

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.10.013

武器装备技术体系结构描述方法

任长晟, 葛冰峰, 陈英武

(国防科学技术大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 技术体系结构是武器装备体系结构的一个重要组成部分。在借鉴 DoDAF 视图产品描述思想的基础上, 提出了一种以数据为中心的技术体系结构描述方法。对武器装备技术体系的描述内容和描述方法进行介绍, 重点阐述描述方法的 6 个定义, 包括数据获取与关联, 数据存储与展现等方面。并以精确打击体系为实例, 给出应用该方法进行技术体系结构描述的部分产品。实例验证了该方法是可行的。

关键词: 技术体系结构描述; 描述产品; 数据; 精确打击体系

中图分类号: TP311.13 **文献标识码:** A

Technical Architecture Description Method of Weapons System-of-Systems

Ren Changsheng, Ge Bingfeng, Chen Yingwu

(School of Information System & Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Technical architecture is the important topic of weapons architecture. Based on the description view products of DoDAF, a data-centric approach for technical architecture description is proposed. Content and method of technical architecture description are introduced. 6 definitions related to the description methods are illustrated, including collection, relation, storage and display of data. Taking a precision striking system as example, some description products are presented using this technical architecture description method. The results show the feasibility of the proposed method.

Keywords: technical architecture description; description products; data; precision striking system

0 引言

作为战争的重要组成部分, 武器装备体系运用图形、图像、文本、表格和矩阵等直观的形式对其体系结构进行可理解性强、可重用的规范性描述, 是进行武器装备体系评估与优化的基础。技术体系结构描述作为武器装备体系结构描述的重要方面, 能够提供体系的技术实施指南, 以制订工程规范, 建立通用的建造块, 开发产品基线, 从而指导体系结构的建设实施。现有的技术体系结构描述方法基本上是以美军 DoDAF^[1]中技术标准视图产品为基础进行二次开发, 如英国的 MODAF^[2], 以及国内的相关研究^[3-5]。这些描述方法对体系技术的描述局限于军事信息系统领域应用的技术标准和协议, 描述产品只有技术标准轮廓和未来标准预测两项, 而忽略了技术体系结构的层次关系、技术指标、技术水平、技术对能力的支撑关系等描述内容, 达不到描述要求。故在借鉴 DoDAF 视图产品描述思想基础上, 提出新的武器装备技术体系结构描述方法。

1 武器装备技术体系结构的描述内容

1.1 武器装备技术体系结构的概念

美军于 1996 年 6 月颁布了 C4ISR 体系结构框

架 1.0 版 (简称 C4ISR AF1.0)^[6], 这是美军关于武器装备体系结构框架的最早版本。C4ISR 体系结构框架从作战需求和应用、系统设计以及技术 3 个不同侧面将 C4ISR 体系结构划分为作战体系结构、系统体系结构和技术体系结构 3 部分, 即采用作战视图、系统视图和技术视图三视图结构, 分别从作战人员、系统设计人员和系统实现人员这些风险承担者的视角来描述体系结构。

因此, 武器装备技术体系结构可以看作是从技术实现视角去描述体系结构。可将其定义为: 武器装备体系中各项支持技术的特性、水平, 应该满足的标准和规范, 这些技术之间的相互关系, 以及支持武器装备体系建设的各项支持技术的发展原则和指南。

1.2 武器装备技术体系结构的特点

武器装备技术体系是由支持装备体系建设的各项关键技术组成的统一整体, 其特征并非单项技术特征的简单重复, 而表现出在体系背景下的新特点:

1) 关联性: 技术体系结构与系统体系结构、作战体系结构是相互联系的。技术体系结构对作战体系结构提供技术支持能力, 对系统体系结构提供技术标准的制约。同时, 系统体系结构又向技术体系

收稿日期: 2010-04-16; 修回日期: 2010-06-13

基金项目: 国家自然科学基金 (70971131)

作者简介: 任长晟 (1985-), 男, 湖北人, 在读硕士研究生, 从事国防采办与体系工程管理研究。

结构提出技术的指标水平需求。

2) 层次性: 武器装备系统体系结构目前通常认为具有体系级、系统级、平台级和单元级, 同样一项技术上有更大的技术系统, 下有更小的子技术, 这样一种层次性, 是技术体系纵向联系的体现。

3) 整体性: 同其他的系统一样, 技术体系是为了实现一定的体系目标而构成的有机整体, 各种技术在这个整体中相互影响, 相互关联。

4) 功能性: 由各项技术按照一定结构构成有机整体, 其目的就是为了实现体系系统结构, 完成作战活动, 满足能力需求。

1.3 武器装备技术体系结构描述产品

针对技术体系结构的上述特点, 借鉴 DoDAF 中系统视图和作战视图的描述思想, 采用以下产品来描述技术体系结构:

1) 系统到技术映射描述 (TV-1)。TV-1 主要描述装备实体与技术之间的对应关系, 即描述装备实体的建设需要哪些技术支持。装备实体与技术之间是多对多的关系。

2) 技术层次结构图 (TV-2)。TV-2 是以图形的方式描述体系、系统和装备各级所对应的关键技术, 目的在于描述关键技术在整个体系结构中所处的层次关系。

3) 技术水平与预测描述 (TV-3)。TV-3 描述与武器装备体系相关的技术在现阶段所处的技术水平, 以及对其未来一段时间发展的预测。

4) 技术标准与预测描述 (TV-4)。TV-4 描述了体系结构中关于技术的标准、指南和政策。引用的标准可以是国际标准如 ISO, 也可以是国家标准, 或是组织标准。

5) 技术关系描述 (TV-5)。TV-5 描述了体系中技术的相互关系。系统与系统, 装备与装备之间存在衍生、辅助、依赖等关系一样, 作为与系统、装备相关联的技术与技术之间也必定存在一些类似的关系, 如序关系表示 2 项技术的研制之间存在先后关系, 平行关系表示 2 项技术的开发可同时进行, 依赖关系表示 2 项技术之间相互影响, 相互支持等。

6) 技术对能力的支持描述 (TV-6)。TV-6 描述了各项关键技术对武器装备体系能力需求的支持, 用户可以据此了解实现所需的各级体系能力或系统功能, 需要哪些关键技术作为支持; 为了增强某项能力, 需要大力发展哪些相关技术。

以上 6 个产品分别体现了技术体系结构的特点, 其产品之间从用途角度看存在如图 1 所示的流程关系, 同时, 该图也给出了与技术视图关系密切的系统视图和能力视图的 2 个产品。

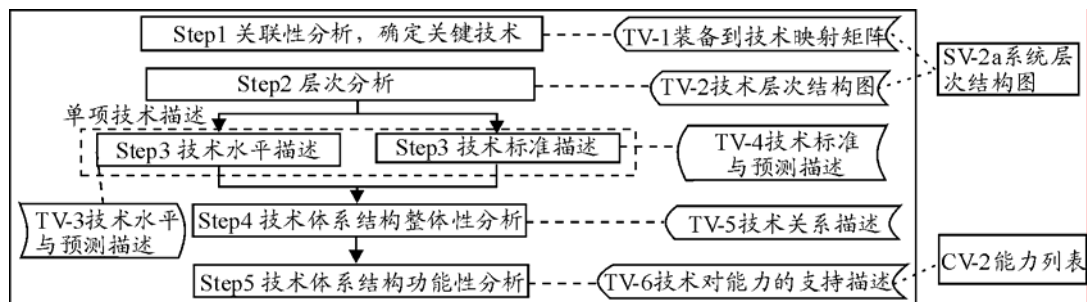


图 1 技术体系结构产品描述流程图

2 武器装备技术体系结构描述方法

数据是决策者所需信息的来源, 是进行体系结构分析和优化的基础。而视图产品提供了一种收集、组织和可视化数据的模板, 产品之间通过数据的逻辑关系联系起来。目前, DoDAF 和 MODAF 正由以产品为中心向以数据为中心转变。故采取以数据为中心的描述方法。

2.1 数据定义

定义 1 系统到技术映射描述 $TV1=(Sys_s, Tech_s, S_T_Res_s)$, 其中, Sys_s 、 $Tech_s$ 、 $S_T_Res_s$ 分别表示系统集、技术集、系统到技术映射集。系统实体

属性定义为 $Sys=\{Sys_ID, Sys_Name, Sys_Description\}$, 对技术实体属性定义为 $Tech=\{Tech_ID, Tech_Name, Tech_Description\}$, 技术对系统支撑关系属性定义为 $S_T_Res=\{S_T_ID, Sys_ID, Sys_Name, Tech_ID, Tech_Name\}$ 。

定义 2 技术层次结构图 $TV2=(Tech_s, Tech_Cont_s)$, 其中 $Tech_Cont_s$ 表示技术之间的包含关系, 即技术体系、技术系统、技术之间关系描述; $Tech_Cont$ 的属性定义为 $Tech_Cont=\{Cont_ID, Parent_ID, Parent_Tech, Child_ID, Child_Tech\}$, 其中 $Parent_Tech$, $Child_Tech$ 分别表示技术包含关系的父节点技术和子节点技术。

定义 3 技术水平与预测描述 TV3={Techs, Indexes, Levels}, 其中, Indexes 表示技术指标集, Levels 表示对于指定技术指定指标在现在和未来一段时间内发展水平的描述集; 指标实体 Index 属性定义为 Index={Index_ID, Index_Name, Tech_ID, Tech_Name, Index_Description}, 其中, Tech_ID 和 Tech_Name 表示指标所属的技术; 水平描述实体 Level 属性定义为 Level= {Level_ID, Tech_ID, Tech_Name, Index_ID, Index_Name, Level_Now, Level_2years, Level_5years}, 其中, Level_Now、Level_2years、Level_5years 分别表示该技术指标在现在、未来 2 年和未来 5 年可能达到的水平, 并且可以根据用户的需要添加表示时间维的列。

定义 4 技术标准与预测描述 TV4={Techs, Std_Items, Stds}, 其中, Std_Items 表示标准项集, Stds 表示对于指定技术指定标准项在现在和未来一段时间内可能出现标准的描述集; 标准项 Std_Item 属性定义为 Std_Item={ Std_ID, Std_Name, Tech_ID, Tech_Name, Std_Description }, 其中, Tech_ID 和 Tech_Name 表示标准所属的技术; 标准 Std 属性定义为 Std={StdDes_ID, Tech_ID, Tech_Name, Std_ID, Std_Name, Std_Now, Std_2years, Std_5years}, 其中, Std_Now、Std_2years、Std_5years 分别表示该技术标准项在现在、未来 2 年和未来 5 年可能出现的技术标准描述, 并且可以根据用户需要添加表示时间维的列。

定义 5 技术关系描述 TV5=(Techs, T_T_Ress), 其中 T_T_Ress 表示技术关系集; 定义技术之间关系描述 T_T_Res 属性为: T_T_Res={Res_ID, Tech1_ID, Tech1_Name, Tech2_ID, Tech2_Name, Res_Type}, 其中, Res_Type 表示关系类型。

定义 6 技术对能力的支持描述 TV6={Techs, Caps, T_C_Ress}, 其中, Caps 表示能力集合, T_C_Ress 表示技术对能力支持关系集; 定义能力实体 Cap 属性为 Cap={Cap_ID, Cap_Name, Cap_Description}; 定义技术对能力的支持关系描述 T_C_Res 属性为: T_C_Res= {Res_ID, Tech_ID, Tech_Name, Cap_ID, Cap_Name, T_C_Type}, 其中, T_C_Type 表示技术对能力的支持关系类型。

2.2 数据的获取与关联

上述定义中数据来源依次: 系统集 Syss 数据来源于 DoDAF 系统视图中系统层次结构图 (SV-2a) 对于体系结构组成系统的描述; 技术集 Techs 数据既可以来自于数据字典, 又可以由用户自定义添加; 在确定技术包含关系集 Tech_Conts 时, 要考虑系统层次结构图中的父系统与子系统的包含关系, 这样其所对应技术的包含关系也就清楚了; 系统到技术映射关系集 S_T_Ress, 指标集 Indexes, 指标水平描述集 Levels, 标准项集 Std_Items, 标准描述集 Stds, 技术关系集 T_C_Ress, 技术对能力支持关系集 T_C_Ress 等数据集均由用户添加; 能力集数据 Caps 来自于 DoDAF 能力视图中能力列表 (CV-2)。

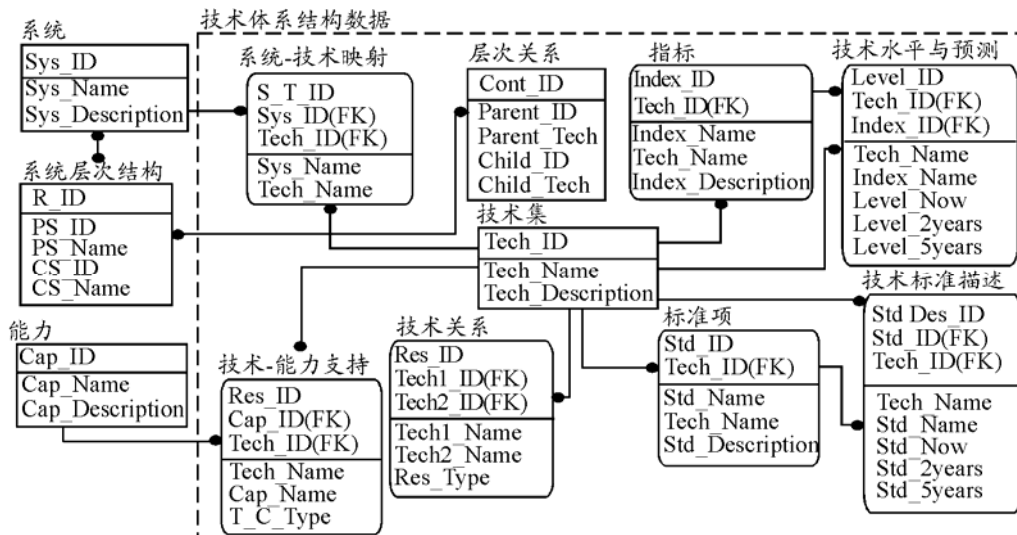


图 2 数据关联图

各项数据在描述过程中应保持一致, 即数据在一个产品中定义, 在其他产品中可以使用。如在 TV-1 中建立技术集数据, 后面的产品中均可使用。同样在一个视图内定义的数据, 也可以在其他视图

内使用, 如技术视图中使用的系统集 Syss 数据即来自于系统视图中系统层次结构图 (SV-2a), 能力集 Caps 数据即来自于能力视图中能力列表 (CV-2)。这样, 技术视图内部产品之间, 技术视图与其他视

图之间就通过数据相互关联起来了, 如图 2。

2.3 数据的存储与展现

该方法采用 XML 文档对技术体系结构数据进行存储, 并集成 ILOG Diagrammer.NET 软件^[7]功能用于图形处理以及 Microsoft Word 的 .NET 可编程性支持功能用于矩阵表格辅助处理。

3 应用举例

3.1 基本想定

针对某远程目标, 拟采用多军兵种联合作战的形式对其进行精确打击。假定其能力视图、作战视图、系统视图均已建立, 构成该体系的主要武器装备系统包括侦察监视系统(包括光电侦察系统, 护栏通用传感器等装备)、通信系统(包括通信卫星, 通用数据链, 地面站网络链路, 战术侦察情报交换系统等装备)、信息处理系统(包括全球指控系统, 战区作战管理中心系统, 分布式通用地面站系统, 野战炮兵战术数据系统等)、火力打击系统(包括高级战术导弹系统, 多管火箭系统等装备)和平台系统(包括高空无人机, 战术侦察机等装备)。

3.2 系统到技术映射描述

对系统视图中各项装备依次列出其关键技术, 用矩阵形式表现装备到技术的映射关系, 如表 1。

表 1 系统到技术映射矩阵

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
机载光电侦察技术			√										√		√		
通用传感器技术	√																
卫星通信技术																√	√
通用数据链技术						√				√							√
战术互联网数据链路技术		√															
战术导弹固体发动机技术					√												
多管火箭技术						√											
无人机技术												√					
战术侦察机技术														√			
指挥信息系统技术				√				√									

A: 护栏通用传感器; B: 地面站网络链路; C: 战术侦察情报交换系统; D: 联合部署智能支持系统; E: 高级战术导弹系统; F: 多管火箭系统; G: 战区作战管理中心系统; H: 全球指控系统; I: 全源分析系统; J: 高级野战炮兵战术数据; K: 分布式通用地面站系统; L: 高空无人机; M: 战术侦察机; N: 地面站模块; O: 光电侦察系统; P: 通信卫星; Q: 通用数据链。

3.3 技术层次结构图

根据系统层次结构图中的层次包含关系和系统到技术映射矩阵, 可得技术间层次关系。如精确打击体系技术(Tech_ID: SoST001)包含通信系统技术(Tech_ID: ST002), 而通信系统技术包含卫星

按照定义 1 中技术实体属性, 对通过映射矩阵得到的技术集用 XML 形式存储, 部分代码如下:

```

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
    .....
<xs:element name="techLists">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element name="TechKey"
                type="xs:string" />
            <xs:element name="TechName"
                type="xs:string" minOccurs="0" />
            <xs:element name="TechDescription"
                type="xs:string" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
    .....
<techLists>
    <TechKey>TEU001</TechKey>
    <TechName>机载光电侦察技术</TechName>
    <TechDescription>一种利用紫外、可见光、
    近红外多频段和超频段光电成像系统的机载情报
    获取方式</TechDescription>
</techLists>
    .....

```

通信技术(TEC003), 按照定义 2 对于技术包含关系 Tech_Cont 的属性定义, 可以用两条记录来表示上述关系:(Cont_001, SoST001, 精确打击体系技术, ST002, 通信系统技术)和(Cont_002, ST002, 通信系统技术, TEC003, 卫星通信技术)。遍历每一

条技术包含关系记录,就可以建立技术层次结构图,

如图 3,图中含加号节点表示可以展开到下一层次。

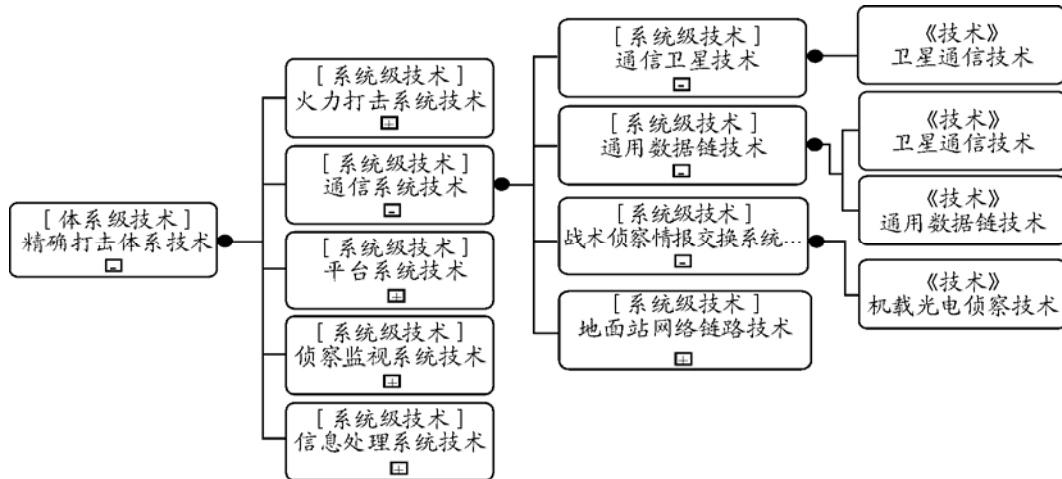


图 3 技术层次结构图

3.4 技术水平与预测描述

根据定义 3,假设战术导弹固体发动机技术具有平均推力这项指标,则该数据记录为 (I001, 平均推力, U005, 战术导弹固体发动机技术),对于

该项指标水平的预测描述记录为 (U005 I001, TEU005, 战术导弹固体发动机技术, I001, 平均推力, 7.5 kN, 9 kN, 10 kN)。遍历所有记录,可以建立技术水平与预测描述矩阵,如表 2。

表 2 技术水平与预测描述矩阵

编号	技术标识	技术名称	指标标识	指标名称	现在水平	2年后水平	5年后水平
C003I001	TEC003	卫星通信技术	I001	转发器传输率	24	32	256
U001I001	TEU001	机载光电侦察技术	I001	地面鉴别率/m	1	0.7	0.3
U001I002	TEU001	机载光电侦察技术	I002	空间鉴别率/mrad	0.5	0.3	0.2
U003I001	TEU003	通用数据链技术	I001	最大通信距离/km	2 000	5 000	8 000
C016I001	TEC016	无人机技术	I001	升限/km	20 ~ 25	25 ~ 30	40
C016I002	TEC016	无人机技术	I002	最大任务半径/km	600	800	1 000

3.5 技术关系描述

根据定义 5,定义技术关系集合 Res_Types={序关系, 依存关系, 平行关系},如机载光电技术 (TEU001)与无人机技术 (TEC016)之间存在依存关系,则可以记录为 (U001C016, TEU001, 机载光电技术, TEC016, 无人机技术, 依存关系)。最后,用矩阵的形式描述所有技术之间的映射关系,如表 3。笔者只给出了部分产品的详细描述,其它产品描述可参照上述 4 个产品。

表 3 技术关系描述矩阵

	通用传感 器技术	多管火 箭技术	无人 机 技术	战术 侦察 机 技术
机载 光电 侦察 技术			依存 关系	依存 关系
通用 数据 链 技术	序 关 系			
战术 导弹 固 体 发 动 机 技 术		平 行 关 系		

4 结束语

示例验证:该方法对武器装备技术体系结构的描述是可行的。下一步,将在此基础上对技术体系结构进行分析评价和优化。

参考文献:

- [1] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version2.0[R]. U.S.: Department of Defense, 2007.
- [2] MOD Partners. MOD Architecture Framework Version 1.0[R]. U.K.: Ministry Of Defense, 2005.
- [3] 蒋晓原. 军事信息系统技术体系的一体化设计研究[J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4(1): 7-12.
- [4] 甘精伟, 尹航. 战场侦察监视信息融合体系结构研究[J]. 无线电工程, 2008, 38(11): 13-15.
- [5] 王志坚. 雷达组网软件体系结构研究[J]. 现代雷达, 2006, 28(4): 14-17.
- [6] Integrated Architecture Panel of the C4ISR Integration Task Force. C4ISR Architecture Framework Version 1.0 [R]. U.S.: Department of Defense, 1996.
- [7] ILOG Inc. ILOG Diagrammer for .NET[EB/OL]. <http://www.ilog.com/products/diagrammernet>, 2007.