

贯彻,表现形式是左右摇摆。我国总的来说是以常规能源为主,但从长远出发,应因地制宜,在不同地区,发展多样化的能源结构。开发新能源又是完全必要的。可是,在许多情况下,又忽视了新能源的研究,由于过分强调直接的经济效益,有些新能源的研究课题,因为没有经费,几乎难于生存。

这样,我国就必须制定发展能源科学基础和应用研究的规划,明确指导思想,分别轻重缓急,并注意各学科的平行发展。

另外,仿照和应用先行、一哄而上,在低技术水平上重复,以至浪费人力物力,往往是我国能源科学研究的一个弱点。为了克服这一弱点,建议在重要的分支学科中建立国家研究中心,比如煤炭石油科学、工程热物理科学,新能源,能源材料等研究中心,通过这些中心来加强对该分支学科的研究、开发、以至经费分配的指导,并作出统一部署。

工 程 科 学

工程科学调研组*

一、引 言

工程科学在很大程度上是从工程实践中提炼并发展起来的,但它的许多原理来自数学、力学、物理学、化学、生物学、地球科学,且同信息科学、材料科学、光电科学、能源科学、医学及农学等学科息息相关。工程科学为这些学科的发展所推动,同时反过来也推动着这些学科的发展,并在其自身发展的过程中不断吸取这些学科的最新成果。

工程是人类文明的一个象征,是工程技术的理性概括和先导,并对保障工程质量和功能及生产和社会的发展具有重要意义。

1. 机械工程学是机械工业的科学基础。过去,机械工业在人类文明的发展史上,曾经起过重大的推动作用,蒸汽机的出现引起了第一次产业革命。今天,机械工业仍然是工业发达国家的支柱产业。机械工程学对于突破机械工业的重大技术关键,促进机械产品向高性能、高参数发展,提高产品质量和可靠性;对于机电产品设计方法和制造技术的革新,促进生产自动化,提高生产效率,已经并将继续起着越来越重要的作用。

2. 建筑和水利工学是发展建筑业、城乡建设和水利事业的技术支柱。建筑业是国民经济的支柱产业,它同城乡建设事业以及人民的衣食住行和社会生产密切相关。水利则关系水资源的有效合理利用和减轻自然灾害。建筑和水利工程的特点是位置固定、单位生产、体积庞大,因而生产流动、周期性长、工艺不定型、耗资大。例如,建国以来,在城市和工矿区已建成的各类建筑达31亿多平方米,高度在15米以上的水坝共有8万多座。这些工程在长期自然环境和使用环境的作用下,逐渐损坏,但我们对其损坏机理和耐久性却所知不多,而这个问题直接关系到能否节约比建造费用大3~5倍的维修投资。由此可见各类工程损坏机理和耐久性研究之重要。

* 调研组成员:叶耀先 房贵如 朱培林 刘淑娟 刘承烈

3. 化学工程是推动化学工业发展的强大力量。本世纪初, 它一诞生就把化学工业从古老的作坊式生产改变为以科学技术为基础的大工业生产, 使大规模的酸、碱、盐工业生产、肥料工业、炼油工业得以建立。随后出现的传递过程原理和化学反应工程, 大大地改变了人们对化学生产过程的认识, 使炼油、化工等生产规模迅速扩大。60年代以来形成的生化工程、工程化学、颗粒学和计算机在化学工程中的应用等分支学科已经并将会进一步推动有关生产技术的发展。现在, 化学工程已渗透到化学工艺、金属提取、能源利用和转化、农林渔牧产品加工、原子能应用、纺织、食品、医药生产、环境污染的防治以及生物工程等许多新的领域, 正在对我国四化建设起着日益重大的作用。

4. 精密工程学是为航天、航空、核子、电子等尖端工业和科学研究创造先进设备和仪器的重要学科。我国精密产品, 少量生产常可达到要求, 但批量生产往往过不了关。其主要原因是未掌握其设计和工艺的机理和规律性, 而精密工程学的研究则可使此类问题获得解决。

二、国内外现状与发展趋势

(一) 国外现状与发展趋势

工程科学涉及材料、设计、制造、施工及运行等方面的技术与理论, 其现状与发展趋势有以下特点:

1. 工程可用材料的范围不断扩大, 进一步要求工程科学结合自身的特点对材料进行再研究。

由于新型材料的不断出现, 对原有材料性能的了解不断深入, 其性能不断被改善, 使工程可用材料的范围不断扩大, 并且进一步要求结合工程自身的特点对材料进行再研究。例如, 突破现有极限性能的强韧性、耐高温、耐低温、耐腐蚀、电磁、电热、超硬度等新型材料, 使机械产品的品种、性能和质量大为改观; 轻质、高强、耐久和多功能的建筑材料, 特别是铝合金、高分子材料制品及新型玻璃, 使建筑一改旧颜; 传统材料性能的不断改善, 使土石坝的最大高度达到了300米。

2. 新的边缘、交叉领域和分支学科不断出现。

这是当代科学发展的重要趋势和特点, 工程科学尤为突出。这方面的例子俯拾皆是, 例如: 激光、离子束、电子束、微波、超声、振动、电液、电磁、水束流、超塑、超导、光导等新技术或新载能体的引入, 形成了多种特种材料加工、复合加工工艺及高能密度切割、焊接、热处理、表面保护工艺; 系统工程、思维科学、人体科学、技术美学、价值工程的引入与渗透产生了设计学; 由于哲学、心理学、生态学、环境学、行为学、人文学、人体工程学、美学、技术科学以及计算机技术的引入与渗透, 建筑设计理论已由学院派、功能主义、科学操作主义发展到空间建筑学、环境建筑学和生态建筑学; 城乡规划已由一城一镇的孤立规划发展成为由国土规划、区域规划、地区规划、城镇规划、分区规划、建筑群规划组成的多层次的综合学科; 水利工程学已由单纯研究力学问题发展到研究改善社会生态环境、水利的宏观决策和战略性问题; 化学工程除已形成石油化工、核化工、生物化工、化工冶金等分支以外, 近年来又深入医学、环境科学和宇宙开发, 用化工观点和方法研究血液流动、物质通过膜的渗透、人造血浆、人工器官以及药物在人体器官内的传输; 用化工反应概念和方法研究大气中污染物的生成和迁移, 河流中污染物的分布和消

失等大规模的系统分析,研究在失重和真空条件下的化工过程和单元操作。

3. 现代测试技术、数值分析和电子计算机使工程科学更为理论化、定量化,使工程设计和制造走向科学化、精细化、自动化、最优化、柔性化。例如: CAD、CAAD、CAM、FMS、MIS、CIM 等技术使工程设计与生产过程走上了崭新的阶段,各种数据库的建立使人们很快就可以获得所需的信息,人们可以从屏幕上看到将要建造的工程、机器和工艺过程的内外各个角落和场所。实验、制图和数据处理已由人工操作发展为计算机在线作业,且能通过机器控制试验过程。

4. 工程科学同社会科学的结合带来了显著的效益

工程科学日益广泛地应用系统工程理论,工程学内部和各工程科学间的结合日益紧密,已由同自然科学的结合发展为既同自然科学又同社会科学的结合,而且这种结合已经带来了显著的效益。例如:城市规划学与土地利用学和经济学的结合形成了城市土地经济学,运用其原理和方法拟定的城市土地有偿使用政策,可以促进旧城更新和城市规划的实施;建筑工程学与经济学的结合形成了建筑经济学,运用其原理和方法可以编制行业发展规划,大型工程施工组织计划,从而可以缩短工期,降低成本,合理利用资源。

(二) 国内研究现状与存在的主要问题

据 1985 年底全国科学技术普查统计,全国从事机械、建筑、水利和化学工程方面的研究人员共约 37000 名,其中从事工程应用基础研究的不到 5%。研究机构多属有关产业部门、中国科学院和高等院校,应用基础研究经费每年约为 1000 万元左右。全国从事精密工学基础性研究人员不到 1000 人。经过 30 年的努力,我们在工程科学研究方面已经形成了一支队伍,具备了一定的物质基础。工程科学取得了一批成果,这些成果推动了工业的发展。但是,从国家四化建设需要看,还存在不少问题,主要是:

1. 国家对工程科学研究规划、协调工作注意不够。例如:对一些单项技术缺乏系统深入的机理探讨,因而未能形成完整的技术体系;对模拟技术与放大规律研究不够,拉长了试验到生产的周期;对交叉和边缘学科不够敏感,未能及时组织攻关;对试验设施和数据库的建立缺乏系统筹划,使用户浪费许多精力;研究力量布局不尽合理,研究工作常在低水平重复。

2. 国家对工程科学研究资助少,所获经费不能提成奖励,对单位和个人激励甚微,因而有的被迫转向直接经济效益高的研究领域。例如,中国科学院技术科学部所属研究所应是工程科学的主体研究力量,但是,现在绝大部分研究人员却在从事开发和产品研究。

3. 工程和产品的设计理论和方法陈旧,未注意基础数据的积累,对质量控制理论与可靠性、耐久性研究不够,甚至有些概念尚未确立,因而不能从根本上确保工程和质量与功能。

4. 科研队伍在结构、水平和数量上都与要求不相适应。

三、本学科的前沿领域和战略重点

工程科学是在实际需要的压力下诞生的,它的选题从来都是来源于工程实践,而不是来自人的自由思维。工艺研究是工程科学的极为重要的领域,也是国家工业发展的关键所在。工程科学研究要着力于解决实际问题,而不要去搞无用的繁琐哲学。

1. 工程科学的共同的前沿领域主要的有:

(1) 系统工程和规划设计理论: 着重研究将系统工程理论运用于工程实际, 完善城乡规划和大型工程与设备的系统设计和优化理论。

(2) 工程数据库: 着重研究建库理论, 并就工程材料性能、设计与制造参数、结构与产品数据等方面建立数据库。

(3) 生产工程: 着重研究生产组织及管理信息系统, 合理工艺及工艺流程、技术经济, 规模、生产率、质量、成本和最佳配合, 以及质量和可靠性保证体系等。

(4) 信息与技术传递理论: 研究从信息和技术源到用户的过程及加速传递的方法与理论。

(5) 柔性加工系统。

2. 机械工程科学方面的前沿领域和战略重点是:

(1) 机械产品设计理论、基础和方法: 机械产品正向成套、大型、精密、高效、高运行参数等方向发展。为适应这种形势, 必须根据产品的功能和服务条件, 应用设计学、机构学、机械传动、机械结构强度与振动、摩擦学、腐蚀及防护理论、环境适应性技术、技术美学、工程流体力学、工程热物理及电工学与电磁学等学科的最新成果, 研究机械产品的设计方法、依据和准则, 使产品设计建立在严谨的理论、科学实验和计算分析的基础之上, 以确保产品质量和功能, 缩短研制周期, 增强市场竞争能力。

(2) 机械工程材料应用理论基础: 着重研究金属及非金属材料的塑性、韧性合理配合的强度理论; 新型材料的无损检测理论; 计算机成份、组织、性能设计以及新型材料(高分子材料、精密陶瓷、微晶非晶材料及功能材料等)的应用理论。

(3) 机械制造工艺理论: 机械制造工艺包括材料的成形、加工及处理, 其重点研究问题有: 机械结构与系统的精度理论; 机械加工、特殊加工、铸造、锻压、焊接、热处理等工艺理论以及表面处理、粘接的物理化学过程、界面强化机理。

(4) 机械工业自动化基础理论和技术: 着重研究最佳控制理论的应用; 系统总体技术及生产自动化系统; 检测传感技术、信息处理技术及人工智能; 自动控制和伺服传动技术; 计算机仿真、模拟技术以及数控技术抗干扰原理等。

(5) 机电产品可靠性理论及技术基础: 根据我国机电产品发展之急需, 需着重研究可靠性管理、可靠性设计、可靠性试验评定、失效机理及失效分析等。

3. 建筑工程科学方面的前沿领域和战略重点是:

(1) 工程材料的性能与改善: 着重研究混凝土材料组成和结构、性能之间的关系; 混凝土的长期性能和耐久性能; 无机与有机材料的复合作用机理以及质量的检测与控制。

(2) 工程的损坏机理和耐久性: 目前着重研究混凝土的微观裂缝与宏观破坏, 长期冻融作用、混凝土碳化及内部钢筋锈蚀对混凝土结构耐久性影响、建筑用钢、木材料的保护以及工程耐久性计算方法。

(3) 工程抗灾理论: 工程灾害主要起因于地震、强风、洪水和大火。当前着重研究工程在灾害作用下的破损机理; 减轻工程危害的措施; 材料的耐火极限及不燃化措施; 以及灾害社会学等。

(4) 建筑经济理论: 着重研究建筑业改革理论; 现代建筑管理科学和建筑技术经济。

(5) 地基基础设计与工程勘察理论: 着重研究地基与结构相互作用理论; 建筑物地基沉

降计算理论;地基基础抗震理论;岩、土、水的物理力学性质;岩土体的勘探测试新技术以及宏观遥感技术等。

(6) 工程结构设计理论:着重研究工程结构的整体设计理论;各种结构材料与元件的合理本构关系及非线性计算分析理论;结构荷载与环境效应。

(7) 建筑环境设计理论与方法:建筑与环境设计实践需要有理论的指导,提高建筑物与环境作品的质量更需要有现代化与科学化的设计理论和方法为基础。我国建筑界目前基本上凭经验设计,因此应着重研究出有宏观概念、考虑多学科融合,与多元化社会结合的建筑环境设计理论与方法。

(8) 城乡规划、城市更新与土地利用:着重研究规划对象的经济合理的多种指标和模式,以形成有控制、有弹性、能发展的规划;城市老化评定方法与更新理论,以及土地有偿使用和合理利用理论等。

4. 水利工程学方面的前沿领域和战略重点是:

(1) 农田水利:着重研究地面、土壤、地下三水转移关系,水盐运动规律及治理理论;水利系统规划及灌溉水量的调配理论、节水技术以及农田最优土壤水条件及作物耐旱、盐、渍涝性能。

(2) 水文水资源:研究水循环、水气输送和水平衡分析及人类活动影响;水资源的优化利用;水文过程和工程水文参数以及暴雨洪水径流形成和水文预报、水文极值统计理论等。

(3) 泥沙运动:泥沙水流运动机理和输沙能力;高浓度含沙水流运动规律;冲积河床的河床演变;水土流失规律以及水库淤积及调水调沙。

(4) 水力学:研究高速水流的水力特征、紊流理论、空蚀机理和建筑物中的振动与水弹性;渐变不恒定明流及水波复杂问题计算方法;过流部件的过渡过程和动态特征以及新型消能方式和岩石河床冲刷机理与模拟方法等。

(5) 岩土工程力学:岩石力学性能和变形破坏机制;大型地表及地下工程岩体稳定分析理论及评价方法;土的工程特征、本构关系与渗流、固结;复杂应力状态下的断裂与液化问题以及高土石坝及地基的静动态变形稳定分析计算。

(6) 水工结构与抗震:结构物的可靠度分析和优化设计、温度控制与徐变应力;大坝抗滑稳定和复杂岩基处理;高坝抗震结构型式、材料控制、非线性动力分析及破坏机理以及水库诱发地震理论等。

(7) 水工材料:水工混凝土掺合物或外加剂的作用和机理;混凝土的断裂力学、多轴强度和耐久性;防渗、止水、修补和灌浆新材料及其应用理论以及土工织物和薄膜的特征与本构关系。

(8) 水利经济:节水经济理论;宏观分析与成本价格分析;以及工程综合经营效益等。

(9) 重大工程问题:长江综合治理规划及三峡工程;黄河水土保持治理及下游安全渡汛以及南水北调工程的效益及其对地区开发的影响等。

5. 化学工程学方面的前沿领域和战略重点是:

(1) 化学反应工程:着重进行多相化学反应工程和多相反应器的研究;加强化学反应工程和其它学科的结合,以发展新的边缘学科领域;将化学反应工程学的研究方法应用于工业过程的开发实践,为国民经济服务。

(2) 分离科学和工程:研究膜分离技术与其它单元操作相结合的新技术,如与生化反应蒸发相结合以浓缩生物制品等;加强萃取工程与设备的研究,如开发适用于生化的高粘度溶剂萃取设备,以及在电场等外力作用下液、固分离,液、液分离设备与工程,加强超临界萃取的研究。

(3) 颗粒学:着重研究颗粒特性、颗粒形态、颗粒数学、颗粒流体相关特性,颗粒的取样理论,超细粉末的制备以及微粒控制等。

(4) 生化工程:今后应加强生物反应器的放大研究;开发多种形式的生化反应器;进行新型分离技术与介质的开发,以及传感器、计算机控制和生物制品的分离与纯化等研究。

(5) 计算机在化学工程中的应用:当前计算机在化学工程的研究前沿有化学工程数据库、人工智能与专家系统、微型计算机上的实验室信息系统、化学研究与过程模拟、控制与优化;以及数据的采集、评价、通讯与检索等。

5. 精密工学方面的前沿领域和战略重点是:

(1) 微细加工:着重研究 $0.5-0.3\mu\text{m}$ 的微细图形的形成、传递机理,微细图形结构测量及精密定位方法,以及新的微细加工方法等。

(2) 超精密切削加工:包括超精切削加工表面的形成机理与过程;用单点金刚石刀超精切削光学玻璃材料的机理;以及超精切削中的在线测量与补偿技术等。

(3) 粒子束加工:目前应开展的课题是电子束曝光及掩模制作的机理及实用性以及离子溅射去除加工、注入加工机理及设备。

(4) 精密测量技术及设备:目前着重研究激光测量技术及关键元器件制作,非圆型面及形貌的非接触式测量方法和装置,以及精密测量中基础元件、精密测头与传感器等。

(5) 精密成形:包括精密冲压模具新材料的制备与特性分析及模压光学零件的模具复制机理及表面质量的研究。

(6) 生产软件系统基本问题的研究:包括可靠性高的基本软件系统;模型与实体间的精确对应;以及柔性模型的表现法。

(7) 超精密支承及传动的基础性研究:包括气体润滑的稳定性与刚度;谐波传动啮合分析理论和传递函数;动态特性的理论分析。

(8) 精密机构动力学的基础性研究:包括考虑杆件弹性变形,振动引起的受力、变形精度变化的机构动力学;计算机高速实时数据处理的机构实验动力学;以及应用计算机进行机器结构选择和优化参数的完善。

(9) 改善表面性能的基础性研究:包括研究改善表面润湿性;提高表面能,以强化润滑延长机件寿命;研究离子注入改善表面层结构及表面残余应力。

光 电 科 学

光电科学调研组*

光电科学是现代光学和电子学相结合的一门新兴的交叉学科。它是光学技术、光电技术

* 调研组成员:王育竹 姜文汉 唐九华 吴存恺 钱定榕 陈国夫 张合义 赵克功