

复杂产品研制项目的三维映射工作分解模型

戴育雷^{1,2} 李 南¹ 杨 莉³

1. 南京航空航天大学, 南京, 210016 2. 北京临近空间飞行器系统工程研究所, 北京, 100076
3. 南京中医药大学, 南京, 210029

摘要:针对复杂产品研制项目的特点,提出了基于产品分解结构(PBS)、组织分解结构(OBS)、工作分解结构(WBS)三维映射的项目工作分解模型。在给出适合复杂产品研制工作的 PBS 模型、OBS 模型和 WBS 模型定义的基础上,通过对模型映射及模型工作流程的分析,依据分层次、分块、分阶段的原则,逐级完成 PBS—OBS 映射生成复杂产品责任分配矩阵(PRM)以及 PRM—WBS 映射生成项目工作分解结构(PWBS),从而用规范化、形式化的方法构建复杂产品研制项目的工作分解结构。最后,以航天运载火箭研制项目为例演示了该模型的应用过程,表明该模型具有良好的有效性和可操作性。

关键词:复杂产品;项目工作分解;产品分解结构;组织分解结构;工作分解结构

中图分类号: TP391

DOI:10.3969/j.issn.1004-132X.2013.19.015

Three Dimensional Mapping Work Decomposition Model for Complex Product Development Project

Dai Yulei^{1,2} Li Nan¹ Yang Li³

1. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, 210016
2. Beijing Institute of Nearspace Vehicle's Systems Engineering, Beijing, 100076
3. Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing, 210029

Abstract: In view of the complex product development project characteristics, a project work decomposition model was presented herein, which integrated PBS, OBS and WBS together. By the definition of PBS model, OBS model and WBS model, the analysis of model mapping and model workflow, establishment of complex product responsibility assignment matrix (PRM) from PBS—OBS model mapping, generation of project work breakdown structure (PWBS) from PRM—WBS model mapping, the project WBS for complex product development were constructed in standardization and formalization. Finally, the application process of the proposed model was illustrated with a case of launch vehicle. This proves the method effectiveness and maneuverability.

Key words: complex product; project work decomposition; product breakdown structure (PBS); organization breakdown structure (OBS); work breakdown structure (WBS)

0 引言

复杂产品是指研制成本高、规模大、技术含量高、研制周期长、单件或小批量生产的大型产品。复杂产品研制技术涉及多个工业领域、多学科及多专业,彼此间联系成千上万,需要众多工作人员同时协调作业,因此制定科学、严密的项目计划是确保复杂产品研制项目顺利进行的基础。

复杂产品研制项目工作分解是制定项目计划的基础和依据。Mansuy^[1]将复杂项目分解成费用、进度和产出结果明细的单元,通过对项目或其进程进行分解实现项目有效管理。Rad^[2]认为在工作分解结构(WBS)的较低层级通常是进度导向的,在较高层级通常应该是以交付物为导向的,

因此,Rod修正了传统工作结构的分解方法,主张以交付物为导向,并阐述了基本原理和方法。文献[3]提出了平行WBS,对项目实体(过程或交付物)的分解结构进行研究,把项目工作分解结构的基本分解模式分为功能分解和关系分解。美国项目管理专家Haugan提出将单个项目的工作分解结构划分为5种类型的元素,即产品分解元素、服务分解元素、结果分解元素、横向关联元素、项目管理元素^[4-5]。皮亚风^[6]提出了航天产品WBS的相关定义、编制要求和主要框架。金鑫^[7]从项目所要交付的成果出发,充分考虑航天型号项目成果的特点,提出了基于装配分解结构、产品分解结构、通用步骤和工作分解结构矩阵的航天型号项目工作分解模型。何恒等^[8]提出了一种支持复杂产品研发的PDA—WBS模型(P指产品分解,

收稿日期:2012—05—23

基金项目:教育部人文社科规划基金资助项目(10YJA630082)

D 指交付物分解, A 指项目活动分解)。何苗等^[9]研究了基于产品分解结构的复杂产品工作分解技术。这些研究与美国项目管理协会编写的《项目管理知识体系指南》^[10]和《工作分解结构实施标准》^[11]中的划分基本一致,其实质是从产品分解结构和工作分解结构两个维度考虑,分块、分阶段地逐级编制而成。由于两维的项目工作分解模型在分解时没有考虑到与项目组织结构的对应,不利于工作分配,容易造成责任范围不明确,从而导致一些工作无人负责,成为项目失败的重大隐患。现有研究为贯彻落实复杂产品研制过程中两条指挥线^[12]之一的技术指挥线提供了强有力的保障,但由于模型缺少对组织分解结构的映射,从而使工作分解结果弱化了另一条责任指挥线的贯彻实施。

复杂产品研制项目是一个复杂大系统,需运用复杂性理论,需基于系统思维对其进行管理。因而,在对复杂产品研制项目进行项目分解时,应基于系统观视角,从项目整体和全局考虑,不能仅从项目的本身,即可交付产物及研制过程两个方面考虑,还应考虑到执行和实现项目的组织结构。为此,本文针对复杂产品研制项目特点,基于系统观视角,提出了基于产品分解结构(PBS)、组织分解结构(OBS)、工作分解结构的三维映射项目工作分解模型,并以航天运载火箭研制项目为例演示了模型的应用。

1 3 个基本的项目分解结构

产品分解结构是面向交付成果的分解,它用于定义项目可交付的产品及产品的组成单元,确定产品中应含的功能和结构^[9]。标准产品分解结构提供了产品分解结构应包含的基本信息,是一种通用化的产品分解结构。如航天运载火箭研制项目,按产品结构层次可分为箭体结构、控制系统、动力系统、测量系统、发射支持系统等分系统,各分系统可进一步分解为子系统,继续往下可分解为部组件或单机、零件^[13]。

工作分解结构是一种以项目产出物为导向的层次化的项目工作范围,它给出了生成各个项目可交付物的项目工作分包以及它们之间的关系^[14],这些项目工作分包通常是易于管理和控制的工作包,根据项目复杂程度和项目的组织环境可以选择恰当的工作包分解粒度。标准工作分解结构提供了工作分解结构应包含的基本信息,是一种通用化的工作分解结构。如航天型号项目按研制流程,大层次为对研制项目的全生命周期分

解,依次分为项目论证阶段、方案研制阶段、初样阶段、试样阶段;小层次为对各阶段研制工作的分解,依次分为设计、生产、试验、验收等^[15]。

组织分解结构是对项目所处组织环境的一种层级描述,可用于对工作包指定责任相应的责任部门。它按照组织现有的部门、单元或团队排列,并在每个部门下列出项目作业或工作包^[16]。复杂产品研制项目的组织结构多为矩阵型结构,如航天型号研制项目实行总指挥负责制,并设有临时型号办公室,负责研制项目的总体指挥调度,各承制单位按各自职能负责相应分系统研制。

2 项目工作分解模型的形式化定义

定义 1 复杂产品 PBS 模型用元组表示为 $R_{\text{PBS}} = (P, PC, PN, PCD, PD, PT)$ 。其中, P 为 PBS 产品结构树中节点 p_{ij} 的集合, $P = \{p_{ij} \mid i, j \in \mathbf{N}\}$, i 表示节点在 PBS 中的层次, j 表示节点在第 i 层所处的位置; PC 为节点的结构关系集合, $PC = \{pc_{(i+1)k}^{ij} = (c_{ij}, c_{(i+1)k}) \mid i, j, k \in \mathbf{N}\}$, $pc_{(i+1)k}^{ij}$ 表示 p_{ij} 是 $p_{(i+1)k}$ 的父部件; PN 为节点名称集合; PCD 为节点编码集合, PCD 具有唯一性; PD 为节点交付物集合; PT 为节点工期集合。

定义 2 复杂产品 OBS 模型用元组表示为 $R_{\text{OBS}} = (O, OC, OR, ON, OCD, OCG, OCO)$ 。其中, O 为 OBS 组织结构图中节点 o_{uv} 的集合, $O = \{o_{uv} \mid u, v \in \mathbf{N}\}$, u 表示节点在 OBS 中的层次, v 表示节点在第 u 层所处的位置; OC 为节点的结构关系集合, $OC = \{oc_{(u+1)w}^{uv} = (o_{uv}, o_{(u+1)w}) \mid u, v, w \in \mathbf{N}\}$, $oc_{(u+1)w}^{uv}$ 表示 o_{uv} 是 $o_{(u+1)w}$ 的父节点; OR 为节点的职能集合; ON 为节点名称集合; OCD 为节点编码集合, OCD 具有唯一性; OCG 为节点负责人集合; OCO 为节点的外协组织。

定义 3 复杂产品 WBS 模型用元组表示为 $R_{\text{WBS}} = (W, WC, WN, WCD, WD, WT)$ 。其中, W 为 WBS 中任务节点 w_{xy} 的集合, $W = \{w_{xy} \mid x, y \in \mathbf{N}\}$, x 表示节点在 WBS 中的层次, y 表示节点在第 x 层所处的位置; WC 为节点的结构关系集合, $WC = \{wc_{(x+1)z}^{xy} = (w_{xy}, w_{(x+1)z}) \mid x, y, z \in \mathbf{N}\}$, $wc_{(x+1)z}^{xy}$ 表示 w_{xy} 是 $w_{(x+1)z}$ 的父节点; WN 为节点名称集合; WCD 为节点编码集合, WCD 具有唯一性; WD 为节点交付物集合; WT 为节点工期集合。

定义 4 复杂产品责任分配矩阵(PRM)模型用元组表示为 $PRM = (PCD, PN, PD, PT, OCD, ON, OCG, OCO)$ 。元组中,各列属性含义与上述定义相同。

定义 5 复杂产品项目工作分解结构 (PWBS) 模型用元组表示为 $WBS = (PWCD, PWN, PWD, PWT, PWBT, PWFT, OCD, ON, OCG, OCO)$ 。其中, $PWCD$ 表示项目工作编码, PWN 为项目工作名称, PWD 为项目工作交付物, PWT 为项目工作工期, $PWBT$ 为项目工作开始日期, $PWFT$ 为项目工作结束日期, OCD 为承担部门编码, ON 为承担部门名称, OCG 为承担部门负责人, OCO 为外协组织。

复杂产品标准 PBS 和标准 WBS 一般由国家标准或行业、企业标准定义并以模板形式固定,用以指导具体产品 PBS 和 WBS 的构建。对于一个确定的研发单位,组织结构形态和组织职能的设置是相对稳定的,不因研发产品的不同而不同。PRM 描述的是研制项目中某一层次产品分解结构与相应项目组织分解结构之间的对应关系。PWBS 描述的是研制项目的产品分解结构与组织分解结构、工作分解结构之间的对应关系,明确了每一个 PBS 元素的责任单位及其应完成的 WBS 元素或 WBS 元素集。

3 模型的映射原理

复杂产品研制项目的特征决定了项目工作的分解往往需要多个组织或部门、科室,甚至全体项目组成员共同参与,分解过程通常是自上而下、分

层次分块分阶段进行的。

3.1 分层次、分块、分阶段的映射原则

复杂产品按产品结构层次可逐层分解为分系统、子系统、部组件、零件。承担该产品研制的企业集团按组织结构层级可逐层分解为单位(部门)、科室、小组。复杂产品研制工作按研制流程可分解为各工作阶段,每一工作阶段可分解为粒度恰当的工作包,即工作包可以有大包、中包和小包。分层次映射是指 PBS、OBS 与 WBS 模型之间的映射在各层次横向进行。分块映射是指 PBS 与 OBS 模型之间映射在纵向进行匹配。分阶段映射是指 PRM 与 WBS 模型之间的映射依据 WBS 中的工作阶段分段进行。

在进行三维映射分解时,首先进行分层次映射,确定各层次产品与各层级组织之间的对应关系,如图 1 所示,分系统对应单位,子系统对应科室,部组件对应小组;其次进行分块映射,将相应层次的不同产品模块与不同组织部门之间进行匹配,即根据功能要求,将各分系统与各单位职能进行匹配,各子系统与各科室职能进行匹配,各部组件与各小组职能进行匹配;最后进行分阶段映射,各单位将其负责的分系统与工作阶段进行映射,各科室将其负责的子系统与某工作阶段下的相应层次所有工作包进行映射,各小组将其负责的部组件与相应层次的所有工作包进行映射。

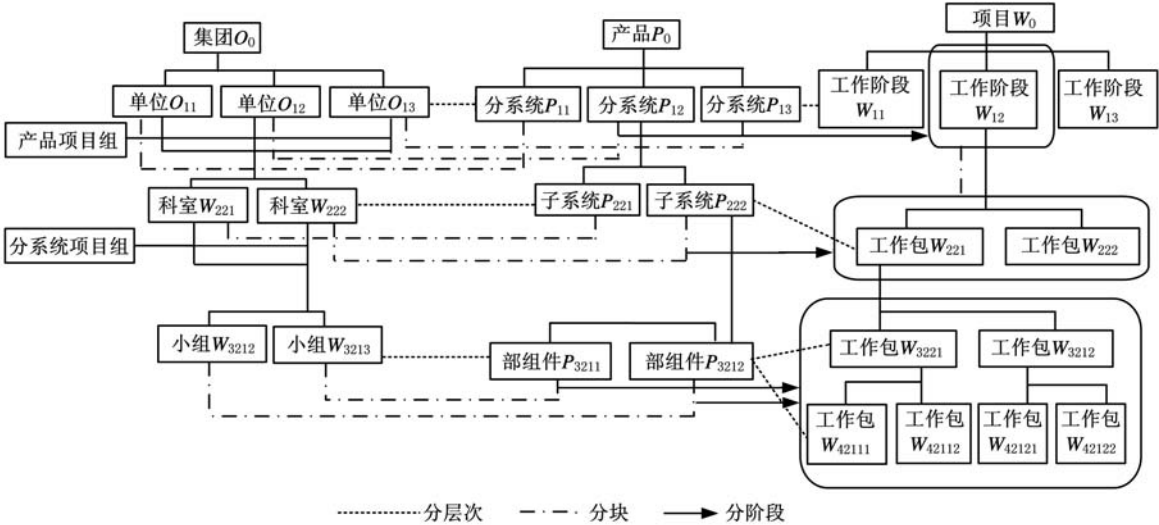


图 1 分层次、分块、分阶段映射原则示意图

一般来说,集团负责将产品分解为分系统,并将各分系统映射至各单位;各单位针对其负责的分系统进一步分解至子系统,并将各子系统映射至各科室;各科室针对其负责的子系统进一步分解至部组件,并将各部组件映射至各小组。

3.2 PBS—OBS 的映射

从 PBS 和 OBS 的笛卡儿积中选取 $R_{PBS}(p_{ij})$, PN 与 $R_{OBS}(o_{ij})$, OR 相匹配的元组,并从中选择出若干属性列组成产品责任矩阵 PRM, 记为

$$\pi_{PCD,PN,PD,PT,OCD,ON,OCG,OCO}(R_{PBS \text{ 匹配 } (R_{PBS}(p_{ij}), PN, R_{OBS}(o_{ij}), OR)})$$

R_{OBS}),其中,符号 ∞ 表示两个关系的连接,符号 π 表示投影。由承担部门负责人 OCG 根据承担的任务确定其外协组织 OCO。

3.3 PRM—WBS 的映射

由 PRM 中所有 PCD 对应的节点 p_{ij} 与 WBS 某一工作单元中相应层次的所有节点 w_{xy} 的笛卡儿积构成 PWBS 的定义域,由研发和管理人员一起对适用于 p_{ij} 的 w_{xy} 进行判断,共同确定出 PWBS 中的项目工作集合。令 PWBS 中 $PWCD=PCD_WCD_OCD$, $PWN=PN+WN$, $PWD=PD+WD$, PWT 由 PT 和 WT 共同确定, $PWBT$ 和 $PWFT$ 由 PWT 确定。

4 模型的工作流程

模型的工作流程按分层次、分块、分阶段的映射原则,先进行 PBS—OBS 映射生成 PRM,再进行 PRM—WBS 映射生成 PWBS,具体如下:

(1)根据研制产品的规模及复杂度等特征,参照行业标准 PBS、WBS 及承制单位组织结构,编制该研制项目的 PBS、WBS 和 OBS。为适应案例需要,本文假设 PBS 分为 3 个层次,由顶层产品层分解为分系统,分系统分解为子系统,子系统分解为部组件。假设 WBS 分为 4 个层次,由顶层工作层分解为工作单元,工作单元再逐层分解为大工作包、中工作包和小工作包。OBS 由顶层总研制集团到各分系统承制单位,单位到科室,科室到小组。

(2)第一层次映射,由总承制集团计划部在产品项目组的技术支持下,将产品分解为各分系统,依据分块原则,将各分系统匹配至各承制单位,即进行 PBS—OBS 映射生成第一层次产品 PRM 矩阵,依据分阶段原则,将 PRM 与 WBS 中相应工作阶段进行映射,生成第一层次项目 PWBS。

(3)第二层次映射,各承制单位计划科在分系统项目组的技术支持下,依据分块原则,将其承制的分系统分解至各子系统,并将各子系统匹配到各科室,即进行 PBS—OBS 映射生成第二层次分系统 PRM 矩阵,将分系统 PRM 与 WBS 中相应工作阶段下的所有大工作包进行映射,生成第二层次工作阶段 PWBS。

(4)第三层次映射,由各科室将其承制的子系统分解成部组件或零件,依据分块原则,将各部组件匹配到科室各小组,即进行 PBS—OBS 映射生成第三层次子系统 PRM 矩阵,将子系统 PRM 与相应工作阶段下的所有中工作包和小工作包进行映射,生成第三层次大工作包 PWBS。

依据该研制项目 PBS 和 WBS 的结构关系,将上述各层次 PWBS 连接在一起,即形成一个全面、完整的复杂产品研制项目工作分解结构。需注意的是模型层次的设定应依据具体研制项目的规模、复杂度及承制集团的组织结构而定。

5 应用案例

已知某航天运载火箭研制项目,该航天运载火箭部分 PBS 如图 2 所示,部分 WBS 如图 3 所示。该研制项目由某研究院负责,该研究院为矩阵式组织结构,设有科研计划部,并下设研究所,研究院针对该项目设有临时型号办公室(项目管理组),用于辅助科研计划部制定项目分解结构,负责该项目研制的计划、组织、协调和管理等工作。研究所为矩阵式组织结构,设有科研计划科,并下设科室,研究所针对其承制的分系统设有分系统项目管理组,用于专门负责分系统研制的计划、组织、协调和管理等工作。已知该研究院下设一所、二所及三所,分别负责箭体结构、动力系统和控制系统的研制。

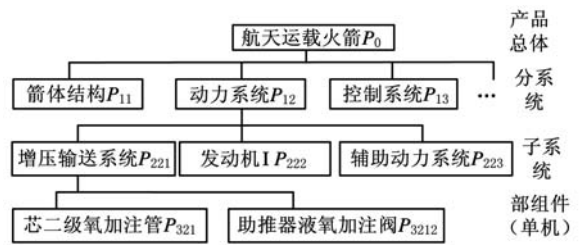


图 2 航天运载火箭部分 PBS

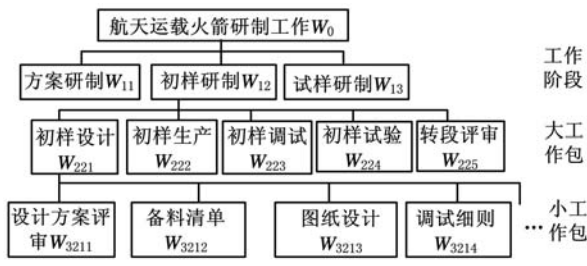


图 3 航天运载火箭部分 WBS

运用上述模型进行项目工作分解,具体步骤如下:

(1)院科研计划部在型号办的协助下,参照标准 PBS 和 WBS,编制该型号研制项目的第一层次 PBS 和 WBS,进行 PBS—OBS 映射,根据各研究所的职能,生成第一层次产品 PRM,如表 1 所示。进行 PRM—WBS 映射,生成第一层次项目级 PWBS,如表 2 所示。

表 1 航天运载火箭 PRM

PCD	PN	PD	PT	OCD	ON	OCG	OCO
P ₁₁	箭体结构	...	...	O ₁₁	一所	...	外协单位一
P ₁₂	动力系统	...	...	O ₁₂	二所	...	外协单位二
P ₁₃	控制系统	...	...	O ₁₃	三所	...	外协单位三
...

表 2 航天运载火箭 PWBS

PWCD	PWN	PWD	PWT	PWBT	PWFT	OCD	ON	OCG	OCO
P _{11_} W _{12_}	箭体结构	...	...	...	...	O ₁₁	一所	...	外协
O ₁₁	初样研制								单位一
P _{12_} W _{12_}	动力系统	...	...	...	...	O ₁₂	二所	...	外协
O ₁₂	初样研制								单位二
P _{13_} W _{12_}	控制系统	...	...	...	...	O ₁₃	三所	...	外协
O ₁₃	初样研制								单位三
...

(2) 限于篇幅,本案例仅对动力系统的初样研制进行分解和映射。根据分层次、分块映射原则,由承制动力系统的二所科研计划科,在其分系统项目组的技术支持下,参照标准 PBS 和标准 WBS,对动力系统进行第二层次产品分解和工作分解,生成分系统级 PBS 和初样研制 WBS。进行 PBS—OBS 映射,生成分系统级 PRM,如表 3 所示。进行 PRM—WBS 映射,生成工作阶段级 PWBS,如表 4 所示。

表 3 动力系统 PRM

PCD	PN	PD	PT	OCD	ON	OCG	OCO
P ₂₂₁	增压输送系统	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	外协单位一
P ₂₂₂	发动机 I	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	外协单位二
P ₂₂₃	辅助动力系统	...	...	O ₂₂₃	三科室	...	外协单位三
...

表 4 动力系统 PWBS

PWCD	PWN	PWD	PWT	PWBT	PWFT	OCD	ON	OCG	OCO
P _{221_} W _{221_}	增压输送系	...	...	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	外协
O ₂₂₁	统初样设计								单位一
P _{221_} W _{222_}	增压输送系	...	...	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	外协
O ₂₂₁	统初样生产								单位二
P _{221_} W _{223_}	增压输送系	...	...	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	外协
O ₂₂₁	统初样测试								单位三
P _{221_} W _{224_}	增压输送系	...	...	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	...
O ₂₂₁	统初样试验								
P _{221_} W _{225_}	增压输送系	...	...	...	...	O ₂₂₁	一科室	...	...
O ₂₂₁	统转段评审								
P _{222_} W _{221_}	发动机 I	...	...	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	...
O ₂₂₂	初样设计								
P _{222_} W _{222_}	发动机 I	...	...	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	...
O ₂₂₂	初样生产								
P _{222_} W _{223_}	发动机 I	...	...	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	...
O ₂₂₂	初样调试								
P _{222_} W _{224_}	发动机 I	...	...	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	...
O ₂₂₂	初样试验								
P _{222_} W _{225_}	发动机 I	...	...	...	...	O ₂₂₂	二科室	...	...
O ₂₂₂	转段评审								
...

(3) 各科室仅对其负责的子系统进行分解和映射,本案例仅对增压输送系统的初样设计工作包进行分解和映射。由负责研制增压输送系统的一科室,参照标准 PBS 和标准 WBS,对增压输送系统进行第三层次产品分解和工作分解,生成子系统级 PBS 和作业级 WBS。进行 PBS—OBS 映射,生成子系统级 PRM,如表 5 所示。进行 PRM—WBS 映射,生成大工作包级 PWBS,如表 6 所示。

表 5 增压输送系统 PRM

PCD	PN	PD	PT	OCD	ON	OCG
P ₃₂₁₁	芯二级氧加注管	...	...	O ₃₂₁₁	一科室 一小组	...
P ₃₂₁₂	助推器液氧加注阀	...	...	O ₃₂₁₂	一科室 二小组	...

表 6 增压输送系统 PWBS

PWCD	PWN	PWD	PWT	PWBT	PWFT	OCD	ON	OCG
P _{3211_} W _{3211_}	芯二级氧加注管初样设计方案评审	...	...	...	...	O ₃₂₁₁	一科室一小组设计员	...
P _{3211_} W _{3212_}	芯二级氧加注管初样备料清单	...	...	...	...	O ₃₂₁₁	一科室一小组设计员	...
P _{3211_} W _{3213_}	芯二级氧加注管初样图纸设计	...	...	...	...	O ₃₂₁₁	一科室一小组设计员	...
P _{3211_} W _{3214_}	芯二级氧加注管初样调试细则	...	...	...	...	O ₃₂₁₁	一科室一小组设计员	...
...
P _{3212_} W _{3211_}	助推器液氧加注阀初样设计方案评审	...	...	...	...	O ₃₂₁₂	一科室二小组设计员	...
P _{3212_} W _{3212_}	助推器液氧加注阀初样备料清单	...	...	...	...	O ₃₂₁₂	一科室二小组设计员	...
P _{3212_} W _{3213_}	助推器液氧加注阀初样图纸设计	...	...	...	...	O ₃₂₁₂	一科室二小组设计员	...
P _{3212_} W _{3214_}	助推器液氧加注阀初样调试细则	...	...	...	...	O ₃₂₁₂	一科室二小组设计员	...
...

至此便完成该航天运载火箭项目工作分解。可以看出该项目工作分解结构分三级完成,分别由总负责研究院(总体所)、各承制研究所及其下属科室共同参与完成。

实际上,表 6 中第 2 至第 6 列是该案例的二维分解结果。相比之下,二维分解不能明确责任主体,三维分解由于将产品、工作和组织视作一个整体,能够给出产品分解结构、工作分解结构与组织分解结构的对应关系,从而能清晰地分析出项目的层级,有效地确定项目的产品范围、工作范围、工作和产品的相关组织或人员及其相关责任范围,为构建有效的项目控制帐户提供了方法支持和工作基础。

6 结束语

本文基于系统观视角,结合复杂产品研制项目特征,提出了从 PBS、OBS、WBS 三个维度构建复杂产品研制项目工作分解结构的模型。模型按分层次、分块、分阶段的映射原则,通过 PBS—OBS 的映射,生成产品责任分配矩阵(PRM),继而通过 PRM—WBS 的映射,生成复杂产品研制项目工作分解结构(PWBS),将项目工作分解结构与项目组织结构相整合,从而使项目组织涉及的所有承制单位、部门及科室,直至研制项目组所有成员都能明确各自所要做的工作、责任及相关产出物,为复杂产品研制项目贯彻实施责任指挥线提供了保证,同时也为这类项目运用挣值管理原理进行成本—进度的集成管理提供了基础。该模型运用系统观思维,将项目与实现项目的组织看作一个整体,体现了项目分解的全面性、整体性和系统性,为复杂性项目管理提供了基础。此外,该模型给出了形式化的定义,便于计算机编程实现。

本文重点针对航天工业系统的组织结构和复杂产品提出了三维映射工作分解模型。该模型同样可以应用到其他复杂的组织结构或流程,只要明确组织结构的层次性及其各节点的职能,即可根据具体项目的规模、复杂度及项目组织结构来设定模型层次。

参考文献:

- [1] Mansuy J. Work Breakdown Structure: A Simple Tool for Complex Jobs[J]. Cost Engineering, 1991, 3(12):15-18.
- [2] Rad P F. Advocating a Deliverable—oriented Work Breakdown Structure[J]. Cost Engineering, 1999, 41(12):35-39.
- [3] Grove C, Hallowell W, Smith C A. Parallel WBS for International Projects[J]. PM Network, 1999(3):37-42.
- [4] Haugan Gregory T. Effective Work Breakdown Structures[M]. New York: Management Concepts Inc., 2002.
- [5] Indelicato Greg. Work Structures for Projects, Programs and Enterprises[J]. Project Management Journal, 2009, 40(1):136.
- [6] 皮亚凤. 航天型号研制工作分解结构(WBS)编制研究[J]. 华北航天工业学院学报, 2006, 16(3):1-3.
Pi Yafeng. Study on Spaceflight Model Work Breakdown Structure(WBS)[J]. Journal of North China

Institute of Astronautic Engineering, 2006, 16(3):1-3.

- [7] 金鑫. 航天型号项目工作结构分解模型及应用方法研究[J]. 航天工业管理, 2007(12):33-36.
Jin Xin. Study on the Decomposition Model and Application of Spaceflight Project Work Breakdown Structure[J]. Aerospace Industry Management, 2007(12):33-36.
- [8] 何恒, 邓家提. 支持复杂产品研发的 WBS[J]. 航空制造技术, 2009(12):74-78.
He Heng, Deng Jiati. WBS Supporting Complex Product Development[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(12):74-78.
- [9] 何苗, 杨海成, 敬石开. 基于产品分解结构的复杂产品工作分解技术研究[J]. 中国机械工程, 2011, 22(16):1960-1964.
He Miao, Yang Haicheng, Jing Shikai. Decomposition Method of WBS Based on PBS for Complex Products[J]. China Mechanical Engineering, 2011, 22(16):1960-1964.
- [10] 美国项目管理协会. 项目管理知识体系指南[M]. 王勇, 张斌, 译. 4 版. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [11] 美国项目管理协会. 工作分解结构实施标准[M]. 强茂山, 陈平, 译. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [12] 李福昌. 运载火箭工程[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2002.
- [13] 国防科学技术工业委员会. QJ3121—2000 航天产品项目工作分解结构[S]. 北京: 中国航天标准化研究所, 2000.
- [14] 戚安邦. 项目管理学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [15] 国防科学技术工业委员会. QJ3133—2001 航天产品项目阶段划分和策划[S]. 北京: 中国航天标准化研究所, 2001.
- [16] 吴宗宁, 王松江. 工程项目管理中工作分解结构—责任—资源模型的研究[J]. 项目管理技术, 2008, 6(6):68-71.
Wu Zongning, Wang Songjiang. Study on the Model of Work Breakdown Structure—Responsibility—Resource for Engineering Project Management[J]. Project Management Technology, 2008, 6(6):68-71.

(编辑 袁兴玲)

作者简介: 戴育雷, 男, 1962 年生。南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生, 北京临近空间飞行器系统工程研究所研究员。主要研究方向为研发项目管理。李 南, 女, 1956 年生。南京航空航天大学经济与管理学院教授、博士研究生导师。杨 莉, 女, 1977 年生。南京中医药大学经贸管理学院讲师、博士。