

[编者按] 本期以作者叙述其在美国硅谷SLAC高能加速器研究中心的工作经历为主线,研究和探讨了80年代我国高能物理加速器国家实验室创建的历史背景,及SLAC的大科学、软实力的科学管理模式对科技创新和新市场应用的影响。其中有许多管理思想非常值得借鉴和思考。



主讲人简介:

中国科学院高能所研究员,1958起从事核与高能电子学研制及工业过程测控标准化。1970-80主持我国早期核医学诊断的核电子仪器与设备系列研发。1982年应蒋大宗教授之邀为西安交通大学博士硕士研究生开核医学核电子仪器新课。1984-86驻美国国家高能实验室SLAC执行《中美科技文化合作协定》的工程,与Stanford大学Nobel奖教授Hofstadter合作研究。1994意大利核科学院访问学者。1989-1997参与发起1989-1997中-奥合作计划Wien技术大学项目。历任中国核电子与核探测技术学会筹委及首届理事兼秘书长,纽约科学院A会员、IEEE首批中国会员/高级会员。SAC/TC30 TC委员、SAC/TC426 TC委员、SAC/TC124顾问、SAC/TC46 WG成员。参与中-美、欧、日、奥科技与国际/国家标准合作。在中、欧、美学报发表论文。是1960重庆市奖、1978全国科技大会奖、1979四川省重大科技成果二等奖等项目负责人;国家科技进步特等奖高能工程参加者。

国内医院设备及医疗仪器工业发展探索

II 治污到征癌仪器设备的工业创新: 大科学旋出力+小细节软实力

Sciences & Technologies of Instrument Industries for Pollution Treatment and Conquering Cancer

II New Markets of China: Mega Science spin off, Micro-Detail Soft Power

沈经

(SAC/TC124, SAC/TC426, IEEE SA, SAC TC46WG, 中国科学院高能物理所, 北京市 100049)

Shen Jing

(SAC/TC124, SAC/TC426, IEEE SA, SAC TC46WG, IHEP ASC, Beijing 100049)

【摘要】 1979《中美科技文化合作协定》中的高能工程,先由经委按计划经济模式干,超支严重。1984邓小平采纳李政道建议,改学“硅谷的核心”——连得4次Nobel奖的Stanford-SLAC方案,由科学家负责,中央书记处领导。笔者从基层参与合作的实践经验是:“得Nobel奖”只是过眼云烟,而Stanford-SLAC的大科学旋出力+小细节软实力才是值得工业界学习的“创新活力”!是当前“治污征癌”产业转型的科技渊源。

【关键词】 癌 沙尘暴 霾 垃圾 污泥 汽油蒸汽 尾气 大科学旋出力 小细节软实力

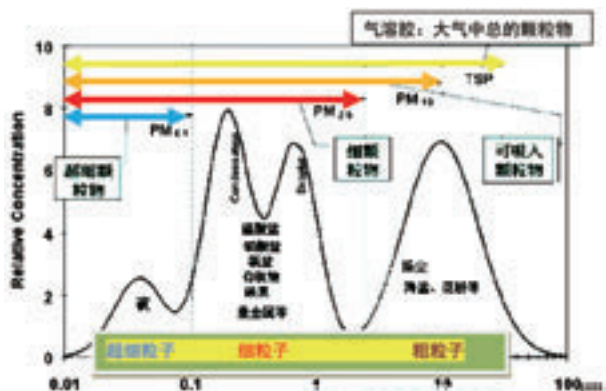
Канторович 计划调度 Simon CPN

Abstract: The HE project in (Science technology and cultural cooperation agreement between PRC and USA) had been operated by economic commission according to planned economy mode. It was over spent. Chairman Deng adopted Li Zhen-Dao's recommendation to learn the talents of Stanford-SLAC that is the 4 times winner of Nobel prizes. Instead, the scientists take responsible for central committee leadership. The author's experience from the participation cooperation is that Stanford - SLAC's "spin off of mega science + soft power of small detail" is the immortality of creativity and should be learn by industry for current pollution treatment conquering cancer.

Key words: Cancer Sand Dust Storm Haze VOC Exhaust Sludge Mega Science Spin off Soft Power of Smaller Center Канторович MES Simon CPN MES

1 从灰霾到沙尘的线度分布

中国的灰霾 美国NASA发布中国与亚洲的灰霾与沙尘卫星照片,引起世界的关注。雾霾中平均直径 $> 0.010 \mu\text{m}$ 粒子浓度谱形见图3.1:在雾-湿霾阶段、轻雾 \leftrightarrow 霾阶段都相似;雾-湿霾阶段的数浓度占优势的线度范围为 $0.04\text{--}0.13 \mu\text{m}$ 和 $0.02\text{--}0.14 \mu\text{m}$;轻雾 \leftrightarrow 霾阶段的数浓度优势粒子其线度范围在 $0.02\text{--}0.06 \mu\text{m}$ 。吸入 $<2.5 \mu\text{m}$ 霾就堵塞肺泡可致肺癌。



癌症究竟是由环境致突变因子引发?还是在细胞分裂时,DNA复制过程中基因自发差错或遗传基因引起细胞的癌变?这个问题在20世纪70年代末,J. Keynes在Scientific American,233(1975)11,pp.64-78文章的结论,环境致癌比遗传显著,故应着重预防。

4 邓小平两度拨乱反正, 采纳李政道建议

“治污征癌”高技术创新出自大科学mega science高能工程 “十年动乱”邓小平拨乱反正 1978 “科学的春天”来临。1979年邓小平主席与卡特总统签订《中美科技文化合作协定》。



图6 1979年邓小平主席与卡特总统在白宫签订《中美科技文化协定》

根据《协定》科学院派遣大批专家到美国国家实验室FNAL、BNL、SLAC学习。质子同步加速器国家重点“八七工程”以“中央1号文”下达。由经委领导,从上到下按计划经济模式,层层分钱,财政严重超支。80年代初在人民大会堂的一次科学界新年团拜会上,一位研究院副院长当众批评高能所张文裕所长:“搞这么费钱的高能工程,毫无经济价值!”

“宏观计划经济”的特点是无视“微观技术经济”1958年“大跃进”带来“3年灾害”!1961年“调整”大下马,洗澡水连娃娃一起倒掉!1981年“八七工程”一窝蜂上,一刀切下。在一片反对声中,李政道推荐改弦更张与Stanford大学的SLAC合作,建北京正负电子对撞机+北京谱仪BEPC+BES;既可大大省钱,且粒子物理内容丰富,还有同步辐射SR、自由电子激光FEL等工业、医疗应用前景广阔。邓小平再度拨乱反正,采纳李政道建议;请创建领导SLAC的20年中得4次Nobel奖的Panofsky为高能顾问!充分科学与技术论证后,方针既定,踏上正轨。于是邓小平率领党政最高领导,亲临中国科学院高能所破土奠基。

5 软实力在细节1 Канторович计调, Panofsky指导

1984年8月15日,邓小平在对撞机工程领导小组报送中央的简报上批示:“我们的加速器必须保证如期(注:1989)甚至提前完成。”通过考试遴选,我被录用派驻SLAC执行此合作。行前叶所长布置任



图7 1984邓小平采纳李政道建议率党政高层亲临高能所破土奠基“BEPC+BES”,邓小平身后是原中央大学物理系主任、中央研究院物理所长赵忠尧,1950年回国首抵上海,笔者是高二学生,参加了交通大学与科学院上海分院的欢迎会与他作首次核能报告;李政道身后是原Дубна 12国联合核研究理事会中国全权代表、高能所副所长、核电子与核探测学会创建理事长方一

务道:“1979以来5次中美联席会议上,美方都指责中方拖延,中方说美方不到位。现更改方案与合作对象,缩减预算,重新启动。你去找找拖进度的原因!”

当时各组上报器材明细表到物资处汇总一厚本,赴美采购,各组随机到一点,都不齐套都动工不了。在技术细节上有许多不清楚之处,到美国办不了。1958年我在重庆央企,就体会“大跃进”宏观考核“GDP超英,钢铁1000万吨”,层层下达到基层就乱套!浪费大、误进度。当时我读了Капо《生产组织与计划中的数学方法》中译本新书,建议“最优齐套计划调度”,管理人员认为是空谈?17年后,1975 Nobel经济奖授Капо!

于是我收集各组所需物资、规格和技术资料的“小组齐套信息”后,请叶所长给出组间排序,到SLAC的网络拓扑分布的各工程小组,并行操作Капо齐套包。依组间排序,串行直发IHEP树状拓扑最高节点叶铭汉所长。这是在树状拓扑管理体制下,为跳过层层关卡直达权威去下达。叶所长答:“好就这么办,总进度与质量由我所长来负责!”

到SLAC得知W. Panofsky (1917-2007)是CIT博士。我的知识中,钱学森(1911-2009)、袁家骝(1912-2003)、还有当时中科院卢嘉锡(1915-2001)院长都是CIT博士,按年龄推算,应该是同学。1951年谢家麟(1920-)在Stanford得博士-1955

回国前，Panofsky是Hansen Lab主任。Panofsky对我带去的进度作了调整，把BEPC对撞机优先改为BES谱仪优先，告诫我有概念错误：“没仪器怎么调试机器？！”他批评IHEP“用教授代研究生的方式搞大工程”，不料不专业的官员跳过所长，把Panofsky学生的室主任撤职！Panofsky十分后悔。

6 软实力在细节2 BES大线圈制造中体验管理风格的无形软实力

中美合作美方执行官Eugene Rickansrud是加州大学毕业参军、驻日本，退伍后Stanford MBA、硅谷之父Terman创业助理、Panofsky创SLAC经理、SLAC副主任、Stanford大学校长委员会常委SLAC Administrative & Engineering Bld首长官人事、财务、计调、物流。我在前任Instrumentation & Control Bld办公。他在Administrative Bld他办公室给我一办公桌。

Rickansrud的大办公室一半用玻璃墙隔成4间，他与助理主任之间的专利顾问与法律顾问各1间；另一半是进门大间，老、中、青3位女秘书，分管机要、文档、公关。来宾中有愤怒的蓝领，公关美女秘书就笑脸相迎，和蔼安抚，倒咖啡请坐，来访者气消了一半，就预约时间，见助理主任或副主任。没有傲慢拒绝的！Rickansrud强调“管理者是为科学家与工程人员服务的”！有次罢工，在每位工作人员的办公桌上放一份公函“……你是政府雇员，法律规定，无权罢工。”他下属人事主任签发。我在意大利国家核科学院时，罢工时人都走了。



图8 左图1987年，中国高能工程顾问W.K.H. Panofsky（右）与BEPC-BES负责人高能所IHEP所长叶铭汉工程院院士（左）、副所长、工程总经理谢家麟科学院院士。右图1997笔者11年后重访SLAC创建人与中国高能工程创建顾问Panofsky（中）、中美高能合作美方执行官、硅谷之父Terman创业助手Rickansrud

Panofsky与Rickansrud最头疼的作风 他对我说，“SLAC访华专家都反映不可能在1989对撞！我们也有同感，与中方代表谈判，从来不作决定，Panofsky为此十分恼火。”听听我的意见。凡我用SLAC通信工具与发运渠道向叶所长汇报请示，叶所长在当天必有明确回答！谢总则一直批评下属“模糊思维”，严格要求精密准确！所以我答，至少我认为，有把握！

7 软实力在细节3 Panofsky创建领导4次Nobel奖与Rickansrud团结专家

国际上Panofsky的威望来自创造与领导了4次Nobel奖的罕见功勋。在SLAC我工作中接触理论家、实验家、工程师、蓝领都崇拜他，昵称Pief；Mack III首席科学家Moseley对我说Pief是我再生之父！我送我同事回国，2度遇见Panofsky独自提行李登机。13次这样到北京IHEP！靠他目标选对，助手得力，竞争中争取经费，尽量维持SLAC 1500人饭碗！

1985年夏，我到Arizona州Phoenix监制BES导线，用于绕制直径4135 mm、长3607 mm、3100 A、300 V、0.066 T、10大气压内水冷的0.4 Tesla高精度稳定均匀磁场线圈，是Mark II方案。大批集装箱到IHEP就“地震”了，所长急电，集装箱都撞坏。幸好我有大副二副的台风证词，买了保险，SLC+Mark II、SLD两总工鉴定照片，证明无损。否则被IHEP撤职！一波未平一波又起，开箱发现导线有拼接痕迹，又“地震”。通过所长急电，怕导线中高压内冷水漏到线圈内测粒子径迹的高电压极精细的漂移室，那就完了！令我退货，改用Mark III的焊接方案。我去问Mark III设计师，他展示了看不出焊缝的样品，主张改用他的。不料Rickansrud不同意，说不尊重已经付出的劳动的专家，不懂专家的意图，就撤换专家，是管理之大忌！造成设计师间的矛盾与SLAC的内耗，我怎么与比我强的欧洲同行竞争？！

我再问SLC、Mark II总工Davis-White，他研究过塑性力学，截面在绕成大线圈时就变形成正方形截面，达最佳电磁性能，压接比焊接可靠。我到Phoenix厂才恍然大悟，焊接IHEP能做，压接就不能。铝锭连续在600℃炉中退火除污，进比机车大的异形管冷挤压床，成梯形截面中圆孔导线并压接。我对“压接”做拉伸试验，断裂都不在压接处。报告所长没问题！

大线圈外的189根 μ 轻子探测器列阵，每根长4712 mm，异形交叉四联铝管，在Phoenix厂轧制。SLD总工程师Bell和我在现场仔细测量每一管壁厚误差，头几天都合格，后来发现有超差，我觉得对 μ 子穿透率与电性能都没影响就验收。但Bell说我错，大问题！立即叫停。卸下模具，仔细检查，发现有一细小裂缝，下令报废。从新开模具。

8 “大科学”产生于土专家解决实际的经济

1935年，旧金山机场导航员Sigurd Varian问其兄Stanford物理系的Russell Varian，如何解决航班的夜间起降难题？Russell构思了速调管产生微波。兄弟俩在X光机与高压专家Hansen教授帮助下，经历29次失败，1939发明Klystron雷达。发布当天希特勒占领波兰。Terman奉命到Harvard大学创建战时电子实验

室，Hansen奉命到华盛顿海军研究所。1945年，都回Stanford，Hansen带了一笔海军资助，发明用Klystron驱动电子加速器Linac。通俗地说：Varian把真空中直流电子束变交流电场，Hansen把真空中交流电场变直流电子束



图9 左图：1939 Varian兄弟发明Klystron创公司；右图：Hasen教授与他的研究生William Kennedy、Clarence Carlson、Stanley Kiesel扛着他们发明的直线电子加速器Linac的一段，建造1 GeV的Linac

创于1746的常青藤名校Princeton副教授Robert Hofstadter于1948年在GE公司烧出NaI (Tl) 结晶，同事们笑他在核能时代用中国古代窑罐厂的土法。结果Hofstadter发现能空前高效探测 γ 、X、粒子及其能量。为高能实验新谱仪中的高质量量能器。

50年代初，建于1891年的“乡村社区大学”Stanford教务长Terman招聘人才。Hofstadter为了用Hansen Lab的1 GeV、67.056 m长的直线电子加速器的Linac探测质子、中子结构而去。他设计了200 W的磁谱仪，粒子探测器是自己发明的闪烁计数器。结果发现质子、中子、介子都不是理论出发点的“几何点”，测出质子的平均半径是 $0.81 \text{ fm} (\text{m} \mu \mu)$ ，有结构，推翻了古希腊以来的“基本粒子”自然观。1961年获Nobel奖。1981年，SLAC第1副主任、美国物理学会总裁、核裁军领袖Drell来IHEP讲NaI (Tl) 晶体球时，提问题，是我研制核医学仪器遇到过的，我答了，他要我论文，不久收到Hofstadter邀请信。



图10 Hofstadter设计的200 W的磁谱仪，与研究助手Lance Rogers、项目工程师F. W. Bunker测量质子的直径

9 “大科学”形成于“硅谷之父”的教学改革

1957苏联发射人造卫星后，美国担心太空核攻

击。Hansen Lab主任、加速器专家Panofsky提出核裁军的科学理论，1958出任艾森豪威尔的“总统科学顾问委员会”主席，主导1963《部分禁止核试验条约》。1962年Panofsky凭Hofstadter Nobel奖、与华盛顿的关系，到国会游说，与纽约的BNL、芝加哥的FANL竞标能源部DOE拨款1.25亿\$。



图11 Stanford大学教务长、硅谷之父F.Terman；大科学的创始人Stanford R.Hofstadter (1915-2000) 与W. Panofsky

Stanford教务长 (Provost) F. Terman旨在必得，以此吸引国际人才，来提升他的“Stanford Industrial Park”的教育改革。授权Panofsky以锦囊妙计，划地200英亩租给联邦政府建国家实验室，50年租金共1美分！既遵守捐赠8800英亩的Lealand Stanford禁售土地的遗嘱，把1.25亿\$全用于工程而使Panofsky-Hofstadter宏伟的“大科学”计划的能夺标。

10 SLAC第1“软实力”：可持续升级与扩展工程以引高级人才

1966年Panofsky建成SLAC国家实验室。把Hansen Lab的1 GeV升到20 GeV，3.2 km长，用245台自制20 MW、270 KV、2.856 GHz、 $3 \mu\text{s}$ 脉宽、50-100 Hz、3 m高的“速调管Klystron”来驱动。1台这样大功率Klystron可建1套导弹阵地雷达。“大科学”因此得名。



图12 大科学成型：1966年SLAC建成20 GeV，1986年升级到50 GeV的3.2 km直线加速器Linac鸟览

1968年CIT教授Feynman访问SLAC，用他得1964 Nobel奖的“量子场论”分析Hofstadter实验的Drell-Bjorken唯象理论，提出质子、中子都由3个“部分子”组成。指导了SLAC-MIT的Friedman组把Hofstadter实验提升到20 GeV，发现了Feynman“部分子”就是CIT教授Gellman得1969 Nobel奖的“群论”分析“粒子周期表”所推测组成大量新粒的“夸克”。



图13 左起: 5位发现夸克的Nobel奖学者: 理论家Murray Gell-Man (1929-)、Richard Feynman (1918-1988); 实验家Jerome Friedman (1930-) Henry Kendall (1927-)、Richard Taylor, (1929-)

Gell-Man夸克“上u”、“下d”组成“质子、中子、介子”。高能质子打靶产生许多陌生重粒子, 加入“奇s”夸克能说明。“基本粒子”由3种夸克组成。1970年, Stanford的Richter在Linac中段, 建环形正负电子对撞机SPEAR+谱仪Mark II 发现第4种夸克“粲c”。Richter与BNL丁肇中共得1976 Nobel奖。SLAC的Perl发现 轻子得1995 Nobel奖。



图14 Nobel奖得主左起Martin L. Perl (1927-) Burton Richter (1931-), 已经发现的300种粒子都由夸克-轻子组成, 弱、电、强3类相互作用由玻色子传递

11 促成欧盟的大科学巨无霸CERN的大发现

SLAC发现4种夸克u、d、s、c后, Glashow-Weinberg-Salam假定夸克与轻子有3代6种, 另有b、t。后FNAL发现。夸克用Dirac旋量场表示; 夸克相互作用杨振宁-Mills规范矢量场表示, Higgs加入标量场是质量起源。在对称群的约束下, G-W-S算出夸克之间弱-电作用场粒子W与Z0的质量是83与93 GeV。创立“标准模型SM”得1979 Nobel奖。

1954欧洲13国在日内瓦共建欧洲联营核研究组织CERN (Conseil Européenne pour la Recherche Nucléaire)。召回在Stanford首得Nobel奖的瑞士籍Max Stein讲座教授、Hofstadter前任Felix Bloch出任首届总主任。1979年CERN总主任英国雷达工程师Adams领导建成400 GeV周长6.3 km的超级正反质子同步对撞机Spp*S。意大利Rubbia领导13国科学家组建成U1谱仪, 发现了W与Z0。Rubbia与荷兰工程师van de Meer得1984 Nobel奖。Rubbia接任总主任, 为验证SM夸克是否6种与找Higgs? 建27 km、200 GeV正负电子对撞机LEP。

12 SLAC第2、3“软实力”: 以小胜大创新与CPN计调

1983 Richter继Panofsky任主任, 面对LEP把自己首创的SPEAR环形对撞机从6 GeV放大到200GeV! 于是再创新, 提出将3.2 km、20 GeV的Linac改造成100 GeV的直线正负电子对撞机SLC与LEP竞赛! Rickansrud对我讲, SLAC总经费只有CERN建LEP的10%, 付1500名员工工资后, 剩5%与CERN竞争, 靠硅谷硬实力+Stanford软实力+SLAC的可扩展性积累的基础上的再创新! 这是最大胆的“小胜大”的“硅谷案例”。

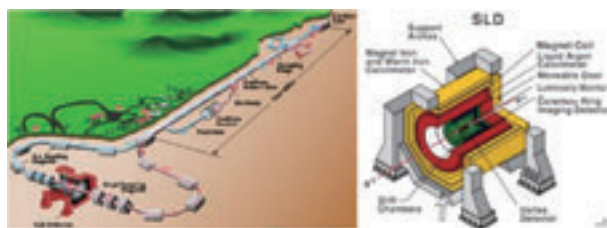


图15 SLAC Richter创意的SLC与SLD与CERN LEP竞赛

SLAC用比“Kaipo齐套法”更先进的1978 Nobel奖的H. Simon CPN (Critical Path Network) 计划调度。SLC+SLD大量工程小组各自产生器材与技术进度表, 汇总到总体组, 分析出工程的“临界路径”, 重点配置“硅谷制造力与信息资源”。全由计算机及软件进行分析、计划与调度的并行操作。结果SLAC抢先发现夸克有且只有3代6种。于是日本KEK首先响应合作研发JLC。这是更大的正负电子对撞机的发展方向。

13 SLAC第4软实力: 大科学旋出Spin off高技术

Panofsky创造大科学, 得能源部Fermi奖、美国国家最高科技奖、2000中国国际科技合作奖; Hofstadter革新核仪器, 创造核医学, 放射医学, 开创核电测控, 高能实验、天体观测、考古断代等, 煤矿、油井、铀矿普查勘探, 环境监测等的创新贡献, 形成新的仪器产业。得1961 Nobel奖、1985德国Röntgen奖、意大利国家奖、1986美国国家最高科技奖。

SLAC发展了各种物理量、化学物的探测器(工业自动化的传感器)、并行总线、串行总线, ns电子学、ps光子学, 3D图像信息的无损获取与重组, 核电厂自动测控, HVDC、UPS, 超级计算机、互联网; Varian兄弟公司是雷达、电视发射管、治癌Linac制造商。

SLAC在Linac注入的SPEAR、SLC之后, 建成PEP, 完成粒子物理研究。今SPEAR、PEP改造成从紫外到X的同步辐射单色光源, Linac建自由电子激光, 向全国开放作微电子、物质结构研究, 特别是DNA与蛋白质分子层研究, 引导硅谷向生物医学征癌科技发展。

(下转第39页)

表3 挡板高度H (mm) 测量数据表

测量段	A-B段	B-C段	C-D段
1	103.82	303.52	501.94
2	103.78	303.54	502.10
3	103.80	303.52	502.00
4	103.78	303.52	501.86
5	103.76	303.50	501.84
6	103.78	303.48	501.86

将表3中各项数据代入式(4)、(5)、(6)可得结果如表4。

表4 高度H (mm) 测量结果

测量段	A-B段	B-C段	C-D段
\bar{H}_0	103.79	303.51	501.93
\bar{H}	98.59	298.31	496.73
$u_{rA5} (\%)$	0.0200	0.0070	0.0200
$u_{rB5} (\%)$	0.0120	0.0040	0.0030

3) 钟罩标准容积V(L)

$$V_{AB}=99.387;$$

$$V_{BC}=300.779;$$

$$V_{CD}=500.858.$$

3 结论

尺寸测量法是应用几何测量的方法来得到钟罩标准容积的,其测量是一个较为复杂的过程,对于测量者要求每一步都要非常细心;筒体是钟罩装置的核心部件,结构越简单,其测量过程也相对简单;钟罩越大测量难度越大。

参考文献

- [1] 苏彦勋,梁国伟,盛健. 流量计量与测试(第二版),北京,中国计量出版社,2007
- [2] 王池,王自和,张宝珠,孙淮清. 流量测试技术全书(下册),北京,化学工业出版社,2012
- [3] 王自和,范砧. 气体流量标准装置(修订版),北京,中国计量出版社,2005
- [4] 全国流量容量计量技术委员会. JJG 165-2005 钟罩式气体流量标准装置. 北京:北京中国计量出版社,2005

(上接第15页)

14 大科学与大工业的软实力差距

1955年,谢家麟回国,1960年就研制出Klystron与30 MeV Linac可供医用。我在SLAC组织国内专家学习COCOM禁运的Klystron设计工艺。叶铭汉-谢家麟主持的BEPC-I用我1985年,从SLAC寄回的图纸、工艺与关键部件,国产仿制Klystron,寿命短,但出了物理成果。新海归博士主持BEPC-II,中断了改进国产Klystron,进口日本东芝也是仿制SLAC的Klystron。今天重启仿制,就已经落后了30年!而日本Klystron青出于蓝而胜于蓝。



图16 左起: SLAC原创,法国Thales,日本Toshiba,

BEPC I用国产速调管BEPC II用Toshiba速调管

15 什么是大科学之本的商榷

我国“大科学”的科学家、官员都以Nobel奖为目标,曾有“打造Nobel奖国家队”之说,媒体总是热播得奖人,甚至采访Nobel奖评委“什么时候发奖给中国人”。但是Scientific American总是它先发表某

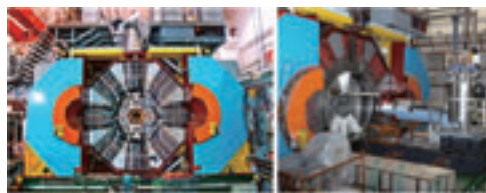


图17 BES-I常温线圈电流3000 A,励磁0.4 T, BES-III 整体(右)超导线圈电流3370A,励磁1.005 T
不知名的研究者总结性高级科普文章后,往往授予作者Nobel奖。

Klystron是BEPC的核心高技术,也是笔者在SLAC最艰难的技术引进工作,它是Terman赖以建立Stanford Industrial Park的3大仪器发明资本之首:

- 1) 物理系Varian的Klystron,后创Varian公司,今是世界著名治癌Linac与高能X机、电视发射机、雷达的核心技术制造商;
- 2) Beckman公司是生物医学仪器制造商;
- 3) 电机系Hewlett与Packard创hp雷达通信标准与计量电子仪器公司,21世纪开局女总裁Carly S. Fiorina拆分成包括生物医学的电子仪器的Agilent 仪器公司与hp计算机公司。

2012年后,女总裁Meg Whitman把hp再拆分成云计算服务器与软件的hp Enterprises与PC的hp Inc.。在笔者看来,这才是大科学之本。