
第一部分

“西门子杯”中国智能制造挑战赛

“西门子杯”中国智能制造挑战赛的赛项设置

萧德云^①

在中国面临从制造业大国向制造业强国转型的历史时期，“中国制造 2025”已成为新的国家发展战略，为了提升大学生的工程技能素养和实践动手能力，教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会、西门子（中国）有限公司和中国仿真学会于 2006 年共同创办了“西门子杯”中国智能制造挑战赛。

挑战赛立足智能制造技术，以培养优秀的自动化智能技术人才为宗旨，以推广和应用智能制造技术为任务。就人才培养而言，以培养下面两类人才为目标，与之对应设置了两大类 8 个比赛项目。

(1) 具有商业意识、创新意识、扎实技术的创新研发型人才。

(2) 具备智能系统综合设计、开发和优化能力的工程应用型人才。

第一类培养的是具有创造力与研发能力的人才，对应的职位是产品经理、系统架构师、研发工程师；第二类培养的是具有综合设计、系统开发与优化能力的人才，对应的职位是系统设计、技术应用工程师。

根据当前国内工程教育的现状和挑战赛的宗旨，挑战赛设计了“创新研发”和“工程应用”两种类型的赛项，其中“工程应用”类赛项分本科组与高职组。

“创新研发”类赛项针对不确定的需求问题，以产品与服务创新、设计和开发为主，设有“智能创新研发”“协作机器人”“PLM (Product Life Cycle Management) 产线规划”和“企业命题”4 个赛项，其中“智能创新研发”为开放型赛项，“协作机器人”“PLM 产线规划”和“企业命题”为征集型赛项。

“智能创新研发”赛项以智能产品、智能装备、智能服务的研发过程为背景，参赛队以创新创业团队的角色参与竞赛。主要考察参赛选手在产品创意、设计、研发过程中技术与商业的结合能力，综合运用跨学科知识与技术的能力。有趣的是，为了真实模拟商业环境，激发产品创新热情，该赛项采用对抗赛的形式，以优秀产品经理所需的能力为参照，考察参赛选手在多方激烈的攻击与反击氛围中表现出对商业价值的敏锐判断力、对核心问题的辨别能力、对深层问题的分析能力、对支撑产品核心竞争力的技术能力、对竞争对手的快速学习能力和严谨的产品研发管理能力。

“协作机器人”赛项以采用人机协作生产方式的企业为背景，针对某项复杂的工作任务，运用工作流和人因工程方法，对任务动作进行分解，在满足质量管理的要求下，设计、开发需要的人机协作工位，并完成工程实施，主要考察参赛选手的任务分析、研发和实施能力。

“PLM 产线规划”赛项以制造业工厂升级改造为背景，针对某项生产任务，在有限的车间面积和资源投入条件下，设计一条投入产出比最优的生产线，包括零件规划与验证、装配规划与验证、机器人与自动化规划、工厂设计与优化、质量生产管理及制造流程管理等。参赛选手以乙方的角色参与企业的升级改造过程，以仿真手段对生产过程进行模拟，以产能、投入、灵活性和品质控制为综合指标，考察参赛选手对 PLM 软件的使用能力和创新能力。

“企业命题”赛项从企业真实需求出发，以“中国制造 2025”战略下企业转型升级为背景，由合作企业提供生产过程中存在的有关质量、效率、灵活性及安全等课题。参赛选手根据需求进行问题解析、方案设计及专用设备原型机研制，在设计方案论证的基础上，要求在仿真环境下对原型机进行实际验证。该赛项涉及管理、机械、电子、材料、物料及工艺等综合知识，除了由企业专家进

^① 萧德云，清华大学自动化系教授，博士生导师，“西门子杯”中国智能制造挑战赛专家组组长。

行评审和第三方测试外，还要经历参赛队之间的对抗竞争。该赛项一方面可以帮助企业解决实际问题，另一方面也能考察参赛选手解决实际问题的能力和水平。

“工程应用”类赛项针对比较具体的项目需求，要求完成项目设计、开发、实施和优化等任务，设有“连续过程设计开发”“逻辑控制设计开发”“运动系统设计开发”和“工业信息设计开发”4个赛项。主要考察参赛选手对不同行业复杂系统在多目标优化环境下的综合分析、设计及控制系统的开发、实施与调试能力；强调控制方案的创新性，鼓励参赛选手采用智能控制算法解决复杂系统的优化问题。

“连续过程设计开发”赛项以流程行业连续生产过程的智能升级改造为背景，参赛队以乙方角色承接项目任务，内容包括生产工艺与对象特性分析、控制系统设计、系统实施调试及优化等。同时，从流程行业的安全生产角度考虑，完成系统的风险辨识、评估，监控、报警及安全连锁等的设计与实施，项目完成后移交甲方验收。

“逻辑控制设计开发”赛项以智能工厂、智能车间、智能生产线离散过程为应用背景，参赛队以乙方角色承接项目任务。重点考察参赛选手对离散系统的综合分析、控制系统设计、智能调度优化、HMI界面组态、工业云开发、工程实施及异常事故处理能力，强调工程方法的严谨性和控制系统应用的完整性，在控制优化、调度方面鼓励创新。

“运控系统设计开发”赛项以智能工厂、智能车间、智能生产线运动系统为应用背景，以印刷、包装、缠绕、剪切、抓取、机床、机器人等工业场景中的精准定位、同步、跟踪为应用主题，参赛队以项目乙方角色参与竞赛。重点考察参赛选手对运动控制系统（如张力控制、多轴同步、速度控制等）的综合分析、智能算法开发、控制方案设计、实施、模块开发及异常事故处理能力，鼓励控制方案及算法的创新。

“工业信息设计开发”赛项以工业通信网络为应用背景，主要考察参赛选手面向实际工业生产所需的实时冗余通信网络的需求分析、网络拓扑结构设计、优化、实施及故障处理能力，鼓励在满足通信需求的条件下在网络结构设计、网络功能和网络信息安全方面的创新。

挑战赛从2006年第一届10个参赛队发展到2018年的3100多个参赛队，比赛项目也从单一的仿真控制拓展到过程控制、运动控制、逻辑控制、工业网络、算法研发、硬件研制、软件开发、产品生命周期管理、工程创新和企业命题等多个赛项。十几年过去了，挑战赛得到学校和企业的充分认可，影响步步深入人心，参赛选手逐年增加，学校的关注度节节提升，企业也开始争抢获奖人才。

2018年的挑战赛历时6个月，在全国分14个赛区进行，通过层层选拔，最终从399所学校的3100多个参赛队中脱颖而出140所学校300多个参赛队进入总决赛。挑战赛为企业、高校和学生三方搭建了互动平台，构成了一种“鲜活型”的育人模式，推动理论与实践的有机结合，促进大学生综合工程能力的提高。近年挑战赛涉及面逐步扩大，难度不断增加，赛项更加接近工程化要求，覆盖的知识面更广。连续过程控制赛项要求选手从系统特性分析入手，自行设计控制系统，包括检测点的确定，执行机构的选择和控制回路的构成等，真正像一名工程师完成项目设计的全过程。逻辑控制赛项的对象不仅限于仿真环境下的资源调度问题，增加了实物生产线的调试，并要求将控制系统的信息通过物联网技术构建云端的信息系统，无疑给参赛选手增加许多复杂难度。运动控制赛项对参赛选手提出更有压力的精准控制要求，参赛选手倍感比赛不再那么轻松。工程创新赛项采取限定主题，但不限硬件品牌的比拼方式，使得参赛选手的创造力更具针对性，才智的发挥具有更大的空间。工业网络赛项涉及的知识内容非常广泛，对参赛选手是一种严峻的考验。

每届参赛选手的参赛热情都极为高涨，在激烈的竞争中，碰撞出思想火花，个人的能力得到发挥，个人的意志得到历练。参赛选手个个生龙活虎，有模有样，人人颇像企业界的工程师，赛场充满活力。许多参赛选手在赛题难度加大的情况下依然能获得高分，在激烈的挑战赛面前表现淡定。从参赛选手身上，看到了自动化、智能化事业的未来。

从参赛过程看，参赛选手最大的收获是获得一次跨专业、跨学科的综合锻炼，在逼近工业实际的多元环境下，锻炼系统化思维、结构化解决问题的工程能力。通过比赛让参赛选手了解到企业的实际需求，并思考如何运用所学知识去解决问题，帮助实现工程与职业思维的转换，从中也不断体验到未来职业生涯所需的服务意识、安全理念、追求卓越精神，在竞争对抗中激发潜能，培养热爱专业的精神。

然而，从挑战赛的情况看，参赛选手在工程思维方式、系统分析能力方面还存在较大的不足。系统分析设计以及调试、排除故障的能力还比较差。有些参赛选手的思维方式还停留在课堂作业的解题上，以追求高分为目的采用反复试凑的方法，就工程能力的培养来说，这是不可取的。挑战赛有意识地引导参赛选手依靠扎实的专业知识和技能，通过分析和设计，学会站在甲方角度来思考，以解决工程实际问题。对工科学生而言，编写的设计文档、答辩报告的水平及答辩的表达能力也有待提高。由于日常缺乏思维训练，在对抗赛中攻击或反击能力往往还不能有力地击中关键点。

通过 12 届“西门子杯”中国智能制造挑战赛，深刻体会到一个道理：自动化专业的目标是培养具有深厚理论知识、较强工程实践能力、良好综合素质、富有开创性的高层次工程技术人才。就工程教育的角度而言，这样的专业人才培养是理论教学与实践教学、工程项目、工程训练和社会调研等方面结合的工程教育过程。然而，要建立一套完整的工程教育体系，不能离开高水平、有影响力的重大工程的支撑，不能离开产学研的协同合作，只有紧密结合国家战略需要，注重改善教学实践环境和师资结构，注重工程学科的交叉融合，调动工业企业和社会资源的积极参与，才能切实保障工程教育的落实。

（本文根据《自动化博览》2018 年 8 月刊【“西门子杯”中国智能制造挑战赛倡导的理念】改写）

“西门子杯”中国智能制造挑战赛

——在竞争中练就成为未来的新工程师

萧德云^①

“西门子杯”中国智能制造挑战赛涉及智能制造领域的科技创新、产品研发、工程设计、技术应用及品牌管理等知识，面向全国控制科学与工程、电气工程、机械工程、仪表科学与工程、信息与通信工程、计算机科学与技术等相关学科的研究生、本科生和全国自动化类、机电设备类、机械设计制造类、电子信息类、计算机类及网络通信类等相关专业的高职高专学生。

挑战赛以“立足培养，重在参与，面向工程，追求卓越”为指导思想，旨在促进高等学校的工程实践能力教育，提高学生的工程兴趣、工程素养、工程设计能力、实践动手能力、工程创新和工程研发能力，培养提高以下十一个方面的基本能力。

(1) 具有能够应用自然科学和工程科学基本原理，借助文献资料 and 他人经验，探究复杂工程问题的研究能力。

(2) 具有能够应用自然科学、工程基础和专业知识与技能，解决实际复杂工程问题的实践能力。

(3) 具有能够针对复杂工程问题，设计满足特定需求的系统、单元部件或工艺流程，在设计中体现创新意识，考虑与社会、健康、安全、法律、文化及环境保护等相关联的设计能力。

(4) 具有能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行剖析，包括实验验证、现象解释、数据整合，并通过信息综合得到合理结果的分析能力。

(5) 具有能够针对复杂工程问题，选择与使用恰当的技术、现代工程和信息技术工具，进行富有预测性的开发能力。

(6) 具有能够基于工程相关背景知识进行合理综合，对复杂工程问题的解决方案，及其对社会、安全、法律、文化和可持续发展的影响和应承担的社会责任的评估能力。

(7) 具有人文科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德，履行责任的职业规范。

(8) 具有能够在多学科背景下承担个体责任、协同合作的团队精神。

(9) 具有能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行沟通交流，包括撰写报告和设计文稿，并具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行交流的沟通能力。

(10) 具有能够应用工程管理原理与经济决策方法，在多学科环境中组织项目的管理能力。

(11) 具有自主学习和终身学习的意识，不断进取和适应发展的学习能力。

这十一个方面的基本能力应该是智能互联网时代未来新工程师的素养要求，其实质就是强调同时具备技术创新、经营意识和人文情怀的能力，也可以说是挑战赛有意倡导的一种理念——“在竞争中练就成为未来的新工程师”，就是向参赛选手呼吁，要将自身锻造成兼备以上十一个方面基本能力的人才。这种理念逐渐为参赛选手所接受，慢慢成为挑战赛的灵魂，成为参赛选手的一种信仰，主宰参赛选手的行为。

新工程师，包括从事产品（或装备）创新和创造的技术工程师，从事产品（或装备）设计和研制的开发工程师，从事生产管理、制造和运营的管理工程师，从事规划、设计和建造的项目工程师，从事产品推广、营销和服务的营运工程师，从事调研、设计和培训的咨询工程师等。在智能化和互

^① 萧德云，清华大学自动化系教授，博士生导师，“西门子杯”中国智能制造挑战赛专家组组长。

联网+时代下，对这些新工程师而言，在从事技术研发、经营管理、商业咨询和技术服务时，要求具备系统的思维方式，跨专业、跨学科完成复杂任务的能力，包括掌握和运用新技术解决问题的能力，以及自我管理和创新创业所需的技术与商业结合的能力及人文智商能力。简单地说就是做事的能力和管理的能力，也就是新时代下创新创业所需的商业与技术结合的能力。这些能力要求是挑战赛倡导的理念所涵盖的实质性内涵。

挑战赛倡导的这种理念在组织行为学里叫“胜任力”，既要胜任专业技术要求，又要胜任岗位对于沟通能力、系统思考能力的要求。综合而言，就是专业知识、技能与素养的综合，构成新工程师能力。

下面从4个维度对新工程师“胜任力”做进一步的描述。

第一维度：技术能力，包括专业技术和公共技术能力。专业技术能力表现为运用科学知识、专业知识、专业工具、专业方法解决问题的能力；公共技术能力表现为运用信息化技术、自动化技术、数字化技术、智能化技术和安全与绿色制造技术解决问题的能力。

第二维度：管理能力，指能适当运用所学和可用的资源，获得最优化的工作输出，也就是通常所说的包括自我管理能力和人际管理能力、团队管理能力、业务管理能力等，能以系统的思维方式梳理工作流程、处理好人际关系、搞好团队合作。

第三维度：商业能力，表现在技术与商业结合的价值创造过程中，包括战略思维、品牌思维、商业概念、财务观念和销售策略等。

第四维度：人文能力，指的是人文艺术、价值观以及跨文化的能力，体现在项目设计、品牌营销等方面的人文艺术修养。

上述从4个维度论述未来新工程师的“胜任力”，它代表新工程师的核心竞争力。若用公式描述可以写成：

$$\text{胜任力} = \text{技术能力 (Technical competence)} \times \text{管理能力 (Management capacity)} + \text{商业能力 (Business capacity)} + \text{人文能力 (Art ability)}$$

该公式表明，未来新工程师的技术能力与管理能力是不可或缺的两个方面，商业能力和人文能力也是很重要的，四方面的综合能力才是未来新工程师的“胜任力”。

挑战赛倡导成为未来新工程师的理念得到企业和学校的认同，同时也得到有关领导、专家的肯定和支持，他们给未来新工程师重心长的寄语（见后）对挑战赛是极大的鼓励和鞭策。

最后再强调一下，希望参赛选手能在竞争的氛围中将自身练就成为未来的新工程师。

（本文根据《自动化博览》2018年8月刊【“西门子杯”中国智能制造挑战赛倡导的理念】改写）

附：寄语未来的新工程师



吴启迪

（教育部原副部长，中国工程教育专业认证协会理事长）

工程师作为一个持续六千年的职业，创造了人类的文明史，推动着社会生产力的发展，不断改善人们的生活质量。中国的工程师也构筑了万里长城、都江堰、京杭大运河等伟大工程，载入了人类文明发展的史册，更有现代三峡工程、高铁、港珠澳大桥、航天载人飞船、深海工程、超级计算机、量子通信、智能手机等等，无不体现了中国工程师的贡献。在当今的新时代，我们要建设创新型国家，要从制造大国发展为制造强国，我们又提出了“一带一路”的倡议，让全世界共享中国发展的成果，我们呼唤数以百万千万计的卓越工程师和各类工程技术人员。让更多年轻人参加到我们工程师的队伍中来吧！感谢西门子，在中国制造到中国创造的进程中一直相伴！



王海滨

（西门子（中国）有限公司执行副总裁，数字化工厂集团总经理）

数字化时代需要数字化的人才。西门子愿意将自身在电气化、自动化和数字化领域的先进经验和人才培养理念引入中国，通过竞赛来助力中国工程人才培养，希望更多学生通过竞赛学习和了解西门子的技术和理念，成长为优秀的新工程师。



萧德云

（“西门子杯”中国智能制造挑战赛专家组组长，清华大学自动化系教授，博士生导师）

“西门子杯”中国智能制造挑战赛秉承培养技术创新、经营意识和人文情怀兼备的新工程师理念，构建“问题空间”，以运动的方式，为培育未来新工程师营造一种竞争的第二课堂。期望参赛选手充分利用这个舞台，在争先恐后的氛围中，在激烈碰撞的思潮下，树立正确的价值观和使命感，以兴趣为动力，驰骋在时间轴的未来点上，陶醉在“超自然”的乐趣中，不要过分拘泥专业细节，用工程的思维方式和科学的系统观，养育多学科交叉观察现象、多方位思考问题的习惯，增强与他人交往的关联力，提升独立判断、综合解决问题的能力。

相信，技术是一种力量，“西门子杯”将助你塑造个人魅力。

（引自《自动化博览》2018年8月刊【“西门子杯”中国智能制造挑战赛倡导的理念】）

第十二届(2018)“西门子杯”中国智能制造挑战赛

总体方案

高东^①

优秀人才培养是挑战赛一直秉承的理念与宗旨。在中国制造 2025 的时代背景下,智能制造已经成为国家制造业进一步发展的战略目标。为推进教育部卓越工程师、新工科等教育培养计划,为制造业全面升级、智能制造全面推广培养、选拔急需的优秀人才成为挑战赛最为重要的任务。因此,2018 年“西门子杯”中国智能制造挑战赛在原有赛项基础上进行了全面优化,进一步更新工程人才培养模型,紧密围绕智能制造关键技术展开,并在部分赛项由企业专家直接命题,直面现实生产中的技术难题。工程师人才能力模型与赛项设置如图 1 所示。

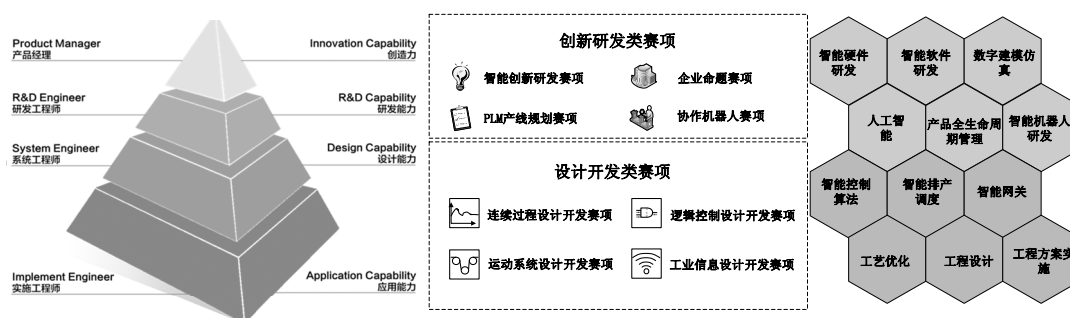


图 1 工程师人才能力模型与赛项设置

2018 年挑战赛赛项分为“创新研发类”与“设计开发类”两大类。“创新研发”类赛项包含“智能创新研发”“企业命题”“PLM 产线规划”以及“协作机器人”4 个赛项,培养参赛选手的创造力与研发能力,培养目标是产品经理与研发工程师。涉及的方向包括但不限于智能硬件研发、智能软件研发、数字建模仿真、人工智能、产品全生命周期管理、智能机器人研发等等。

“设计开发”类赛项包含“连续过程设计开发”“逻辑控制设计开发”“运动系统设计开发”以及“工业信息设计开发”4 个赛项,培养参赛选手的设计能力、应用能力(针对高职参赛选手)等,培养目标是系统工程师、实施工程师(针对高职参赛选手)。涉及的方向包括但不限于智能控制算法、智能排产调度、智能网关、工艺优化、工程设计以及工程方案实施等等。

而从工厂全生命周期的角度出发,赛项又可以分为全生命周期的产品研发、生产规划以及生产执行三大部分,如图 2 所示。



图 2 智能制造工厂全生命周期以及对应赛项

^① 高东,北京化工大学自动化系,博士,副教授,“西门子杯”中国智能制造挑战赛秘书处技术负责人。

一、创新研发类赛项

1. 智能创新研发赛项

智能制造、工业 4.0、中国制造 2025 在智能制造领域，需要大量具备商业头脑、进取精神的技术与商业相结合的工程人才。本赛项设立目的是面向中国制造业急需的产品经理、研发型工程师，培养参赛者的商业意识、创新意识、产品规划、设计与研发能力，激发其去了解 and 掌握产品研发的流程和管理方法，锻炼其综合运用跨学科知识与技术的能力。

该赛项每年根据国家发展战略、企业市场需求、制造业未来发展方向等方面，由专家组确定创新研发的方向与范围。2018 年，该赛项主题为机器人。参赛者在此范围内，确定研发项目，完成产品市场调研、创意设计、产品设计、开发、原型机制作等。比赛流程包括：市场调研、创意设计、产品设计、产品研发、原型机展示与评测、互动 PK、方案答辩等，如图 3 所示。该赛项特点是题目紧跟时代潮流，智能制造最新、最热话题；选题范围内，参赛队自由发挥，不受限制；环节多、所需知识综合性强，能充分锻炼、培养参赛者的商业意识、创新意识、产品规划、设计与研发能力等。



图 3 智能创新研发赛项流程

2. 企业命题赛项

该赛项从企业真实需求出发，由企业给出生产中亟待解决的问题，参赛者根据具体需求进行问题解析、方案设计以及设备研发等，一方面帮助企业解决实际问题，另一方面培养和提高参赛者解决实际工程问题能力。

该赛项赛题来源于制造业企业在升级改造中面临的真实问题，由企业根据题目模板直接命题，经专家组审核后，形成正式赛题。2018 年，企业命题赛项包括了 3 家典型制造业企业提出的 5 道题目。参赛者作为乙方，自由选择要完成的项目，完成需求分析、测试用例设计、方案设计、样机研发、测试等。比赛流程包括：需求分析、测试用例设计、方案设计、样机研发、原型机展示与评测、互动 PK、方案答辩等，如图 4 所示。该赛项特点是题目直接反映企业需求；系统化思维的培养；解决企业真实需要能力的培养；综合运用所学知识，创造性、非结构化解决企业复杂工程问题能力的锻炼等。



图 4 企业命题赛项流程

3. PLM 产线规划赛项

企业迫切需要数字化技术、信息技术、现代管理融入产品的整个过程中，以提高企业竞争力。产品全生命周期管理包括了零件规划与验证、装配规划与验证、机器人与自动化规划、工厂设计与优化、质量生产管理以及制造流程管理等环节。该赛项目的是培养一流的熟悉产品生命周期管理概念包括规划、开发、制造、生产以及技术支持，熟练掌握产品生命周期管理相关软件的使用并具备创新能力的人才。