

突发事件下大型客机“主—供”模式 协同研制进度管理研究

王翥华,张万龙

(金陵科技学院商学院,江苏 南京 211169)

摘要:大型客机研制是一项复杂的系统工程,主要采用“主制造商—供应商”协同研制模式,主制造商和供应商共担研发成本和风险。当协同研制过程中发生突发事件时,进度计划的优化调整成为需要解决的首要问题。从进度计划管理的角度,对大型客机协同研制进程中的突发事件及其可能导致的风险进行识别,利用“S”曲线图分析法和横道图比较法对实际进度进行调整,以有效应对突发情况,降低风险,减少损失。

关键词:大型客机;协同研制;突发事件;进度管理

中图分类号:F426;C935

文献标识码:A

文章编号:1673-131X(2021)03-0048-07

大型客机作为复杂产品的代表,已成为国家经济实力的象征,也是建设制造强国的一个重要突破口。大型客机研制具有集成性、分布性、异构性和协同性等特点,仅由一个国家或企业自行研制不符合产品研制规律,“主制造商—供应商”协同研制模式(以下简称“主—供”模式)现已受到国内外大型客机制造企业及相关部门的高度重视,并被广泛采用。在这一模式下,主制造商既要集中资源完成分属自身的工作任务,更要从项目顶层管理角度出发,依据项目的时间节点、任务节点,组织和协调供应商按照总目标完成各自产品的设计定型、试验验证、生产交付和客户服务等工作,本质是将主制造商和众多供应商的资源统筹起来形成供应链网络,风险共担、利润共享,主制造商以全局掌控者姿态实现产品全生命周期管理。大型客机协同研制过程中可能会遇到各类突发事件,这些事件会给协同研制进度管控带来众多风险。探索突发事件下的进度管理方法,可为大型客机协同研制进度管控提供支持。

一、文献回顾

近年来,国内外研究者对复杂产品协同研制进度规划及其风险进行了较为深入的研究。李蒙等基于贝叶斯网络对复杂工程项目进度风险进行Monte-Carlo模拟,运用非概率抽样方法识别出主要风险因素^[1];杨旭和沈莲军进行了复杂产品系统研发项目组织风险评估的研究,将风险分为政策因素、经济因素、市场因素、资源能力因素、技术因素和组织协调因素等^[2-3]。计划进度与实际进度之间的差异测算与协调是项目进度管理的研究热点。马国丰等总结了项目进度管理较常用的方法,如列表比较法、前锋法、香蕉曲线法、甘特图法等^[4];陆绍凯等研究了固定资源约束下的网络计划进度优化方法,提出通过关键路线的转移来进行工期进度的优化^[5];陈天奇利用已有的辅助信息,对基于特征的矩阵分解模型进行了更加准确的模型预测^[6];李昀利用案例阐述了供应链对民用飞机项目进度的影响^[7];张楠对供应商参与复杂产品开发情境下的供应链风险进行识别与评估,从供应链的角度研

收稿日期:2021-05-22

基金项目:国家自然科学基金项目“考虑‘能力—态度—环境’的大型客机协同研制供应链风险复杂网络演化与管控研究”(71502073);金陵科技学院“科教融合”项目“复杂产品协同研制供应链进度规划风险影响因素研究”(2020KJRH09)

作者简介:王翥华(1977-),女,辽宁灯塔人,副教授,博士,主要从事供应链管理、群决策理论与方法等研究。

究新产品开发过程中可能出现的问题^[8]。在项目进度管理中,通常要将项目进行WBS工作分解。在项目作业调度和排程问题方面,He等研究了考虑多问题的启发式算法^[9];初梓豪等研究了有活动重叠的资源受限项目的多目标柔性作业车间排程问题^[10];Kim等研究了具有设置时间的并行机器排程问题,通过建立整数线性规划模型解决了资源受限项目调度问题^[11];Chen等研究了一类具有非平衡非对称生产系统的过程柔性设计问题^[12];Shi等研究了稀疏柔性结构在多周期生产系统中的有效性^[13];Gao等用供应链恢复时间法分析供应链扰动风险指数,研究了扰动发生后如何动态调整库存的应对策略^[14];谢乃明等提出了一种云平台主导的集成调度模式^[15]。

文献调研表明,现有进度规划模型主要涉及不确定性项目进度规划、项目资源配置、项目调度鲁棒性问题等方面,在考虑风险的进度规划、结合供应链结构的项目调度和协同视角下项目进度规划及管控等方面都取得了丰硕的成果,但现有研究较少涉及研制进程中突发事件的影响及进度调整问题。本文通过对大型客机协同研制过程中的突发事件进行识别,利用“S”曲线图分析法^[16]和横道图比较法对突发事件下大型客机协同研制进度的调整与优化进行研究,以更好地应对突发情况,降低研制风险和成本。

二、进度计划调整方法选择

(一)“S”曲线图分析法

“S”曲线图分析法是指用纵坐标代表时间,横坐标代表累计完成任务量,绘制出完成任务量与时间关系的“S”曲线图,从而比较计划进度与实际进度之间的差异。对于大部分复杂项目而言,单位时间内已经完成的工作的占比或工作量,在曲线图中会呈现出“中间大、两头小”的分布趋势,累加工作量即可获得近似“S”形的曲线。通过对“S”曲线进行深入分析,可以了解实际进度与计划进度之间的差异,掌握项目的实际进度及状态;结合曲线图中计划进度与实际进度曲线上的点的位置,可以分析进度的滞后或超前情况,研究进度偏差情况,确定进度偏差值并进行进度预测。

(二)横道图比较法

横道图比较法是以直观的方式反映项目计划

进度与实际进度之间存在的差异,具体是将实际进度以横道图线的方式绘制,以此与计划进度进行对比。根据速度的不同,横道图可分为匀速横道图和变速横道图两种。匀速横道图比较法通常适用于在特定的时间段内完成相同的工作量,使用前提为工作匀速开展,但在实际项目管理中很难出现这一情况;变速横道图可以满足大部分情况下的测量需求,能够对比实际进度与计划进度之间的差异,可以了解各个周期内的实际进度,通过分析实际进度与计划进度的偏差并结合实际情况,可再次利用横道图对进度计划进行调整。

三、大型客机协同研制突发事件风险因素及进度调整方法

(一)突发事件风险因素分析

大型客机项目是国家战略性工程项目,具有极强的产业带动能力,是众多优势供应链的集成,更是一国国力和科技创新能力的体现。我国大型客机项目发展时间较短,关键系统技术较欠缺,管理经验积累不够,导致主制造商在研制过程中面临各种技术和管理难题,他国出于政治目的的垄断、排挤等行为也加大了我国大型客机协同研制过程中进度规划与管控的难度,不合理的应对可能使研制前功尽弃。我国大型客机协同研制面临严峻的国际形势,受市场、技术和政治行为的影响,这些因素甚至直接关系到项目的成败。影响大型客机协同研制的因素主要包括资金短缺、政策变化、信息网络安全、供应链中断、技术变更和不可抗力等突发事件,实质是众多因素的集聚和关键环节的缺陷。

1. 资金短缺。大型客机研制周期长,技术含量高,所需投资巨大,超长的研制周期意味着无法在短期内通过市场收回投资。当前科学技术发展迅猛,大型客机相关产品的更新换代也不断加快,每一代新产品的研发都需要巨额资金,所需研发时间和研发资金都难以准确预估,常规投资主体很难承受如此高昂的风险贷款,容易导致常态性或突发性资金短缺情况的发生。“运十”项目被迫搁置的重要原因之一就是后续研制所需资金短缺。

2. 政策变化。一些国家政府或组织出于政治、贸易等方面的非正常原因,会迫使本国供应商(特别是发动机和系统件供应商等)对我国大型客机协同研制实施技术、产品和服务封锁,通过设置技术

和贸易壁垒,致使协同研制进度延缓、成本加大、质量降低甚至被迫终止。大型客机最核心的部件——发动机会在较大程度上受到国际形势的影响,我国在与供应商积极合作的同时应加快发动机研制进程,以防面临研制被迫中断的巨大风险。

3. 信息网络安全。信息网络是大型客机研制的重要支撑,是主制造商联系供应商的纽带和桥梁,大型客机研制均严格按照国际民航安全的适航标准和规范进行,拥有严密的网络安全方案规划和部署。信息网络安全标准、信息安全技术、管理制度规范和信息安全维护队伍等是大型客机协同研制体系安全稳定运行的保障。协同研制相关信息的泄露源和泄露时间等均无法准确预料,任何人为破坏、保密制度漏洞或缺失、信息系统安全策略不当等均会导致研发信息外泄、信息管理失控等问题,从而对项目进程造成致命影响。

4. 供应链中断。大型客机的顺利研制,需要数以万计的各级供应商与主制造商协同合作。多层级的供应链交互形成网状结构,一旦某一环节突然发生问题,必将导致整个供应链网络断裂,大型客机的研制必将受到阻碍。

5. 技术变更。工艺、工序、设计的技术变更在大型客机项目协同研制过程中时有发生。当发现某部件设计有不合理的地方需要更改时,技术更改对部件的后续研制进度必将产生不同程度的影响,使该部件或项目无法按正常进度计划完成,进而影响到大型客机研制的顺利开展。此外,如果在客户使用或者技术迭代优化过程中发现重大设计制造技术事件,会对已交付产品的正常使用和在制产品的正常生产产生较大影响,可能造成持续的大面积退订、退货或者改型,必将对大型客机的研制造成影响。

6. 不可抗力。不可抗力是合同订立时不能预见、不能避免且不能克服的客观情况,包括自然灾害、政府行为、社会异常事件等。例如,2011 年 3 月 B787 项目的日本供应商受大地震带来的东京大面积停电影响,工人无法正常生产,直接导致尾翼和机身零部件供应出现困难,拖延了项目研制进程,造成了巨额损失。

(二)突发事件对大型客机协同研制进度计划影响的风险评估

1. 建立评分标准。在评估风险时,应注重分析事件出现的概率及其所带来的影响。根据不同突

发事件发生的概率以及影响程度的不同,可以将项目所面临的风险划分为以下五个级别:重大影响(E)、较大影响(D)、中等影响(C)、较小影响(B)和微小影响(A)。为了准确地进行比较,对不同的风险等级设立不同的评分标准,如表 1 所示:

表 1 风险级别评分标准

风险等级	风险概率	评分标准
A	0%~20%	2
B	21%~40%	4
C	41%~60%	6
D	61%~80%	8
E	81%~100%	10

将突发事件所带来的影响作为纵坐标,突发事件发生概率作为横坐标,构建风险判别矩阵(图 1),图 1 中左下角位置代表的是影响以及发生概率均相对较小的突发事件。

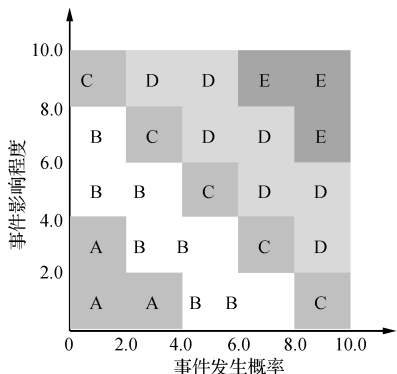


图 1 风险判别矩阵

2. 确定指标权重。为更合理地确定各因素的指标权重,采用两两比较法构建判断矩阵并进行一致性检验,最终求得指标权重^[17]。

(三)大型客机协同研制进度计划调整方案

1. 进度超前时的调整方案。尽管进度超前不会出现工期延滞的情况,但大幅度的进度超前会打乱供应链网络资源原有的配置。为了保障项目的顺利开展,需要对项目资源进行重新配置或者利用横道图法等方法重新制定进度计划。

2. 进度滞后的调整方案。(1)增加工作人员工作时间。这种方式可以在一定程度上确保项目按进度计划顺利开展,但可能需要支付加班费等额外费用,使成本增加,并且随着工作时间延长,工作效率也可能会下降。(2)替换原有供应商。协同研制项目中供应商是重要组成部分,因此供应链管理是重中之重。一旦发生某供应商不能按时交付产品或由于技术问题等原因导致供应链断裂时,可以考

虑更换供应商。但由于航空工业的特殊性,供应商门槛高,更换难度较大,培养新供应商的周期较长。(3)转变工作方式,从整体上提升实际工作效率。工作效率的提升不但能使研发时间缩短,还能使工期压力减小。但这一方法也存在缺点,操作不当可能导致成品质量水平降低。(4)降低项目要求。如果项目进度难以符合预期要求,那么可以在一定程度上降低产品的质量要求或性能要求,但这种方法可能导致产品达不到原有要求。

在大型客机项目的进度管理过程中,各级供应商可以结合项目的实际进展情况调整自身实际需求和研制条件。在对工作方案进行改进时,应注重加强与上游供应商之间的交流,共同确定最佳方案。需要注意的是,无论何种方案都难以避免风险的发生,因此在制定项目方案时应注重加强主制造商、供应商、客户三者之间的信息共享。

四、案例分析

(一)案例背景

我国研制的 C919 大型客机使用由“CFM 国际”研发的 LEAP-1C 发动机。“CFM 国际”是法国赛峰和美国通用电气的合资企业。2014 年,美国政府正式同意将 LEAP-1C 发动机出口给我国。2019 年 3 月,美国政府再一次发放了相关许可。但受中美贸易摩擦的影响,美国曾考虑阻止向我国出口 LEAP-1C 航空发动机。2020 年 2 月,美国部分政府官员曾商讨是否拒绝对“CFM 国际”发放针对中国的出口许可,尽管后来没有拒绝发放许可,但这依旧是一个很大的问题。假如美国禁止向我国出口 LEAP-1C 航空发动机,那么必然会对我国大型客机研制造成极大影响,考虑到这种特殊情况,我国制定了大型客机的针对性研制计划。此事件属于常见的“政策变化”突发事件,即由美国对我国政策的改变导致研制进程受阻。这一事件涉及的发动机是大型客机的关键部件,发动机出现突发问题会影响到整机的研制进度,可以通过重新编制进度计划来解决这一问题。首先,用“S”曲线图法预测大型客机发动机项目可能完成的时间;然后,根据预测时间用横道图法重新编制进度计划。

(二)大型客机协同研制突发事件风险因素评分

为了分析上文列举的六种突发事件对大型客

机协同研制的影响程度,本文采用德尔菲法构建判断矩阵(表 2),并进行一致性检验。

表 2 判断矩阵

A	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
X ₁	1	5	1/2	3	1/2	1/3
X ₂	1/5	1	1/2	2	1/4	1/4
X ₃	2	2	1	2	1/2	1/2
X ₄	1/3	1/2	1/2	1	1/2	1/2
X ₅	2	4	2	2	1	1/4
X ₆	3	4	2	2	4	1

通过计算得到上述判断矩阵的最大特征值及其对应的特征向量: $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^6 \frac{(AW)_i}{W_i} = 6.544$,
 $W = (0.156 \ 0.076 \ 0.155 \ 0.080 \ 0.198 \ 0.336)^T$,
一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.108 \ 8$,其中 $n = 6$,据

表 3 可知 $RI = 1.24$,由一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} \approx 0.087 \ 7$ (小于 0.1),得到判断矩阵满足一致性要求。通过计算获得六种突发事件的相对重要程度,最后得到六种突发事件的风险评估权重表,如表 4 所示。

表 3 平均随机一致性指标 RI 标准值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

表 4 六种突发事件风险评估权重

资金短缺(X ₁)	政策变化(X ₂)	信息网络安全(X ₃)	供应链中断(X ₄)	技术变更(X ₅)	不可抗力(X ₆)
0.2	0.35	0.05	0.2	0.1	0.1

采用德尔菲法给出风险评分,并用线性加权法计算总风险值。总风险值 = \sum 评估权重 \times 风险评分,计算结果如表 5 所示。

表 5 六种突发事件的风险值

突发事件	风险评分	评估权重	风险值
资金短缺	1.77	0.20	0.354
政策变化	5.54	0.35	1.939
信息网络安全	3.08	0.05	0.154
供应链中断	6.61	0.20	1.322
技术变更	3.02	0.10	0.302
不可抗力	3.83	0.10	0.383
总风险值	—	—	4.454

由表 5 可知,总风险值为 4.454,根据表 1,总风险等级介于 B(较小影响)和 C(中等影响)之间。

进一步将风险值排序,可得出突发事件风险值由高到低分别为政策变化、供应链中断、不可抗力、资金短缺、技术变更、信息网络安全。从排序不难看出,目前政策方面的风险是大型客机协同研制中的最主要风险,此外,与供应链相关的管理风险同样也会对项目的开展造成较大影响,需要重点研究应对方法。其他突发事件风险较低,可适当给予关注,做好应急预案。

(三)案例项目进度计划调整及其结果分析

风险评估后可用“S”曲线图分析法来预测未来的大型客机发动机项目进度计划走向,如图 2 所示:

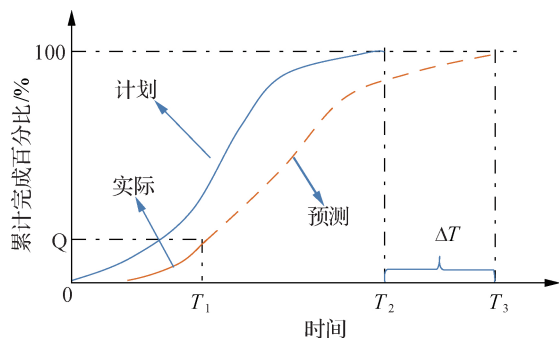


图 2 大型客机发动机项目“S”曲线

图 2 中的 T_1 时间点代表的是美国停止对我国出口大型客机发动机的时间, T_2 表示计划的发动机研制预期完成时间, T_3 则为风险发生后预测的发动机研制预期完成时间, ΔT 表示进度偏差时间。在 T_1 时间点之后,所有有关发动机的工作都可能会被中止,大型客机发动机研发人员应采取紧急措施,加紧自主研发大型客机发动机,如我国自主研发的 CJ-1000A 民用大涵道比涡扇发动机全面对标 C919 项目第一阶段的进口发动机;或者寻找其他发动机供应商,英国、法国、俄罗斯等国都有相应的技术储备。不管是自行研发还是寻找替代者都需要时间,预测的发动机研制实际完成时间可能就是 T_3 时间点,进度偏差时间 $\Delta T = T_3 - T_2$ 。最后,根据 T_3 时间点,利用横道图重排发动机后续工作的进度计划。调整前大型客机发动机项目横道图如图 3 所示;调整后大型客机发动机项目横道图如图 4 所示, T_3 表示风险发生后预测的发动机研制预期完成时间,即后续项目被迫中止而采取各种应对措施后的恢复时间,总装和试飞的进度计划则根据发动机研制的实际进度进行了调整和优化(压缩和顺延)。

工作名称		时间	进度						
			t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
发动机相关工作		T_2	<div> <div style="width: 100%; height: 10px; background-color: blue;"></div> <div style="width: 100%; height: 10px; background-color: orange;"></div> </div> 计划进度 T_2 实际进度 T_3						
后续工作	总装	T_4							
	试飞	T_6							
	适航取证	T_7							
							

注: t_i 为项目相关工作所需时间,下同。

图 3 调整前的大型客机发动机项目横道图

工作名称		时间	进度						
			t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7
发动机相关工作		T_3	<div> <div style="width: 100%; height: 10px; background-color: orange;"></div> </div> 实际进度 T_3						
后续工作	总装	$T_{4.5}$							
	试飞	$T_{6.5}$							
	适航取证	T_7							
							

图 4 调整后的大型客机发动机项目横道图

五、对策与建议

我国大型客机协同研制正处于关键阶段,其部件、系统极多且供应链网络复杂。为了保证大型客机项目的正常运行,在突发事件来临时能及时有效应对,就需要做好进度计划优化调整预案,这是保障项目顺利实施、降低风险的有效手段。本文以大型客机协同研制项目为主要研究对象,从进度计划管理的角度指出,对进度计划进行调整时应先识别进度偏差程度和偏差工作,提出突发事件下根据偏差情况采用“S”曲线图分析法和横道图比较法来制定新的进度计划和优化调整的方法,并以LEAP-1C发动机事件为例进行研究,根据研究结果提出三方面对策建议。

(一)采取多种方法降低政策风险

研究表明,政策因素是大型客机协同研制最大的风险因素。大型客机制造国际合作的“主—供”模式对波音、空客等成熟的客机制造公司来说并无问题。制造一架波音747所需要的400多万个零部件是由65个国家1500个大企业和15000个中小企业提供的;空客A380项目与约120个重要供应商和行业合作伙伴签订了200多份重要合同。纵观波音、空客的发展历程,它们的“主—供”模式实质是本国航空工业基础能力、技术、经济与管理等历经长期摸索累积后的“最优实现”,而我国暂时不具备这种能力和现实条件。在我国大型客机协同研制中,关键性的分系统大多由国外分包商承制。如果分系统过多地依靠美国和欧洲国家,当发生突发事件后找不到其他国家或自己的可替代方案,则是把大型客机制造的“命运”交到他人手中。在目前阶段,可采用具有竞争思想的模块化设计理念,将具有合格供应商资格的分系统制造公司列入候选供应商名单,与至少2家不同(地缘、政治等不同)的供应商签订战略合作协议,适当分摊工作,互为备份以确保安全供应,并全力培育本国供应商。这样即使一个公司由于政治因素断供,候选公司也可以随时接替,以确保整机能正常生产和如期交付。

(二)采取灵活有效的供应商管理策略

波音公司成功的原因是其供应链全球化发展的成功。供应商的选择是极具风险的战略决策,波音公司建立了供应商选择的严苛而全面的标准和流程,注重合作伙伴当前的研制能力、管理水平以

及供应商成长性的评价,关注供应商技术研发实力、零部件加工经验与能力、工艺质量管理水平等常规性指标,重视其未来发展潜力,供应商的财务安全性、企业治理结构等也是关注的要点,这些都是为了确保整个波音供应链体系的稳定。波音公司选择供应商的做法值得借鉴,同时,供应商所在国的政治、经济、社会、地理、交通等宏观环境要素也应纳入评价分析范畴。这种全方位全流程的评估,可以确保供应商既具有实力,又具有可合作性。此外,还应关注供应商的过程管理能力。基于过程的管理就是将所有产品的研制过程有条理地开发、组织和集成到一个标准的模板里,以便于全链条企业共享信息、规范标准。如果不按标准、流程生产,就会增加过程的不确定性,从而带来质量的不稳定性和潜在的风险。

(三)实施精细化的风险管控措施

根据项目不同研制阶段,基于“S”曲线图分析法和横道图比较法对进度计划进行细分,安排不同层级的管理人员针对不同周期制定出阶段性目标,并对具体工作安排进行分解,制定出详细的工作计划表。在这个过程中,相关人员需要科学应对突发事件,对事件发生后工作时间的调整进行合理的估算,并对产生的损失进行精确的测算,同时,还要为后续工作留有一定的余地。供应中断所造成的级联效应不容小觑,对其他供应商和客户的信心重振是重中之重。主制造商与其他备选供应商对接时,需要具体考虑不同供应商的研制能力和水平,加大监管、帮扶供应商的力度,严格监督研制进度以及组织管理进度,确保各个子系统的实际研究任务能够按照原定计划完成;加强交流沟通,确保关键技术能够共享;提高对突发事件的预测能力,制定科学的应急预案,防止同类事件反复发生。

参考文献:

- [1] 李蒙,张云波. 基于贝叶斯网络的复杂工程项目进度风险 Monte-Carlo 模拟[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2012(3):98-101
- [2] 杨旭. 关于某型民机飞行试验项目的风险管理研究[D]. 上海:上海交通大学,2018
- [3] 沈莲军. 复杂产品系统研发项目组织风险评估研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2010
- [4] 马国丰,陈强. 项目进度管理的研究现状及其展望[J]. 上海管理科学,2006(4):70-74
- [5] 陆绍凯,武振业. 固定资源约束下的网络计划进度优化

- 方法研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2005(4): 88 - 92
- [6] 陈天奇. 基于特征的矩阵分解模型[D]. 上海: 上海交通大学, 2013
- [7] 李昀. 浅析民用飞机供应链问题对项目进度的影响[J]. 科技视界, 2018(23): 272 - 273
- [8] 张楠. 供应商参与复杂产品开发情境下的供应链风险识别与评估——基于装备制造企业的分析[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2017
- [9] He Q C, Chen Y J. Revenue-maximizing pricing and scheduling strategies in service systems with flexible customers[J]. Operations Research Letters, 2018(1): 134 - 137
- [10] 初梓豪, 徐哲. 活动重叠对缩短资源受限项目工期有效性研究[J]. 系统工程理论与实践, 2019(9): 2388 - 2397
- [11] Kim H J, Boros E. Bounds for parallel machine scheduling with predefined parts of jobs and setup time[J]. Annals of Operations Research, 2018(1 - 2): 401 - 412
- [12] Chen X, Ma T, Zhang J. Optimal design of process flexibility for general production systems[J]. Operations Research, 2019(2): 516 - 531
- [13] Shi C, Wei Y, Zhong Y. Process flexibility for multi-period production systems[J]. Operations Research, 2019(5): 1300 - 1320
- [14] Gao S Y, Simchi-Levi D, Teo C P, et al. Disruption risk mitigation in supply chains: the risk exposure index revisited[J]. Operations Research, 2019(3): 831 - 852
- [15] 谢乃明, 吴乔, 郑绍祥. 面向云平台中心化集成调度的跨供应商订单分配模型[J]. 控制与决策, 2020(3): 667 - 676
- [16] 孙永伟, 谢尔盖·伊克万科. TRIZ: 打开创新之门的金钥匙: I [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 171 - 234
- [17] 朱建军, 王梦光, 刘士新. AHP 判断矩阵一致性改进的若干问题研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007(1): 18 - 22

(责任编辑: 唐银辉)

Research on the Schedule Management of Collaborative Development of Main Manufacturer-Supplier Mode for Large Passenger Aircraft under Emergencies

WANG He-hua, ZHANG Wan-long

(Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: The development of large passenger aircraft is complex system engineering. The collaborative development mode of main manufacturer-supplier is mainly adopted, in which the manufacturer and the supplier share research and development costs and risks. When emergencies occur in the process of collaborative development, the optimization and adjustment of schedule becomes the first problem to be solved. From the perspective of schedule management, the emergencies and possible risks in the collaborative development process of large passenger aircraft are identified, and S curve analysis method and the transverse chart comparison method are used to optimize and adjust the actual progress in order to effectively respond to emergencies and reduce risks and losses.

Key words: large passenger aircraft; collaborative development; emergency; schedule management