

引用格式: 王旭峰, 马宗锋, 申笑宁, 等. 基于产品使用需求的标准比对分析及优选技术研究[J]. 标准科学, 2025(4):50-57.

WANG Xu-feng, MA Zong-feng, SHEN Xiao-ning, et al. Research on Standard Comparison Analysis and Optimal Selection Technology Based on Product Usage Requirements [J]. Standard Science, 2025 (4):50-57.

基于产品使用需求的标准比对分析及优选技术研究

王旭峰 马宗锋 申笑宁 李鹤

(中国航空综合技术研究所)

摘要: 【目的】解决产品研制中标准选用难的问题,提升标准贯彻实施效率。【方法】以产品研制过程中的标准使用需求为牵引,利用系统工程、UAF架构理论、动态规划算法等方法,提出了标准比对分析及优选模型,对使用需求分析、标准识别与遴选、标准比对要素提取、核心指标比对分析、标准优选匹配、优选标准集构建等标准优选过程中的关键方法进行研究,并辅以典型应用实例进行分析。【结果】需求是开展标准比对分析及优选的出发点,标准的比对分析要定量与定性相结合,标准选用是综合权衡的结果。【结论】标准比对及优选方法,可以实现产品选标与需求的紧密耦合,并能提供定性和定量的比对数据指导产品精准选标,支撑产品高质量发展。

关键词: 标准选用; 产品需求; 比对分析

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.04.007

Research on Standard Comparison Analysis and Optimal Selection Technology Based on Product Usage Requirements

WANG Xu-feng MA Zong-feng SHEN Xiao-ning LI He

(China Aero-polytechnology Establishment)

Abstract: [Objective] To address the challenges in selecting standards during product development and to enhance the efficiency of standard implementation, driven by the standard usage requirements in the product development process, proposes a standard comparison analysis and optimization model. [Methods] Utilizing methods such as systems engineering, UAF architecture theory, and dynamic programming algorithms, the paper conducts research on key methods in the standard optimization process, including usage requirement analysis, standard identification and selection, extraction of standard comparison elements, core indicator comparison analysis, standard optimization matching, and the construction of an optimized standard set. The study is supplemented with typical application examples for analysis. [Results] Research and analysis indicate that requirements are the starting point for conducting standard comparison analysis and optimization. The comparison analysis of standards should combine quantitative and qualitative approaches, and the selection of standards is the result of comprehensive trade-offs. [Conclusion] By employing the standard comparison and optimization methods, it is

基金项目: 本论文受中国航空工业集团有限公司标准化专项项目资助。

作者简介: 王旭峰, 博士, 研究员, 研究方向为航空标准化技术。

马宗锋, 硕士, 高级工程师, 研究方向为航空标准化技术。

申笑宁, 硕士, 工程师, 研究方向为航空标准化技术。

李鹤, 硕士, 工程师, 研究方向为航空标准化技术。

possible to achieve a tight coupling between product standard selection and requirements, provide qualitative and quantitative comparison data to guide precise standard selection for products, and support high-quality product development.

Keywords: standard selection, product requirements, comparative analysis

0 引言

装备制造业是一个国家综合国力的重要体现。国家“十四五”规划中明确提出“加快推进制造强国、质量强国建设”“推动制造业高质量发展”。大力发展装备制造业已成为今后国家建设的重点方向。标准化是产品建设的重要技术基础,在产品高质量发展的大趋势下,其呈现出快速发展的态势:产品标准体系逐步完备,标准规模和数量越来越大,产品制造企业贯彻实施的标准不断增加。然而,作为产品标准化重要内容的标准贯彻实施却存在着不少问题,最核心的问题是在标准实施过程中缺乏科学合理的标准选用指导。标准选用主观性、随意性强,没有标准选用的统一原则和方法,致使产品研发过程中贯标出现混乱。尤其是针对同一对象,有国家标准、行业标准及企业标准等多项标准的情况下^[1],如何快速有效选定需要的标准至关重要。

标准比对是标准化工作中不可缺少的一个环节^[2]。本文聚焦产品标准使用需求,结合产品工程实际,开展标准贯彻实施相关技术研究,提出一种通用的产品标准比对分析及优选模型和技术方法,建立多维度的标准比对分析及优选模型框架,提出完善的标准比对分析及优选流程和主要活动,并给出可参考推广的典型应用案例,旨在解决“产品标准选用难”的现实问题,提升标准贯彻实施效率。

1 标准比对分析及优选模型框架

1.1 模型框架概述

在产品标准贯彻实施中,开展标准选用并建立产品采标清单是核心关键任务,标准选用的合理性直接决定和影响了后续标准贯彻的效果。在确定需要最终采用标准的结论之前,需要开展标准

比对分析及优选,通过多个维度对标准技术内容进行分析。

建立分层级的标准比对分析及优选模型框架,见图1。该模型框架共分为4层:第1层为需求层,主要描述针对产品需求的标准使用场景,以及关联标准全集状态;第2层为比对层,主要描述标准比对要素、标准比对技术方法、标准比对流程及技术;第3层为优选层,主要描述标准优选判据、标准优选匹配;第4层为生成层,主要描述推送标准集、标准分析报告及标准使用指导等。

1.2 需求层分析

从需求场景出发,识别与需求相关的各级各类标准,并对标准现状进行初步评估。需求捕获方面,要基于产品研制和使用需求、技术的发展趋势、标准使用相关方诉求,还要满足产品工程研制软硬件的约束。基于需求关联相关标准,在标准体系架构的牵引下,对各级各类相关标准的分布、数量、技术水平、应用情况等关联、分析和初步评估,形成比对优选的前提。

1.3 比对层分析

比对是在需求牵引下,对相关同类标准从不同维度进行客观比较和分析。一般从标准要素层面进行比对,如适用对象、标准框架、技术要素、核心指标、验证要求等。通常可采用综合分析法、参数判别法、指标溯源法,利用需求分析、核心技术分析、差异性矩阵构建分析等进行比对,从而形成定性/定量的比对分析结果。

1.4 优选层分析

优选是在比对的基础上,基于产品的需求目标,在多重约束下对较优标准进行权衡选择。分析产品的约束条件,如性能、可靠性、经济性等约束方面,综合考虑多维约束的重要度,确定标准优选的规则和依据,从而基于比对结果形成直接使用、整合使用、不使用等优选结果。例如,针对军用飞

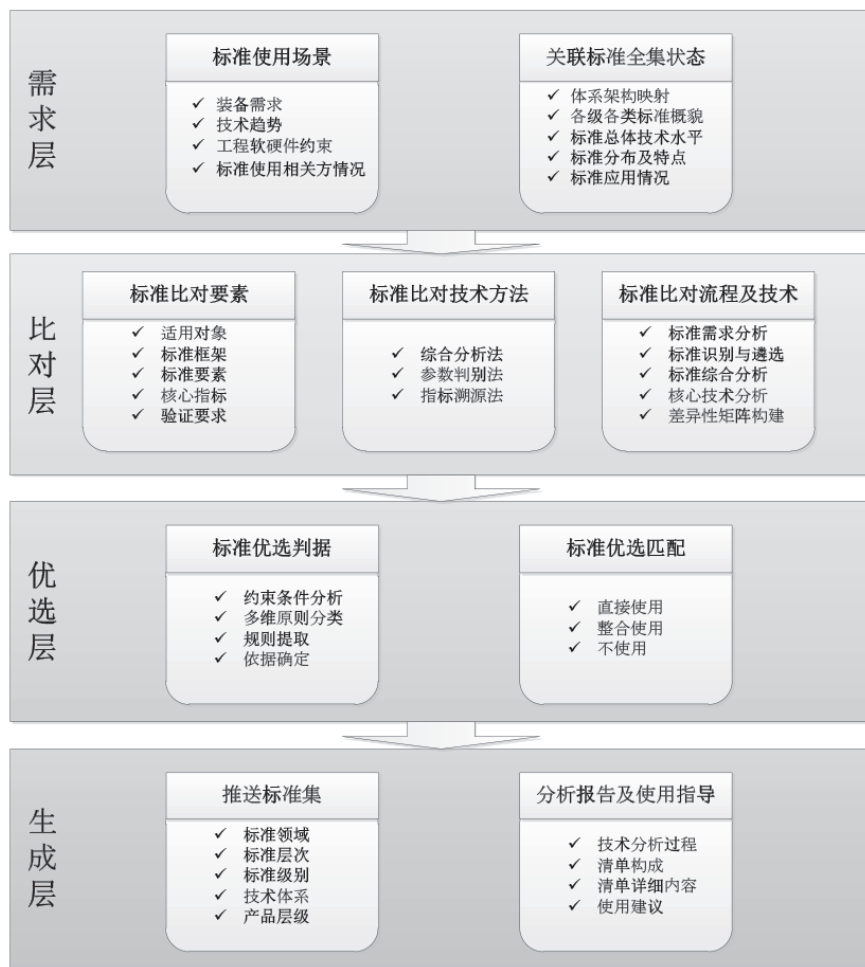


图1 产品标准比对分析及优选模型框架

机和民用飞机,前者更关注性能,后者对经济性考虑较高。

1.5 生成层分析

对产品不同领域、不同研制过程下的标准均进行比对优选,从而生成产品适用的最佳标准集,并从领域、层次、级别、技术、产品等维度进行综合定义和集成,面向不同使用场景、不同使用人员等形成定制化的分析报告和指导说明,从而有效支撑标准在产品研制中精准高效应用。

2 优选流程及关键技术

2.1 标准比对分析及优选流程

比对分析及优选流程见图2。



图2 标准比对分析及优选流程

2.2 标准比对分析及优选关键技术

2.2.1 使用需求分析

按照系统工程方法,从需求出发定义产品的标准应用需求,是开展标准比对分析及优选的前提。需求分析的核心是建立产品作战使用需求、研制需求到标准需求的传递路径,按照整机级、系统级、设备级、基础产品等各级产品的V模型进行分解、细化和传递,以初始的使用场景和用户请求为切入点,转化为产品研制需求、实现要求和标准需求,从而形成产品选标用标的目标图像,科学界定产品研制“需要什么标准”,如图3所示。

2.2.2 标准识别与遴选

全面有效识别现有标准是开展标准比对优选的前提。在产品需求牵引下,可分别建立过程、技术、层次、产品等与标准的关联模型,从而对相关标准进行较为全面地识别。具体如下:

(1) 研制过程-标准需求关联分析。以产品研制生产与服务保障全寿命过程为线索,基于产品当前的研制阶段,分析梳理与产品设计、制造、试验、服务保障等相关的标准;

(2) 专业技术-标准需求关联分析。基于产品的研制任务书、总体技术方案等,梳理产品的关键技术项,建立技术-标准的映射关系,并基于技术识别相关技术领域的标准;

(3) 标准层次-标准需求关联分析。基于质量管理体系约束要求,从顶层输入、要求层、程序层、方法层、操作层等不同层级^[3],对不同颗粒度的标准进行逐步细化梳理识别;

(4) 产品PBS-需求关联分析。按照产品PBS分解,从整机、系统、分/子系统、功能单元/模块(LRU/LRM)、板卡/组件(SRU)、零部件等层级,

分别识别相关标准;

(5) 对不同维度下识别形成的标准进行综合,并结合权威标准数据库,对标准级别、标准状态、历史版本等进行细致定义,从而形成比对分析的标准全集。

2.2.3 关联标准全集总体分析

针对已识别的现有关联标准,对标准全集现状进行总体分析。分析的维度主要包括:

(1) 标准的分布特征。从标准的级别(国家标准、行业标准、企业标准等)、标准的层次(要求类、程序类、方法类、操作类等)、标准的关联产品层级、标准技术领域、标龄、军民属性等各方面,对标准的数量分布特征进行分析和统计。

(2) 标准的技术水平。对标准全集的总体技术状态进行大致分析判断,分析方法包括:分析标准是否采用国际国外最新先进标准,通常情况下基于采标转化的相关标准技术内容较为先进;分析标准的技术成熟度,技术成熟度低的标准,往往注重对技术的牵引,成熟度高的标准往往注重对技术的固化;分析标准的关键技术指标与产品实际水平的差异,例如28 MPa液压技术在现役航空产品中广泛使用,35 MPa液压技术面向新一代航空产品应用,前者相关标准更为成熟,后者相关标准更为领先。

(3) 标准的应用状态。分析设计、制造、试验等不同研制阶段的相关标准,在产品实际研制过程中的真实应用状态,包括标准的应用方式、标准的应用时机、标准的应用数量、标准的作用、标准使用中的问题、标准与质量数据的关联分析等,从而对标准的真实效能有效掌握。

2.2.4 标准比对要素提取

同类标准的标准要素往往具有相似性。借鉴

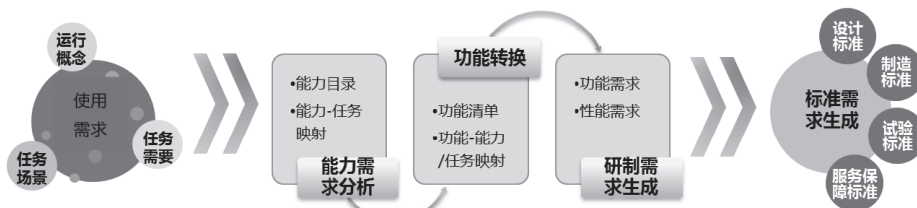


图3 产品标准需求分析

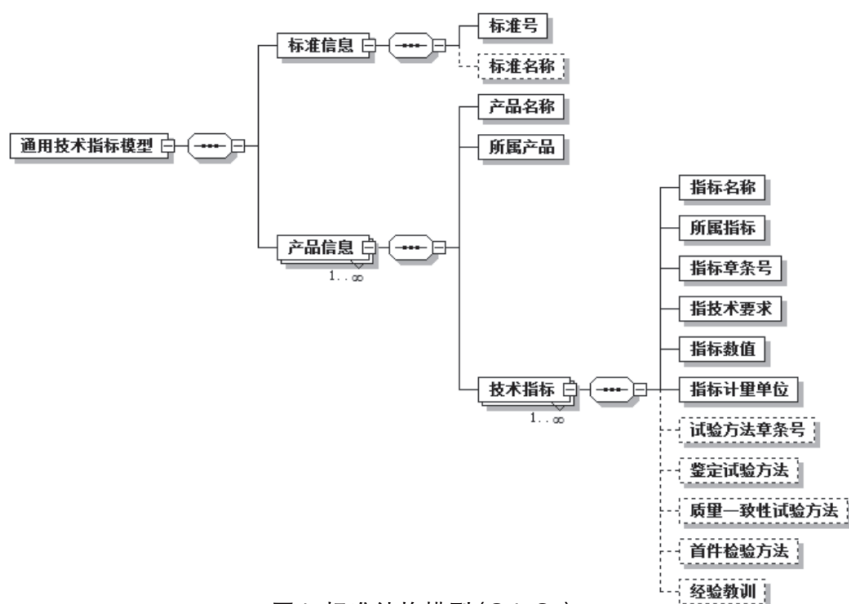


图4 标准结构模型 (Sd-Sr)

UAF架构理论中的标准结构模型 (Sd-Sr)^[4]，如图4所示，可以定义典型标准的规范化结构要素模型。标准结构模型是指对产品研制和使用所涉及的设计、制造、试验等领域内要求类、方法类等标准的结构要求和特定技术要素进行离散后，构建结构化的标准元数据库，借鉴UAF中标准结构模型 (Sd-Sr) 的SysML语言建立标准通用元模型，并基于通用元模型派生各领域各层级标准的元模型。然后基于标准元模型对各领域各类标准进行文档实例化，形成具体的标准模型。

例如，基于标准结构模型，不同类别标准的优选比对要素包括：

- (1) 设计要求类标准。包括设计依据、设计准则、设计内容、设计验证项目与要求等；
- (2) 设计方法类标准。包括设计输入、设计原则、设计步骤与方法、经验教训、参考实例等；
- (3) 制造要求类标准。包括按照工艺质量控制要求类、工艺产品要求类分别定义框架要素；
- (4) 制造方法类标准。包括人员、环境、材料、设备与工装、安全防护、工艺控制、质量控制、检验、特殊过程确认、运输和贮存等。

2.2.5 核心指标比对分析

针对相关联的若干标准，以标准比对要素为

基础，开展标准化对象、适用范围、框架、要素、核心技术指标的比对分析。核心指标比对可借鉴动态规划算法 (Dynamic Programming, DP) 的思想，如图5所示，对标准进行全局比对。该算法是将待求解的问题分解成若干个相互联系的子问题（划分阶段），先求解子问题的最优值，以局部最优解的组合形成全局最优解。

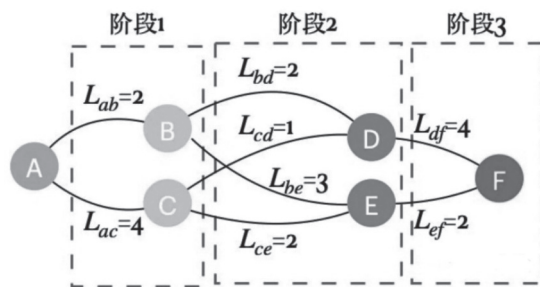


图5 动态规划算法

基于动态规划算法的标准比对分析方法如下：

- (1) 划分阶段：此处的“阶段”即可定义为标准的比对要素，即标准结构模型 (Sd-Sr) 所定义的典型标准规范化结构要素模型。
- (2) 确定状态：确定不同标准在不同要素下的赋值。以 N 项标准的比对要素（阶段）为单元，开展 i 项标准的比对分析并赋值，如表1所示。第 N 个要素下的赋值原则如下：

- 1) 该标准对应的标准要素缺失, 则该要素赋值为0;
- 2) 按照要素的优劣进行排序, 最优的要素赋值为*i*, 依次递减为*i* -1, *i* -2, ……;
- 3) 确立各个标准的综合得分:
- $$S_i = \sum A_{i,n}$$

表1 标准比对要素赋值分析

阶段	比对要素	标准				差异性 分析说明
		标准 A ₁	标准 A ₂	……	标准 A _i	
阶段1	人员	A _{1,1}	A _{2,1}		A _{i,1}	
阶段2	环境	A _{1,2}	A _{2,2}		A _{i,2}	
阶段3	材料	A _{1,3}	A _{2,3}		A _{i,3}	
阶段4	设备与工装	A _{1,4}	A _{2,4}		A _{i,4}	
阶段5	工艺控制	A _{1,5}	A _{2,5}		A _{i,5}	
阶段6	质量控制	A _{1,6}	A _{2,6}		A _{i,6}	
阶段7	检验	A _{1,7}	A _{2,7}		A _{i,7}	
阶段8	特殊过程确认	A _{1,8}	A _{2,8}		A _{i,8}	
……	……	……	……		……	
阶段 <i>N</i>	运输和贮存	A _{1,<i>n</i>}	A _{2,<i>n</i>}		A _{i,<i>n</i>}	

(3) 确定最优要素: 识别赋值得分为*i*的标准要素, 作为最优标准要素, 如表2所示。

表2 标准最优要素分析

阶段	要素	标准					标准 A _i
		标准 A ₁	标准 A ₂	标准 A ₃	标准 A ₄	……	
阶段1	人员			<i>i</i>			
阶段2	环境	<i>i</i>					
阶段3	材料				<i>i</i>		
阶段4	设备与工装	<i>i</i>					
阶段5	工艺控制						<i>i</i>
阶段6	质量控制				<i>i</i>		
阶段7	检验		<i>i</i>				
阶段8	特殊过程确认	<i>i</i>					
……	……	……	……	……	……	……	……
阶段 <i>N</i>	运输和贮存			<i>i</i>			

2.2.6 标准优选匹配

针对产品对于性能、可靠性、经济性的不同约束条件, 建立约束条件与标准核心要素的关联关系, 从而基于约束条件的权衡, 优选匹配最适用的标准。以产品标准为例, 产品标准中“要求”一章一般规定了产品的核心技术要素和指标^[5], 不同要素对于性能、

可靠性、经济性的影响不同, 如表3所示。

表3 标准要素的差异化影响分析

序号	标准要素	主要影响约束条件		
		性能	可靠性	经济性
1	功能	▲	▼	▼
2	维修性	▲	▲	▼
3	安全性	▲	▲	▼
4	保障性	▲	▲	▼
5	环境适用性	▲	▲	▼
6	材料	▲	▲	▼
7	耐久性	▲	▲	▼
8	互换性	▲	▲	▲
9	接口	▲	▲	▲
	……			

注: ▲表示正相关, 即标准相关指标越高, 对相关影响约束因素一般产生正向作用; ▼表示负相关, 即标准相关指标越高, 对相关影响约束因素一般产生负向作用。

从表3可以看出, 不同约束条件之间是相互矛盾的, 过于追求高功能、高性能, 可能会造成产品的可靠性、安全性指标下降, 以及产品成本的急剧增加。因此, 标准优选不能一味选择指标要求最高的标准, 而应该结合具体约束条件要求, 选择最适用的标准。例如, 针对军用产品, 往往对功能性能的追求是第一位的, 因此在标准指标比对分析后, 可以优选功能、保障性、环境适用性、材料、耐久性、互换性、接口等性能指标得分最高的标准。而对于民用低成本产品, 往往会牺牲一部分性能甚至可靠性, 来实现较高的效费比, 因此在此类情况下应优选互换性、接口等指标得分较高的标准, 并兼顾功能性能指标要求。

2.2.7 优选标准集构建

通常情况下, 利用动态规划算法, 基于产品的标准使用需求目标, 通过定量和定性相结合的方式, 对各个需求条目下的现有标准分别进行比对分析, 可以形成产品的优选标准集。然而, 针对现有标准与需求目标差距较大、无法直接通过优选生成最佳标准集的情况, 往往还需要对标准进行整合重构。以综合得分*S_i*最高的标准作为标准整合的基础标准, 以此为蓝本对若干个最优标准要素进行整合, 并基于产品需求对标准内容进行优化。

一般情况下要求类标准可重构为1项，方法类可重构为多项可选标准。

通过上述过程生成的产品优选标准集，进一步进行数据清理后，可纳入产品的标准选用目录（Std-V1标准配置模型、Std-V2标准预测模型）^[6-8]，形成产品选标用标的依据。

3 典型应用实例

以航空产品液压系统研制为例，基于该系统的研制任务书等输入要求，确定研制过程中需使用“液压系统通用要求”相关标准。通过对国家军用标准、行业标准以及国外相关标准进行识别遴选，梳理现有相关标准约10项，并利用标准结构模型识别液压系统核心技术要素约20类。按照动态规划算法，对10项标准针对各要素进行比对和赋值，形成分析矩阵，如表4所示。

通过以上分析，GJB 638B《军用飞机液压系统设

计和安装要求》综合得分147分为最高，表明其技术内容相对完整全面，在液压系统研制过程中优先选用。此外，在比对分析中可以看出，GJB 638B并非所有标准要素均为最佳，因此在适宜条件下可对以上10项标准进行整合重构，以GJB 638B为蓝本，优选其余9项标准中赋值为10的技术要素，重构形成军民用飞机和直升机通用、统一、先进的液压系统标准。

4 结论

本文以产品研制过程中的标准使用需求为牵引，以支撑产品高效精准选标为目标，提出了标准比对分析及优选模型，对使用需求分析、标准识别与遴选、标准比对要素提取、核心指标比对分析等优选过程中的关键技术进行分析，并辅以航空产品液压系统标准比对分析及优选的典型实例，力求形成科学的方法指导产品研制选标。通过本研究形成以下结论：

表4 “液压系统通用要求”标准要素比对分析矩阵										
要素	GJB 3702	GJB 456	GJB 638B	HB 7471	HB 7117	HB 8522	HB 7799	SAE ARP 4752	SAE ARP 4925	SAEAS 5440A
材料	9	8	10	7	6	5	3	3	3	4
密封	8	9	10	6	5	7	2	4	2	3
工作介质	10	8	8	10	1	3	2	6	6	6
温度型别	8	10	9	7	3	3	3	7	7	7
压力级别	8	10	9	7	7	5	2	5	5	2
压力限制	9	8	6	7	10	5	3	3	3	4
污染控制	10	8	8	6	5	3	10	3	3	5
强度	9	8	10	7	6	5	3	3	3	4
防火	8	8	10	7	6	5	3	3	3	4
流速限制	9	8	10	7	6	5	3	3	3	4
系统隔离	8	8	10	7	6	5	3	3	3	4
指示告警	8	8	10	7	6	5	3	3	3	4
通用质量特性	6	2	9	7	2	5	8	10	5	5
适航性	5	7	8	4	3	6	2	2	10	10
抗坠毁	10	6	5	7	2	4	2	3	9	8
弹击防护	10	7	6	4	2	3	9	8	5	2
验证	8	9	10	8	6	2	2	6	6	6
总分合计	143	132	147	115	82	76	63	75	79	82

(1) 需求是开展标准比对分析及优选的出发点。面向系统工程研制过程, 产品的使用需求、研制需求是开展标准选用的源头, 精准、全面梳理产品的标准需求是实现最终有效选标的前提。

(2) 标准的比对分析要定量与定性相结合。传统标准比对分析往往依赖于经验, 缺乏量化的手段, 依赖于人工、专家的主观判断。本文提出的定量比对分析方法, 可支撑标准比对由主观研判向客

观推理分析转变, 并为数字化智能比对提供基础, 支撑数字化、智能化转型。

(3) 标准选用是综合权衡的结果。面向产品日益差异化的研制使用需求, 针对性能、可靠性、经济性的约束目标, 标准的优劣往往不能从一而论, 标准选用需要紧密结合产品研制实际, 以最适宜的标准支撑和引领产品高质量发展。

参考文献

- [1] 何瑞恒, 郑朔昉, 王旭峰, 等. 航空装备标准/规范研制的溯源定义方法研究[J]. 标准科学, 2023(7): 31-35.
- [2] 计雄飞, 张宝林, 李抵非, 等. 标准文献内容挖掘与比对[J]. 标准科学, 2012(8): 16-19.
- [3] 王旭峰, 马宗锋. 集团型装备制造企业执行标准体系架构研究[J]. 中国标准化, 2021(22): 27-33.
- [4] 郑朔昉, 何瑞恒, 任文明. 基于UAF建模的产品标准集生成技术研究[J]. 系统仿真学报, 2021, 33(7): 1534-1541.
- [5] 韩梦雪, 陈伟林, 段锐宁, 等. 基于产品规范的本体建模方法研究[J]. 中国标准化, 2024(9): 49-56.
- [6] 谢文才, 罗雪山, 罗爱民. 基于元模型的军事信息系统体系结构建模方法[J]. 国防科技大学学报, 2012, 34(1): 82-87.
- [7] 郑朔昉, 何瑞恒. 标准视图在装备研制中的应用方法研究[J]. 标准科学, 2017(3): 60-64.
- [8] 何瑞恒, 郑朔昉, 吕保良, 等. 基于需求的无人直升机标准视图建模研究[J]. 直升机技术, 2018(2): 47-51+63.