

## 清华科研成果重点项目简介

### 1. 堆石混凝土施工技术

该技术是指将大粒径的块石直接堆放入仓，然后从堆石体的表面浇筑无需任何振捣的专用自密实混凝土，并利用专用自密实混凝土高流动性、高穿透性的特点，依靠自重完全填充堆石的空隙，形成完整、密实、水化热低、满足强度要求的大体积混凝土。该技术施工工艺简单，综合单价低，水化温升小，易于现场质量控制，施工效率高，工期短。在水利、电力、公路、铁路、市政、港口、能源等领域的大体积混凝土工程中具有广阔的发展前景。除强度、弹模等基本力学性能与普通大体积混凝土相近以外，还具有以下特点和性能优势：低水泥用量与低水化热；高密实度与高强度保证率；显著提高工效，缩短工期；显著降低施工成本；良好的体积稳定性；层间抗剪能力强，简化凿毛工序；技术先进，适应面广等。

堆石混凝土技术已经在北京、河南、四川、贵州、新疆、江西、山西等省区的实际工程中开始应用，所用的堆石既有块石，也有卵石；自密实混凝土的粗、细骨料既有人工碎石和人工砂，也有天然卵石和天然砂；所有工程都使用当地的水泥和粉煤灰。这些应用成果表明，堆石混凝土技术以及我们开发的低水化热低成本自密实混凝土配合比设计方法和专用外加剂，能够适应国内各地不同的原材料，具有广泛的适应性。目前堆石混凝土技术已开始得到工程界的认同，在众多工程开始推广应用，例如，已完成的项目，包括：河南宝泉抽水蓄能电站工程、四川金沙江向家坝水电站沉井填芯工程、北京军区某部蓄水池工程以及其他一些水库等。

### 2. 新型交流矩阵式变换器

相对于传统的交—直—交变频器，矩阵变换器不需要中间储能环节，是一种新颖的直接交—交变换装置。通过调制算法对其主回路中的双向开关进行合理控制，可以同时实现对其输入交流电流和输出线电压的调制，以获得和输入交流电压同频且相位可控的输入电流和负载所需的电流波形。矩阵式变换器的电路形式主要包括直接型和间接型两类，如图1、2所示。

大力推广变频调速节能技术是我国建设资源节约型社会，实现可持续发展的重要措施之一。清华大学的科研人员在借鉴国外先进经验的基础上，结合国内变频器产业的实际情况，研制了采用RB-IGBT的新型交流矩阵式变换器，具有以下特点：

- (1) 网侧电流正弦且功率因数高（接近1），减小了变频器对电网的谐波污染；
- (2) 可实现能量双向流通，即可将负载的电能回馈至电网，有利于节能；
- (3) 省去了直流环节的大电解电容，体积小，重量轻，功率密度高，工作寿命长；
- (4) 自身功率损耗小（比相同容量的传统变频器低30%），能量转换效率高，可达96%。

与相同容量的传统交—直—交电功率变换器相比，由于省去了中间储能环节，其启动过程时间大大缩短，使用寿命大大延长，且更能忍受高温、粉尘等恶劣运行环境。该项技术适用于通用交流变频调速系统、车辆牵引系统、风力发电系统、航空飞行器系统等工业和民用领域，特别是在电梯驱动系统等需要电能回馈的场合，矩阵式变换器的节能效果非常明显。

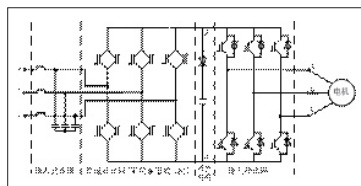


图1 直接型矩阵式变换器

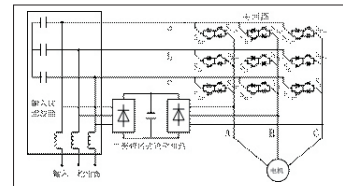


图2 间接型矩阵式变换器

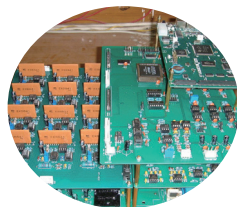


图3 10kW间接型矩阵式变换器样机

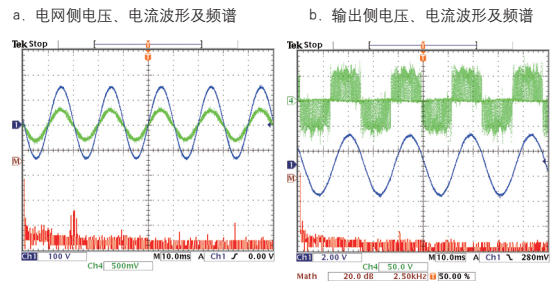


图4 矩阵式变换器样机测试结果

### 3. 大电机定子槽楔松动检测仪

为确保大电机安全运行，槽楔松动检测是大电机常规检修的一项重要内容。目前，国内外对于大电机定子槽楔松动的检测广泛采用听声法，即由人工敲击槽楔，然后通过人耳听取声音来判定。但人工测量法无法对大型发电机内槽楔松动的状态进行整体检测，而且检测结果也受人为的因素影响较大，检测过程也费时费力。随着传感器技术、数字信号处理技术和计算机技术的发展，客观、准确并且方便的大电机槽楔松动无损检测方法成为可能。便携式定子槽楔松动检测仪是基于弹性薄板理论建立槽楔振动物理模型，研究不同固定结构下槽楔松动过程中的振动特性而研发的。该检测仪通过激振槽楔使其振动，能够自动检测槽楔的松动程度并给予提示，同时检测数据也可保存。它具有操作简单、反应迅速、判断结果准确等特点，大大节省了槽楔检修的时间，提高检修结果的准确性，保存下来的数据可以作历史数据分析，从而可以长期研究槽楔松动发展的特点，这给大电机主绝缘无损评估提供了一个可行的途径，这对于大电机的稳定可靠运行，具有极大的经济效益和社会效益。

本仪器检测条件为大电机抽出转子后，通过将槽楔松动检测系统的探测头部分装设在发电机膛内，控制探测头产生设定的激振力敲击发电机定子槽楔，通过对检测的反馈信号进行综合判断而得出该块槽楔的松动程度。最后通过得到的全部数据建立基于整部发电机槽楔紧固情况的“指纹数据库系统”和“槽楔紧固性预测系统”，通过对槽楔紧固情况进行整体分析，预测在未来运行槽楔紧固性随运行的变化规律，从而可以针对性的处理容易发生松动部位的槽楔。本检测仪适用于线棒式大电机定子槽楔松动程度的检测领域，检测适用范围为定子槽楔宽度大于22mm小于32mm的汽轮发电机，涵盖了目前国内哈尔滨电机厂、东方电气集团公司、北京重型电机厂等国内主要汽轮机制造厂家生产的容量在200~650MW范围内的产品。

### 非晶碳膜/n型硅双向电压诱导开关

专利号：ZL 200410049729.4 专利权人：清华大学

发明（设计）人：章晓中、薛庆忠（材料系）

本发明公开了属于电学量传感器的一种用PLD方法制备的非晶碳膜/n型硅双向电压诱导开关。在n型Si(100)基片上，用石墨冷压靶材，在3~5Pa氩气条件下，利用PLD方法在室温下沉积得非晶碳膜/n型硅，在非晶碳膜上焊接两个电极，并连接一个电压触发器后就构成制成了一个简单的电压诱导开关。薄膜厚度约为：30~120nm。任意确定温度条件下，该非晶碳膜/n型硅双向电压诱导开关具有正反双向电压诱导开关功能，(即外加电压达到一定数值后，电流突然急速增加)并且正向，反向诱导电压大小不同。随着温度的升高开关的诱导电压而下降。该开关在温度为310K时、正向，反向诱导电压大小只有0.0138伏和-0.0041伏，适合用于微电子器件。

### 具有电流控制电阻效应的掺杂半导体/绝缘体/半导体材料

专利号：ZL 200310117195.X 专利权人：清华大学

发明（设计）人：章晓中、薛庆忠、张丽娜（材料系）

本发明公开了属于电学量传感器材料的用PLD方法制备的一种具有电流控制电阻效应的半导体/绝缘体/半导体结构材料。该材料是在Si(100)基片上，用不同比例的金属-石墨复合冷压靶材，用PLD方法在一定温度下沉积得到的。该材料在无外加电场的情况下存在一个较大的本征偏压，大小约为0.0027伏特，利用该特性可设计新型传感器。金属掺杂的半导体/绝缘体/半导体的结构材料，是一种很有前途的电学传感器材料。

### 一种具有可控磁各向异性的磁性颗粒薄膜及其制备方法

专利号：ZL 200410009791.0 专利权人：清华大学

发明（设计）人：赵嘉昊、朱静、区定容、周惠华（材料系）

一种具有可控磁各向异性的磁性颗粒薄膜及其制备方法，涉及一种在高频通讯芯片中用于集成电感器件的纳米颗粒型磁性薄膜及其制备工艺。本发明使用非连续多层膜交替磁控溅射法，得到玻莫合金-SiO<sub>2</sub>磁性纳米颗粒薄膜，所述的玻莫合金在薄膜中的体积分数xV在50%~80%之间，且玻莫合金在非晶绝缘介质SiO<sub>2</sub>基体中以颗粒状存在并连通成复杂的网络或镶嵌于SiO<sub>2</sub>基体中，其结构单元的直径为1~10nm。该薄膜具有高饱和磁化强度和磁导率、高电阻率、可调节的合适的磁各向异性以及可精确控制的金属体积分数，并且制备过程与半导体集成电路制造工艺相兼容并适合大规模工业生产。