

航空装备标准 / 规范研制的溯源定义方法研究

何瑞恒 郑朔昉 王旭峰 刘萌萌

(中国航空综合技术研究所)

摘要: 本文研究形成一种航空装备标准/规范研制的溯源定义方法,分析航空装备标准指标的组成特点,进行标准指标提取;基于装备的功能模型,综合各层级适用的现有标准和新研产品特点,建立装备标准/规范中各类指标要素在“装备级-系统级-设备级”等不同层级间的传递关系,实现指标追溯;针对关联至同一产品层级的各类标准/规范,基于装备的性能模型,分析标准指标要素的关联协调,确保指标定义的准确性与合理性。该方法能够建立指标要素的传递路径和关联影响,提升装备标准体系的协调性,增强装备标准/规范对基于模型的装备研制过程的支撑作用,提高装备标准化工作的数字化、模型化水平。

关键词: 指标要素,功能模型,性能模型,传递关系,关联影响

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.07.005

Research on the Traceability Definition Method for the Development of Aviation Equipment Standards/Specifications

HE Rui-heng ZHENG Shuo-fang WANG Xu-feng LIU Meng-meng

(AVIC China Aero-Polytechnology Establishment)

Abstract: This article studies a traceability definition method for the development of aviation equipment standards/specifications, analyzes the composition characteristics of aviation equipment standard indicators, and extracts standard indicators. Based on the functional model of equipment, integrating the characteristics of existing standards and newly developed products applicable to all levels, it establishes the transitive relation of various indicator elements in equipment standards/specifications at different levels such as “equipment level - system level - equipment level” to achieve the traceability of indicators. Based on the performance model of equipment, it also analyzes the correlation and coordination of standard indicator elements for various standards/specifications related to the same product level, to ensure the accuracy and rationality of indicator definition. This method can establish the transmission path and correlation influence of indicator elements, improve the coordination of equipment standards system, enhance the supporting role of equipment standards/specifications in model-based equipment development process, and improve the digitalization and modeling level of equipment standardization work.

Keywords: indicator elements, functional model, performance model, transitive relation, correlation influence

基金项目: 本文受工业和信息化部民机科研专项(项目编号: MJZ2-1N21)“民机标准体系研究(二期)”资助。

作者简介: 何瑞恒,高级工程师,硕士,研究方向为航空标准化。

0 引言

我国的航空装备标准体系建设先后经历了俄标翻译、美标引进、自主研制等阶段,目前多种类型标准并存,一定程度上存在标准交叉重复、指标冲突等现象,导致型号标准/规范研制过程中各类指标要素难以准确地溯源与定义。当前航空装备研制的数字化水平不断提升,为开展标准指标的协调分析提供了模型化的分析基础,急需探索一套与数字化研发环境相匹配的方法和手段,用于分析型号标准/规范中指标要素的纵向传递路径和横向关联关系,提升航空装备标准体系的科学性与协调性。

1 溯源定义技术路径

基于模型的系统工程方法在航空装备研制过程中的深入应用,以及标准数字化技术的不断发展,为解决航空装备标准/规范研制的溯源定义问题提供了可行的路径。不断完善的航空装备功能和性能模型为标准中各类功能、性能指标的关联影响分析提供了依据,以此为基础开展航空装备标准/规范研制的溯源定义,技术路径如图1所示。

分析航空装备标准指标的组成特点,构建航空装备标准指标结构化数据模型,进行标准指标结构化加工;基于装备的功能模型,综合各层级适用的现有标准和新研产品特点,建立装备标准/规范中各类指标要素在“装备级-系统级-设备级”等不同层级间的传递关系,实现标准指标追溯;针对关联至同一产品层级的各类标准/规范,基于装备的性能模型,分析标准指标要素的变动影响,分析标准指标是否协调一致,确保标准指标定义的准确性与合理性。

2 提取标准指标要素

分析航空装备标准指标的组成特点,建立航空装备标准指标的结构化数据模型。以数据模型作为指标结构化处理的母版文件,应定义航空装备技术指标的信息组成、属性关系、约束和取值范围等,以此为依据开展标准指标结构化加工。

以飞机刹车系统为例进行标准/规范研制的溯源定义分析,现有飞机刹车系统的相关标准见表1,涵盖系统级、分系统级、设备/组件级标准。

表1 飞机刹车系统现有标准清单

序号	标准编号	标准名称	备注
1	GJB 3063A-2008	飞机起落架系统通用规范	系统级
2	HB 6482-1990	起落架系统通用技术要求	系统级
3	HB 7666—2000	飞机起落架系统性能试验验证要求	系统级
4	HB 20144-2014	飞机起落装置试验数字仿真通用要求	系统级
5	GJB 2879A-2008	飞机机轮防滑刹车控制系统通用规范	分系统级
6	GJB 8178-2015	航空机轮刹车系统仿真试验要求	分系统级
7	GJB 9914-2021	飞机自动刹车系统通用规范	分系统级
8	HB 6761-1993	飞机机轮刹车系统设计要求	分系统级
9	GJB 982A-2012	航空刹车胎规范	设备/组件级
10	GJB 1184A-2010	航空机轮和刹车装置通用规范	设备/组件级
11	GJB 4193-2001	军用飞机刹车盘通用规范	设备/组件级
12	GJB 8181-2015	航空机轮碳刹车盘规范	设备/组件级
13	Q/AVIC 30030-2014	航空机轮和刹车装置设计要求	设备/组件级

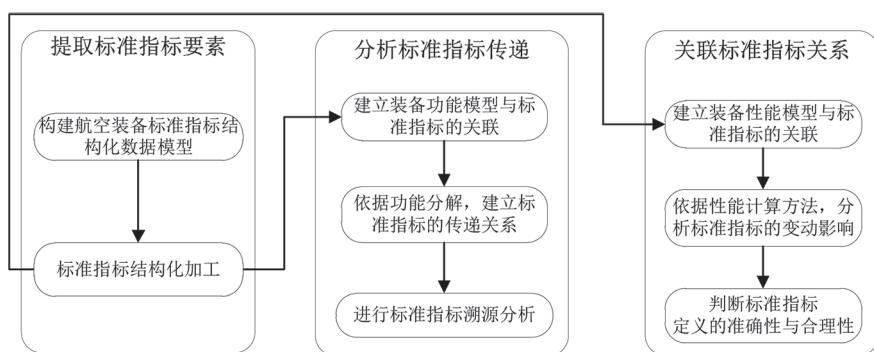


图1 技术路径图

其中, GJB 2879A-2008《飞机机轮防滑刹车控制系统通用规范》规定的刹车系统性能指标包括: 外观、接口尺寸及重量, 耐压压力, 爆破压力, 对飞机供电特性适应性, 刹车与防滑, 应急刹车, 差动刹车, 起飞线刹车, 起落架收起自动刹车, 牵引刹车, 地面停放刹车, 接地保护, 轮间保护, 工作效率及制动距离, 工作稳定性, 耐久性, 强度, 外部泄漏。

刹车装置是刹车系统的核心组成部分, 常见的盘式刹车装置主要由刹车汽缸、刹车壳体、静盘、动盘和自动调隙回力机构等组成。GJB 1184A-2010《航空机轮和刹车装置通用规范》规定的刹车装置性能指标包括: 密封性、常温耐久性、极限温度耐久性、刹车装置静压力、热释放能量、刹车动力矩、峰值刹车力矩、静刹车力矩、刹车装置粘结、连续刹车、防滑刹车系统匹配性、刹车装置返回压力、结构力矩。HB 5648-1981《航空机轮和刹车装置设计规范》规定的性能要求包括: 刹车装置吸收能量的计算方法、机轮刹车装置能力计算、能量的分配、能量状态、刹车力矩要求。

分析航空装备研制相关各类标准结构及指标组成特点, 进行标准指标提取, 主要包括: 标准号、标准名称、对应产品、指标名称、指标要求、指标数

值、指标计量单位等信息(见表2)。

3 分析标准指标传递

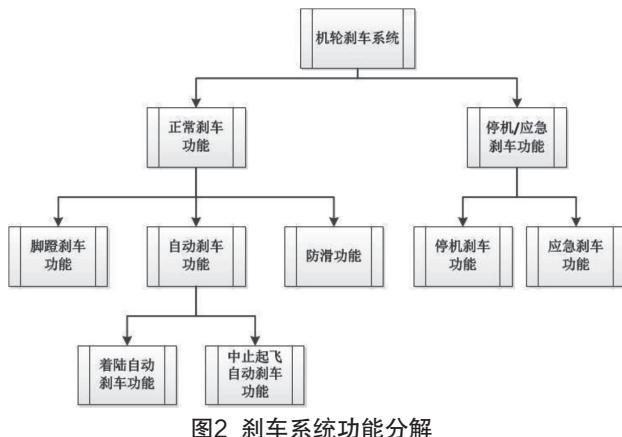
基于装备、系统、设备等不同层级的功能分解, 分析各项功能需求对应的装备标准/规范中的指标要素, 包括现有标准中沿用的指标要素, 以及新增的指标要素。在建立功能需求与装备标准/规范中指标要素对应关系的基础上, 依据“装备级-系统级-设备级”的功能分解结构, 建立装备标准/规范中指标要素的传递关系。

基于指标要素的传递关系, 并结合各层级现有标准的技术内容分析, 进行装备标准/规范的指标要素溯源, 明确装备级研制需求和顶层标准要求在标准/规范研制过程中逐级分解和细化的过程。

以飞机刹车系统为例, 为开展标准指标的传递关系分析, 首先应构建刹车系统的功能模型。功能模型从应用视角描述产品的功能特征及其需求的符合程度, 大多属于产品动态特性描述, 主要面向产品的需求分析和功能定义过程。刹车系统除主要对飞机的着陆滑跑刹车控制外, 还有在地面滑行的方向控制、转弯以及停放刹车等功能。系统功能分解如图2所示。

表2 刹车系统研制相关的标准指标要素提取(示例)

序号	标准号	标准名称	对应产品	指标名称	指标要求					
					前置条件	指标值				单位
						大于	下确界	小于	上确界	
1	GJB 1184A-2010	航空机轮和刹车装置通用规范	机轮	压力、下降	机轮充以额定充气压力保持24 h后			0.03	是	MPa
2	GJB 1184A-2010	航空机轮和刹车装置通用规范	机轮	永久变形量	由径向屈服载荷在0°位置上的连续加载			0.13	是	mm
3	GJB 2879A-2008	飞机机轮防滑刹车控制系统通用规范	机轮防滑刹车控制系统	防滑控制失效速度		25	是	30	是	km/h
4	GJB 9914-2021	飞机自动刹车系统通用规范	自动刹车系统	飞机预定速度	所有油门杆处于起飞位置, 飞机加速使其速度超过预定的速度, 自动刹车应迅速施加满刹车压力	111	是	185	是	km/h
5	HB 6761-1993	飞机机轮刹车系统设计要求	刹车脚踏板	脚踏板行程	产生最大刹车压力	15	是	25	是	°
6	Q/AVIC 30030-2014	航空机轮和刹车装置设计要求	机轮和刹车装置	滑行距离	飞机在正常着陆刹车1min内, 机轮和刹车装置应以滑行速度至少滑行的距离	3000	是			m



综合分析相关标准、设计手册^[1]等资料,确定刹车系统的定量参数主要有快速性、稳定性和效率,指标体系如图3所示。

结合具体的运行场景,能够明确型号专用标准/规范中的技术指标与现有标准指标间的关联关系,以及各层级标准指标的传递关系。机轮刹车的功能活动图如图4所示,在该场景下,具体型号的刹车系统研制规范及相关产品规范中的技术指标,应遵循GJB 2879A-2008《飞机机轮防滑刹车控制系统

通用规范》中的“防滑控制失效速度”、GJB 9914-2021《飞机自动刹车系统通用规范》中的“启动的自动刹车系统飞机预定速度”、HB 6761-1993《飞机机轮刹车系统设计要求》中的“脚踏板行程”、Q/AVIC 30030-2014《航空机轮和刹车装置设计要求》中的“飞机在正常着陆刹车1min内,机轮和刹车装置应以滑行速度至少滑行3000m”等现有标准指标的约束。

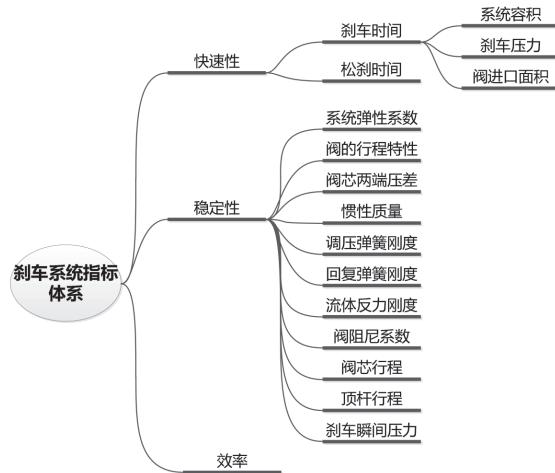


图3 刹车系统定量指标体系

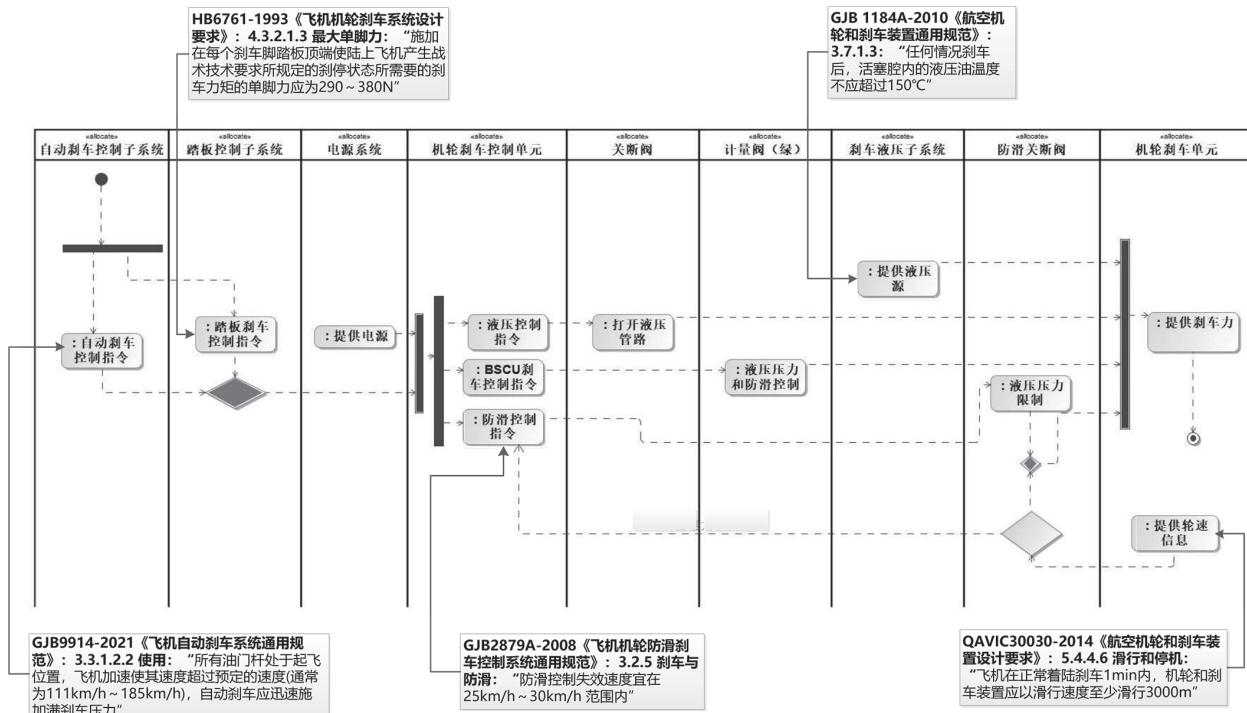


图4 机轮刹车功能活动图

4 关联标准指标关系

提取装备性能模型中的同层级性能指标，并建立与标准/规范中指标要素的关联。基于装备性能模型中的性能指标计算方法，分析标准/规范中横向指标要素的变动影响关系。通过分析标准/规范中横向指标要素是否关联协调，判断指标定义的准确性与合理性。

其中，性能模型从性能视角描述产品的多学科性能特征，包含产品静态和动态特性的描述，面向产品研发过程分析^[2]。通过建立标准指标与刹车系统性能模型的关联，可以分析标准指标的横向关联关系。而参数图是SysML的一种内部块图，描述了

“块”及其内部属性和零件之间的约束关系，参数图描述了一种系统结构参数的变化如何影响其他结构参数的变化^[3]。如图5所示，采用SysML参数图，针对Q/AVIC 30030-2014《航空机轮和刹车装置设计要求》中规定的“飞机在正常着陆刹车1min内，机轮和刹车装置应以滑行速度至少滑行3000m”，依据航空装备专用标准/规范中给定的停机载荷、轮胎滚动半径、刹车盘摩擦系数、活塞推力、刹车压力、压力损失、摩擦面数量、刹车盘摩擦面中径、刹车速度、刹车能量等各类整机级、系统级、设备级设计参数，分别开展地面对合矩、设计刹车力矩、减速率的计算，最终得出刹车距离，参数图模型如

图5所示，根据计算结果判断型号专用标准/规范中技术指标与现有标准指标是否协调。

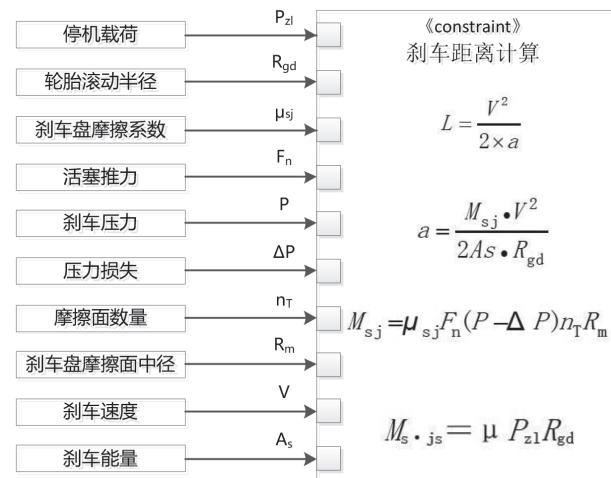


图5 刹车距离计算参数图模型

5 结论

本文综合运用标准数字化技术、功能模型和性能模型构建技术，开展了航空装备标准规范研制的溯源定义方法研究，并以刹车系统为例，进行了技术可行性演示。研究形成的标准指标传递和关联影响分析方法能够用于进行航空装备专用标准/规范中技术指标与现有标准指标间的溯源与定义，有助于提升航空装备标准体系的科学性与协调性，支撑航空装备标准化工作的持续提升。

参考文献

- [1] 高泽迥,等,编著. 飞机设计手册 第14册 起飞着陆系统设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2002.
- [2] 郑党党,刘看旺,刘俊堂. 飞机性能样机技术及体系研究[J]. 航空科学技术, 2015,26(03):05-09.
- [3] 浦乐,王西超,杨艺. 基于MBSE与SysML的空空导弹系统架构建模研究[J]. 航空科学技术, 2020,31(02):54-59.