992），生物学家，1948年中央研究院院士，1955年中国科学院学部委员，生前为中国科学院植物生理研究所研究员；

娄成后（1911—），生物学家，电生理学家，1980年中国科学院学部委员，北京农业大学教授；

汤佩松（1903—2001），生物学家，1948年中央研究院院士，1955年中国科学院学部委员，生前为北京大学生物系教授，中国科学院植物研究所研究员；

张文裕（1910—1992），高能物理学家，1956年中国科学院学部委员，生前为中国科学院高能物理研究所研究员；

戴文赛（1911—1979），天文学家，生前为南京大学天文系教授、系主任。

以上成员专业：数、理、化、天、地、生

1940年时最高年龄为43岁（吴有训），最低年龄为28岁（范绪筠），平均年龄为33岁

在这样的客观环境下,不仅出现了汤、王植物细胞水分关系的著名论文,而且出现了汤佩松、余瑞璜、赫崇本、沈淑敏合作用 X 射线衍射方法研究家蚕吐丝过程中晶体结构的动态行为的实验论文(见 *Physiological zoology*, 1944, 17: 78),开创了晶体结构与生理学结合的先河;汤先生与任之恭合作进行了微波照射种子和其他生物材料的开创性研究,又开了辐射生物学之先河<sup>[12]</sup>。小小大普集,在这些大有抱负的科学家的努力下,大有成为中国最早的“生物物理研究所”之势。除此之外,汤、王二位“中国皇家学会”“会员”培养人才的成就更是尽人皆知。

回顾西南联合大学“中国皇家学会”在极端困难条件下所取得的极不平凡的成就,令人神往。“此是光辉史一页,应教青史有专篇”,诚非虚言!

## 5 几点启示

审视过去是为了警示未来。从对 62 年前汤、王论文的回顾,我们至少应当得到如下启示:

(1) 不同学科科学家互相学习和尊重是合作的基本前提,互相之间的信任和友谊是持久合作的基础,各精其业是合作成功的关键。

回顾汤、王论文的出现全部历史,令人感触不已者,是二位先生的深厚友谊和高度信任。他们虽然所学专业不同,但却能长期合作,互相学习,相互支持。如果说 1940 年“年轻有为的理论物理学家”王竹溪是利用自己对热力学的深刻理解,协助在植物生理学领域已有建树的汤佩松于短期内完成了这篇重要论文的话,那么 1956—1958 年当汤佩松先生孤军奋战,在中国植物生理学界发起关于植物细胞水分运动的讨论而不为人理解时,已经成名的理论物理学家王竹溪先生在 1958 年《科学记录》第 2 期单独撰文,根据汤先生新作的实验进一步阐述他们 18 年前的观点<sup>[9]</sup>,应该认为是不同领域的两位学术带头人为坚持科学真理所作的又一场亲密合作。他们的这种合作精神,与目前科学界并不罕见的不同领域学者互相轻视对方、排斥对方的陋习,恰呈鲜明对照。不同领域学者合作解决重要问题,除了相互的友谊和学习,还要求对自己专业具有精湛的学术水平。汤、王二位之所以成功,便是明证。此一范例所提供的事实,足为目前某些急于求成的科技决策人片面提倡所谓“不同专业的学者只要多加讨论,便可产生思想火花,作出创新成果”,而将各专业学者必须

“业有专攻,务须精湛”的真理忘于脑后者诫。同样,也提醒一切有志于从事交叉学科研究的人们,交叉学科研究绝不是可以不花大力气,“混水摸鱼”就能取得成就的地方。因为在这里,除去要求原有专业知识必须精湛,还应掌握其他专业的知识,才有可能作出成绩。

(2) 汤、王论文在国际植物生理学关于植物细胞水分关系发展的重要时期被忽略,未能发挥作用的关键原因,与其说是一般意义上的“科学的蒙难”,不如说是 1949 年新中国成立到文化大革命结束整个历史时期中国科学界与国际学术界隔离的必然结果。

汤、王重要论文为国际科学界长期忽视的原因,Kramer 在他的文章中解释为汤、王思想的高度超前,使得同时代的植物学家难以理解。近年来国内发表的一些文章,又提出“民族歧视”一说<sup>[20,21]</sup>,认为是西方科学家看不起中国人,以致他们将汤、王论文置之不顾,于是汤、王论文的命运被归入“科学的蒙难”范畴<sup>[21]</sup>。以笔者所见,Kramer 所述当属有理,因为科学史上此类事件多有发生。著名的事例数学上有伽罗瓦,生物学上有孟德尔,物理学上有玻尔兹曼,化学上有道尔顿,他们的正确见解都是先不为当代人所理解,后来才被承认的。与这些人不同的是,汤、王论文虽最后被承认,但解决此一问题的荣誉却归了他人,令人不平。汤先生本人对此倒没有表示不平,他在《为接朝霞顾夕阳》中谈到过这篇文章的最后结局,在引述 Kramer 文章的道歉之后,他说:“时间和岁月是对科学成果估量的最公正、最权威的裁决者!”<sup>[12]</sup>学者胸怀,跃然纸上。

笔者属于为汤、王抱不平者之一,然而并不敢苟同汤、王论文未能发挥应有作用是受到“民族歧视”之见。其实如果条件允许,汤、王论文即使思想超前,甚至受到所谓“民族歧视”,也完全可以改变它在植物生理学史上的命运。只要回顾一下促使植物细胞水分运动压力描述体系向水势描述体系过渡的马德里会议和会议之后的六年,试问如果汤、王二先生或者其中之一可以与会,乃至二者均不与会而仍可以在此期间与国际学术界保持必要的学术联系和讨论,水势描述体系的提出者当为谁人? 1959 年同在北京大学的王竹溪、汤佩松先生当时正在干什么呢? 他们正在挨评判。继 1958 年大跃进之后开展的以“教育与生产劳动相结合,教育为无产阶级政治服务”为宗旨的所谓“教育革命”,不仅把这两位“资产阶级教授”赶下了讲台,而且把他们当作“宣扬西方

唯心主义学术思想”的典型推上了批判台。作为一个大学二年级学生,我曾“有幸”目睹过对王竹溪先生《热力学》的荒谬“批判”<sup>1)</sup>。一方面,国际植物生理学界正在准备和完成植物细胞水分运动描述体系的革命性变革,另一方面,当时中国无所不能的行政干预和“官方哲学”正在对两位最有可能在这一问题上为中国科学增光的学者进行学术围剿。这就决定了汤、王论文的命运。事实证明,建国以来直至文化大革命结束整个历史时期的中国科学界与国际科学界的高度隔绝,这一历史时期国内对自然科学研究的无端行政干预,才是使得汤、王重要论文未能发挥作用的根本原因。历史不能假设,但历史的教训不能不吸取。中国科学的大发展,中国科学界国际地位的大提高,必须也只能在与国际学术界密切交流和竞争的条件下,在排除对学术研究的行政干预的环境下,方可实现。这是汤、王论文的命运留给我们的另一重要启示。

(3)从汤王论文在国内的遭遇所想到的——只有铲除由于现代科学长期落后所造成的殖民地、半殖民地意识,才会有中国科学的真正繁荣。在本文第一节中曾简述了汤、王二位先生关于植物细胞水分运动论文在国内学术界的遭遇。第一次讨论从1956年到1958年,汤先生与其合作者三次著文(1956,1957,1958)<sup>6-8)</sup>,王先生单独撰稿(1958)<sup>9)</sup>(见图5),力图阐明正确观点,但国内植物生理学界并未重视,仍然坚持吸水力概念。第二次讨论从1981年到1985年,讨论以Slatyer和Taylor,以及Kramer的2篇原始论文为参考,围绕如何正确理解水势的主题开展。两次讨论基调迥然而异,原因是国外科学界的植物细胞水分运动描述体系变了。而且,在得知Kramer著文肯定汤、王论文的历史作用后,国内立即予以响应,高度评价汤、王关于植物水势的观点。不难看出,汤佩松、王竹溪关于植物水势的观点在中国的命运,竟是随着国外学术界对其态度的不同而变化的。

此等怪事在中国学术界也不少见。与汤、王论文被肯定差不多时间,中国数学界也出过一件类似性质的事情。那便是内蒙古包头市的一位中学教师陆家羲解决了组合数学中的一个重要问题后长期不被国内学术界承认,最后由于国外专家的肯定而在国内立即得到高度评价的怪事。<sup>2)</sup>笔者并不否认出现这些怪事,对一些人来说,确有学术水平不高的原因。然而,导致这类怪事屡屡出现的根本原因,不能不说是在我国学术界和科技领导层有相当数量的人不同程度地存在着迷信洋人,轻视国人的殖民地、半

殖民地意识。长期的科学落后,使得人们往往把眼光盯在西方发达国家的学术权威身上,自觉或不自觉地从他们的是非为是非,而对自己和自己的同胞的创造力丧失了自信。这类事情不仅发生在中国,看起来似乎是所有科学落后国家的通病。记得诺贝尔物理学奖获得者Tamm<sup>3)</sup>在总结苏联理论物理研究50年的成就时,说过一个发生在沙皇俄国时代的近乎于笑话的真实故事。故事大意是,20世纪初,俄国物理学家Ioffe<sup>4)</sup>从德国伦琴研究所回到莫斯科大学物理系任教。他提出要开展某项实验,请求系方批准。莫斯科大学物理系主任向他提出的问题是:“这个实验德国人作过吗?”当得到否定的答复后,这位系主任立即指示:“德国人没有作过的实验你怎么可以作?你最好找一个他们作过的实验作一下,如果你同意的话,我会批准的。”Tamm所讲故事里的那个极端轻视同胞能力的可怜的系主任,不知道中国有没有。但我们从近年来中国科学界的人才引进政策、科学研究方向规划等方面表现出来的轻视国人的倾向中,却似乎又闻到了这位系主任的韵味。郝柏林同志在《20世纪我国自然科学基础研究的艰辛历程》中对这种现象作过生动的描述,他说:“还应当指出,我国自然科学研究的许多方面,还未能摆脱一种半殖民地的心理状况。某些已经作了大教授的人士,开口闭口‘我的老板如何如何’,还没有跳出原来所学的课题,却学会了美国‘老板’的作风,经费多了花钱雇人为自己出文章。有些研究情况对内保密、对外开放,国内同行只能从国外来访问的学者

- 1) 1959年北京大学物理系理论物理教研室曾响应党的号召开展了对王竹溪所著《热力学》的批判,批判该书“宣扬唯心主义”,“理论脱离实际”等等。记得批判王先生“宣扬唯心主义”的证据之一是在该书结论中的第一段话:“热学这一门科学起源于人类对于热与冷现象的本质的追求。由于在有史之前人类已经发明了火,我们可以想象到,追求热与冷的本质的企图可能是人类最初对自然界法则的追求之一。”令人敬佩的是,王竹溪先生并未在这种批判面前后退。在1960年1月出版的该书第二版中,虽然增补、修订了不少内容,上引的那段话竟一字未改,照样放在结论第一段。
- 2) 陆家羲由于解决了组合数学中的重要问题,获1987年国家自然科学奖一等奖。关于他的工作和遭遇,参见解恩泽主编的《科学的蒙难》(北京:科学出版社,2001)一书86—97页由辛哲、若水撰写的《中学教师陆家羲攻克世界数学难题的坎坷历程》一文。
- 3) Tamm I E (1895—1971),苏联理论物理学家,对苏联的氢弹设计作出过重大贡献。1958年因发现并解释切连科夫效应与Cherenkov P A, Frank I M同获诺贝尔物理学奖。
- 4) Ioffe A F (1880—1960),苏联物理学家,对固体物理特别是半导体物理的研究和应用有重大贡献,苏联科学院列宁格勒技术物理研究所创始人。



口中了解一二。许多课题论证实际上也是引用外国已有的论据和“权威”言论<sup>[22]</sup>。一个没有自信心的民族是没有前途的民族。只有彻底铲除那种不相信自己、盲目迷信西方的自卑心理，中国科学才有可能出现真正的繁荣。这是汤、王论文在中国学术界的遭遇提供给我们一个不可忘记的教训。

致 谢 感谢《中国大百科全书·生物学卷 II》《水势》词条的作者，从他们的释文中我第一次知道了汤、王二先生对植物水势概念提出的贡献。感谢孙洪乔先生，从他为《植物生理学通讯》所写的两篇关于水势的专题讲座中我学习了水势。感谢叶绿先生，从他发表在《植物生理学通讯》上的两篇回顾文章中我了解到中国植物生理学界对汤、王二位先生工作评价的变迁。感谢郝柏林教授，他设法为我找到了发表在 1987 年 11 月 17 日《科技日报》上的评介汤、王贡献的文章。感谢谢惠民教授，他仔细阅读本文的第一次初稿并提出中肯的修改意见。感谢本文的审稿人，他（她）不仅诚恳地提出若干修改意见，而且具体提供了 Kramer 著文肯定汤、王理论的背景。最后，绝非仅仅出于礼节，诚挚地感谢北京大学图书

馆，他们历经战乱和“文革”十年磨难，仍保存了大量旧期刊开架陈列，并允许我这个并不在北京大学任职的人自由出入书库，找到了 1941 年刊载汤、王论文的 J. Phys. Chem. 杂志。

### 参 考 文 献

- [18] 政协湖北省公安县委员会. 王竹溪传. 北京: 华文出版社, 2000[ Biography of Wang J S. Beijing: Huanwen Publishing Co., 2000( in Chinese ) ]
- [19] 西南联大北京校友会. 国立西南联合大学校史——1937 至 1946 年的北大、清华、南开. 北京: 北京大学出版社, 1996 [ The History of The South-western United University( Peking University, Tsinghua University and Nankai University During 1937—1946 ). Beijing: Peking University Press, 1996( in Chinese ) ]
- [20] 周法勤等. 科技日报. 1987 年 11 月 17 日[ Zhou F Q et al. Science and Technology Daily, 17th of November, 1987( in Chinese ) ]
- [21] 刘岷松, 范立双. (解恩泽主编). 科学的蒙难. 北京: 科学出版社, 2001. 185—188[ Liu M S, Fan L X. ( Xie E Z ed. ). Calamity of Sciences. Beijing: Science Press, 2001. 185—188 ( in Chinese ) ]
- [22] 郝柏林. 自然辩证法研究, 2002, 18(8): 1[ Hao B L. Research on Natural Dialectics 2002, 18(8): 1( in Chinese ) ]

## · 物理新闻与动态 ·

### BaBar 实验探测到新粒子

美国斯坦福大学的 BaBar 实验鉴别出了一种新粒子  $D_s(2317)$ 。这种粒子由一个粲夸克和一个奇异反夸克组成。最近 BaBar 实验合作组的 Antimo Palano 在斯坦福直线加速器中心 (SLAC) 报告了这一结果。

夸克和反夸克具有 6 种不同的“味”。2 个或 3 个夸克可由胶子结合在一起，分别组成介子或重子。上夸克和下夸克是夸克中最轻的，它们存在于中子和质子中。奇异夸克、粲夸克、底夸克和顶夸克则比较重，不存在于普通的物质中。但它们可在粒子加速器上通过高能碰撞而产生或在宇宙射线与大气中的原子相互作用中产生。

BaBar 实验合作组包括来自美国、加拿大、中国、法国、德国、意大利、挪威、俄罗斯和英国的 72 个研究机构的 550 多名物理学家和工程师。该合作组使用 SLAC 的 PEP-II 不对称能量正负电子储存环上的正负电子湮灭的实验数据，绘制了  $D_s$  粒子的候选事件数相对于质量的关系图，在质量大约为 2.32 GeV 处观察到一个窄的峰，认定为一种新粒子  $D_s(2317)$ 。

以前曾探测到过由一个粲夸克和一个奇异反夸克组成的粒子。但是这个新观测到的介子——由一个夸克和一个反夸克组成的粒子——其质量比理论模型所预言的要轻。此外，它的很窄的峰宽和衰变方式也与理论预言非常不同。这可能意味着当前关于粲介子和夸克位势的模型需要修正。或者，所观察到的这个粒子是处于一种异常的至今未见到过的 4 夸克态。

( 树华 编译自 Physics Web, 30 April 2003 )