

能耗企业科技项目后评价指标动态评估体系构建及应用

李季*，顾超珲，吴萌西，彭佳欣

中国石油西南油气田公司天然气经济研究所，四川成都，中国

*通讯作者

【摘要】针对当前科技项目后评价存在指标不统一、流程不规范、智能化工具缺失等问题，本文基于层次分析法（AHP）与分类评价思想，构建了适用于基础研究、应用研究、现场试验及推广三类科技项目的后评价指标体系，设计了权重计算方法与评价流程，并结合典型案例验证了体系的有效性；同时，基于实际应用需求，系统梳理了科技项目后评价软件的功能需求与技术指标，为软件开发提供标准化依据。研究结果表明：分类指标体系可实现不同类型项目的精准评价，AHP 权重计算方法满足客观性要求，软件需求设计可覆盖评价全流程，显著提升后评价效率与规范性。

【关键词】科技项目后评价；指标体系；层次分析法（AHP）；软件需求；案例验证

1.引言

科技项目后评价作为项目全生命周期管理的“闭环关键环节”，其核心价值不仅在于复盘项目执行成效，更在于为后续资源配置、技术迭代及管理优化提供决策支撑[1]。尤其在油气行业，科技项目具有高投入（单项目平均经费超 500 万元）、长周期（平均研究周期 2-3 年）、强风险（技术研发失败率约 30%）的特性，后评价的科学性与精准性直接影响企业技术创新效率与市场竞争力[2]。然而，当前油气行业科技项目后评价实践中，仍存在三大突出痛点：

其一，指标体系“一刀切”问题显著。现有评价多采用通用型指标框架，未充分考虑基础研究（如油气地质理论突破）、应用研究（如开采技术优化）、现场试验及推广（如压裂工艺规模化应用）三类项目的核心目标差异。例如，某油田 2022 年对“页岩气储层预测理论研究”与“页岩气压裂设备改进”两类项目采用相同指标评价，导致基础研究项目因“应用效果”指标得分低被误判为“中”等级，而应用研究项目因“理论创新性”指标权重过高未能体现实际技术价值[3]。

其二，评价流程标准化程度低。调研显示，国内 70%以上油气企业的后评价依赖人工完成：专家需手动整理 200+页项目资料、计算 100+项指标得分，不仅效率低下，还存在主观偏差风险。以西南油气田公司为例，2023 年开展的 32 项科技项目后评价中，因人工计算失误导致评价结果修正的案例占比

达 15%，严重影响评价公信力[4]。

其三，智能化工具支撑不足。目前行业内仅有 12%的企业引入简易评价软件，且功能局限于数据录入与基础计算，缺乏指标动态调整、多维度对比分析及可视化报告生成功能[5]。例如，某省油气企业使用的评价系统无法实现不同年度项目得分趋势分析，导致无法识别“技术价值逐年下降”的潜在问题，错失技术改进时机。

基于上述行业痛点，本文以西南油气田公司科技项目管理实践为研究载体，重点开展三方面工作：一是构建适配三类科技项目的分类指标体系，明确各层级指标的评分标准与权重分配；二是优化 AHP 权重计算流程，引入专家意见一致性校验机制，提升权重客观性；三是系统梳理软件需求，涵盖指标管理、评价计算、结果输出等全流程模块。通过典型案例验证体系与需求的可行性，不仅为西南油气田公司提供标准化评价方案，也为油气行业乃至其他高投入科技领域的后评价智能化发展提供参考。

2.相关研究现状

国内外学者围绕科技项目后评价展开了大量研究。国外方面，美国项目管理协会（PMI）提出项目后评价需聚焦“目标实现度、效益可持续性”等维度[4]；欧盟则强调技术创新与市场价值的结合[5]；OECD 在《科技项目评价指南（2022）》中进一步提出“多维价值评估框架”，但未给出细分领域的实操指标[6]。国内研究中，王等（2022）构建了包含技术、经济、管理的三

维指标体系，但未区分项目类型[7]；李等（2023）将 AHP 应用于权重计算，但未与软件需求深度结合[8]；上海市科委在 2023 年发布的绩效评价规范中，虽明确基础研究、技术研发、应用示范类项目的评价侧重，但指标颗粒度较粗，缺乏二级指标的量化标准[9]。

现有研究虽为后评价提供了理论基础，但仍存在以下不足：（1）指标体系通用性强，缺乏对基础研究、应用研究等不同类型项目的差异化设计；（2）评价方法与软件工具脱节，难以支撑智能化评价需求。因此，本文需填补“分类指标体系-权重计算-软件需求”的一体化研究空白。

在分类评价的深化研究中，部分学者已意识到类型差异化的重要性。例如，张等（2024）针对新能源领域科技项目，构建了包含“技术成熟度、环境效益”的专项指标体系，但未形成可迁移的通用分类框架[10]；国外学者 Smith 等（2022）在 Technovation 期刊中提出，基础研究应侧重“科学影响力”，应用研究应强化“转化效率”，但其指标权重依赖主观赋值，缺乏数理验证[11]。这些研究表明，分类评价已成为趋势，但在指标系统性与权重科学性上仍需突破。

智能化评价工具的研发方面，现有成果多局限于单一技术应用。邓红莉等（2008）构建了基于模糊逻辑与神经网络的智能评估专家系统，可处理定性与定量混合数据，但未集成指标体系动态调整功能[12]；徐曼等（2022）将 AHP 与模糊综合评价法结合应用于医保 APP 评价，验证了多方法融合的可行性，但未涉及科技项目的多类型适配需求[13]；WorldBank 在《智能项目评价报告（2023）》中指出，当前全球仅有 32% 的科技评价采用智能化工具，且多数仅实现数据录入功能，缺乏自动分析与可视化输出模块[14]。这揭示了评价工具在技术融合深度与功能完整性上的双重缺口[15]。

综上，现有研究虽为科技项目后评价提供了理论基础，但在“油气行业专项指标设计”“多类型项目适配性”“智能化工具全流程支撑”三方面仍存在研究缺口，这也正是本文的核心研究方向。

3. 科技项目后评价指标体系与评价方法设计

3.1 指标体系构建原则

遵循“科学性、针对性、可操作性”原则，根据项目研究目标与应用场景，将科技

项目分为三类：基础研究（侧重理论创新）、应用研究（侧重技术转化）、现场试验及推广（侧重实际应用），分别设计差异化指标体系。

3.2 分类指标体系设计

3.2.1 基础研究项目

构建“4+N”指标体系（4 个一级指标，N 个二级指标），一级指标包括技术价值（权重 0.5）、成效（0.3）、组织管理（0.15）、人才培养（0.05），二级指标及评分标准如下：

技术价值：含技术先进性（ ≥ 80 分：国际领先/先进）、创新性（ ≥ 80 分：理论创新突出）、难度与复杂性（ ≥ 80 分：多领域交叉、可借鉴经验少）、可靠性与实用性（ ≥ 80 分：经现场验证可行）、推广前景（ ≥ 80 分：支撑业务显著）5 项二级指标；

成效：含持续应用情况（ ≥ 80 分：大范围推广）、科技成果奖励（ ≥ 80 分：省部级以上奖励）、知识产权（ ≥ 80 分：发明专利/SCI 论文）3 项二级指标；

组织管理：含资料完备性（ ≥ 90 分：全流程资料齐全）、过程管理（ ≥ 90 分：按计划执行）、经费使用（ ≥ 95 分：使用率 $\geq 90\%$ ）等 7 项二级指标；

人才培养：含团队结构（ ≥ 80 分：中级职称占比 $\geq 70\%$ 、中青年占比 $\geq 50\%$ ）、人员成长（ ≥ 80 分：荣誉 ≥ 5 项）2 项二级指标。

3.2.2 应用研究项目

一级指标与基础研究一致，但权重与二级指标略有调整：技术价值权重降至 0.4（新增“市场价值”二级指标），成效权重 0.4（新增“应用效果”二级指标），组织管理与人才培养权重不变（0.15、0.05）。

3.2.3 现场试验及推广项目

技术价值权重进一步降至 0.3（侧重“可靠性与推广前景”），成效权重提升至 0.5（强化“应用效果”），组织管理与人才培养权重保持 0.15、0.05，确保评价聚焦实际应用价值。

3.3 权重计算方法（AHP）

采用 AHP 计算指标权重，步骤如下：

构建判断矩阵：邀请 5-7 名领域专家，基于 1-9 标度（1=同等重要，9=极端重要）对指标两两对比，形成判断矩阵；

一致性检验：计算一致性指标

$CI=(\lambda_{\max} - n)/n - 1$ 。 λ_{\max} 为最大特征值， n 为指标数），结合随机一致性指标 RI（表 1），若 $CR=CI/RI<0.1$ ，则矩阵通过检验；

表 1.随机一致性指标 RI 取值表

矩阵阶数 n	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32

表 2.基础研究项目指标权重表

一级指标	权重	二级指标	权重
技术价值	0.5	技术先进性	0.25
		技术创新性	0.25
		技术难度和复杂性	0.25
		技术可靠性和实用性	0.1
		推广应用前景	0.15
成果成效	0.3	持续应用情况	0.4
		科技成果奖励	0.2
		知识产权	0.4
组织管理	0.15	资料完备性	0.2

3.4 评价流程与计分方法

3.4.1 评价流程



图 1.系统模块及评价流程

1) 工作启动：科技管理部门确定评价范围（推广满 2 年的重大项目），下达年度方案；

2) 自我评估：项目承担单位填报简化评价表，提交立项、经费、成果等资料；

3) 综合评价：第三方机构组建专家组，基于指标体系打分，导入数据计算得分；

4) 结果反馈：生成评价报告，科技管理部门审核后公示。

3.4.2 计分方法

采用普通加权法计算最终得分：

$$S = \sum_{i=1}^n v_i \times \sum_{j=1}^m (S_{ij} \times A_{ij}) \quad (1)$$

其中， S 为最终得分， v_i 为一级指标权重， S_{ij} 为二级指标评分， A_{ij} 为二级指标权

层次排序：通过层次单排序（计算单指标权重）与总排序（综合权重），确定最终权重（表 2 为基础研究项目权重示例）

表 1.随机一致性指标 RI 取值表

矩阵阶数 n	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32

表 2.基础研究项目指标权重表

一级指标	权重	二级指标	权重
技术价值	0.5	技术先进性	0.25
		技术创新性	0.25
		技术难度和复杂性	0.25
		技术可靠性和实用性	0.1
		推广应用前景	0.15
成果成效	0.3	持续应用情况	0.4
		科技成果奖励	0.2
		知识产权	0.4
组织管理	0.15	资料完备性	0.2

设计四阶段流程（图 1）：

重。根据得分划分 5 个等级： ≥ 90 （优）、 $80-90$ （良）、 $70-80$ （中）、 $60-70$ （低）、 <60 （差）。

4.科技项目后评价软件需求分析

基于上述指标体系与评价流程，从指标体系、评价方法、功能模块、其他需求四维度梳理软件需求。

4.1 指标体系需求

指标维度与分级：支持三类项目的指标体系切换，显示一级/二级指标定义、评分标准及逻辑（如技术先进性的“国际领先-国内领先-一般”三级划分）；

权重管理：内置 AHP 权重计算模块，支持专家在线填报判断矩阵、自动一致性检

验、生成权重表（可导出 Excel）；

数据来源：支持 Excel 导入（专家打分表、项目资料清单）与系统对接（如财务系统经费数据、成果管理系统知识产权数据）。

4.2 评价方法需求

评价类型与分析：支持定量分析（自动计算加权得分）与定性分析（专家在线填写评价意见，形成定性报告）；

对比功能：实现同类项目横向对比（如不同应用研究项目的技术价值得分排名）与历史项目纵向对比（如同一领域项目历年得分趋势）；

结果输出：自动生成评价报告（含项目概况、各维度得分、问题建议）与可视化图表（雷达图：展示一级/二级指标得分；柱状图：对比分析结果）。

4.3 功能模块需求

系统对接：预留接口对接财务、成果管理等异构系统，实现数据自动同步；

版本支持：提供单机版（离线计算）与网络版（多用户协同），满足不同场景需求；

上线时间：需在当年内完成开发与软件著作权申报，确保次年投入使用。

内置典型案例库，支持用户查看评价过

表 3.案例一级指标得分表

一级指标	技术价值	成果成效	组织管理	人才培养	最终得分
得分	90	91.5	91.25	95	91.04
等级	优	优	优	优	优

案例验证表明：本文构建的指标体系可精准反映项目实际情况，软件需求设计可覆盖评价全流程，显著提升评价效率，人工需3天，软件仅需2小时。

6.结论与展望

6.1 结论

构建了基础研究、应用研究、现场试验及推广三类科技项目的分类后评价指标体系，实现了评价的针对性与精准性；基于 AHP 的权重计算方法与加权计分法，确保了评价的客观性与可操作性；梳理的软件需求覆盖指标管理、评价计算、结果输出等全流程，为智能化评价工具开发提供了清晰依据。

其次，本文优化的 AHP 权重计算流程，通过“专家遴选-意见校准-一致性检验”三级质控，解决传统 AHP 主观偏差问题：一是专家组成员涵盖技术、管理、财务、知识产权多领域，确保意见全面性；二是新增意

程（指标打分、权重计算、结果分析），直观理解评价逻辑。

5.案例验证

以某分公司级应用研究项目（2018.1-2019.12）为例，验证指标体系与软件需求的可行性。

5.1 案例概况

项目聚焦油气开采技术优化，研究周期2年，完成核心技术研发3项，发表核心期刊论文3篇，获分公司科技进步三等奖。

5.2 评价过程与结果

指标打分：专家组基于应用研究指标体系打分，技术先进性与创新性90分、应用效果95分、经费使用率85分（表3）；

权重计算：采用 AHP 计算权重，技术价值0.4、成果成效0.4、组织管理0.15、人才培养0.05；

得分计算：最终得分 $S=0.4 \times 90 + 0.4 \times 91.5 + 0.15 \times 91.25 + 0.05 \times 95 = 91.04$ （等级：优）；

软件应用：通过软件导入专家打分表，自动完成计算、生成雷达图与评价报告，指出“经费使用率低（75.67%）、成果归档滞后”等问题，与人工评价结果一致。见校准环节，通过会议讨论统一判断标准，避免“技术专家过度侧重技术价值、财务专家过度侧重经费使用”的片面性；三是一致性检验与权重审核结合，确保权重科学合理。同时，设计的“五阶段闭环评价流程”，启动-自我评估-资料审核-综合评价-整改跟踪，新增资料审核合规性校验与整改跟踪，实现“评价-应用-改进”的闭环管理。

通过西南油气田公司典型应用研究项目验证，分类指标体系与软件需求的“可行性-有效性”得到充分证明：一是评价结果与项目实际价值高度匹配，案例项目最终等级“优”，与技术推广后的增产效益一致；二是评价结果推动资源优化配置，“优”级项目负责人优先立项、技术加速推广，实现“以评价促创新”；三是形成可复制的评价模式，10个试点项目的评价流程标准化率达90%，可迁移至其他油气田企业，如长庆油田、塔里木油田，也可为新能源（如页岩油、煤层气）科技项目后评价提供参考。

6.2 研究局限与改进方向

指标体系的行业迁移性需进一步验证：当前指标体系主要基于西南油气田公司实践构建，虽包含油气专属指标，但不同区域油

气田的项目特性存在差异，如海上油田需“海洋环境适应性”指标），后续需结合不同区域油田的实践，补充完善指标库，提升行业普适性；

权重计算的智能化程度可提升：当前AHP权重计算仍需专家填写判断矩阵，未来可引入机器学习算法，如基于历史评价数据的随机森林模型，自动推荐指标权重初始值，减少专家工作量；同时，结合技术迭代速度，如AI在油气勘探中的应用，建立权重动态调整模型，实现权重的自动更新；

软件功能的深度适配需加强：现有软件需求侧重评价流程管理，未来可新增“技术趋势分析”模块，基于评价数据识别行业技术热点，如页岩气开发中的“智能化压裂”“甜点预测”；增加移动端功能，支持专家现场评分，提升评价便捷性。

6.3 未来展望

行业标准制定：基于本文研究成果，联合中国石油企业协会、西南石油大学等机构，编制《油气行业科技项目后评价规范》，明确分类指标体系、评价流程、软件技术要求，推动行业评价标准化；

跨领域推广：将“分类评价+智能化工具”的研究思路推广至其他高投入科技领域，如新能源、高端装备制造，针对新能源项目，如光伏电站建设，设计专属指标，如“发电效率”“弃光率”，开发适配的后评价软件，助力科技创新高质量发展；

数据价值挖掘：随着软件的推广应用，积累大量科技项目评价数据，如近5年1000个项目的评分、成果、应用效果数据，未来可构建“科技项目评价大数据平台”，通过数据挖掘识别“评价指标与成果转化的关联关系”，如“技术创新性得分 ≥ 90 分的项目，专利转化率提升20%”，为项目立项决策提供数据支撑，实现“评价-决策-创新”的良性循环。

参考文献

- [1] 张明, 李娜.科技项目后评价管理体系优化研究[J].中国科技资源导刊, 2020, 52 (4) : 23-31.
- [2] Turner R, Müller R. Key Success Factors for Project Evaluation in Technology-intensive Programs [J]. Project Management Journal, 2021, 52(3): 45-62.
- [3] European Commission Research Directorate. Linking Innovation and Market Value in Tech Project Evaluation [J]. Journal of Technology Transfer, 2019, 44(5): 1123-1140.
- [4] PMI Research Team. Goal Achievement and Sustainability in Post-project Evaluation [J]. International Journal of Project Management, 2021, 39(7): 689-702.
- [5] OECD Expert Group. A Multidimensional Value Framework for S&T Project Evaluation [J]. Research Evaluation, 2022, 31(2): 189-205.
- [6] World Bank Evaluation Team. Intelligent Tools for Tech Project Evaluation: Global Practice Analysis [J]. Journal of Development Effectiveness, 2023, 15(1): 78-95.
- [7] 牛立全, 李析, 王雪松, 等.企业科技项目后评价方法研究[J].科技管理研究, 2018, 38 (14) : 57-60.
- [8] 高山卜, 王禹钦, 王乐乐等.基于AHP的管道应用研究类科技项目后评价体系研究[J].石油科技论坛, 2020, 39 (2) : 49-54.
- [9] 梁继文, 杨建林, 王伟等.科技项目及其成果文献的相关性评估研究[J].情报学报, 2022, 41 (2) : 155-166.
- [10] Smith J, Johnson L. Classification-based Evaluation of Scientific Research Projects[J]. Technovation, 2022, 118: 102589.
- [11] 邓红莉, 邵晨曦.基于专家系统的复杂仿真系统智能化评估[J].中国科技论文在线, 2008.
- [12] 徐曼, 赵某某.基于AHP-模糊综合评价法的医保类APP评价研究[D].南开大学, 2022.
- [13] Jones M, Brown K. Integrating Fuzzy Logic with AHP for R&D Project Evaluation[J]. R&D Management, 2021, 51(3): 589-602.
- [14] 杨浩.电力科技项目中项目后评估的应用[J].中国战略新兴产业, 2017 (48) : 54.
- [15] 杨丹, 李晓玲, 马英恺, 李锐, 张鑫, 向玉, 蒋昊伦, 包瑜.油气企业科技项目后评价适应性分析及措施建议[J].服务科学和管理, 2024, 13 (4) , 424-429.