科普文章

核物理学家赵忠尧杰出的人生丨科学史

文章来源：郑志鹏 2018-05-28



▲ 赵忠尧

今年正值赵忠尧先生逝世二十周年之际，作为他的学生，我写此文来怀念我的老师赵忠尧先生，向大家介绍他杰出的一生，希望让更多的人，特别是年轻人从他不平凡的经历中得到启迪。

赵老师一生谦虚、谨慎，生活低调，很少向别人提起1929-1930年期间他发现正电子产生和湮灭现象的光荣历史。实际上，这是个了不起的发现，为不久后正电子的发现起到了至关重要的作用。文中将讲述赵忠尧这一重要发现的始末。此外本文还会介绍赵忠尧先生在其他方面的科学成就和他对于开创我国原子核事业的贡献以及在培养人才方面的贡献。

▌青少年时代

1902年6月27日，赵忠尧出生于浙江省诸暨市。诸暨位于杭州南边约60公里，是一个有2500年历史、有浓厚人文积淀的古老城镇 。赵忠尧的父亲早年自学医道，后以行医为生，是一位医术高超、济世救民的好医生，因老年得子，对赵忠尧宠爱有加。

赵忠尧从小体弱多病。上小学时，他学习很用功，但是每上体操课后，晚上就会发烧。因而他的父母不让他上体操课，这样他的体操成绩总是零分。到了中学，也从不让他参加爬山、游泳等活动。

他15岁时进入诸暨县立中学读书。诸暨县立中学是一所历史悠久的中学，至今已有200年的历史。2014年，我有幸参观访问这所中学，印象颇深。

18岁时他进入南京高等师范学校化学系学习。但在学习过程中，他却对数学、物理有浓厚的兴趣。他所在的南京高等师范学校1923年并入东南大学。1924年春，因父亲逝世，家境困难，他决定先就业，于是提前工作，担任该校的物理系助教。第二年，他修满东南大学毕业所需学分，获得毕业证书。

1925夏，北京清华学校筹办大学本科，请叶企孙前往任教。叶先生看重他的助教赵忠尧工作勤奋、踏实，便邀请他一同前往北京，于是赵忠尧被聘为清华大学物理系助教。

1925-1927年，赵忠尧第一年担任助教，第二年起聘任教员，负责实验课。并在叶企孙领导下，参加清华大学大礼堂内的声学问题的研究，开启了中国近代建筑声学研究之先河。

▌ 赴美留学，拜师密立根

当时国内大学理科的水平与西方相比尚有不少差距。赵忠尧决心争取出国留学。清华的教师每六年有一次学术休假，工资照发，可以自己决定在国内或出国进修一年。但是他不想等这么久，就靠三年教书的工资节余及师友借助，外加申请到清华大学的国外生活半费补助金每月40美金，自筹经费在1927年秋去美国留学。他进入加州理工学院 （California Institute of Technology，简称Caltech），师从著名物理学家密立根。

加州理工学院当时是一所较新的私立学校，前身是一所在1891年建立的职业学校，1920年改称今名，设大学本科及研究院。1921年，诺贝尔物理学奖获得者密立根任校长。他办学的方针不求扩大学校规模， 而是广聘大师，强调学生自主学习， 师生在学校里开展科学研究。在密立根领导下，加州理工学院很快成为国际重

点科技研究及培养人才的中心。现在该校每年在校的学生只有约900名本科生，1000名研究生。该校在国际上的排名经常在前10名之内。



▲ 赵忠尧-1927年到美国加州理工学院时

密立根起初给赵忠尧一个利用光学干涉仪的论文题目。直接指导这项工作的研究员人很和气，善意地告诉赵忠尧：这个题目需要的仪器业已大部准备好，只需测量光学干涉仪上花纹的周年变化，两年内得出结果，就可以取得学位。

显而易见，这是一个比较容易出成果的工作，可以不太费力而稳出成果，一般学生会认为求之不得，可是赵忠尧的想法却不一样。他感到这样的研究过分顺利，恐怕不能学到很多东西。 他之所以远涉重洋，是想尽量多学些科学方法和技术，而学位是次要的。他思索一番后，鼓起勇气把这个意思告诉了密立根教授，问他能否换一个可以学到更多东西的题目。

周围的人听说他要找导师换题目，都有些为他担心。密立根也感到这位瘦小的中国人真是不知天高地厚，居然会认为导师出的题目太容易。尽管密立根感到意外，但还是给予考虑。



▲ 赵忠尧-1928年在美国加州理工学院

▉ 论文获得两项重要发现

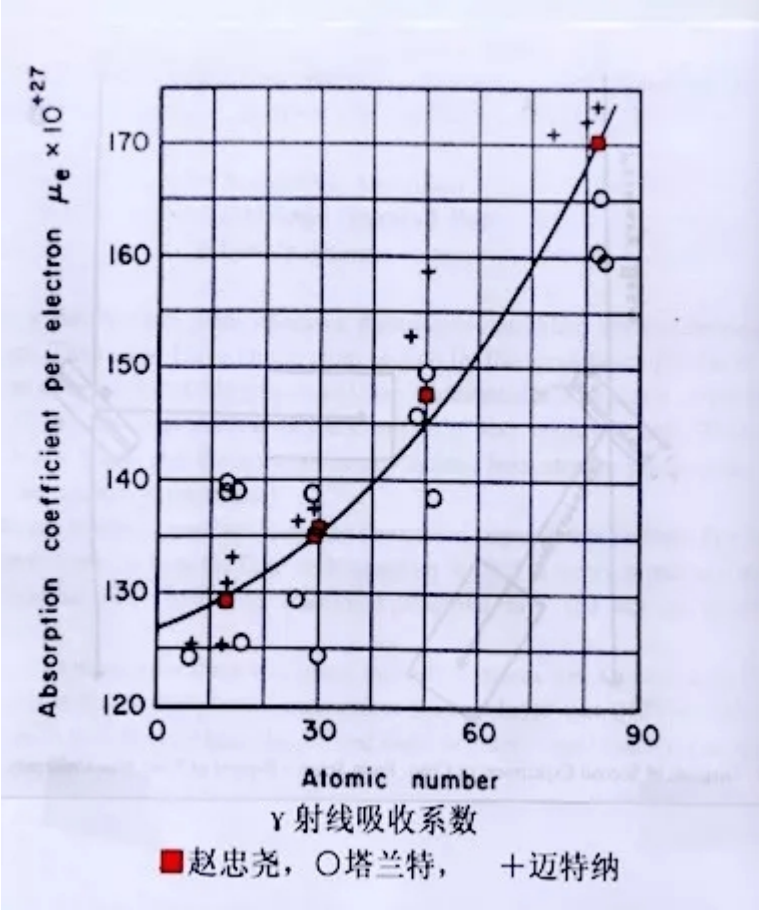
最终，密立根教授同意给赵忠尧更换题目，新的论文题目是通过实验测量，验证用于计算康普顿（A．Compton）散射吸收系数的克莱因 - 仁科（Klein-Nishina）公式的正确与否。

1929年赵忠尧开始做实验，测量不同物质对于硬 γ 射线的吸收系数。实验用ThC" 所放出的能量为2.65 MeV 的硬 γ 射线作为放射源。探测器用高气压电离室和真空静电计进行测量。电离室充了约25大气压的空气。用真空静电计测量 γ 射线在电离室内使空气分子电离而产生的电荷。 赵忠尧的实验用了水、铝、铜、锌、锡等六种吸收体。

当他将测量的结果与克莱因 - 仁科公式相比较时，发现只有轻元素对于硬γ 射线的吸收才符合公式的预言。而当硬 γ 射线通过重元素，譬如铅时，所测得的吸收系数比公式的结果大了约40%。他称之为 "反常吸收"。

1930年5月，赵忠尧的博士论文实验结果发表了。同时，英国塔兰特（Tarrant）、德国迈特纳（Meitner）两个实验组也在进行同样的测量。三处同时分别发现了硬 γ 射线在重元素上的反常吸收。

但是，其他两人的结果都比赵忠尧的差。赵忠尧的结果最好，吸收系数随原子序数的变化是平滑的。塔兰特的结果是不规则地上上下下跳动，迈特纳的结果有一个较大的跳跃。



▲ 赵忠尧实验与塔兰特实验、迈特纳实验的比较

吸收系数的测量结束后，赵忠尧想进一步研究硬 γ 射线与物质相互作用的机制，打算设计一个新的实验，观测重元素对硬γ 射线的散射现象。与实验室的鲍文教授商量时，鲍文说：“测量吸收系数，作为你的学位论文已经够了，结果也已经有了。不过，如果你要进一步研究，当然很好。”

1930年春，赵忠尧开始新的实验，观测重元素对硬 γ 射线的散射现象。9月实验结束。他发现伴随着硬 γ 射线在重元素中的反常吸收，还存在一种“特殊辐射”。其能量大约等于一个电子的能量，而且它的角分布大致为各向同性。后来知道赵忠尧观测到的特殊辐射是正、负电子湮灭后产生一对 γ 光子的辐射。这是正负电子的湮灭辐射现象的首次实验发现。

反常吸收和特殊辐射揭示了一种新的相互作用机制。现在大家都知道，反常吸收是由于电子对的产生，而特殊辐射就是电子与正电子湮灭而变成一对 γ 光子，他精确测量了单个 γ 光子能量为0.5 MeV，相当于电子或正电子的质量。

然而，那时候狄拉克（Dirac）的关于正电子的理论刚提出不久，预言了可能有带正电的电子，但当时在物理学界了解他的理论的人不多。赵忠尧以及他所在加州理工学院的科学家尚未注意到这个理论，导师密立根教授也没有把狄拉克的理论跟赵忠尧的实验联系起来，因此没有认识这一实验发现的重要意义。

赵忠尧的论文发表后的一两年内，塔兰特和迈特纳两组重复这一实验时，用盖革计数器进行测量，而不是使用赵忠尧使用的高压电离室，因而本底比较大，得到了与赵忠尧相互矛盾的结果。

比赵忠尧晚一年发表的迈特纳的工作，根本没有测量到赵忠尧发现的“特殊辐射”。比赵忠尧晚两年发表的塔兰特的工作竟“发现”了约0.47 MeV 和约0.92 MeV 两种辐射。他们两组实验都没有得到正确的结果，却在客观上干扰了赵忠尧的正确结果。

迈特纳当时已是相当有名的女科学家，塔兰特是牛津大学的讲师，而赵忠尧做这工作时是还没有得到博士学位的研究生，初出茅庐，资历尚浅。由于以上种种原因，使错误的结果影响了正确的结果。就这样，赵忠尧的这一重要工作一直没有得到应有的重视，在诺贝尔奖评审过程中就被忽视了。

最近四十多年来，经过对当时实验的认真调研，人们才逐渐清楚地认识这一段历史，认识到赵忠尧发现的重大意义。与赵忠尧同时在加州理工学院攻读博士学位的还有安德逊，他在附近一间房间做博士论文研究，用云室测量 X 射线在不同气体内所产生的光电子的空间分布。他很关心赵忠尧的实验，对赵忠尧发现的反常吸收和特殊辐射这些实验结果很感兴趣。

他们两人时常讨论工作，也曾谈起，应当用一个放在磁场中的云室中来做硬γ射线吸收实验，以获得更多的信息。

安德逊在1930年春开始准备一个用来研究宇宙线的云室装置，放在磁场中，根据带电粒子在磁场作用下的偏转来测定该粒子的能量。1932年，安德逊在宇宙线的云室照片中发现了有一个与电子偏转方向相反、质量与电子相当的粒子，即正电子。1936年安德逊因此获得诺贝尔物理奖。

▉ 迟到了半个世纪的客观评价

若干年后，科学界重新审视了1929到1931年正电子产生和湮灭现象的发现过程，在三家实验中，只有赵忠尧的实验是正确的，而且精度最高。他才应该当之无愧地被称为正电子产生和湮灭现象的发现者。安德逊从赵忠尧的发现中得到了启发，导致了正电子的发现。安德逊曾在上世纪80年代写文章承认这一事实。

按照科学史考证，赵忠尧的重要发现绝对是诺贝尔奖水准的。科学界为他与诺贝尔奖失之交臂而惋惜。半个世纪过后，诺贝尔物理奖评审委员会主席埃克斯彭于1985年来北京做了几场报告，他和中国物理学家一起重温了正电子产生和湮灭现象的发现以及正电子发现的那段历史。很荣幸，我也聆听了报告。他在报告中指出赵忠尧在其中所做出的历史性贡献。这样重要的研究工作，由于历史上的某些原因没有获得诺贝尔奖，是非常遗憾的。我发现听众中还有赵忠尧先生，也在倾听埃克斯彭的讲话。我想赵先生听到这番话时一定会很激动。这样客观的评价虽然晚到了半个世纪，但终究还是来了，还了他一个历史的公道。

埃克斯彭教授还访问了中科院高能物理研究所，他在留言中写道：“我遇到了一位创造了伟大历史记录的人，即赵忠尧教授，他几乎在1930年就发现了正电子，是在安德逊（1932年）之前。”

这个评价是经过多年历史考证后得到的，公正、客观。是由诺贝尔物理奖评审委员会前主席所写，具有权威性。

▌抗战期间坚持科研

1930年冬，赵忠尧离开美国到德国进修。1931年他回清华大学物理系任教授，当时中国的核物理研究是一片空白。他和物理系的同事们一起在十分艰苦的条件下开展核物理实验室建设。在极为简陋的条件下，进行了一系列γ射线与核的相互作用和中子物理等前沿的、开创性的核物理实验研究工作。

1933年他和龚祖同在 Nature 杂志上发表论文《硬 γ 射线与原子核的相互作用》。用ThC″ 作硬 γ 射线源，用铝窗和铅窗盖格计数管分别计数，测量硬 γ 射线与铝和铅的相互作用。卢瑟福在这篇论文后加了按语，说这一实验结果提供了正负电子对产生的又一重要的证据。

1936年他和傅承义用 Ra-Be 中子源，用不同厚度的石蜡来减速以取得不同能量的中子，测量银和碘被中子照射后产生的人工放射性，来测定它们对中子的吸收与中子能量的关系。实验结果发表在1936年《清华学报》上。他们继续研究银对 Ra-Be 中子源的连续谱的中子的共振吸收，实验结果发表在1936年《中国物理学报》和1937年 Nature 杂志上。

1937年他和王大珩的研究成果《银、铑和溴的中子共振能级的间距》发表在 Nature 杂志上。

1938-1945年，清华大学南迁昆明, 与北京大学、南开大学组成西南联合大学，他任西南联合大学物理系教授。

尽管西南联合大学的物质条件十分困难，他还是和张文裕用盖格计数管做了一些宇宙线方面的研究工作。在昆明时，他对在1937年做的中子共振能级的间距实验作了更细致的理论分析。

西南联合大学没有大楼，只有茅屋和大师。赵忠尧和他的同事培养出了诺贝尔奖获得者李政道、杨振宁，两弹一星功臣朱光亚、邓稼先，我国国家最高科学技术奖得奖者刘东生、吴征镒、黄昆、叶笃正等卓有成就的人才，是对物理界的一大贡献。

▌再次赴美，筹集加速器设备

1946年夏，由中央研究院推荐作为科学家代表，赵忠尧被派去参观美国在太平洋比基尼群岛的原子弹试验。参观后受中央研究院的委托，在美国采购核物理研究用的器材。

要在国内开展核物理实验研究，一定要有一台加速器。但他手头上的钱数实在太少，一共只有12万美元，无法购置一台加速器，离购置一台2MeV 静电加速器所需40万美元还差得多。他决心自己设计一台规模较小，但结构比较先进的高气压型静电加速器。只在美国购置国内买不到的器材，加工国内无法加工的部件，然后运回来配套组装。

当时有人劝他，加速器非他本行， 何不趁在美国的机会多做一些研究工作。他认为，一个人在国外做出成绩，对于提高中华民族的科学文化水平，对于国家的富强，作用不大。只有在国内建立核科学的实验基地，才能在国内开展研究工作、培养人才。为此，他认为个人做出牺牲是值得的。

他先到麻省理工学院学习静电加速器发电部分和加速管的制造，开始设计静电加速器。半年后转去卡耐基地磁研究所学习离子源技术。半年后又回到麻省理工学院，落实加速器部件的加工。同时还参加宇宙线研究。1948年底，他结束了采购任务。为了采购核物理实验各种器材，设计加速器和定制其某些部件，他前后整整花了两年时间。在此期间，他还应中央大学的要求，定制了一台多板云室。在美国组装了这台云室，做了宇宙线实验。这台云室后来在上世纪50年代初被安装在云南高山宇宙线站上，继续开展宇宙线实验研究工作。

1948年冬季，赵忠尧结束了中央研究院所委托的购买必需的核物理实验设备的任务，预计即可回国。但那时国内战局急剧变化，中国人民解放军节节胜利，他感到不如待局势平息之后，回国参加和平建设。再则，那时核物理是一门迅速发展的学科。他因此决定再在美国留些时间，多学些必要的实验技术，同时准备随时回国。

他感到自己缺少在加速器上做实验的经验，1949年春，他回到当初求学的加州理工学院，参加在静电加速器上进行的核反应实验。完成了三篇论文，都发表在 Physical Review 上，所研究的内容都是当时核反应研究的最前沿。

他利用1949-1950年初中美之间短暂通航时期，冲破美联邦调查局的层层阻拦，终于设法把三十多箱器材发运回国。这批器材后来对于静电加速器的研制、核电子学的研制、真空技术的开发等起了重要作用。

▉ 回国途中被关进日本监狱

在采购的器材托运回国后，1950年春，他准备回国，这时中美之间的通航已经中断，只能取道香港。经过一番周折，他于1950年8月底离美。

船过日本横滨时他被美方无理扣留，并被关进监狱，随身带的工作笔记本都被抄走。同时台湾当局也派人到日本，动员他去台湾或回美国。可他不为所动，坚决要求回到新中国。经我国政府积极营救和国内外广泛的舆论压力，美方不得不放行。在11月15日，赵忠尧返回祖国，受到全国人民和科技界的热烈欢迎。

▉ 回国领导国内第一台加速器建造

1950年底赵忠尧回到祖国后，领导加速器的研制。当时国内对高真空、高电压、离子源、加速管等加速器的有关技术没有经验，为了掌握有关技术、取得经验、培养研究人员，他先利用他带回的一台退役的静电加速器的绝缘支柱，建造一台在大气中工作的700千电子伏质子静电加速器，1955年建成。

赵忠尧与大家一起边干边摸索经验， 在当时国内艰苦的条件下，决心研制2.5MeV 静电加速器。技术难关之一是加速管。虽然赵忠尧在美国时，曾特地学了加速管的封接技术，但在国内，从磨绝缘玻璃环，到涂胶、加热都遇到了困难。在克服重重困难之后，这台2.5MeV 高气压型质子静电加速器终于在1958年建成。由于加速管和真空部件做得好，所封接的加速管一直用了20多年，质量很好，在其上取得一系列核反应研究成果。



▲ 2.5兆电子伏质子静电加速器

这在当时国内一穷二白的条件下，的确是十分难能可贵的。

▌ 指导核物理、粒子物理实验研究

1958年7月物理研究所改为原子能研究所，赵忠尧任副所长。我国向苏联订购的回旋加速器1958年在原子能研究所建成。在他指导并直接参加下，在回旋加速器上开展了质子弹性散射、氘核削裂反应等研究。

1973年，高能物理研究所成立，他担任副所长并主管实验物理部的工作。几代人为之奋斗的目标——在中国建造高能加速器提上了议事日程。尽管赵老师年事已高，但他积极参加有关高能实验基地建设以及有关学术会议的讨论。

1984年北京正负电子对撞机工程破土动工。1988年以来，加速器、北京谱仪和同步辐射应用设施相继完成，并投入运行。一批批新的科研成果陆续问世。这一切积累了包括赵老师在内的老一辈科学家的心血，也是他们培养出来的一代代中青年科学家努力奋斗的结果。

▌ 赵忠尧与中国科学技术大学

1958年中国科学技术大学成立，赵忠尧负责筹建原子核物理和工程系(后改称近代物理系)并担任系主任。在他的主持下，很快就建立起完善的教学体系并建立了专业实验室，开设了谱仪、气泡室、穆斯堡尔效应、核反应等较先进的实验。他很注意科学方法的培养，使学生在理论和实验两方面都得到发展。

中国科学技术大学原子核物理和工程系能在短时间内跻身于国内一流的行列，是与赵老师和广大师生的努力分不开的。

1958年我考取中国科学技术大学原子核物理和工程系，开学第一天就是由系主任赵忠尧先生给我们讲的第一课，介绍大学阶段学习内容，所设专业的情况以及对同学们的期望。他慈祥的面容，深入浅出的讲解，带有诸暨口音的语调，给我们留下了深刻的印象，半个世纪过去了，至今不忘。他请来了最好的老师如张文裕、关肇直给我们讲课。到了三年级，他还亲自给我们讲授原子核反应的专业课。他讲课认真，内容涉及国际核反应的最新进展，深受同学们欢迎。

他培养的学生毕业后从事不同的行业，其中不乏在科研、教育、管理、等领域的卓有成效者。



▲ 在中国科技大学的赵忠尧铜像

▉ 赵忠尧与年轻人

赵忠尧十分关心青年人的成长。工作中为他们把握方向，放手让年轻人干。注意发挥青年人的积极性、主动性，培养青年人的独立工作能力。他对青年人要求十分严格。他以身作则，他的一丝不苟的作风教育了青年一代，大家在不知不觉中被潜移默化，逐渐地学到一点赵忠尧的优良作风。就这样在具体工作中，赵忠尧培养了一大批科研骨干。

1963年，我大学毕业后，分配在他任室主任的原子能研究所一部（高能物理所前身）物理一室，有幸在他的直接指导下学习和工作。我不但从他那里学习到了许多知识，更重要的是从他的言传身教中学习到如何做人，做一个诚实、正直的人，做一个有真才实学服务于祖国的人。我十分荣幸，能长时间在他身边得到他的培养。他崇高的品质影响了我的一生。



▲ 本文作者郑志鹏与赵忠尧讨论科学问题

▉ 崇高的品质

赵忠尧先生一生为人正直、专心科学事业，学问精深，德高望重，淡薄名利，心怀坦荡、朴素无华、平易近人，深受同事和学生们的敬仰和爱戴，在研究所和学校里，上上下下都称他为赵老师。

“勿以善小而不为，勿以恶小而为之”，是他终生信奉的格言。无论在政治上、工作上、生活上，他都坚持真诚、实在的原则。凡是他认为有利于国家、人民的观点，都敢于坚持到底。他认为错误的东西，都明确表示反对。

他曾说：“我想，一个人能做出多少事情，很大程度上是时代决定的。由于我才能微薄，加上条件的限制，工作没有做出多少成绩。唯一可以自慰的是，六十多年来，我一直在为祖国兢兢业业地工作，说老实话，做老实事，没有谋取私利，没有虚度光阴。”这真是他为人的写照。他在自传中写道：“回想自己的一生，经历过许多坎坷，唯一希望的就是祖国繁荣昌盛，科学发达。我们已经尽了自己的力量，但国家尚未摆脱贫穷和落后，尚需当今与后世无私的有为青年再接再厉，继续努力。”这真切地反映了他一生的追求。



▲ 1956年全家福

他虽然从小身体弱小多病，但性格乐观、开朗，与世无争，保持良好的生活习惯，坚持锻炼身体，直至70岁还学习游泳，因而享有长寿。他于1998年5月28日逝世，享年96岁。这正应了孔子所说的“仁者寿”这句话。



▲ 李政道教授向赵忠尧先生祝贺90华诞



▲ 杨振宁教授向赵忠尧先生祝贺90华诞

我们缅怀赵先生为核物理的发展，为我国的科技事业，为我国的教育事业所作出的卓越贡献，要学习他的崇高人格，努力学习和工作，为祖国的强盛作出贡献。

（作者致谢中国工程院院士叶铭汉、中科院高能所研究员赵维勤提供资料。）

(//cas.cn)

地址：北京市918信箱 邮编：100049 电话：86-10-88235008 Email：ihep@ihep.ac.cn

中国科学院高能物理研究所 备案序号：京ICP备05002790号-1

(https://beian.miit.gov.cn/) 文保网安备案号： 110402500050 ()

违法违纪举报

(../../wjwfjb/)