



冯康构图 (1)

冯康是谁

1960年3月，春寒料峭，北方的雪尚未消融，一天早晨，一队解放军士兵穿着厚厚的冬装，来到中关村南街中国科学院计算所。不久前这里还是庄稼地，现在是中科院办公区，连片的灰色办公楼在更广阔的田野构成独立的超现实的街道，有点“天空之城”的味道。此前，中科院诸多院所分散在老城，计算所原来一直在西苑大旅社办公，租了四层一层，1958年成为“天空之城”的一部分。办公楼很新，但因为是深灰色，不显新，很低调，仿佛科学本身。

士兵没带武器，倒是带着挎包、文件包，有的帽子下边还戴着白边眼镜。尽管没带武器、文质彬彬，但这小队士兵看上去仍不寻常。这是科学重地，灰调，安静，士兵的到来又平添了一种神秘的类似基地的气氛。如果是一两个士兵，只是颜色有点跳，构不成什么，但如果是七八个，一队，就是武装力量。

士兵到了三楼，见到了同样神秘的冯康。冯康个子不高，甚至有些驼背，但是目光平静，淡然，带着士兵上到五楼。门卫对士兵重新一一核验证件、相片、介绍信，比进楼门时还要严格，冯康耐心等待，有时看一眼窗外。履行完所有程序，冯康带着士兵到五楼自己专用的办公室。

是的，这是冯康在五楼的办公室，在三楼还有一个。这个办公室的不

同在于没有任何标识，只有编号，803，没人知道这数字是怎么回事。这层楼所有房间都只有编号，如果你想按标识寻找办公室根本不可能。办公室的里面也没有任何特色，甚至看不出这个办公室到底是干什么的。

这是“绝密 123”特别任务组（简称“123”任务组）办公室，绝密，整个五层都是绝密。士兵们像在基地一样站得笔直，甚至更笔直，没有坐下，一直站着，排成了弧形。冯康坐在办公桌前，如同将军一样，问了“21 基地”的生活情况，比如吃什么，事实上已超出了范围。冯康当然不是将军，是数学家，但他的眼中却有类似的东西。

冯康是三室业务指导，指导着下面七个任务组，后来又增加了“123”任务组，单列，没进入任务组序列。七个任务组都分布在三楼，有十几个房间。单列的“123”任务组在五层，这样冯康就有了两个办公室，三楼一个，五楼一个。这个任务组的人可以随便到三楼来，三楼的人却不能随便到五楼去，除了冯康。冯康任何时候都不需要接受检查，倒是他有时检查一下门口的士兵。

“123”任务组下面又分三个小组，分别是流体力学、空气动力学与冲击波数值计算小组。此外，五层是机房重地，有两台计算机——103 机、104 机，占了两个很大的房间，这也是五层戒备森严的主要原因之一。

当时，整个中国就这两台计算机。

冯康带着士兵看了机房，将七个士兵分到了三个小组。三个小组分别与导弹、原子弹、卫星相关。来自“21 基地”的士兵也不是普通士兵，脱了军装与五层刚分配来的大学生也没什么不同，他们也都是毕业不久

的大学生，都来自一流学校，北大的，清华的，哈军工的。

但既穿了军装，又来自遥远的基地，他们就是纯粹的军人，他们一丝不苟，脸带着风霜，大自然的作用非常明显，即便戴着眼镜。不过因为年轻，他们的脸色不是黑而是红，红扑扑的。苏联专家撤走了，他们来到中国最高的数学殿堂，求助这里的数学家。他们站得笔直，动作干净利落，不时条件反射地敬礼，每见一位老师都毕恭毕敬，军容毕现。他们来这儿工作，学习，完成肩负的任务。他们代表的不仅仅是个人，也是“21 基地”。

“21 基地”，世界上最神秘的基地之一。类似的基地，美国有“51 区”，苏联有“塞米巴拉金斯克-21”，英国有“马加林”，法国有“穆鲁罗瓦”。“21 基地”下辖罗布泊原子弹试验场，建在马兰，一个在当时中国地图上找不到的地方。马兰位于新疆中部巴音郭楞蒙古自治州和硕县乌什塔拉镇南五公里，北临天山山麓，西邻博斯腾湖，东托罗布泊——中国核试验场，系戈壁大漠的边沿地带。事情开始于两年前，1958 年 8 月，张蕴钰被中央军委任命为中国核试验部队主任，翌年 1 月张蕴钰陪同总参总装备部部长方毅、工程兵设计院院长唐凯，由北京飞往新疆戈壁大漠，在已确定的罗布泊场区进行空中视察，回来后形成在此建核基地的报告。国防部批准了报告，并通知新疆军区，0673 部队进驻新疆。部队走着走着，在和硕县乌什塔拉以南一块白地停下来。这里虽无可耕地、无草木，但地下水源十分丰富，位置也大体合适，东距试验场区 250 公里，北靠

天山，西 20 公里处有博斯腾湖；处于戈壁大漠，这里有很少一点马兰草，那就叫马兰吧，马兰从此得名。不到两年，这里有了医院、学校、招待所、办公楼、宿舍、礼堂、广场、军人服务社、汽车修理厂、军用机场，笔直的马路两旁白杨树高大挺拔。从此，世界多了一个神秘地区。

基地与 1957 年中国和苏联签订的《国防新技术协定》有关，根据协定，苏联明确承诺向中国提供原子弹数学模型与图纸资料。翌年中国负责核武器研制的第二机械工业部（二机部）第九研究所（九所）在北京成立。“21 基地”正是在这样的背景下诞生的。但是刚刚起步不到两年，1959 年苏联方面致函中国，拒绝向中国提供原子弹的数学模型和技术资料。随后又照会中国政府：决定撤走在华的核工业系统的全部专家，停止供应一切技术设备和资料。中国的一穷二白立刻暴露无遗，穷不用说了，白，具体在原子弹研制上来说，就是没专家。无奈之下，钱学森向钱三强推荐了郭永怀。

郭永怀临危受命，与王淦昌、彭桓武形成了在苏联专家缺席的情况下中国核武器研究最初的“三驾马车”，这至关重要，幸好中国有这三个人。然而，事实上他们这三人都不是原子弹专家（而计算所三室的冯康更不是）。王淦昌仅是理论核物理学家，彭桓武也是，两人各自在自己的领域取得过杰出成就。郭永怀历任九所副所长、九院副院长，主要负责力学和工程方面的领导工作，接受原子弹任务时，他领导的九院一无图纸，二无资料。

九院的依托单位是中科院计算所，这是必然的，共和国最杰出的数

学家在这里，不找这里又找哪儿呢？事实也是这样，一个国家的科学院是这个国家的发展后盾。九院交给中国科学院计算所——确切地说是三室，大量计算任务，如原子弹圆爆的冲击波、部分流体力学，不仅原子弹，同时还有导弹，两者是不可分的。这是个特殊的任务，尽管从7个任务组抽人成立了“123”任务组，尽管那时整个国家仅有的两台计算机——103机、104机都放在了计算所，但有关原子弹，特别是具体到原子弹的圆爆冲击波，以及与导弹相关的流体力学，数学家们都没接触过，更何况所里大部分是年轻人，有的甚至比来自“21基地”的士兵还年轻，但是三室还是接下了任务，冯康作为业务指导。

敖超，1958年毕业于北京大学数学力学系，在计算所工作不过两年，便被抽调到戒备森严的五楼工作，那时在“123”任务组已是一个小组的组长。现在敖超还记得，当时计算所相当部分人是研究计算机的，所里的计算机有一间房子那么大，103机与104机占了两间房子，但它们的计算能力只有1000多个单元，1000多个字节。多少年后敖超还记得当年计算机那硕大的机身，无数的纸孔。敖老说现在一个手机就是4G，4G是多少呢？就是4的49次方，那“大房子”的计算能力是4G的几十万分之一。七机部、二机部、二院，不断交来一些课题，关于导弹的，关于原子弹的，甚至还有卫星的。敖超这个小组研究原子弹爆炸冲击波，研究破坏力与防御的措施，建筑物要造得多坚固才能防冲击波，这是空气动力学问题。但是要计算原子弹爆炸冲击波，单靠那一间房子的计算机仍很困难，而

且虽然有了计算机，可是最终没有方法也不行。

敖超学的是数学动力学，虽然当了小组长，可从没接触过原子弹。组员有1955年毕业的，比敖超早三年，但学的是计算机，更是对原子弹根本没概念。那时冯康正搞世界性的“有限元”研究，没接触过原子弹，想都没想过这件事。也幸好冯康是“飞鸟”型的数学家，凭着学术水准可以俯瞰一些东西。数学家有两种，数学物理学家弗里曼·戴森在《飞鸟与青蛙》一文中写道：“有些数学家像飞鸟，而另外一些像青蛙。飞鸟翱翔于高空之中，游弋于数学的广袤大地之上，目及八方。他们着眼于那些能够统一我们思维的概念，时常将领地当中不同区域的分散问题联系在一起。青蛙则栖息于泥沼之中，所见不过是附近生长着的花朵。他们着眼于特殊目标的细节，每次只解决一个问题。数学领域是丰富而美的，飞鸟使它宽广，而青蛙则使它精致入微。”

冯康既是“飞鸟”，又是“青蛙”。作为“飞鸟”，他可以从更高的数学角度看待原子弹、导弹、卫星。冯康早年毕业于中央大学物理系，大学时期兼修了电机、物理、数学三系的主课。50年代初曾到苏联研修，是苏联伟大的数学家庞特里亚金（Pontryagin）的学生。有人说冯康的性格也有点像庞特里亚金，也就是说才华决定了他们某种高蹈而直率的个性。冯康还是一个语言的天才，通晓英语、俄语、法语、德语、意大利语、日语六门外语，这使他想看什么就能直接看懂什么，不用翻译，科学院的多种外国杂志对冯康似乎只是同一种语言。

因此不懂原子弹没关系，看，直接看大量外文资料。冯康先自己查

资料，查外文杂志，然后组织讨论班，学习，讨论。在讨论班上冯康像将军一样指挥着手下的士兵——的确有士兵，“21 基地”的士兵——看文章看资料，哪些文章资料你去看，哪些文章资料他去看，谁去看这个，谁去看那个。

中国的原子弹就是这样白手起家的。敖超说：那时要是没冯先生抓这件事还真不行，谁也抓不起来，我这个小组长是不行的，因为我也什么都不知道。冯先生视野宽，不仅是数学家，还懂物理、机械，外语又好，懂好多门外语，不是一门两门，后来“文革”中说他是“七国特务”就是这么来的。所里当时没有人像他懂这么多外语。没这么多外语怎么从无到有白手起家？就是他这个后来的所谓七国特务那时先看了很多文章，他不是一定要从头到尾看，了解重要性即可，浏览一下要点，知道这个说的什么，哪些个地方有特色，有新东西，创造性在什么地方，然后分头交给“123”任务组的人。

与此同时，在三楼，冯康的日常工作是指导三室展开理论研究工作，在完成国家急需重大任务之余写出高质量高水平学术论文。其中的“无黏超音速绕流数值计算和初边值问题差分方法研究”工作，无论在理论上还是实践上都有所突破，获得许多成果，为国防部门计算出了大量有关的数据，特别是为中国早期的航空航天事业做出了重要贡献。这一领域的数值计算问题是当时国际上公认的难题。

当时的另一个难题是原子能反应堆的物理计算，需要求解玻耳兹曼

方程。这个问题的难度在当时更大，冯康“鸟瞰”数学力学，提出从积分守恒原理出发建立差分方程，具体指导“123”任务组推导出解决玻耳兹曼方程的一系列守恒格式，在制造原子弹的实际计算中获得了成功。同时在理论分析方面也做了一些重要研究，为中国早期的原子弹试制和第一艘核潜艇上核反应堆的设计提供了可靠数据与数学模型。

冯康直接负责了一项解决不定常流冲击波问题计算方法的研究课题，指导课题组通过实际计算研究，总结出各类方法的特点和适应情况以及如何选取各种参数，从实践和理论两个方面初步探索出解决此类问题的途径和方法。

冯康给年轻的士兵讲：冲击波问题可以变成一个流体力学问题，而流体力学就可以用偏微分方程处理。偏微分方程是数理方程的一部分——数理方程有双曲形、椭圆形、抛物形。冲击波这个问题主要是双曲形的，最后形成的是一个数学问题。而计算机可以解决这个东西的计算问题，就是把它代数化。不代数化，不把微分方程放在计算机里它就不认。同样，微分是一个曲线，倒数，倒数实际上就是它正当的速度和下降的速度，用这个两点一除，它的变量距离就是差分。差分它，也可以化成代数。除了差分方程方法，还有物理模拟方法，特均线方法……冲击波的问题是，波浪会突然有一个间断，因此可以用微分方程，差分解，差分这个间断它就比较光滑。微分就不一定这么好，精度就不行了。这个间断距离很短，变量也就得很短才行。讨论班上，冯康把计算冲击波总思路和其下的分路径都讲了。

“那时候，”50年后敖超说，“原子弹方面，我们当然还谈不上创造，主要是研究苏联和美国。主要是研究他们那些方法，但是我们通过自己的努力摸索出来了。应该说通过几年工作，从原来的一穷二白，后来慢慢地也有些接近他们的东西了，再后来看他们的东西，那些讨论的问题，跟我们当时考虑的问题基本上是一样的。大家关心的都是那些事情，等于同步了，差不多了，这是非常不容易的事。”

1964年10月16日下午3时，马兰，遥远的“21基地”，罗布泊上空，中国第一颗原子弹爆炸成功。美国人惊讶，苏联人更是震惊。美国人在1945年制造出了三颗原子弹，其中的两颗是“内爆”型，一颗是“枪法”型，在广岛投下的是“枪法”型，长崎投下的是“内爆”型。中国第一颗原子弹便采用了“内爆”型。所谓“内爆”型是将大量炸药起爆的能量压向内心，产生高温、高压，使内心里的核材料产生核裂变，释放出大量核能。这样做的困难在于炸药起爆后，能量并不是完全向内心压缩，而是向四周扩散，这就无法实现核裂变。面对这一技术难题，中国的科学家经过无数次的理论计算和试验，从北京的中关村到“21基地”，从青海的金银滩，到新疆罗布泊，从小型到中型到大型，从局部到整体，一步一步地试下去，最后实现了炸药起爆的能量完全压向内心，突破同步聚焦技术的世界性难关。当时计算所的士兵们就在爆炸现场，他们出色地完成了从计算所五楼到“21基地”再到罗布泊的任务。他们知道谁起了至关重要的作用，谁一次次给他们上课，讲解，指引路径。

时间到了1999年，新中国成立50周年之际，当年的幕后英雄走出了

时间深处的帷幕，国家表彰了 23 位“两弹一星”的科技专家，其中的邓稼先、于敏、王淦昌、郭永怀现在早已为人熟知。没有冯康。与别人不同的是，作为数学家，冯康在彼时早已闻名海外，他的主要成就并不在核武器上，作为幕后英雄似更为合适。不过庆功会上，中国科学院第一任党组书记张劲夫没有忘记冯康，这位当年的顶头上司非常了解情况。有一次，在谈到“两弹一星”的功臣时，他专门提到了冯康，称冯康是“另一个幕后英雄，‘两弹一星’的功勋机 109 丙机有冯康的一份功劳，他的算法起了重要作用”。

这是公允的。冯康作为数学家的故事当然远没有结束，尽管他所有的故事差不多都在历史的“褶皱”中，但历史不会静止不动，总有人从“褶皱”中走出。

刘家峡

黄河九曲，黄水东流，天上黄河到了刘家峡来了个大回转……1958 年刘家峡水电站在刘家峡开工。刘家峡水库设计蓄水容量达到前所未有的 57 亿立方米，水域面积 130 多平方公里，拦河大坝高 147 米，长 840 米。大坝下方是发电站厂房，地下大厅排列着 5 台大型发电机组，总装机容量为 122.5 万千瓦，是中国首座百万千瓦级的水电站。这是前所未有的工程，如此大的工程曾遇到鲜为人知的困难，以致停工。

1963年早春，刘家峡大坝设计组副组长朱昭钧工程师冒着漫漫黄沙，来到中关村南街，看着一座座结构相同的灰调板楼，感觉踏实了许多。尽管远处是无垠的田野，这里与城市无关，但也正是这种独立的又超越田野的存在，让他感到某种国家的信心。在中科院计算所三室，朱昭钧见到了工作着的科学家们，请求帮助解决边远的刘家峡大坝停工的问题。正在快马加鞭指导原子弹、导弹、卫星计算攻坚任务的冯康，在计算所三楼办公室接待了远道而来的朱昭钧。

冯康听了情况，找来了三组的崔俊芝，把具体的解决任务交给了年轻的后来也成为院士的崔俊芝。如同将军把作战任务交给了某个团，或某个特务营。朱昭钧向崔俊芝具体介绍了工地采用的“弓冠量分配计算方法”，崔俊芝一一做了详细笔记。

送走了朱昭钧工程师之后，崔俊芝冒着西部风沙来到刘家峡，刘家峡黄河的壮美在崔俊芝眼中是另一番景象，确切地说他在用一种数学的眼光严格地审视着一切。崔俊芝发现刘家峡大坝用“弓冠量分配计算方法”形成的系数矩阵事实上是病态的，于是干脆放弃了这种方法，另起炉灶，转而使用主元素消去法去求解弓冠量方法导出的病态线性方程组。

虽然病态问题迎刃而解，但是崔俊芝在对计算结果进行应力校核时，却发现局部应力总是不平衡。由此崔俊芝对“弓冠量分配计算方法”产生了根本性的怀疑，接着在蔡中熊的帮助下，利用黄鸿慈等人编写的应力函数法标准程序进行了计算，然而计算出来的结果仍然不能做到局部

区域的应力平衡。

应力平衡的问题是个大问题，它既是一个实践问题也是一个理论问题，也是世界性的难题。当时采用了十三点差分格式的应力函数计算程序来进行水坝应力分析，而得不到满意结果的主要原因是全部采用了正方形网格，而事实上水坝的边界是不可能与网格线重合的。认识到这点非常重要，三室理论组的黄鸿慈认为，内节点用差分逼近，边界节点不得不使用外推插值处理，这种不统一、不协调的处理方式也是造成计算结果不理想的原因。另外除了计算方法之外，计算机储存量的限制也是造成计算难题的重要原因之一。

刘家峡水电站不同于以前的小型水电站，以前的水电建设经验用不上。正当崔俊芝对刘家峡水坝计算问题一筹莫展的时候，冯康在计算所的一次学术报告上重点讲述了一篇文章，让崔俊芝茅塞顿开。冯康提到的那篇文章是 Prager 和 Synge 于 1947 年发表在美国《应用数学季刊》上的一篇文章，巧的是 Synge 曾是钱伟长在多伦多大学读博士时的导师。冯康介绍 Synge 在应用数学和力学方面做过很多杰出的工作，后来当选为英国皇家协会院士。冯康的那次报告给了黄鸿慈和崔俊芝等人决定性的启发，正是那次报告中冯康提出的用变分原理进行差分计算的思想，为许多年轻学者提供了研究方向。

冯康的报告引起了强烈反响，此后在冯康的指导下三室的人掀起了钻研与探讨差分方法的热潮，年轻人从中科院图书馆借来美国 Forsythe

和 Warsaw 二人于 1960 年写的一本叫作《偏微分方程的差分方法》的书。书中有两个关于椭圆方程计算的章节讲到了变分差分格式。黄鸿慈、崔俊芝等三室的年轻人如饥似渴地争相阅读这本书，因为没有复印机，他们就自己抄公式、刻钢版进行油印，就像那个年代一些诗人做的事。那个年代北京最为活跃的两个地下文艺沙龙，一个是郭沫若之子郭世英组建的“X 诗社”，另一个是张郎郎组建的“太阳纵队”，他们也是用钢版刻印外国当代诗。在这一点上时代有着某种一致性，的确很多时候数学也具有音乐般的旋律美、层次美、几何美、抽象美，两者是相通的，音乐旋律的起伏变化一如几何变量中的连续和离散。

数学家、诗人蔡天新在一篇谈数学与诗的文章中说，数学家和诗人都是作为先知先觉的预言家存在于我们的世界。只不过诗人由于天性孤傲被认为狂妄自大，而数学家由于超凡脱俗为人们敬而远之。事实上，冯康随后的“有限元”研究的突破，也是想象的产物，发现的产物，灵感的产物；是一个人带头的探路，激发了另一群人的探路，一个人开辟了方向，大家在方向中不断定位、捕捉、寻找的结果。这同样也是诗，甚至不仅内容上像，就连大家充满激情地刻钢版、油印，都像。

与此同时，在冯康的筹划部署下，导弹、原子弹的某些研究也进入最后阶段，那时三楼和五楼互不相涉，冯康联结着上下，指挥若定，并行不悖，一方面讲解对导弹至关重要的偏微分方程，一方面将二组的水坝计算组的年轻人分成三个小组，从三个不同方向对水坝计算进行系统研究。三个小组，二组副组长林忠楷带领一个小组重新设计方案，用应

力函数的方法进行计算；二组组长魏道政带领一个小组，从平衡方程出发，把应力——应变关系代进拉梅方程进行计算，崔俊芝在这个小组。剩下的一个小组由蔡中熊带领，王荇贤在这个小组，从变分原理出发，直接用位移差商代替位移导数进行计算。

三个小组像交响乐或三组诗，定期交流，排演，向乐队指挥冯康汇报，而冯康如卡拉扬一样指挥着各小组所有的配器、音色、音调。为了尽可能地保证在坝体内部任意局部区域上的应力平衡性，崔俊芝与后加入的魏学玲采用了冯康反复提到的基于拉梅方程的积分守恒的差分格式，内部采取不等距矩形网格，边上采用三角形网格，使所有计算节点都落在坝体内部或边界上。

1964年春，也就是原子弹爆炸成功前夕，崔俊芝、魏学玲二人分工合作，算出了一组水坝新的结果——利用积分守恒格式的计算结果。经过细致的应力校核，其结果不仅在边界节点附近应力是基本平衡的，而且在坝体内部任意局部区域上的应力，也是基本平衡的！这非常关键，这就如同这一次演奏出了自洽的接近完美的效果。冯康第一次对年轻人点了头，也对五楼的年轻人点了头，原子弹冲击波的计算也已万无一失地完成，只等蘑菇云上天。

刘家峡水坝工程设计组对计算结果非常满意，建设继续进行。崔俊芝对原来由他和魏学玲合作编制的程序又进行了重大的修改，采用了标准化的信息格式，编制出了第一个平面应力分析标准程序——计算所的

104 计算机版本。同年崔俊芝又编制了一个平面应力分析标准程序——119 计算机版本。正是利用这两个程序，崔俊芝为刘家峡工程计算了多个设计方案。与此同时，研究仍在继续，崔俊芝和王萼贤一起，把基于积分守恒格式的差分格式和基于变分原理的差分格式一一进行了对比，发现在边界节点上其差分格式是一致的——它们正是后来“有限元”法得到的边界节点上的差分格式；对于内部节点的差分格式也进行了组合优化，形成了当时认为是最好的差分格式。以这些差分格式为基础，崔俊芝、王萼贤、赵静芳三人合作编制了另一个平面应力分析标准程序——109-乙计算机版本。借用这个程序，他们为多个不同类型的结构工程进行了平面应力分析。到了 1964 年的五一节，经过废寝忘食的攻关，刘家峡水坝计算的系统研究有了结果。至此，在冯康指挥下，“有限元”第一交响曲“实践”大获成功。

有限元

如果事情到此结束，中国独立完成的“有限元”研究与理论价值，或许将永远深埋在刘家峡水电站大坝的钢筋水泥之中，世界也不会知道冯康。冯康发现刘家峡水坝整个设计过程不简单，凭着他的世界性的“飞鸟”视野，有些东西值得总结、深入探讨并升华，而这件事情也必须由他完成。就像一个将军总揽一场战役，而这总结也只能由将军完成。