

# 银河亿次巨型计算机创新性研究

——以工程本质、决策及文化为中心

赵阳辉

(国防科学技术大学 人文与社会科学学院,长沙 410074)

**摘要:**工程创新是技术与非技术因素的综合集成与优化。本文以档案文献和访谈亲历者为基础,从工程本质、工程决策及工程文化层面,阐明银河亿次巨型计算机,本质上是计算机技术领域中的工程活动,是在“独立自主、自力更生与引进、吸收相结合”方针指导下自主实现的渐进性工程创新,是国家意志与团队价值相统一的工程创新。

**关键词:**银河亿次巨型计算机;工程哲学;工程创新

**中图分类号:**N031 **文献标识码:**A

长期以来,人们把推动人类社会进步的主要因素概括为科学创新和技术创新。但是,当我们试图对某些具体事例进行理论研究时,发现有相当一些事例如美国的“曼哈顿工程”、“阿波罗登月计划”、中国的“两弹工程”、银河亿次巨型计算机等难以归结为科学创新或技术创新。工程哲学的提出,为我们提供了一个新的视角对之进行研究,做出更合乎事实的评判。

由国防科技大学研制成功的银河亿次巨型计算机(以下简称银河-I或YH-I)于1983年12月通过国家鉴定,是中国第一台亿次巨型计算机。YH-I的创新性应该如何界定?笔者在系统研究YH-I档案、文献和访谈主要参与者的基础上,从工程哲学的视角对之进行探讨,在此与同仁商榷。

## 1 银河-I本质上是工程活动

技术是“以发明为核心的人类活动”,工程是“以建造为核心的人类活动”。<sup>[1]</sup>技术与工程的划分,关键在于如何界定“发明”。[英]德克斯(Henry Dircks,1806-1873)从科学技术的范畴指出,“发明”(invention)有三种不同的指称和含义:一是严格意义上的狭义发明,即真正具有新颖性、创造性、功效性和简单性的原始发明;二是作为被授予专利保护的发明,包括原始发明、改进和设计;三是广义的

发明,泛指创造新的事物,即应用于科学研究、教育和说明以及完全为了商业目的而建造的事物。<sup>[2]</sup>就科学、技术、工程“三元论”理论体系来说,技术应该被严格界定为原始发明,至多扩展到被授予专利保护的发明,而广义的发明,应划界为以建造为核心的工程范畴。

在这样一个理论框架下,笔者认为YH-I不是以发明为主的技术活动。因为YH-I不具技术发明必备的新颖性、原创性。世界上第一台亿次巨型机是美国克雷公司于1975年推出的CRAY-I。作为巨型机的主要性能指标时钟频率,CRAY-I为80 MHz,YH-I为20 MHz,是CRAY-I的四分之一。<sup>[3] 228,246,229</sup>不仅如此,自CRAY-I后的十年间,克雷公司相继推出CRAY-mp(1983年,运算速度4亿次/秒)、CRAY-2(1984年,运算速度8亿次/秒)和CRAY-3(1987年,运算速度比CRAY-2快5至10倍)。<sup>[4]</sup>显然,无论就其时间还是技术水平来说,YH-I均不在先。

事实上,YH-I最初就是作为一个工程立项的,代号“785工程”<sup>[3]238</sup>,即1978年5月立项。国防科委、七机部下达任务时明确其工程性:“亿次计算机的研制任务,工程艰巨,技术复杂,时间紧迫,要精心设计,精心组织,精心施工”。同年11月确定的《银河-I工程总体最终方案》明确指出,“银河-I……在总体结构上所采用的主要先进技术有……”

收稿日期:2012-03-10

基金项目:国防科技大学“十一五”教育教学研究课题《师承与机制:“银河-天河”计算机工程卓越人才培养机制研究》。

作者简介:赵阳辉(1957—),女,黑龙江哈尔滨市人,哲学硕士,国防科技大学副教授,主要研究方向:国防科技史、工程哲学,会员号:I010731037M。

(注意,这里说的是“采用”而不是发明,是“先进”而不是创新),强调“结构工艺对巨型机的性能有着重大影响,可成为机器研制成败的关键”,主要任务包括:合理的高密度组装、缩短机器连线,保证良好的高频信号传输特性和良好的散热性能等等。同时提出的《当前急待解决的四个问题》,均属于加工、生产及元器件、设备购买等方面的问题:“工程技术力量薄弱;机房扩建;四海厂<sup>①</sup>的表面处理车间、金反金车间的基建,关键工艺装备的订货;实验同生产急需从国外购买的元器件、敷铜板、插座、二级管等”。

1978年—1985年间的《785工程简报》,清楚地给出YH-I全过程各阶段的主要任务及时间进度,亦表明其工程的特征。

YH-I工程的构成、内容及进度表

工程结构	时间进度	主要内容
工程理念、决策	1975—1977	调研、预研、决策、立项 制定工程指导思想
工程规划	1978.8—1978.10	论证、修改、确定总体方案 工程准备
工程设计	1978.10—1979.1	分系统方案设计
	1979.2—1979.11	逻辑设计
	1979.2—1980.9	工程化设计
	1979.8—1982.12	软件系统研制
工程实施	1978.10—1980.3	模型机研制
	1980.5—1981.7	主机生产
	1981.7—1982.12 1983.1—1983.6	硬件系统调试 软件系统联调
工程考核验收	1983.4—1983.12	上机试算 国家技术考核、鉴定
工程运行	1985.	交用户使用

## 2 银河-I 是自主的渐进性的工程创新活动

YH-I 作为一项工程活动具有创新性吗?对此,国内学界、业界有着不同的评价:YH-I“采用的是进口集成电路,结构体系设计参考了美国 CRAY-I 设计思想”;<sup>[5]</sup> YH-I 在外观结构上与 CRAY-I 相似,是对 CRAY-I 的仿制、翻版;“这项工程耗费 1 亿元人民币<sup>②</sup>,片面追求国际最先进技术,忽视

了国内相关部门的协调、促进和合作,硬件大量从国外购买,没有使我国的整体技术取得任何实质性的进步”。<sup>[6]</sup>但是,国家鉴定委员会<sup>③</sup>指出:YH-I 是“我国自行研制的第一台亿次电子计算机系统,系统稳定可靠,软件较齐全,具有国内先进水平,某些方面达到了国际水平,填补了国内巨型计算机的空白,标志着我国进入了世界研制巨型机的行列”。<sup>[7][8][9]</sup>

对 YH-I 如此不同的评价,关键在于人们忽视了工程创新与技术创新的区别,忽视了工程创新的程度及分类。从理论上说,工程与技术的本质不同,创新的内涵也不尽相同。技术本质上是一种纯粹的发明行为,技术创新在一定意义上说就是技术发明,尤指原始发明。而工程是以建造为核心的实践活动,尤指创造新的事物,“工程的本质是创新”。<sup>[10]</sup>“工程创新是在工程理念、发展战略、工程决策、工程设计、施工技术和组织、生产运行优化等过程中,努力寻求和实现‘在一定边界条件下的集成和优化’”。<sup>[11]</sup>工程创新,在有些情况和条件下,需要有科学、技术上的“原创性”创新做支撑。这种“打破旧结构、再造新结构的过程”是“突破性”工程创新。但是,在不少情况下,工程创新并非必须有“原创性”发明即技术创新,技术革新、技术模仿、技术移植等技术上的“小创新、小革小改”也会导致“改型”、“换代”的工程创新,即“渐进性”工程创新。总之,工程创新主要取决于已有相关技术与非技术因素的综合、集成与优化,依据创新的“性质”和“程度”有突破性与渐进性创新之分。<sup>[12]38</sup>

YH-I、CRAY-I 作为不同境域、不同“边界条件”下的工程活动,其工业基础、技术水平、加工工艺以及发展战略、工程理念、指导思想、管理机制等均有众多不同,因而不能简单地得出“仿制、翻版”的结论。因为,“工程活动的实质和灵魂就是其所具有的唯一性和当时当地的独特个性”。<sup>[12]19</sup>

从工业基础上说,1945 年美国就有了现代意义上的电子计算机,而中国直到 1958 年才“有了”最初运算速度每秒 30 次的 103 机。<sup>[13]</sup>“直到六十年代初,中国几乎没有计算机工业”。<sup>[14]</sup>十年“文革”进一步拉大了中国与发达国家的差距。1975 年、1977 年,后任 YH-I 总设计师、总工程师的慈云桂(1917

① YH-I 加工生产的工厂——笔者注。

② YH-I 工程立项经费为 2 亿元人民币,实际使用不足四分之一,剩余经费上交国库——笔者注。

③ YH-I 国家鉴定委员会由包括中科院计算所高庆狮院士、核工业部邓稼先院士、总参某部金怡廉院士、华东计算所所长陈仁甫、华北计算所周锡麟等共 32 位中国著名计算机专家组成——笔者注。

—1990,1980年中国科学院学部委员)曾两次负责组织全国性调研,深知研制高性能计算机所需的集成电路、高精度接插件、高质量原材料和高性能设备,无论在品种、精度、性能还是可靠性上,远不能满足实际需要。因此,在当时很多人把研制设备的国产化程度放在首位,认为“国产化,就连每一个螺丝钉也得要中国制造的才行”<sup>[15]</sup>之时,他们就大胆提出“在坚持独立自主、自力更生方针的同时,尽量以当前国际先进水平为起点,积极采用先进技术、引进必要的技术设备为我所用”的工程指导思想。鉴于从国际市场购买“大陆货”的元器件,比国内研制生产既便宜又质量可靠,因此决定“凡是在中国不能买到或者质量不过关的元器件、原材料和设备,就设法暂时从外国引进”。选择元器件的品种和型号时,“尽可能与国内有关厂家正在研制的一致,便于今后可以在国内解决”。<sup>[3]235</sup>事实证明,这一指导思想,对于YH-I工程按时保质完成,具有决定意义。值得指出的是,考虑到工程的周期与成本,购买非核心部件是国际计算机工程领域的惯例,美国CRAY-I机的“大量部件甚至外围机等都是购买的”。<sup>[16]</sup>

从方案设计上看,YH-I虽然借鉴了CRAY-I的向量运算和流水线控制等技术思想以及圆柱体的外型。但这确实是一台由中国人根据当时的国情所设计出的与国际主流机兼容的亿次机计算机,其中不乏富有创造性的技术、思想方法和十分巧妙的逻辑设计。例如:创造性的设计出单处理机、双向量阵列结构的系统方案;素数模地址变换算法的提出,可克服双向量阵列访问主存储器导致的访问冲突;新的浮点倒数近似迭代算法,可节省器材五分之三,使流水线站由14位减至6位;容错技术;使主机在20MHZ主频下稳定工作的逻辑设计;硬件监测系统;<sup>[3]238-240</sup>软件测试法;自主研发的与CRAY-I兼容的YH-I软件系统,<sup>①</sup>在极其严格的国家技术鉴定中没有发生一个错误,达到或超过了预定设计目标<sup>②</sup>,等等。YH-I主机的主要设计人周兴铭(1938—,1995年中科院院士)指出:“实事求是地说,银河-I是我们自主设计、自主研制出来的,但不能说是完全自主创新的。我们在学术上吸收了CARY-I的思想,但这和翻版不是同一个概念。因为科学思想本身是没有国界的,科学是在继承的基础上发展起来的”。<sup>[17]</sup>

尽管YH-I在技术上并不完全是自主创新的,但它作为“渐进性”工程创新的实例,使中国的巨型计算机从无到有,打破了西方国家的技术封锁,为国民经济和国防科学技术事业的发展作出了重大贡献。2010年,当国防科技大学银河工程团队自主研制的高性能计算机“天河-I”二期系统,部分采用中国自主研制的“飞腾—1000”CPU芯片,以峰值速度4700万亿次/秒在第36届世界超级计算机TOP500强排名第一时,<sup>[18]</sup>美国总统奥巴马也不得不承认:“中国现在又有了世界上最快的超级计算机,而这个领域的第一,在以前通常是我们”。事实表明,YH-I作为“渐进性”工程创新,其“独立自主自力更生与引进吸收相结合”的工程指导思想,并没有制约中国计算机工业的发展,而是通过积累效应把中国巨型计算机事业推向了世界前列。

### 3 银河-I 是国家意志与团队价值相统一的工程创新活动

不同背景、不同类型的工程,具有不同的创新特点和创新形式。YH-I作为特定时代、境域、工业基础和技术条件下的工程,其决策、立项和研制过程都独具特色,充分体现出工程策略和工程文化上的创新。

YH-I工程决策是在中国最高领导层高度重视与参与下做出的,集中体现了国家的迫切需求、坚定意志及工程价值。高性能计算机与国家安全、国家利益紧密相关,是国家综合实力的直接体现,极具国防军事价值。上世纪五十年代制定《十二年科学技术发展规划(1956—1967)》时,国家就将计算机列为四项紧急发展技术之一。20世纪60年代,华东计算所研制的J-501机(5万次/秒,1964年)、中科院计算所研制的“109乙机(9万次/秒,1965年)和109丙机(11.5万次/秒)在我国原子弹和氢弹试验中发挥了重要作用”,<sup>[19][20]</sup>大大提升中国的国防实力。高性能计算机技术事关国家安全,使得发达国家将其视为“军备竞赛的基本要素”,“不应让这种计算机输出到任何国家”,即便是国民经济领域的应用,也只能在其监督下高价租用。为打破西方对中国的技术封锁,发展国防科技与国民经济建设,中国必须坚定不移地走自主创新之路。陈芳允、王淦昌、

① 赵阳辉对孟庆余电话访谈,2011年12月20日。孟庆余.银河精神的起点——回忆银河-I软件系统研制过程。<sup>[15]</sup>103—104

② 赵阳辉对谈正信的访谈,2010年5月21日,上海。

王大珩、任新民、庄逢甘、程开甲等院士，都从不同角度指出研制巨型机的重大意义及紧迫性，钱学森更是明确指出：“现在搞不搞巨型机和当年搞不搞两弹一样重要”。

YH-I 是智慧、策略与胆识的完美结合。“工程创新成功与否，关键在于创新者的策略”。<sup>〔12〕33</sup> 巨型机立项过程充满挑战与激烈竞争，长沙工学院<sup>①</sup>最终志在必得，与国防科委的运筹帷幄和技术专家的智慧、胆识分不开。早在 1970 年 11 月，中科院计算所就曾上马过代号“723”的亿次计算机工程。<sup>〔21〕202</sup> 1972 年秋，受国防科委委托，长沙工学院计算机研究所也曾建议将巨型计算机列入国家重点工程项目。1975 年、1977 年，根据国防科委主任张爱萍的指示，慈云桂负责组织了包括高庆狮（1934—2011，1980 年中国科学院学部委员）在内的数十名国内计算机知名专家，就巨型机的需求、计算机工业发展状况、元器件质量和外部设备的生产情况等进行过两次全国性调研。在此基础上，1977 年 11 月 14 日国防科委向中共中央呈报了《关于研制巨型电子计算机事》的请示报告，明确提出由长沙工学院开展巨型机的研制工作，统一组织全国有关研制生产力量协作，力争用 2 亿元、在 1983 年左右完成研制工作。报告经国防科委领导张爱萍签发后，上报叶剑英副主席并报中央专委，邓小平于 11 月 26 日批示“拟同意”。就在 1977 年 12 月 20 日张爱萍邀请国内相关单位传达、落实中央批示的会议上，中科院、四机部以及北京、上海、江苏、黑龙江电子系统等单位都提出要搞亿次巨型机。随后，中科院成立了巨型计算机工程指挥部，拟由中科院计算技术研究所承担研制任务，并于 1978 年初提出巨型机总体方案。<sup>〔21〕204、206</sup> 与此同时，四机部于 1978 年 1 月 5 日提出的《关于统筹安排亿次计算机研制任务的报告》得到王震副总理的批复，邓小平做了“必须集中力量打歼灭战”的重要批示。国防科委在深入分析中央指示精神、了解各方情况后，于 2 月 19 日再次向邓小平、王震、罗瑞卿和方毅提呈报告，着重陈述力推长沙工学院承担任务的理由：中科院计算所承担的 757 千万次机、四机部华东所承担的二千万次机都正在进行中；长沙工学院有百万次机研制经验，在两次全国调研基础上已开始巨型机的预研；长沙工学

院作为教学单位，可同步培养使用、维护巨型机的专业技术人员；进口元器件所需外汇已经获国家计委批准，正洽商采购，等等。立项竞争进入“白热化”阶段。时任副总参谋长的王诤“权衡”各方情况，赞同国防科委的建议。经多方斡旋，王震在接到国防科委 2 月 19 日的报告后，改请四机部协同配合长沙工学院研制巨型机。罗瑞卿则指示必须坚持“集中精力打歼灭战”的方针。1978 年 3 月 4 日，邓小平最后拍板，决定将亿次计算机的任务交给国防科委，责成长沙工学院完成，并指出：大的计算机都应该由国家来控制，全面规划，要打歼灭战。什么时候完成，长沙工学院要签字。张爱萍立下军令状，慈云桂则立下誓言：“我刚好 60 岁，就是豁出这条老命，也要把我国巨型机搞出来！”<sup>②</sup>

YH-I 工程催生出以银河精神为核心的工程文化。YH-I 立项时，长沙工学院只有研制百万次机的经验，跨过千万次直奔亿次，技术难度、工程的艰巨性可想而知。长沙工学院计算机研究所作为高等院校中的一个系级单位，与当时中科院计算所、华北计算所、华东计算所等计算机“国家队”相比，在技术力量、建制规模和研发条件等方面均不占优势。<sup>③</sup> 然而，长沙工学院抓住机遇最终得以立项，除有国防科委的坚强领导外，与他们长期为国防和军队现代化建设做出的贡献分不开。自 1958 年以来，他们先后研制出的中国第一台军用电子管计算机 901 机、最早的国产晶体管通用计算机 441B、百万次大型计算机 151-3/4，以其技术先进、质量稳定可靠赢得包括国防科研单位在内的用户信任，在中国计算机领域逐渐拥有一席之地。与此同时，银河工程团队历经五十多年逐步形成的献身国防的坚定信念，艰苦奋斗的优良传统，团结协作、严格严谨的工作作风，以及拼搏进取、勇于创新的精神，最终凝练成“银河精神”——胸怀祖国、团结协作、奋勇拼搏、志在高峰。这是银河工程团队的核心价值观，是工程创新不可或缺的重要基石。

## 结 论

通过对银河亿次巨型机工程案例的分析，进一

① 长沙工学院系国防科技大学前身。1953 年成立的哈尔滨军事工程学院，其主体于 1970 年南迁长沙，更名为长沙工学院，1978 年改建国防科技大学。

② 慈林林. 隆重纪念慈云桂诞辰 95 周年暨慈云桂铜像揭幕仪式上的讲话. 2012 年 4 月 5 日于长沙国防科技大学。

③ 赵阳辉对周兴铭的采访. 2003 年 10 月 23 日，长沙。

步阐明了技术、技术创新与工程创新之间的相互关系。在科学、技术、工程“三元论”体系下,技术是工程创新的充要条件,没有无技术的工程。技术创新的实质是做出原创性的发明。突破性或革命性的工程创新离不开技术创新。但对于渐进性或积累性的工程创新来说,技术创新并非充要条件。工程创新更强调的是技术与非技术因素的综合、集成与优化。这种综合、集成优化达到一定水平,有可能使“渐进性”工程创新达成突破性工程创新的效果。工程理念、工程决策、工程文化等反映政治、经济、军事、文化等非技术因素,有时可以成为工程创新的重要因素甚至决定因素。

### 参考文献

- [1] 李伯聪. 工程哲学引论[M]. 郑州:大象出版社,2002:5.
- [2] 夏保华. 论德克斯的发明哲学思想[J]. 自然辩证法研究, 2011(3):54.
- [3] 胡守仁. 计算机技术发展史(二)[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2006.
- [4] 张凤雏. 巨型计算机先驱——克雷博士[N]. 中国电脑教育报,1999-6-30.
- [5] 刘益东,李根群. 中国计算机产业发展之研究[M]. 济南:山东教育出版社,2006:114.
- [6] 左克. 中国计算机事业发展的历史回顾. <http://www.wyzxx.com/Article/Class14/200609/10146.html>.
- [7] “银河”巨型计算机系统通过鉴定[N]. 人民日报. 1983-12-22.
- [8] 我国第一台亿次计算机研制成功[N]. 光明日报,1983-12-22.
- [9] 第一台“银河”亿次巨型电子计算机诞生[N]. 解放军报, 1983-12-22.
- [10] 方克定. 关于工程创新和工程哲学[A]. 殷瑞玉. 工程与哲学[C]. 北京:北京理工大学出版社,2007:71.
- [11] 殷瑞钰,等. 工程哲学[M]. 北京:高等教育出版社,2007:22.
- [12] 李伯聪,等. 工程创新:突破壁垒和躲避陷阱[M]. 杭州:浙江大学出版社,2010.
- [13] 董光璧. 中国近现代科学技术史[M]. 长沙:湖南教育出版社,1995:1376.
- [14] 法新社. 中国电子计算机工业发展很快[N]. 参考消息, 1983-12-24.
- [15] 黄克勋. 往事难忘——记银河巨型机引进设备的一些片断[A]. 纪念“银河-1”研制成功二十周年文集[C]. 国防科技大学计算机学院政治部,2003:129.
- [16] F. Raskett, T. W. Keller. 梅协英,译. 对 CRAY-1 计算机的评价[J]. 计算机研究与发展,1979(2):1.
- [17] 周兴铭,赵阳辉,慈云桂与中国银河机研究群体的发展历程[J]. 中国科技史杂志,2005(1):43.
- [18] “天河一号”运算速度创纪录[N]. 人民日报. 2010-10-29.
- [19] 郭书文. 回顾三十年建所情况[A]. 华东计算技术研究所三十年(1958-1988)[C],1988:8.
- [20] 梁吟藻. 回顾过去,展望未来[A]. 中国科学院计算所编. 中国科学院计算技术研究所三十年(1956-1986)[C]. 1986:99.
- [21] 陈仁庆. 计算技术研究所大事记(1956-1985)[A]. 中国科学院计算技术研究所三十年(1956-1986)[C],1986.

## Study of the Innovation Type of Yinhe-I Supercomputer

—Centred at Engineering Nature, Decision-making, and Culture

ZHAO Yang-hui

(School of Humanities and Social Science, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410074, China)

**Abstract:** Engineering innovation is the integration and optimization of technological factors and non-technological factors. This paper is based on archived documents and interviewing veterans, illustrated, from three aspects: engineering development, engineering decision-making, and engineering culture, that the Yinhe-I supercomputer project is by itself an engineering activity in the field of computer science, but also a progressive engineering innovation under the policy of “Independent research in combination with imported technology”, and further, an engineering innovation under the unity of the state will and the team values.

**Key words:** Yinhe-I Supercomputer; Engineering Philosophy; Engineering Innovation.

(本文责任编辑 刘孝廷)