

技术就绪度评价标准及细则

技术就绪度（Technology Readiness Level, TRL）评价方法根据科研项目的研发规律，把发现基本原理到实现产业化应用的研发过程划分为 9 个标准化等级（详见列表），每个等级制定量化的评价细则，对科研项目关键技术的成熟程度进行定量评价。

表1 技术就绪度评价标准（一般）

| 等级 | 等级描述 | 等级评价标准 | 评价依据 |
|----|-----------|---------------------------------------|----------------------|
| 1 | 发现基本原理 | 基本原理清晰，通过研究，证明基本理论是有效的 | 核心论文、专著等1-2篇（部） |
| 2 | 形成技术方案 | 提出技术方案，明确应用领域 | 较完整的技术方案 |
| 3 | 方案通过验证 | 技术方案的关键技术、功能通过验证 | 召开的技术方案论证会及有关结论 |
| 4 | 形成单元并验证 | 形成了功能性单元并证明可行 | 功能性单元检测或运行测试结果或有关证明 |
| 5 | 形成分系统并验证 | 形成了功能性分系统并通过验证 | 功能性分系统检测或运行测试结果或有关证明 |
| 6 | 形成原型并验证 | 形成原型（样品、样机、方法、工艺、转基因生物新材料、诊疗方案等）并证明可行 | 研发原型检测或运行测试结果或有关证明 |
| 7 | 现实环境的应用验证 | 原型在现实环境下验证、改进，形成真实成品 | 研发原型的应用证明 |
| 8 | 用户验证认可 | 成品经用户充分使用，证明可行 | 成品用户证明 |
| 9 | 得到推广应用 | 成品形成批量、广泛应用 | 批量服务、销售、纳税证据 |

表2 “一般硬件”技术就绪度评价细则

| | |
|---|-----|
| TRL 1：明确该技术有关的基本原理，形成报告 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 在学术刊物、会议论文、研究报告、专利申请等资料中公布了可作为项目研究基础的基本原理 | 50% |
| 明确了基本原理的假设条件、应用范围 | 50% |
| TRL 2：基于科学原理提出实际应用设想，形成技术方案 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 明确技术的基本要素及构成特性 | 30% |
| 初步明确技术可实现的主要功能 | 50% |
| 明确产品预期应用环境 | 20% |
| TRL 3：关键功能和特性在实验室条件下通过试验或仿真完成了原理性验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 形成完善的实施方案，有明确的目标和指标要求 | 30% |
| 通过试验或仿真分析手段验证了关键功能的可行性 | 40% |
| 理论分析了系统集成方案的可行性 | 10% |
| 形成完善的项目开发计划 | 10% |
| 评估产品预期需要的制造条件和现有的制造能力 | 10% |
| TRL 4：关键功能试样/模块在实验室通过了试验或仿真验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 完成基础关键功能试样/模块/部件的开发 | 30% |
| 在实验室环境下通过各基础关键功能试样/模块/部件的功能、性能试验或仿真验证 | 30% |
| 试制了关键功能试样/模块/部件 | 10% |
| 对各关键功能试样/模块/部件进行系统集成 | 10% |
| 评估关键制造工艺 | 10% |
| 关键功能试样/模块/部件设计过程文档清晰 | 10% |
| TRL 5：形成产品初样（部件级），在模拟使用环境中进行了试验或仿真验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 完成各功能部件开发，形成产品初样 | 35% |
| 在模拟使用环境条件下完成产品初样的功能、性能试验或仿真验证 | 35% |
| 功能部件设计过程文档清晰 | 10% |
| 确定部件生产所需机械设备、测试工装夹具、人员技能等 | 10% |

| | |
|---|-----|
| 确定部件关键制造工艺和部件集成所需的装配条件 | 10% |
| TRL 6：形成产品正样（系统级），通过高逼真度的模拟使用环境中进行验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 形成产品正样，产品/样机技术状态接近最终状态 | 35% |
| 在高逼真度的模拟使用环境下通过系统产品/样机的功能、性能试验或仿真验证 | 35% |
| 设计工程试验验证及应用方案 | 5% |
| 系统设计过程文档清晰，完成需求检验 | 10% |
| 确定系统产品/样机的生产工艺及装配流程 | 10% |
| 确定生产成本及投资需求 | 5% |
| TRL 7：形成整机产品工程样机，在真实使用环境下通过试验验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 完成系统产品/样机的工程化开发 | 30% |
| 在实际使用环境下完成系统产品/样机的功能、性能试验验证 | 30% |
| 系统产品/样机开展应用测试 | 10% |
| 产品/样机生产装配流程、制造工艺和检测方法等通过验证 | 10% |
| 建立初步的产品/样机质量控制体系或标准 | 10% |
| 验证目标成本设计 | 10% |
| TRL 8：实际产品设计定型，通过功能、性能测试；可进行产品小批量生产 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 实际产品开发全部完成，技术状态固化 | 30% |
| 产品各项功能、性能指标在实际环境条件下通过测试 | 30% |
| 完成产品使用维护说明书 | 10% |
| 所有的制造设备、工装、检测和分析系统通过小批量生产验证 | 15% |
| 关键材料或零部件具备稳定的供货渠道 | 15% |
| TRL 9：系统产品批量生产，功能、性能、质量等特性在实际任务中得到充分验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 产品的功能、性能在实际任务执行中得到验证 | 30% |
| 所有文件归档 | 10% |
| 所有的制造设备、工装、检测和分析系统准备完毕 | 10% |
| 产品批量生产 | 20% |
| 产品合格率可控 | 20% |
| 建立售后服务计划 | 10% |

表3 “软件”技术就绪度评价细则

| | |
|---|-----|
| TRL 1: 明确基本原理和算法, 完成可行性研究。 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 正确识别该技术的关键问题和技术挑战 | 40% |
| 在学术刊物、会议论文、研究报告、专利申请等资料中公布了可作为项目研究基础的基本算法 | 20% |
| 明确了基本算法的条件、应用范围, 确定了整体工作的可行性 | 40% |
| TRL 2: 完成需求分析, 明确技术路线, 完成概要设计 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 完成系统的需求分析, 获得潜在的需求 | 20% |
| 确定拟采用的技术路线 | 30% |
| 完成技术路线相关的技术准备 | 10% |
| 形成系统的概要设计 | 40% |
| TRL 3: 确定需求和功能, 完成详细设计 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 确定需求边界 | 30% |
| 完成关键技术的验证 | 30% |
| 完成详细设计 | 40% |
| TRL 4: 确定软件的研发模式, 完成原型系统研发, 开展验证分析 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 完成研发实施方案及进度计划 | 30% |
| 完成主框架的研发及原型系统的思想 | 30% |
| 基于原型系统开展相应的验证分析 | 40% |
| TRL 5: 完成测试版本软件研发, 进行功能、性能、安全性等测试 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 改善原型系统, 完成测试版本研发 | 30% |
| 完成测试设计 | 20% |
| 开展功能、性能和安全性等测试 | 15% |
| 对测试结果进行分析, 形成测试分析报告 | 25% |
| 规范管理研发过程中的代码、文档等 | 10% |
| TRL 6: 完成正式版本软件研发, 满足需求, 达到设计目标 | |
| 评价细则 | 权重 |

| | |
|--|-----|
| 完成正式版本软件研发 | 30% |
| 通过全功能测试和质量验证，反馈的问题已经修改和完善 | 30% |
| 通过软件产品验收评审会，达到设计目标，可以交付外部用户试用 | 20% |
| 整理各阶段问题，形成开发总结报告 | 20% |
| TRL 7: 软件在实际环境中部署，交付用户试用 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 软件交付典型用户在受控规模内试用 | 35% |
| 软件运行环境与实际环境一致，运行正常 | 35% |
| 软件的使用体验获得典型用户认同 | 30% |
| TRL 8: 软件在实际生产中示范应用，各项指标满足生产要求，用户认可 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 软件交付多个用户在实际生产中实际使用 | 35% |
| 软件满足实际生产的性能、稳定性、安全性等指标要求 | 35% |
| 软件的使用体验获得多个用户认可 | 30% |
| TRL 9: 完成软件推广和规模化应用 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 软件产品的相关文档和宣传展示素材全部完成 | 25% |
| 确定软件产品价格、出库销售方式、营销方式等。 | 20% |
| 软件的安装、部署、维护等技术支撑和体系完善，建立售后支持系统 | 30% |
| 用户在软件安装、操作、运行、部署、维护等体验良好 | 10% |
| 软件性能、稳定性、安全性等满足大规模应用 | 15% |

表4 “平台服务”技术就绪度评价细则

| | |
|---|-----|
| TRL 1：提出了平台建设的基本架构，形成报告 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 提出平台的基本架构 | 40% |
| 明确平台的功能和定位 | 30% |
| 明确平台的服务领域和对象 | 30% |
| TRL 2：形成了系统方案 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 明确服务模式和运营机制 | 15% |
| 分析明确所需的关键技术和方法 | 30% |
| 明确开展服务所需的人力资源和人员技能 | 10% |
| 论证场景（场地、环境等）需求 | 20% |
| 分析需要的硬件设备、软件资源及集成要求 | 25% |
| TRL 3：开展了平台关键技术、服务模式、运营机制等研究，论证了可行性 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 分析确定平台关键技术的基本要素、构成及相关技术的相互影响 | 40% |
| 论证关键技术的可行性 | 30% |
| 论证平台服务模式和运营机制的可行性 | 30% |
| TRL 4：对平台关键技术进行了验证 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 具备或试制了关键技术的验证载体 | 30% |
| 通过实验或仿真等手段验证了关键技术 | 40% |
| 建立了平台服务所需的技术系统 | 30% |
| TRL 5：初步进行平台所需场地、设备等能力建设 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 初步完成平台场地建设，场地环境基本符合服务要求 | 50% |
| 部分软硬件设备到位 | 40% |
| 根据平台特点制定人员技能要求及建设计划 | 10% |
| TRL 6：基本完成平台所需场地、设备、人员及按需技术集成等能力建设，建立服务模式和运营机制 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 场地建设基本完成，环境条件符合相关规定 | 30% |

| | |
|---|-----|
| 平台软硬件设备基本到位 | 40% |
| 建立服务模式和运营机制 | 20% |
| 平台服务人员基本充足，具有明确的职责和分工 | 10% |
| TRL 7：进行平台实际试用及测试，验证关键技术、服务模式及运营机制等 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 进行平台的实际试用及测试 | 35% |
| 平台关键技术及集成能力、服务模式和运营机制得到验证 | 40% |
| 人员具有专业资格和技能证书，满足平台服务要求 | 15% |
| 形成平台建设报告 | 10% |
| TRL 8：平台建设按要求全部完成，并得到典型用户认可 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 平台能力及运行得到典型用户认可 | 40% |
| 平台建设按要求全部完成 | 40% |
| 建立平台维护和持续发展机制 | 20% |
| TRL 9：平台正式对外提供服务，关键技术、服务模式、运营机制等在实际服务中获得推广应用 | |
| 评价细则 | 权重 |
| 平台正式开展对外服务 | 50% |
| 平台关键技术、服务模式和运营机制等在实际任务中得到推广应用及持续改进 | 50% |