

二〇〇〇年的中国研究资料

第六十四集

机械工业国内外科技水平和差距

(第三分册 动力工程专集)

内部资料
不得外传

中国科协二〇〇〇年的中国研究办公室

第64集

机械工业国内外科技水平 和差距

(第三分册 动力工程专集)

中国机械工程学会

中国科协2000年的中国研究办公室

1985.10

《2000年的中国研究资料》全套：120元

1-29集（共30册）：	60元
30-59集：	60元
本集每本收费	2.90元

（内部发行）

前 言

本资料是中国机械工程学会动力工程学会召开几次“2000年的中国”机械科学技术讨论会上有关我国动力工程到2000年时技术发展预测的研究报告。

自1983年下半年总会通知各专业学会、地方学会的理事、专家、教授、工程技术人员和广大会员积极响应国务院技术经济研究中心和中国科协联合号召“2000年的中国”的研究以来，当时报名参加应征开展研究的达七十多名。在第一次学术讨论会上，有关动力工程技术发展预测的论文有好几篇。总会感到，在机械科学技术领域内，对国家经济发展具有较大影响的课题，如：机械工业的材料和材料应用、能源装备或动力工程、机械制造工艺的发展、机械厂设备的改造和更新、提高机械产品的可靠性和耐用性等等问题开展多学科综合性的预测研究，这对我们的决策部门将是一份非常有用的参考材料。我们期望有关的专业学会开展这一方面的工作。

动力工程学会经过半年多时间的努力，组织召开了几次专家座谈，着重讨论了电力设备的技术发展问题，不少专家发表了许多有益的建议和意见，并对某些方针、任务和具体作法提出若干不同的看法。

有争论、有分歧，这才是学术讨论的正常现象，是学会的生命力之所在。学会举办的学术会议，没有行政的干预，座谈讨论的成员没有行政级别之分，都可以各抒己见，学术自由，这对学科的发展起着推动作用。“2000年的中国”的研究也需要有这些争论和分歧。预测不等于实际，也不是计划，但预测可以研究对策用来把握未来。新技术革命在工业发达国家中不断地进展中，希各作者继续注意动向，收集国内外的材料，研究考虑内部活力的作用和外部因素的影响，不断修正预测的结果，提出必要的措施意见，对我们的长远规划工作将会起很好的参谋作用。

编入这分册的第一篇是综合性的论述，由动力工程学会秘书处同志整理几次座谈会上各专家的意见和建议后执笔的，着重论述技术发展方向和若干方针性的问题。一篇综合性的预测研究报告，难以将各专家的意见和建议融合在一起。为此，我们考虑各位专家的预测研究成果，都是从自己的工作岗位上搜集和整理的。在提供“两个水平一个差距”的材料基础上，根据自己的丰富的专业知识，提出了不少意见和建议。一并刊印出来，供有关部门的领导翻阅，这对作者是极大的鼓舞，也是我们的愿望。

本资料的编辑工作主要由陈立同志完成。由于时间仓促，编者水平有限，在选择论文和编辑出版中难免有不恰当之处，望批评指正。

中国机械工程学会秘书处

1984年12月30日

目 录

2000年的中国动力工程·····	动力工程学会秘书处 (1)
大型火电设备发展展望·····	上海发电设备成套设计研究所 杨锦山 (14)
火电设备产品发展十年至二十年的预测·····	上海发电设备成套设计研究所 蔡承懋 (22)
国外火电机组的某些进展·····	东方锅炉厂锅炉研究所 林泽勋 (32)
2000年的中国火力发电设备·····	上海锅炉厂 杨立洲 (45)
美苏八十年代电站锅炉基本情况·····	上海锅炉厂 严金绥 (62)
2000年我国燃煤火力发电厂设计特点的设想和展望·····	
·····	水利电力部西北电力设计院 萧赋诚 (76)
核电展望·····	上海核工程设计研究院 欧阳予 刘荣根 (90)
加速我国核电建设一点看法·····	上海发电设备成套设计研究所 毛纪林 (97)
水轮机组当前的世界水平与发展趋势分析·····	水利电力部科技情报研究所 于开泉 (100)
对发展抽水蓄能技术的建议·····	清华大学水利系 梅祖彦 (120)
国内外供热系统的现状·····	动力工程学会工厂动力专业委员会 马祖康 (123)
大力推广蒸汽蓄热器节约能源·····	第九设计研究院 程祖虞 (131)
我国煤炭利用中的若干问题·····	西安交通大学 许晋源 (137)

2000年的中国动力工程

前 言

动力工程涉及从一次能源或再生能源转换为工农业生产和人民生活中所需的动力和热能的各种能源转换装备。限于动力工程学会所包括的技术专业,本文仅论及其中转换为电能、热能和机械能的主要动力机械,阐述了中国动力工程的现状,发展的主要依据,到2000年发展中的主要努力方向,以及促进动力工程发展的几个方针性问题。

一、中国动力工程的现状

在我国与动力工程有关的产品制造及其有关学科的科研工作基本都是解放以后逐步发展起来的。目前我国已建成哈尔滨、上海、四川等三大动力生产与科研基地和北京、武汉、南京、杭州、山东等地的中小型火电设备制造厂,还建成了八个大中型水电设备制造厂和几十个小水电设备厂,以及数百个工业锅炉制造厂。一共拥有职工二十多万人,其中科技人员约占十分之一。全国已有二十多所高等院校设置了与动力工程有关的专业,中国科学院和各工业部门设立了动力工程方面的研究所多处。到1984年底我国全部发电设备装机容量已近8000万千瓦,年发电量达3746亿度,这两者都在世界上占第六位。1983年全国拥有工业锅炉25万台,总容量53万蒸吨。

(一) 在火电设备制造方面,我国已从1955年仿捷的中压参数的6000千瓦火电成套设备发展到七十年代初生产了成套的亚临界参数的30万千瓦大型火电设备。三十五年来,我国已经累计生产了火电机组5120万千瓦。在火电装机容量中,国产机组约占70%。这些国产机组经过几次完善改进,性能质量有了显著进步。近年来,我国引进了30万、60万千瓦汽轮机、发电机和配套的亚临界参数控制循环锅炉的制造技术,并相应引进了一些有关电站辅机的技术,在消化掌握这些引进技术的基础上,将进一步提高我国火电机组制造和运行水平。但是,目前国产火电设备产品的性能同国外相比还存在一定的差距,如几种大型火电设备的每千瓦小时耗煤量一般要高出10到30克,可用率一般约低50%左右,自动化水平较低,负荷适应性较差。同时,国产机组还程度不同地存在着大修间隔期短、辅机性能质量差、热电联供机组容量小、品种少等问题,其他各种主辅机的产品品种系列也都发展缓慢。

(二) 在水电设备制造方面,自建国以后1951年生产第一批800千瓦的水轮机组起至1984年底,在我国水电装机容量2530万千瓦中,约90%左右为国产机组。已投入运行的混流式水轮机单机容量达30万千瓦,正在安装的最大单机容量为32万千瓦。但是,我国水电机组及其附属设备与国外相比也还存在着一定的差距(见表1)。主要表现在

我国水轮机比转速的选择和型谱参数大多停留在国外六十年代水平,因而机组转速低,尺寸大,投资效益较差,而且自动化水平和设备效率也较低,同时,由于大型铸钢件毛坯质量、加工质量和设计上的问题,也常造成安装、检修中的困难。有的水电机组甚至年年要进行大修,而国外则可运行五年以上才大修。此外,在蓄能机组方面我国基本上还是空白。

表1 国内外水轮机容量、尺寸对比表

型 号	最大单机出力(万千瓦)		最大设计水头(米)		最大转轮标称直径(米)	
	国 内	国 外	国 内	国 外	国内	国外
冲击式	1.2	35	614	1771	1.7	
混流式	30	70.6 (70)	318	672	5.5 6.0	9.223
主轴转桨式	17	17.8 (17.5)	78	88	11.3	9.5
贯流式	0.6 1.85	5.8 5.13	14.6	22.7	1.8 5.5 6.3	7.7
斜流式	0.8	21.5	77		1.6	6
斜流可逆式	1.5	14.9	70	13.6	2.5	
混流可逆式	0	66	0	701	0	
定桨式		13.1				

(三) 在核动力设备制造方面,到1984年底,世界各国共有350余座核电站,发电量已达总发电量的千分之十三。但我国迄今尚未建成一座核电站,与国外的差距较大。

但是近年来,我国通过军用核动力堆和728工程的研制,核能工业已具有一定的设计和设备制造能力。仅机械工业系统中,从事核设备设计制造、试验研究的技术人员和工人就有近万人之多,不少研究单位和工厂都先后承担过核能的专项任务。七十年代在筹建728工程中,一些重点工厂又进行了相当的扩建,增强了制造重型部件的能力,虽然还缺少一些精密的专用工艺装备,但是根据一些国外专家的观察,在制造方面并不存在太大的困难。1983年,经过各方面的论证后,我国政府已决定从建造百万千瓦级的压水堆型核电站起步,实行技贸结合,引进国外的设计和制造技术。目前技术引进工作正结合广东、苏南等核电站工程项目进行。

(四) 在工业锅炉和工业汽轮机的生产制造方面,我国也已有三十多年的历史。工业锅炉是国民经济各部门和日常生活中广泛使用的主要供热设备。目前已从解放初期的仿制阶段发展到自行设计生产燃用各种煤的锅炉产品。据1983年统计,全国拥有工业锅炉25万台、53万蒸吨,全年需燃原煤2.2亿吨,是耗用一次能源最多的动力设备。目前,我国工业锅炉效率平均为62~65%。在节能管理比较好的地区,如上海市、容量为2~4吨/时的平均效率可达70%。但是在工业发达国家,工业锅炉效率平均为76~80%。因此与国外先进水平相比,也还存在着一定的差距。

工业汽轮机是现代石油、化工、冶金等生产流程中大型压缩机、鼓风机和泵等理想的驱动设备，又可作为能量转换系统中利用余热或蒸汽差压来发电或驱动的动力，因而提高能源利用率的有效节能产品。多年来，我国曾先后发展了四十多个企业供热发电和几十个驱动用工业汽轮机品种，部分地满足了一些工业的需要。但技术指标不高，品种不够。为了促进我国工业汽轮机的生产和技术的发展，我国在七十年代曾从西德西门子公司引进了三系列工业汽轮机的制造技术，但由于原材料、配套件供应、生产组织体制和制造成本等问题，产量还不多，没有更好地发挥引进技术的作用。因此，目前工业汽轮机的品种、产量、质量与用户的需要还不适应，与国际上的发展现状相比，也存在着一定的差距。

(五)在燃气轮机的制造方面，自1964年南京汽轮机厂与原汽轮机锅炉研究所研制成功我国首台1500千瓦发电用燃气轮机以来，燃气轮机制造业在我国曾一度蓬勃发展时期。上海、哈尔滨、杭州、青岛、东方等汽轮机厂先后设计制造了200到25000千瓦多种型号的发电用燃气轮机，以及3000马力、4000马力机车用燃气轮机十多台。为了满足尖峰负荷发电需要，还先后购买23000千瓦快装燃气轮机十台，8000千瓦列车电站用燃气轮机两台。在七十年代，南京汽轮机厂又经过扩建，添置了生产燃气轮机的加工设备，并于1976年测绘仿制成功初温899°C、功率2.17万千瓦的快装燃气轮机。其循环效率达27%。到七十年代初期，我国已拥有燃气轮机的设计研究和制造点近十处（不包括航空工业部的）。

七十年代后期，由于我国燃料政策的改变，要求限制燃用石油，更由于天然气资源缺乏，燃气轮机难以发展。近年来，我国开始重视燃煤燃气轮机的研究发展工作，但技术关键较多，而科研费用有限，目前尚处于初始开发阶段。国外现已建成了几个大型验证性的燃煤的燃气蒸汽联合循环试验装置，预计近期内可有新的突破。为了满足我国电力的需要，近年来我国不少地方和大型厂矿企业探讨建立燃气轮机和联合循环发电站的可能性，并已购进六套50000千瓦级燃油和气的联合循环发电装置。鉴于煤炭是我国的主要燃料，又是化工原料，我国正结合煤炭综合利用和燃气轮机的发展，着手考虑建立几个产生煤气、电、热和化工产品的“三联供”装置。

(六)发展新能源发电设备和新型发电方式，近年来各国对此都非常重视。在再生能源利用方面，主要有风能、太阳能（光电和热发电）海洋能（波浪能和潮汐能）、地热能和生物质能等发电设备。在新发电方式方面，主要有燃气——蒸汽联合循环、低温能源利用、磁流体发电的联合循环装置以及燃料电池等。目前在国外对这些新能源装备和新发电方式，都已投入了大量人力和物力进行科学研究。其中有的已广为应用，有的已有工业性试验装置，有的还在试验室阶段。我国近年来对此也开展了不少工作，如已在西藏羊八井建设地热发电站，在浙江江夏建立了潮汐发电站，小型风力发电设备已有了系列产品，在一些农村、牧区、海岛和边远地区应用。至于太阳能发电装置、燃气——蒸汽联合循环和磁流体蒸汽联合循环发电装置等，由于我国起步较晚，力量分散，加上资金和科研基地等条件的限制，虽然经过不少单位的努力，有了良好的开端，但在实用性和经济性方面，尚落后于一些科技先进的国家。

二、动力工程发展的主要依据

(一) 动力工程的发展首先必须以国民经济的发展为前提。

党的“十二大”确定，从1981年到本世纪末的二十年，我国经济建设总的奋斗目标是：在不断提高经济效益的前提下，力争使全国工农业的年总产值翻两番。但是，我国常规一次能源的增长到2000年只能达到一番多一点。为此，在探讨2000年中国动力工程的发展时，为了保持国民经济均衡发展，必须依靠技术进步，研制和开发效率高、成本低、寿命长、负荷适应性强的能源转换设备。同时还要通过技术改造和经济结构的改革大力节约能源，从而使有限的可用能源，在转换为电能和其他动力时能够发挥更大的效益。因而，在近期内能源的开发和节约并重，并把节约放在重要的位置，是我国动力工程发展的一项重要方针。

(二) 动力工程的发展必须与工农业生产各部门和人民生活的实际需要相适应。

近年来我国工农业生产和人民生活用电增长很快。随着农村经济改革和城市体制改革的继续深入，将会带来更大的影响。预计我国2000年各部门需要的电力在12000亿度以上，需要装机容量为24000万千瓦以上。因而发电设备的制造和开发任务是十分繁重的。与此同时，随着工农业各部门的发展，还需要提供消耗大量能源的工业驱动和供热动力装置，估计2000年前将需要成百万千瓦的工业汽轮机和几十万蒸吨的工业锅炉。

(三) 动力工程的发展还必须与我国的能源结构相适应。

我国是世界上能源资源比较丰富的国家之一，据已公布的有关资料，我国能源资源的蕴藏和开发情况如下：

1、水力资源 我国的水力资源十分丰富。理论蕴藏量为6.72亿千瓦，占世界50.5亿千瓦的13.3%；可开发的水电装机容量为3.78亿千瓦，为世界可开发的装机容量22.6亿千瓦的17%，居世界首位。然而，到1983年止，我国水力资源发电利用程度仅为4.5%，占当年全国总发电量的24.6%。

2、煤炭资源 我国煤炭资源十分丰富，地下2000米以内的煤炭远景储量有五万吨，其中已探明的约七千亿吨。但是，由于煤炭的地理分布极不均匀，因而火电机组和工业锅炉对煤炭品种的要求和煤炭的运输供应，将是我国动力工程发展过程中的一个重要的制约因素。我国原煤产量1984年为7亿吨，居世界第三位。其中用于发电的煤炭约占原煤产量的20%，用于工业锅炉的煤炭约占1/3。估计2000年原煤产量可以翻一番以上，超过12亿吨。因此，到2000年为止，煤炭仍将是我国的主要一次能源。

3、石油资源 我国1980年已探明的石油可采储量为14.17亿吨。近年来，年采油量已超过一亿吨，居世界第六位。其中用于发电的燃料油约为石油产量的八分之一，用燃料油的发电量约占总发电量的六分之一。估计2000年石油产量可以达到翻一番以上。但是仍应尽量降低固定式动力机械使用燃料油的百分比。

4、核能资源 据全国三分之一地区的普查结果，已探明铀储量中能用于发电部分的核资源，足供我国近三十年核电发展的需要。

5、其他再生能源 除了水力以外，风能，太阳能、海洋能、地热能 and 生物质能都可利用以转换成电能或热能。我国这些资源都很丰富，应区别情况，在技术成熟、经济合理的基础上逐步加以应用。

(四) 动力工程的发展还必须依靠科学技术的进步

近代动力工程的发展离不开近代科学技术的进步。在新技术革命的浪潮已波及到各个技术领域的今天，动力工程的发展和其他工程技术一样，除了依靠传统的数学、物理、化学及其分支，如热工学、力学、燃烧、传热等基础科学的发展以外，还必须依靠近百种有关应用科学和近代交叉科学技术的发展。例如，新的设计方法要依靠大量新的设备机理、系统工程、可靠性工程、模拟技术、电子计算机技术等的发展，新型材料的应用要依靠有关冶金、化工、电子、燃料等新科学的进步，先进的制造工艺又要依靠各种新兴冷热加工技术及微电子、激光、检测等新技术乃至工业机器人的掌握。为此，只有不断依靠新的科学技术的进步，动力工程才能发展到一个新的水平。

三、到2000年中国动力工程发展的主要努力方向

到2000年，我国发电设备的装机容量应达到翻两番的目标，即由1980年的6050万千瓦增加到2.4亿千瓦以上。至于我国发电设备制造业需要提供的数量，既要考虑到部分现有机组的退役，又要考虑电力建设必要的超前期等等，因而任务十分艰巨。根据我国的能源构成情况，我国发电设备的生产和科学技术，在2000年以前仍将以燃煤的火电设备为主，逐步把重点转移到水电设备上，核电设备可以作为一种补充。即二十年内火电设备约需要1.5亿千瓦以上，水电设备约需要6000万千瓦以上，核电需要500~100万千瓦。同时，要因地制宜地开发风力、地热、太阳能、海洋能、生物质能以及联合循环等多种发电设备，以满足在电力建设中采取大中小并举、网内网外并举、国家办电与集体办电并举等一系列方针的需要。

与此同时，在消耗大量煤炭资源的工业锅炉和一切其他能源装备中，都要采取一切可能的途径，从系统上、从单机上，尽量提高其能源转换效率，降低耗损，尽可能在有限的一次能源和可以利用的再生能源的基础上，取得更大的经济效益，创造更多的财富。

(一) 火力发电设备

由于我国煤炭资源丰富，加之火电设备造价较低，建设周期较短，收效较快，火电设备仍将是解决我国用电需要的主力。估计到2000年我国火电的装机容量有可能接近2亿千瓦。在今后的十几年里，我国火电设备开发的主要努力方向是：

1. 增加大容量机组，降低耗煤 目前，国产10万、12.5万、20万、30万千瓦火电机组是我国各电网中的骨干。随着电网的增大，在第七个五年计划中，进一步优化的国产20万、30万千瓦机组以及采用引进技术的30万和少量60万千瓦机组将成为主力，今后还将逐渐转到以60万千瓦机组及更大的机组为主力。这样，可望火电设备的可靠性、经济性、负荷适应性到九十年代将达到一个新的水平，使我国到2000年左右大型火电机组的平均煤耗接近当时国外同类机组的先进水平，估计在330克/度左右。

2. 改造老电厂, 提高机组运行的经济性 在我国目前火电机组的构成中, 大约有1200万千瓦是单机2.5万千瓦以下的中低压机组。这些机组的参数和效率较低, 平均供电煤耗在500克/度以上。有些2.5万千瓦以上的机组目前技术经济指标也较低。对于这些老机组, 根据当地电力供应情况, 一部分可逐步予以淘汰或转移到网外或坑口电厂使用; 另一部分可以进行技术改造, 包括改为供热机组或联合循环机组, 以提高它们的发电效率。

3. 发展热电联供机组 发展热电联供可以提高能源利用率, 大量节约能源。我国供热机组仅占火电机组总容量的13%左右, 最大供热机组为双抽汽高压5万千瓦, 与国外先进水平差距很大。因此, 在今后十多年里, 应建设一批采用高参数的大容量供热机组, 如计划在北京石景山电厂新建的20万千瓦供热机组和在太原热电厂新建的30万千瓦供热机组。同时, 在工业热用户集中或需要生活供热的地区, 宜将一些凝汽式电厂的小机组改装或拆除后新建大型供热机组, 以提高热能利用。

4. 发展超临界或近临界参数机组 超临界压力机组采用的蒸汽压力高于临界压力(225.65公斤/厘米²), 根据所采用的蒸汽参数的高低, 与亚临界机组相比, 可以节约燃料2~10%。过去, 国外有些超临界机组的设计结构、制造工艺、材料以及辅机等在技术上不够成熟, 机组投运后可用率较低, 因而未能充分发挥其经济效益。近年来情况已有改善, 可用率可达90%左右。为了节约一次能源, 我国应及早进行超临界机组的开发。国外在以核电承担基本负荷而以火电承担中间负荷的情况下, 许多国家还发展了蒸汽压力在200公斤/厘米²以上的近临界参数的锅炉汽轮机组, 其锅炉采用围绕上升式管圈, 可带很低的负荷运行。因此, 我国为进一步提高火电机组水平, 降低煤耗, 要及早开展超临界和近临界参数机组的前期科研工作; 并有选择地引进一些国外成熟的超临界机组技术, 力争在九十年代初期生产和掌握超临界或近临界参数机组, 使之早日成为主力机组之一。

5. 广泛采用计算机和微处理机以提高发电设备的水平 随着电子技术和计算机的发展, 无论在发电设备的产品开发方面(包括研究、试验、设计、计算、制造、加工、搬运、调试、生产管理和信息采集过程), 或是在发电设备的自动化方面, 国外都已广泛使用计算机或微处理机。我国应创造条件积极采用。在提高机组的自动化水平方面, 我们的目标应是: 提高主、辅机的可控性, 发展先进可靠的自动化仪表和操作机构, 同时, 广泛地采用微处理机对各个局部系统完成调节、程控和数据处理等功能, 然后经过中央通道由主控机进行控制。

6. 提高大型火电机组的调峰性能 我国多数电网的昼夜峰差主要由火电机组承担。但原国产机组都是按定压运行及带基本负荷进行设计的, 因而负荷适应性较差, 不能满足调峰要求, 造成运行调度困难, 增加发电成本。应在加快引进技术的机组进行批量生产和投运的同时, 在国产机组优化设计中, 尽量提高其快速启停、负荷调节灵活和低负荷运行的能力。

7. 在中小型坑口电厂中采用沸腾燃烧锅炉 坑口电站可以减轻煤炭和灰渣运输, 充分利用低热值煤炭、煤矸石和洗煤脚, 并开展综合利用, 从而降低发电成本。我国已经发展并成功运行的沸腾燃烧锅炉, 是解决燃用这些劣质燃料的设备之一。因此, 在尽可

能建设一些大型坑口常规火电厂的同时,可在坑口建设若干中小型沸腾锅炉的电厂。当然,在发展这种坑口电厂时,从系统工程和综合经济效益上看,还有一些技术问题应该研究解决,如各种燃料燃烧特性的掌握,所需专用设备、辅机的供应,干式冷却塔的技术开发,灰渣的综合利用等等。可以预计,到九十年代,我国在坑口安装总容量近百万千瓦采用沸腾锅炉的发电设备是现实的。

(二) 水电设备

我国水力资源十分丰富,今后应尽可能地开发水电。由于水电建设初次投资大、建设周期较长以及我国水力资源分布的状况,预测2000年水电总装机容量也可以在1980年约2000万千瓦的基础上翻两番,即达到8000万千瓦。届时水电开发容量将占我国可开发水力资源的20%以上,并使水电发电量占总发电量的比重保持在20~25%。这样,我国在2000年前至少要制造和安装大、中型机组5000万千瓦,农村小型机组1000万千瓦左右,并投入运行。今后水电设备建设的主要任务是:

1.增大单机容量 水轮机向大容量、大尺寸发展,可以降低水电站投资和总体造价。目前国内已运行的最大单机容量为刘家峡及白山的30万千瓦机组,正在安装中的最大机组为龙羊峡的32万千瓦机组。为适应三峡等大型水电站开发的需要,应尽量采用转轮直径在8米以上、单机容量在40~50万千瓦以上的巨型混流式机组。在平原地区,要根据具体条件发展低水头、大流量的立轴转桨式机组和灯泡式、贯流式机组。

2.充实原有生产试验能力,新建江边大件制造基地 为适应今后发展需要,首先要在挖掘现有生产厂潜力的同时,适当充实其薄弱环节,特别是装焊和大型金工设备能力,包括增加一些加工水轮机大叶片的数控镗铣专用设备,发展抗汽蚀和抗泥沙磨损的新材料,采用叶片热弯成形、在易损部位堆焊或喷焊等新工艺,使水电设备生产能力和质量有较大幅度的提高。除此以外,为了满足巨型混流式转轮及其他大部件制造后能整体运输的需要(预期三峡机组的转轮将重470吨),尚需新建江边(或海边)的生产制造基地,并解决大件加工、热处理和静平衡等工艺问题。

3.提高机组的水力性能及其运行稳定性 由于我国过去水力试验的测试手段和水力计算手段比较落后,国内机组的水力性能(包括效率、汽蚀性能)和使用的比转速与国外先进水平相比,都有一定的差距。近来,国内有些研究机构已经安装了具有先进测试手段的高水头试验台。应尽快掌握其测试技术,然后利用这些试验台,将国内的与国外的(包括拟引进机组的)模型进行对比试验,搞清实际存在的差距及改进的途径,从而能较快地提高原有转轮型谱的主要参数。与此同时,还应通过试验研究,提高机组的动态振动性能和优化通流部分的水力性能。

4.提高水电机组自动调节系统和自动化元件的可靠性 目前,自动调节系统由于自动化元件质量问题,其可靠性与国外的相比,有一定差距。应在掌握引进调速器、油压设备及有关自动化元件技术性能的基础上,结合我国自己的经验,使国产水电机组自动化的可靠性有较大提高。

5.大力发展中小型水电机组 我国幅员辽阔。为满足广大农村用电需要,还必须大力发展网内网外中小型水电机组,以弥补目前大电网之不足。但是,目前使用的中、小型水轮机的系列型谱是七十年代初制定的,使用的转轮性能属六十年代水平。为了提高产品

的性能和降低成本，必须按照近年来取得的科技成果，对中、小型水轮机的系列型谱进行修订，并进一步提高其系列化、标准化和通用化的水平。适用于低水头的中小型水轮机，还可采用贯流式机组，以提高其水力性能和降低电站造价。我国在小水电方面，已开始打入国际市场，还需进一步提高其自动化程度和可靠性、机组的成套性以及设计和制造质量，争取更好的发展前景。

（三）核电设备

从现在起到2000年是我国建设一批百万千瓦级核电站及相应的制造体系的发展阶段。根据目前的规划，我国届时将有1000万千瓦核电机组投运，并具有每年生产一至二套的能力。这样，到2000年，我们在核动力方面的生产技术将达到八十年代的国际水平。

开发核电技术是我国动力工业中一次重大的产品升级。这项技术引进工作将通过分阶段的合作设计和合作生产来实现。按照核电建设的进度要求，我们在1990年前就应形成成套设备的设计和制造能力，从而为下一阶段的发展打下良好的基础。实现这一任务的关键是要做好引进技术的消化与掌握。核动力设备的系统多，接口多，技术难度高，安全要求严，必须认真对待。特别是关于现有工厂的技术改造、研究试验工作的布点、采用先进而合理的标准、立足国内材料和培训合格的人员等方面都需要加倍努力，定出规划，务必完成。

有人预测，1990年全世界的核电站装机容量可达4.3亿千瓦，到2000年可达10亿千瓦，核发电量将占总发电量的23%之多。我国通过引进技术，实现设备国产化之后，可以期望核电在下个世纪会有更大的发展。因此，在2000年前，我们不应以翻版生产引进技术的设备为满足，而应考虑进一步的发展。

压水堆核电站中对铀资源的利用率不超过0.7%，而快中子增殖堆对铀资源的利用率可达60~70%，这是提高一次能源的利用率最现实最有效的途径。预计本世纪末，快堆将达到商用阶段。我国不少专家提出了发展快堆的建议，根据我国铀资源的已探明储量，认为在2005到2010年间必须开始运行大型快堆，才能保证我国核电的不断增长。因此我们应该及早订出研制的规划，开展工作。

除了上述的压水堆及快堆外，国内有些单位在进行供热反应堆、高温气冷堆以及改进型的反应堆等的研究工作，为了使核能在更广泛的用途和更大规模上为四化建设服务，这些都是具有很大意义的。

（四）工业锅炉与工业汽轮机

1. 在工业锅炉方面 根据初步预测，到2000年，我国工业锅炉耗煤量仍将占原煤总产量的30%左右。目前一般工业锅炉效率低的一个主要原因是实际使用的煤种与设计的煤种不相符。因此，合理地、稳定地供应工业锅炉用煤是当务之急，因为这可以较大幅度地提高工业锅炉的运行热效率。建议在燃料分配上采取必要的措施。热水锅炉具有输送距离较远、管道保温较输送蒸汽好、热损耗较少等优点，故在品种和配套的辅机上都应进一步发展。

可以预见，通过煤种的合理供应和设备更新、改造、换代，到本世纪末工业锅炉运行效率可以普遍达到75~80%。为达到此目标，主要应对以下几方面进行改造：①改进链条炉排的密封和配风装置；②发展工业锅炉专用燃烧自动控制和专用检测仪表，如氧

量监测仪等；③发展新型绝热性能好、外形美观的炉墙结构；④发展4吨/时到20吨/时容量组合快装、水管锅炉系列；⑤提高风机、水泵、阀门、水处理设备和除尘装置等辅机的质量和性能。

国内一般工业锅炉的蓄热量都较少，对负荷波动剧烈的热用户难以适应。为使锅炉能安全运行、节约燃料，应积极发展热水蓄热器和蒸汽蓄热器的产品，使之配合锅炉运行，以炉外蓄热方法来平衡高峰负荷，稳定锅炉燃烧工况。

2.在工业汽轮机方面 为了满足广大用户日益增长的各种需要，今后必须继续发展工业汽轮机的品种、规格，尤其是应按“积木块”原理开发新系列和新机型。不仅要在引进技术的基础上发展高效率的多级工业汽轮机，还要发展简单、可靠、低价的发电及驱动用工业汽轮机系列；不仅要发展中压、高压以至超高压参数的品种、规格，还必须提高产品的可靠性，以保证其在用户的工艺流程中安全、稳定运行。在开发新型高速高效工业汽轮机的过程中，应针对其热力系统、叶片强度振动的安全准则、标准叶根、新型调速器和调节阀、汽封、轴承、齿轮箱等关键技术问题开展必要的试验研究工作。

(五) 燃气轮机和燃气蒸汽联合循环发电装置

我国目前石油工业形势很好。估计在油气田附近、在油气输送管道中、在海洋平台上、在机车上、在小型驱动动力中和在配合燃气蒸汽联合循环机组方面，燃气轮机的应用都有良好的前景。但是，由于和燃气轮机有关的各专门技术，我国的水平与国外差距很大，故应在充分发挥现有潜力，并借鉴蒸汽轮机和航空和船用发动机的技术成果的基础上，制订技术攻关方案，进行产品科研与开发工作，并分阶段地研制出各种新的燃气轮机品种，以满足四化的需要。

以石油或天然气为燃料的燃气蒸汽联合循环发电装置具有效率高、占地面积小、投资省、用水少、建设周期短、启动方便等优点。国外已有几十台在运行。在我国急需用电地区，及有油、气供应的油田附近都可因地制宜地采用这种联合循环装置。

对于以煤为燃料的燃气蒸汽联合循环发电装置，国外已有一些示范电厂，看来很有前途。在掌握了新的煤的气化技术或沸腾燃烧（常压的或加压的）技术后，这种装置也是解决烟气中 SO_2 和 NO_x 污染的有效方式。

为此，我国应积极开展燃用重油燃气轮机的研究，开展煤炭气化、高温烟气净化、低热值煤气燃烧器、高温燃气轮机，以及常压或加压沸腾燃烧技术、加热器材料和传热技术等试验研究工作，并建立若干试验和示范性装置。

(六) 新能源（主要指再生能源）装置的开发

1. 风力发电装置

估计全世界的风力发电装置有一万台以上。风机按其容量、技术难度和运行方式，大致可以分为：小于1千瓦的微型风机，1~100千瓦的小型风机，100~500千瓦的中型风机和大于500千瓦的大型风机。目前微型装置多用于独立发电，其余大都并入电网运行。国外中小型风力发电装置发展很快，有的将几十台甚至几百台装在一个风口地区联网运行，其发电成本可与常规发电机组相抗衡。至于大型风机，很多国家虽有试验机组，但都因技术复杂而尚未定型和批量生产。

我国风力资源丰富，自1960年左右开始研制风机以来，已有三十多个型号，其中有

十几个型号已经过鉴定。有些微型机已批量生产，甚至出口。但因人力、单位分散，未能形成攻坚力量来进一步开发小型、中型乃至大型的风力发电装置系列。如果能够把有关方面的工作更好地协调起来，制定可行的规划，估计到2000年我国可以建成总装机100万千瓦以上的风力发电装置，以供应电网和农村的用电需要。

2. 太阳能发电装置

近年来，许多国家对太阳能热发电和太阳能光发电都进行了不少的研究和开发工作。在太阳能热发电方面，国外已有几个示范性装置，有的甚至大于1万千瓦。我国也已研制了一台设计容量为5千瓦的装置，但由于还有不少技术关键没有解决，在可用率和发电成本等方面，都还不能和常规发电设备相比。在太阳能光发电方面，由于光电转换材料有了长足进展，1983年世界上光电池的销售量已达21,700千瓦，分别采用单晶硅型的，多晶硅型和非晶硅型太阳能电池。目前用单晶硅型的较多，但非晶硅型的也很有前途。有人估计，到1990年，硅电池造价将降到1.5美元/峰瓦，而到2000年，可能降到0.35美元/峰瓦。还有人估计，到2010年太阳能电池装机容量将超过一亿千瓦。因而太阳能电池是一种非常有前途的发电装置。

近年来，我国太阳能电池技术发展很快。单晶硅太阳能电池的效率达9~12%，年产量约24千瓦（硅片最大直径为75毫米）。浇铸多晶硅铸锭直径已达100毫米，所制成的电池效率达6~7%。非晶态硅太阳电池国内也已取得不少成果。目前有些单位正在准备引进技术以进一步发展太阳能光伏发电技术。

可以设想，经过努力，我国到2000年每年生产的太阳能光电池产量可能达到1000千瓦，到2010年达到10万千瓦。

3. 地热发电

地热的资源也是很丰富的，有多种存在的形式，有以汽为主的，有以水为主的，还有干热岩、熔岩等。国外有近二十个国家利用地热发电，总容量达300万千瓦以上。他们多采用扩容式汽轮机组或双工质循环发电机组。但一般只有在在地热源温度高于150°C，而且稳定的情况下，才会有较高的电站经济效益。

我国地热资源虽然分布很广，但除西藏、云南以外水温大多在100°C以下。因而在已建成的地热电站中，只有西藏的羊八井电站，目前共有7000千瓦的发电设备可以经常提供当地部分电力。

今后，随着我国较深地层地热资源的普查、双工质循环机组的开发与应用，以及防腐蚀材料等有关技术的进步，我国地热发电机组将会有相应的发展。

4. 其他再生能源发电

除了上述水力和几种再生能源（风能、太阳能、地热）可以在2000年以前的动力工程中发挥较多的作用外，还有一些其他的再生能源也可以在我国或国外用来发电，如潮汐能、波浪能、生物质能等。如我国浙江江厦的潮汐电站已装有500千瓦和800千瓦机组；上海、广州有关单位曾先后研制出用作航标灯的波浪发电机；不少地方建立了小型沼气发电装置。总之，利用再生能源的方法和装备型式很多，需要进一步加以研究探讨，在有条件的情况下组织一定的力量进行开发。

（七）动力工程的节能

对于动力工程的节能,应考虑到多层次总能系统优化的原则,即将能源按品种及品位的梯级综合利用,从而使能源在各个层次上都得到较优化的利用。

根据这个原则,可以采取多种措施节约一次能源,用以发出更多的电力。措施包括:

1.从供热系统中节能。主要有:采用集中供热系统,扩大工业锅炉容量,改善管道保温,采用疏水阀以及回收凝结水等,以提高热能利用率。

2.低温余热的利用。采取低沸点工质循环的透平发电机组,将各工业流程中大量 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 以下低温余热回收,用以发电。

3.采用各种储能设备。在近期内主要是推广能够扩大工业锅炉供汽能力的蒸汽蓄热器和发展电站抽水蓄能技术。

4.推广热泵的应用,以求用较少的电能从低温热源中提取较多的热能。

5.开展煤炭综合利用,以提高煤炭的热利用效果。

当前,大多民用煤和不少工业用煤的热利用率都不高。应尽可能将煤的气化、液化工艺与很多工业和生活用煤的工艺结合起来综合利用,这既可提高煤炭的热利用率,也可生产更多的电力。

四、促进动力工程发展的几个方针性问题

根据上述情况,为了我国的四化和今后的建设,我国动力工程领域的任务,和在其它领域一样,是非常艰巨的。那么,什么是促进我国动力工程科学技术发展的主要方针呢?

一个世纪以来,随着工业的发展,世界各国的常规煤、油、气、化石燃料都正在先后趋于枯竭。为了尽量节约化石燃料,充分利用核能资源和再生能源,很多工业国家大都成立专门管理机构、组织制定长、中、近期发展计划,并对其中重要的技术开发项目拨出专款,并组织科研机构、高等院校、工厂和使用部门对多种技术方案开展试验研究工作和新产品开发工作。

国内外的经验告诉我们,在节能方面,一般通过广泛动员组织,便能在近期内收到一定的效果。但对许多新型或大型的动力设备,大都需从原理试验研究、原型装置试验、示范装置试验到批量生产几个开发阶段,而在每个阶段中,都必须对许多有关的科学技术问题进行大量的试验研究工作,找到最佳方案,再运用于装置中去。整个周期需要十到二十年之久。

因此,为了促进我国动力工程的发展,需要着重考虑以下几个方面:

(一)要科学地制订我国动力工程发展的技术政策。

影响动力工程发展的因素是多方面的。重大的技术政策必须经过认真调查研究、充分论证,慎重作出决定,力求技术政策的长期稳定。因此,要充分发挥有关组织、学术团体和专家的智囊团的作用。要尽量防止决策多变和不必要的失误。

(二)要制订动力工程科研发展规划。

由于动力工程新技术开发的特点是需要较长的周期、较多的人力财力物力,因此,

必须科研先行，并制订中期和长期的滚动式科技发展和产品开发规划。规划内容应包括科研任务、产品开发、人才培养、基地建设以及任务协调和财务预算等。规划经国家批准后，由国家分期下达指令计划或签订合同，定期拨给资金并经常检查，使规划落到实处。目前工业发达国家对于发展新型动力设备和科学技术却有类似的规划。

(三) 建议国家建立动力工程发展基金。

这也是近年来主要工业发达国家针对动力工程的特点广为采取的措施之一。他们对认为有前途的科研课题和新型的动力设备的开发都经过充分论证和评议后，列入国家规划，并按项目分年度下拨经费给归口专业的科技机构由其再与承担分课题的单位签订协议。历史的经验教训告诉我们，如果像过去那样，等到工程项目定了才考虑研究基地和科研经费，就不可能做到科研先行和对有发展前途的新型动力设备进行的前期工作，就必然使我国的动力设备的技术水平永远落在人家后面，一步一步地爬行。

(四) 要妥善地对待技术引进。

为了加快四化建设和缩短产品开发周期，适当地购买外国设备和引进先进的技术是完全必要的。但是，今后应当防止买机和买技术脱节而造成损失，防止重复引进或引进国内已掌握的技术而造成浪费，防止同一种产品因引进了许多国家的不同技术而造成材料、标准方面的混乱，防止不创造条件认真消化引进技术而造成不断地向国外购买设备、配套件和原材料的状况，防止不去充分利用长期引进技术的合同而另外再引进的现象，防止引进技术后互相封锁的现象。建议有关部门和组织经常总结交流引进中的经验教训，以发挥引进工作的效益。同时必须投入足够的资金和人力，消化和掌握引进的技术，并加速产品国产化。

(五) 加快对动力设备制造工厂进行技术改造，提高工艺和检测水平。

我国已有的动力设备工厂数量多，但一般设备多，而技术改造迟缓，因而难以承担先进新产品的开发任务。正如近代战争需要现代化的武器一样，许多先进的产品是靠先进的工艺和加工、检测设备来保证的。因此为了完成动力设备翻两番的任务，既要发挥我国已有的生产能力，包括军工工厂的生产能力，又必须加快充实现有工厂一部分必要的先进设备，发展先进工艺。根据我国现有的生产基础，不少重点企业只要进行适当的技术改造，包括增添少量先进的加工设备和检测设备，便可使产量有较大的增长，使质量有较大的提高。这是解决我国动力设备工厂生产能力的有力措施之一。

(六) 提高职工队伍的素质，加强科技队伍。

我国动力设备制造业人数不算少，但水平不高。具体表现在：管理人员缺乏组织管理现代化生产和科研工作的素质；科技人员比例太低，而且专业不配套；工人基本功差，关键工种缺少高级技工。这种状况必须迅速改变，才能建设一支攻坚的队伍，来完成今后日益艰巨的任务。

为此，到2000年这段时间里，一方面要通过多种培训方式，普遍而切实地提高现有职工队伍的水平。与此同时，教育系统应有计划地向动力设备制造业输送各类专业的毕业生。粗略估计2000年前共需要研究生2000名，大学生20,000名，大专生10,000名，中专生10,000人，共42,000名。

(七) 努力进入国际市场