



北京交通大学科技成果推广项目汇编

先进制造与智能装备领域

目录

1. 激光驱鸟器系列产品和专利技术	1
2. 无砂无冒口绿色铸造技术	4
3. 保证预应力工程百年耐久性的灌浆设备和封锚仪器	5
4. 高压大功率电弧加热器电源	7
5. 高性能工业机器人控制系统	8
6. 悬浮式物料输送系统	12
7. SVC 工程	19
8. 气动锚杆钻机系列产品	21
9. 非接触式激光料位监测与控制系统	22
10. 电弧放电光线研磨截面高精度抛光方法及装置	24
11. 绝缘子串电弧泄放装置	26
12. 近净形高品质流变铸造系列技术开发与应用	27
13. 真空调压成型技术	29
14. JD-1 柴油低温流动改进剂	30
15. 大型煤矿生产设备监测与故障诊断	33
16. GLEASON 制准双曲面齿轮的设计和加工软件包	35
17. 大直径螺旋伞齿轮制造技术	36
18. 高强度差速器齿轮	37
19. 动力分流主减速器	38
20. 双工式新型离心式风机	39
21. JD-1 型绝缘综合测试仪	40
22. 无功与谐波动态补偿装置	42
23. 单件小批量五轴加工螺旋伞齿轮制造技术	43
24. 有源有机发光显示器的象素驱动电路	44
25. 基于光纤传感技术的结构健康在线监测及安全评价系统	46
26. 油田修井机超级电容功率补偿系统	48
27. 润滑油中金属磨损颗粒的在线检测技术及传感器	50
28. 大功率双输出传动箱设计技术	52

29. 高温超导车载变压器及低温恒温器	54
30. 智能多足运载平台	56
31. 双向线驱动下肢外骨骼助行系统	57
32. 智能空中物流无人机自主导航定位与避障技术	59
33. 基于空中移动平台的高精度位置测量系统	63
34. (ISET) 机器人辅助农业现代化、智能化生产产业链	65
35. 全天候高速公路自主巡检机器人及分析系统	67
36. 高速移动场景下列车轨道安全自主感知系统	71
37. 小型无人机辅助回收系统	73
38. 仿生水空两栖跨介质航行机器人	75
39. 家用及车辆应急逃生窗用“三防”装置	77
40. 激光高精度多参数快速综合测量仪	78
41. 基于计算机视觉的汽车充电桩界面检测智能交互系统	82
42. 车站 CTC 车务终端仿真实训系统	84
43. 重型货车超载智能识别“天秤”系统技术	86
44. 高可靠弹射试验测发控系统	88
45. 基于数字孪生的柔性直流输电线路保护原理	89
46. 韧性电网	90
47. 动力电池检测教学平台	92
48. 大功率变流器控制技术	93
49. 面向复杂环境的高适应性移动机器人设计方法	95
50. 变刚度软体夹持技术	96
51. 磁控 4D 打印技术	97
52. 磁控增强 3D 打印技术	99
53. 磁控智能材料制备技术	101
54. 高速重载并联机器人技术	102
55. 核电装备关键技术	103
56. 汽车变速箱试验台技术	105
57. 完全解耦串并混联机器人	106
58. 高可靠高安全低成本环保型电连接方法及装置	107

1. 激光驱鸟器系列产品和专利技术

项目简介：

北京交通大学充分发挥激光技术优势，发现并攻克了国内外现有激光驱鸟器产品存在的严重技术问题，能够开发和生产固定波长激光驱鸟器、波长调谐激光驱鸟器和超宽光谱激光驱鸟器等 3 大类激光驱鸟器，并且各类激光驱鸟器的激光发散角不大于 $17\ \mu\text{rad}$ ，完全保证人眼和鸟眼安全。

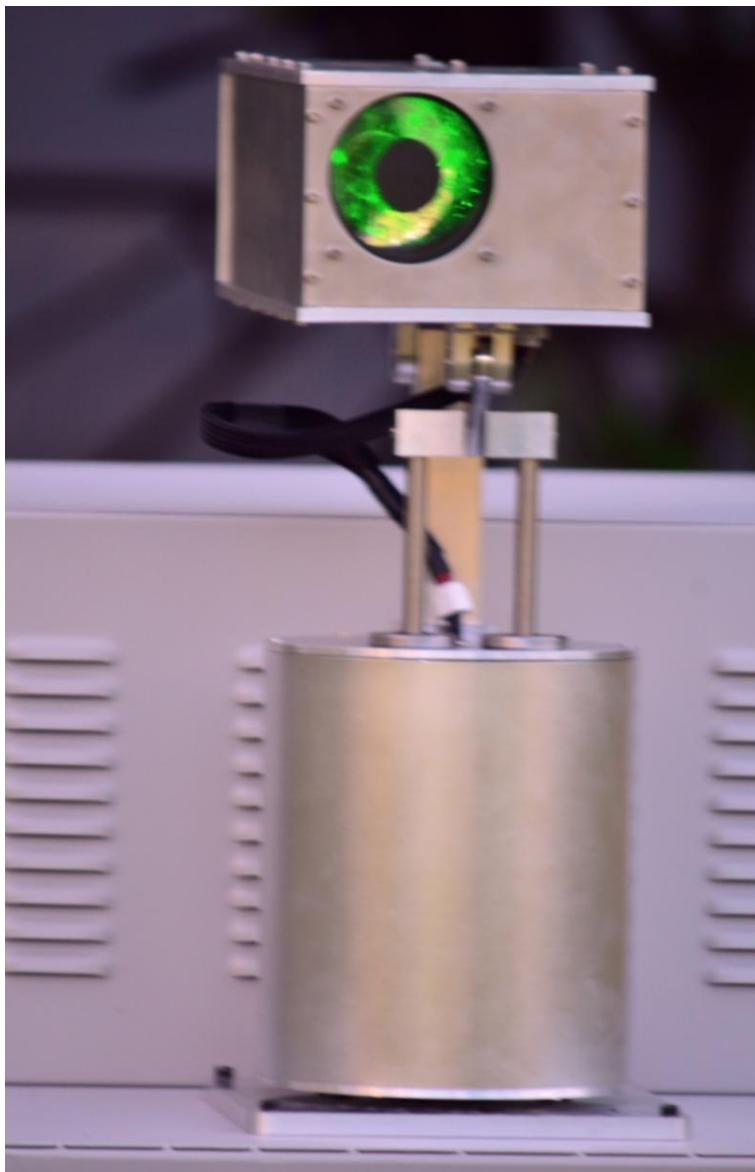
(1) 已经具有生产适于水产养殖和果园种植的全天候自动运转的固定波长激光驱鸟器产品的能力。共有 450nm、502nm、532nm、580nm、650nm、660nm 和 670nm 等系列 21 个规格 42 个型号固定波长半导体激光驱鸟器和全固态激光驱鸟器，其中 14 个规格 28 个型号的激光驱鸟器，具有偏振调制或闪烁调制等功能，属于国际首创；7 个规格 14 个型号的激光驱鸟器具有国际先进、国内领先水平。下图是全天候自动运转的 532nm 全固态激光驱鸟器产品样机。

(2) 已经具有生产适于水产养殖、果园种植、环保和电力等领域的手持式固定波长激光驱鸟器产品的能力。

(3) 已经具有生产适于机场的手持式固定波长激光驱鸟器产品的能力，21 个规格 42 个型号，激光光斑外径可达到 200mm，激光发散角全部不大于 $17\ \mu\text{rad}$ 。

(4) 已攻克了适于机场的全天候自动运转固定波长激光驱鸟器产品的关键技术，此类产品共 21 个规格 42 个型号，激光光斑外径分别为 150mm 和 200mm，激光发散角 $17\ \mu\text{rad}$ ；其中具有偏振调制和闪烁调制系列的产品均属国际首创。

(5) 已攻克了全天候自动运转的波长调谐激光驱鸟器的关键技术，此类激光驱鸟器属于国际首创，能够驱逐各种鸟类，尤其适应于鸟类种类繁多或鸟类差异大的机场等领域。



应用范围:

机场、水产养殖、农业与林业（尤其果园种植）、环保和电力网等领域。

市场前景：

- (1) 国内农业和林业鸟害严重，激光驱鸟器市场巨大。
- (2) 水产养殖鸟害严重，激光驱鸟市场巨大
- (3) 机场激光驱鸟器市场巨大，利润空间巨大。

预期效果：

- (1) 固定波长激光驱鸟器同类产品（指单纯依靠波长和功率驱鸟的）技术指标达到国际先进、国内领先水平。
- (2) 偏振调制和闪烁调制式固定波长激光驱鸟器，属国际首创。
- (3) 波长调谐激光驱鸟器，属国际首创。
- (4) 超宽光谱激光驱鸟器，属国际首创。

2. 无砂无冒口绿色铸造技术

项目简介:

“无冒口铸造成套技术”根据流变铸造和液态模锻原理，对铸件生产工艺与装备进行改造，实现无冒口零缺陷铸造，旨在根除传统铸造冒口大造成巨大的材料消耗和能源浪费的行业共性问题，实现质量与效益双提高。

技术特点:

该成果已经申报了国家专利，技术成熟，处于针对铸件的具体规格范围进行推广应用的阶段，可以提供工艺、工装和设备的一体化成套技术。整体技术处于国际领先水平。

工艺出品率：由现在的 60-70%左右提高到 95~100%；收缩缺陷发生率：小于 0.5%；综合质量：比同材质铸件稳定提高 10%—20%以上。

应用范围:

其适用于铸钢件、球墨铸铁件和有色合金铸件。也适用于各种铸造轧辊，如整体铸造的铸钢和铸铁轧辊、复合浇铸的铸钢和铸铁轧辊、离心铸造的各种铸钢和铸铁轧辊。

该技术适用于新建铸造厂，也适用于已有铸造厂进行工艺技术改造。

市场前景:

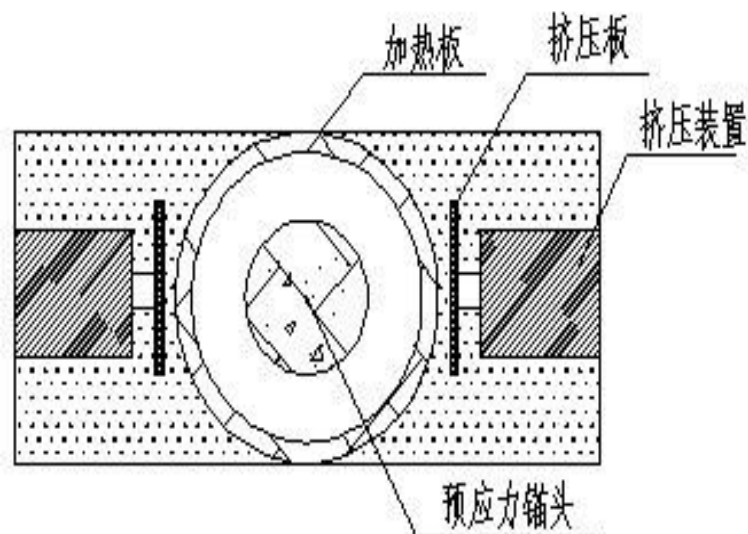
采用该技术后，可以实现铸钢、球铁和有色铸件的无砂、无冒口、高品质铸造，使铸造企业实现清洁生产，符合国家绿色制造的要求，市场前景十分广阔。

3. 保证预应力工程百年耐久性的灌浆设备和封锚仪器

项目简介：

保证预应力工程百年耐久性的灌浆设备和封锚仪器是针对沥青基灌浆材料具有高温流动性和高粘稠度的特点，研发的适合预应力工程现场施工用的沥青基灌浆设备。在功能上包括：灌浆材料的全程温度控制系统、灌浆材料加热、储存结构、灌浆材料的泵送结构、灌浆材料的输送结构。

技术特点：



- (1) 灌浆设备在沥青针对沥青基灌浆材料的高粘稠度实现远距离、大扬程的输送。
- (2) 这种新型的预应力封锚配套仪器主要由加热部分和挤压部分组成。在挤压部分中，能够自由伸缩的小型液压装置是其技术创新点，在热缩管中的热熔胶受热溢出后，

小型液压设备推动两个端部的挤压板，对热缩管进行挤压，达到封锚的目的。

主要技术指标：

温度达到 $120^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。

应用范围：

本项目所研究的保证预应力工程百年耐久性的封锚仪器和灌浆设备，主要应用于后张法预应力混凝土孔道沥青基灌浆材料灌浆及梁端封锚施工中。

市场前景：

为了保证预应力筋周围的灌浆材料完全密实，采用沥青基灌浆材料进行预应力孔道灌浆作为水泥基灌浆材料的更新换代产品将是一大趋势。同时，本项目所述的封锚仪器的主体是集加热、挤压于一体的半自动封锚仪器，将来可发展为剪管、加热、挤压于一体的全自动设备，是具有自主知识产权的施工工艺，具有广阔的市场前景。

4. 高压大功率电弧加热器电源

项目简介：

等离子体电弧加热器是采用电极放电产生电弧的方法将气体加热到高温状态（几千至上万度高温），可以用来模拟高速飞行器，如飞机、火箭、高超音速导弹、太空探测器等在飞行过程中所承受的高温、高压外部环境，对研究飞行器在特殊太空条件下所使用材料的耐烧蚀性、隔热性能等参数具有重要意义。为了使电弧加热器地面模拟更接近实际飞行器的再入环境，真实地考核再入飞行器耐热材料的性能，以便做到精确的耐热设计，从而降低飞行器的制造和发射成本，需要高性能的电弧加热器来满足各种地面模拟试验。

技术特点：

容量大、组合灵活，满足了目前国内的绝大部分材料耐热试验供电要求。



主要技术指标：

电源输出参数为直流 3000A/21000V，或 6000A/10500V。根据不同电路拓扑组合，方便适用于其他参数要求。

应用范围：

该电源为电弧加热器地面模拟试验系统提供直流电源，适用于管弧加热器、长分段加热器、碟片加热器等，满足了目前国内的绝大部分材料耐热试验供电要求。

5. 高性能工业机器人控制系统

项目简介:

针对点焊（弧焊）机器人和重载搬运机器人的应用，开展机器人控制器核心技术相关研究，研究开发自主知识产权的高性能低成本的工业机器人控制器，实现工程应用。研究工业机器人控制器核心技术，完成控制器的研究与开发并实现工程化，实现示范应用及产业化目标。

技术指标

序号	名称	规格
1	插补周期	4ms
2	重复定位精度	20um
3	直线度	40um
4	联动轴数	六轴
5	伺服驱动接口	脉冲
6	插补方式	关节，直线，圆弧，曲线
7	上位机（示教器）	LINUX+QT
8	下位机（控制器）	UCOSII
9	加减速功能	直线型和 S 型
10	语言标准	安川 inform II 指令系统
11	PLC 功能	内部软 PLC，标准支持 32 输入/32 输出点，可扩展 128 输入/128 输出。128 个定时器，128 个计数器
12	现场总线接口	RS485, RS232, CAN

技术特点:

工业机器人控制系统的软硬件体系结构:

(1) 基于领域建模的开发方法

研究面向机器人控制器开发的领域建模方法，通过对机器人控制系统共性的提取和功能及非功能属性的抽象，借助形式化描述及工具集成实现机器人控制系统在模型层的仿真和验证，并研究可重用实时组件设计方法，使得开发的重点从底层代码转向机器人领域应用。

(2) 基于组件的开放式控制器的软件结构

根据机器人控制的特点和开放性的要求，研究机器人组件模型，组件划分方法，组

件间的通信机制，连接配置方法以及系统的调度模型，并研究开放式机器人控制器的一般开发流程，开放式平台下多传感器机器人的控制方法。

(3) 开放式控制器模块化硬件结构

根据开放性的要求，研究硬件模块的划分方法，便于系统添加或更换各种接口、传感器等；采用基于标准总线的结构；研究多 CPU 系统的设计方法；研究基于 FPGA 的接口设计方法。

(4) 机器人操作系统

根据机器人应用需求，在开源操作系统的基础上增加机器人应用层接口、机器人算法，中间件，增强实时性能的任务调度算法。

高速、高精度工业机器人轮廓控制技术和柔性加减速技术：

(1) 速度前瞻控制和拐角控制技术

前瞻处理的主要任务是获取路径信息，并根据速度、加速度和加加速度等机器人运动约束条件和选定的加减速规律进行速度规划。

(2) 柔性加减速技术

加减速控制算法可以避免机器人的冲击、振动，并在不增加系统运算量的情况下使得插补过程能够平滑快速的执行研究直线型加减速、S 型加减速、平滑 S 型加减速、力矩加减速提高系统的精度和速度。

(3) 最优轨迹规划算法

轨迹规划的任务是根据给定的路径点规划处通过这些点并满足边界约束条件的光滑的最优运动轨迹，研究时间最小的轨迹规划算法、能耗最小的轨迹规划算法、加速度最小的优化算法，使机器人的作业效率、能耗达到最优，同时确保运动的平稳性。

工业机器人编程语言规范：

(1) 编程语言规范

根据机器人不同应用领域的特点及具体要求，研究通用的机器人编程语言结构，定义词法及语法规则；充分考虑机器人控制系统的运动控制、运算-决策、通讯、工具指令以及传感器数据处理等基本功能，规划完善的指令集和内部函数集；定义机器人物理环境模型，确定编程语言指令与目标指令内在的逻辑关系。

(2) 编程环境设计

机器人编程环境具有以下特征：面向应用的数据结构、扩展的通用算法和数据结构。研究机器人语言程序的词法、语法和语义的分析，以及语法错误检查和系统逻辑错误检

查技术；设计机器人语言程序解释器，实现机器人语言到系统内部指令的转化，并根据应用需求优化系统内部指令序列。

故障诊断、测试与可靠性技术：

(1) 智能故障诊断系统

研究基于规则的专家系统，基于实例的专家系统，规则和实例混合的专家系统，基于规则控制的实例诊断系统。

(2) 可靠性技术

1) 可靠性分析：对控制系统可靠性数据、故障模式、影响及危害度分析，以便发现设计、生产中的薄弱环节，为提高控制系统可靠性提供依据。

2) 可靠性设计技术：采用简化设计、降额设计、冗余设计、EMC 设计、热设计、环境保护设计提高系统的可靠性。

3) 可靠性试验技术：在研制阶段采用可靠性增长试验提高系统可靠性，通过可靠性鉴定试验确定系统定型，通过可靠性验收试验确定系统的可靠性是否达到要求，采用应力筛选试验提高产品的使用可靠性。通过加速寿命试验评估 MTBF 值是否达到。

4) 软件可靠性试验技术：采用软件可靠性设计、可靠性增长测试、软件可靠性测试和软件可靠性验证测试提高软件可靠性、通过建立控制系统软件可靠性仿真测试平台提高软件可靠性测试水平。

面向重载机器人的先进控制算法：

(1) 基于系统动力学模型的控制

针对重载机器人惯量变化大，固有频率低，高度非线性耦合的特点。研究基于机器人真实参数的动力学模型及实时求解。根据动力学模型，研究运动规划、柔性加减速以及模态控制等方面的技术，减少由于轨迹规划引起的机器人振动。

(2) 负载自动识别

针对机器人不同应用及负载变化，研究机器人在线自动识别负载的方法。

(3) 机器人空腔计算及处理

实现了机器人所能到达的所有位置范围计算，能提前提示用户示教的位置是否合法，是否在机器人能到的位置。

(4) 立方干涉处理

实现了最多六个干涉区的设置，在多机器人相互配合运行工作时，通过干涉区避免了碰撞的危险性。

应用范围：

伴随我国经济的高速增长，以汽车等行业需求为牵引，我国对工业机器人需求量急剧增加，国际工业机器人知名企业如 ABB、FANUC 等纷纷在中国建厂，目前，我国工业机器人新装机量近 90%仍依赖进口。因此，对于工业机器人制造业，摆脱依赖关系，拒绝跟随式发展，成为目前国内基础制造业的重中之重。

工业机器人制造是一个崭新而又创新的产业，由于工业机器人应用极为广泛，其前景非常看好。本项目对工业机器人控制系统有其独到之处加之雄厚的制造业基础，两者相结合将为国内制造业开创一个新的主流产业。该产业的逐步形成既符合国家新兴高端制造业的产业发展规划，又为国家的经济腾飞打下坚实的基础。

市场前景：

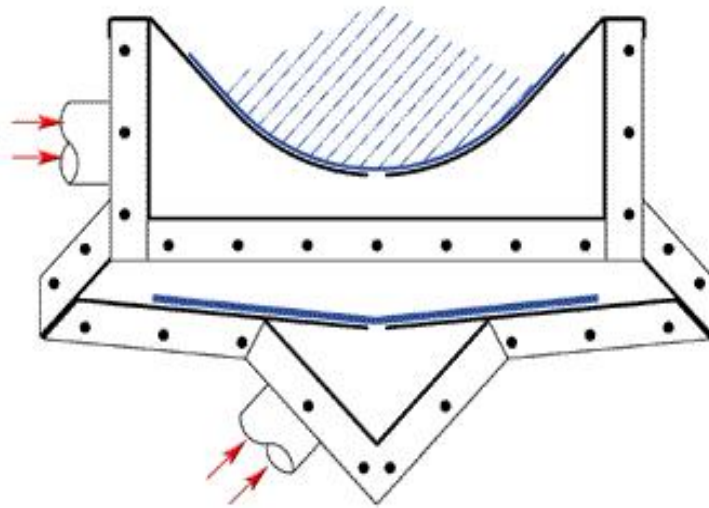
亚洲将成为工业机器人行业发展最快的地区。工业机器人行业作为高端装备制造产业的重要组成部分和最具增长潜力的新兴部分，未来发展空间巨大。

6. 悬浮式物料输送系统

项目简介：

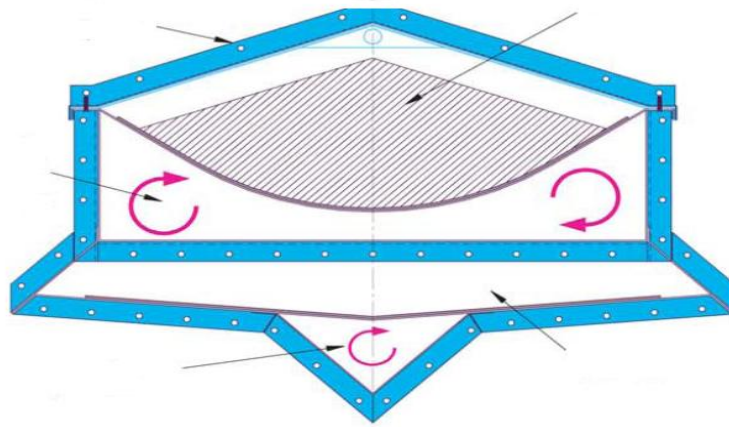
悬浮式物料输送系统使用气垫支撑代替传统的托辊支撑。

其工作原理是：由风机向气室内供气，气室内具有一定压力的气体从盘槽上的气孔中喷出，在输送带和盘槽间形成一个稳定的气垫层，使输送带产生悬浮效果，从而实现悬浮输送。



悬浮式物料输送系统开发的产业意义：物料输送系统随着国内经济的蓬勃发展而飞速发展，但是国内生产企业一直难以解决传统托辊式输送皮带机高耗能、寿命低的缺点，输送系统急需开发高效节能的高端装备。目前，国际发达国家开发出应用气垫代替托辊进行支撑的悬浮式输送皮带，且取得了巨大的经济效益。该类输送系统具有以下显著的节能特性，比起传统的托辊支承皮带节能效率可达到30%以上。维修费用可节约60~75%。输送能力和使用寿命可提高二倍以上。是解决目前制约输送机械发展的突破性创新！

取得成果：



试验样机



双气室串联结构实验平台



多气室并联结构试验平台

阻力实验结论：输送带摩擦系数为 0.0127，是传统输送带的 1/30。



技术特点:

解决了系统产业化的技术难题。

(1) 气孔堵塞及清理技术难题

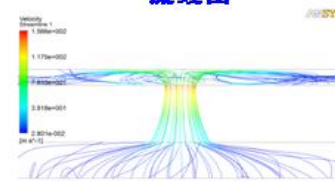
陶瓷喷嘴实物图



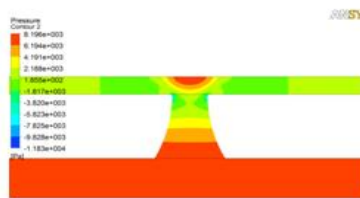
安装效果



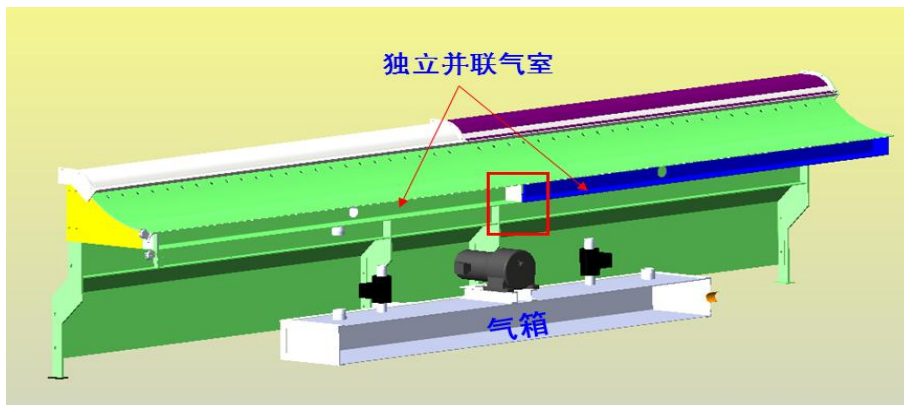
流线图



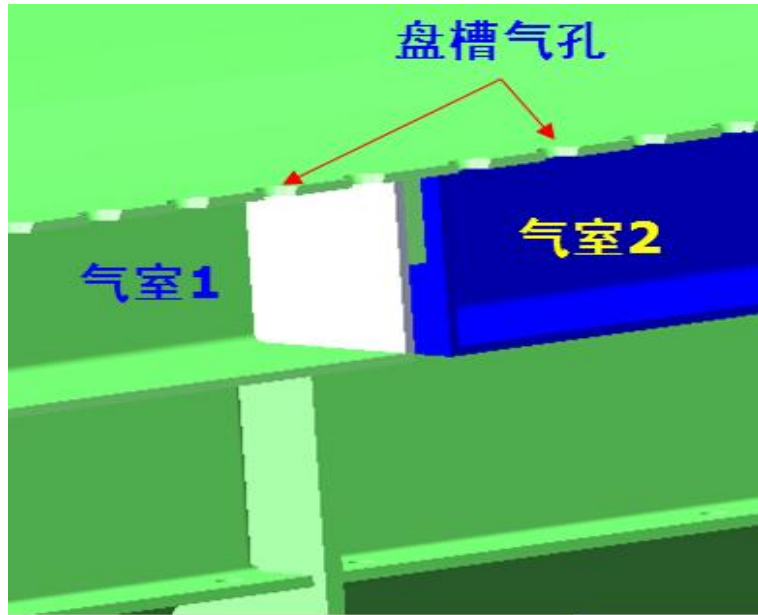
压力云图



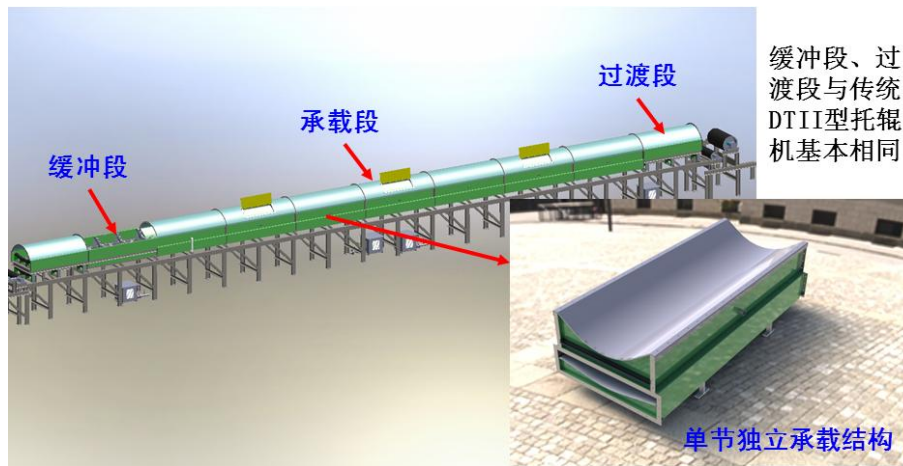
(2) 密封难题



并联式气箱结构图

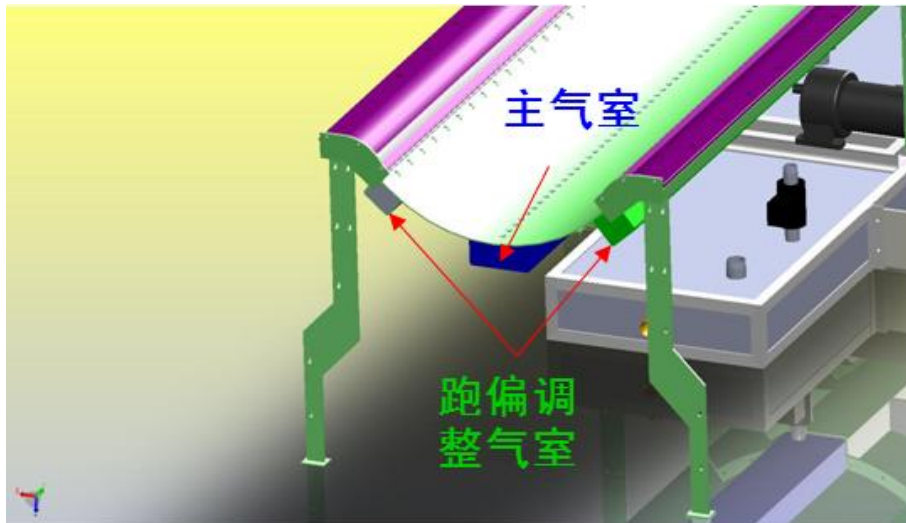


(3) 安装难题



模块化设计

(3) 跑偏及自动纠偏难题



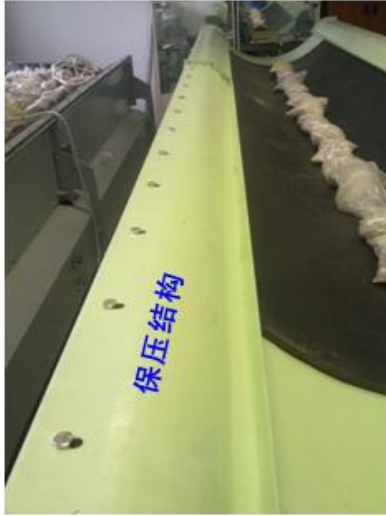
三维模型



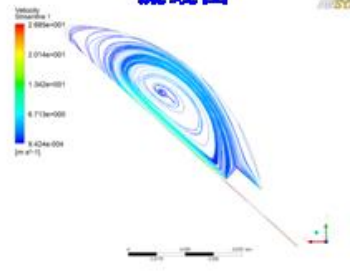
实验系统

(5) 边缘保压结构

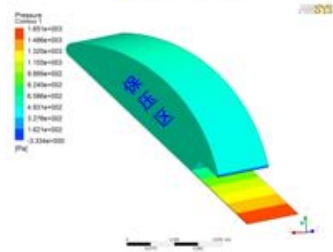
结构图



流线图



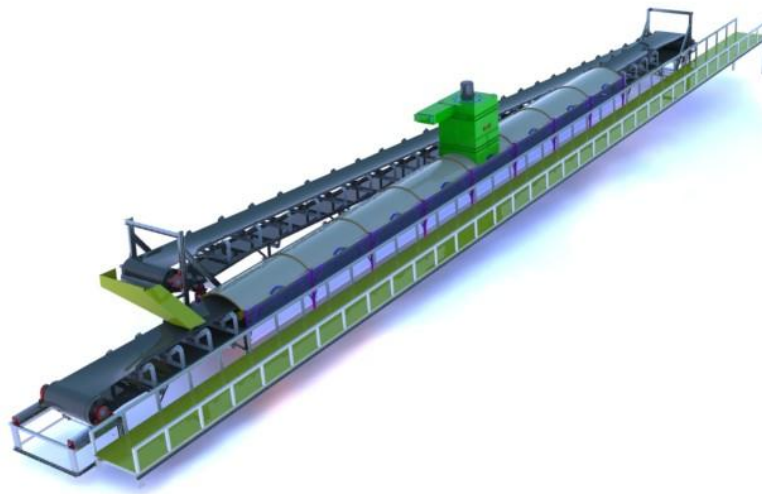
压力云图



(6) 控制难题

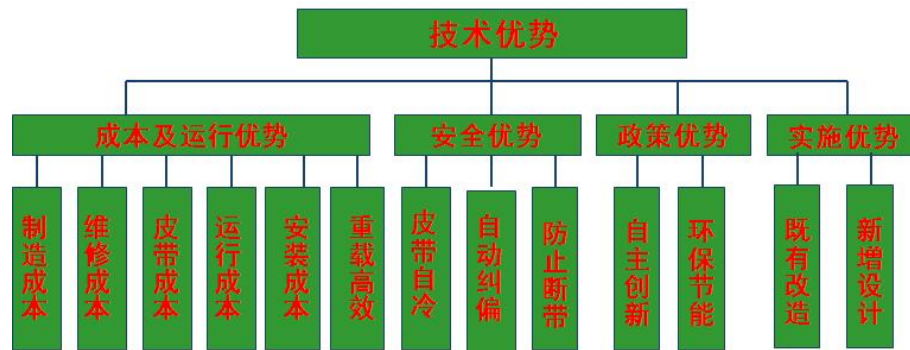


结构图



30 米循环式悬浮式物料输送系统的样机

市场前景:



此项开发目标实现后，以其独到的技术高度和节能特性，可以逐步推广，如果达到国内市场份额的 0.51%，即可实现年销售收入 3-7 亿元。与此同时，应用悬浮式物料输送系统可以为国家节约能源 30% 以上，必将带来巨大的经济效益和社会效益。

7. SVC 工程

项目简介:

电力机车运输方式在保护环境的同时也对电网造成了严重“污染”，因电力机车为单相供电，这种单相负荷就造成了供电网的严重三相不平衡极低的功率因数，并产生负序电流。目前世界各国解决这一问题的唯一途径就是在铁路沿线适当位置安装 SVC 系统，通过 SVC 的三相快速补偿功能来平衡三相电网，并通过滤波装置来提高功率因数。



技术特点:

(1) 消除无功倒送，提高功率因数

SVC 投运前，原有电容器在区段无机车运行状态下向系统注入大量无功，变电所的平均功率因数为 0.88；

SVC 投运后，可有效解决电容器无功倒送问题，将变电所功率因数提到 0.92 以上。

(2) 抑制高次谐波

SVC 的滤波装置对电气化铁道所产生的高次谐波具有很好的治理作用，特别是对 3 次、5 次、7 次谐波的治理效果尤为明显。SVC 投运后，各次谐波电压的畸变率均无超标现象，满足了用户的运行要求。

(3) 降低电压不平衡度、减少负序干扰

SVC 投运后，对改善电压的不平衡状态起到了很好的作用，电压不平衡度明显降低，完全满足各项标准的要求。

(4) 减少机车所引起的电流冲击、电压波动，优化电能质量，提高运输能力。

SVC 的实时动态无功补偿效能，有效降低了因机车所引起的电流冲击及电压波动，使电能质量得以优化，显著提高了电铁的运输能力。

技术数据	
应用：电铁牵引变电站	触发方式：光电触发
电网电压：27.5kV	阀组结构：开放式、热管自冷
型式：TCR+FC	控制系统：双 CPU 全数字控制系统
TCR 容量：3.6Mvar	响应时间：<10ms

FC 容量: 4.8Mvar	调节范围: -100% - +100%
滤波通道: H3	

8. 气动锚杆钻机系列产品

项目简介：

本项目研发的气动锚杆钻机产品派生出 7 个系列产品，能够满足煤矿巷道各种条件下的钻孔安装作业。包括机型：

- (1) MQT95/2.6A 大扭矩顶板锚杆机
- (2) MQT95/2.6B 中速中扭顶板锚杆机
- (3) MQT95/2.6C 高速气动锚杆机
- (4) MQS50/2.1A 大功率气动帮锚杆机
- (5) MQS50/2.1B 手持式气动帮锚杆机
- (6) MQM95/2.6 气动柱架式万向钻机
- (7) JQH-32 锚杆钻机供气净化器



该项目通过深入的机理研究和优化设计，上述各种钻机的性能得到最优化，取得多项技术专利。产品适于煤矿巷道支护及地下工程的支护。由于中国是世界第一产煤大国，周边国家印度、俄罗斯、越南等国家也大量产煤，该系列产品在煤矿生产中具有广泛的应用前景。本项目研发的系列产品年产值将超过亿元，由于新产品正在推广中，其利润率将超过 50%。对该项目的投资者最好有煤矿机械设备的生产或销售经验和背景。

9. 非接触式激光料位监测与控制系统

项目简介:

对于特殊工况条件下（如被测对象环境温度较高，且物料下落时会产生飞溅、出现粉尘等现象）动态物位的检测问题，已成为企业能否实现生产自动化的关键所在。虽然目前市场上出现了各种物位测量仪表，而且新的物位检测方法也不断产生，但对于散粒体在动态变化状态下且料仓内还有散粒体的飞溅以及热气的蒸发等现象的物位测量，已有的物位测量仪表显得并不适用。

同时，在工矿企业中，当物料达到设定值以后，都是采用人工手动开关阀门去控制料位高度，这不单降低了控制精度，而且提高了工人的劳动强度；对于大型企业来说，一般被控对象是多目标、多参数的，采用这种传统的方法更显得无能为力。另外，由于被测对象的工作环境恶劣，系统各种随机干扰严重，加之物料采用风机通过管道输送，时滞较大，如采用传统的控制方法，控制效果也不甚理想。

综上所述，特殊工况条件下动态物位的检测是当前检测领域中的一个难题，也是实现企业生产自动化的前提，在此基础上，采用现代先进的控制方法实现对多目标被控对象的自动控制，降低工人劳动强度、提高企业生产效率和经济效益是必要而迫切的。基于此，本项目提出的基于激光测量原理的非接触式料位监测与控制系统是一种新的行之有效的办法，可以实现特殊工况条件下液体和固体的非接触物位测量。非接触式料位监测与控制系统，是总结了国内外相关技术经验，并综合了智能技术，计算机软件技术和先进控制理论而开发的高技术产品。与同类技术产品或成果相比，该系统测量精度高，开放灵活，可靠性高，且操作简单，易于维护。

技术特点:

- (1) 综合了计算机技术、人工智能技术和先进控制理论；
- (2) 核心算法采用了多层次结构，极大增强了系统的适应性、可靠性和易维护性，保证系统的长期优化运行；
- (3) 非接触式激光料位监测与控制系统能够通过定制适应不同应用需求；
- (4) 该系统测量精度高，与被测物不直接接触，安装维护方便；
- (5) 非接触式激光料位监测与控制系统在特殊生产工况下控制精度可达到 1mm；
- (6) 可以实现远距离数据传输，具有自动报警功能；
- (7) 全中文系统，具有控制操作、趋势显示、数据存储、报表打印、故障报警等功

能：

(8) 低成本设计是本技术的着眼点之一。

应用范围：

本项目适用于化工生产和某些橡胶生产过程要求对高粘度介质的物位进行测量与控制；在采矿场、农产品贮仓、水泥库等地方要求对固体颗粒及粉料面位置的测控，连续铸钢锭时结晶器中钢水液面的测控等方面。有助于提高料位检测效率和精度，目前国内在特殊工况条件下(如被测对象环境温度较高，且物料下落时会产生飞溅、出现粉尘等现象)动态物位的检测研究仍处于起步阶段，现有的技术还存在着很大的不足，本项目的成功将有望在全国范围内推广，市场前景看好。

预期效果：

非接触式激光料位监测与控制系统可以实现特殊工况条件下液体和固体的非接触物位测量，该测试系统所满足的技术指标主要是：

- (1) 可以工作在有强电磁干扰、危险以及特殊工况条件下现场；
- (2) 输入电源：交流电源电压 180-260VAC、50Hz；
- (3) 运行外界温度：-10℃-50℃，相对湿度：<80%；
- (4) 主控制器安装使用防尘、防水结构；
- (5) 传感器最大探测距离：25m，最小探测距离：0.3m；
- (6) 测量分辨力：1mm；
- (7) 经济指标：1000 万元。

10. 电弧放电光线研磨截面高精度抛光方法及装置

项目简介:

该装置属专利技术，是一种电弧放电光纤研磨截面高精度抛光方法及装置，利用两电极间的放电电弧对研磨后光纤表面进行抛光处理，以便去除光纤研磨过程中产生的微裂损伤，提高研磨光纤的质量的新型光纤抛光设备。属于光纤通信系统技术领域，特别属于利用光纤包层场的变化来制作高精度光器件的技术领域。

光纤属于硬脆玻璃材料，在光纤研磨过程中，研磨砂将不可避免地会在其表面产生大量的凹坑和微裂损伤，表面粗糙度较高，从而引起光信号的散射和吸收损耗较大，虽然采用颗粒尺寸很小的微粉对光纤的研磨表面进行机械抛光，可在一定程度上降低表面的粗糙度，但机械微粉抛光法并不能消除研磨光纤表面那些不可见的微裂损耗，如果不进行处理，当空气中的水汽进入这些微裂纹时，将导致所制作的光纤器件的性能很快恶化，对提高器件的稳定性极为不利。而且由于光纤的直径仅为 125 微米，为提高其研磨表面的光滑性，对机械微粉的材料、尺寸和纯净性要求极高，在实际加工中并不适用。因此，为进一步提高光纤研磨后表面的光滑性，避免微裂损伤造成的器件性能恶化，迫切需要一种价格便宜、使用方便，并且能对研磨光纤表面的微裂纹进行消除的新型抛光设备。

系统功能:

利用两电极间的放电电弧对研磨后光纤表面进行高精度抛光的方法及装置，解决其技术问题所采用的技术方案是：

一种电弧放电光纤研磨截面高精度抛光方法，其特征在于，利用在电压控制下，两电极放电电弧所产生的高温效应，将研磨光纤的表面进行熔化，消除研磨光纤表面的微裂纹；通过定位传感器，是放电电极沿着研磨后待抛光光纤的轴向移动，调节光纤抛光的长度；利用电机速度控制器控制电极的移动速度。

技术特点:

(1) 利用在电压控制下，两电极放电电弧所产生的高温效应，经研磨光纤表面进行熔化，消除研磨光纤表面的微裂纹；

(2) 利用电压控制 PZT，调节放电电极与研磨后待抛光光纤间的距离，调节精度为 0.01 微米；

(3) 通过精密导向机构和定位传感器控制抛光电极的移动范围，调节光纤抛光的长

度，长度为 0-140mm；

(4) 利用电机速度控制器对电极的移动速度进行控制。

利用电压控制压电陶瓷 PZT，从而调节放电电极与研磨后待抛光光纤间的距离；并通过定位传感器来控制抛光电极的移动范围，实现光纤抛光的长度的调节。其发明的主要内容如下：

该抛光装置，由 PZT 高度调节器，电机速度控制器、精度导向传送带，定位传感器、V 型刻槽光纤放置用微晶玻璃和电极组成。

主要优点：

(1) 采用火焰抛光的方法，通过 PZT 调节研磨抛光后的光纤与电极的相对位置，利用电极打火所产生的高温将研磨光纤的表面进行熔化，从而有效消除研磨光纤表面的粗糙度，抑制微裂纹或凹坑造成的较大损耗；

(2) 过精密导向机构的定位传感器，是放电电极沿着研磨后待抛光光纤的轴向移动，从而实现对光纤抛光的长度进行任意调节；

(3) 利用电机速度控制器对电极的移动速度进行控制。

11. 绝缘子串电弧泄放装置

项目简介：

该装置属专利技术，适用于电力系统、高压绝缘领域。

电力系统架空输电线路布设在户外。雷击线路常导致绝缘子串表面发生闪络，而后持续的工频续流电弧沿绝缘子表面燃烧，可能导致绝缘子瓷瓶碎裂以及其附属的固定金具损坏从而发展成线路故障，跳闸断电。故障后查找故障点、更换损坏的元件造成较长时间停电，降低了供电可靠性和增大了运行成本。

技术特点：

为了克服现有绝缘子技术结构在这方面不足，研制了这种绝缘子串电弧泄放装置。

主要采用的技术是：包括并联电弧泄放气隙电极、绝缘子串、金具，绝缘子串两端装有金具，金具上固定装有并联电弧泄放气隙电极。放电气隙间距长度略小于绝缘子串的串长长度，绝缘子串两端金具，一端和输电线路连接；另一端和杆塔固定绝缘子的金具相接。本装置可以在 35kV、110kV、220kV 线路上安装。

优点：在绝缘子串的两端加设并联的电弧泄放气隙，使雷电引发的电弧在远离绝缘子表面的电弧泄放气隙里燃烧，从而保护了绝缘子以及附属的固定金具。

12. 近净形高品质流变铸造系列技术开发与应用

项目简介：

近净形高品质流变铸造系列技术是以非牛顿流变学和凝固理论为基础，以凝固行为和流变行为的有效控制为技术核心，以实现无缺陷、高可靠性、近净形、高性能、长寿命产品生产为目的绿色铸造新技术。它根据合金熔体具有的良好流变性能进行成形，使用永久型，彻底摆脱了“翻砂”，减小了环境负荷；在压力作用下充型、凝固和补缩，取消了传统铸造中的冒口，使工艺出品率显著提高；利用流变与凝固的耦合控制技术，实现细晶均质化铸造，产品性能与锻件相当；从熔炼到铸件成形的短流程机械化作业，使能耗和排放显著降低，绿色度高。

该系列技术吸纳了传统锻造技术的高品质优势和传统铸造技术的广泛适应性优势，可以解决锻造技术对设备吨位要求高和受零件结构复杂性限制的问题，还可以解决传统铸造技术所得产品质量均匀性、稳定性和安全可靠性的问题。

该系列技术代表了材料成形技术的发展方向，国内外都已经获得工业应用。用于接触网零件生产，取代现有的精密铸造方法，不仅使材料利用率提高到75—85%以上，而且因组织细密，屈服强度提高一倍以上。用于煤矿支护设备液压阀体，使材料利用率由圆钢车制时的48%提高到82%以上，性能达到了与轧制圆钢车制相当的程度。用于车辆零件（轴箱体、钩舌、测速齿轮等）生产，有效解决了缩孔、缩松等难以解决的缺陷，使产品可靠性大幅度提高。用于高锰钢、高铬铸铁等抗磨材料成形生产，使产品抵抗异常破坏的能力大幅度提高，而成本与砂型铸造相当。

应用范围：

本项目技术是一种通用性很强的材料成形技术，在汽车零件、军工航天零件、机车车辆零件、抗磨零件、电力配件等各种重要零件生产领域具有广阔的市场化前景。

汽车和轨道交通领域的机车车辆零件正在向轻量化、绿色化方向发展。轻量化和绿色化的关键途径之一是提高材料性能水平。本项目提供的流变成形系列技术可以为此提供技术支撑。

军工产品和载运工具零件的高安全性和高复杂性对材料成形技术提出了严峻挑战，现有传统铸锻技术难以满足要求，本项目技术可以发挥其优势，为军工、航天等重要领域提供高品质近净形零件。

抗磨材料及其产品的国内外需求都很大，目前的生产方法主要是铸造。而传统铸造

产品组织性能的不均匀性和高缺陷率使抗磨产品经常出现早期异常破坏，造成严重的材料浪费。本项目技术的高致密、均质化特点可以使这一问题得到根本的解决，推广应用前景看好。

金属基复合材料以铸造成形成本最低，但因复合材料的铸造工艺性能不好，铸造生产难度较大，应用受到限制。采用本项目技术可以方便地生产各种金属基颗粒增强复合材料及其零件，使其应用范围大幅度扩展。

市场前景：

应用该项目技术后，可以使企业的工艺技术水平达到国内外先进水平，提高企业的可持续发展能力和产品的市场能力，具有长远的意义。从技术层面看，本项目技术可以取得的主要效果集中体现在如下方面：

(1) 产品的内部缺陷发生率显著降低。在保证合金熔体冶金质量的前提下，可以实现零缺陷生产。

(2) 废品率显著降低。由于本项目技术是机械化或自动化生产，可以实现生产工艺的有效控制，使综合废品率大幅度降低，一般在 1% 以下。

(3) 工艺出品率显著提高。传统的铸造生产离不开冒口补缩，本项目技术可以实现无冒口压力补缩，使工艺出品率大幅度提高，一般都在 80% 以上。

(4) 产品性价比显著提高。在不改变材质的情况下，采用本项目技术可以使材料性能最大化，特别是材料的强韧性同步提高，疲劳性能显著改善，而能耗、材料消耗以及人员费用有所降低，所以性价比可以显著提高。

(5) 项目的投资回收期一般在一年左右，利税率可达 30% 以上。

13. 真空调压成型技术

项目简介:

本技术的真空、反重力充型特点,能够平稳地将液态金属充入到铸型中,使毛坯中含有极少的气体和气孔;本技术的压力下凝固补缩特点,能够对补缩通道施加大的补缩压力,减少或消除凝固收缩形成的缩松和缩孔缺陷。采用本技术生产的毛坯中材料的孔隙率可以小于 0.05%,获得高质量、优质毛坯。

本技术直接对坩埚内和真孔罩内部的压力进行调压,设备结构简单,密封性好,调压空间小,增强了控制系统的快速性与及时性,降低能耗;炉体具备倾翻机构,坩埚与调压管路间采用软管连接简化机构,便于倾倒剩余液体,操作简单,降低成本。另外,本技术通过对成型过程中铸型内液态金属液面位置和温度的检测,可根据所获得的信号设置坩埚内的压力控制,实现真空调压铸造工艺的精确控制。

应用范围:

本技术适合于各种壁厚的铝合金及其复合材料的毛坯生产。

市场前景:

本技术为铝合金及其复合材料的液态反重力成型制造技术,该技术可以在真空条件下将液态金属平稳地充入到铸型(金属、石墨、树脂砂、水玻璃砂等铸型),在压力下完成凝固,实现凝固补缩。该技术能够达到的真空度低于 -0.1MPa ,可以实现的补缩压力为 0.2MPa 。本技术采用计算机实现真空、充型过程和凝固补缩过程的精确控制。

目前,本技术已经成功用于我国高速客车铝基复合材料制动盘的制造生产,获得了优质的制动盘质量,取得了好的社会效益,正在进一步推广应用到高强度铝合金轴箱的成型制造过程。

14. JD-1 柴油低温流动改进剂

项目简介:

我们通过分子设计方法,研制出适合我国轻柴油使用的 JD-I 型柴油低温流动改进剂,适用于 0#及-10#以上轻柴油的既降冷凝点、又降冷滤点的要求,将 0#柴油改进到-10#柴油,将-10#柴油改进到-20#柴油。使柴油在低于浊点的温度下也能较好地通过油管与过滤器,具有良好的低温泵送性能。研制的产品生产过程无三废排放,使用过程对内燃机不产生任何副作用,尾气排放符合标准;使用方便,容易与柴油均匀混合,可采用搅拌釜、静态混合器等混合装置按比例调和即可,也可通过槽车的长距离运输通过自然振荡完成混合。

JD-1 柴油低温流动改进剂是采用先进的“分子设计”方法,合成并筛选出的适合我国柴油发动机所用高含蜡、窄馏分柴油的低温流动改进剂。既降低柴油的冷凝点,又能降低其冷滤点,从而使柴油在低于浊点的温度下,也能较好地通过油管和过滤器,具有优良的低温泵送性能。

该产品生产过程无“三废”排放,使用过程中不会对发动机产生任何副作用,尾气排放符合标准;使用方便,容易与柴油均匀混合,可采用搅拌釜、静态混合器等装置按比例调和,也可通过罐车的长距离运输自然振荡完成混合。

该产品研制过程中进行了大量的理论和基础研究,对各种柴油进行了充分的适应性试验,解决了目前国内外柴油降凝剂难以降低柴油冷滤点和对窄馏分柴油感受性差的问题。

该产品不仅能有效地降低柴油的冷凝点,而且更有效地降低柴油冷滤点,从而使柴油达到更低的标号,为炼厂创造较高的经济效益。同时又提高了发动机的安全性和运营经济性,延长了换油周期和发动机的使用寿命。

技术特点:

(1) JD-I 型柴油低温流动改进剂主要技术性能

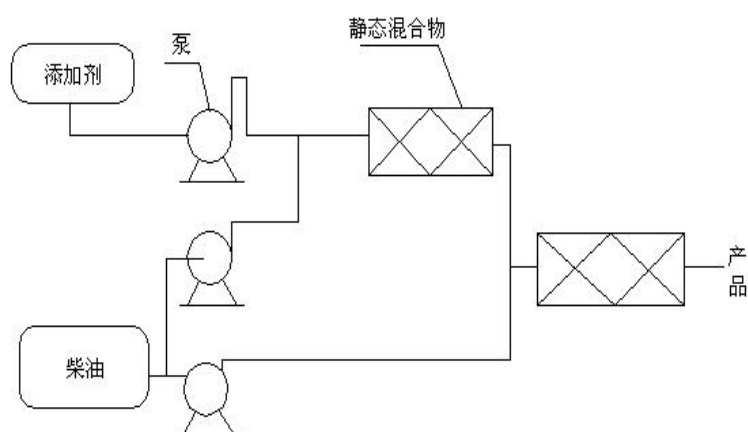
表 1 JD-I 型柴油低温流动改进剂暂定技术指标*

项目	质量标准	试验方法
外观	橙黄色油状液体	目测
运动粘度 mm^2 / s (100℃)	30-45	CB / T265
密度 g / cm^3 (20℃)	0.905-0.920	CB / T1884
闪点℃, (闭杯), 不小于℃	28—35	GB261

水分 m%	痕迹	GB B260
机械杂质 m%	无	GB B511
水溶性酸或碱值 mgKOH	无	GB / T259

* 在使用高沸点溶剂条件下，闪点可调整到不小于 55℃；其它指标实测后再订标准。

产品符合环保要求，生产过程无三废排放，产品使用过程中对内燃机不产生任何副作用，尾气排放符合标准。产品使用方便，为油溶性高分子溶液，很容易与柴油均匀混合，可采用搅拌釜，静态混合器等混合装置按比例调和即可（下图为混合配制流程），也可通过槽车的长距离运输通过自然振荡完成混合。



(2) 低温流动剂改进剂特点：

1) 制备工艺简单，各牌号柴油感受性均较强，对柴油的理化指标尤其实际胶质不会产生变化和影响。

2) 原料来源广泛、经济、配伍所选材料均为国产化工产品，价格相对低廉产品质量稳定，货源有保证的商品材料。

3) 柴油低温流动性能改进剂在低温下能使油品的细微蜡晶析出，具有阻止蜡晶长大的效果。可降低柴油一个牌号，减少柴油品种，简化油品管理模式。

4) 柴油低温流动性能改进剂对原用燃料指标无不良影响，对柴油机机理无理化损伤，无腐蚀作用。

5) 柴油低温流动性能改进剂为油溶性高分子溶液，很容易与柴油混合均匀，分散性好，性能稳定，存储运输方便，添加方法简单易行。

应用范围：

JD-1 柴油低温流动改进剂在中石油大庆石化、锦州石化、大连石化，中石化燕山石

化、天津石化、石家庄炼化等多家炼厂生产的柴油进行了调试工业应用，达到了良好的降凝和降滤效果。

15. 大型煤矿生产设备监测与故障诊断

项目简介:

本项目的研究内容是面向大型煤矿的生产工艺流程,针对煤矿主要生产设备系统(电铲、钻机、单斗挖掘机、轮斗挖掘机、皮带车、排土机、自卸卡车等)运行状况的实时在线监控、性能衰退过程的评估预测、故障预测预警、故障诊断与分析、维修维护的智能分析与决策以及优化维修维护调度方法进行研究,开发相应的软硬件系统,实现现代化煤矿关键设备的远程监控、运行状况分析、故障预测预警、故障分析诊断、优化维修维护、全寿命跟踪管理,为预知检修维护提供技术支持,保障煤矿生产的安全、可靠、连续运行。

针对以上技术需求,本项目的总体目标是:

- (1) 建立覆盖整个矿区关键设备的数据采集系统。
- (2) 开发关键设备常见故障判断分析系统。
- (3) 开发关键设备故障预知判断分析系统。
- (4) 通过数据采集信息达到智能判断故障点、故障类型、故障原因并提供检修维护方案的技术支持;达到智能预知判断设备状况、运行状态及其可能发生的状况。
- (5) 提供预知检修维护技术支持,避免故障范围扩大而影响设备安全可靠连续运行。
- (6) 提供维修业务支持,针对典型故障提供相应维护维修方案。
- (7) 提供数字化点检支持。
- (8) 提高设备出动率 1-3%, 每年降低设备检修费用及维护成本 1000-3000 万元,提高设备检修工作效率 3-5%, 实现高效维护检修目标。

该项目与同类技术产品比较,具有故障预警功能以及全方位生产设备监测,并实现远距离矿区无线数据实时通信。在采矿行业中具有明显的技术特点和优势,解决了采矿行业的无线预警、矿区全方位监测等问题,在国内外同行业中处于领先水平。

市场前景:

应用本项目成果,将能够在线监测到设备的运行状况,预先得到设备的寿命、性能、故障趋势和故障发生概率等信息,实现状态维护、预先维护,一方面减少因突发故障造成的生产不稳定、不连续,另一方面减少继发故障的发生,避免故障损失或将损失降低到最小。项目成果可提高维修维护的计划、调度水平和维修维护人员的能力,提高维修中心的维修维护能力,也将取得良好的间接经济效益和社会效益。

目前煤矿的设备维修维护费用在吨煤成本中占有较大比例，设备出动率尚有提高的潜力。本项目实施后，将提高设备出动率 1%-3%，节约设备维护成本 1000-3000 万元/年。

16. Gleason 制准双曲面齿轮的设计和加工软件包

项目简介:

该软件包是基于齿面三阶啮合理论为基础开发的融齿轮设计、加工、测量、误差修正等为一体的集成软件系统。它是设计加工 Gleason 制弧齿锥齿轮和准双曲面齿轮的通用软件包。

本软件包是服务于齿轮设计及加工全过程的全闭环计算机辅助设计制造软件系统。系统能自动生成国产、进口以及全 CNC Free-form 型等数十种机床的调整卡，是一个面向用户的软件系统。目前，系统已全面升级，升级版中基于 Free-form 型机床开发的一系列关键技术，充分发挥了这种新型机床的加工潜能，使齿轮的加工和啮合质量得到显著提高。

系统功能:

本软件功能相当完备，主要为:

设计部分	齿坯设计
承载校核	干涉检验
大轮加工	大轮粗加工调整卡
大轮精加工调整卡	小轮粗加工
小轮粗加工优化	小轮粗加工根深检验
小轮粗加工调整卡	小轮精加工
小轮精加工优化	小轮精加工根深检验
小轮精加工根切检验	小轮精加工调整卡
TCA 分析	齿面接触区预控修正
全齿面干涉检验	修正部分
滚检修正	接触区位置修正
小轮修正调整卡	三坐标测量修正
生成测量网格	误差比较
含误差的 TCA 分析	仅修正小轮
小轮修正调整卡	同时修正大小轮
大小轮修正调整卡	

17. 大直径螺旋伞齿轮制造技术

项目简介：

为了解决大规格的螺旋伞齿轮的制造问题，开发了一个专用的软件包，可以在五轴联动加工中心上加工高质量的螺旋伞齿轮。采用该软件包加工的螺旋伞齿轮和采用 Gleason 制铣齿机加工的螺旋伞齿轮具有完全相同的齿面几何参数，保证了样机或维修后的设备与原设计具有完全的同—性。由于采用通用刀具，极大地缩短了加工准备周期，减少了刀具的初次投入费用，大幅度降低了大直径螺旋伞齿轮的制造成本、缩短了制造周期。该软件包的开发突破了国内大直径螺旋伞齿轮制造的瓶颈，填补了国内 1.6 米以上螺旋伞齿轮制造能力的空白，为许多重型设备的国产化铺平了道路。机床可以加工最大直径为 2.4 米的螺伞，而在此之前，世界上也只有德国的一家公司可以加工直径超过 1.6 米的螺伞，且其最大直径为 2.2 米。

系统功能：

本软件包包括齿坯设计/齿坯参数输入模块、干涉检验模块、承载能力计算模块、齿轮粗加工 CAM 模块、齿轮精加工 CAM 模块和齿面接触分析模块（TCA），可以满足生产、产品开发和设备维修的需要。

18. 高强度差速器齿轮

项目简介：

高强度差速器齿轮可以解决由于齿数较多导致的齿厚较薄的问题，图中是一对高强度差速器齿轮，行星轮为 6 个齿，半轴轮为 10 个齿，由于齿数少，又采用了非渐开线的高强度齿轮，因此每个齿都很强壮。强度可以比普通差速器齿轮提高 25%~35% 左右。对于解决重型车超载过程中齿轮的损坏很有帮助，且在同等强度下可以缩小体积。



普通渐开线齿轮采用的工艺方法为在加工中心雕刻电极，在 EDM 机床上加工模具并用精锻方式生产齿轮。高强度齿轮的生产工艺方法与普通渐开线齿轮完全相同。

技术特点：

- (1) 高强度：同样体积下，高强度齿轮的强度比普通渐开线强度提高。
- (2) 节省材料：在满足强度要求下，高强度齿轮及差速器壳体的体积比普通渐开线齿轮小，因此可以降低材料消耗，减少桥包尺寸和热处理费用等。
- (3) 提高通过性能：由于桥包体积可以缩小，因此可以抬高离地高度。
- (4) 降低油耗：对于非独立悬挂的汽车，车桥的质量为非簧载质量，非簧载质量的减轻对油耗影响很大。
- (5) 提高乘坐舒适性：减轻非簧载质量有利于提高乘坐的舒适性。

19. 动力分流主减速器

项目简介：

本项目涉及一种适用于重型轮式汽车车辆驱动桥的主减速器，具体涉及一种具有动力分流结构的主减速器，具有单位体积输出扭矩大，传动效率高，重量轻的特点，因此可以在不减小离地高度的前提下去除轮边减速器，从而大幅度提高重型驱动桥的传动效率，减少油耗和排放，并能降低驱动桥的成本。

本项目的目的在于提供一种结构紧凑，承载能力高的具有动力分流结构的主减速器，在有限的空间内大幅度提高主减速器的承载能力，在保证车辆的离地高度和通过能力的前提下免去轮边减速器，从而使驱动桥的成本大幅度下降，并减少车辆的油耗和噪声。

从经济性方面来分析，虽然与原主减相比，成本可能会增加 2000 元左右，但由于去掉了两个轮边减速器，总成本反而会下降 3000~4000 元。更重要的是，由于油耗的下降和汽车安全性的提高，用户应该可以接受整车略高的价格。把溢价部分留给整车厂，将动力分流主减的价格定位在略低于原主减加上两个轮边减速器的价格上，取得多方共赢。

20. 双工式新型离心式风机

项目简介:

双工式新型离心式风机是集强迫进风和强迫排风两种作用于于一体的新型风机。利用它能够有效地实现封闭空间的空气交换和压力控制。

技术特点:

该机采用高效率的外转子电机和流动蜗壳，转速可控，进、排风方向可调，结构简单，安装尺寸小。具有扬程大、流量适中、功耗小、工作效率高、噪声低，进、排风比可调等特点，可根据需要设计成前弯叶片，后弯叶片或直叶片。这种风机经专利检索为国内首创，它的最大优点和先进性在于：能够在同一位置同时实现强迫进、排风。还有工作状态稳定、工作范围宽、抗外界干扰能力强，在任何情况下都可以有效实现封闭空间的内外换气。并且，能够向系统提供足够的扬程用来有效净化空气。

应用范围:

该风机尤其适合于构成高速列车的通风系统。高速列车在运行时车厢内的压差变化很大，且具波动性质；产生的噪声也很大。采用本机可以克服列车高速运行时产生的进风和排风阻力，有效地、充分地实现车厢内外空气交换。并且利用进、出风的流量差来调节车厢内的压力，使之保持恒定，还可以降低车厢的密封要求，减少成本。与空调系统配合，既能保持车厢内的恒温，又能保持车厢内的空气新鲜。

此外，该风机还适用于高层建筑通风、厨房通风、会议室通风等场所的通风系统。可以开发新型的抽油烟机。

目前，该风机已应用于我国长春客车厂出口到伊朗的地铁列车司机室中。

21. JD-1 型绝缘综合测试仪

项目简介：

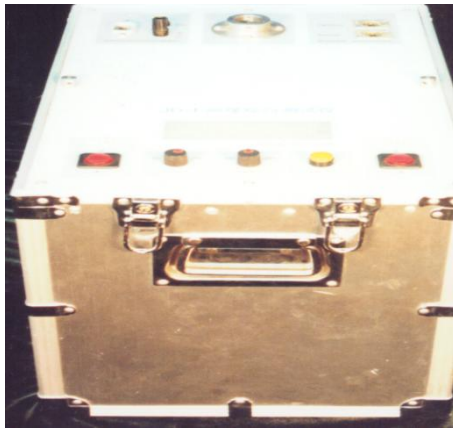
高压电气设备每年必须进行绝缘预防性试验，针对试验用仪器、仪表多，接线复杂、受强电磁干扰和测量误差大等问题，研究开发的 JD-1 型绝缘综合测试仪具有以下主要功能：

(1) 能够测试设备绝缘的交流泄漏电流。由于高压电气设备实际上都是工作在交流电压下，测试其交流泄漏电流，能弥补直流泄漏试验的许多不足，便于直接对设备绝缘的运行状态进行监督和管理。

(2) 能够直接测试设备绝缘的等值电容。增加了电气设备的绝缘测试项目，更容易发现试品受潮、进水等缺陷，有利对设备绝缘进行监督和管理。

(3) 能够快速、准确地测试电气设备的介损 $\tan \delta$ 。

(4) 能够对设备绝缘进行耐压试验。



技术特点：

(1) 多功能测试。能同时进行交流泄漏电流、等值电容、介损、耐压等试验，还可记录试验中的绝缘早期击穿电流。

(2) 抗电磁干扰能力强。采用自动跟踪、补偿和软件技术抑制外界干扰，全屏蔽保护电路可消除杂散电容的影响，保证在任何形式的剧烈电磁干扰下，能快速、准确地测量出试验结果。

(3) 仪器结构“一箱二线”。该仪器将高压变压器、调压器、标准电容器、高压电桥等多种设备融为一体，只有一个测试箱和两根测试线，不带其他附件。对不同的试验项目、不同的被试设备，在试验中不需变换试验接线，有关试验方式、测试数据由内嵌式计算机处理，测试精度高。

(4) 测试线具有耐高压能力和屏蔽电磁干扰的能力。不需在试验中将测试线悬空处理。

(5) 试验过程全自动化。试验时只需按一下“测量”键，就能自动测出试验结果。试验人员操作时不需反复调节仪器，不需培训。

(6) 集成度高，体积轻小，搬运方便、灵活。

主要技术指标：

- (1) 交流泄漏 0~500 mA,
- (2) 等值电容 0~400 pF,
- (3) 介损 $\text{tg } \delta$ 0~400 %
- (4) 交流耐压 2kV、 5kV、 10kV,
- (5) 测量误差 < 0.1 %,
- (6) 整机重约 27kg。

应用范围：

高压电气设备的绝缘试验。

该装置获铁道部科技三等奖。

22. 无功与谐波动态补偿装置

项目简介:

无功与谐波动态补偿装置是为解决电力系统日益严重的无功、谐波和各相负荷不对称问题而研制的,可以满足谐波严重超标或三相严重不平衡且动态变化的负载(如电弧炉)场合。

该装置由无功和谐波补偿网络、由滤波器、检控与保护系统等部分组成。采用该装置的系统结构如图所示。

无功和谐波补偿网络由电抗器、电容器及功率电子开关组成,按容量等级分组投切,用以补偿大部分的无功和低次谐波电流,同时保证电源电流三相大体平衡。

有源滤波器一方面用以补偿剩余的无功及高次谐波电流,另一方面用以完成无源网络的级间过渡区域的补偿,实现装置在大容量范围内的无级动态补偿。

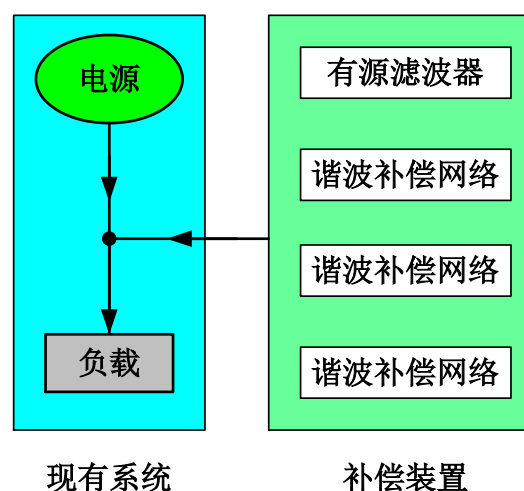
这种有源与无源配合的方案,可以最大限度地提高性价比,提高补偿容量;补偿容量具有较大的扩展范围。

技术特点:

- (1) 适用于单相、三相三线、三相四线供电系统,电源电压等级: $220V_{AC}$, $380V_{AC}$ 。
- (2) 有源滤波器补偿容量: 50kVA(基波无功); 150A(最大瞬时补偿电流)。
- (3) 无源补偿网络的容量: 500kVA。
- (4) 补偿后的电源电流: 功率因数高于 0.9, 总谐波畸变系数(THD) $<5\%$, 三相负载电流的不对称系数 $<3\%$ 。

应用范围:

- (1) 负载功率因数校正;
- (2) 谐波补偿;
- (3) 三相负载不平衡的补偿;
- (4) 以上三项的任意组合。



23. 单件小批量五轴加工螺旋伞齿轮制造技术

项目简介:

该软件可以利用普通的立铣刀和角度铣刀在五轴联动加工中心上加工高质量的螺旋伞齿轮。采用该软件包加工的螺旋伞齿轮和采用 Gleason 制铣齿机加工的螺旋伞齿轮具有完全相同的齿面几何参数，保证了样机或维修后的设备与原设计具有完全的同—性。由于采用通用刀具，缩短了加工准备周期，减少了刀具的初次投入费用，降低了单件小批量螺旋伞齿轮的制造成本、缩短了制造周期。

本软件包包括齿坯设计/齿坯参数输入模块、干涉检验模块、承载能力计算模块、采用立铣刀的齿轮粗加工 CAM 模块、采用立铣刀的齿轮精加工 CAM 模块、采用角度铣刀的齿轮粗加工 CAM 模块、采用角度铣刀的齿轮精加工 CAM 模块和齿面接触分析模块 (TCA)，可以满足生产、产品开发和设备维修的需要。

应用范围:

该软件可以利用普通的立铣刀和角度铣刀在五轴联动加工中心上加工高质量的螺旋伞齿轮。

24. 有源有机发光显示器的像素驱动电路

项目简介:

该驱动电路属专利技术，是一种有源有机发光显示器的像素驱动电路，尤其是一种电压控制型的有源有机发光显示器的像素驱动电路。

有机发光显示器由于其具有亮度高，响应速度快和视角宽等优点，已经越来越受到研究人员的重视。其实发光器件 OLED 的驱动方式可分为无源驱动和有源驱动。采用无源驱动时，随着屏幕的增大，显示密度的提高，必须对像素施加较大的电流，这样会大大耗损发光器件 OLED 的使用寿命，因此对于大屏幕，高灰度级的显示，通常采用有源驱动方式。薄膜晶体管（TFT）是有源有机发光显示器像素驱动电路的主要组成部分，它的生产工艺有多种，由于非晶硅（a-Si）的生产工艺在有源液晶显示器（AMLCD）中的应用已经趋于成熟，因此采用非晶硅的生产工艺能够得到很高的性价比。

目前，对于有源有机发光显示器的像素驱动电路的研究很多，在实际的生产中，目前的工艺水平很难保证各个像素中起到驱动作用的薄膜晶体管（TFT）的阈值电压 V_{th} 相同，因此在熟知的两管驱动方案中，由于屏幕上个像素驱动晶体管的阈值电压 V_{th} 的不一致性将导致整个显示屏亮度的不均匀，另外随着使用时间的增加，驱动晶体管的阈值电压也会随之升高，从而引起显示屏亮度的下降。为了补偿各个驱动晶体管阈值电压 V_{th} 的不一致性及其随着使用时间的变化对显示屏性能所造成的影响，人们提出了采用多晶体管的像素驱动方案。其中主要有电流控制型和电压控制型两种。在一般的电流控制型驱动电路中由于其存储电容需要很长的充电时间，所以应用中受到了极大的限制。最近有人提出了改进的电流控制型驱动电路，主要通过调节通过发电器件 OLED 的电流与输入数据电流的缩减比例，来减小数据线跟像素存储电容之间的充电时间。这种电路虽然对于存储电容 C_s 的充电时间减少了，但是对于发光器件 OLED 本身的等效电容来说仍然需要很长的充电时间，因此并不能从根本上解决电路整体充电时间过长的问题。在电压控制型驱动电路中，由于开始时会有一个瞬间的大电流对存储电容和 OLED 本身的等效电容充电，所以能够极大地减少充电时间。

技术特点:

(1) 它不但能够补偿由于驱动晶体管的阈值电压变化所造成的显示器亮度不一致和随着时间增加亮度下降的问题，而且由于采用的设计结构，使得驱动管的漏源极间电压同样不受发光器件 OLED 本身的非均匀性及其它因素的影响。

(2) 通过增加仅仅一个 (TFT) 晶体管, 使得整个显示屏的显示性能有了大幅度的提升, 适合于高端产品采用。

25. 基于光纤传感技术的结构健康在线监测及安全评价系统

项目简介：

本成果由北京交通大学油气管道安全团队独立开发，已在陕京一线黄河悬索管桥上成功应用。

本成果首先基于有限元技术建立结构的有限元模型，进行结构的静态和动态受力分析，确定危险点。在危险位置布置上最新的光纤传感器，并结合 GPRS 技术、编制的综合数据库管理软件和安全运营及预警报警系统软件，建成一套完整的结构健康在线监测和安全评价系统。开发的跨越管桥光纤健康状态监测系统能够用在其他桥梁或重大结构的健康状态监测系统中。



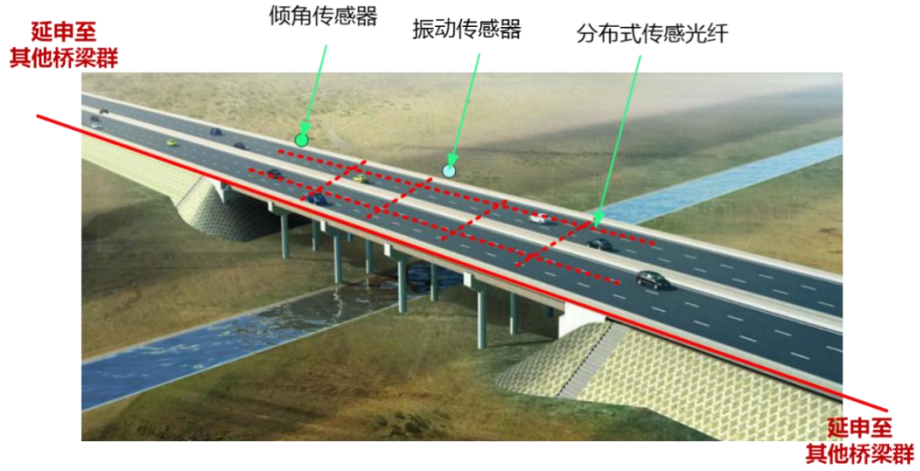
技术特点：

- (1) 结合有限元技术和风险分析，进行了典型载荷作用下悬索管桥的有限元仿真模

拟，从而确定结构的危险位置，从而为传感器布置打下基础。

(2) 基于光纤布喇格光栅传感技术，建立悬索管桥的在线光纤远程监测系统。

(3) 应用层次分析法对管桥的安全状态进行评估，并给出预警。



26. 油田修井机超级电容功率补偿系统

项目简介:

油田在采油过程中常会发生一些油井内部或设备故障,造成油井减产,甚至停产。为了保证油井的正常生产,必须采取相应的措施,排除故障;有时,由于井底工况发生变化,需要对井下设备进行更换,以调整油井参数。这种排除故障或调整油井参数,恢复油井正常生产等过程,称作修井。目前修井机的动力来源主要是柴油发电机,只有极个别公司生产其他动力来源(如交流发电机、电网)的修井机。

随着国家对节能减排的标准要求提高,传统柴油式修井机需进行技术升级换代。新型变频调速的车载电动修井机势必会取代传统柴油为动力作业的修井机。然而,井场电网多处于偏远地区,一般仅能提供三相 1140V、功率大约为 50kW 的电源。而绞车电机功率为三相 400V、110kW,导致修井机工作时电网功率不足,速度达不到额定值,影响钻井效率。针对上述问题,采用功率密度大、使用寿命长、充放电效率高的超级电容储能系统作为功率补偿装置成为解决上述问题的主要方案。

应用范围:

目前,由北京交通大学电气工程学院研发的油田修井机功率补偿系统已经在现场应用,且应用效果良好。据统计,修井机运行成本降低了 30%左右。同时该项技术已在中原油田、华北油田、新疆克拉玛依油田得到初步推广应用。



本项目是基于油田电动修井机与井场变压器容量不匹配的技术现状,通过北京交通大学电气工程学院自主研发的超级电容储能系统进行功率补偿来进行解决,实现油田修井机“油改电”和油田节能的科技节能型项目。

技术特点:

- (1) “需求侧模拟分析进行容量配置”的设计理念,优化超级电容储能系统的设计

容量和参数，实现成本最优；

(2) 基于状态机思想的能量管理策略，提高了超级电容储能系统的设备控制可靠性；

(3) 基于井场电网电流和直流母线电压的协同控制方法，提高了超级电容储能系统的灵活性；

(4) “储能+变流”一体机的结构设计方案，降低了超级电容储能系统的空间尺寸，提高了设备的功率密度。

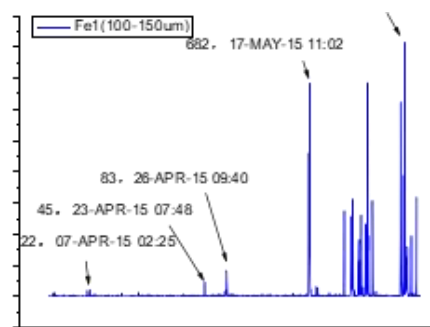
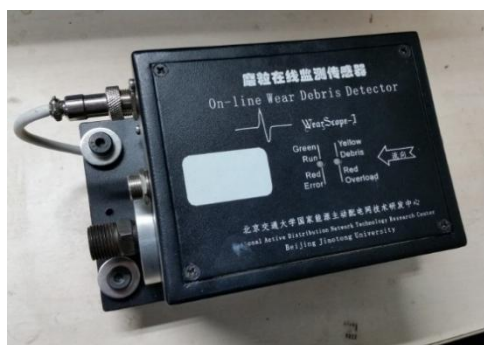
通过油田电动修井机与超级电容功率补偿系统的结合，解决了油田电动修井机与井场变压器容量不匹配的技术难题，采用该项技术的油田电动修井机较传统柴油型修井机可降低运行成本约 30%左右，同时减少了对环境的空气和噪声的污染。

27. 润滑油中金属磨损颗粒的在线检测技术及传感器

项目简介:

项目团队长期从事风电齿轮箱设计、运行维护等研究工作，具有丰富的现场实践经验。在国内率先自主研发的具有自主知识产权的油液磨粒传感器，采用电磁感应原理，在充分调研和建模仿真的基础上，设计了特殊的线圈结构配合后续处理电路的精密检波和高阶滤波，实验结果表明已实现了对直径约 100um 的金属磨损颗粒的精确检测（其性能与国外同类产品的水平相当），大大提前了对风电机组齿轮箱故障的预警时间。相比国外产品大幅降低成本，是对现有基于振动的在线智能监测系统的有力补充，提高风机设备故障诊断的预知性、准确性和及时性，具有推广使用的前景。

磨粒传感器样机在神华风电场华锐 1.5MW 机组上成功加装，目前仍稳定运行，效果良好。该磨粒传感器可与国内外主流的风机在线振动监测系统配套使用，也可独立组成在线监测系统。研发的传感器已经实践检验和优化改进，非常接近商品化产品。



研发的传感器，其关键敏感元件采用了特殊设计的线圈结构，结合独创的导磁结构，使得在低成本下实现高灵敏的磨损颗粒检测，实验结果表明已实现了对直径约 100um 的金属磨损颗粒的精确检测，其性能与国外同类产品的水平相当，而成本仅为国外同类产品的 1/3~1/2。如在风电场批量安装，投入小，可对齿轮箱磨损起到提前预警、大幅减少维修费用。

本磨粒传感器开发时就考虑了风电运用场合的特点——维护困难、工况恶劣、破坏损失巨大。能帮助运维人员根据磨损检测结果优化维保计划，而不是等到机器出现重大故障失效后再进行维修，极大地降低运维成本和提高可靠性。如结合振动状态监测，效果更佳。

此外，本磨粒传感器还可用于诸如矿山、冶金、油气探测平台、铁路、航空、电厂、

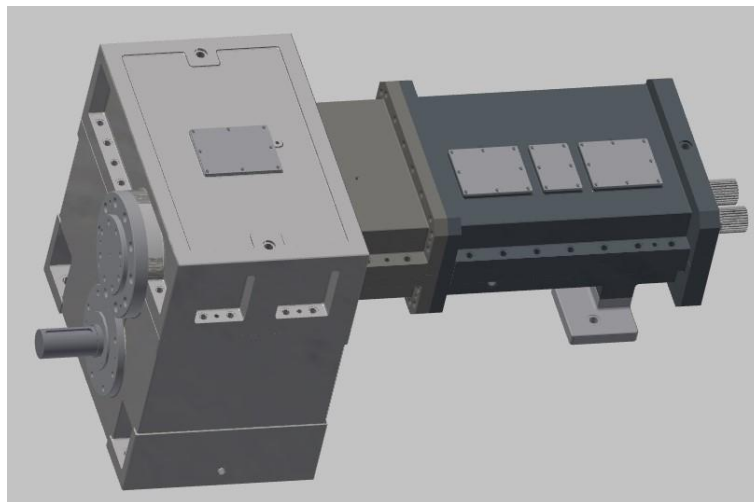
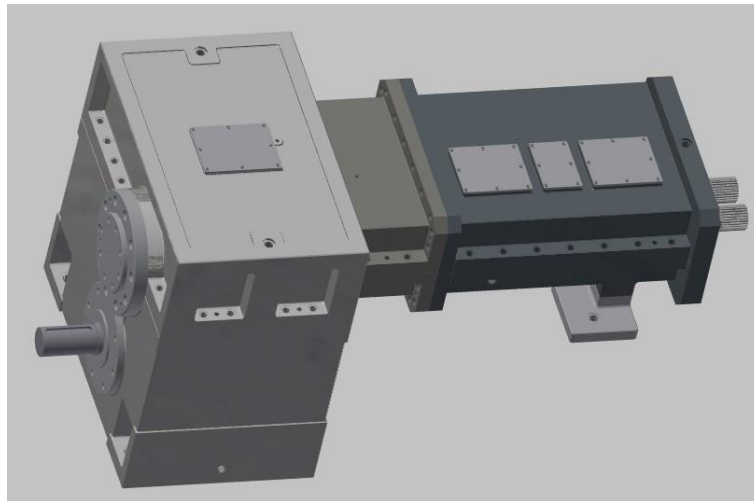
工程机械、舰船等具有齿轮、轴承部件、存在磨损风险的关键部件状态监测，特别是低速重载场合。

风电行业已经进入维护时代，智能化的监测设备市场巨大。本研发的传感器体积小，拥有所有关键技术，机械零部件、电路板、线圈均实现了自主设计、生产。其中机械零件可外委加工，我们只需进行线圈的绕制、电路板调试、组装、成品检测等工序，所以占地小、投入低。后续完善研发需要 1-2 名电路设计、DSP 编程人员；生产技术人员需具备电气专业的电路板调试、DSP 编程能力。在风机上安装简单，维护工作量小。为有利于营销推广，最好要求产业化单位具有一定的风电行业背景。

28. 大功率双输出传动箱设计技术

项目简介：

本项目原始技术需求来源于化工高分子材料（碳纤维）制备和橡塑工业所需的双螺杆挤出机，该机需要大功率高效率的双输出传动箱驱动，而该传动箱设计制造技术一直由德国和意大利两家专业公司垄断，属于高端关键设备。我们研发团队所拥有的大功率双螺杆传动箱设计技术已经实现了 8 个不同结构和系列规格的产品设计，并且这些设计已经成为化工机械企业的系列产品，完全替代了同类德国和意大利的系列产品，至今运转性能优秀。已经成为产品的规格有：轴中心距从 26.2mm 到 110mm；功率从 18.5kw 到 800kw；单轴推力从 0.9t~17t。现有设计技术还可以继续开发和设计出更多规格的大功率双螺杆传动箱。



技术特点：

(1) 传动结构比德国 THYSSEN HENSCHEL 和意大利 ZAMBELLO 专业公司的同类技术产品简洁，易于制造。既有卧式和立式结构，又有四箱和六箱结构；

(2) 比国外同类产品的制造成本低很多，且完全替代国外产品，并已经用于配套出口双螺杆挤出机生产线。

应用范围：

双输出传动系统主要为双螺杆挤出机提供双输入传动。因双螺杆挤出机广泛用于石油化工、塑料、化纤、碳纤维、化工造粒、制药、食品加工和建筑材料等各个生产领域，并且因生产效率、节能等工业化的要求，需要大功率的双螺杆挤出机，因而大功率的双输出传动箱需求就必不可少。

市场前景：

当前技术所开发的大功率双螺杆（输出）传动箱系列产品已经用于双螺杆挤出机的成套设备中，用来制备化工高分子材料（碳纤维）和橡塑工业制品等。我们所拥有的大功率双输出传动箱设计技术可以同样用于食品、饲料或建筑材料等双螺杆挤出机的生产线中，替代昂贵的同类进口设备。大功率高效率的传动设备能够显著提高生产率，简洁的结构能够降低制造成本，符合国家节能环保的可持续工业发展政策，也必将替代老旧耗能的双螺杆(输出)传动箱。

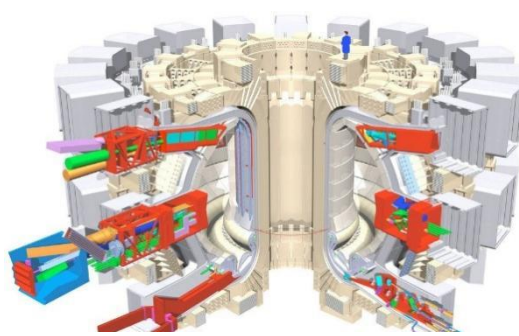
29. 高温超导车载变压器及低温恒温器

项目简介：

牵引变压器是高铁动车组的“心动力”，变压器能力决定机车动力强劲程度、整机效率。而采用超导技术是变压器实现大容量、高效率、长寿命、轻量化的有效技术途径。掌握了超导牵引变压器和构建复合低温恒温器相关的复合材料的核心技术，开发出超导变压器及超导体等一系列产品。

该项技术可衍生产品有非金属低温恒温器（超导体，超导磁体，核磁共振成像的杜瓦）、高耐受性的复合板材（用于加工/车削和磨削装置）、制冷机和低温系统的设计和建造、飞机机翼和风机叶片，应用前景广阔。

通过掌握具有自主知识产权的超导牵引变压器技术，为我国下一代高铁技术升级提供技术储备。



技术特点：

- (1) 超导变压器轻量化：增加列车载客能力，减小轨道冲击和磨损；
- (2) 超导变压器体积小：节省空间，便于维护；
- (3) 超导变压器高效率：节能减排；
- (4) 超导变压器无油：减少火灾隐患、无污染；
- (5) 超导变压器低损耗：无发热、减少绝缘老化；
- (6) 超导变压器电磁特性：抗冲击和过载能力强，具有限流作用；
- (7) 超导变压器短路阻抗大：更好的保护变流器。

超导变压器优势

项目	单位	常规变压器 (复兴号)	超导变压器	技术指标对比
频率	Hz	50	50	一致
额定容量	kVA	6433	6600	提高2.6%
额定电压	V	25000	25000	一致
额定电流	A	257	264	提高2.6%
绝缘等级		F级	液氮	不变
重量	kg	6120	3000	降低51%
短路阻抗		>=43%	>=43%	不变
效率		95%	99%	提高4%

全部采用超导材料，总效率高于99%超导变压器的质量3T以下。
质量降低51%，效率提高4%，没有火灾危险。

	常规牵引变压器	超导牵引变压器	对比结果
容量/MVA	6.4	6.6	
效率	~95%	~99%	效率提高 4%
重量/t	6.7	~3	重量降低 30%以上
尺寸/mm	4300×3050×850	~2609×2295×834	体积减小 30%以上
冷却媒介	绝缘油	液氮 (77K)	无火灾隐患，环境适应性强

30. 智能多足运载平台

项目简介:

复杂地形作业装备，包括：铁路巡检、公铁转运、工地运输、消防、煤矿、农机、医疗、教育、玩具、机器人乐园等。

技术特点:

(1) 国际原创概念：北京交通大学姚燕安教授在国际上提出“连杆式整体闭链多足步行系统”原创概念

(2) 行业领跑技术：主持研制的铁马多足平台创造了百公斤级全电驱动多足机器人的速度最快世界纪录，载重、越障指标超过波士顿动力“大狗，bigdog”

(3) 完全自主产权：拥有我国完全自主知识产权



智能多足运载平台-“铁马”



智能多足机器人产业化平台框架

31. 双向线驱动下肢外骨骼助行系统

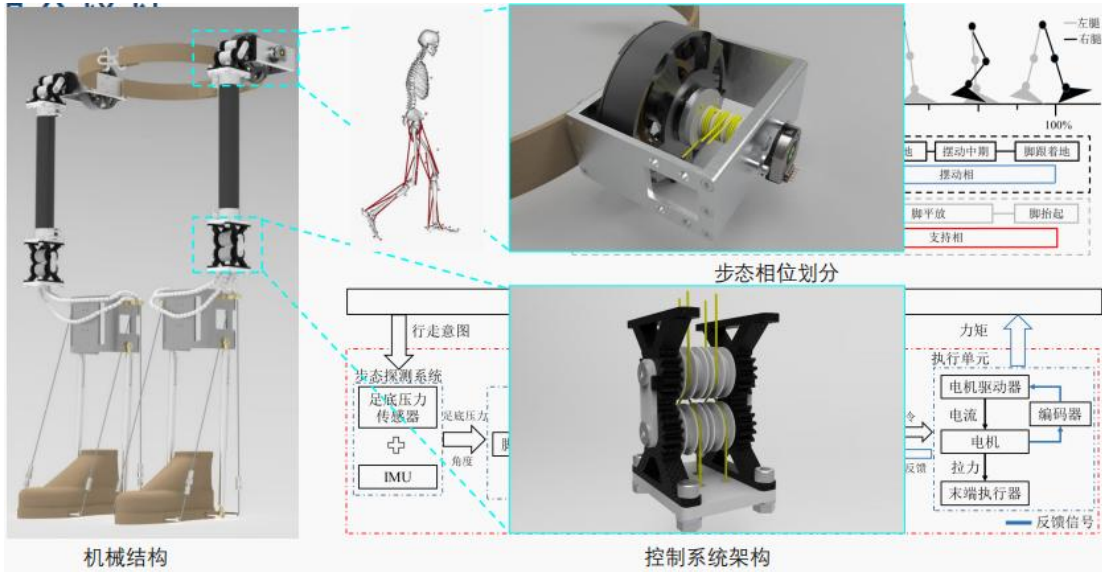
项目简介:

据 2019 年国家统计局统计，截止至 2018 年末，65 岁及以上人口为 16658 万人，占总人口的 11.9%。老年人可能会出现腿部肌肉力量不足的现象，甚至于心理方面的问题。

传统外骨骼存在问题:

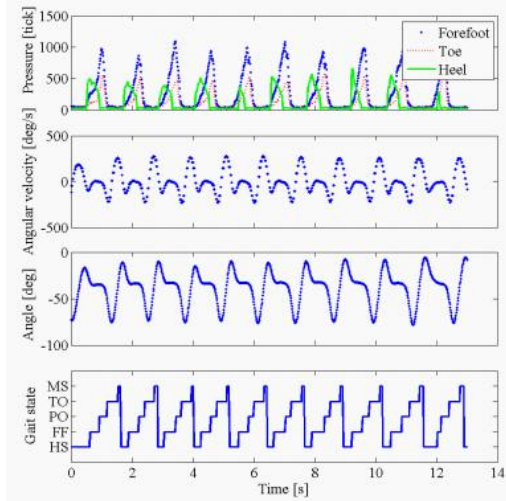
- (1) 电机位于关节附近导致：自身重量较大，附加转动惯量大；
- (2) 刚性机构拟合关节导致：结构复杂、协调控制难；
- (3) 设计一款便携、轻质、低附加惯量、良好人机协调性能的外骨骼机器人，是急需解决的问题。



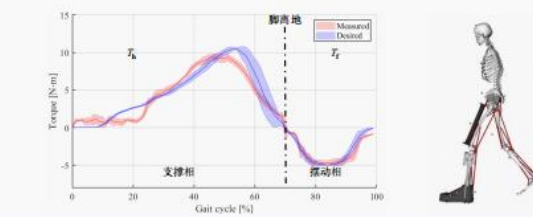


实验测试结果

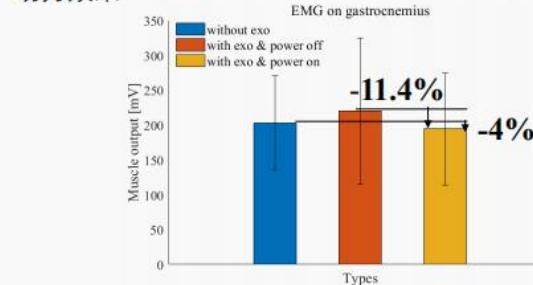
步态周期划分



力矩响应曲线



助力效果



32. 智能空中物流无人机自主导航定位与避障技术

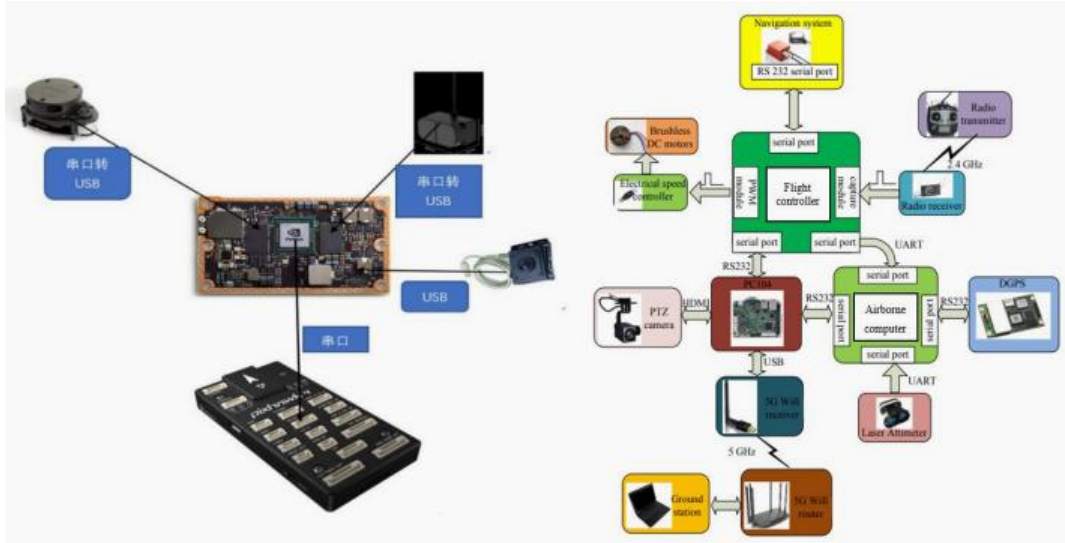
项目简介：

无人机全称“无人驾驶飞行器”，(Unmanned Aerial Vehicle) 英文缩写为“UAV”，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。它涉及传感器技术、通信技术、信息处理技术、智能控制技术以及航空动力推进技术等，是信息时代高技术含量的产物。

无人机价值在于形成空中平台，结合其他部件扩展应用，替代人类完成空中作业。随着无人机研发技术逐渐成熟，制造成本大幅降低，无人机在各个领域得到了广泛应用，除军事用途外，还包括农业植保、电力巡检、警用执法、地质勘探、环境监测、森林防火以及影视航拍等民用领域，且其适用领域还在迅速拓展。



机载处理器是整个无人机系统的核心，处理各种传感器信息进行定位与识别，是智能无人机的“大脑”。飞行控制器接收机载处理器发送来的位置，速度，加速度指令，经过控制器转化成四个螺旋桨电机的转速，控制飞机平衡姿态，完成任务，是智能无人机的“小脑”。



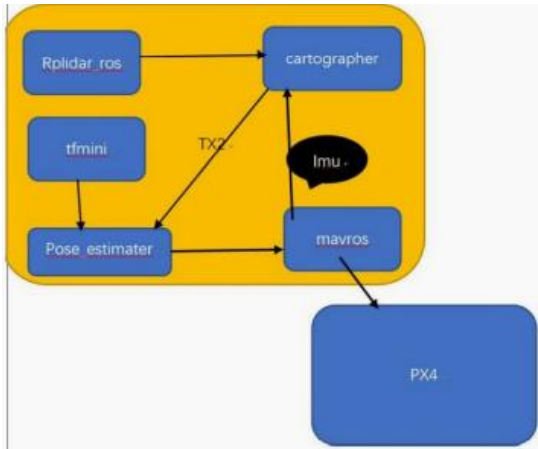
技术特点:

- (1) 轴距: 410mm
- (2) 留空时间: 大于等于 13min;
- (3) 起飞重量: $\geq 1.4\text{kg}$;
- (4) 最大载荷: $\geq 500\text{g}$;
- (5) 最大飞行高度: 300m;
- (6) 工作温度: $-20\sim 55^{\circ}\text{C}$;
- (7) 机身材质: 全碳纤+铝合金骨架。
- (8) 激光雷达: 360° 、0.15~12 米半径测量范围, 测量精度 $< 1\%$, 8000 次/秒测量频率;
- (9) 定高激光雷达: 测量范围 0.1~12 米, 精度 $\pm 5\text{cm}$ (0.1~5 米), 分辨率 1cm, 抗环

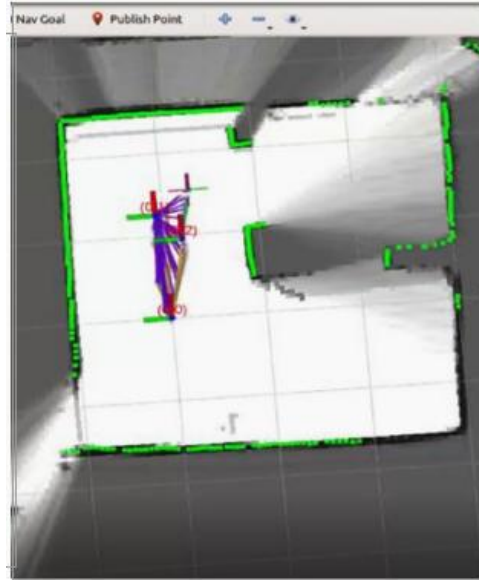
带格式表格[周

删除[周 磊]: 技

- (1) 轴距: 410mm
- (2) 留空时间: 13min
- (3) 起飞重量: $\geq 1.4\text{kg}$
- (4) 最大载荷: $\geq 500\text{g}$
- (5) 最大飞行高度: 300m
- (6) 工作温度: $-20\sim 55^{\circ}\text{C}$
- (7) 机身材质: 全碳纤+铝合金骨架
- (8) 激光雷达: 360° 、0.15~12 米半径测量范围, 测量精度 $< 1\%$, 8000 次/秒测量频率
- (9) 定高激光雷达: 测量范围 0.1~12 米, 精度 $\pm 5\text{cm}$ (0.1~5 米), 分辨率 1cm, 抗环
- (10) 高帧率相机: 分辨率 1080p, 帧率 30fps, 对比度等参数可
- (11) 双目相机: 分辨率 1080p, 帧率 30fps, 位置 IMU, 闭环偏



多传感器信息融合定位框架



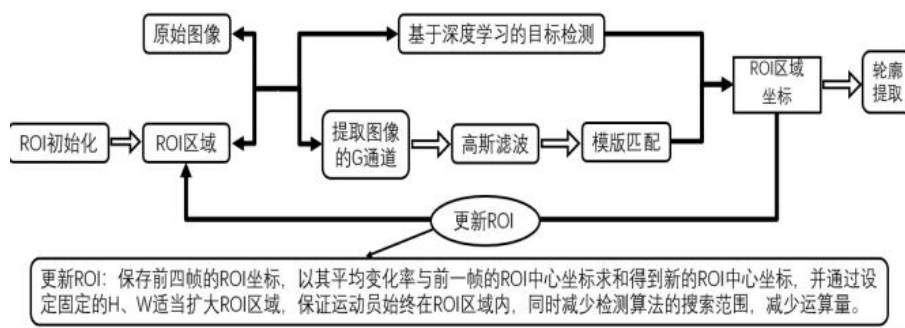
激光雷达 SLAM 实时定位建图

33. 基于空中移动平台的高精度位置测量系统

项目简介:

采用无人机搭载相机以及图像处理硬件模块，通过图像识别与跟踪实现对运动员的跟踪、定位功能，并将检测数据通过 WIFI 传输到数据综合分析系统。

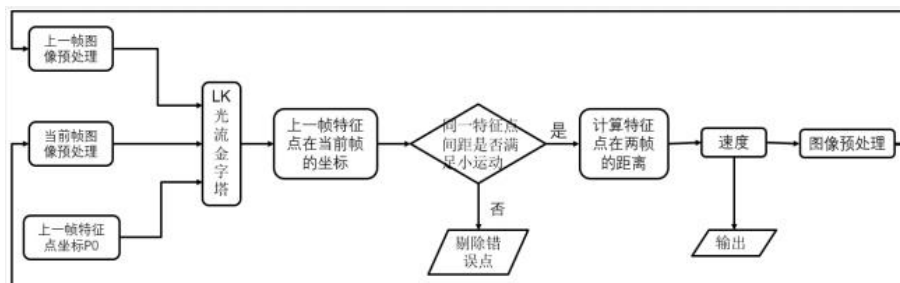
- (1) 稳定连续提取 ROI 区域。
- (2) 减少嵌入式端的计算量，提高实时性。



技术特点:

基于合作目标的定高定点方案:

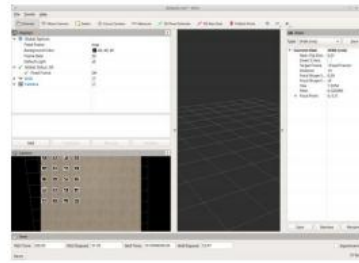
- (1) 室内光流的有效高度有限。
- (2) 室内 GPS、UWB 等方案不稳定或系统复杂。



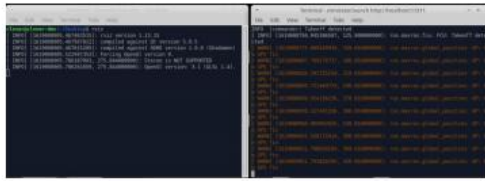
无人机实验:



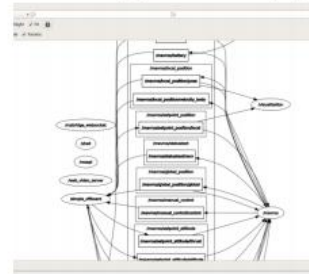
Gazebo仿真环境



RVIZ的Camera节点



Offboard控制



ROS节点图

通讯方案:

基于 IP/TCP 协议采用 Socket 实现无人机搭载的 Jetson Nano 与地面站的局域网通信。

34. (ISET) 机器人辅助农业现代化、智能化生产产业链

项目简介:

现有智慧农业企业主要的业务是信息服务、互联网管理、品种培育等信息获取及管理方面，而很少见到对生产流程中的硬件设施进行优化、改造的企业。ISET 将以此为切入点，逐渐完善智慧农业的各个环节。

环境监测系统:系统自动对温度、相对湿度、光照、CO2 浓度、营养液循环等数据的采集、传输储存，自动控制和调节,使植物环境精确可控,极大缩短生长周期,生态有机。

生产管理系统:系统对农业生产全流程管理，包括种植计划管理、种植过程管理、种植基地管理、种植专家系统。

生产作业系统:我国设施栽培的作业机具和配套设备尚不完善，生产仍以人力为主，劳动强度大，劳动生产率低，按人均管理面积计算仅相当于日本的 1 / 5，西欧的 1 / 50 和美国的 1 / 300。

ISET 以智慧农业为主线，打造以智能导航转运机器人、智能喷灌转运机器人、智能农作物识别采摘机器人，及定制机器人辅助农业生产产品服务等为分支的产业链。

 **产品系列**

		
智能导航转运机器人	智能喷灌转运机器人	智能农作物识别采摘机器人
<ul style="list-style-type: none">➢ 大负载搬运功能➢ 定点识别停靠功能	<ul style="list-style-type: none">➢ 智能喷灌技术➢ 导轨巡航功能	<ul style="list-style-type: none">➢ 果实成熟度监测技术➢ 软体机器人技术

ISET以智慧农业为主线，打造以**智能导航转运机器人、智能喷灌转运机器人、智能农作物识别采摘机器人**，及定制机器人辅助农业生产产品服务等为分支的产业链。

使用案例

智能RFID转运站点

ISET团队已在北京顺义区花卉基地完成全长**400m**的导轨铺设。以导轨和射频识别技术为导航方式，每个站点由独自の射频识别卡片标记，可以进行**智能站点规划**。



多平台工作模式

为了提高大棚中的**工作效率**，在转运过程中，可以有多个平台同时工作，多平台工作模式大大提高了工作效率，为生产基地带来了更多的效益。



柔性抓持模式

农作物具有外形不固定、表面脆弱等特点，传统的刚性爪适应性较差。因此我们结合**软体机器人**技术，利用**软体爪**适应性强的特点，对多种采摘工况适应性良好。



安全防护功能

在大棚中，工作环境较为复杂，为了保障人员和设备安全，平台具有多重安全防护措施：前后**超声波**避障模块、**脱轨检测**模块以及**急停**功能等。



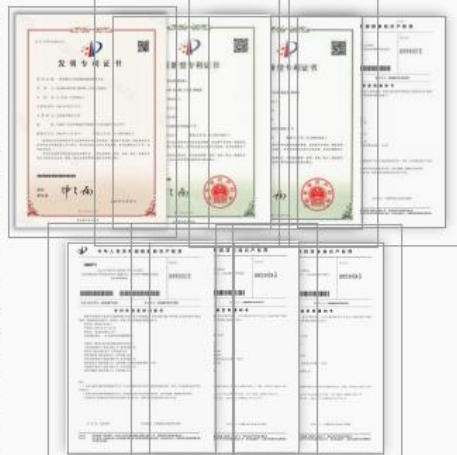
转运机器人对比



	工厂/仓储机器人	室外转运机器人	自研转运机器人
地面情况	平整	较大起伏	有起伏/坑洼
导航方式	磁条/二维码/激光等	机器视觉/GPS等	导轨+射频识别技术
环境适应性	差	高	高
售价	万元以上	万元以上	5000元

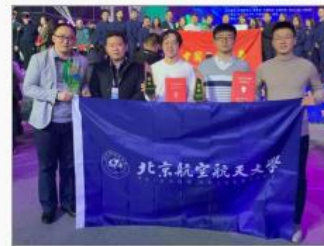
专利与荣誉：已有7项相关技术专利受理和授权

已有7项相关技术专利受理和授权



挑战杯金奖

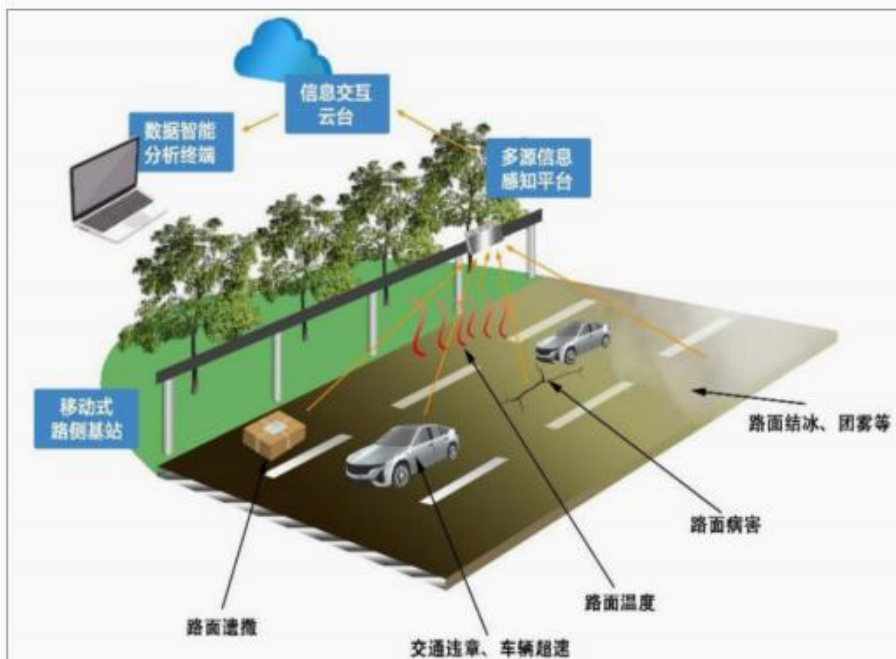
- 第十二届“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛-**国赛金奖/首都金奖**



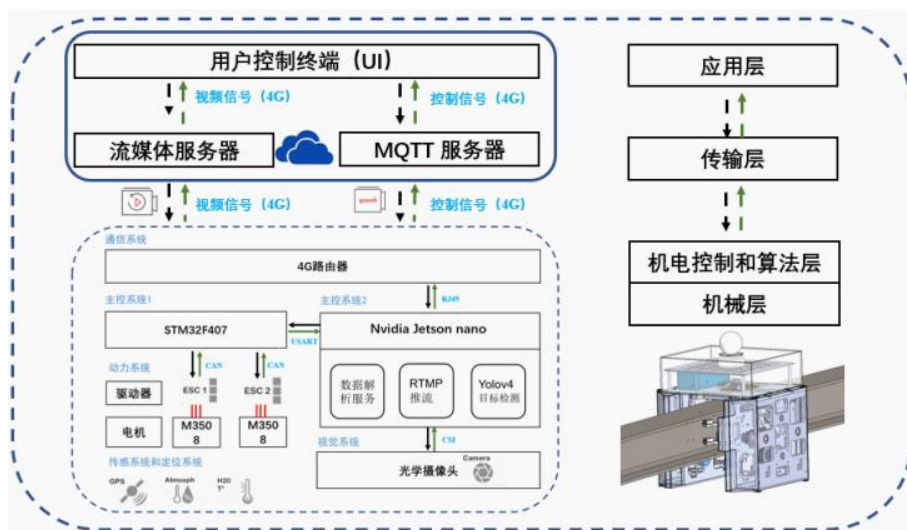
- 第六届“互联网+”竞赛（北京赛区）- 二等奖
- 北京高校大学生优秀创业团队-二等奖

35. 全天候高速公路自主巡检机器人及分析系统

项目简介：



场景示意图



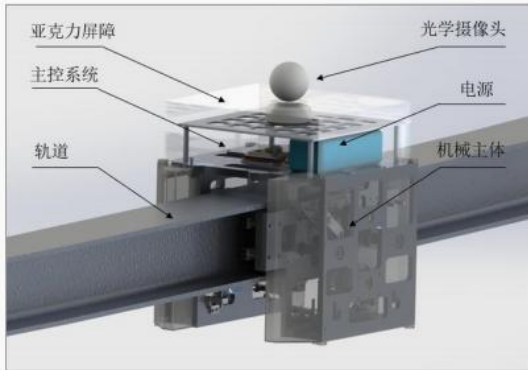
系统架构图

技术特点：

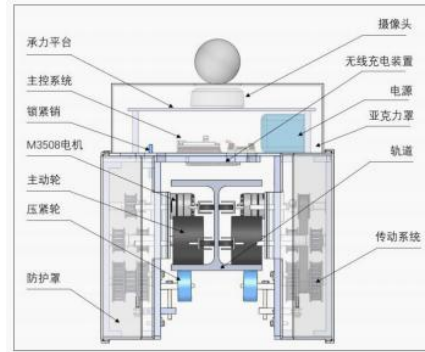
自主设计巡检机器人机械结构：

- 稳定性好（机器人重心和轨道重心较为重合）
- 柔性贴合轨道（轨道内侧有 8 组弹性导向机构辅助导向）

- 可快速拆卸（在轨道任意处可将机器人拆分为两部分）
- 可扩展性（上方平台充分预留空间，可根据应用场景更换搭载设备）



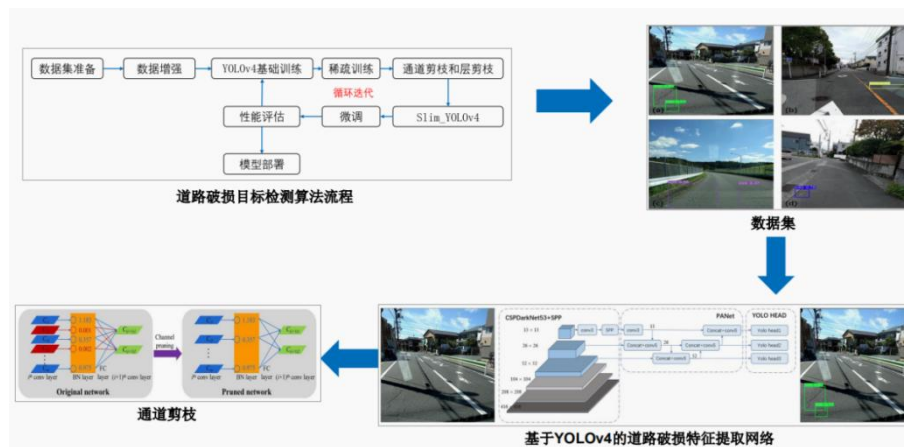
模型渲染图



正视图



道路破损目标检测算法：

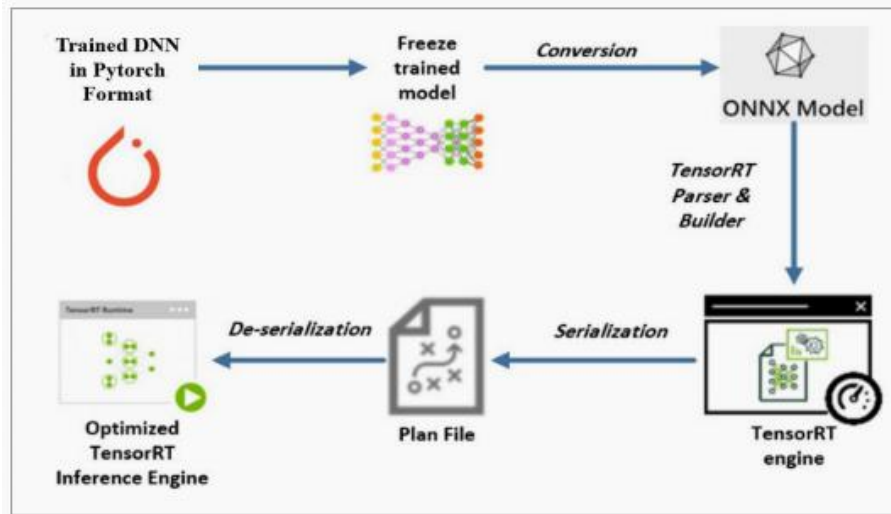


模型部署方法：

TensorRT: TensorRT 负责加速模型的推理（inference）过程，主要基于以下两种方法：

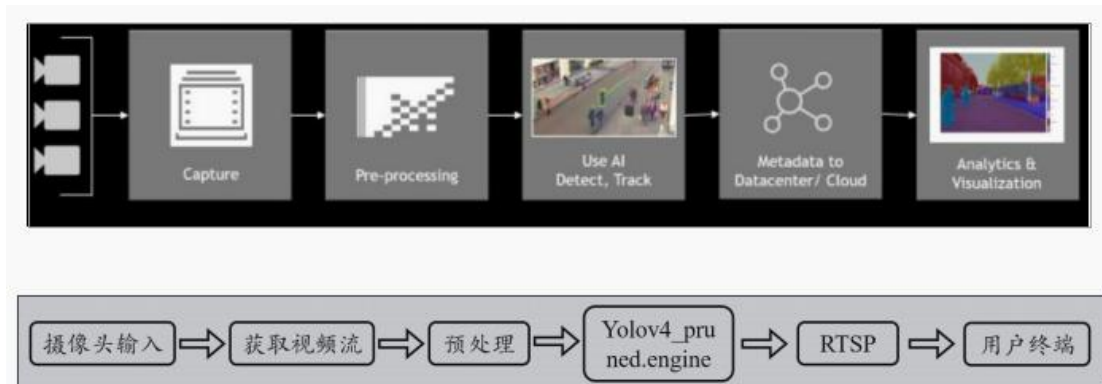
(1) TensorRT 支持 INT8 和 FP16 的计算，TensorRT 在网络的推理时选用较低的精度，达到加速推断的目的。

(2) TensorRT 对于网络结构进行了重构，把一些能够合并的运算合并在了一起，针对 GPU 的特性做了优化。



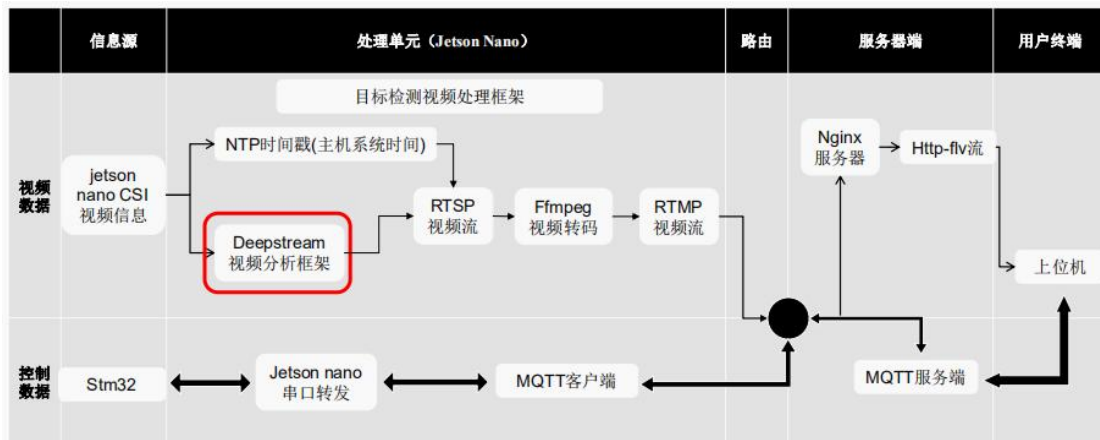
TensorRT 模型优化

DeepStream: DeepStream 应用程序将深度神经网络和其他复杂的处理任务引入到流处理管道中，以实现对视频和其他传感器数据的近实时分析。可以把 DeepStream 应用程序看作一组模块化插件，这些插件相连接以形成处理管道，每个插件代表一个功能块，例如，使用 TensorRT 进行推理或多流解码。



DeepStream 模型部署

通信系统架构方法：



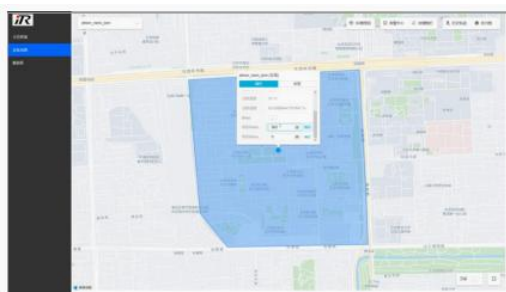
信息流转图

用户控制终端：

采用 Web 可视化工具 IOT Studio 进行上位机开发。上位机界面接入视频信息以及巡检机器人状态信息，并且可以下发控制信息，实现了用户与机器人的远程交互功能，后期可根据需求进行扩展，可在界面接入数据库存放检测信息以及对多台巡检机器人进行监控。



主界面



设备地图界面



数据库界面

36. 高速移动场景下列车轨道安全自主感知系统

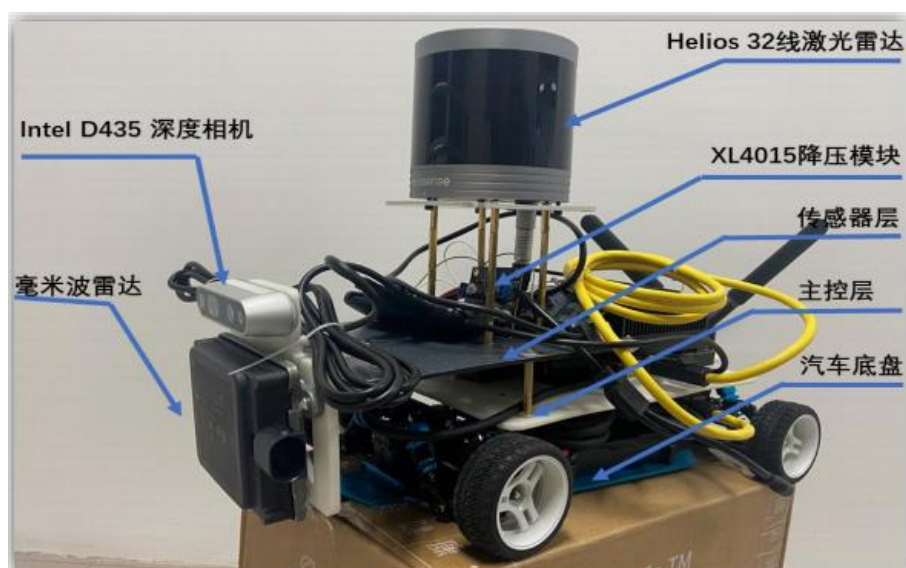
项目简介：

当前，国内对于铁路轨道的防护检测大多利用夜间天窗期通过人工上道检测或者轨道检测车进行定期巡检的办法，存在以下问题：

- (1) 成本大：需要消耗大量人力、物力。
- (2) 安全隐患大：工作人员对异常情况和危险程度估计不准确，存在漏检等情况。
- (3) 实时性差：仅在夜间进行检测，无法实时掌握轨道安全情况。

系统功能：

本项目拟搭建一套基于深度学习技术的列车轨道安全自主感知系统，利用摄像头，激光雷达毫米波雷达等多传感器，通过多传感器融合和物体检测技术，对轨道安全进行监测感知。

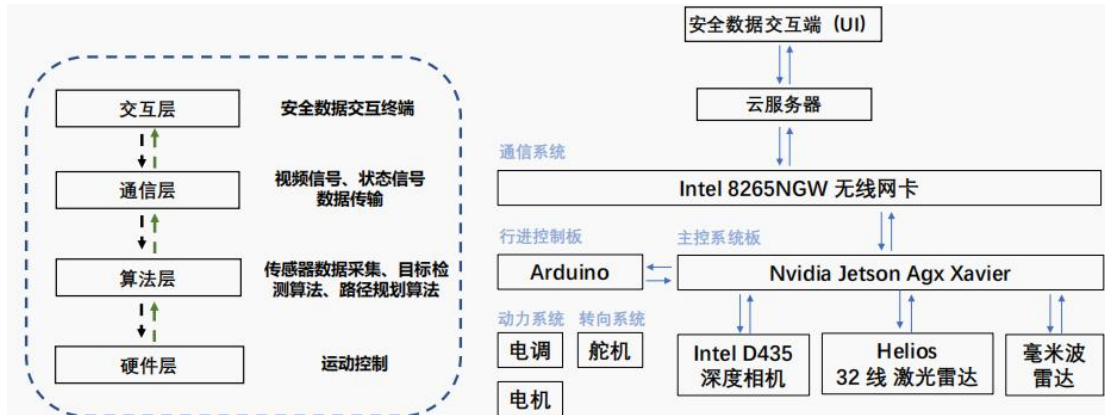


(1) 视觉目标检测：通过车载摄像头对行车轨道安全情况进行实时监测，对检测算法的速率以及精确度等要求较高。

(2) 激光雷达点云数据处理：通过搭载激光雷达，获得三维场景信息，由于激光雷达点云数据较为稀疏，获得信息难度较大。

(3) 多传感器数据融合：不同传感器之间的数据具有各自特性，需要对其实现数据融合难度较高。

技术特点：



市场前景：

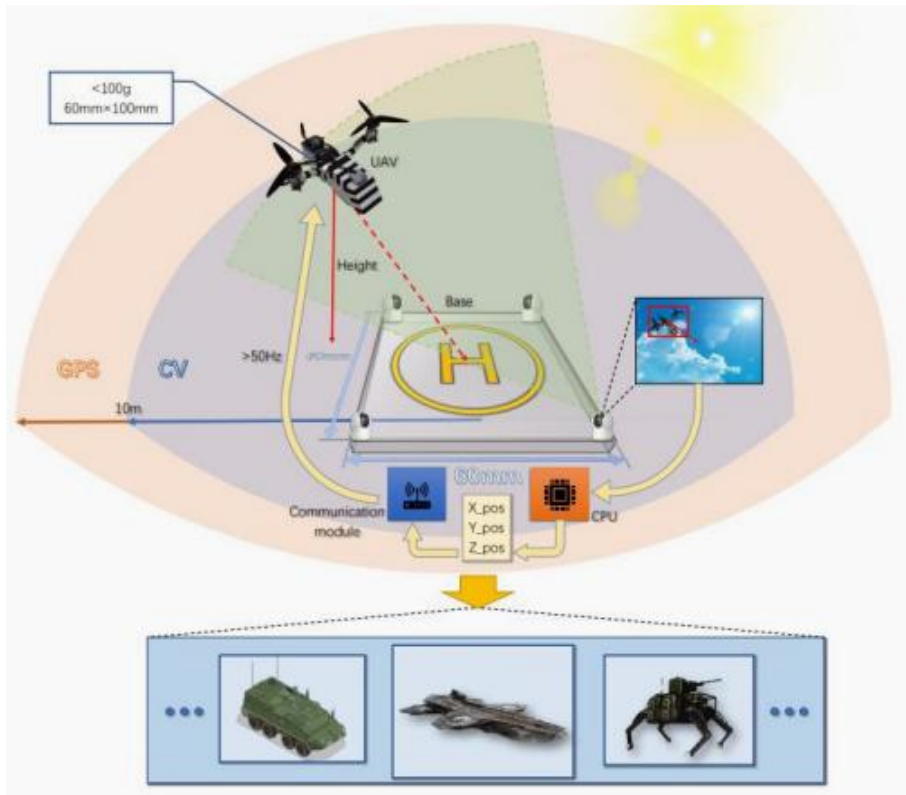
基于 V2V 的车辆编队行驶：车队中的每辆卡车上均安装有车载终端，这些终端通过专用短程通信信号建立 V2V 连接，加速和制动控制器允许系统通过控制后方车辆的速度来与前方车辆匹配，从而保持队列车辆之间的稳定间隙。

基于 V2V 的列车软连挂实时获取前方列车速度、位置信息，通过控制器与防碰撞系统的结合，可以计算出更紧密而安全的跟随距离，大幅缩短列车行车间距，理论上实现软连挂。

37. 小型无人机辅助回收系统

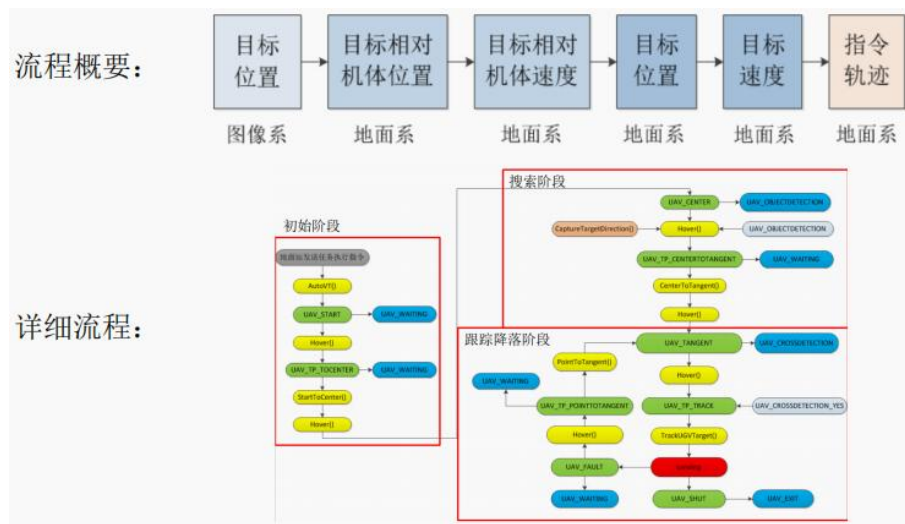
项目简介：

针对微型无人机，由于载荷的限制无人机本身不能承担地面标识位置解算等繁杂大量的计算以及无人机在运动过程中图像特征提取精度不高导致地面标识位置解算精度有待提高，因此考虑将辅助降落/回收系统嵌入到地面回收基座中，从而辅助无人机安全降落。



技术特点：

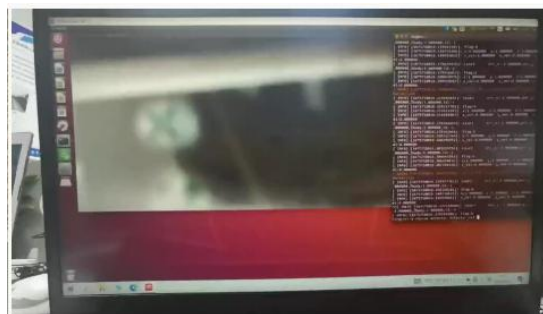
无人机平台+ArUco 标志+模拟地面平台（D435i 双目摄像头 + 图像处理单元 Jetson Nano + 无线通讯模块）



成果展示



无人机运动视角



地面端视觉控制视角

38. 仿生水空两栖跨介质航行机器人

项目简介:

(1) 仿生飞鸟贼软体跨海空航行器

首次提出软体跨海空航行理念仿生样机自由在水下和空中穿梭航行，与麻省理工大学 Media lab 合作研究成果软体跨海空航行器发表在机器人领域的顶级会议 International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2019 第一作者)

论文研究成果获 IEEE SPECTRUM,《中国青年报》，机器人大讲堂等多家媒体报道(2019年)研制的世界上第一个仿生飞行鸟贼软体跨海空航行器，获得了 IEEE SPECTRUM, 中国青年报，机器人大讲堂，北京头条，网易新闻，搜狐新闻，现代教育报等多家媒体报道，并获得北航官网连续发布 4 条新闻报道。

Design and Experiments of a Squid-like Aquatic-Aerial Vehicle with Soft Morphing Fins and Arms

世界上首款软体跨海空航行样机

水下游动

与IEEE总主席福田敏男教授交流成果(加拿大)

首次提出软体跨海空航行理念 仿生样机自由在水下和空中穿梭航行

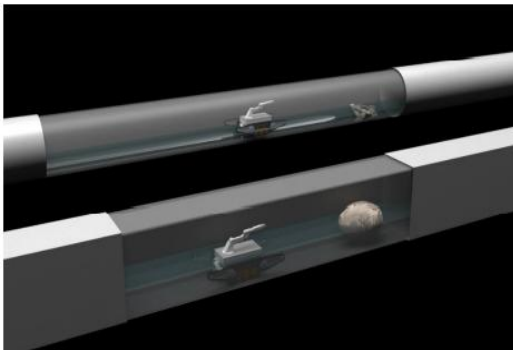
(2) 一种并联机构四足机械狗的控制

传统的四足机器人，由于机身的尺寸和质量较大，通常选用液压或大减速比的电机作为驱动元件。但如果希望实现一台尺寸较小的四足机器人平台，则可以努力减轻躯干各个部分的质量，最终实现一种小尺寸的大扭矩无刷电机直驱四足机器人。本项目实现了一种采用无刷电机伺服控制、直接驱动的并联机构的四足机器人平台。并在其上进行了一系列理论分析和控制实践。



(3) 铁路隧道排水系统巡检机器人

根据铁路隧道排水系统的实际环境，设计一款巡检机器人，能够在水下、水面、淤泥等复杂情况下行走。巡检机器人携带一个高清摄像头，通过与机械臂的紧密配合，能够对铁路隧道排水系统的侧沟、中心沟，以及侧旁的盲管入口进行有效的观测。通过多传感器融合技术实现巡检机器人在复杂环境中作业，并且实时传输摄像头、传感器等反馈的数据，为用户提供隧道内部环境的检测信息。



39. 家用及车辆应急逃生窗用“三防”装置

项目简介：

为了解决目前人们驾车、乘车遭遇紧急状况时对车辆相关应急逃生措施不满意的问题，课题组特提出一种能满足车辆应急逃生窗在应急逃生时操作程序严谨、开启方便快捷、使用安全可靠等要求的车辆应急逃生窗用“三防”装置，以弥补目前的不足。

本项目提供一种适用于人们驾车或乘车遭遇紧急状况须应急逃生时使用的方便快捷、安全可靠的车辆应急逃生窗用“三防”装置，也可用于家庭，防止儿童开窗。



技术特点：

- (1) 应用范围广，适用于车辆用的应急逃生窗以及建筑上用的栅栏式防盗窗等；
- (2) 能有效地解决目前车辆应急逃生外推窗开启操作程序过于简单、容易误开，关闭窗口操作程序过于复杂以及安全性可靠性低的问题；
- (3) 具有“三防”功能：操作程序严谨、开启方便快捷、使用安全可靠。

40. 激光高精度多参数快速综合测量仪

项目简介:

装备制造业是一个国家的脊梁。五轴数控机床作为高端装备的代表，是加工复杂空间曲面的唯一手段，起着不可替代的作用，成为衡量国家装备制造水平的重要标志。我国是机床制造和消费大国，但不是强国，高档数控机床主要依赖进口。2018 年我国机床进口总额 165 亿美元(占机床消费总额近 57%)，由于禁运，制约我国装备制造水平提升。

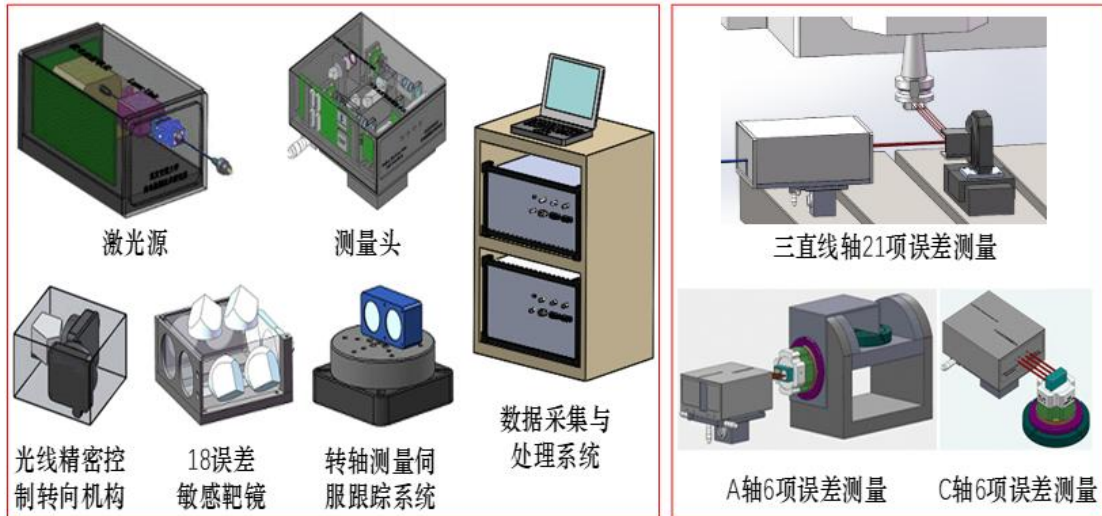
国家中长期科技发展规划设立了“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项。本项目面向这一国家重大需求，研制了激光高精度多误差参数的快速综合测量仪，通过误差补偿，显著提高数控机床的制造与加工精度。

国家7大新兴产业(2010年)	中国制造2025-重点发展领域
新一代信息技术	新一代信息技术
高端装备	高档数控机床和机器人
	航空航天装备
	海洋工程装备及高技术船舶
新能源汽车	先进轨道交通装备
	节能与新能源汽车
	电力装备

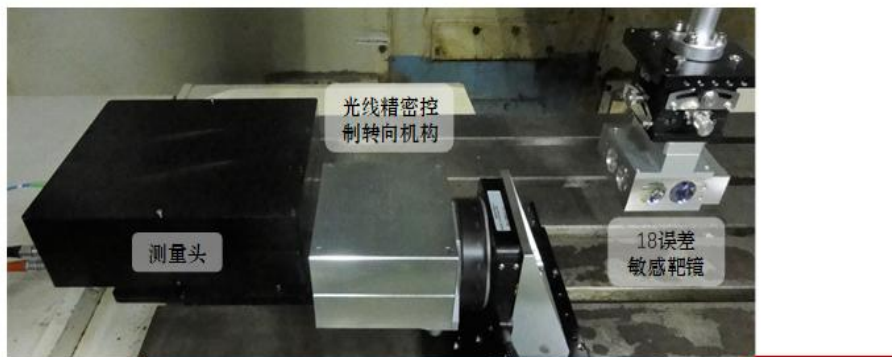
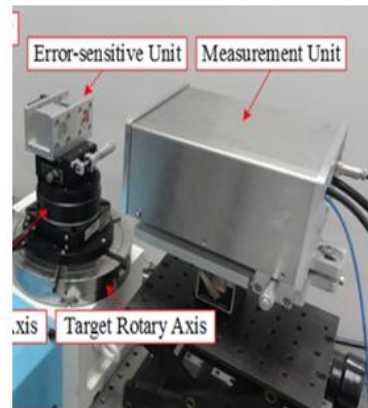
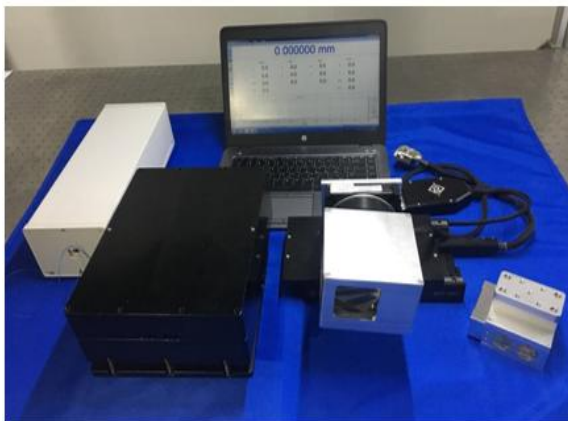
如何提高五轴数控机床精度，是国内外机床行业的一个重大研究课题。提高数控机床精度的途径有两种：一种是提高硬件性能，二是进行误差补偿。

研发团队研发采用误差补偿方法提高机床精度，该方法通过建立误差模型进行补偿，成本低，可提高制造精度，提高加工精度，在理论上，可完全消除由系统误差产生的加工误差。

测量仪的构成



系统构成



测量仪样机

系统功能:

激光高精度多参数快速综合测量仪适用于数控机床、三坐标测量机的空间几何误差测量、补偿与校准。

可应用于机器制造业、机械加工、航天航空、军工、交通运输及机电等行业数控机床、加工中心、三坐标测量机等大型贵重设备的检测、修正、验收与维护；

将可替代各类激光干涉仪、激光准直仪、光电自准直仪等仪器，广泛应用于企业、学校、科研部门的教学与科研。

技术特点：

(1) 1 个仪器原理创新：单根光纤耦合的五轴数控机床 42 项误差激光快速、直接测量仪器原理。

整体平面结构：

其特点是激光干涉+光纤准直测量方案，包括激光外差干涉、准直与自准直、激光伺服跟踪、光栅测角。

显著优点：

42 项误差按其定义直接测量，无需识别；全部使用光学方法测量，精度高；直线轴和转轴 6 误差同时测量和 21 项误差一步三线测量，极大提高了测量效率；人为调整环节少，由此引起的测量误差小；

(2) 3 个测量方法创新：单根光纤耦合的外差式激光干涉测量方法；三直线轴 21 项误差一步高效测量光学方法；转轴 21 项综合误差快速测量光学方法

测量方法创新 1：单根光纤耦合双频激光的外差式干涉测量，其优点是外差式干涉，抗干扰能力强；光纤隔离了激光热源的影响，提高了热稳定性；单根单模光纤的使用为准直测量提供了理想的光线基准。

测量方法创新 2：三直线轴 21 项误差一步高效测量。其发明点有单根光纤双频激光、共路光线漂移补偿、误差分析与补偿、光线自动精确转向、18 误差敏感单元。目前没有仪器能一次安装直接测量得到数控机床三个直线导轨 21 几何运动误差。使测量效率提高了 32 倍。

测量方法创新 3：转轴 21 项综合误差快速测量。其发明点有光线自动对准对中、激光伺服跟踪、光栅测角、激光干涉、准直与自准直。

目前没有一种仪器可以直接测量转轴 6 自由度运动几何误差。

(3) 若干发明点：

直线轴 6 误差同时测量；回转轴 6 误差同时测量；共路光线漂移补偿；系统误差分析与补偿；光线自动精确转向；18 误差敏感单元；复合误差模型；智能化误差补偿器

系统显著特点：

(1) 测量参数最全。目前唯一能够直接测量获得五轴数控机床 42 项几何运动误差的仪器。

(2) 测量效率最高。测量数控机床三个直线轴 21 项几何运动误差的时间约 10 分钟，相比国内外各种单参数激光干涉仪，测量效率提高数十倍。

(3) 综合测量精度最高。所有误差参数测量全部为直接测量，无需解耦，无解耦误差；测量中无需更换附件，无需多次重新调整仪器，减少人工调整误差；测量时间短，大大减少环境变化对测量带来的误差。

仪器名称	测量功能					测量参数	测量时间	测量精度	测量范围
	直线轴	回转轴	主轴	热误差	补偿器				
综合测量仪	√	√	√	√	√	42	15分钟	高	1~5m
激光干涉仪	√	√	×	×	×	20	>12小时	较高	1~30m
5D测量系统	√	×	×	×	×	18	4小时	较高	1~30m
球杆仪	√	√	√	×	×	32	2小时	中	<1m (固定圆)
激光球杆仪	√	√	×	×	×	29	4小时	中	<1m
跟踪仪	√	√	×	×	×	33	2小时	低	0.2-10m
热误差测量仪	×	×	√	√	×	5	--	高	单点

41. 基于计算机视觉的汽车充电桩界面检测智能交互系统

项目简介:

电动汽车作为一种绿色出行工具，近年来得到了国家大力扶持。同时，充电桩作为电动汽车补给电能的重要设施，也得到了迅猛发展。目前北京公司充电设施检测工作面临以下四个方面的变化，检测能力存在提升需求：

- (1) 检测任务增加。要求充电设施到货检测为 100%全部检测。
- (2) 检测项目增多。全项测试从 91 项增至 146 项增加了 TCU 和计量测试。
- (3) 到货检测周期缩短。检测周期从 1 个月缩短至 15 天。
- (4) 过程管理难度增大。人员和检测数据量大幅度提升。



应用范围:

本系统较大程度的解放人力，消除了安全隐患，降低企业的成本，提高测试效率。



技术特点:

采用了多任务网络实现在复杂背景中界面定位并文本行检测，除去背景对界面分类和识别的影响，不同任务共享部分权重，减少了内存占用量，提高模型推理速度和准确

度;

采用了快速模板匹配方法实现界面分类和关键信息提取，分类准确度高。

识别网络只需识别关键信息，提升了系统的实时性。同时设计并行多模型文字识别网络适用于不同字体，大小，不同长度的字符序列的识别。



42. 车站 CTC 车务终端仿真实训系统

项目简介:

本系统是一套集模拟、实训、管理和考核功能为一体的铁路车站车务人员仿真实训系统。

系统构建了高铁及既有线的车站仿真实训平台，使用与现场一致的车站数据、站场模型、联锁关系、人机界面、操作方式以及岗位设置等，实现了高铁和既有线的车站信号设备的日常操作模拟和各种故障条件下的应急处置模拟。

系统可以应用于职工岗前培训，也可以应用于日常操作演练，还可以应用于铁路高校学生实验。

系统功能:

目前在北京局已有 10 个车务段的近 50 个车站配发了该实训平台，在北京交通大学教学实验室实现京沪高铁全线的联网实习。

(1) 车站平面图管理

使用车站平面图 CAD 系统完成车站平面图构建，绘制道岔、信号机、股道、信号按钮、功能按钮、状态显示灯等图元，自动生成信号设备联锁关系，根据仿真对象的界面风格生成车站平面图。

(2) 车站设备操作

根据实际生产设备的操作方式设计系统操作流程，通过实地调研保证信号设备联锁关系的准确性，学员通过模拟训练后可以适应实际系统的要求

(3) 故障设置

教师机设置道岔、信号机、轨道区段、区间故障，模拟非正常场景下接发车作业。

(4) 阶段计划与调度命令

教师机可向学员机下发阶段计划与调度命令，模拟调度员与车站值班员之间的交互操作。

(5) 模拟行车

模拟列车在车站、区间的走行，根据系统联锁数据制约关系，建立列车走行与信号设备之间的连接关系，动态显示信号状态、列车车次窗及区间低频码变化情况。

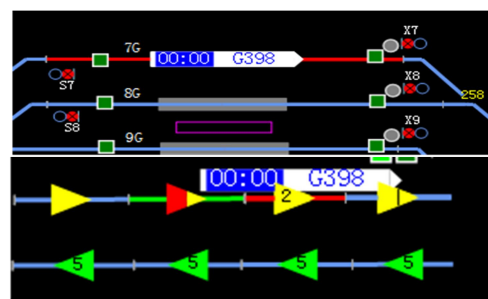
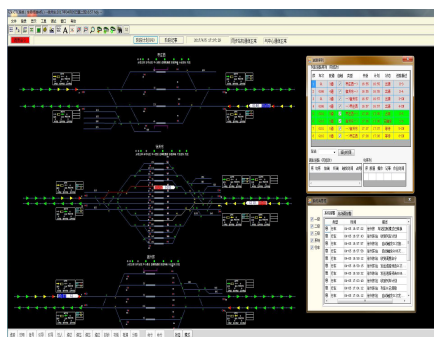
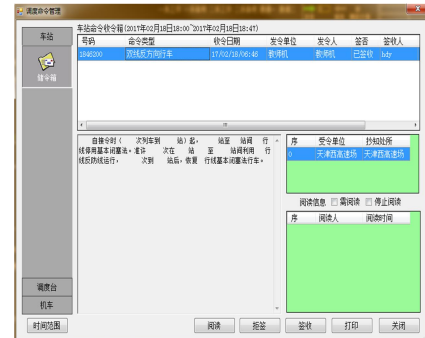
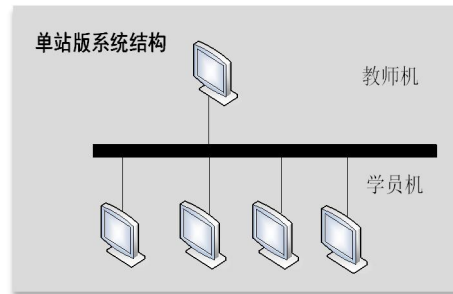
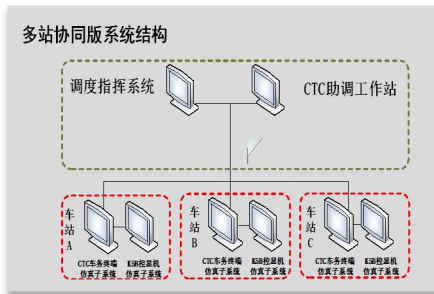
(6) 单站单独操作

当用户场地受限时可以采用单独车站培训方式，设计模拟邻站界面完成办理闭塞和

邻站辅助改方操作。

(7) 多站联合操作

当用户拥有专门的培训基地时，可以模拟一个调度区段内多个车站的接发车作业流程，各学员机接入到同一局域网中，由教师机下发阶段计划，学员机之间可以实现列车预告、同意发车、辅助改方等需要邻站配合的操作。



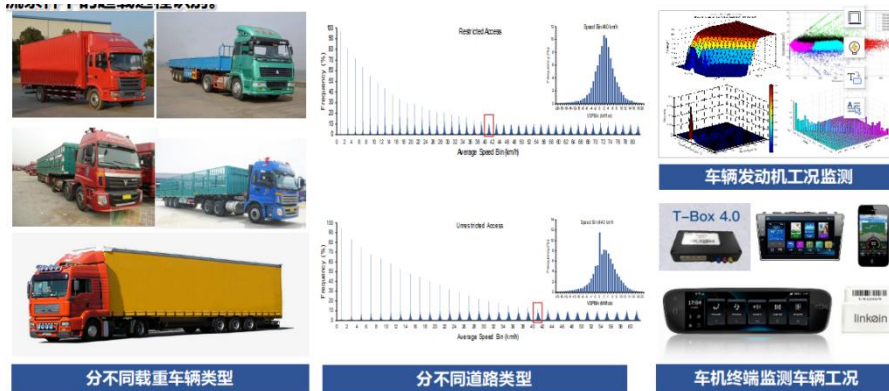
43. 重型货车超载智能识别“天秤”系统技术

项目简介：

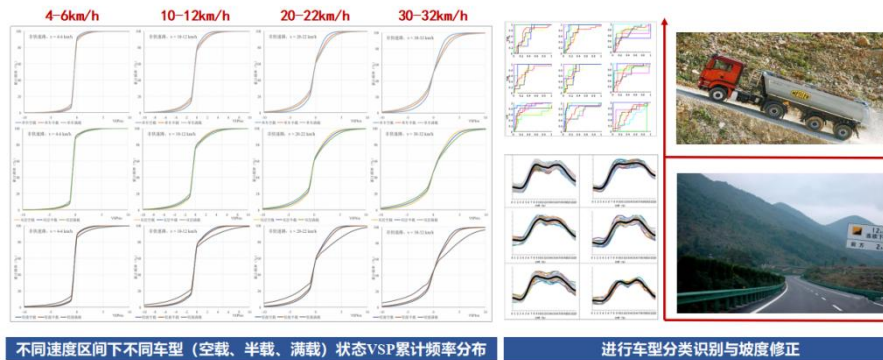
进本项目一步提供了大规模推广利用车载 OBD 设备进行远程超载识别的条件。

系统功能：

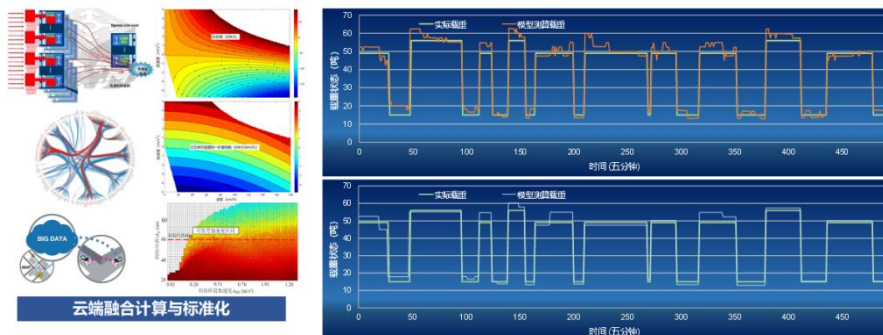
(1) 基于车辆类型、道路状况以及发动机工况，进行关联特征计算，构建功率分布图谱库，支持实际道路交通流条件下的超载远程识别。



(2) 基于构建的功率图谱库，开发车型识别及坡度修正的自学习算法，实现车辆载重识别。



(3) 基于云计算的超载安全风险远程识别，算法所需数据可通过车辆前装/后装的成熟化、标准化的终端多渠道、低成本、大规模获取。



技术特点：

（1）基于云计算的超载危险远程识别，所需数据可通过车辆前装/后装成熟化、标准化的终端多渠道、低成本、大规模获取。

（2）当超载 30%时，10 分钟内，不低于 95%的精度快速识别。

（3）不依赖路面超限检测设施、不加装车重传感设备，无需搭建新的系统设备。

应用范围：

（1）成果可实现公路、桥梁、急转弯、长大下坡、重点区域、雨雪雾天气等的分级分类（驾驶人、运营企业、监管部门）协同管控。

（2）有效减少公路、桥梁、车辆、人员等因超载引起的安全、养护损失，延长公路桥梁设施寿命，提升公路安全综合治理能力和形象。

44. 高可靠弹射试验测发控系统

项目简介：

高可靠测试发射控制系统对确保飞行器任务的成功起着至关重要的作用，其功能包括：飞行器各主要分系统和单机设备的测试、发射前各项控制指令的输出和执行结果判读等。

测发控系统(240mm*280mm*180mm)由飞行控制系统、前端测发系统和后端发控系统等组成，采用光纤、电缆和无线形式进行前后端通信，可以保证无线通信距离不小于 1km，有线通信不小于 5km 的性能指标；时序控制精度不大于 1ms、火工品电阻测量精度为 10m Ω 、测量误差不大于 0.1%；在冗余设计方面地面双冗余冷备份，箭上双冗余热备份。开发软件程序适配硬件功能及性能，实现核心设备软硬件国产化设计，完全自主可控。

本单位针对不同类型飞行器测发控系统的需求研制了多套测发控系统, 经过严格的单元测试、整机测试及环境试验，运行稳定可靠，满足研制要求，均已交付使用。



操作界面



产品实物图

45. 基于数字孪生的柔性直流输电线路保护原理

项目简介:

随着柔性直流输电技术的发展，直流电网越来越受到关注。但是，直流电网故障电流上升速度快，与电力电子的弱过流能力形成突出矛盾。直流线路保护需在数毫秒级完成故障判别，同时还需兼顾选择性、可靠性、灵敏性，极具挑战性。

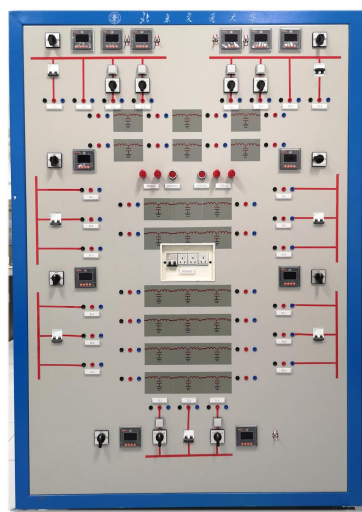
针对柔性直流系统保护四性协调困难的问题，将数字孪生思路引入到直流保护研究，提出了基于数字孪生的柔性直流输电线路保护原理。在考虑直流线路分布参数、频变参数的基础上，建立精确的直流线路数字孪生模型，利用状态估计的冗余特征提升了保护的可靠性，通过比较测量值与估计值之间的差异判别故障。所提保护原理在全物理仿真平台上得到了验证，同时与四方继保公司合作开展保护样机的研制。

技术特点:

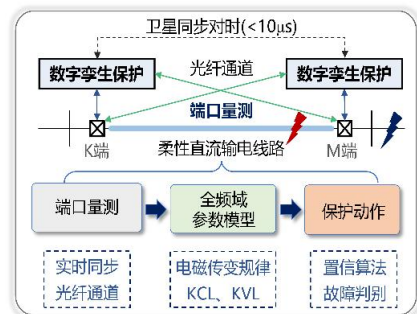
该方法的优点主要包括：动作速度快，能在故障后 3ms 内快速动作；灵敏性高，对于伪双极系统单极接地故障，仍可耐受 300Ω过渡电阻；可靠性高，可耐受 30dB 测量噪声以及雷击干扰；另外，数字孪生模型与外部系统解耦，因此具有天然的选择性。



保护思路



全物理保护验证平台



硬件在环仿真平台

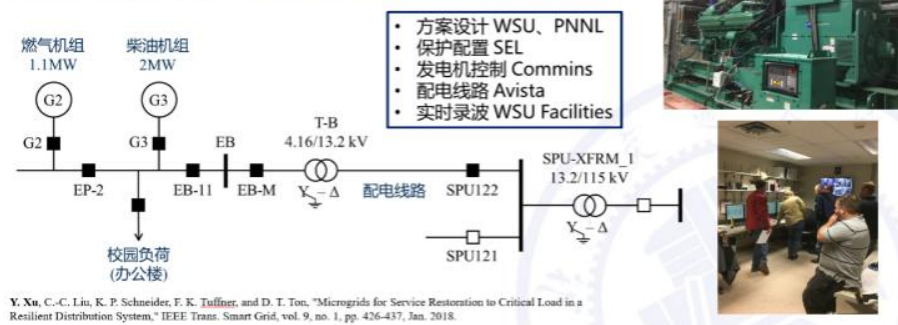
46. 韧性电网

项目简介:

韧性电网是指能够全面、快速、准确感知电网运行态势，协同电网内外部资源，对各类扰动做出主动预判与积极预备，主动防御，快速恢复，并能自我学习和持续提升的电网，具备应变力、防御力、恢复力、感知力和协同力六个关键特征。

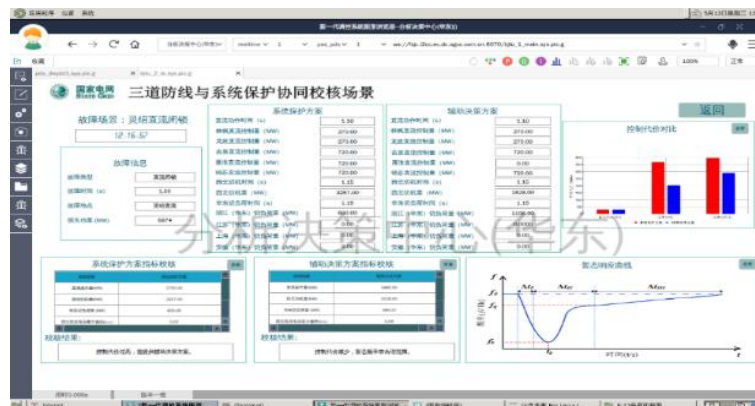
研究小组针对韧性电网在频率紧急控制技术、快速供电恢复技术以及“电-水-气-交通”协同应灾等方面开展了系统深入的研究。研究成果可提升电网在极端事件下为政府、企业、人民提供持续安全可靠供电的能力，保障城市基本功能的正常运转，推动韧性城市建设，为城市各类安全风险治理和极端事件应对提供重要支撑。研究成果在中国上海、美国华盛顿州等地得到了应用。

2016年10月29日，利用美国华盛顿州立大学 (WSU) 校园微电网中的1台燃气机组和1台柴油机组恢复校园负荷及Pullman城市配电线路



美国华盛顿州供电恢复

应用范围:



华东电网紧急频率控制

47. 动力电池检测教学平台

项目简介:

本教学系统包括智能安全模组、主从式电池管理系统、电池 PACK 高压系统，系统展示和讲述动力电池系统的构成和工作原理，使学员全面了解和掌握动力电池系统的组成、特性、安装和调试方法、故障诊断和排除方法。

技术特点:

智能安全模拟电池模组基于完备的电池模型和大量实测数据，真实展现各种材料体系、各种容量、各种温度(-40-45℃)、各种倍率(0.05C-30C)、各种衰退路径(容量衰退、内容变化)。

模拟电池组采用主流实车模组结构(VDA 尺寸)及高可靠软膜集成采样技术，完美复现真实模组的机械、电气特性。

基于模拟电池模组构建的电池系统，灵活快速再现电池组一致状况及实际运行特点；采用批量装车的主流 BMS(电池管理系统)和 BDU(集成高压组件)真实展现实车电池 PACK 的电气连接及逻辑关系。

实际应用的电池管理系统监控软件，全面系统的展示电池管理系统的工作原理及工作过程，实时监控电池数据的状态。

系统功能:

本系统可设定各种电池应用场景和模式，模拟不同运行状态及各种故障情况，配合 BMS 及 BDU，生动展示电池系统的工作原理。



外观图

48. 大功率变流器控制技术

项目简介：

在“碳达峰”与“碳中和”战略的指引下，建立以光伏、风电为主体的可再生能源体系，将是电力行业推动落实“双碳”的关键。光伏、风电等清洁能源与网侧接口之间需高效率、高可靠性、电网友好的变流器连接，变流器控制技术的研究将有力支撑大型光伏风电基地、分布式能源等的开发建设、并网运行与消纳利用，加速新型能源体系的构建。

关键设备：

- (1) 大功率光伏并网逆变器
- (2) 风电机组并网变流器
- (3) 电能质量检测与优化

关键设备研发

◆ 大功率光伏并网逆变器



◆ 风电机组并网变流器

1.5MW双馈风电变流器



2MW直驱风电变流器



◆ 电能质量检测与优化

200KW三电平动态电压调节器



低压直流系统阻抗扫频装置



性能特点

适应复杂结构和多变流器系统要求
自适应调整扫频间隔与扰动电流幅值
兼顾测量速度和阻抗测量精度
高直流偏置下宽频带、高精度信号测量
满足500V以下低压直流系统和变流器阻抗特性量化检测、稳定性分析验证要求

动模实验平台：

- (1) 拥有完善的 dSPACE+Typhoon、RT-LAB、RTDS 全实时数字仿真及半实物仿真平台；
- (2) 具备 250kVA 交流电网模拟电源、分布式光伏并网移动检测装置等实验平台；
- (3) 具备多种大功率电机平台 (25kW/200kW)。



49. 面向复杂环境的高适应性移动机器人设计方法

项目简介:

在理论层面，提出“连杆式整体闭链移动系统”原创概念，建立了面向复杂环境的高适应性移动机器人设计方法；在技术层面，发展了快速重载地面移动技术、大容差强力捕获操作技术以及智能人机交互和操作技术；在应用层面，研制出强越障大载荷山地运载智能多足平台、超冗余高机动智能可重构多面体移动平台以及智能手术仿真平台，技术指标达到国际先进水平。近年来主持科研项目 100 余项，在国内外学术期刊发表论文 150 余篇，授权发明专利 117 项，技术转化开发产品 30 余种。



50. 变刚度软体夹持技术

项目简介：

根据国际机器人协会的调查数据显示，全球工业界只解决了 3%至 4%的规则、刚性物品的自动化生产搬运问题，剩余 96%左右的柔性异形、易损物品仍使用人工上下料。这意味着软体机器人领域的发展潜力惊人，以及它背后有着“蓝海”般不可估量的市场。现有软体夹爪是靠高压气体来控制驱动的，但高压气体进入软体夹爪内部空间时，容易让夹取物品的一面和施加压力弯曲的一面，两面都鼓起来。这样一来，夹取物品的一面，跟物品的接触面积就减少了，软体夹爪会出现抓不牢、抓不稳物品的现象。Rheobot 团队提出了用液压与磁流变技术结合的变刚度软体夹持方法（申请专利：一种磁控模块化变刚度软体抓手，CN202311089750.6），可以大幅度提高夹持重量与稳定性，同时简化软体机器人控制系统，该技术可应用于食品、生鲜、汽车配件、3C 产品等多个行业的生产加工环节，尤其适用于异形、易破损的分拣包装。

技术特点：

磁流变变刚度控制技术、软体夹持系统一体化制造技术。

大幅度提高现有软体抓手抓取能力，利用独创打印技术开发软体抓手批量化制作工艺，将该整体解决方案进行推广与应用，现有工业用软体抓手及气源控制主流厂家全套售价在 1.2-2 万元，4D 打印的磁控软体抓手及其磁控系统成本可以控制在 4000 元以下。

51. 磁控 4D 打印技术

项目简介:

4D 打印是指利用智能材料的响应特性结合编程化设计，制造出形态和性能随时间可变的三维物体，4D 打印是 3D 打印技术的升级，包括材料升级、技术升级、应用升级等方面。作为一种新型技术，这种技术不仅能够构建出更加复杂的物体，而且能够通过物体的自组装和自适应性，实现更加精确的控制和操作。磁控 4D 打印需要采用磁控智能打印墨水，如何将磁控智能材料中磁畴方向定向排列是磁控 4D 打印的关键，其核心技术是通过特制的软硬件系统对打印结构中的磁畴方向分布进行编程，团队在国际上首次开发出一体化磁控 4D 打印技术，利用该技术可以制造具有任意磁畴分布的弹性体结构，可以结合多物理场仿真软件对打印的结构变形进行预测，可应用于科研教育、体内治疗、智能可穿戴设备、康复医疗、机器人、航空航天等领域。



在中关村国家自主创新示范区展示中心展出的 4D 打印平台

技术特点:

团队开发了国内第一个基于弹性体材料的磁控 4D 打印技术，解决了磁畴编程、写入一体化技术（专利：一种基于磁畴方向编程的 4D 打印挤出头，CN202311246941.9），开发出全球首台磁控 4D 打印设备 Mag 4D Printer，填补了国内空白，该技术入选中关村颠覆性技术前沿科技展。

同时具备 4D 打印墨水与打印设备核心技术，4D 打印技术的引入将使得未来弹性体

3D 打印技术更加具有智能化和科技感，可以实现软体机器人的一体化制作。团队正在将该技术路线推广至更多材料（PLA、TPU、PEEK 等），将建立磁控增强 3D 打印/4D 打印的核心技术体系。

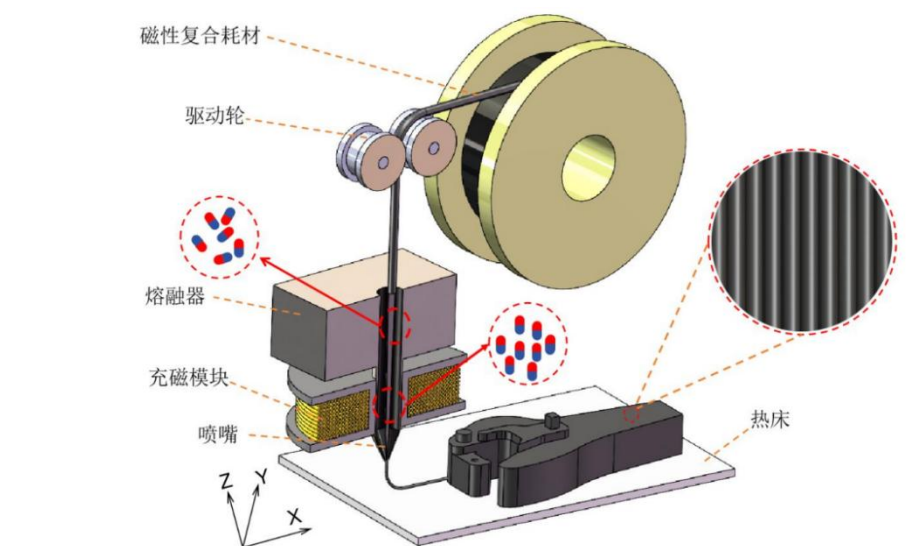
应用范围：

在智能穿戴领域，可以通过 4D 打印制造出能够变形适应身体姿态的跑鞋或鞋垫，在医疗领域，可以制造出可以变形的血管支架和脑血管支架等。康复医疗领域，可以制造出根据患者受损情况定制的磁控康复手套等。

52. 磁控增强 3D 打印技术

项目简介：

熔丝制造（FFF）也称熔融沉积制造（FDM），是热塑性聚合物最常用的 3D 打印技术之一，常用材料如 ABS、PC、PP、PA 和 PPS 等，由于热塑性塑料基体具有出色流动性，可以在其中添加纤维，制作成可以应用于 3D 打印技术的纤维增强复合耗材。借助 3D 打印技术，可以定制纤维分布均匀且高强度、轻量化的部件。现有纤维增强技术内部多界面和单层单丝束特性使其与线丝垂直方向强度较低，对冲击载荷敏感，难以作为结构件使用。采用磁控技术与熔丝制造（FFF）3D 打印结合起来，在打印过程中精确地排列复合纤维，且可以使零件实现定向结构增强，达到调整终端零部件所需机械性能的目的。



磁控增强 3D 打印原理

技术特点：

磁控增强打印材料配置、磁控增强 3D 打印工艺设计、针对应用需求对结构件纤维方向分布进行、设计。

可以通过磁控增强技术使用 PLA\PA 等廉价耗材作为基底材料达到 PEEK、PEI 等高价耗材的效果，制作成本降低 80%以上；可以通过磁控使纤维增强效果进一步增强，完成现有 3D 打印技术无法达到的技术要求。

应用范围：

结构零部件：磁控增强打印的零部件具有优异的强度重量比，这使其成为金属结构部件的理想替代品。纵观应用于汽车或飞机上的大型金属结构部件例子可以看出，这些大型零件普遍重量偏大，这意味着轻量化零件的生产将会在这两个行业里拥有更大的发

展空间。例如，宝马等领先的汽车制造商们已开始将碳纤维材料运用在硬壳式底盘中，通过加强其强度，以取代原本的铝制等金属材料。通常，这种替换可以使总重量减少 10-30%，相当于约 100 公斤。

重型零件：重型零件通常会遇到高温、频繁冲击、震动和磨损等恶劣环境，可采用磁控增强 3D 打印技术制作该类型零件。例如，增强塑料可用于制造真空泵。其出色耐磨性和抗蠕变性为重型零件提供了足够的耐用性和尺寸稳定性，以抵抗来自内部的连续旋转带来的冲击。

工装夹具：可采用磁控增强 3D 打印制作夹具和固定装置。由于制作的部件重量轻，比金属部件更易于操作。由于生产线的变化，偶尔会有不同夹具和固定装置的需求。利用磁控增强 3D 打印技术将使制造商能够生产少量定制零件，因此只要按需定制设计文件便可使用 FFF 打印机生产零件，这使得 3D 打印成为一个很好的解决方案。

航空航天：3D 打印技术可以实现航天航空器件的轻量化和优化设计，提高航天航空器的性能和可靠性，同时也可以降低制造成本和时间。3D 打印技术在航天航空领域的应用主要包括火箭发动机、卫星零部件、飞机结构等产品。2022 年，波特兰州立航空航天协会（PSAS）使用 3D 打印技术成功地将 OreSat0——一个立方体卫星系统，发射到近地轨道。美国“相对航天公司”于 2023 年 3 月 22 日晚在佛罗里达州卡纳维拉尔角发射了一枚名为“人族一号”的火箭。这枚火箭约 85% 为 3D 打印而成，成为全球首例。

53. 磁控智能材料制备技术

项目简介：

磁控智能材料作为新材料发展的重要方向，具有巨大的发展潜力制造业领域，传统磁控智能材料（磁流体、磁流液）可以广泛应用在电子、电气、机械、医疗、能源、航天等行业中，可以生产磁光开关、磁光调制器、磁光隔离器、磁光传感器等产品，还可以利用其磁性及可流动特性，将其应用在要求苛刻的零部件密封及减震领域。在半导体产业中，各种电子元器件封装、液晶显示屏封装以及物理化学气相沉积技术、溅射技术等，均需要密封工艺，密封技术的高低直接影响半导体产品的性能、质量、使用寿命；在机械产业中，压缩机、离心机、减速机、轴承、泵等零部件也需要密封工艺，以达到空间密封、杜绝介质滴漏等目的。磁流体密封可以紧密贴合需要密封的装置，建立完整密封圈，密封性能更加优异，可靠性更高，因此其应用领域正在不断拓宽。本项目核心技术团队在国内最早进行磁性液体研发，自主研发的工业密封用磁性流体已经占据国内主要市场。



本团队开发的磁控智能材料

技术特点：

团队在多年磁控智能材料基础上，于 2019 年后开发出新一代磁控智能材料，掌握核心技术，该材料具有很高的商业价值，可大规模推广应用至密封、减震、生物医疗、3D/4D 打印等领域。

本团队开发的新型磁控智能材料具有很高的稳定性与磁学性能，同时由于简化制备工艺大大降低了生产成本。

应用范围：

密封、减震、生物医疗、3D/4D 打印等。

54. 高速重载并联机器人技术

项目简介：

自主研发了高速重载并联机器人，在作业质量不大于 15kg 时，可实现 60 次/分钟的拨选作业，或 40 次/分钟抓取作业，目前，已在开滦集团两家煤矿成功应用。与桁架式、串联式选矸机器人相比，具备效率高、体积小的优势，在洗选煤行业得到一致好评。另外，目前市场上成熟应用的机器人，其高速重载特性均有限，该机器人的研发丰富了工业机器人的适用场合。



技术特点：

机器人结构采用三自由度平动串并联结构。横向推送选用基于五杆机构的二自由度平面并联机构，机构工作空间大、刚度高、运动质量小，末端容易实现高速、大推力运动；并联机构串接一个沿皮带运动方向的直线运动，实现机器人与传送带同步运动，结构简单可靠。

与桁架式、串联式机器人相比，具备效率高、体积小的优势，可实现高速、重载、抗冲击的严苛作业条件。

55. 核电装备关键技术

项目简介：

研制了“华龙一号”整体式全同步螺栓拉伸机，用于“华龙一号”反应堆压力容器的打开和关闭，作为核电三大辅助设备之一的同步螺栓拉伸机，其成功研制填补了国内相关技术的空白，终结了国外技术垄断，助力核电设备的国产化。其主要功能包括：同步拉伸 60 根主螺栓到预定值；自动水平调整功能；全自动对中调整功能；全自动同步测量 60 根主螺栓伸长量；全自动拧紧和拧松主螺母；平稳旋入和旋出主螺栓，并自动平衡螺栓重量；主螺栓旋出后锁紧主螺栓使主螺栓、螺母和垫圈可随螺栓拉伸机一起运到安全壳外的清洗和暂存位置或进行相反的操作。其无需工作人员进入堆坑内操作，通过程控即可实现主螺栓安装、拆卸等所有工作，其可在较短的时间内完成主螺栓预紧工作，从而大大提高工作效率，缩短大修工期，减少工作人员受照剂量。除整体式全同步螺栓拉伸机以外，还研制了核废料桶的封盖、注浆搅拌机器人、反应容器螺孔清洗机器人，以及辐射环境的物料运载用 RGV 小车等。



技术特点：

自动水平调整装置可实现自动快速水平调整，减少关键路径操作时间，降低操作人员劳动强度和操作人员的受照剂量。自动对中装置的对中精度和效率高，可靠性高，自动化程度高，减少关键路径操作时间，降低操作人员劳动强度和操作人员的受照剂量。螺栓旋转机器人采用多传感器冗余设计，轴向合力控制精度高，大大提高了系统可靠性，降低螺纹损伤的风险。主螺栓栽入/旋出实时数据采集和处理系统，可实现故障预测（提前停止，防止故障发生）、故障诊断（判断是对中问题还是异物进入螺纹等）、故障记录（故障发生的概率、改进的方向），大大提高整体式全同步螺栓拉伸机的工作安全性和可靠性。

国产化整体螺栓拉伸机设备在性能及人机交互方面具备比较优势，大幅减少工作人员在核岛内的操作时间，为核电领域国产化率的提升添上浓墨重彩的一笔。

56. 汽车变速箱试验台技术

项目简介:

团队曾为国内主流汽车变速箱开发企业研制了换挡试验台、交检试验台及变速箱疲劳试验台，以 PLC、变频器和转速转矩传感器为核心的控制系统。通过 PLC 对变频器的控制,使试验台具备以下功能:手动试验和自动试验、正拖/反拖试验模式、变转速或变转矩的试验。基于 LabVIEW 图形化编程便捷的优点,开发了试验台的监控软件。通过工控机进行试验条件的设置和试验状态的实时监控,实现了数据采集、处理、存储及调用,并进行故障报警。



技术特点:

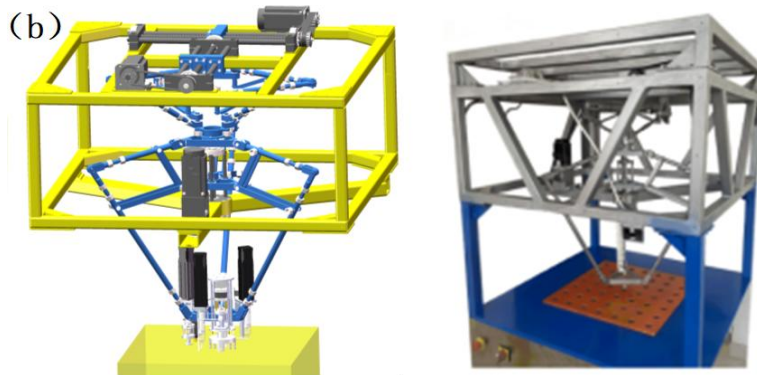
采用模块化结构,充分利用试验台铁地板、驱动电机、负载电机传感器、夹具的资源,通过不同的组合演变,在同一试验台上实现对不同型号的变速箱性能试验、寿命试验,换挡性能试验。试验台具有安装快捷,调整方便、自动化程度高的特点。自动试验过程可智能控制,并具有手动控制方式。

档位循环次数和换挡速度可调;专用软硬件设计确保数据准确性;控制系统能够实现档位信息自学习;特制宽扭矩范围高转速测量。

57. 完全解耦串并混联机器人

项目简介：

团队创新性研发了三自由度平动线性完全解耦串并混联机器人，其控制系统无需做繁杂的正逆解运算，立方体的工作空间使其作业轨迹规划变的十分容易，区别于现有的串联、并联机器人，其在整个工作空间上都有均匀的负载能力，不受位姿影响。该机器人有望于在高速度、高刚度、大负载的场合应用。



技术特点：

现有并联机构动平台的单一自由度和各个驱动部件之间存在复杂的耦合关系，求解繁琐，从而阻碍了动平台运动轨迹精确控制、动平台速度精确控制和动平台力控的精确控制。本机器人平台创新性的采用了一种完全解耦机构，并开发其控制系统。

市场前景：

区别于现有的串联、并联机器人，其在整个工作空间上都有均匀的负载能力，不受位姿影响。该机器人有望于在高速度、高刚度、大负载的场合应用。可用于仓储物流、3C 制造等领域。

58. 高可靠高安全低成本环保型电连接方法及装置

项目简介：

电连接装置应用极广，涉及几乎所有领域和行业，年销售额逾万亿人民币。美、日及欧洲许多国家为解决传统电连接装置所存在的连接不可靠及安全隐患等难题，进行了30-60年的攻关和研究，至今在原理上和结构上仍无突破。经过廿余年的攻关，项目组提出了新的电连接原理，开发出了新的电连接方法及装置，解决了“电连接高可靠高安全低成本”的世界难题。



一种线与线之间连接用系列的产品



本项目的大家电用大功率系列的产品

廿余年来，项目组致力于电连接的研究，进行了大量的探索和实验分析，开发出了航空航天用、电动汽车用、民用和工业用电连接技术及产品，并在国内外一些行业得到应用，其中一些民用系列产品还进入了欧盟家庭。

该新型电连接装置，在电连接原理和结构设计上具有独创性和突破性，从根本上解决了接触松脱、起弧传爆、易触电、高耗材等关键的安全、可靠性及技术工艺难关。该项目部分系列的产品已通过中国家用电器检测所、广州威凯检测技术研究院以及中国兵器集团动态性能检测中心等进行的检测；其中六个系列的产品已通过了国家的“三C”认证，一个系列的产品已制定了行业标准。以该项目最低端的产品民用系列为例，它的有效接触面积为70%左右，而采用传统理论所生产的民用系列产品，德、英、法等国的为11%左右，中国的为6%左右。



本项目的电动汽车用系列产品



本项目的一种民用过渡系列的实验样品

技术特点:

(1)防松脱，电连接高可靠

将该装置的插头用力插入插座孔内并到位，然后顺时针旋转并到位，松开手即连通；此时，连接器件相互呈啮合卡死状态并通电，抗振动、抗冲击、抗跌落性能极佳，非手反程序操作不可能分离，确保不会出现松动、脱落或接触不良，并能防止因接触不良引起的过热。

(2)防“起弧”，减小事故隐患

结构的合理和操作的固有程序，保证了二极或多极接插时元器件同步并同时接触，从而大幅度降低了“起弧”现象，加上所有电连接装置均带有“隔弧罩”，防“传爆”，大大减小了事故隐患。

(3)防触电，安全系数高

该装置结构独特合理，插头插入电源接通无任何带电体外露，即使将导电物体通入孔洞敞开的孔内，仍然不会与导电元器件接触，从而防止了意外触电事故的发生。

(4)性能提高，经久耐用

独特合理的结构设计并使用与传统产品同样的绝缘性能好的阻燃工程塑料和优质有色金属，能有效地消除火灾和事故隐患，保障生命和财产安全；能在通电的情况下抗振、抗冲击、抗跌落，大幅度提高产品的使用性能和使用寿命。

(5)节省铜材，降低成本

采用“提高金属触点间的配合精度”而不是“增大其接触面积”的原理，大大减少了铜材的耗用量(民用的和工业用的用量分别不到传统产品的 2/3 和 1/3), 保护了相关资源，并有利于环境保护。工艺简单成熟，结构合理，依靠工装、模具及自动化设备生产，

降低了人工装配的工作量，确保了产品质量及标准化程度和使用可靠性，并使一些系列产品的生产成本控制在该系列传统产品生产成本的 40%-90%成为可能。

(6)操作简单，使用方便，应用范围极广

适用于航空航天、电力、机房机柜、家用电器、医疗器械、建筑、轨道交通、造船、冶金、电动汽车、石化、煤炭等系统及行业，可根据应用对象分为多种系列，并可标准化。



本项目的两民用系列的产品及已获得的国外专利证书

市场前景：

该发明已获得中、美、英、德、法、日等国专利权。我们力争在各相关部门的支持下，在愿意加入和参与此项事业的公司和厂家的共同努力下，运用已获得的国内外自主知识产权保护，尽快实现民用和工业用的诸系列电连接装置的大批量工业化生产，形成新的民族产业群，占领并垄断国际市场；运用本原理及其相关性能指标等形成新的行业标准以及国家标准，建立我国电子和电器产品以及医疗器械、工业设备等的技术壁垒；运用本原理促成民用的或工业用的电连接国际标准的统一。