

三峡工程主要科研成果及应用

The Main Achievements in Scientific Research of the Three Gorges Project and Their Application

戴会超

(中国长江三峡工程开发总公司科技管理部, 高级工程师 湖北宜昌 443002)

张超然

(中国长江三峡工程开发总公司科技管理部, 总工程师 湖北宜昌 443002)

一、三峡工程科学研究项目概况

三峡工程是一项涉及科学技术、经济、社会发展等多门类的复杂系统工程, 规模巨大, 影响深远; 而科技工作是整个三峡工程的先导和基础。三峡工程的科研项目主要是工程前期科研项目, 其中有: 国务院“重大办”安排的“三峡工程重大装备的研制”; 国家科委安排的“六五”、“七五”、“八五”攻关课题; 8个单项技术审查科研项目; 长江水利委员会安排的“设计科研”; 国家自然科学基金会安排的国家基金重大项目“三峡水利枢纽工程几个关键问题的应用研究”; “九五”国家重大技术装备研制和国产化项目中的三峡水利枢纽工程成套设备科研项目; 三峡工程“施工科研”等。专业面涉及泥沙、航运、水文、地质、水工、施工、建材、金属结构、机电设备、生态环境等多学科、多专业。除直接参与工程建设的设计、施工、监理单位的科技人员外, 全国还有数十家科研和高校单位、数千名科技人员投入三峡科技工作, 提交了近2 000份科技成果报告。这些科技成果对三峡工程建设重大问题的决策起了奠定科学基础的作用, 也对优化设计、改进施工工艺、保证工程质量、节约工程投资、促进现代化管理起了重要作用。本文试对三峡工程主要科研成果作一概要介绍。

二、有关截流和围堰的科研成果

1. 三峡水利枢纽一期土石围堰基础处理与施工技术研究

三峡一期土石围堰基础地质条件复杂, 其中堰基粉细砂、块球体及花岗岩风化带的严重透水性是

一般围堰工程极少遇到的, 其技术处理的成败直接关系到工程的成败。研究中针对粉细砂层及液化特性的物理力学性状, 通过渗流稳定的系列试验和计算分析后, 采取了对粉细砂地层“外堵内排, 保留粉细砂”的技术处理方案; 对块球体等地层采取“柔性墙、高压旋喷灌浆帷幕灌浆”的防渗综合处理技术。这一成果确保了一期土石围堰按期完成和安全运行, 并经受了3个汛期的考验, 完成了既定使命。经工程施工验收和专家鉴定, 该项技术为三峡水利枢纽混凝土纵向围堰提前10个月浇筑混凝土创造了条件, 节约工程直接投资近6 000万元。

2. 大江截流上下游土石围堰平抛垫底科学研究

三峡工程大江截流主河床最大槽深达60多米, 为世界水电工程史所罕见。为避免截流时戗堤和抛填中堤头坍塌, 减少抛投强度, 经模型试验和坍塌机理分析, 提出了平抛垫底抬高河床高程, 使截流水深减至30m的方案, 为大江截流创造了良好的条件, 减小围堰填筑工程量80万 m^3 , 直接节省投资200多万元。

3. 二期围堰防渗工程科学技术问题

三峡二期围堰由上下游横向围堰和已建成的右岸砼纵向围堰组成。其中上下游土石围堰是三峡工程建设过程中最重要的临时建筑物。二期围堰断面按研究成果采用“两侧石碴夹风化砂的堰体, 垂直防渗”结构型式。围堰防渗采用混凝土防渗墙下接帷幕灌浆, 墙上按防渗土工膜方案。上游围堰在深度超过40m的深槽段加设第二道防渗墙。对下游围堰的深槽段, 为提高其安全可靠, 在上游围堰双墙段增设砼隔墙, 在基岩陡坡段和左侧轴线反拱拐点, 辅以高压旋喷加固技术。对平抛垫底部位采用振冲加密和预灌浓浆, 以改善力学和防渗特性。

4. 大江截流计算机科学管理研究

随着计算机图形技术的发展,美国、德国和日本一些发达国家非常重视运用直观的图形和基于计算机支持的施工组织管理系统,以指导重要工程及其重要施工阶段的施工。三峡工程是举世瞩目的跨世纪工程,应尽可能实施现代化的计算机管理,大江截流这样重要的施工阶段立足于计算机管理系统是非常必要的。为此三峡总公司组织有关院校开发了大江截流决策支持系统,用以指导施工组织管理。大江截流决策支持系统的建立和实施存在以下技术难点:

(1) 模型建立工作量大,几乎包括了三峡工程施工的各个环节,需要进行大量的数据准备和建模工作。

(2) 三维动画数据量大、场景复杂、编辑困难、渲染机时消耗大。以三峡工程大江截流模拟为例,三维模型组成面数高达 27 万之多,几乎达到微机处理能力的极限。

(3) 虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)的运用。VR 是一种高级终端用户界面,它的功能包括实时模拟和通过多种传感通道完成交互操作。本次要求将此技术运用于对三峡水利枢纽主建筑进行 VR 三维建模,使用户可以用鼠标随意旋转建筑模型,可将每个模型单独拿出来观看查询细部信息,并可按用户指定的路径实时生成三维漫游动画。

(4) 导截流数学模型的实现。国际上一些享有盛名单位已由过去的物理模型为主要决策依据转化为数学模型为主要决策依据。为保证大江截流的顺利完成,长江水利委员会曾作了不同比尺的物理模型实验,但是由于物理模型本身存在费用高、周期长、比尺效应有限的缺陷,人们愈来愈倾向运用数值模拟手段预测各种复杂的水流现象及流场的内部结构。三峡工程大江截流期间,截流指挥势必要按当时的长江来水条件、戗堤进占形象及施工机械配置等具体条件相机进行截流工程的决策安排,因此本项研究在大量的物理模型基础上,采用经过物理模型验证的数学模型,形成了自由表面和水流流场的三维实体和截流水力学参数。

在施工之前,大家原本对大江截流缺乏形象、直观的认识,但通过本系统使人们在实际施工之前,能迅速、精确直观地看到所采取的措施将产生的结果,对不同的施工方案进行比较研究,为大江截流的正确决策提供了强有力的支持。人们甚至可以通过中央电视台或计算机多媒体光盘,提前看到大江截流惊心动魄的一幕,如亲临三峡工程的施工现场。该成果已在中央电视台和众多新闻媒体报道(详见本刊 1998 年第 8 期 P45 页——编者注)。此项成果经水利部组织的专家组会议鉴定后认定,整体上已达到国际先进水平。

三、有关大坝和厂房的科研成果

1. 大坝混凝土浇筑方案及主要施工机械选型

三峡工程二期大坝和厂房施工是三峡工程中最艰巨的项目,其施工方案的优劣是直接关系到三峡工程能否如期如质建成,能否提前发挥效益的关键。三峡工程以其工程量巨大、施工强度高、高温季节持续时间长、结构复杂而显著区别于国内外已建或在建的其它工程,因而国内外目前现有的施工设备均难以适应。故此,关于施工方案,在论证和初步设计阶段以及“七五”国家科技重点攻关项目中都做了大量的科研工作。中国长江三峡工程总公司成立后,又组织了全国大专院校和科研机构进行补充研究,并聘请国际上著名专家进行技术咨询。最后决定采用连带施工方案的施工设备招标,进行国际公开竞标,即让设备投标商首先做出三峡二期工程施工方案,然后据此确定最优设备参数及最佳的设备配置。经过认真的招标、评标工作后,最终选定以塔带机为主,辅以缆机和高架门塔机的施工方案。

2. 大坝泄洪水力学问题

三峡工程承担长江中、下游的防洪任务,大坝采用千年一遇洪水设计,万年一遇洪水加大 10% 校核。在设计水位 175m 时,需渲泄流量 $69\,800\text{m}^3/\text{s}$; 校核洪水条件下,具备 $102\,500\text{m}^3/\text{s}$ 的泄洪能力。经反复研究,决定采用深孔及表孔两套泄洪设施,为了尽量缩短溢流前缘,采用了深孔与表孔相间布置的型式。

泄洪坝段总长 483m,分为 23 个坝段,坝块中央设置深孔,表孔跨缝布置;为满足三期截流和导流期泄洪要求,在表孔正下方布置有 22 个导流底孔,导流底孔采用长有压管方案。三峡工程的泄洪深孔是三峡枢纽的主要泄水建筑物,千年一遇以下的洪水主要由深孔泄洪。同时深孔还担负着三期导流和施工围堰挡水的渡讯任务。深孔的设计水头 85m,常规止水设计有相当的难度,深孔最大流速约 35m/s ,宜采用掺气减蚀措施。因此深孔研究进行了有压长短管选择、掺气与否及突扩方案与常规止水方案的比较研究。经总公司技术委员会审查,从设计、施工、水力学和运行条件综合比较后,最后确定为有压短管方案,深孔闸门按跌坎掺气方案设计。为确保深孔安全运行,研究决定了每孔各设一扇事故检修门,在非汛期挡水,保证深孔闸门基本不漏水,并减轻弧门长期在高水头工作的负担,也便于维修。整个技术关键在于确保工作弧门自身运行可靠性,尤其是止水的可靠性。

3. 大坝基础深层抗滑稳定问题

三峡坝基岩体总体上是较完整的花岗岩,但左岸 1~5 号厂房坝段,坝基岩面缓倾角结构面较发

育,局部地段还展布长大缓倾角裂隙,并有少量中倾角裂隙。

该坝段位于左岸山体斜坡部位,坝基高程90m,而坝后厂房最低建基面高程为22.2m,坝下游基岩需开挖成人工高陡临空边坡,因此,对1~5号厂房坝段重点分析研究了坝基深层抗滑问题。

(1) 根据地质已揭露的缓倾角、中倾角裂隙和结构面,分析其分布规律,确定其在坝基下的分布、产状等。

(2) 测试结构面的性状及力学参数,拟定设计参数。

(3) 确定各种可能滑动面的概化模式,进行抗滑稳定分析,判断可能产生深层滑动的最不利滑移面,并分析其抗滑稳定安全度。

(4) 根据坝基可能的最不利深层滑动,研究相应的抗滑安全的工程技术措施。

4. 电站进水口型式

三峡电站机组采用单机单管引水,单机引用流量大。鉴于进水口尺寸大、高程低,因此,闸门尺寸长、水头高,需用大容量启闭设备。

研究中借鉴了国内外大型水电站进水口设计和实践经验,决定采用单孔小喇叭进口体型,进口底高程108.00m,进口曲线为变半径双圆弧曲线,喇叭口宽12.11m,高17.62m,工作闸门为9.2m×13.24m。机组进水口布置,经对单、双孔方案进行大比尺水工模型试验后作了选定,不仅改善了流态,而且取得了减少0.3m水头损失的效果,可增加年发电量约3亿kw·h,经济效益显著。

5. 钢衬钢筋混凝土引水管道

三峡电站引水管道内径为12.4m,鉴于三峡电站压力管道具有直径大(12.4m)、条数多(26条)、HD值高(1730m²)等特点。经综合比选,坝内管段选用钢衬钢筋混凝土联合受力结构。坝后管段结构形式研究比较了钢管单独受力(即明管)和钢衬钢筋混凝土联合受力方案。研究中通过二维及三维仿真材料模型试验和二维、三维线性及非线性有限元计算,认为钢衬钢筋混凝土方案钢板较薄,有利于保证钢材材质和焊接质量,只要认真浇筑外包混凝土,可以保证钢衬钢筋混凝土联合受力。其安全度比明管大,国内外已有成功经验。故决定选用钢衬钢筋混凝土联合受力方案。三峡电站钢衬钢筋混凝土压力管道设计在设计内水压力下,设计考虑允许外包砼内出现贯穿性裂缝,全部内水压力由钢衬钢筋共同承担,总的安全系数大于2.2,钢衬钢筋各自单独承担全部内水压力时要求安全系数均大于1.0,设计环筋达4~5层。据俄罗斯专家介绍,前苏联80年代已建工程如萨扬舒申斯克采用钢衬钢筋混凝土压力管道,总安全系数取为1.8~2.0,但目前已作进一步降低。从原型观测分析,这种结构具有相当大

的安全储备。“长江委”经进一步研究,将钢衬钢筋混凝土管道设计总安全系数调整为2.0,钢衬和钢筋的安全系数分别为1.2和0.8,钢衬厚度30~36mm,钢筋配置3层。适当降低结构的安全系数,可减少环筋的层数,简化施工,经俄罗斯水电专家计算验证,调整后仍有很高的安全储备,符合俄罗斯水电设计规范。可节约数万t钢材和直接投资近亿元。

6. 蜗壳打压问题

关于三峡水轮机蜗壳与外围砼结构型式,先后研究了充水加压、半包(上部铺设垫层)和全包(全部铺设垫层)3个方案。经综合分析,为更有利于水轮发电机组稳定运行和结构安全,1997年7月三峡总公司确定采用打压方案,并请“长江委”按照该方案进行施工图设计。由于“长江委”原厂房总体设计是按设置垫层方案考虑,厂房尺寸十分紧凑,加上三峡蜗壳打压水头高,钢管及蜗壳尺寸大,因而闷头很难在厂内布置,经比较确定采用闷头位于厂外副厂房下部的布局方案。由于此变动,副厂房的施工进度将推迟达9.5个月,对2003年机组投产发电计划目标有较大影响。鉴于对蜗壳焊缝质量检查已有可靠手段,为简化闷头结构和有利于闷头布置,同时又能保证蜗壳与外围砼紧密结合,以利于抗振和保证机组安全运行,决定取消1.5倍最高运动水头的打压试验工序,仅采用保压浇蜗壳外围砼。同时,针对三峡水轮发电机组运行水头变幅大,初期水库处于低水头运行,后期又有相当长的时间内在防洪限制水位运行的特点,为保证在运行期间蜗壳与外围砼贴紧,联成整体,保压水头确定为78m,相应的初期运行水位为135m。

7. 厂坝间伸缩节问题

在技术设计阶段,决定大坝部分采用碾压砼。计算成果表明若采用明管取代伸缩节,不能满足允许应力的要求,故仍应设伸缩节。技术设计阶段,大坝部分全部采用常规砼,大部分坝段均设置2条纵缝。根据“长科院”提出的三峡厂房坝段,厂房及钢管相互作用三维有限元仿真计算和中国水利水电科学研究院计算成果,厂坝之间相对位移都较小,用垫层管取代伸缩节,钢管折算应力基本上可满足允许应力。由于三峡压力钢管的直径达12.4m,伸缩节的制作安装和维护都存在一定困难,其运行可靠性也较难保证。但厂坝间伸缩节是否取消主要考虑以下4个方面:保证运行安全、造价上的区别、有利于施工和运行维护方便,其中首先是保证安全。是否设置伸缩节,主要取决于厂、坝之间的相对变形。鉴于垫层管在合拢后变形约在5mm以内,所以取消伸缩节不会影响安全。经论证分析和参考国内外有关电站设置或取消伸缩节运行的经验和教训,1998年6月6日~12日中国科学院及中国工程院

张光斗、潘家铮两院士来三峡工地进行咨询时认为: 1~6# 岸坡机组段伸缩节可取消, 以节省投资和方便施工, 7~14# 河床机组伸缩节也倾向取消。俄罗斯专家根据俄罗斯的规范和计算程序认为: 1~6# 岸坡机组段钢管设置软垫层来补偿厂坝间的相对位移和转角是可行的。若端点处的相对转角为零, 并且在水平方向上减少了软垫层的长度时, 河床坝段(7~14# 坝段)的相对位移值是允许的。若合拢后钢管表面温度不超过 9°C, 那么在轴向延伸方向上, 上述相对位移值将在允许范围之内。垫层管合拢最不利的时间是高温季节, 合拢时应选择低温季节施工, 且采用强制冷却方法, 从而降低合拢期钢管的温度应力。初步估算三峡水电站取消一套伸缩节可节省高强钢材 60t, 约 200 万元。若全部取消可节约工程投资 5 000 万元。

四、有关永久船闸的科研成果

1. 永久船闸输水系统及水力学

永久船闸最大工作水头 113m, 分为五级, 单级最大工作水头达 45. 2m, 为目前世界上规模最大、水头最高的船闸。为此对船闸输水系统充泄水阀门型式及阀门段水力学条件、防空化措施、闸室充泄水水力指标和船只停泊条件等船闸水力学问题, 进行水工模型试验研究。永久船闸输水系统采用长隧洞等惯性型式, 每线船闸两侧岸体内对称布置两条输水隧洞。输水隧洞最大输水流量 550m³/s, 在闸室充水底部廊道顶部设出水盖板消能。模型试验表明, 在各种通航水位条件输水时, 过闸船只的纵向系统力小于 5 吨, 横向系统力小于 3 吨, 可满足安全停泊要求。对充泄水阀门型式比较了正向弧门和反向弧门, 两种门型在技术上都是可行的, 鉴于反向弧门在国内外高水差船闸有成熟的经验, 特别是葛洲坝工程中已经过长期的运行考验, 故决定选用反向弧门。为解决充泄水阀门及阀门段的振动和空化问题, 采取适当降低隧洞高程, 以保证阀门有足够的淹没水深; 采用操作时快速开启阀门、阀门后隧洞顶部扩大及底部扩大的体型、阀门后通气等措施后, 可防止阀门区空化问题和满足闸室停泊水流条件的要求, 保证输水隧洞及泄水阀门安全运行。

2. 永久船闸引航道布置

永久船闸引航道布置及通航水流条件与坝区泥沙淤积密切相关。重点研究水库运行不同历时, 引航道内外泥沙淤积对通航水流条件的影响, 以及在各种情况下为满足通航水流条件需要采取的防淤清淤措施。上下游引航道布置, 按通航水流条件要求, 应控制口门纵向流速小于 2m/s, 横向流速小于 0. 3m/s, 回流流速小于 0. 3m/s, 涌浪高度小于 0. 5m。为此在上游引航道右侧设置隔流堤, 将航道

与长江主流隔开, 形成单独的人工航道。对隔流堤布置方案, 研究比较了短隔流堤方案和将升船机引航道置于隔流堤以内的“大包方案”, 以及将临时船闸改建的冲沙闸也包进隔流堤内的“全包方案”。在未考虑上游建库, 并在水沙系统中每 20 年增加一个相当于 80 年一遇的 1954 年型丰水丰沙过程的条件下, 坝区泥沙模型试验成果表明: 水库运行约 30 年, 坝前淤积不多, 上游引航道不建隔流堤, 永久船闸和升船机引航道的水流条件均可满足通航要求; 水库运行 50~70 年后, 引航道泥沙逐渐淤高, 水流流速增加, 对船舶航行有一定的影响, 需要采取措施解决。总公司最后原则同意按专家组审查意见实施上航道隔流堤“全包”方案。

下游引航道右侧为土石隔流堤, 出口口门距坝轴线 4. 5km, 受枢纽下泄水流和波浪影响较小。水库运行 50 年至 80 年, 一般年份上、下引航道淤积量不是很大, 且主要淤积在引航道口门以外, 采取临时船闸改为冲砂闸; 在引航道口门处设截沙槽或设水(气)幕破坏异重流进入航道, 减少淤积; 配备自航式高性能挖泥船挖除航道内的淤沙等措施, 可满足通航水流条件。

3. 永久船闸高边坡研究

永久船闸高边坡和一般高边坡相比具有以下特点:

(1) 它是在山体中深切出来的陡高边坡, 高度大、形态复杂、范围广、应力释放充分, 呈现出明显的卸荷和非均质特征。

(2) 边坡稳定, 尤其是变形特性有严格要求。长江是我国的黄金水道, 作为永久船闸的边坡, 不仅整体和局部稳定必须保证, 而且对边坡的流变必须严格控制, 以满足船闸人字门的正常运行要求。

(3) 施工难度大、干扰多、工期紧。船闸工程不仅地面施工强度高, 且面临窄、深且陡的闸室直立边墙开挖的困难, 而且又与大量地下隧洞与竖井开挖同步进行, 如何解决开挖爆破的相互影响, 最大限度地减少岩体损伤和确保施工安全都是需要处理的难题。

为了解决三峡永久船闸高边坡施工中的问题, 在“七五”、“八五”和“九五”国家重大科研项目中, 对岩体边坡的基本力学参数试验方法与取值标准; 边坡卸荷、非线性、非均质及流变特性; 永久船闸长期变形; 岩坡位移对三峡永久船闸大型人字门工作性态的影响; 渗流对边坡稳定的影响; 边坡稳定分析方法、破坏机制与安全评判准则; 边坡安全监测和反馈分析; 边坡爆破开挖和支护技术等一系列课题进行联合攻关科研, 取得了一大批有水平的成果, 并已应用到设计和施工中。

4. 永久船闸闸室砼衬砌墙的结构与支护研究

三峡永久船闸高边坡开挖具有边坡高度大、延

伸长度长、轮廓复杂及直立深切等特点,加上花岗岩坚硬性脆、裂缝发育等地质特点,使其成为开挖难度大、技术要求高的挑战性工程。衬砌墙布置 11 万根高强锚杆,主要作用是保证砼衬砌墙的稳定,同时兼顾高边坡岩石的稳定,现结构锚杆设计是按衬砌墙的外水压力和温度应力的最不利组合来考虑的。从衬砌墙分块尺寸看,属于长宽比严重失调的板结构(宽 12m,高 40m~60m,厚 1.5~2.4m)。对此,张光斗院士认为:结构锚杆主要是承受外水压力对衬砌墙的推力,对温度应力作用不大。温度变化产生的变形受开挖岩面凹凸不平及开挖台阶的约束,即使砼与岩面脱开,其尺度也小于岩面的不平整度。在锚杆逐步受温差变形产生荷载的过程中,目前设计的砼衬砌墙因内外变形的差异和受岩体的约束,必然会产生水平裂缝。砼衬砌墙开裂后,其对锚杆产生的荷载随即相应减少。因此,应增设 1~2 条水平结构缝,该水平止水缝宜布置在衬砌厚度突变处,以减少温度应力;为加强衬砌墙的整体性,可设过缝钢筋,但不要太多;增加砼衬砌墙的温度应力钢筋,以分散温度应力引起的裂缝及减少裂缝的宽度;进一步优化结构锚杆,减少砼墙开裂的风险;并可减少高强锚杆数量,或采用延性好的 III 级普通钢筋。

五、特大型水轮发电机组科研成果

三峡 700MW 混流式水轮发电机组,运行水头初期为 61~94m,后期为 71~113m。针对三峡电站机组具有单机容量大、工作水头变幅大、过机水流含有一定量的泥沙等特点,重点研究了水轮发电机

组稳定性和改善运行稳定性的措施;水轮发电机组主要参数优选及结构方案;调速器及油压装置选型等问题。鉴于三峡电站机组台数多、容量大,在电力系统中的地位极其重要,必须从机组选型、设计、制造上采取措施,确保机组运行稳定可靠;应按后期运行长件拟定水轮机最优工况的水头,以确保水轮机在高水头运行工况的稳定性和效率,同时也兼顾低水头的运行性能。水轮发电机组主要参数经过反复比较后拟定为:水轮额定转速 75r/min,额定水头 80.6m,额定出力 710MW,最大出力 852MW;发电机最大容量 840MVA,功率因素 0.9。机组冷却方式方面,比较了全空冷方案和定子水冷、转子空冷方案。鉴于两种方案各有优缺点,决定以制造厂家各自的技术优势来确定。机组的推力负荷达 5500t 左右,为世界之最,故推力轴承的布置方案,在研究了水轮机顶盖和下机架两种方式后,推荐承重下机架的方案。调速器采用数字式微机调速器。机组油压装置为分离结构。

机组供货采用国际公开招标,第一,可保证质量,第二,可引进技术。通过引进技术,可以把我国国内水电设备的制造水平提高到国际水平。左岸电站 14 台 700MW 水轮发电机组国际招标采购合同于 1997 年 9 月正式签订,由两个供货集团中标。法国通用电气阿尔斯通和瑞士 ABB 公司组成的供货集团中标 8 台水轮发电机组,采用挪威克瓦纳公司的水力设计。加拿大 GE、德国伏伊特、西门子公司三峡联合体中标 6 台水轮发电机组。1997 年年底水轮机埋件部分的第一批货物已运抵工地,意味着三峡水轮发电机组埋件的安装将拉开序幕。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第 21 页)

基于模型的脑研究。……日本没有充足的自然资源,因此,这样做事实上是日本生存于世的唯一出路。早在 1400 年前,我们就有依靠脑力(mental power 精神功力)发展的传统,而不是依靠体力(physical power)。二次大战是一个例外,证明我们使用‘体力’不行。我们在此对于这段时期的错误表示歉意。……我们正开始认识到我们真正的强处是大批受过高等教育的、具有精巧技艺的、进行创造性活动的人才。我们将以此对世界作出贡献。”日本打算用“创脑”计划带动半导体产业、计算机产业、机器人产业、信息产业等工业技术领域的发展。当前日本经济正处于萧条状态,在这种形势下,日本政府、朝野各界取得一致性意见,发展科学技术(其中脑科学是重点),为国民经济持续发展找出一条生路,实不失为一种英明之举。

根据日本各界专家的信息,总的印象是,日本政府、学术界、企业界和大众均把脑科学定位为下

世纪科技发展的战略目标之一,且投资巨大,以期理解人脑的工作原理,开发人脑的潜力,寻找治疗神经和精神病患的药物和方法,为人的福利和老龄化社会的来临作准备;同时,开发拟人的计算机和机器人系统,为信息社会化进程做贡献,开拓新的技术产业,为发展高科技为中心的经济找出一条生路。

参考文献

- [1] D. Swinbanks: Japan's Science Agency seeks extra billions, despite recession. Nature(1998) Sep, Vol: 395, p: 3
- [2] Y. Sawada and H. Kawahara. Brain Creators: Japanese initiative to create computational models of brain functions. The 5th International Conference on Neural Information Processing. Kitakyushu, Japan, (1998) Oct, 21-23, pp: 1183-1184
- [3] 小林俊一: 前言. RIKEN BSI News, (1998) Aug, No: 1, P: 2

(责任编辑 蔡德诚)