

我国泵技术的研究现状与发展展望

江苏大学 施卫东

国家水泵及系统工程技术研究中心
江苏省流体机械工程技术研究中心
江苏大学流体机械工程技术研究中心
二〇一二年二月二十二日

目 录

- 一、概 述
- 二、泵行业发展概况
- 三、泵行业面临的国家需求
- 四、泵行业的研究现状
- 五、泵行业的发展展望

一、概述

- 泵是把原动机的机械能转换成液体能量的机械，是应用非常广泛的通用机械。泵按输送介质可分为水泵、油泵、化工泵等，以水泵为主；按照机械能转换方式可分为离心泵、容积泵以及其他原理工作泵，以离心泵为主。
- 泵行业是国民经济的基础性行业，对国民经济和社会发展发挥着重要作用。可以说，在国民经济的各部门和社会生活的各领域，凡是有液体流动之处，几乎都有泵在工作，而且技术越发展，泵的应用也就越广泛、作用越大。



● 主要应用范围有：农田排灌、城市给排水、石油化工、动力工程、矿山、电力、钢铁、纺织、机械、土木建筑、能源、交通、水利、航运、造船、航空航天、核电站、**环境保护、水处理**、轻工、食品等。可见泵是当然的耗能大户，提高泵技术水平对节约能源具有重要意义。



- 1955年，哈尔滨工业大学在前苏联专家的帮助下，正式成立了国内第一个水力机械专业。目前专业调整以后称为热能与动力工程专业（流体机械方向）。

主要从事泵教学和科研的高校：

江苏大学（原镇江农业机械学院）

兰州理工大学（原甘肃工业大学）

中国农业大学（原北京农机化学院）

华中科技大学（原华中工学院）

清华大学

西华大学（原四川工业学院）等



江苏大学的流体机械及工程学科是我国水泵行业唯一的“十五”、“十一五”国家重点学科，拥有国家水泵及系统工程技术研究中心，在我国水泵行业发挥着重要作用。

- 近年来，我国泵行业的技术水平有了较大的提高，通过引进吸收、更新改造、消化创新，使我国泵类新一代产品达到了国际 90年代初的水平，特别是某些重大技术装备的配套产品，有的已达到或接近国际同类产品的先进水平。
- 但是我国泵产品的总体技术水平仍然偏低，作为我们泵行业的同仁任重而道远。



二、泵行业发展概况

● (一) 国外泵行业概况

- 世界泵行业有约 1 万家制造厂商，市场竞争激烈，但行业集中度很高。根据McIlvaine公司《泵业市场资讯》统计，世界前 10 家泵制造厂商的销售额约占世界泵市场总量的50%。
- 美国ITT公司、日本荏原（EBARA）、丹麦格兰富（GRUNDFOS）、美国福斯（FLOWSERVE）、瑞士苏尔寿（SULZER）、英国威尔（WEIR）、德国凯士比（KSB）、德国威乐（WILO）、美国ROPERINDUSTRIES和德国普茨迈斯特（PUTZMEISTER）。
- 根据ITT公司和格兰富公司的2008年度报告，两公司2008年水泵销售额分别为38.4亿美元和25亿欧元。

- 目前，世界前 10 位的泵业生产商大部分已通过独资或合资的方式在国内建立了研发和生产基地。
- 另外，一些国外企业也通过设立办事处或代理商逐渐进入中国市场。外资（合资）企业的销售额占我国市场销售额的 23.8%。在华的外资（合资）企业主要服务于中、高端市场并为我国各重大工程提供产品。该类企业不仅为客户提供高质量的产品，并针对特定客户提供完整的系统解决方案以及相应的高附加值服务。
- 外资泵业企业已具备较强的竞争力。今后几年我国泵业市场的竞争将更加激烈。

（二）国内泵行业概况

- 中国泵行业企业总数估计 6000家，其中规模以上企业 3500家以上，产品种类约为 450个系列 5000多个品种。
- 与世界泵业市场相比，我国泵业市场集中度相对较低，没有市场地位显著突出的综合性泵业集团。但在几个主要市场领域，市场份额越来越向几个优势企业集中。
- 核用泵领域的沈鼓集团，耐酸泵领域的大耐泵业，杂质泵领域的石家庄强大泵业，给排水泵领域的上海凯泉、连成、东方，潜污泵领域的南京蓝深、江苏亚太，冲压焊接离心泵领域的杭州南方泵业，电站泵领域的上海KSB、上海电力修造厂，计量泵领域的重庆水泵，轴流泵、混流泵领域的无锡（日立）、湖南湘电长泵、高邮水泵厂，民用泵领域的浙江利欧、丰球、新界，等等。

- 据统计，我国泵行业 2009年实现销售收入超过 1000 亿元，行业的工业产值在 1080亿元左右，产销基本平衡。
- 台州温岭260亿元、温州永嘉100亿元、杭州50亿元、上海150亿元、山东60亿元、沈阳80亿元、大连60亿元、广州50亿元、江苏40亿元、北京天津30亿元、河北25亿元、长沙25亿元。另外河南、安徽、山西的泵产量也较可观。
- 近年来，泵行业保持高速增长势头，2007年增长率为 23.20% ，但因受到全球金融危机危机的影响， 2008年的增长速度有所回落，为13.5%。随着泵行业规模的快速发展和市场竞争的激烈化，泵行业的增长速度将趋于稳定。
- 预计未来五年，泵行业发展的速度在 13%-17%之间，行业的发展重点将由数量增长向品质提高转变。

- 过去几年，中国泵行业的技术发展趋势与世界泵业趋向一致，但总体技术水平较低，在高、精、尖、技术含量高的领域，泵产品供不应求。所以研发适应国内市场的高端泵产品，不失为泵阀企业生存下去的一条捷径。
- 中国泵行业发展存在很大空间，“十一五”期间，中国泵行业以 25%的平均速度发展。“十一五”期间，泵产品国内市场占有率达到 90%左右。
- 由于国家注重重大工程国产化率，因此，火电、核电和“三大化工”中的重点产品市场占有率已达 80%左右。
- 中国泵行业存在巨大的挑战，也存在极大的发展潜力，随着中国泵行业不断深入发展和不断取得进步，最终走向世界。

- 虽然泵行业发展很快，但是值得注意的是中国泵行业仍然面临几个突出问题：
- 一是产业结构性矛盾没有得到根本性解决。国内的泵制造企业基本上还停留在低端产品上，重复制造、重复建设现象严重。
- 二是产业集中度不高。目前为止庞大的泵制造群体，仍然没有形成几个可以引领行业发展的大型企业集团。
- 三是企业间的竞争还停留在价格战的层面上，有的企业为了占领市场，不惜以低于成本的价格参与竞标，这种混乱的市场竞争格局，导致中国的泵行业虽然经过 20年的发展，但始终没有形成合力，致使中国泵行业在国际上的竞争力得不到很快提升。

● 举例石化用泵

- 化工泵是石化生产装置中用量最大的转动设备，它像人的心脏输送血液那样把各种液体介质如原油、成品油、化工原料、中间产品和成品输送到其他地方。
- 一个中型炼油厂有**1000**多台泵，其中离心泵占**83%**，往复泵占**6%**，齿轮泵占**3%**，其余为螺杆泵和真空泵等。这些泵一般由电机驱动。
- 一个石化厂有**2000**多台泵，其中离心泵占**45%**，齿轮泵占**23%**，往复泵和螺杆泵占各**12%**，屏蔽泵占**6%**。
- 石化泵输送的介质压力由负压到**300MPa**，温度由零下**140℃**到零上近**500℃**，有的介质粘稠，有的还带有固体颗粒，输送介质大部分有腐蚀性。
- 石化泵是耗能最多的设备，用电约占全厂用电的**50%**。

- 我国石化用泵经过多年发展，品种较齐全，特别是改革开放以来引进不少国外先进技术，技术性能和产品质量有了很大提高。但总的来看与国外相比，还有不少差距。
- 一是泵的标准化、系列化和通用化程度差，各泵生产厂家自成系列，零部件标准化和互换性低，缺乏统一的标准，产品规格型号还满足不了石化发展的需要。
- 二是质量和可靠性较差，主要是因为国内耐腐蚀材料品种少或者选材不当以及加工精度不高。
- 三是泵的密封寿命低，品种少。国外机械密封寿命一般能达2年左右，国内石化泵尚未达到这个水平。
- 四是泵效率低，由于国内泵设计水力模型较差，加工精度不高，泵效率一般比国外低2%~3%。因此还有不少化工流程泵不得不从国外进口。

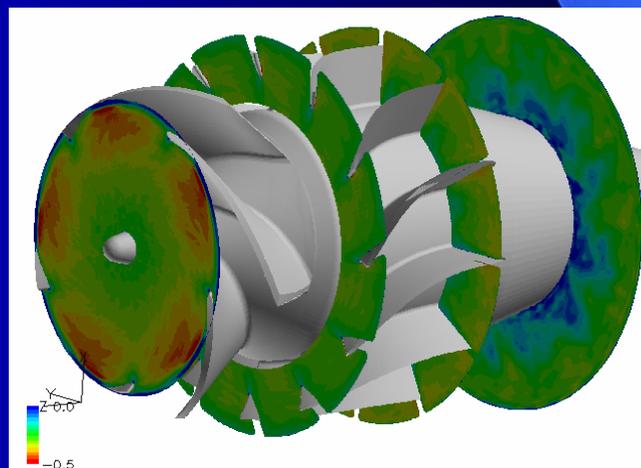
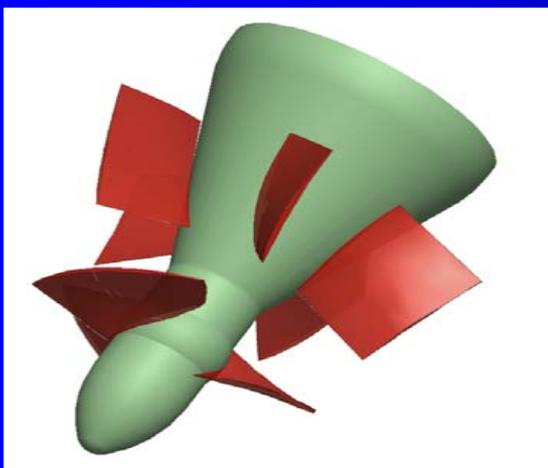
三、泵行业面临的国家需求

(一) 提高泵类产品效率，为贯彻国家节能减排政策服务。

泵是仅次于电机应用最为广泛的通用机械，也是国家节能工作的重要领域。据统计，泵的耗电量约占全国总发电量的 20%，耗油量约占全国总油耗的 5%。泵行业的节能技术工作已经成为当前国家节能工作的重要组成部分。



- 国家科技部和发改委联合颁布的《中国节能技术政策大纲》（2006）明确提出，要“发展、推广高效率的泵类设备。通过完善泵的三元流场、二相流分析计算方法，改进加工工艺，使泵的能效达到 83%~87%”。
- 《中华人民共和国节约能源法》（2007）提出，“国家鼓励工业企业采用高效、节能的电动机、锅炉、窑炉、风机、泵类等设备”。



- **（二）提高高端泵类产品的国产化率，为振兴装备制造业服务。**

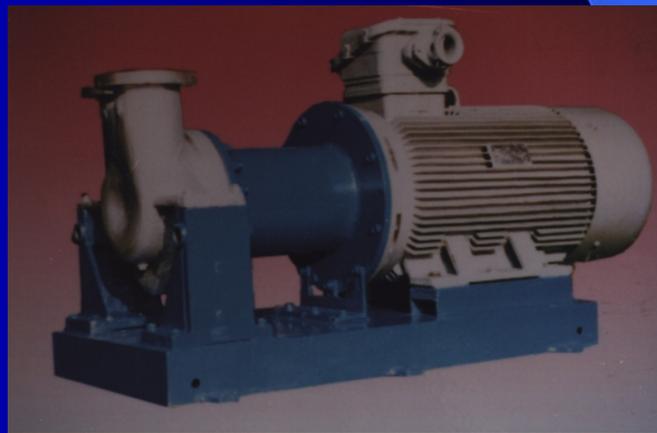
- 党中央和国务院高度重视装备制造业的发展，《国务院关于振兴装备制造业的若干意见》（2006）进一步明确了振兴装备制造业的若干重点领域，这些重点领域的大型成套装备涉及很多流体机械关键产品和关键技术。

- 比如，仅南水北调东线一期工程就规划建设13处、30座大型泵站，目前很多泵站的水力模型还需进一步研究。



在电力工业领域，60万kW以上煤电超超临界机组需要大型给水泵。未来20年，我国电力工业将以更高速度发展，每年新增装机容量将超过1亿千瓦，需要大量的特殊用泵。

在石油化学工业领域，百万吨乙烯装置中的特种泵国内仍然需要大量进口，煤制油装置中高温、高压、固体颗粒冲刷、强腐蚀条件对泵产品提出了极高的要求。



目前，全球共有447个核电机组正在运行，总装机容量为 3.8亿千瓦，约占全球总发电量的 16.2%。

有17个国家核电装机容量占其本国总发电量的25%以上。法国77%，韩国38%，日本36%，英国28%，美国20%。

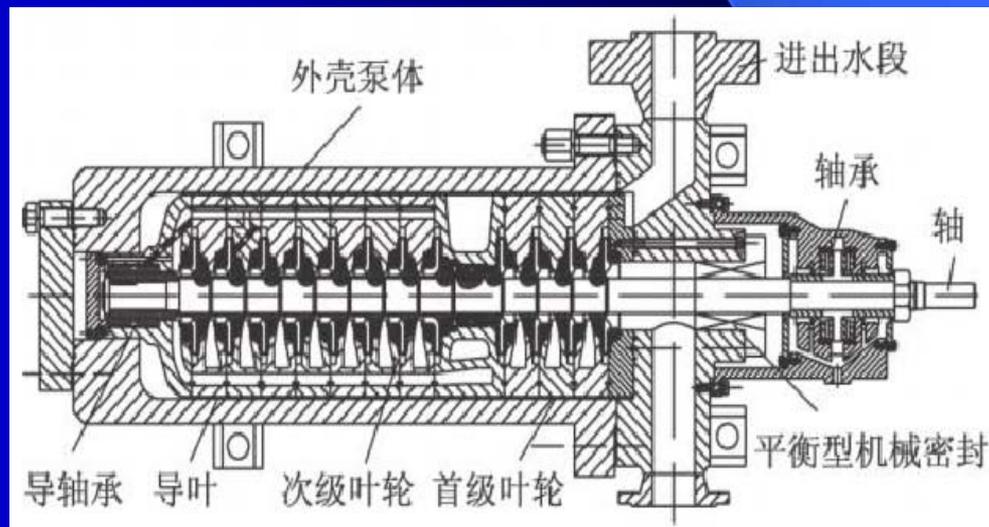
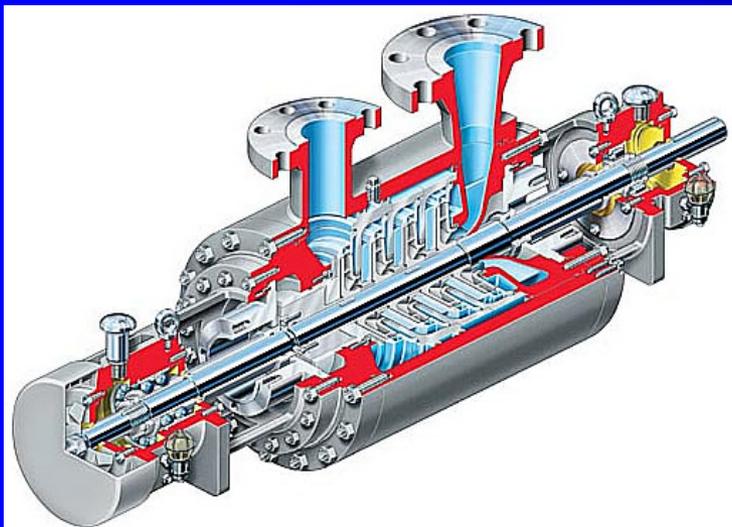
我国目前核电装机容量约为1000万千瓦，仅占总发电量的1.5%。加快推进核电建设，对中国能源可持续发展、优化能源结构具有重要意义。

根据中国《核电中长期发展规划》，到2020年，全国要建成核电机组4000万千瓦，在建1800万千瓦左右，核电机组装机容量占电力总装机容量的比例将达到 4-5%。

争取到2030年，中国核电装机达10000万至12000万千瓦，在技术和规模上接近世界先进水平。

每座核电站需要各种泵产品约1200台，其中有核级要求的泵约120台，而一台核电一级主泵约7000万美元。除主泵外，其它具有核二、三级要求的泵还有上充泵、停堆冷却泵、喷淋泵、高压安全注水泵等。

百万千瓦的核电机组需要大量的核一、二、三级泵，相关技术国内大都还没有掌握，需要从国外大量进口。

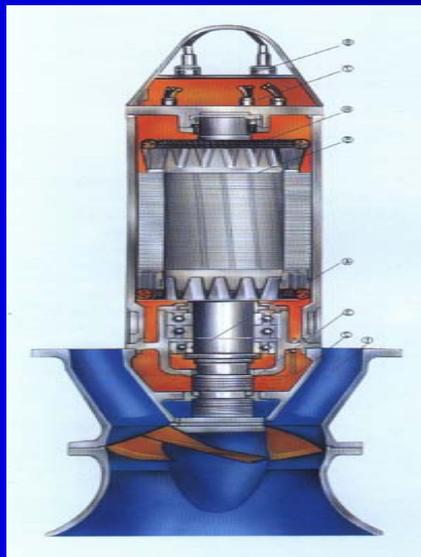
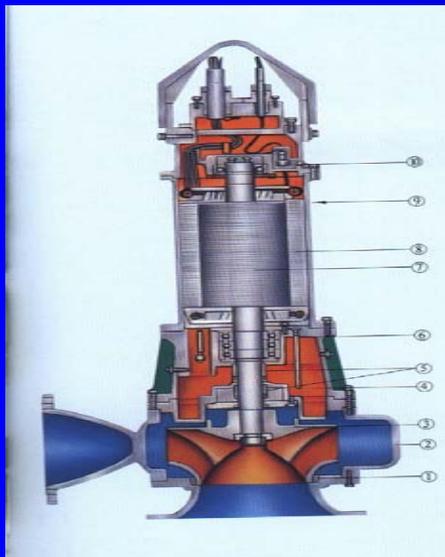


（三）研发新型、高效的泵类环保机械，为落实国家环保政策服务。——环保高峰论坛

- 党的十七大报告指出，“必须把建设资源节约型、环境友好型社会放在工业化、现代化发展战略的突出位置”，“开发和推广节约、替代、循环利用和治理污染的先进适用技术”，“发展环保产业”，“加大节能环保投入”等。



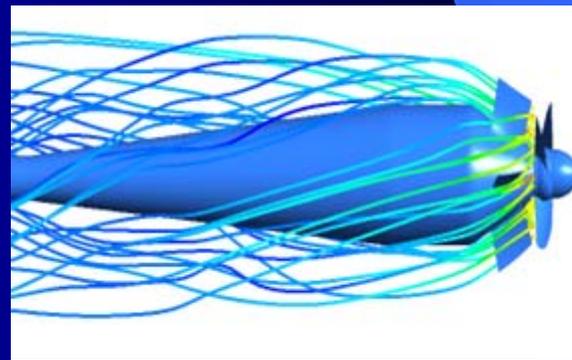
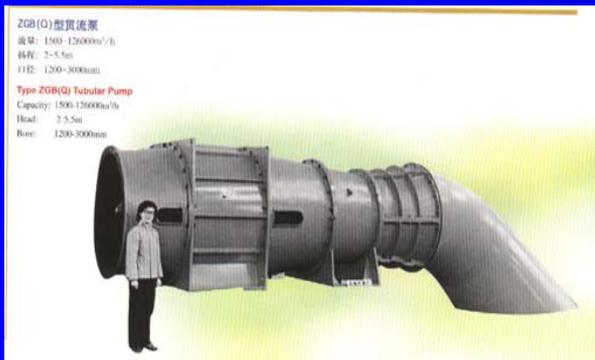
- 泵作为应用十分广泛的通用机械，在我国环境保护、水处理行业方面将发挥重要作用。例如，我国的“三河三湖”污染治理工程、我国城市化进程中的污水处理工程、石化冶金与食品医药行业流程中特殊介质的输送、南水北调等大型工程的沿线污水处理工程等，都需要加强各类无堵塞、无泄漏泵技术和设备的研究开发及推广应用。



- **（四）研发水利工程用泵水力模型，为国家水利工程建设和农业节水灌溉服务。**

- 这几年中央一号文件指出，要加大大江大河和重点中小河流治理，建成和改造一批大中型水利骨干工程。增加投资规模，重点加快大型灌区续建配套和节水改造。

- 去年一号文件首度聚焦水利改革发展，把农田水利建设放在突出的位置加以强调，提出“把农田水利作为农村基础设施建设的重点任务”，未来10年水利总投资将达 4万亿，并制定了从土地出让收益中提取10%用于农田水利建设。



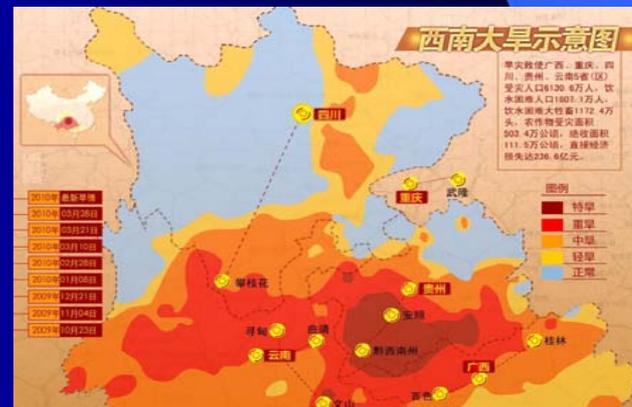
- 扩大大中型排灌泵站更新改造规模和范围，启动西北沿黄高扬程提水灌溉泵站、东北涝区排水泵站等更新改造。
- 继续加大农业综合开发中型灌区骨干工程节水改造力度，增加中央和省级财政小型农田水利工程建设补助专项资金，依据规划整合投资，推进大中型灌区田间工程和小中型灌区节水改造。
- 推广高效节水灌溉技术，因地制宜修建小微型抗旱水源工程，发展牧区水利。



(五) 保障我国抗旱减灾事业的需要。

我国现有的18.3亿亩耕地中，尚有9.59亿亩是没有灌溉条件的“望天田”，已建成的8.67亿亩灌溉耕地，灌溉水利用率也只有46%，与国外相比差距很大。

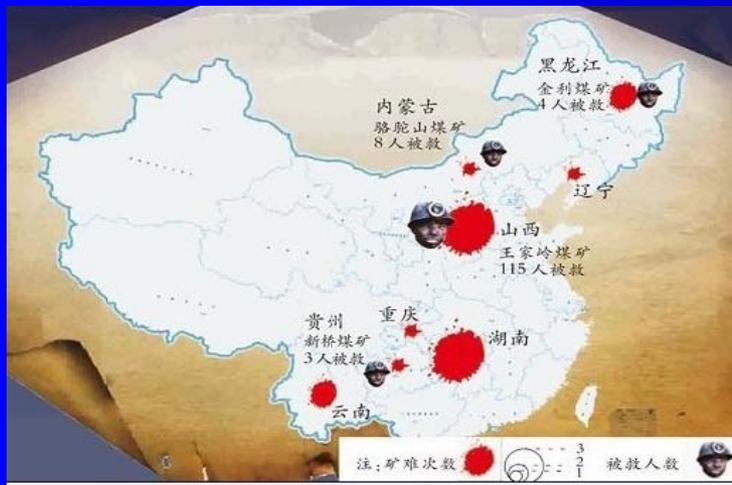
因旱灾和洪涝频发，迫切需要研制节水灌溉设备、大型移动泵站来提高抗洪抗旱减灾的机动能力，提高设备的利用率和经济效益。2010年西南5省的持续干旱，造成5000多万人受灾、损失200多亿。今年云南大旱，已造成600多万人受灾，直接经济损失23亿，还在持续。



在我国，95%的煤矿开采是地下作业。目前透水抢险救援设备陈旧，现有水泵远不能满足矿山抢险的需要。

我国大中型城市高楼林立，开发高层救火急需的高扬程消防泵势在必行。——2010年11月15日上海28层教师公寓火灾

随着我国海运事业不断发展，急需开发远射程海水泵打击海盗等。



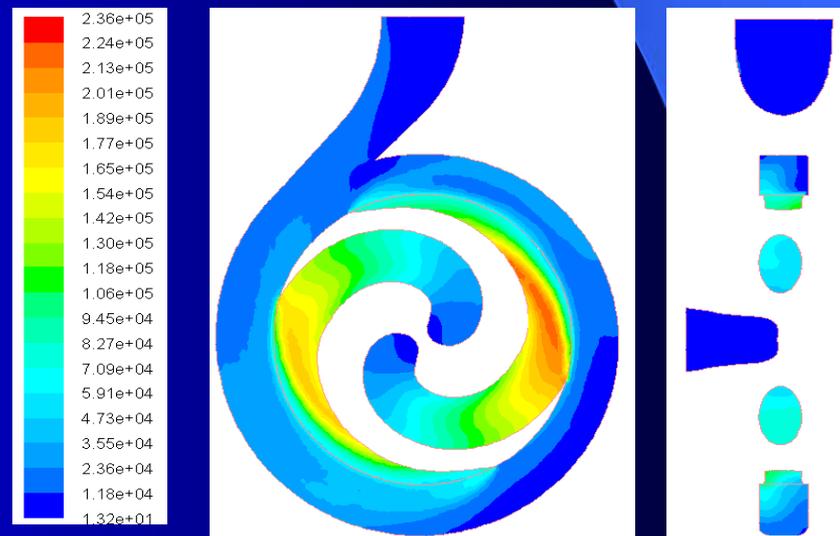
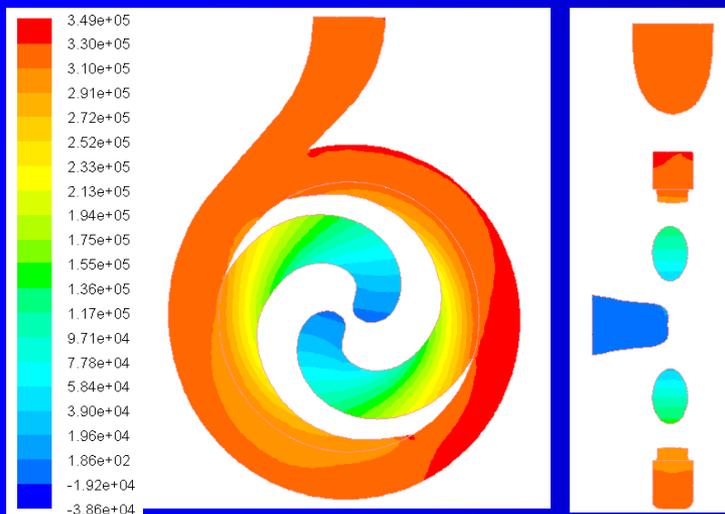
四、泵行业的研究现状

- 水泵作为一门应用学科，近年来在应用基础研究和应用研究方面取得了一系列研究成果。
- 泵内部流动数值模拟及测试技术；泵理论及设计方法；泵的性能预测与优化设计；泵标准制定。
- 低比转速离心泵无过载设计理论与方法；
- 南水北调和大中型水利工程用系列高效轴流泵/混流泵水力模型；
- 海水淡化泵；引黄工程用泵；
- 无堵塞泵；射流式自吸喷灌泵；
- 电厂用烟气脱硫循环泵；管线输送泵；
- 国防用高速磁力泵；核电用泵；等等。

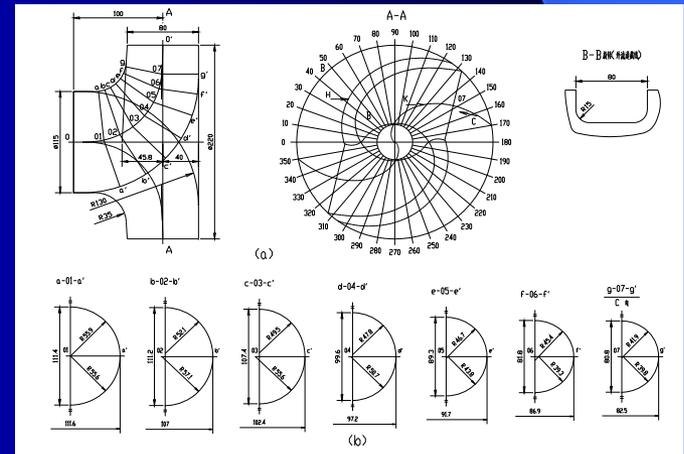
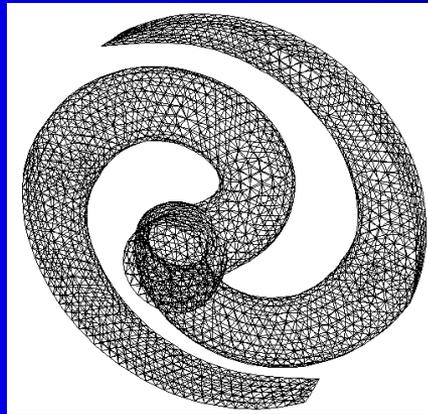
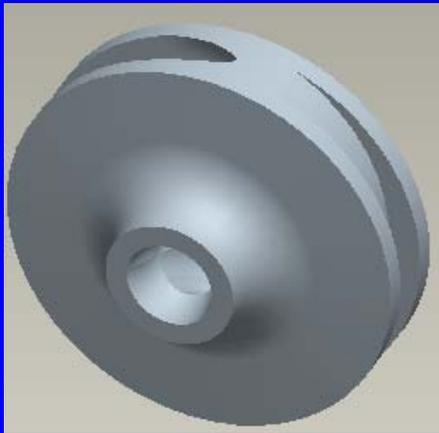
- **（一）泵内部流动数值模拟及测试技术的研究**

- 随着计算机技术、计算流体动力学（CFD）和测试技术的快速发展，泵内部流动数值模拟和测试技术研究越来越广泛。

- 进行这方面的研究不仅仅是为了得到泵流道内部任意位置的速度、压力等流场特征，更重要的是利用这些流动特征进行泵性能预测和优化设计的研究。

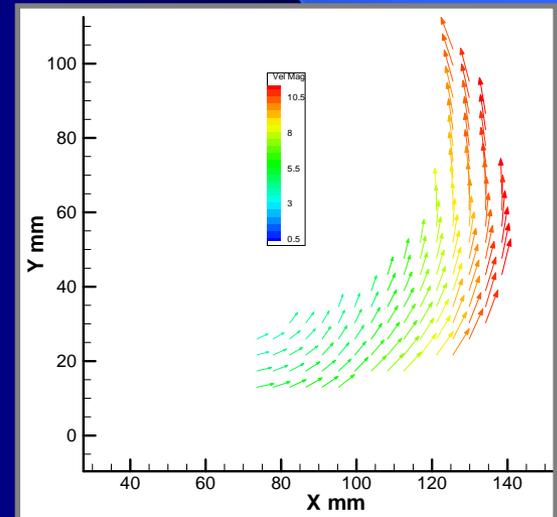


- CFD/CAD一体化设计分析软件的研究取得进展。日本荏原公司的技术人员开发了具有叶轮、导叶、蜗壳等模块的专门的泵CFD/CAD一体化软件，具有三维实体造型、自动网格生成、CFD分析和三维反问题设计系统，系统直接与快速成形制造系统及由数控机床组成的柔性加工系统相连接。
- 这套设计系统极大地缩短了泵的开发周期，并且开发的泵产品具有效率高、可靠好等优点。国内在这方面同国外先进水平还有较大的差距，应集中力量进行研究。



- 在汽蚀计算方面随着多相模型的发展与完善，汽蚀计算的精度在不断提高。不同的研究人员分别利用商用CFD软件和专门开发的数值模拟软件模拟了离心泵内的汽蚀现象，并预测了汽泡的初生和发展。
- 由于汽蚀自身所具有的复杂性，汽蚀CFD分析仍然是一个难点，数值模拟结果与实验结果还存在着一定的差距，还有许多问题需要解决。
- 自从1932年开始采用可视化技术实验研究泵内部流动以来，泵的内部流动测试技术有了较大的发展。
- 目前常用的内流测速技术有：热线风速仪、激光多普勒测速仪和粒子图像测速仪（PIV）等。

- PIV测试系统是随着计算机技术进步发展而成的一种流场测试系统。它具有全流场快速测试、直观、不干扰流场等优点，目前已成为泵内部流场测试的主要方法。
- 由于泵内部流动的极其复杂性，以及PIV测试时光路的特殊要求，利用PIV技术等对泵内部流动进行测试时，需要对泵的流道结构做一定的简化或选取特殊类型的泵，完全意义上的实泵测试还有一定的困难和很多难题要解决。

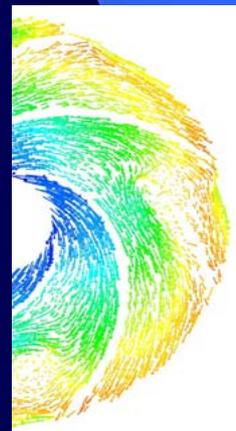
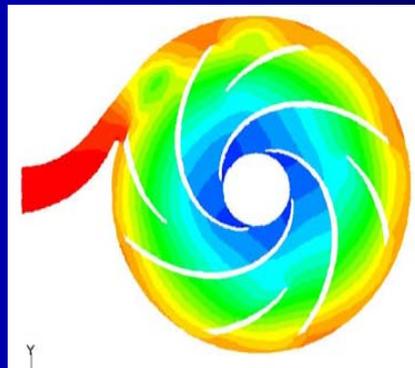
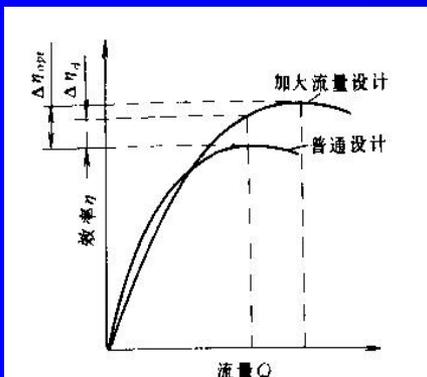


(二) 泵理论及设计方法研究

● 1、泵理论及设计方法

(1) 低比转速离心泵理论和设计方法

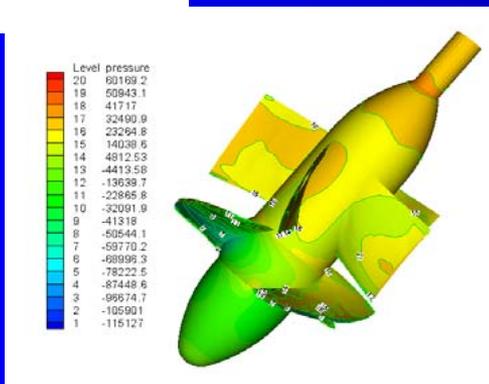
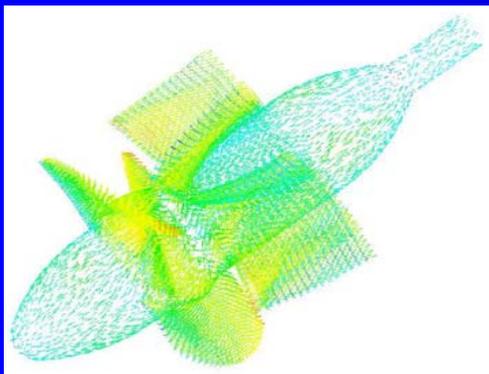
- 江苏大学提出了低比转速离心泵理论和设计方法、无过载设计方法并得到推广应用，长短叶片和短叶片偏置技术开始广泛采用并取得良好效果。其中无过载泵设计理论与方法等除了在潜水泵上广泛应用以外，我们又在百万千瓦级核电工程的余热排出泵、上充泵成功应用。



(2) 轴流泵和斜（混）流泵水力模型研究

- 南水北调工程是我国继三峡工程之后的又一重大跨流域的调水工程，预计建设期长达50年，总投资5000亿元。该工程分为东线、中线、西线等三大工程。
- 为了为这一重点工程提供技术支持和保障，国内很多研究单位和生产厂家都先后研发了不同性能参数的轴流泵和混流泵水力模型。
- 2004年水利部和国家质检总局专门组织了南水北调工程用泵天津同台试验。共有 27个水力模型参加测试，从中选出的优秀水力模型具有过流量大，效率高，抗汽蚀性能好，效率比国内原有模型高 3%左右，综合技术指标具有国际先进和领先水平。

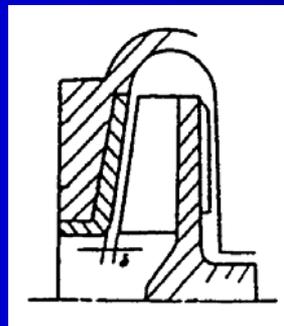
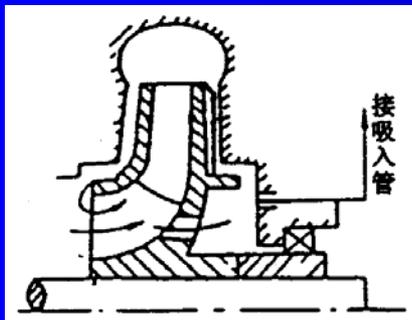
- 江苏大学首次提出了变环量设计理论，开发成功的系列轴流泵和混流泵水力模型几乎都名列第一。
- 目前，在已建的南水北调东线工程17个泵站中，13个泵站采用国内模型，而10个泵站采用江苏大学研究的模型，包括在南水北调东线工程的源头泵站——江都四站。



(3) 无堵塞泵设计理论与方法

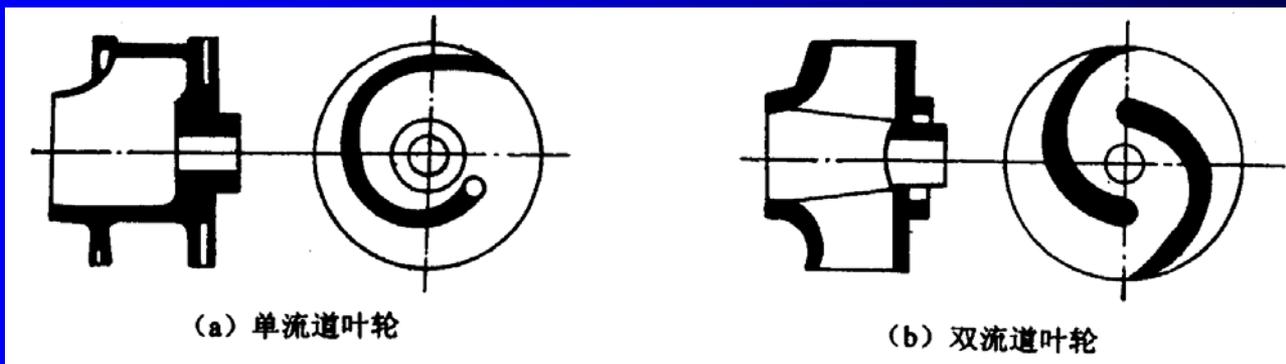
- 目前国内外常用的环保与水处理用泵。
- 随着工农业生产和社会生产力的不断发展，泵输送的物质也日益增多。由于传统水泵产品设计的局限性，其抗堵塞、防缠绕性能较差，严重影响和制约着工农业生产、市政建设和环境保护工作等的发展。
- 因此，研究、开发高效节能，防缠绕、抗堵塞性能好，可靠性高，具有广阔应用前景的环保与水处理用泵将尤为必要和迫切。
- 主要包括离心泵、污水泵、螺杆泵、深井泵、无堵塞泵等。无堵塞泵、污水泵是污水处理厂的关键设备，20世纪80年代开始引进德国里茨公司技术生产潜水污水泵，引进德国KSB公司技术生产卧式和立式污水泵等。

- 无堵塞泵主要用来输送污水污物、泥浆纸浆、灰渣、粮食淀粉等。对输送这类物质的泵有两个主要的要求：一是无堵塞，二是耐磨损。耐磨损主要与材料有关，当然与水力设计也有一定的关系；而无堵塞主要取决于叶轮的结构型式。
- 叶轮结构型式主要有：开式或半开式叶轮；单、双流道式叶轮；螺旋离心式叶轮；旋流式叶轮等。
- 根据不同应用场合，选择不同形式叶轮的无堵塞泵。
- 开式或半开式叶轮与普通闭式叶轮设计方法基本相同。



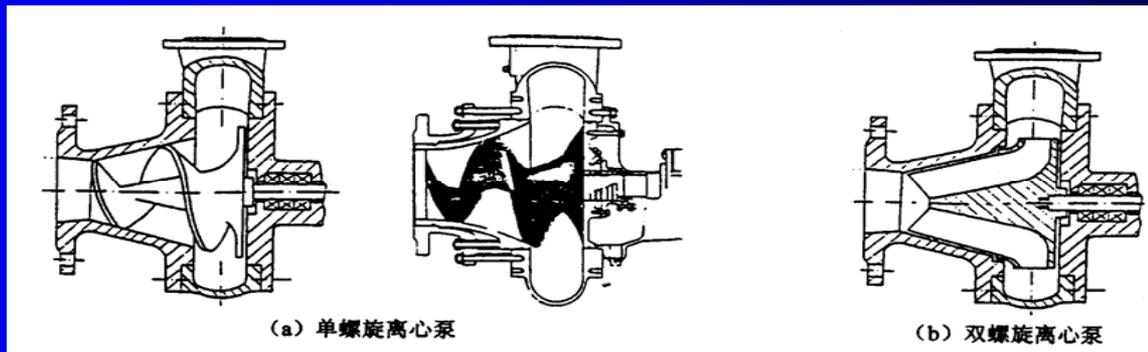
单、双流道式叶轮

- 流道式叶轮又称无叶片叶轮，从叶轮进口至叶轮出口是一个或两个弯曲的流道，适合于输送大颗粒或含长纤维物质的液体。抗缠绕、无堵塞性能好，效率较高，功率曲线较平坦，耐磨损性也较好。
- 建立并优化了速度系数和流道中线断面变化规律，提出了双流道叶轮和单流道叶轮设计方法。
- 后来，为了减轻重量，把双流道叶轮又演变成了双叶片叶轮等。



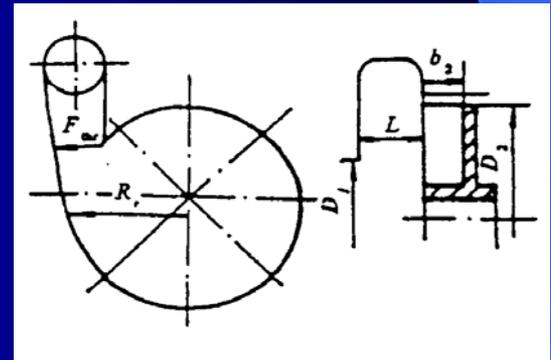
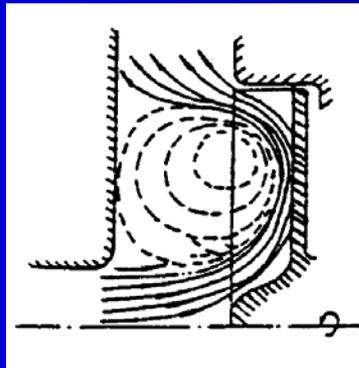
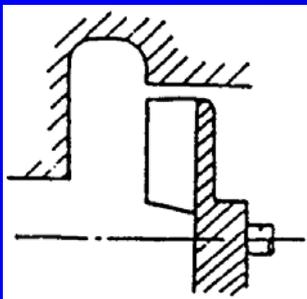
螺旋离心式叶轮

- 螺旋离心泵在开（闭）式叶轮中有一扭曲的螺旋叶片，形成螺旋形流道。壳体由吸入盖和涡壳两部分组成，吸入盖部分的叶轮，像螺杆泵一样，产生螺旋推进作用；涡壳部分的叶轮像一般离心泵一样产生离心作用。可分为单螺旋和双螺旋叶轮。
- 无堵塞性能好，通过能力强，流动平稳，无损性好，效率高，功率曲线较平坦，吸入性能好，输送浓度高。缺点是制造比较困难。小流量区会产生较大振动和噪声。
- 提出了用方格网保角变换方法设计螺旋离心式叶轮。

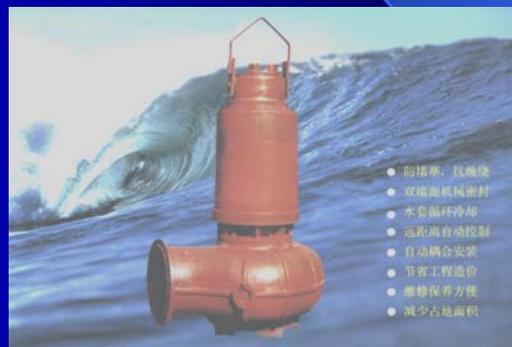


旋流式叶轮

- 旋流泵的主要结构特征是叶轮退缩在压水室后面的泵腔内，旋转时在叶轮前面的无叶腔内形成贯通流和循环流。贯通流通过叶轮叶片间流道进入泵室而流出，循环流则在无叶腔内循环。由于循环流中部是低区压，固体颗粒掉入此区在旋流的带动下流出，因此大部分固态物质可不经过叶轮而直接从无叶腔流出。
- 结构简单，容易制造，性能稳定，运行可靠，无堵塞性能好。主要缺点是效率低。
- 提出了根据叶轮外径、蜗室最大外径和喉部面积等三要素设计旋流式叶轮。

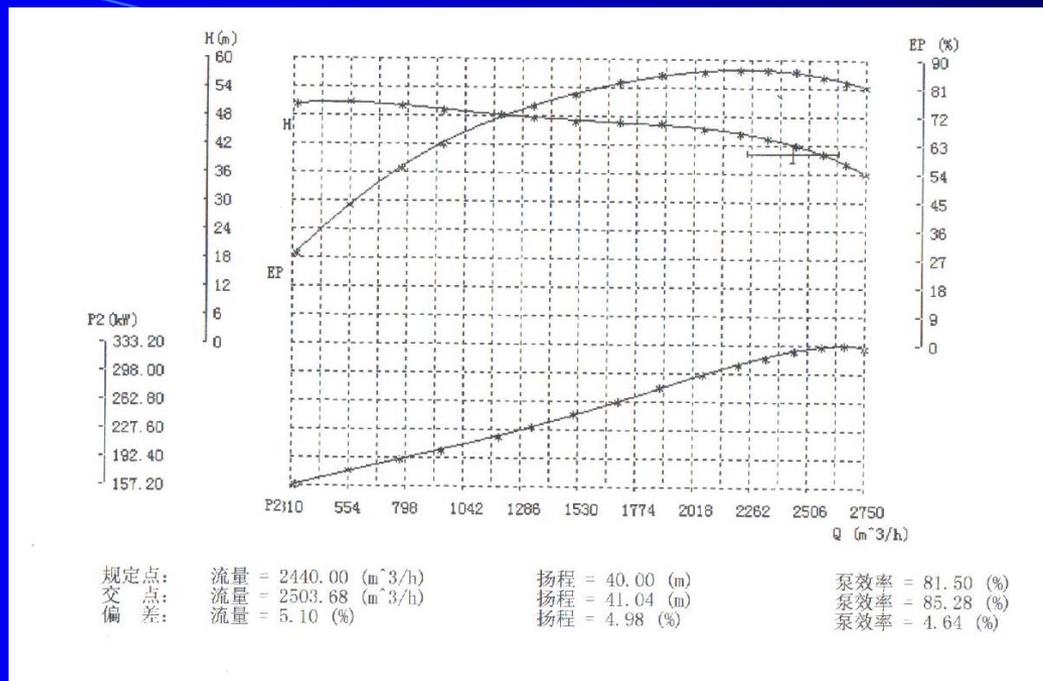


- 通过引进、消化、吸收、再创新，先后开发了潜水离心泵、潜水排污泵、潜水轴流泵、潜水混流泵、立式排污泵、多冲头清淤排污泵、无堵塞料（纸）浆泵、潜水搅拌机等多个系列无堵塞泵产品，目前使用量较大，是行业的主流产品。许多产品还出口欧美发达国家。



(4) 烟气脱硫循环泵

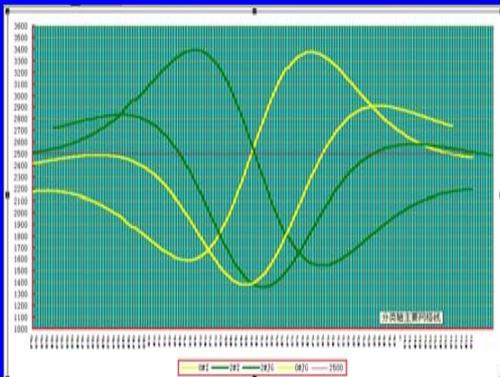
- 江苏大学研发的大型烟气脱硫循环泵，提出了叶轮进口处的叶片超长延伸的设计方法，提高了水力性能，降低了旋流损失及噪声；在压水室吸入口过流侧装有可更换调节耐磨衬板，自动补偿磨损间隙，减少回流损失，提高效率。
- 开发了先进的耐磨耐腐材质，具有极好的耐磨性、耐冲击性、抗蠕变性、抗粘性、耐腐蚀性等优点。
- 流量 $Q=2503 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=41\text{m}$ ，功率 $P=450\text{kW}$ ，效率85.3%。最高效率86.7%，性能曲线平坦，高效范围宽，有无过载特性。效率比ITT公司生产的同类泵提高3.8%，综合技术指标居国际领先水平。
- 已在云南滇东电厂运行18个月，运行稳定、可靠，维护方便，比ITT公司生产的脱硫泵使用寿命提高了25%以上。



● 另外，襄樊五二五、石家庄强大、石家庄工业泵厂等研制的大型烟气脱硫循环泵，也具有耐磨耐腐性能好，效率高，结构简单，运行可靠，使用寿命长等特点，主要技术指标达到国际先进水平。有力推动了我国烟气脱硫装置的国产化进程，为大气环境保护、替代进口作出了贡献。

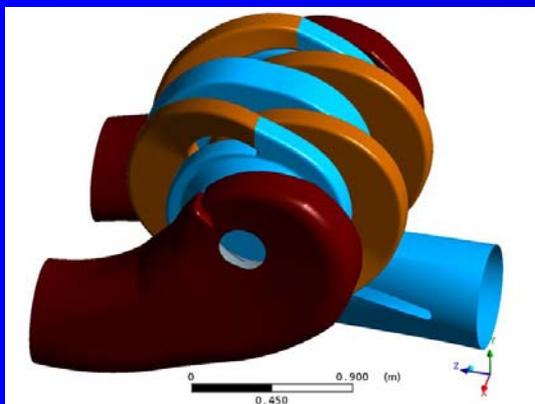
(5) 高速磁力泵

- 采用稀土永磁材料、密集型聚磁磁路技术和焊接式内磁转子设计了体积小、传动效率高、传动能力大的传动装置，全密封、无泄漏，可以广泛应用到各类磁力泵上。
- 江苏大学研制的400Hz高速磁力泵具有效率高、结构紧凑、可靠性高、体积小和重量轻等优点。采用F50C新型耐磨材料作为导轴承、推力盘，提高了寿命。在泵入口增设了活动式消旋器，提高了泵的汽蚀性能。已应用于国防，对提高我国军事装备配套水平具有重要战略意义。



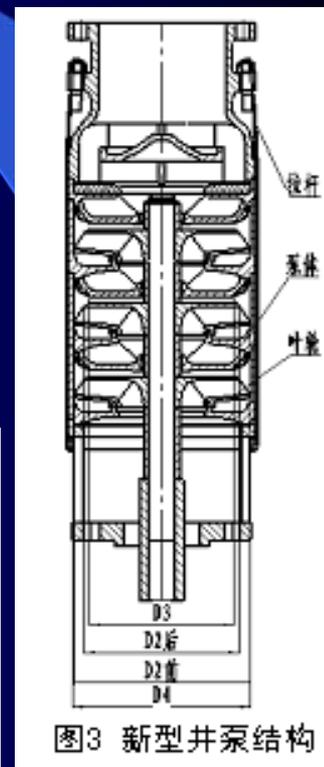
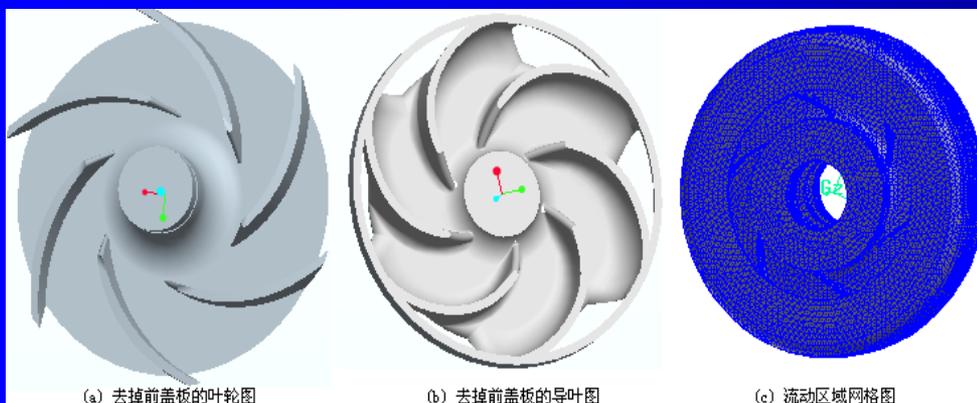
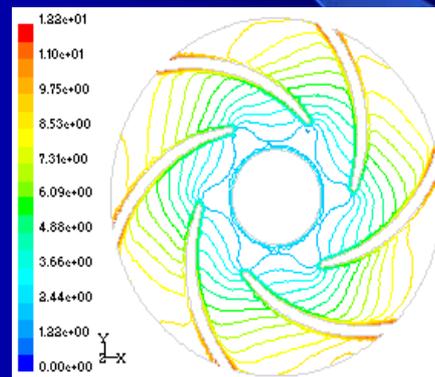
(6) 引黄工程用泵

- 沿黄河流域有很多提灌泵站，如陕西东雷，陕西尊村、万家寨等，宁夏固海，甘肃景泰等。这些泵站，除万家寨是从水库提水外，其它都是直接抽黄河水，黄河水含沙量较大，磨蚀一直是这些泵的关键问题。
- 抗磨设计要点：较低转速；高扬程采用多级泵；双吸或双进口；密封尽量采取防护抗磨措施；焊接叶轮，等。
- 上海东方、日立（无锡）等研制成功了引黄工程用泵，达到了满意的效果。



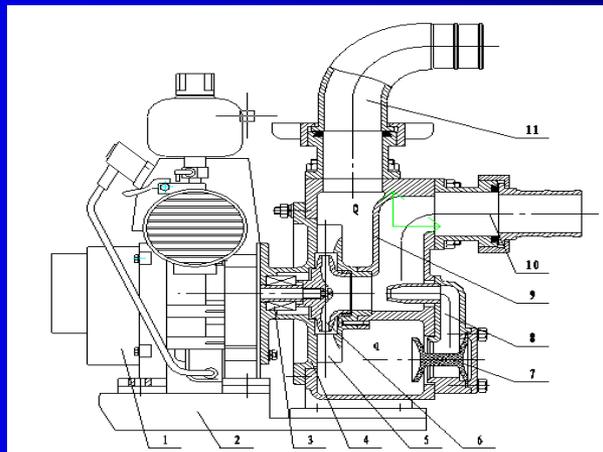
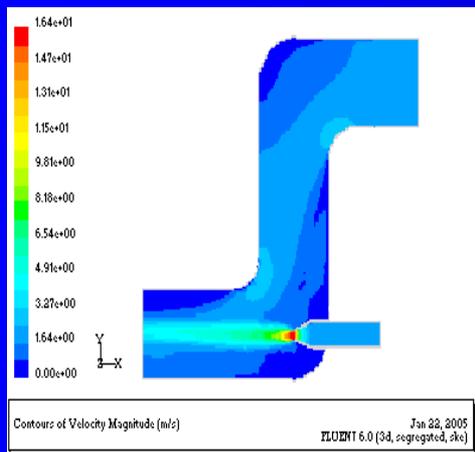
(7) 新型深井离心泵

- 江苏大学提出并应用深井离心泵极大扬程设计法和进口边扭曲的反导叶设计法，研制、开发的深井离心泵系列产品结构新颖，可靠性高，具有自主知识产权，综合技术指标居国内领先和国际先进水平。
- 单级扬程提高50%左右，轴向长度缩短1/3- 1/2，水泵效率提高3-9个百分点，节能与节材效果明显。



(8) 射流式自吸喷灌泵

- 射流式自吸喷灌泵作为一种高效节水灌溉技术，对我国的农业发展具有重要的促进作用。
- 江苏大学提出了射流式自吸喷灌泵设计理论和方法，采用射流式自吸机构、回流孔自动堵塞阀结构和导叶涡壳组合式压水室，改善了自吸性能，提高了效率和可靠性。
- 泵效率比标准的规定值提高5~9%，自吸时间比标准的规定值缩短5~60秒，综合指标居国际先进水平。



(9) 海水淡化用高压泵

海水淡化用高压泵是反渗透海水淡化工程中的关键设备。目前，能耗成本和投资费用过高，已成为制约海水淡化产业发展的瓶颈，为逐步实现反渗透海水淡化关键设备的国产化和降低能耗，进行了研究。

- 通过优化高压泵总体结构，高效水力模型和高效率范围的研究，轴向力平衡的研究，耐海水腐蚀材料铸造工艺、铸件热处理工艺和补焊工艺等关键技术的研究，研制出高效率的海水淡化用国产高压泵。
- 流量 $Q=221.28 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=623.60 \text{ m}$ ，样机效率达到了83.20%，在浙江舟山六横万吨级工程中与一台进口泵同时使用，由现场测得数据计算出效率约为进口泵的1.11倍，用户反应好于国外同类技术。

(10) 核电泵

东方阿海珐核泵有限责任公司生产成功了国内首台百万千瓦核电主泵，标志着我国核电设备关键部件的国产化取得重要进展，核电设备国内配套制造能力显著增强。

沈鼓集团核电公司研制成功了核二级安全壳喷淋泵、余热排出泵、电动辅助给水泵、低压安注泵、上充泵，以及核三级厂用水泵。

- 重庆水泵厂开发成功了上充泵，实现了国产化。
- 上海电力修造厂研制了我国首台AP1000核电站常规岛给水泵组前置泵，结束了完全依赖国外进口的历史。
- 上海阿波罗研制成功了百万千瓦级核电站混凝土蜗壳海水循环泵、安全厂用水泵等。
- 还有相关企业也为核电泵的国产化作出了重要贡献。

(11) 其它泵产品

辽宁恒星研制成功了大功率（大于1000kW）、大流量、高转速管线输送泵，效率高，可靠性好，维护方便，实现了国产化。

- 江苏大学研制成功了高效节能型汽车冷却水泵，使汽车的尾气排放显著降低，满足相关标准要求。
- 江苏大学研制成功了系列矿用、厂用隔爆型潜水电泵，高效节能，安全可靠，达到国内领先和国际先进水平，广泛应用。
- 宝鸡航天动力研制成功了HTB500泥浆泵组，体积小，重量轻，移动方便，在江汉油田安装、应用。
- 江苏双达、沈阳泵业研制成功了隔膜泵，江苏亚太研制成功的移动式泵站，填补了国内空白。等等。

● 2、泵性能预测方法、优化设计理论及CAD软件

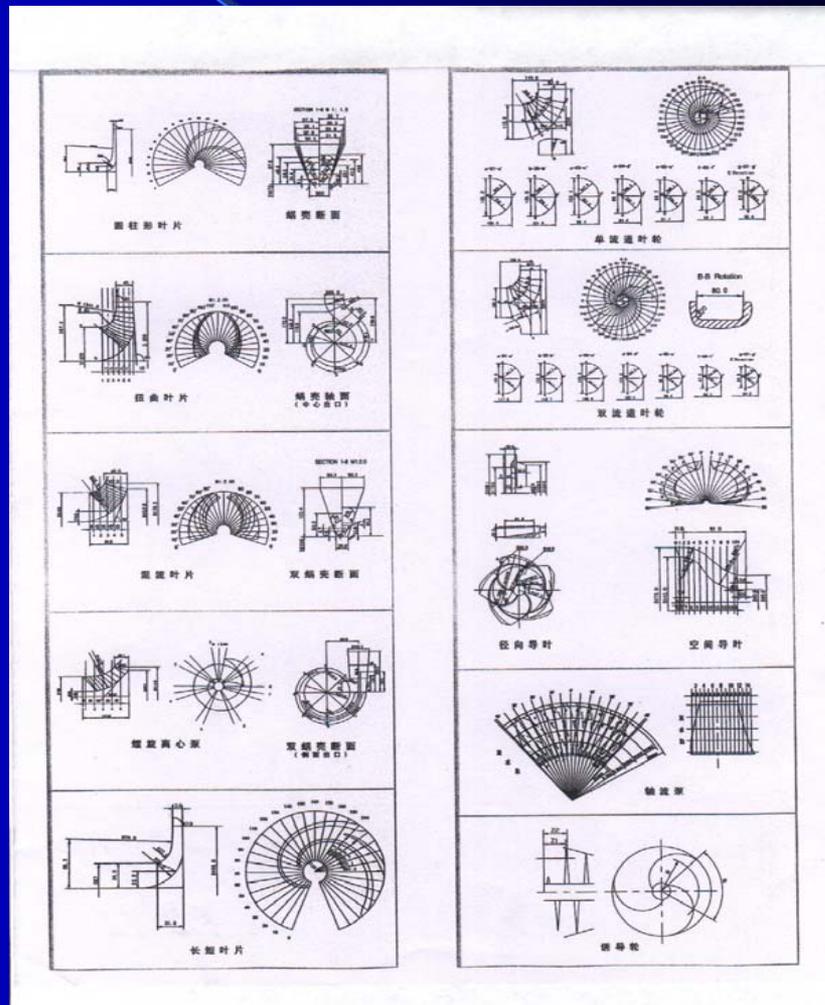
- 泵性能预测就是根据其流道的几何参数、内部流场、制造加工水平等预测泵的性能，具有缩短产品研发周期和降低开发设计成本等优点，一直都是泵领域十分重要的研究课题之一，很多专家学者都对此进行过大量的研究。

- 目前所取得的这些预测精度往往是有条件的，还没有办法做到对于任意给定类型规格的水泵，均能准确预测出全工况范围内的能量特性和汽蚀特性。

- 江苏大学成功开发了实用的泵水力设计PCAD软件，已经被国内外100多家用户采用，主要有：离心泵叶轮、混流泵叶轮、轴流泵叶轮、蜗壳、导叶和各种污水泵设计模块。PCAD不仅可以进行优化设计，还可以溶入设计者的

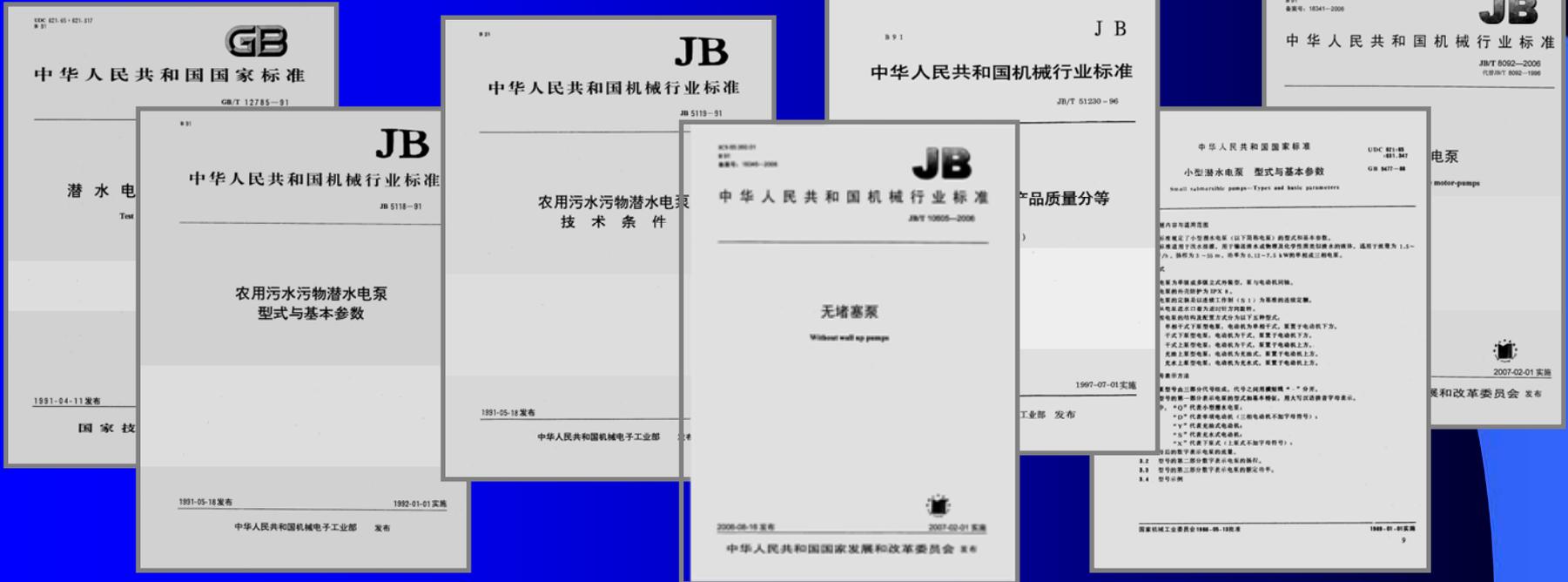
- 设计思想和经验，具有设计过程快、设计结果准、设计泵的效率高等优点。另外，国内还开发成功了泵性能预测软件、泵参数化三维造型软件、泵结构设计和分析软件等。

- 为了提高泵的性能，许多学者进行了优化设计方法研究。归纳起来主要有：以优秀模型统计资料为基础的速度系数优化法；以水力损失最小为目标的损失极值优化法；以某一指标为目标函数的准则筛选优化法等。



3、标准的制定

- 根据国家标准发展战略，加强水泵行业标准的制修订，近年来制定、修订了大量水泵国家和行业标准。
- 同时，对有关水泵产品贯彻实施生产许可证制度、节能认证制度，规范和引领了水泵行业的发展，促进了水泵行业技术水平的提高。



五、泵行业的发展展望

泵行业技术发展的原动力在于用户的需求，只有根据消费者的潜在需求，通过技术创新，积极主动地去研究市场和开发市场，才能争取主动，扩大市场占有率。

我们应紧紧抓住泵产品结构调整这条主线，跟踪国外泵业技术发展最新动态，努力提高我国泵业技术发展的水平。

- 1、泵现代设计理论与方法研究

- 国内外泵设计理论和方法总体上还处于理论和经验相结合的阶段，无论是传统的速度系数法，还是现在流行的流场分析法，以及反问题方法，都离不开设计者的经验或优秀水力模型。

- 原因有二：一是由于泵内流动的极其复杂性，水泵复杂的流道形状、高速旋转、流体粘性以及动静部件间的相互干涉作用，决定了泵内的流动实际上是一个三维的、粘性的、非定常的、极其复杂的流动，有的甚至还是固液或气液等多相流动；
- 二是对泵内流动机理的研究不够。所以，还要进一步加强泵现代设计理论与方法，包括提高泵的抗汽蚀性能研究。
- 同时，还要进一步加强泵的基础理论研究，采用先进的测试仪器和技术对泵内流动进行实测（PIV技术）、泵内流场分析与数值模拟（CFD技术）、性能预估与优化设计等。

- 2、国民经济急需关键用泵和技术的研究开发

- 根据当前国家经济建设和行业发展的需求，今后还要大力开展大型水利工程、石油化工、煤化工、火电、核电、油气运输、冶金、军工等领域的特殊用泵的研究开发，从而满足国民经济发展之急需。

- 完善上述特殊领域用泵、高温高压泵、无堵塞泵、无过载泵等的设计理论与方法，扩大其种类和应用领域；开发和完善新的泵水力设计CAD软件，并在行业内推广使用；积极开发其它新结构、新原理泵等。



● 3、泵及泵系统节能技术研究

- 提高泵的运行效率，节能降耗。由于大多数类型的泵是比较成熟的机械，从设计角度出发提高泵效率1%都非常困难，而泵运行如果偏离设计的高效点，实际运行的效率远不止降低1%。而国内泵系统运行效率低近20个百分点。
- 因此，一方面，首先要提高泵本身的设计效率，通过加强对泵内部流动规律的研究，并开发出先进的水力设计和性能预测软件。
- 另一方面，要大力提高泵产品的节能运行管理水平。因此，从泵的优化运行着手，必将有广阔的节能空间。泵系统的优化运行是今后泵系统管理运行现代化的发展趋势。利用计算机技术对泵系统进行管理和自动控制，从而提高设备的工作效率和可靠性。

- 泵系统实时动态过程的模拟、在线故障诊断技术及实用的专家系统是未来重点研究的方向。变频驱动技术在很多场合可以有效提高泵的工作效率，目前主要用于需要精确控制流量、长时间运行的大功率泵或能量损失较多的场合，今后应该大力加强变频节能技术的研究和推广。
- 另外，在水处理行业，规划不合理、设计工况与运行工况不匹配也是常有的事，设计院要与生产企业和用户加强沟通，进一步提高设计水平。



● 4、环境友好型泵类产品的技术开发

- 环境友好型泵类产品的技术开发是大势所趋，国家十分重视环保设备的研发。在环保与水处理用泵设计方面，可以通过无堵塞、无泄漏、低噪声设计来减小泵运行对环境的干扰。

- 国产的各型环保与水处理用泵，已经具备了较先进的水平，可以满足我国水工业发展的需要，但针对水工业的特点还应开发和提高水泵的效率和制造水平；注重改进铸造工艺，提高铸件质量；针对首次无故障运行时间短的问题，提高整体制造精度；针对泄漏量大的问题，改进密封条件；针对效率偏低或不稳定的情况，改善水力设计、设备设计和制造工艺等。

- 德国**KSB**公司和日本日机装公司的屏蔽泵技术在国际上享有盛誉，石化企业过去采用较多。屏蔽套的选用及轴承的设计和材料是个关键，直接影响着屏蔽泵的效率 and 寿命。
- 目前有的国外泵厂在屏蔽泵上采用了屏蔽套失效报警技术，得到石化用户的欢迎。
- 屏蔽泵的发展趋势是朝着高真空、高压、低温和大容量方向发展。
- 磁力泵、屏蔽泵完全无泄漏，由于价格比其它类型泵高，一般应用于石化行业。通过提高磁力传动效率、采用新型电机等，可以降低生产成本，从而有利于推广使用。

- 泵的噪声是工厂、潜艇、舰船和住宅小区等的主要噪声源之一，随着社会的发展和进步，水泵的噪声指标逐步成为必须考虑的因素之一。
- 泵内部流动诱导噪声产生的机理和规律、非定常流动的抑制、流动诱导噪声的主动控制技术，以及低噪声优化设计方面的研究还相对滞后，是今后需要解决的问题。
- 从生产角度考虑，改进泵的生产工艺也可以有效保护环境，在这方面国内与国外还有较大的差距。



- 5、开展泵全寿命成本的研究

- 目前，泵研究人员主要关心提高泵效率，生产厂家关心降低泵生产成本，使用单位关心泵的可靠性和低维护费用，综合考虑这几个方面的要求，

- 国外已经开展了泵产品的全寿命成本或寿命周期成本的研究，应尽早开展这方面的研究，有利于创建节约型社会。

- 6、开展泵的大型化、高速化研究，节能降耗

- 随着我国国民经济的迅速发展，大型工程和装置要求泵向大型化、高速化方向发展。例如南水北调东线工程所用大型水泵叶轮的直径要求3m以上。由于大泵效率高、容量大，不仅能减少能源消耗，还有利于集中管理、自动控制，减少维修和工程造价。

- 低比转速离心泵，由于圆盘摩擦损失消耗了太多的功，工作效率往往很低，很多低比转速泵的工作效率不到30%，对于超低比转速离心泵，效率会更低。
- 提高低比转速泵的转速，就可以提高比转速，从而大幅度降低圆盘摩擦损失，提高泵的工作效率。
- 另外，高速化还可以有效缩小泵的体积，节约材料，降低生产成本。当然，高速化也对泵的抗汽蚀性能、轴承和密封的质量提出了更高的要求。

● 7、跨学科技术的研究开发和应用

- 随着泵应用领域的不断拓宽，以及其他相关学科的不断不断发展，泵行业跨学科的共同研究已经必不可少。

- 例如：泵强度和动力性能要求的提高，必然要求制造工艺技术得到快速发展和进步；
- 在泵零部件加工过程中，实行多维数控机床加工叶轮、叶片等零部件、复杂零件的精密浇铸和模锻、特殊焊接工艺和电火花加工等技术将是未来发展趋势；
- 新材料、复合、衬里及涂敷技术、抗汽蚀和抗腐蚀技术的研究开发；
- 通过建立CIMS系统和“虚拟制造”系统，使泵产品的设计、制造技术形成质的飞跃。
- 此外，一些新兴研究领域比如人工心脏泵、泵及泵系统的运行控制等都离不开多学科技术的交叉研究。

谢谢各位

领导、企业家、同行！

联系人：施卫东 13505288312 0511-88780010

江苏大学 副校长 流体机械国家认可实验室 主任

国家水泵及系统工程技术研究中心 常务副主任

江苏大学流体机械工程技术研究中心 二级教授 博导

E-mail: wdshi@ujs.edu.cn 江苏省镇江市学府路301号