

# CDIO 大纲-2.0

## 1 学科知识和推理

### 1.1 数学和自然科学基础知识

#### 1.1.1 数学（包括统计学）

#### 1.1.2 物理学

#### 1.1.3 化学

#### 1.1.4 生物学

### 1.2 核心工程基础知识

### 1.3 高级工程基础知识、方法与工具

## 2 个人能力、职业能力和态度

### 2.1 分析性推理和解决工程问题

#### 2.1.1 发现问题和表述问题

数据与症状

假设和偏差来源

总体目标下分清事情的优先级

制定解决方案行动计划（结合建模、分析解和数字解、定性分析、实验、不确定性分析）

#### 2.1.2 建模

简化复杂系统和环境的假设

概念性和定性模型

定量性模型与模拟

#### 2.1.3 估计与定性分析

量级、范围、趋势

一致性的试验和误差（范围、单位等）

解析解的通用性

#### 2.1.4 带有不确定性的分析

不完整和不清晰信息

事件和发生顺序的概率统计模型

工程成本效益和风险分析

决策分析

裕量和储备

#### 2.1.5 解决方案与建议

问题的解决方案

解决方案的关键结果和测试数据

结果中的偏差

总结性建议

解决问题过程中可能的改进

### 2.2 实验、调查和发现知识

#### 2.2.1 建立假设

需要验证的关键问题

需要测试的假设

对照和对照组

### 2.2.2 查询印刷资料和电子文献

- 文献检索和媒介调查的策略
- 应用图书馆、在线检索、数据库等工具检索并获取信息
- 主要信息的整理与分类
- 信息的质量和可靠性甄别
- 信息中重点和创新的内容
- 尚未解决的研究问题
- 参考文献

### 2.2.3 实验性的探索

- 实验概念和策略
- 当人为实验对象时应考虑的问题
- 基于社会科学方法的调查
- 构建实验
- 实验规定和实验步骤
- 实验测量
- 实验数据
- 对照已有模型比较实验数据

### 2.2.4 假设检验与答辩

- 数据统计的有效性
- 所用数据的局限性
- 由数据、需求和价值支持的结论
- 知识发现过程中可以改善的地方

## 2.3 系统思维

### 2.3.1 整体性思维

- 一个系统及其功能、行为和组成单元
- 应用跨学科的方法，保证对系统的全方位理解
- 系统的社会、企业和技术的背景环境
- 系统与外界的交互作用和对系统行为的影响

### 2.3.2 系统的显现和交互作用

- 为系统主体或单元定义和建模所需的抽象化
- 系统单元间的重要关系、交互作用和边界
- 系统所展现的功能和行为特性（预期的和非预期的）
- 系统随时间的适应性演化

### 2.3.3 确定主次与重点

- 与系统整体相关的全部因素
- 整体系统中的驱动因素
- 为解决驱动问题所进行的资源分配

### 2.3.4 确定解决方案时的权衡、判断和平衡

- 通过权衡取舍的方法找到系统的紧张关系和解决问题的因素
- 选择并使用解决问题的办法，通过平衡各种因素消除紧张关系，优化整体系统
- 系统在生命周期内的灵活解和最优解的对比
- 系统思维过程中可以改善的地方

## 2.4 态度、思维与学习

#### 2.4.1 在面对不确定性时做决策的主动性和意愿

- 主动采取行动的必要性和机会
- 以适当的行动展示开拓新生事物的领导才能
- 基于已有的信息做出决策
- 制定行动方案
- 一个行动或决策可能带来的利益和风险

#### 2.4.2 毅力、完成任务的紧迫感和决心、变通的智慧

- 对结果负责的意识
- 自信、勇敢、热情
- 完成目标的决心
- 努力工作、强度、关注细节的重要性
- 明确行动、做出结果、总结工作
- 应变能力
- 巧妙利用周围环境和集体的资源
- 独立工作的准备、意愿和能力
- 愿意与他人合作，并考虑和接受各种观点
- 能接受各种意见和批评，并愿意进行反思和回应
- 平衡个人生活和职业工作

#### 2.4.3 创造性思维

- 概念化和抽象化能力
- 综合和归纳能力
- 发明过程
- 创造性在艺术、科学、人文与技术中的作用

#### 2.4.4 批判性思维

- 目的和问题陈述
- 假设
- 逻辑论据（和谬误）和解决方法
- 支持的证据、事实和信息
- 各种观点和理论
- 结论与思考
- 反思思维过程的质量

#### 2.4.5 自我认识、认知构成、知识整合

- 个人的能力、兴趣、强项与弱点
- 个人的能力范围以及在自我改善主要弱点方面的责任
- 知识的深度和广度的重要性
- 辨别思考的有效性及其方式
- 建立知识联系与辨识知识结构

#### 2.4.6 终身学习和教育

- 持续自我教育的动力
- 自我教育的能力
- 个人的学习风格
- 建立与导师的关系
- 向他人学习的能力

#### 2.4.7 时间和资源的管理

- 任务安排的主次
- 任务的重要性和/或紧迫性
- 有效地执行任务

## 2.5 道德伦理、公平和其他责任

### 2.5.1 职业道德、诚信、社会责任感

- 个人的道德标准和原则
- 在道德上具有敢于为坚持原则而承担风险的勇气
- 了解职业道德要求之间产生冲突的可能性
- 对工作尽职尽责
- 诚实、求真
- 更广泛地帮助他人与社会的承诺

### 2.5.2 职业行为

- 职业举止
- 职业礼仪
- 国际惯例和人际交往习惯

### 2.5.3 前瞻性的视野和目标

- 个人职业发展的愿景
- 发挥个人潜力并成为领导的渴望
- 自己所具备的职业能力范畴
- 考虑个人对社会的贡献
- 激励他人

### 2.5.4 与世界工程发展保持同步

- 科学新发现可能带来的影响
- 新技术和创新对社会和技术发展的影响
- 对现有工程实践和技术的熟悉程度
- 工程理论与工程实践的联系

### 2.5.5 平等与多样性

- 平等待人的承诺
- 接受群体和员工的多样性
- 包容多元化背景

### 2.5.6 信任与忠诚

- 对同事和团队忠诚
- 承认和重视他人的贡献
- 努力使他人成功

## 3 人际交往能力：团队工作和交流

### 3.1 团队工作

#### 3.1.1 组建有效的团队

- 团队形成的步骤和生命周期
- 任务和团队工作过程
- 团队的作用与责任
- 每个成员的目标、需求和特征（工作风格、文化差异等）
- 团队及成员的强项和弱点
- 团队工作在保密、问责和主动性方面的基本规定

#### 3.1.2 团队工作运行

- 目标和议程
- 计划和组织有效会议
- 团队基本规定
- 有效交流（聆听、合作、提供和接受信息）
- 正面和有效的反馈
- 项目的规划、安排和执行
- 问题的解决方案（创造性和决策能力）
- 调解、谈判并解决冲突
- 赋予团队成员权力

#### 3.1.3 团队成长和演变

- 阶段性小结、评估和自评的策略
- 保障团队运行和成长的技巧
- 使团队内每个成员成长的技巧
- 团队交流和汇报策略

#### 3.1.4 团队领导能力

- 团队的整体目标和具体目标
- 团队工作的过程管理
- 领导并展示组织风格（指导、教练、支持、授权）
- 提高积极性的方法（激励、榜样、认可等）
- 对外代表团队
- 指导和咨询

#### 3.1.5 组成技术团队和多学科团队

- 在不同类型的团队中工作：
- 跨学科团队（包括非工程人员）
- 小型团队相对于大型团队
- 远距、分散、电子化环境
- 与团队成员的技术合作
- 与非技术的成员和团队合作

### 3.2 交流

#### 3.2.1 交流的策略

- 分析交流环境
- 交流目标
- 听众的需求和特征
- 交流背景
- 交流策略
- 结合适当的媒介
- 交流类型（建议、审查、合作、记录、教学）
- 内容和组织

#### 3.2.2 交流的结构

- 逻辑和具有说服力的论点
- 概念间合理的结构和关系
- 相关、可信和准确的有利证据
- 简练、明了、精确和清晰的语言
- 修辞因素（如考虑听众的偏好等）

跨学科和跨文化的交流

### 3.2.3 书面的交流

文章内容的连贯性和流畅性

以正确的拼写、标点符号和语法教学写作

文档格式化

技术写作能力

不同的写作风格（非正式和正式的备忘录，报告，概述等）

### 3.2.4 电子及多媒体交流

制作电子演示材料

电邮、电话留言和视频会议中的工作惯例

各种电子表达形式（图形、网页等）

### 3.2.5 图表交流

草图和正式图纸

表图的结构建立

正式技术图纸和图像效果

图表工具的使用

### 3.2.6 口头表达

使用适当的语言、风格、时间和流程准备报告和相应的支撑媒介

适当的非语言交流方式（手势、眼神接触、姿态）

有效回答问题

### 3.2.7 询问、聆听与对话

认真倾听和理解他人

提出思考周到的问题

处理多元的观点

建设性对话

认识到别人的想法可能比自己的更好

### 3.2.8 协商、妥协与解决冲突

认识到潜在的分歧、紧张关系和冲突

协商寻求可接受的解决方案

在不妥协基本原则前提下达成协议

化解冲突

### 3.2.9 争取支持

清晰表达个人观点

阐明演绎或得出结论的过程

评估自己被理解的程度

根据听众的特点调整表述方式

### 3.2.10 建立多元化联系和社交网络

认同和赞赏具有不同技能、文化或经历的人

与多元化的个体建立联系

建立与拓展社交网络

活跃社交网络并利用其实现目标

## 3.3 使用外语的交流

### 3.3.1 使用英语交流

### 3.3.2 使用区域性的工/商业的语言交流

### 3.3.3 使用其他语言交流

## 4 在企业、社会和自然环境背景下的构思、设计、实施、运行系统——创新的过程

### 4.1 外部、社会和自然环境的背景

#### 4.1.1 工程师的角色与责任

工程职业的目标和角色

工程师对社会和可持续未来的责任感

#### 4.1.2 工程对社会和自然环境的影响

现代文化下工程对自然环境、社会、知识、和经济体系的影响

#### 4.1.3 社会对工程的规范

社会职能及其代理部门对工程进行规范

法律和政治系统规范和影响工程的方式

职业学会如何授权许可和建立标准

如何产生、利用和保护知识产权

#### 4.1.4 历史和文化背景环境

人类社会的多样性和历史及其文学、哲学和艺术的传统

与语言、思想和价值观的讨论相适宜的论述与分析

#### 4.1.5 当代的问题和价值观

当代重要的政治、社会、法律和环境问题和价值观

当代价值观形成的过程以及个人在这些过程中的作用

知识的扩展和传播的机制

#### 4.1.6 建立全球视野

人类活动的国际化

各种文化中的政治、社会、经济、工商和技术行为习惯的异同

国际和跨政府间的条约和联盟

#### 4.1.7 可持续性和可持续发展的必要性

可持续性的定义

可持续性的目标和重要性

可持续性的原则

在开拓工程探索中应用可持续原则的必要性

### 4.2 企业与商业环境

#### 4.2.1 重视不同的企业文化

各种企业文化中成功的过程、文化和指标系统的差异：

企业相对于学术机构、相对于政府、相对于非营利和非政府机构

市场驱动相对于政策驱动

大型相对于小型

集中相对于分散

研发相对于运行

成熟相对于成长期，相对于初创企业

长远发展相对于快速发展周期

有组织性的劳动力的参与相对于无参与

#### 4.2.2 企业利益相关者、战略和目标

企业利益相关者和受益者（企业主、雇员、顾客等）

对企业利益相关者的责任和义务

- 企业的使命、规模和目标
- 企业战略和资源分配
- 企业的核心竞争力和市场
- 重要的联盟和供应商关系

#### 4.2.3 技术创业

- 技术创业的机会
- 能创造新产品和新系统的技术
- 创业融资和组织

#### 4.2.4 在组织中工作

- 管理的功能
- 组织内各种角色和相应的责任
- 功能组织和项目组织的角色
- 如何在等级化组织中有效工作
- 组织内的变化、动态过程和演化

#### 4.2.5 在国际性组织工作

- 反映国家文化的企业文化与传统
- 资历和学位的等效性
- 关于国际工作的政府调控

#### 4.2.6 新技术研发与评估

- 研究和技术的开发过程
- 鉴定和评估技术
- 技术研发路线图
- 知识产权制度和专利

#### 4.2.7 工程项目的财务和经济性

- 财务和管理的目标与指标
- 项目资金- 投资，回报，时机
- 财务规划与控制
- 项目对企业财务、收入和现金的影响

### 4.3 构思、系统工程方法和管理

#### 4.3.1 了解需求与设定目标

- 需求和机会
  - 顾客需求和市场
  - 由新技术或潜在的需求所带来的机会
  - 自然环境的需求
- 影响系统目标背景设定的因素
  - 公司目标、战略、能力和联盟
  - 竞争对手和信息对标比较
  - 道德、社会、环境、法律和规则的影响
  - 影响系统及其目标和可用资源的因素发生变化的可能性
- 系统目标和要求
  - 目标和要求的表述语言和形式
  - 初始目标（基于需求、机会和其他影响因素）
  - 系统的性能指标
  - 要求的完整性和一致性

#### 4.3.2 定义功能、概念和结构

- 必要的系统功能（以及系统的行为指标）
- 系统的概念
- 利用合理的技术水平
- 概念间和概念重组后的取舍
- 高层次的构架形式和结构
- 将构架形式分解为单元，给单元赋予功能并定义单元间的接口

#### 4.3.3 系统工程、建模和界面

- 符合技术指标和其他性能的合理模型
- 考虑实施和运行的影响
- 生命周期价值和成本（设计、实施、运行、机会等）
- 各种目标、功能、概念和结构间的取舍以及收敛所需的迭代
- 界面管理的计划

#### 4.3.4 开发项目的管理

- 项目的成本、绩效和进度的控制
  - 适当的项目转折点和审查
  - 配置管理和文档
  - 以基线为比较标准进行表现分析
- 定义项目挣得值过程
- 资源的估算和分配
- 风险和替代方案
- 发展过程可能的改进

### 4.4 设计

#### 4.4.1 设计过程

- 从系统级的目标和要求中选择每个单元或元件的要求
- 备选设计方案
- 初始设计方案
- 在设计过程中考虑产品或系统生命全周期
- 设计开发中的样件和实验品
- 约束条件下适当的优化
- 迭代直至收敛
- 最终设计
- 适应不断变化的需求

#### 4.4.2 设计过程的分段与方法

- 系统设计不同阶段（如概念设计、初步设计、详细设计）的工作
- 适应特定开发项目的流程模型（自上而下模式、螺旋模式、并行模式等）
- 单一、平台和衍生产品的设计过程。

#### 4.4.3 知识在设计中的运用

- 技术和科学知识
- 思维方式（包括：解决问题、探究、系统思维、创造性和批判性思维）
- 领域中现有工作，标准化和设计的再利用（包括反求工程、重构和再设计）
- 设计知识的获取

#### 4.4.4 单学科设计

- 合适的技术、工具和过程

- 设计工具的标定和验证
- 备选方案的量化分析
- 建模、模拟和测试
- 对设计进行分析改进

#### 4.4.5 多学科设计

- 学科间交互作用
- 惯例和假设的差异
- 学科模型成熟程度的差异
- 多学科设计的环境
- 多学科设计

#### 4.4.6 基于可持续性、安全、美观、可操作性和其他目标的设计

基于以下目标的设计：

- 性能、质量、稳健性、生命周期成本和价值
- 可持续性
- 安全与防护
- 外观美学
- 人为因素、相互作用和监督
- 实施、验证、测试和环境的可持续性
- 运行
- 可维护性、可信度和可靠性
- 演化、产品改良
- 产品退役、可复用性和回收

### 4.5 实施

#### 4.5.1 设计可持续的实施过程

- 实施绩效、成本和质量的目标和指标
- 实施系统设计：
  - 工作分配与单元布局
  - 工作流程
  - 对用户/操作员的考虑
- 考虑可持续性

#### 4.5.2 硬件制造过程

- 零件的制造
- 由零件装配成组件
- 公差、可变性、关键特征和统计过程控制

#### 4.5.3 软件实现过程

- 将高层组成部分分解为模块设计（包括算法和数据结构）
- 算法（数据结构、控制流程、数据流程）
- 编程语言和模型
- 低层设计（编程）
- 系统构建

#### 4.5.4 硬、软件集成

- 电子硬件中的软件集成（处理器的尺寸、通讯等）
- 软件与传感器、传动器和机械硬件的集成
- 硬件/软件的功能和安全性

#### 4.5.5 测试、证实、验证和认证

测试和分析的程序（硬件相对于软件，可接受性相对于合格性）

证实系统性能达到要求

验证性能达到客户要求

达标认证

#### 4.5.6 实施过程的管理

实施的组织和结构

采购和合作

供应链和物流

实施成本、表现和进度的控制

质量保障

人类健康与安全

环境安全

实施过程可能的改进

### 4.6 运行

#### 4.6.1 设计与优化可持续和安全的运行

运行表现、成本和价值的目标和指标

可持续的运行

安全可靠的运行

运行过程的架构和发展

运行（和任务）的分析和建模

#### 4.6.2 培训与操作

职业化操作的培训：

模拟

指导和计划

操作程序

为消费者操作提供教育

操作过程

操作过程的相互作用

#### 4.6.3 支持系统的生命周期

维护和物流

生命周期性能和可靠性

生命周期价值和成本

反馈协调系统的改进

#### 4.6.4 系统改进和演变

预先计划的产品改进

基于运行中观察到的要求进行改进

演变性的系统升级

由于运行必要所产生的偶然性改进和解决办法

#### 4.6.5 弃置与（产品或系统）生命终结问题

生命终结的问题

弃置选择

生命终结时的残余价值

弃置的环境考虑

#### 4.6.6 运行管理

运行的组织和结构  
合作者和同盟  
运行成本、表现和进度的控制  
质量和安全保障  
生命周期管理  
运行过程可能的改进  
人类健康与安全  
环境安全

## CDIO 大纲拓展版：领导力和创业精神

为试图响应利益相关者在工程领导和创业领域表达的需求，CDIO 教学大纲针对这两方面作了相应的拓展。

### 4.7 领导工程探索/创新（Engineering Endeavors）

工程领导能力的培养在前文已经包含的一些要素之上建立和扩展，包括：

- **关于领导力的态度**——一个人核心价值观和品格，包括态度、思维和学习（2.4），和道德伦理、公平和其他责任（2.5）的相关主题；
- **与他人建立联系的能力**，包括团队合作（3.1）、沟通（3.2）和潜在的外语沟通（3.3）的相关主题；
- **理解环境背景的能力**，包括外界的、社会的和自然环境的背景（4.1）、企业和商业环境（4.2）、构思、系统工程和管理（4.3）和系统思维（2.3）的相关主题。

此外，创建目标型的愿景还应包括以下相关主题：

#### 4.7.1 辨别问题、疑难和矛盾（在 4.3.1 “了解需求与制定设定目标”的基础上构建）

综合理解需求或机会（技术系统可解决的）  
阐明中心问题  
框定待解决的问题  
识别有待检验的潜在矛盾

#### 4.7.2 创造性地思考并沟通各种可能性（在 2.4.3 “创造性思维”的基础上构建和扩展）

如何创造新的想法和方法  
满足客户和社会需求的技术系统的新设想  
沟通关于产品与企业的一些设想  
勾画令人信服的愿景

#### 4.7.3 定义解决方案（在 4.3.1 “了解需求与制定设定目标”的基础上构建和扩展）

对工程解决方案的设想  
关于质量指标、预算和进度可实现的目标  
对客户和受益者的考虑  
对技术选择的考虑  
对监管、政治因素和竞争力量的考虑

#### 4.7.4 创建新的解决方案概念（在 4.3.2 和 4.3.3 的基础上构建和扩展）

设置要求和规范  
解决方案的高级抽象概念

结构与接口

与企业其他项目的一致性

与企业战略、资源和基础设施的一致性

同时，以下一些相关主题有助于实现愿景：

- 4.7.5 组建和领导一个组织及其扩大组织（在 4.2.4 和 4.2.5 基础上构建）
  - 招募技能互补的核心团队成员
  - 启动团队建设和技术交流
  - 定义成员的角色、责任和激励机制
  - 领导小组决策
  - 评估小组进展和表现
  - 协助他人或继任者获得相应的能力
  - 与外部竞争建立合作关系
- 4.7.6 计划、管理、完成工程项目（在 4.3.4 基础上构建）
  - 按时完成和交付项目的行动计划和备选方案
  - 计划偏离和重新规划
  - 管理人力、时间、财务和技术资源以满足计划要求
  - 方案风险、布局和记录
  - 方案的经济情况以及相关决策对其的影响
- 4.7.7 对项目和解决方案做出评判和批判性推理（在 2.3.4 和 2.4.4 基础上构建）
  - 在有不确定和不完整信息情况下做出复杂的技术决策
  - 质疑和批判性评价他人的决定
  - 从若干来源确定输入
  - 评估证据并确定关键性假设的有效性
  - 理解他人提出的备选方案
  - 判断所有解决方案的未来预期演化情况
- 4.7.8 创新——新产品和新服务的构思、设计和推广（即 4.3 和 4.4 提及的领导力）
  - 设计并向市场推出新产品和新服务
  - 设计满足客户和社会需求的解决方案
  - 设计适当平衡新技术和现有技术的解决方案
  - 稳健、灵活和可适应性强的产品
  - 考虑当前和未来的竞争
  - 验证解决方案的有效性
- 4.7.9 发明——开发能够实现新产品和服务的新设备、新材料和新工艺（在 4.2.6 的基础上构建）
  - 科技基础与选择
  - 设想各种可能性
  - 研发一种实用的设备或工艺，使新产品或解决方案得以实现
  - 遵守知识产权制度
- 4.7.10 实施和运行——创造和运行有价值的产品和服务（即 4.5 和 4.6 提及的领导力）
  - 主导实施与运行过程
  - 质量的重要性
  - 安全运行
  - 通过运行为客户和社会创造价值

最后这三项实际上是指在工程核心流程——构思、设计、实施和运行过程的领导力

#### 4.8 工程创业（企业家）

工程创业包括上文提及的社会和企业背景的所有方面（4.1 和 4.2），有关构思、设计、实施和运行的所有能力（4.3-4.6）以及有关工程领导力的所有要素（4.7）

此外，关于创业还有以下特定的能力要求：

##### 4.8.1 公司创立、组建、领导和组织

创建企业实体和金融基础设施

支持的合作伙伴团队（银行，律师，会计等）

考虑当地劳动法律规定和惯例

创建领导团队

初始组织

公司董事会

公司顾问团

##### 4.8.2 制定商业计划

世界上一个你期望填补的需求

一项可以转化为产品的技术

一个可以研发产品的团队

研发计划

资本的使用

资产流通策略

##### 4.8.3 公司资本和融资

（达到下一个重要里程碑）所需要的资本和时间表

作为资本来源的投资者

其他资本来源（如政府等）

投资的结构（如合同条件，价格等）

面向投资者的财务分析

财务管理

达到中期里程碑时的支出情况

##### 4.8.4 创新产品营销

潜在的市场规模

竞争力分析

市场渗透

产品定位

与客户的关系

产品定价

销售启动

客户分销

##### 4.8.5 围绕新技术构思产品与服务

可用的新技术

评估技术成熟度

评估企业基于技术创新的能力

评估技术对产品的影响

通过合作伙伴或官方许可接触和获取相关技术权限

一个能将技术产品化的团队

- 4.8.6 创新系统、网络、基础设施和服务
  - 企业成功相关的关系
  - 企业领导能力的培养
  - 支持性配套金融服务
  - 投资者网络
  - 供应商
- 4.8.7 组建团队和启动工程过程（构思、设计、实施、运行）
  - 雇佣具有合适技能组合的人员
  - 启动技术过程
  - 建设工程文化
  - 建立企业流程
- 4.8.8 管理知识产权
  - 你的产品或技术的知识产权图景分析
  - 知识产权策略 – 进攻型和防御型
  - 注册专利和临时专利
  - 知识产权法律支持
  - 技术创造的创业机会
  - 能够创造新产品和新系统的技术
  - 创业资金与组织