

面向中国制造2025的 校企合作教育模式与改革策略

浙江大学

杨华勇 院士

2016年10月28日



浙江大学
ZheJiang University

一、我国高等工程教育的成就	Part 1
二、加入华盛顿协议的影响	Part 2
三、先进制造业未来发展趋势	Part 3
四、校企合作教育的改革举措	Part 4
五、校企合作教育模式与案例	Part 5
六、深化校企合作的对策建议	Part 6

CONTENTS

目录



一、我国高等工程教育的成就



截至2015年，

- ◆ 我国设立工科专业的高校达2368所，占比83%；
- ◆ 设立工科专业点41236个，其中中国制造2025十大重点领域相关的本科专业布点数约8000个，占工科的50%；
- ◆ 工科专业在校生达1040万人，其中工科在校本科生数达524.7万人；
- ◆ 2015年，我国工科本科毕业生人数达118万。



一、我国高等工程教育的成就



国家/地区/经济体	毕业生总数	工科毕业生数	占所在国家（地区） 毕业生总数比例(%)	占世界工科毕业生 总数的比例(%)
亚洲	10,691,433	1,826,360		72.1
中国	3,038,473	964,583	31.7	38.1
印度	5,469,330	548,907	10.0	21.7
日本	558,692	87,544	15.7	3.5
欧盟	2,602,040	193,030		7.6
法国	311,026	22,707	7.3	0.9
德国	386,090	43,818	11.3	1.7
英国	389,296	16,435	4.2	0.6
非欧盟	1,518,411	150,015		5.9
俄罗斯	1,406,050	142,806	10.2	5.6
北美	2,404,584	160,066		6.3
加拿大	168,183	9,471	5.6	0.4
墨西哥	425,754	67,332	15.8	2.7
美国	1,810,647	83,263	4.6	3.3
世界总数	20,433,355	2,534,843		

据美国国家科学委员会《科学与工程指标》（2016）统计，与欧盟、非欧盟、北美及亚洲其他主要国家（或地区、经济体）相比，我国2015年累计工科毕业生总数**仅次于印度居世界第二**；2015年工科毕业生数、占所在国家毕业生总数比例及占世界工科毕业生总数的比例**均居世界首位**。



二、加入“华盛顿协议”的影响



2016年6月，我国由《华盛顿协议》预备会员转为正式会员，将全面参与《华盛顿协议》各项规则的制定，通过中国科协所属中国工程教育专业认证协会（CEEAA）认证的中国大陆工程专业本科学位将得到美、英、澳等所有该协议正式成员的承认，在相关国家申请工程师执业资格时将享有与本国毕业生同等待遇。



国际工程联盟2016年会议（IEAM2016）



二、加入“华盛顿协议”的影响



教育部高等教育教学评估中心
Higher Education Evaluation Center Of The Ministry Of Education

教育部高等教育教学评估中心主任吴岩表示：

“正式加入《华盛顿协议》标志着我国高等教育对外开放向前迈出了一大步，我国工程教育质量实现了国际实质等效，工程教育质量保障体系得到了国际认可，工程教育质量达到了国际标准，中国高等教育真正成为了国际规则的制定者，与美国、英国、加拿大、日本等高等教育发达国家平起平坐，实现从国际高等教育发展趋势的跟随者向领跑者转变。”



三、先进制造业未来发展趋势



2013年，科技部开展全国技术预测，其中先进制造领域技术预测专家组对**先进制造领域的技术发展趋势**进行以下预测：

- ◆ 新材料和新工艺技术引爆装备制造技术新发展;
- ◆ 多学科技术交叉融合，智能集成制造技术发展迅速;
- ◆ 微纳制造技术已经成为纳米技术的未来;
- ◆ 泛在感知与分布式控制成为系统控制技术发展的重要方向;
- ◆ 多种智能技术发展与应用前景广阔。



三、先进制造业未来发展趋势



- ◆ 未来先进制造技术将不断往信息化方向发展；
- ◆ 成形制造技术将向精密、精确成形方向发展；
- ◆ 改型制造技术将向少能耗、无污染方向发展；
- ◆ 加工制造技术将向超精密、超高速方向发展；
- ◆ 工艺由技艺发展为工程科学，工艺模拟技术将得到迅速发展；
- ◆ 跨学科绿色制造技术及虚拟现实技术将广泛应用。

其中：3D打印将成为具有革命意义的制造新工艺；建立**泛在感知网**是制造业乃至整个工业信息化的下一个里程碑；**智能机器人**将一直是先进制造技术发展的一个重要方向。



四、校企合作教育的改革举措



◆ 卓越工程师教育培养计划

- 计划实施以来，吸纳10415家签约企业参与，企业兼职教师达17900人；
- 980家企事业单位联合“卓越计划”实施高校申报成立了654家首批国家级工程实践教育中心，覆盖了制造业、采矿业、建筑业等9大主要行业。

◆ 工程教育专业认证

- 在实施工程教育认证的18个工科专业类中，建立了工程教育与行业企业的联系机制，为建立注册工程师制度奠定了基础。



四、校企合作教育的改革举措



◆ 产学合作育人项目

- 2014年，高教司积极组织国内外知名企业与高校合作，开展产学合作教育项目；
- 2015年，向18家企业征集项目520余项，资助经费1250余万元，软硬件平台免费使用权价值超过1亿元；
- 2015年11月，发布了《关于征集2016年产学合作专业综合改革项目和国家大学生创新创业训练计划联合基金项目的函》（教高司函〔2015〕48号），继续大力向企业征集2016年产学合作项目。



五、校企合作教育模式与案例



（一）校企合作的基础

大学与企业关注点不同，促进经济社会发展的愿景相同，有合作的基础。**共同目标和愿景：新技术开发和人才培养，提高竞争力。**

大学和企业的关注点

大学



企业



研究开发的三个阶段

理论突破、知识的获取	人 才 培 养
技术开发	
产品开发，批量生产	



五、校企合作教育模式与案例



（二）校企合作的主要模式

1. 大学发现新方法，开发新技术，与企业合作实施

共同愿景： 技术进步驱动产品升级

大学关注重点： 理论、技术进步

企业关注重点： 新产品拓展市场

【典型案例：液压电梯速度与位置控制技术及应用】

2. 大学提出解决方法，与企业合作共同开发新技术

共同愿景： 解决工程实际问题，实现产品技术升级

大学关注重点： 理论、技术进步

企业关注重点： 解决工程问题，提升产品市场竞争力

【典型案例：盾构装备关键技术创新及工程应用】



五、校企合作教育模式与案例



浙江大学
ZheJiang University

引用美国宇航局（NASA）提出技术成熟度等级（TRL）的概念，校企在技术开发不同阶段的参与程度

大学



企业



TRL	定义	技术状态
1	发现和报告技术基本原理	通过基础性观察活动确定潜在应用，但尚未形成技术单元的概念。
2	阐明技术概念和/或应用	形成潜在应用和初步的技术单元概念，但尚未验证。
3	关键功能和/或特性进行概念验证	详细描述技术单元概念，通过由实验（经验）数据/特性支撑的分析模型演示预期性能。
4	实验室环境下的部件和/或原理样件的功能验证	通过实验室环境下的原理样件试验验证功能性
5	部件 和/或原理样件的关键功能验证	识别技术单元的关键功能，定义与之相关的相关环境。建造原理样件（非全尺寸）
6	在相关环境下用模型演示技术单元的关键功能	验证技术单元的关键功能，在相关环境下通过典型模型（外形、安装功能）演示性能
7	用模型演示技术单元在使用环境下的性能	建造并试验能够反映模型设计的所有因素的典型模型，为在使用环境中演示性能
8	完成实际系统	模型通过鉴定，并集成到最终系统中
9	产品开发和应用	技术成熟了。技术单元成功开始服役。



五、校企合作教育模式与案例



浙江大学
ZheJiang University

三、校企合作的案例

案例1：液压电梯速度与位置控制技术及应用

大学

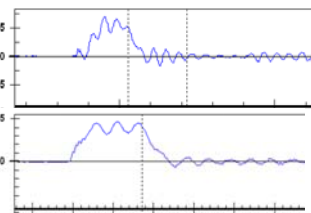
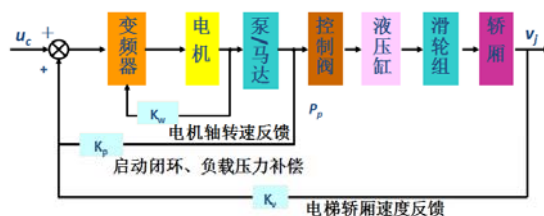
开发
转让

企业

技术开发全过程，TRL1~9

技术开发过程，TRL9、TRL8

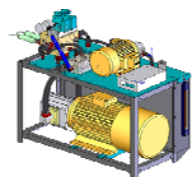
提出多级反馈流量控制方法，解决变液容等因素干扰的速度精确控制技术难题，显著提高乘坐舒适感（大学）。



成效（相比传统产品）

- 轿厢速度波动率由 $\pm 8\%$ 降低到 $\pm 3\%$ ；
- 轿厢加速度变化率降低50%。

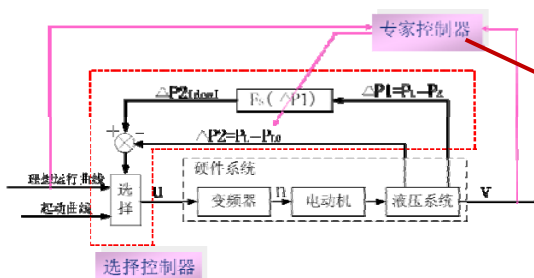
授权发明专利：（大学）
ZL200610155206.7



优化
测试



提出多维模糊识别局部闭环控制方法，解决停层位置精度控制技术难题，大幅提高运行效率 and 安全性（大学）。



$$v_c = |k_1 \cdot \omega - Q_q| / k_2$$

$$Q_q = Q_{q0} + \Delta Q_q = Q_{q0} + f(\Delta p_1, T)$$

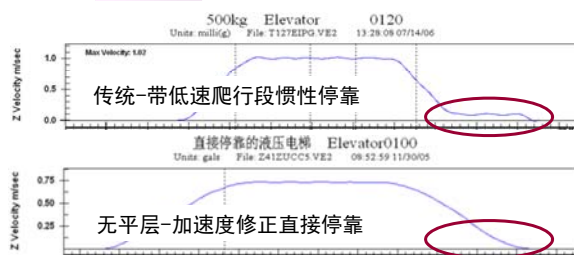
$$\Delta p_1 = \pm \left(\sum \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \sum \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2} + \Delta p_f \right)$$

位置控制
补偿算法

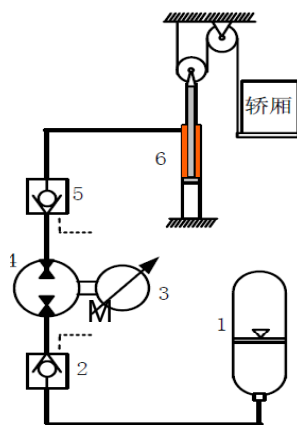
成效（相比传统产品）

- 停层精度由 $\pm 15\text{mm}$ 提高到 $\pm 5\text{mm}$ ；
- 电梯运行效率平均提高30%。

授权发明专利：（大学）
ZL96105408.5



提出变转速容积调速方法，发明蓄能器-泵/马达能量转换高效势能回收技术，运行能耗大幅下降（大学）。



成效（相比传统阀控产品）

- 载重1000kg、速度1m/s，装机功率从33Kw减为11Kw，仅为原来的33%；
- 系统总效率从25%提高到71%，运行能耗仅为原来的39%。

发明专利：液压配重可变节能液压升降系统 ZL200610155206.7（大学）



五、校企合作教育模式与案例



企业+大学：西子电梯等7家国内电梯龙头企业应用大学的技术完成了液压电梯系列产品开发，销售1869台，产值5.98亿。大学开发的电液系统为上海三菱等品牌配套，技术推广面占国内液压电梯企业的**70%**。

- 授权发明专利15项
- 发表SCI/EI论文40篇
- 专著(第1作者)《液压电梯》(机械工业出版社,1996年)
- 获2003年国家科技进步二等奖



五、校企合作教育模式与案例



(三) 校企合作的案例

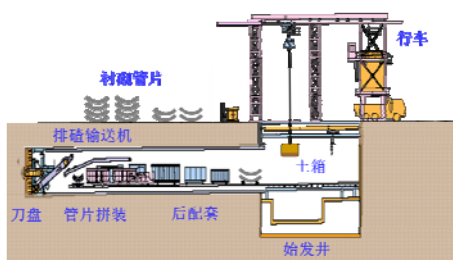
案例2：盾构装备关键技术创新及工程应用

大学	技术开发全过程，TRL1~9
开发 转让	
企业	技术开发过程，TRL9、TRL8



背景：

盾构掘进过程中，工程事故占施工量的10%，其中80%是界面失稳、装备失效和方向失准引起的，是行业三大国际技术难题。



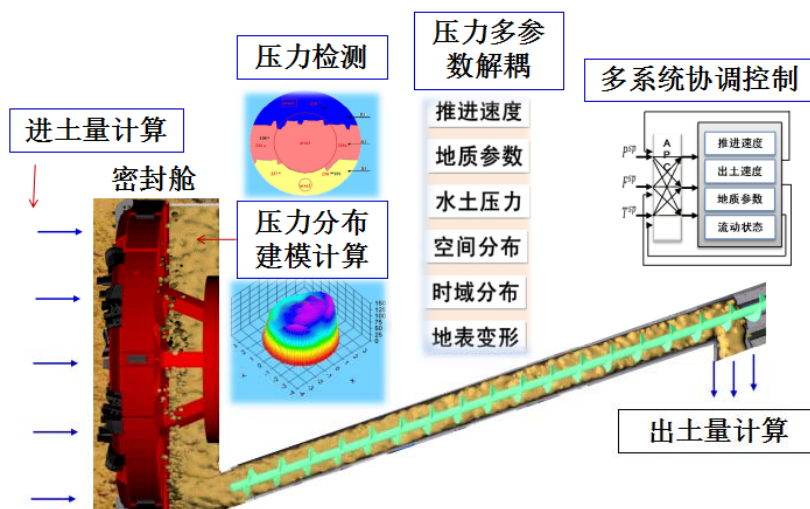
盾构掘进作业示意图



盾构工厂组装调试照片

技术创新思路：

通过进出土协调控制实现密封舱压力动态平衡（大学）



五、校企合作教育模式与案例



企业：参与合作开发的4家企业生产的盾构每年超过160台，新增产值超过100亿元，占国内盾构市场的70%以上，实现了批量出口，带动上下游产业规模在1800亿元以上。

- 获得国家发明专利152项、软件著作权28项；
- SCI/EI论文300余篇；
- 创建了研究 - 设计 - 制造 - 工程 - 产业化全过程技术体系和新产品开发平台。
- 获2012年度国家科技进步一等奖



六、深化校企合作的对策建议



建议1：明确校企**技术开发角色定位**，制定详细合作计划，共同发展。

- ✓大学尽可能下沉，至TRL9。产品开发与应用中得到信息回馈，进一步凝练科学和技术问题，明确学科发展方向。
- ✓企业尽可能上移，至TR1。基础性观察活动和潜在应用的技术探索中，提前布局产品发展方向。
- ✓共同愿景与发展战略的基础上，制定详细的合作计划，确保开发经费投入，提高TR3、TR4、TR5阶段成功率。



六、深化校企合作的对策建议



建议2：加强**知识产权保护**，建立新产品技术开发中经济风险管控模式。

- ✓加强知识产权保护，形成企业从新技术新产品获益中反馈大学的利益分配机制，以满足TR1、TR2阶段探索过程的经费需求，形成新技术开发的良性循环。
- ✓建立新产品技术开发中经济风险管控模式，引入新产品技术第三方保险，可激发企业的技术开发和创新热情。



六、深化校企合作的对策建议



建议3：强化工程实践教学，从引导学生参与间接工程训练、课内外工程实践活动以及产教融合等三个方面，走自主特色的工程教育实践教学模式。

- ✓通过重组和优化实践教学内容、构建现代工程实践教学课程体系，推进产学研合作，推进工程实践教学的发展；
- ✓通过搭建开放式创新创业平台，为本专科生、研究生打造面向真实世界工程环境的体验式课程，为学生提供在校内外体验现实世界工程问题的各类机会；
- ✓摒弃工程教育“论文至上”的过度学术化倾向。



六、深化校企合作的对策建议



建议4：在本科生层面，扎实工程学科的基础教育环节。

- ✓建立以“厚基础宽口径”和“强化学科交叉融合”为原则的课程架构体系；
- ✓强调基于聚合科学和跨学科视角的理论性课程，课程设计与学校人才培养目标、教学水平、学生素质等因素相配合，且在实践过程中因时而变、不断调整改革。



六、深化校企合作的对策建议



建议5：在研究生层面，明确专业工程学位定位区分和实践导向。

- ✓专业学位研究生（工程硕士和工程博士）应严格实行学校与工矿企业或工程建设部门合作培养的方式，实行双导师制；
- ✓由学校相应学科、专业点安排一位具有工程实践经验的教师与企业或工程建设部门一位具有高级专业技术职称、专业相同或相近的工程技术或工程管理人员联合指导；
- ✓学位论文（设计）的选题、实践与企业或工程建设部门的工程实际相结合，密切结合企业或工程建设部门面临的技术改造、革新、引进等技术难题或科研攻关项目。



六、深化校企合作的对策建议



建议6：强调“解决工程问题”为导向的整合设计理念，淡化“学科中心”课程观的影响，打破学科界限，将相关学科、领域的知识进行系统性重组与划分。

- ✓开展项目导向的课程体系重构，让课程体系设计回归工程实践，强调与实际需求相结合，构建突出工程性与创新性的工程课程体系；
- ✓通过政策引导和资源整合，为学生提供优质的合作教育模式下的实践性课程，提升学生解决现实世界工程问题的能力。



六、深化校企合作的对策建议



建议7：大力加强“双师型”教师队伍建设。

- ✓围绕提升专业教学能力和实践动手能力，健全高校教师的培养和继续教育制度；引进制造业领军人才和紧缺人才，推进高水平大学和大中型企业共建“双师型”教师培养培训基地；
- ✓推行高校工程师实践型师资计划，增强工科教师现场工程经验，探索“学历教育+企业实训”的培养办法；
- ✓要求工科教师应具备在企业中至少12个月的实际工作经历，要求工科本科及硕士毕业生在企业中有至少6-12个月的实习工作经验。



感谢您的聆听
欢迎提出宝贵意见和
建议！