

20 世纪我国自然科学基础研究的艰辛历程*

郝柏林[†]

(复旦大学理论生命科学研究中心 上海 200433 ;中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

摘要 中国传统文化中没有现代意义的自然科学基础研究. 起步甚晚的研究工作又受到急功近利、科技混谈的政策影响, 多年在似曾相识的压力下挣扎. 时至今日, 我国自然科学基础研究在某些方面还没有摆脱半殖民地的心理状态, 严重影响着我国工业早日立足于自己坚实的创新成果. 作为曾以一半科学生涯从事应用研究、并且始终坚持在第一线的自然科学基础研究工作者, 作者以亲身所历, 列举事实分析共和国成立半个多世纪以来基础研究政策的得失, 以及目前仍然存在的弊病, 为今后的科学史研究存照. 将特别着重回顾近 20 多年来, 第一线科学工作者和科技政策制定者、执行者之间的认识差距, 以及这些差距的历史文化根源.

Hard route for basic research in natural science in 20th century China

HAO Bai-Lin[†]

(*T-Life Research Center, Fudan University, Shanghai 200433; Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080*)

几百年的闭关自锁早被帝国主义打碎. 沉重的内忧外患由多少代仁人志士抛头颅、洒热血排解. 中华民族终于要在政治单极化阴影笼罩下的经济全球化环境中崛起. 经历 15 年谈判加入基本上已由先入者制定了游戏规则的世界贸易组织, 带着背水而战、志在必得的豪情. 我国民族工业多么需要建立在自主知识产权基础上的支柱产业! 我国自然科学多么需要对人类历史发展作出真正的创新贡献! 然而, 为何多年来我国自然科学基础研究在种种“重视”、“稳定”的提法下举步维艰, 许多深层次的问题令人担忧?

首先, 本文论及的自然科学基础研究, 是指那些以认识世界、发现自然规律和解释自然现象为首要任务的科学研究. 这包括了数学、物理学、天文学、基础化学、基础生物学、基础地球和空间科学等. 这是包含实验在内的“理论科学”. 1883 年恩格斯在马克思墓前演说中有如下一段话: “在马克思看来, 科学是一种在历史上起推动作用的革命的力量. 任何一门理论科学中的每一个新发现, 即使它的实际应用甚至还无法预见, 都使马克思感到衷心喜悦. 但是当有了立即会对工业、对一般历史发展产生革命影

响的发现的时候, 他的喜悦就完全不同了. 例如, 他曾经密切地注意电学方面各种发现.”^[1]

可见马克思对理论科学的态度, 是两个喜悦. 我们有一些科学事业的负责人士, 对理论科学的态度却是“一个喜悦”, 或“一个喜悦, 一个不喜悦”. 就此一点而言, 他们不是马克思主义者. 抛开“顺风保官”等不必涉及的因素, 这里有文化和历史的根源. 中国传统文化中没有现代意义的自然科学基础研究. 指出这一根源, 是希望科学技术政策的制定者和执行者们对人民负责、对未来负责, 比一般政府工作人员更自觉地跳出文化历史的局限.

中国有长期不重视对自然现象的研究和把科学与技术混为一谈、以技术涵盖科学、以技术代替科学的历史传统. 两千多年前, 太史公抱怨“文史星历,

* 经作者和《自然辩证法研究》编辑者同意, 转载于自然辩证研究 2002 8 1—5

作者简介 郝柏林 (1934—), 北京人, 中国科学院院士 (1980), 第三世界科学院院士 (1995). 从事理论物理、计算物理、非线性科学和理论生命科学研究

[†] E-mail hao@itp.ac.cn

近乎卜祝之间,固倡优所属,流俗所轻,主上所戏弄者也”(《报任少卿书》)。其实,司马迁所说文史星历,几乎概括了当时全部自然科学和社会科学。我们一向引以为荣的四大发明,指南针、火药、造纸和活字印刷,都是技术。世界各民族的早期发明均属技术,但我们后来也没有提出可能由四大发明引发的科学问题。地磁、磁场乃至燃烧和爆炸的化学与物理,都与中国无缘。对磁石吸铁的解释,限于“磁者慈也”的泛论。磁偏角的发现,其实是记录事实。沈括有科学态度,提出过问题:“磁石之指南,犹柏之指西,莫可原其理”(《梦溪笔谈》)。说起记录,中国确实与众不同。自鲁文公14年(公元前613年)到1910年,34次哈雷慧星回归,中国有31次记录夹杂在360多次慧星记录中。然而,中国人从未提出慧星运行轨道问题,更没有发现这原来是同一颗慧星。

与此相应,中国也没有自然哲学的历史。孔孟学说基本上是统治者处理相互关系和如何对付人民的准则,即现在所谓“人际关系学”。他们特别是他们的追随鼓吹者,从来不研究大自然以及人同自然的关系。墨子想过一点自然规律的问题(杠杆原理、凸镜和凹镜的成像等等),他更关心的仍是手工技术,也想为统治者出些主意。老子“天地不仁,以万物为刍狗”的思想,并未在后世导致物竞天择的进化理论。虽然他也为统治者出过“无为而治”的馊主意¹⁾,可也讲过“圣人不仁,以百姓为刍狗”的怪话,结果还是骑青牛西去,不知所终。庄子虽更富哲学韵味,但科学性更少,他留下一个疯疯癫癫的形象和一些更重思辨而缺乏具体分析的故事。

中国使用了图像化的文字,而没有采用基于有限个字母的符号系统。这不利于简捷地定量地表达客观规律,可能是限制了自然科学发展的一种技术性的原因。古代中国数学体系以解决具体问题为中心,而不强调证明。然而,一千多年科举考试中没有涉及自然科学的内容,更是比今日“高考”强大得多的指挥棒,决定了整个教育体系及其内容。教育界的高层领导根本不懂科学²⁾。“文章千古事,得失寸心知。”多少代优秀的知识分子把毕生精力消耗在遣词造句的文字游戏中,使我们这个民族浪费了多少大脑资源!19世纪末20世纪初到国外深造的知识分子,在列强欺辱的背景下必然以掌握技术、振兴实业、富国强兵为主流。部分研习自然科学者,归国后对于我国第一批现代大学和研究机构的建立,起了不可磨灭的作用。

李约瑟的巨著,英文原名直译是《中国的科学

与文明》。中文书名却成了《中国科学技术史》。去掉了“文明”,加上了“技术”,恰好反映出科学技术混为一谈、以技术涵盖科学的传统。19世纪“中学为体,西学为用”的主张,前些年知识分子政策中的“用其一技之长”,强调的也都是技术。邹承鲁曾在美国《科学》周刊撰文^[2],说中国有一个词叫“科技”(SciTech),主要甚至全部指技术,很少指科学,其意想亦在此。

总之,现代自然科学研究在我国起步甚晚。1915年一批年轻学者倡议成立中国科学社和发行《科学》杂志,是在这片土地上自主从事现代自然科学研究的开端。20世纪20年代中华医学会的一些学术刊物问世。1928和1929年先后成立了国家级的中央研究院和北平研究院。1935年国民党政府通过建立博士学位制度,但从未实行。

起步甚晚的自然科学研究工作又受到急功近利、科技混谈的政策影响,多次在似曾相识的压力下挣扎。其实,不同时期政策要求的相似性,跨越了意识形态和政权更迭的差异,反映了历史文化传统的沉重束缚。1943年中央和北平两研究院的副院长李书华应商务印书馆王云五之邀,组织编写了《科学概论》一书。其中钱临照撰写的《物理学篇》结尾处云:“物理学之研究,初非以谋实用为唯一鹄的也。然其研究之结果,在今日应用之广,实无其匹,富国利民之例,岂胜枚举。若日务汲汲于事功之较量,何者宜加以奖励,何者直加以限制,则实为舍本求末。吾人期期以为不可也。”这段文字,翻译成白话,难道不会在今天引起共鸣^[3]?

1953年朝鲜停战之后,中国第一次有可能在较为稳定的环境中全力从事经济建设。当时工业部门的研究力量几乎等于零,中国科学院的许多研究所都为工业部门解决过大量实际问题。以物理研究所(1950年代初曾经称为应用物理研究所)为例,它承担过的任务包括:为黑龙江阿城仪表厂解决铝镍钴永磁合金浇铸余料的再利用问题,为鞍山钢铁公司解决延长耐火材料寿命问题,为建筑部门研究加速水泥凝固的方法,为飞机制造工业研究铝合金相图,为电机工业研制单取向和双取向硅钢片,等等。这些工作多数都没有总结成学术论文,留下来的完

1) 老子“无为而治”的原文是“夫圣人之治也,使民实其腹,虚其心,强其体,使民无知无为,使其知者不敢为。为无为,则无不为矣。”真个狠毒!

2) 祖冲之“所著之书,名为缀术,学官莫能究其深奥,是故废而不理。”见长孙无忌《隋书》,第16卷。

整记录很少。前辈理论物理学家彭桓武为冶金部提出的连续轧钢中的钢锭冷却速度,专门解决了一个热传导问题。这篇文章30多年以后才发表在庆祝周培源先生80寿辰的文集中,可算是一个特例。总之,当时科学工作者们投身思想改造和经济建设,并没有十分强调自然科学基础研究的意义。1956年制定的12年科学技术发展规划,也没有把基础研究置于特别地位。这是符合当时的国情、国力的。

周恩来在1956年1月的知识分子工作会议上说:“在过去几年中间,我国的各种工作都在开始,我们在目前需要和技术工作方面多投一些力量,而对于长远需要和理论工作方面注意比较少,这是难免的,也是可以理解的。但是到了现在,如果我们还不及及时地加强对于长远需要和理论工作的注意,那么,我们就要犯很大的错误。没有一定的理论科学的研究作基础,技术上就不可能有根本性质的进步和革新。但是理论力量的生长,总是要比技术力量的生长慢一些,而理论工作的效果一般也是间接的,不容易一下就看出来。正因为这样,有许多同志现在还有一种近视的倾向,他们不肯在科学研究方面拿出必要的力量,并且经常要求科学家给他们解决比较简单的技术应用和生产操作方面的问题。当然,理论决不可脱离实际,但是目前的主要倾向,却是对于理论研究的忽视。”^[4]周恩来曾是何等清醒啊!然而,此后46年间,近视的倾向、简单的要求,何曾稍减。从积极的方面回顾,三年大跃进(1957—1960)中发生的许多事情,在外国人和后人看来,近乎荒唐,却也反映着我们对于工业化、现代化的强烈愿望。毕竟中国科学院的规模是在那些年代奠定的,电子学、半导体、自动化、计算机的发展是从那时开始。

前苏联撕毁协议、撤退专家,中国人民发“愤”图强,自力更生。三年困难时期(1960—1962),国防科研战线的无名英雄们饿着肚子坚持工作,创造出使中华民族扬眉吐气的丰功伟绩。那不是我国科学事业的黄金时代,却永远作为一个英雄时代记入史册。中国科学院的许多研究所,直接、间接地参与国防研究,为国防科研机构的建立输送人才和技术。张劲夫的长文“请历史记住他们——关于中国科学院与‘两弹一星’的回忆”^[5],是那一时期的生动写照。

到20世纪60年代中期,经历了支持经济建设和国防建设的我国自然科学,确实到了应当作加大纵深的战略调整的时刻。然而,十年“文化革命”(1966—1976)不仅耽误了时机,还对本来就很薄弱的自然科学基础研究进行了全面冲击。看一看这后面的“社会舆

论”是颇富教益的。我国理论物理研究在“文革”期间的经历,正好用以典型地说明传统的理论实践观的作用。理论物理研究可以粗略地划分为四个领域:粒子和场、原子核理论、凝聚态和统计物理、天体和引力。粒子物理研究由于毛泽东主席1964年同坂田昌一谈话中所表现的重视以及与“一分为二”哲学命题的关系,得以保存队伍,并以1970年代初杨振宁、李政道相继访华和1973年高能物理代表团访美为契机,有所复苏。核物理因为有国防背景和“核参数”任务的要求,基本维持原状,还得以在“工农兵大学生”中要求一定的培养数目。凝聚态和统计物理是四个领域中最接近实际的,却从哈尔滨到广州,全部解散改行。正是因为接近实际,自认为有发言权的批评家也多。中国科学院军代表向越南科委主任介绍物理所情况时说:“从前有一个理论研究室,理论脱离实际的典型,解散了!”与此成为鲜明对照,最为“好高骛远”、“不食人间烟火”的天体和引力理论,在此期间有所壮大,那原因却也是理论联系实际。我国一些优秀的数学家转入这一领域,对“军宣队”这是联系物理实际,他们仍然可以作一点现代微分几何,同时训练了一些年轻人。工厂技术员到车间当工人,实验物理工作者下厂作技术员,理论物理人员去作实验,数学家来搞理论物理。这发生在“弯曲时空”中的“平移”,使许多人联系了“实际”。

1985年3月全国科技工作会议上,当时的一位领导的报告中说:“……改革科技体制,就是要动员千军万马上山摘桃子。千军万马,是指整个科技界、知识界”;“摘什么桃子?大桃子小桃子都要。”^[6]就拿桃子作比喻,从选种育苗、灌溉施肥讲起,恰好说明科学的作用。不过在那位演讲人看来,科学技术成果已是漫山遍野的桃子,科学技术界视而不见或不愿采摘,要加以动员。这里涉及到对中国科学工作者的基本估计。其实,1976年初中国科学院“小四人帮”向上级汇报时,就说过“最难办的是那一批红帽子”,指的是那些时而被誉为“又红又专”、时而被批成“修正主义苗子”的中青年业务骨干。1985年科技界某领导说:“基本上不能指望现在中年以上的这些科技人员了。”后来还有过“就是要叫科学院坐不住!”科学院再不改,要考虑易地重建”等种种提法。中国知识分子的主流,特别是科学工作者,始终以国家兴亡、民族振兴为己任。20世纪的中国,何曾有过供知识分子偏安的“象牙之塔”。绝大多数中国科学工作者关心着经济建设和国防建设,并且为民富国强作出了贡献。

我国目前经济繁荣的背后,存在着不少深层次的

问题.其中一部分就涉及到自然科学基础研究.完成人类基因组1%和水稻全基因组的测序,确是值得称道的成绩.同时要清醒看到,所用的自动测序机器全系舶来,还不必提及所用原理.研制出每秒万亿次以上浮点运算的大型并行处理系统,当然是重大科研成果.然而,也不要忘记关键芯片仍靠进口.技术引进,可以加速起步.然而,邯郸学步、履人后尘,总难以真正技超群雄;“领导世界新潮流”.只有深厚、广泛而持续的基础研究才能孕育出异军突起的技术革命,建立起自己的支柱产业.像中国这样的大国,更不能靠别人的基础研究来实现自己的技术创新.

一些自然科学研究机构的领导,提到基础研究时好像总是心虚理亏.于是想出什么“应用基础”、“基础性研究”等糊涂概念来避嫌.科技部在这方面已经有了进步,终于设了一个基础研究司.不过,国家重点基础研究计划中真正的自然科学基础研究项目甚少.基础研究政策方面还有不少似是而非的提法.有人要“把竞争机制引入基础研究”,一听之下就明白他那里其实还没有作过真正的基础研究.须知自然科学基础研究从来处于尖锐的国际竞争之中.基础研究无“国内首创”.即使在过去我国封闭孤立的年代,一篇论文如被审稿人指出,其主要结论已见于国外某杂志,就不能发表.

有人说,“竞争”是指获取研究经费.工程项目可以也应当竞争投标,真正的自然科学基础研究不能这样做.其实,自然科学基础研究的资助原则很简单:只要过去5到10年有国际同行承认的科学贡献(在重要刊物上发表论文和综述、在境外召开的国际学术会议上作邀请报告、用国际通用的语言发表专著等,这都是要基于本人的创新结果的),就可以继续支持5年而不问其下一步作什么.这样作是否对年轻人不利?刚起步的年轻人要在活跃的研究集体里冒出来.一般说来,优秀青年在博士生和博士后期间就会作出杰出的成绩,待到独立申请课题时早有5年以上的成果可查.此外,还有专门资助杰出青年学者的各种基金.我国自然科学基金委是做得比较好的一个资助单位.不过,谁要是老老实实按基金申请书中所填“立论依据”、“研究方案”开展研究,就注定不可能有原始创新.

“基础研究要有国家目标”是堂皇而正确的提法.问题在于由谁来规定这个“国家目标”.一位年轻的管理干部曾对我说,你现在从事理论生命科学研究就是符合“国家目标”的.他不知道,早在1985年在非线性科学和复杂性问题上干得正欢时,我参

加了中国科学院生物学部关于生物学发展战略的常委扩大会.此后就开始思考和准备向更为非线性、更为复杂的生命系统作战略进军.从1991年以来,我所在的研究组就不断学习生物学基本知识,为此还自己购买了一批原版书籍.1994年理论物理研究所计算机局部网与国际互联网接通,网上生物学资源就成为注意对象.1997年寄出《实用符号动力学与混沌》英文专著书稿后,全力以赴作生物问题.现在才进入第5个年头,其实还没有入门.怎么能作到一旦“国家目标”下达,三年之内就出成果呢?

“管理出效益”,是搬到自然科学基础研究领域的另一种错误概念.生产企业、工程项目、技术攻关,理应加强管理.不恰当的“管理”,正在妨碍我国自然科学基础研究的根本进步.应当撤消一批管理和评估机构,解放生产力.特别要让大批年轻有为的学者“沉”下去做事,而不是“浮”起来当“官”,去妨碍别人安心钻研.

科学管理部门忙于改组机构、评议课题,却很少对科学研究的支撑体系(外国所谓 infrastructure 的重要成分)下功夫.仅以中国科学院图书馆为例,它的读者范围远远超出基础研究.1980年订阅原版期刊5377种,买原版书7245种.到了1991年原版刊数砍到1277种,购入原版书降到642种.11年间平均期刊订阅价上涨8.6倍,平均书价上涨14.4倍,而该馆图书经费只增加了82%.多少高等学校图书馆停书保刊,还越保越少.我国加入WTO,影印书刊全面停止,究竟增加了多少图书拨款以兹补偿?有些领导强调国际互联网上有大量在线期刊资料,却不提大多数有用信息乃有偿服务.全球同行中,很少有人像不少中国教授那样,不敢放手让学生上网,就是因为计算机网络收费不在高处统一解决,而是往下层层加码.学界多次呼吁,陋规至今未改.

还有过一些为不重视基础研究作论证的“理论”.日本不搞基础研究,技术照样上去的说法,既不符合历史事实,也早被日本学者批评;且不提日本几十年由美国大兵站岗、从朝鲜和越南两场战争发大财等中国根本不可比拟的环境.英国得过那么多诺贝尔奖,经济却上不去,根本不分析百年来全球政治经济格局巨变中“日不落帝国”衰落的历史必然.前些年还有过学习“匈牙利模式”、“苏联模式”、“波兰模式”、“南斯拉夫模式”的种种议论,惟独没有中国模式.结果这些洋“模式”全都自己倒台.我们还得走自己的路.

“科学转化为技术的速度越来越快”,一本发行

量很大的书^[7]里举了不少例子来支持这一论点. 第一例“1983年发现电机原理, 1882年发现发电机”, 相隔51年. 且不论其时间和事实错误. 后面“1948年发明半导体, 1954年生产出半导体收音机”, 间隔仅6年. 下面的半导体年谱中仅仅列举了一些最重要的历史事实, 还没有说到半导体收音机, 跨度已超过130年.

半导体年谱

年份	事实
1811	发现硅
1850	发现温度上升时硫化银电阻下降, 半导体的特征
1874	发现金属与硫化物接触处的整流效应
1883	制成第一个硒整流器
1886	发现锗
1900前后	矿石检波器广泛用于无线电接收机
1911	制成硅检波器
1928—1940	量子理论解释固体
1936	贝尔实验室开始研究半导体理论
1945	贝尔实验室成立固体研究室
1947	贝尔实验室发明点接触晶体管
1950	贝尔实验室发明结型晶体管, 最终导致大规模集成电路的硅平面工艺

事实上, 还有一些人们抱有很大希望的科学技术领域; 向技术的转化”迟迟未能发生. 1911年发现超导, 1957年才有正确的理论解释. 1986年发现高温超导体, 被许多国家的科技管理部门视为“金娃娃”, 投入大量人力物力, 结果金娃娃至今尚未出世. 90多年来, 超导现象虽然有了一些精巧的应用, 但远没有达到人们多次预期的工业规模. 受控核聚变, 从1919年的理论推断, 经过1930年代的氘气和氚气放热实验、1950年代的氢弹爆炸(这也是一种受控反应!)到前苏联认识到其困难, 于1956年公开促成东西方的合作研究, 反应堆至今尚未建成. 有人估计实用型的装置要到2050年才可能问世. 这里还没有提及化学电池200多年来的缓慢进展, 至今限制着便携电子设备的轻型化. 无视科学的客观发展规律, 用过分简化的“加速论”来指导科学政策, 不仅会误导干部, 而且正是急功近利的认识根源之一.

目前广泛存在于学术界中的浮躁情绪、泡沫科学乃至学术风气问题, 在相当程度上是由急功近利的政策所引发. 一些管理科学技术事业的负责人士, 总希望在自己的任期之内见到成绩; 掌管经济预算的部门要听见金元宝落水的“响声”. 自然科学基础

研究要有队伍、有物质条件, 还要有时间积累, 才能“于无声处听惊雷”. 共和国成立50多年了, 从生孩子、抓教育做起, 足以培育出两三代基础研究人才. 提法不断更新, 实质上总不敢在基础研究领域旗帜鲜明地放开步伐的科学政策, 已经使我们浪费了太多的时间.

还应当指出, 我国自然科学基础研究的许多方面, 还未能摆脱一种半殖民地的心理状态. 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课题, 却学会了美国“老板”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, 国内同行只能偶尔从国外访问者口中了解一二. 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.

我国在SCI收录的论文总数世界排名, 已经由1995年的第15位上升到2000年的第8位. 然而, 这里面有多少高影响力的文章呢? 2000年, 发布SCI的美国科学信息研究所作了一项统计, 它把1981到1998年发表的论文分为22个领域, 每个领域内部比较, 用计算机挑选出200篇“高影响论文”. 扣除重复后, 总计有76998篇文章入围. 这些文章中213篇至少有一个作者的工作单位在中国大陆, 占0.27%, 即不到千分之三. 有47篇论文的全部作者的工作单位都在中国大陆, 占0.061%, 即略高于万分之六. 这些数字同论文总数呈尖锐对照. 其实, 大量发表低质量的论文乃是人力和物力的浪费, 却给某些科技界领导带来良好的自我感觉.

现在各方面都在强调“原始创新”. 原始创新从哪里来? 科学家同工人、农民一样, 每天都要老老实实地劳动. 没有持续不断的刻苦钻研, 何来创新灵感? 从1960到1980, 我们曾一直强调要保证科技人员每周有六分之五的业务时间. 那是针对过多的政治运动和劳动. 现在应当在新的意义下再次强调“六分之五”, 把科学工作者从论证、检查、评估、考核等无休无止的非科学活动中解脱出来. 我们这个国家, 如果能少一些不作研究的“研究员”, 不讲课的“教授”, 不从事科学的科学院“院士”, 少一些把学生交给“保姆”而自己实际上不予过问的“博士生导师”, 则科学幸甚!

科学和技术不是一回事. 只抓技术, 不促科学, 是竭泽而渔. 从科学到技术, 从基础到应用, 中间需要多少次接力、传递、反馈, 有大量的中间环节. 应用研究确实是我国目前情况下最需要大量人去作的事情. 它决不可能由一个人、一个单位去“一杆子插到

底”。只有重视和保护相对少数的基础研究,才能从事基础到应用到产品的广大中间地带研究和开发的人们,专心致志地工作。几十年来的经验一再说明,凡是过分强调应用、冲击基础的时期(而这样的时期太多了),首当其冲的正是最需要人的中间地带,而并不完全是纯基础研究。多数人转去谋求经济效益,少数人撤到更为基础的领域,或者滞留国外,最需要人的中间地带反而成为无人缺人地段。这是我们从建国以来的多次反复中总结出来的重要教训,希望在新的世纪,能作得好一些。

参 考 文 献

[1] 恩格斯. 在马克思葬仪上的演说. 马恩全集(第 19 卷)
 [2] Science, 1998, 280, 528—529
 [3] 李书华等. 科学概论. 重庆商务印书馆, 1945. 133
 [4] 周恩来选集(下册), 183—184
 [5] 张劲夫. 科学时报, 1999, 1532
 [6] 关于科学技术体制改革的文件. 人民出版社, 1985. 22, 24
 [7] 现代科学技术基础知识(干部必读). 科学出版社、中共中央党校出版社, 1996



· 物理新闻与动态 ·

指向量子计算的约瑟夫森线路

在量子信息处理所涵盖的各分支领域中,尽管量子密钥分发的实验已经发展到了实际保密通信中可以利用的阶段,量子计算的真正实现仍是一个 10—20 年的远期目标。已建成的核磁共振量子计算机,仅仅包括 7 个量子位(qubit),其体积却比真空管计算机还要大。在这台计算机上,已经完成的“复杂”运算是,将合数 15 分解为 3 和 5 两因子的乘积。然而理论已经证明,要想对一个十进制 60 位数进行因子分解,用现行最快的电子计算机(10^{13} 次/s)需作 10^{30} 次运算,耗时 10^{17} s(约等于宇宙年龄)。如若采用量子算法,在量子计算机(运算速度同样是 10^{13} 次/s)上,只需作 4×10^4 次运算,耗时仅 10^{-8} s(详见张镇九等,物理 2000, 29, 560)。在实验方面,研究人员看好固态量子处理器,其中基于约瑟夫森结的超导器件被认为在集成性和有效性方面颇具竞争力(详见金光生等,物理 2002, 31, 773)。

经典的两比特,可以先后存储 00, 01, 10, 11 等 4 个数。按照量子力学,如果两个量子比特纠缠(entanglement)在一起,其纠缠态用 $|\psi\rangle = \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$ 表示;由于满足 $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 = 1$ 条件的系数有无穷多组,量子比特可承载的信息将比经典比特多得多,并且前者蕴含了并行处理的潜能。最近,来自日本筑波 NEC 实验室的 Nakamura 等,在他们 1999 年工作的基础上构建了一个两 qubit 系统

(Nature 2003, 421, 823)。尽管实验未能产生和测量一个特定的纠缠态,但数字分析表明“qubits 对”随着时间的演化的确通过了一个最大的纠缠态。这意味着,在构建固态量子逻辑门的研究努力中,人们又前进了一步。

Nakamura 等的新系统采用铝膜蒸镀和电子束刻蚀技术,在绝缘晶片上制成,它工作在极低温($< 1K$)。两个库珀对箱分别与两个超导库弱连接(经过约瑟夫森结或 SQUID)。在任一库珀对箱中,保持原有库珀对数状态对应量子态 $|0\rangle$ 。如果库珀对数增加 1 则对应量子态 $|1\rangle$ 。约瑟夫森耦合允许“箱”和“库”间有库珀对隧穿,结果可产生诸如 $|0\rangle \pm |1\rangle$ 的单量子比特叠加(superposition)态。两个“箱”间的电容耦合将阻塞隧穿过程,并导致两个 qubit 之间的混合,产生诸如 $|00\rangle \pm |11\rangle$ 和 $|01\rangle \pm |10\rangle$ 的量子纠缠贝尔态。由于超导能隙(对于 Al, 能隙是 $210\mu eV$)的存在,箱中库珀对不会因环境的热扰动而拆散,从而可避免固态量子比特的退相干。

在实验中,两个“箱”中的库珀对数在加 1 和减 1 之间的振荡,由分别的门电压驱动。事实上,这种箱中电荷量的振荡与电流的流入和流出相对应。通过监测进出库珀对箱的电流随时间的演化以及频谱特性,实验者区分了单个 qubit 的叠加态和两个 qubit 的纠缠态。

(中国科学院理化技术研究所 戴闻 编译)

室温磁制冷进展

在美国物理学会 2003 年 3 月会议上,美国宇航公司(Astronautics Corporation of America)和日本的一家公司(Wisconsin and Chubu Electric Power Co., Inc.)分别报告了他们发展室温磁制冷机的进展:采用磁热材料轮的旋转模式,以永久磁铁提供外场,用水作为冷流体。这种布局改进了制冷机效率,同时减小了机器的尺寸。

此外,来自美国 Ames 实验室(Iowa)的 Karl Gschneidner

也报告了他们为宇航公司研制新型磁制冷材料的研究进展。Gschneidner 称,他们所发现的 Gd-Si-Ge 系列形成了一个新型的巨磁热效应材料家族。该系列材料通常包含单斜和正交两个晶型。通过适当的热处理,材料可全部成为单斜的,从而将增强其磁热效应。

这些研究小组希望尽快将新技术商业化,这包括:自动售货冷饮机、空调,以及存储药品和器官的冰箱。

(中国科学院理化技术研究所 戴闻 编译自 American Physical Society, March Meeting News 2003)