

核科学事业

本刊记者 黄婧 关娟

从新中国成立到“文革”前，还在襁褓内的中国面临着严峻的国际形势：朝鲜半岛的战争阴云、西方国家对我国进行封锁和禁运、前苏联对我国援助的中断……在这种情况下，培养尖端科技人才，掌握尖端科学技术，是遏制西方国家对新中国的封锁、建设强大新中国的迫切需要。

核事业既是年轻的共和国国防事业的急需，又几乎一无所有，一切从零开始。清华大学物理系以及后来设立的工物系，为核工业和国防事业培养了大批优秀人才。其中对中国国防和科技事业发展意义重大的“两弹一星”和“200号”工程，清华人更是在其中发挥了重要作用。

两弹一星

“两弹”是指核弹（原子弹、氢弹）、导弹，“一星”是指人造卫星。二十世纪六七十年代，新中国的一项伟大事业——“两弹一星”工程改变了中国安全状况和外交环境。在内外交困的严峻形势下，我国于1964年成功爆炸中国第一颗原子弹，1967年成功爆炸中国第一颗氢弹，1970年成功发射中国第一颗人造地球卫星“东方红一号”。从原子弹到氢弹爆炸成功，美国用了7年零3个月，前苏联用了4年零3个月，而中国仅用了2年零8个月！负责“两弹一星”研制的科学家们，克服重重困难，自力更生、艰苦奋斗，创造出了新中国“两弹一星”的奇迹。

邓小平同志曾经指出：如果六十

年代以来中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。在今天的和平年代，我们不应淡忘这历史的丰碑，不应忘记为“两弹一星”做出重大贡献的功勋们。在重温历史的过程里，有太多值得后人汲取的精神和力量。

回顾

“两弹一星”产生于一个特殊的历史时期。20世纪50年代，刚刚诞生的新中国百废待兴，国防力量严重不足。而“二战”后的几个世界大国，都已进入“原子时代”和“喷气时代”。面对国际上严峻的核讹诈形势和军备

竞赛的发展趋势，以毛泽东为核心的中共中央领导集体，做出发展原子弹、导弹、人造地球卫星，突破国防尖端技术的战略决策。

国际形势严峻，国内情况也不容乐观。二十世纪五六十年代，连年战乱后的中国经济基础薄弱、人民生活困难，科研条件更是极为艰难，没有经费，没有设备，许多科研用的元器件甚至靠手工打磨出来。20世纪60年代中苏关系的破裂更是雪上加霜，使刚刚开始的技术研发面临困境。

然而就在这样一个内忧外患、“卡脖子的时代”，参与“两弹一星”工作的众多科学家们无怨无悔，在荒凉的戈壁沙漠建立起丰功伟业。



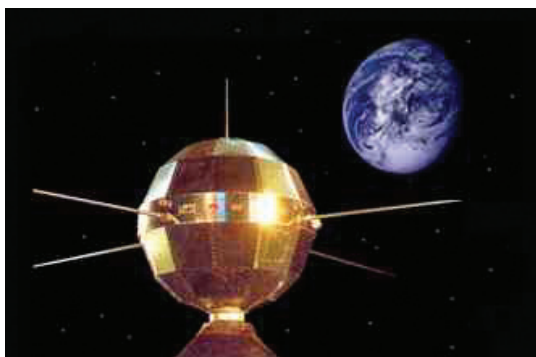
《以身许国图》（左至右依次为：郭永怀、赵九章、陈芳允、王淦昌、钱三强、王大珩、彭桓武、杨嘉墀、王希季、周光召、钱学森、邓稼先、朱光亚、屠守锷）



第一颗原子弹爆炸成功



第一颗氢弹爆炸的烟云



“东方红一号”

“两弹一星”在新中国国防史上谱写了光辉篇章，使我国核力量实现了从无到有的巨大跨越，拥有核武器使我国具备一定的战略威慑能力，政治、外交上的选择余地加大，军事上的回旋空间得到拓展，从军事实力上为中苏决裂提供了安全保障，转向独立自主的政治外交路线。另外，也迫使美国考虑调整对中国的敌对政策。尼克松在1967年10月号《外交季刊》上刊登文章称：“我们根本不能永远把中国排斥在世界大家庭之外……”1972年尼克松访华，中美关系出现重大调整，1979年1月，中美正式建交。1971年，中国重返联合国并成为常任理事国，重新在国际舞台发挥作用。“两弹一星”可说是中国独立自主的坚强后盾。

“两弹一星”事业节点

时间	事件	意义
1955年1月5日	毛泽东主持召开中共中央书记处扩大会议，讨论并决定建设原子能工业	开启了中国核事业的序幕
1956年	在周恩来主持下，制定了《1956至1967年科学技术发展远景规划纲要》	明确将发展以原子弹、导弹为代表的尖端技术放在突出位置的战略决策
1964年10月16日下午15时	中国第一颗原子弹在新疆罗布泊爆炸成功	中国核武器发展史上的第一个里程碑
1966年10月27日9时	我国自行研制的中近程地地弹道导弹运载着原子弹弹头点火升空，9分14秒后，核弹头在罗布泊弹着区靶心上空爆炸	“两弹结合”试验取得圆满成功，标志着中国有了可用于实战的导弹核武器
1967年6月17日上午8时	我国第一颗氢弹在罗布泊上空爆炸成功	中国成为继美、英、苏后，世界上第四个拥有氢弹的国家
1970年4月24日21时	“长征一号”运载火箭在甘肃酒泉成功发射“东方红一号”卫星，火箭分离、卫星入轨，《东方红》的乐曲从太空传遍了世界	中国第一颗人造地球卫星发射成功，中国成为世界上第五个能发射卫星的国家



14/23

“两弹一星”取得的辉煌成绩，不仅得益于国家组织和支持，更得益于无数无私奉献、刻苦钻研的科学家们。1999年9月18日，中共中央、国务院及中央军委为研制“两弹一星”作出突出贡献的科技专家举行表彰大会，为23位功勋人物授予或追授“两弹一星功勋奖章”。在这23位两弹一星元勋中，有14位曾就读或任教于清华。他们是：

姓名	主要贡献	与清华关系
王大珩	我国现代国防光学技术及光学工程开拓者和奠基人之一。	1936年毕业于清华大学物理系
王希季	我国早期从事火箭技术研究的组织者之一，是我国第一枚液体燃料火箭及其后的气象火箭、生物火箭和高空试验火箭的技术负责人。	1942年毕业于西南联大机械工程系
朱光亚	领导设计、建成轻水零功率装置并开展了堆物理试验，跨出中国自行设计、建造核反应堆的第一步。负责并领导中国原子弹、氢弹的研制工作。	1945年毕业于西南联大物理系
陈芳允	中国卫星测量、控制技术的奠基人之一。	1938年毕业于清华大学物理系
杨嘉墀	中国科学院早期开展航天技术研究的专家之一，领导和参加我国第一颗人造地球卫星姿态测量系统的研制。	1941～1942年任教于西南联大
周光召	在粒子物理研究方面作出了贡献，世界公认他是赝矢量部分守恒定理的奠基人之一。	1951年毕业于清华大学物理系
钱学森	最先为中国火箭导弹技术的发展提出极为重要的实施方案。筹备组建国防部第五研究院，长期担任我国火箭导弹和航天器研制的技术领导职务。	1934年考取清华大学第二届留美公费生
屠守锷	领导和参加我国地空导弹初期的仿制与研制，是研制长征二号E大型捆绑式运载火箭的技术总顾问。	1940年毕业于西南联大航空系
彭桓武	领导并参加原子弹、氢弹的原理突破和战略核武器的理论研究、设计工作，并为中国核事业培养了一批优秀人才。	1935年毕业于清华大学物理系
王淦昌	核武器研制的主要科学技术领导人之一，核武器研究实验工作的开拓者。指导并参加了中国原子弹、氢弹研制工作。	1929年毕业于清华大学物理系
邓稼先	对原子弹的物理过程进行了大量模拟计算和分析，迈出中国独立研究核武器的第一步。领导完成原子弹的理论方案，并参与指导核试验的爆轰模拟试验。	1945年毕业于西南联大物理系
赵九章	中国人造卫星事业的倡导者和奠基人之一。在他领导下组建空间科学技术队伍。	1933年毕业于清华大学物理系
钱三强	中国原子能事业的开拓者和奠基人之一。早在1960年即为氢弹研制作了理论准备，促成中国在原子弹爆炸后仅两年零八个月，就研制成了氢弹。	1936年毕业于清华大学物理系
郭永怀	在原子弹、氢弹的研制工作中领导和组织多项研究工作，解决了一系列重大问题。	1938～1939年在西南联大半工半读

(按姓氏笔画排序)

除国家公开表彰的元勋外，还有很多科学家为“两弹一星”事业及为新中国国防事业的发展做出巨大贡献，其中也不乏清华人的身影。因篇幅所限，本刊仅选择4位科学家做简单介绍。（按姓氏笔画排序）



何泽慧



赵忠尧



唐孝威



黄祖洽

除了这些杰出的清华人，当时包括核物理、化学、工程等各方面全国最优秀的专家集中到一起，团结一心、精诚协作、共同奋斗，保证了“两弹一星”事业的成功。在这个过程中，涌现出了无数感人的故事：

20世纪50年代末，王淦昌带领一批中青年科学家如周光召、丁大钊、王祝翔等到前苏联杜布纳联合原子核研究所工作，他担任副所长，领导研究小组发现了反西格马负超子，使人类对物质微观世界的认识向前推进了一大步。不久，他接到一封来自北京的绝密电报，通知他“放弃手中的工作，马上回国受领新的任务”。于是，他悄然回国，毅然放弃了所熟悉的基本粒子的研究，奉命踏上研制原子弹的艰苦旅程，践行自己“以身许国”的承诺。

1950年，年仅26岁的邓稼先获得了美国普渡大学的物理学博士学位，被称为“娃娃博士”。获取学位后的第9天，他便毅然登轮回国，进入中科院近代物理所担任研究员，与于敏等人一道开创性地开展了对原子核理论的研究。1958年8月的一天，钱三强对他说：中国要放一个大炮仗，要调你去参加这项工作。接到这个任务后，他就消失在亲戚朋友的视线里，开始了长达28年的隐姓埋名，甚至连他的妻子，都不知道他在哪里工作。

姓名	主要贡献	与清华关系
何泽慧	在德国发现正负电子能量几乎全部交换的弹性碰撞现象。在法国与钱三强等人合作发现了铀的三分裂并首先发现了铀的四分裂现象，被称为“中国的居里夫人”。	1936年毕业于清华大学物理系
赵忠尧	为我国核物理事业和科学教育事业的发展作出重要贡献。1930年最先观察到 γ 射线通过重物质时的反常吸收和特殊辐射。	1925年入清华任教
唐孝威	1960年参加“两弹”研制，是确证中子点火技术成功的第一人。1966年突破氢弹技术，他是判断并证实我国氢弹原理成功的第一人。20世纪70年代中参加中国“一星”工作，进行中国第一颗返回式人造地球卫星舱内空间辐射剂量的测量。	1952年毕业于清华大学
黄祖洽	中国核武器理论研究和设计的主要学术带头人之一，对中国核武器的研制成功、设计定型及其他一系列科学试验研究作出重要贡献。	1948年清华大学本科毕业，1950年清华大学研究生毕业



第一颗原子弹试验前线指挥部的部分领导同志。
自右至左：毕庆堂、张爱萍、刘西尧、刘柏罗、张蕴钰、苑华冰（陈书元 摄）



群策群力攻克技术难关

1947年，“回国不需要理由”的彭桓武克服重重困难，登上一艘英国运兵船回国，执教于云南大学，立志为国效力。1961年4月的一天，钱三强找到彭桓武说：“中央决定派最好的科学家加强尖端项目的攻关，决定调你去核武器研究所顶替苏联专家的工作，有困难吗？”他回答：“没有。”从此，彭桓武走进核武器研究所，率领研究组担负起原子弹理论方案设计工作

1955年，钱学森冲破阻力返回祖国的怀抱。回国后，他立即着手中国火箭、导弹研究的组织工作。面对异常困难的境况——既无人才，又无设备，国外在这面对中国完全实行封锁——他不仅不改回国参加建设的初衷，而且坚信只要经过努力，中国人也可以掌握研制火箭和导弹的技术。一天，陈赓将军问他：“你看中国人搞导弹行不行？”他坚定地回答：“外国人能干的，中国人也能干！”

……

正是由于这些科学家以及无数无名英雄们的加入，在一穷二白的新中国，才会在短时间内诞生出“两弹一星”的奇迹。值得一提的是，在他们加入“两弹一星”事业时，邓稼先34岁，朱光亚34岁，周光召32岁……据统计，中国在1960年从事核工业的10万人中，25岁以下的年轻人占68%，26~35岁者占25.5%，两项之和超过九成。这群年轻人，在渺无人烟、条件恶劣的大漠深处，默默奉献了宝贵的青春年华，为国家筑起坚固的大门，谱写了永恒的“两弹一星精神”。

精神

1999年，中共中央在为23位功勋人物颁发“两弹一星”功勋奖章的同时，用“热爱祖国、无私奉献，自力更生、艰苦奋斗，大力协同、勇于登攀”集中概括了“两弹一星”研制人员的崇高精神，称它是爱国主义、集体主义、社会主义精神和科学精神活生生的体现。

历史发展到现代——一个核武器和平使用、科学技术迅猛发展的时代，“两弹一星精神”仍有许多值得现在甚至未来借鉴的精华。

热爱祖国、无私奉献的精神强调的是一种责任感和使命感，自力更生、艰苦奋斗是“两弹一星”事业推进的重要保证，自主创新、不畏艰难的精神同样适用于当下的中国，如何使“中国制造”变为“中国创造”，在国际高新技术的竞争中占有一席之地，都需要发挥自力更生的艰苦奋斗精神。大力协同、勇于登攀的精神不仅是集体主义的体现，更是科研攻关、不惧困难的科学精神的体现。而发扬科学精神、按照客观规律办事，才使这项在“文革”十年动乱中出现的事业，没有重蹈“大跃进”的覆辙。随着时代的发展，伴随中国航空航天事业的进步，这一精神后来演化为“特别能吃苦，特别能战斗，特别能攻关，特别能奉献”的载人航天精神，激励着一代又一代航天人奋勇前进。

中国人的强国梦，也一直在坚定地推进着。

200 号

刚刚站稳脚跟的新中国，在原子能研究领域还是空白，急需建立原子能研究基地。为培养理工结合的新型人才，开创和发展我国的原子能科学技术，1956年清华大学正式建立工程物理系。1960年，清华大学原子能研究基地动工兴建，建筑工程编号为200。

200号里是一群平均年龄只有23岁半的年轻人。他们用火热的心和革命英雄主义的豪情，组成了新中国的第一支核科学队伍。在这些年轻人手中，200号的科研工作迅速展开并取得了令人瞩目的成就。1964年在我国首次实现了自行研制、自行设计、自行调试的核能屏蔽试验反应堆安全可靠地成功运行，并先后在国内创造性地研制出铝制大水池的无缝氩弧焊、铝制大水池壳的阳极氧化处理、反应堆物理理论计算方法、核燃料后处理溶剂萃取法等37项关键科学技术，试制成了67种仪器设备，建立了21个实验室。

今天，当年的原子能实验基地已更名为清华大学核能与新能源技术研究院，但清华人仍喜欢用200号称呼核研院，因为这里不仅蕴藏着一段激情难忘的岁月，更传承着清华人自强不息的精神。

23岁半

200号的研究工作刚刚开展时，无论人才还是科研条件都十分匮乏。论师资，清华并没有这方面的教授，也没有外国专家的指导，只有新转行来的一位青年讲师和10多名助教，加上100多名学生，平均年龄只有23岁半。论经验，当时200号的研究人员没有一位去过外国留学，只有5人曾在我国第一座反应堆——研究性重水反应堆（前苏联援建）上做过短期参观实习；其余大多数人连反应堆是什么样子都没见过，更谈不上研究与设计了。

物质条件更捉襟见肘。研究所不仅没有先进设备，就连拿到的一套前苏联参考图纸也不完整，缺少关键部分的计算与工艺说明书。再加上200号选址在北京市昌平区燕山脚下，深处北京远郊荒凉山区，生活条件十分艰苦。

但是，国家的需要是最重要的。在这种情况下，有人提出：要知难而进！参与研究的吕应中教授又改了一个字：“寻”难而进！大家要主动为国家克服困难，去开拓中国自己的核能事业。就这样，这群年轻人用火热的激情投入到新中国的原子能研究事业中。他们中间有后来担任清华大学

校长的王大中，10兆瓦高温气冷堆技术总负责人吴宗鑫、项目总负责人徐元辉等。这些年轻人，开创了新中国原子能研究工作的新篇章。

712任务

在艰苦的条件下，200号的研究人员创造条件、勇于攻关，在原子能研究领域取得突出成绩。1964~1966年，200号完成了一项重要的国防科研工作——溶剂萃取法核燃料后处理任务（代号712任务）。

核燃料后处理的主要目的是从反应堆乏燃料中，提取核燃料钚-239。最初，前苏联援建我国的后处理技术，采用的是落后的沉淀法。1960年前苏联专家撤走后，二机部继续组织开展用沉淀法进行核燃料后处理的研究和工厂设计工作。

而早在1958年，清华大学工程物理系副主任滕藤、汪家鼎和放射化工教研组主任朱永瞻即领导清华大学工程物理系放射化工教研组选定国际上先进的流程——溶剂萃取法核燃料后处理技术作为研究项目，并开始进行热化学实验室的设计。其后，组织工程化学系人工放射化工专业的教师和



200号工地早期搭起的帐篷（摄于1960年）



200号基地年轻的建设者（摄于1960年）

1960 ~ 1966 届毕业生以及少量的研究生结合毕业设计和论文从事与此相关的有关化学、工艺、分析、设备等方面的研究和设计工作。1963 年，滕藤、汪家鼎、朱永曙同志在大量实验研究的基础上，向国家建议我国的核燃料后处理技术采用溶剂萃取法。1964 年，二机部党组开会决定抛掉沉淀法改用萃取法，并决定在清华大学 200 号全面开展溶剂萃取法核燃料后处理的研究工作，代号 712 任务。这一决定得到了国务院专委会议的批准。研究工作由清华大学和二机部的有关研究所、设计院及工厂合作，在清华大学 200 号进行。

1964 年下半年，建筑面积为 700 平方米的热化学实验室开始动工兴建，同时还改建了冷轴运行实验车间，于 1965 年底基本完工。1966 年初进行设备安装，4 月开始进行实验，至当年 10 月，200 号共进行 14 次热试验，取得二氧化铀产品折合金属铀 62 克，实验研究取得了成功。这项任务的直接参与者约 300 人，其中包括清华大学教职工 30 余人，学生 50 余人。这是我国自主研发成功的重要科研创新项目，是对我国国防事业作出重大贡献的高新技术。溶剂萃取法核燃料后处理不仅直接服务于“两弹一星”事业，在中国核能发展史上写下了浓重的一笔，而且研究成功的工艺流程和设备

后来用来建成我国的核燃料后处理厂，并成功投产，使我国在这一重要领域赶上了世界先进水平。

10 兆瓦高温气冷堆

在 10 兆瓦高温气冷堆诞生之前，已经有两个令 200 号人自豪的核反应堆，一个是上世纪 60 年代建成的国内第一座实验反应堆——901 游泳池式屏蔽实验反应堆；另一个是上世纪 80 年代末“七五”攻关的战果——世界上第一座一体化自然循环的 5 兆瓦低温核供热实验堆。而 10 兆瓦高温气冷堆，是 200 号历史上的巅峰。

对于核能应用来说，安全性是首要问题。高温气冷堆的最大特点，是在事故发生后可借助材料的热传导、对流和热辐射等自然规律，将堆芯剩余热量安全载出，不致发生重大核事故，因此，高温气冷堆被称为“无灾害性的核电站”。1986 年，国家 863 计划启动，即把这一先进反应堆作为重要的研究方向列入计划。时任清华大学核研院院长的王大中教授，是我国 863 能源领域首届首席科学家，他勇挑重担，1992 年为 200 号领下研制建造世界先进反应堆的“军令状”——建成一座热功率为 10 兆瓦的高温气冷实验堆。

10 兆瓦高温堆是综合性极强的工

程项目，由 20 多个系统、几百个设备组成。这要求所有人员都要具备团队意识，全心投入，众志成城。200 号是拒绝浮躁的，建院初期就形成的自强、求实的作风是 200 号取得一次次辉煌的保障。在建设 10 兆瓦高温气冷实验堆的过程中，研究人员仍然秉承着求实的作风。无论是已在原子能领域耕耘 40 年的第一批开拓者，还是新来的年轻人，都以精益求精的态度投入工作。而 200 号自强不息的精神，更是代代传承下来。设计工作中的重大难题——反应堆物理理论计算，是由刚毕业的助教罗经宇带领 10 多个高年级学生从头学起而攻克的。

反应堆计算中，首先要确定放进多少铀棒才能恰好维持链式反应，多了容易出核事故，少了无法运行。但由于反应堆的特殊结构，该项计算极为复杂。如此庞大的计算在国外非得依靠计算机不可，而当时的清华大学还没有这个条件。于是十几个年轻人排成一字长蛇阵，先按沿两方向变化的计算方法，用手摇计算器做数值计算。每次要算四五千个数据，每个数据要求用“巴罗表”（五位对数表）计算准确到第 5 位数字，工作量之大可想而知。他们更发挥才智，进一步创造了列表校核与相互检验的方法，做到了集体手算几千个数据不出一个错误。在大量计算的基础上，这批青



汪家鼎



滕藤



王大中



朱永曙



10兆瓦高温气冷实验堆关键设备压力壳



车载移动式钴-60集装箱检测系统

年通过反复研讨，寻找各种数据之间的规律，最终集体创造出“原子反应堆三维计算图解法”，解决了反应堆物理设计的难题。

在科技部、教育部和众多单位倾力支持下，实验堆终于在2000年12月如期建成并首次达到临界，2003年1月29日，又成功实现了72小时满功率并网发电运行。2006年，10兆瓦高温气冷堆获国家科学技术进步奖一等奖。

科技部原部长徐冠华说，10兆瓦高温气冷堆的成功是一个重要的“里程碑”。它是国家863计划取得的一项重大成果，是我国自行研究、自主设计、自主建造的第一座投入运行的模块式球床高温气冷堆，它标志着我国在高温气冷堆技术领域达到世界先进水平，并将对我国能源政策的制定产生重要影响。美国核能专家说，这件事意味着“中国正处在新一轮核能技术发展的中心”。

200号的“辐射效应”

200号虽坐落在北京燕山脚下一个叫“虎峪”的偏僻山沟，但在核技术的竞争中却高高站立在国际前沿。几十年来，200号不仅在科研上频频攻关，从这里成长起来的人才更是为国家原子能事业的发展做出了长远贡献。

据统计，仅结合研制建造反应堆的各项任务，清华大学先后有600余名学生在科研中进行了“真刀真枪”的毕业设计，参加各种劳动的师生2000余人，另有校外师生900余人在反应堆上进行了生产实习。科研工作提高了教学质量，促进了原子能新专业的成长。清华大学核研院建立了21个实验室，开出了51门课，通过建造反应堆，还在科研中成长起来一支200余人的科学技术队伍。他们不仅初步掌握了反应堆的设计、调试和运行知识，而且能够通过学习和实践掌握各种新

知识和新技术。

几十年来，200号紧贴时代的脉搏，不断壮大，今日已发展为清华大学核能与新能源技术研究院。近年来，核研院在高放废液处理处置和核技术方面又取得了诸多国际领先的研究成果。朱永贻带领核化工研究人员研究成功的分离高放废液的“中国TRPO流程”，成为国际上两个最先进流程之一，研究开发的Cyanex-30分离镅系钢系元素方法，被国际核能界评价为“多年来该领域的最重要进展”。安继刚带领核技术研究研究人员研制成功的“钴-60集装箱检测系统”为国际首创，解决了铁路列车检测等难题，并实现产业化，受到国内外专家的高度评价。在200号这块热土上，清华人完成了大量的科学实验、科技开发以及生产工作，并将继续为中国国防科技和国民经济建设做出重要的贡献。