

不同复杂性条件下的项目综合优化研究

何清华^{1,2}, 陆云波^{1,2}, 李永奎^{1,2}, 罗 岚^{1,2}, 任俊山^{1,2}

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 同济大学 复杂工程管理研究院, 上海 200092)

摘要: 项目的复杂性管理已成为项目管理中的重要组成部分, 对大型复杂项目的成功至关重要。本文基于以隐性工作表示的项目复杂性测度理念对项目复杂性进行了界定, 然后借助于仿真软件 ProjectSim 分析了项目复杂性分别为 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 时不同组织配置对项目复杂性和项目进度、人力成本以及过程质量、产品质量、项目、职能、交流、会议、协调等 7 类风险指标的影响作用, 从而探索出不同优先条件下复杂项目的综合优化路径。该研究对多目标下复杂项目的综合优化具有较强的指导意义和借鉴意义。

关键词: 项目复杂性; 综合优化; 不同复杂性条件

中图分类号: F273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6062(2013)04-0161-08

0 引言

近年来, 大型项目的数量日益增多、规模日趋庞大、复杂性日渐明显^{[1][2]}。但由于大型复杂项目相比小型项目结果不易预测, 且预期变化幅度较大, 而项目经理的能力在成功驾驭整个项目的实施过程中又明显不足^[3~6], 造成了投资超支和进度延期等目标失控的严重现象^[7]。项目的复杂性管理已成为项目管理中的重要组成部分, 对大型复杂项目的成功至关重要^[8]。

已有许多学者采用传统项目管理理论对项目实施方案的优化进行研究, Shub 等用项目成本—进度间的离散曲线来模拟现实中的问题^[9]; 而 Liu 等提出了一个综合线性规划模型和整数规划模型的混合方法^[10]; Moussourakis 和 Haksever 建立了一个整数规划模型来研究最小化工期下的成本优化问题^[11]; Chassiakos 等提出了一个整数规划最优化方法来检验最优关键路径^[12]; Li 等结合了机器学习和遗传算法来消除遗传算法中连续成本—进度曲线的问题^[13]; Zheng 等提出了基于遗传算法工具的多目标函数方法来同时优化总成本和总进度^[14]。可以看出, 在对项目计划的优化过程中, 大多集中在资源约束下的进度和费用最优选择, 但这些研究几乎都忽略了方案优化后整个项目复杂性的变化情况以及各项绩效指标的变化。这也是为什么理论研究中对项目方案优化的研究很多, 但实际应用却很少的原因。因此, 有必要在综合考虑不同绩效指标的前提下, 对不同复杂性条件下复杂项目的综合优化进行研究。

1 项目复杂性取值条件的界定

1.1 项目复杂性的测度

目前对项目复杂性的测度研究还很少^[15], 这里借助于

可计算的项目组织与流程仿真软件 ProjectSim 分析复杂性因子对项目复杂性的影响作用。ProjectSim 的核心原理可计算的项目组织与流程仿真理论(CPOP)由国内同济大学陆云波博士首次提出。ProjectSim 核心原理包括: ①拓展信息处理观和协调理论。可计算得项目组织与流程是基于信息处理观和协调理论的理论基础。②模拟项目任务和流程。在 CPOP 中定义了 4 个关键属性: 工作量、复杂性、不确定性、技能要求, 界定了 4 类显性工作之间依赖关系: 总和依赖、顺序依赖、交互依赖和目标依赖, 对显性工作模拟, 并将组织视为一个异常处理机器, 模拟工作异常与隐性工作的涌现。③模拟组织成员的微观行为和微观活动^[16]: CPOP 进一步综合团队成员特质和有限理性等相关理论, 界定 Agent 的关键特质, 设计 Agent 的具体微观行为和活动。④模拟组织协调^[17]: CPOP 将组织结构定义为纵向的控制结构和横向的沟通结构, 并界定了 4 个组织属性: 团队经验、集权化、规范化和矩阵强度。⑤全面的宏观绩效考核指标^[18]: CPOP 输出 5 种定量预测: 隐性工作、工期、人力成本、质量、工作积压。基于 CPOP 理论研发而成的 ProjectSim 仿真软件用清晰和图表化的方式将工作流程和组织结构概念化和图示化, 这种可视化的建模方式可以明确组织和项目的相关性, 使得组织设计和人员管理更为有效, 同时借助智能的 Agent 模拟引擎和行业行为矩阵, 模拟出大量的数据, 并用各种图表显示, 帮助用户清晰的识别潜在瓶颈, 提高项目管理的效率。

可计算化的项目组织与流程仿真平台 ProjectSim 可以真实反映微观要素间的动态涌现效应并精确预测实际项目的工期、质量、成本、隐性工作和工作积压引起的各类风险, 弥补现有组织理论和项目管理技术难以定量预测隐性工作的不足。通过 ProjectSim 可计算模型测量微观影响因子动态交

收稿日期: 2011-10-10 修回日期: 2012-06-11

基金项目: 国家自然科学基金委资助项目(70972071, 71002019, 70902045); 教育部人文社科基金资助项目(09YJAZH067)

作者简介: 何清华(1971—), 男, 同济大学经济与管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 大型复杂群体工程项目管理、工程管理信息化。

互涌现出的返工、协调和等待工作量,然后将项目中的这些隐性工作量与显性工作量对比,从而客观有效地反映出整个项目的复杂性,具体如式(1)、(2)所示:

$$\text{项目的复杂性} = \text{隐性工作量} / \text{显性工作量} \quad (1)$$

$$\text{隐性工作量} = \text{返工工作量} + \text{协调工作量} + \text{等待工作量} \quad (2)$$

1.2 项目复杂性取值条件的界定

本文以世博 AB 片区项目为原型进行模拟,根据公式(1)(2),计算世博 AB 片区项目模型的复杂性为:

$$\text{世博 AB 片区项目复杂性} = (17798.68 + 51272.98 + 21061.41) / 144058.66 = 90133.07 / 144058.66 = 0.626$$

因此,基于世博 AB 片区项目模型的复杂性 0.63 对项目复杂性的取值情况按下列标准界定:①将 0.5 以下项目界定为不复杂项目,认为该类项目的隐性工作属于正常范围以内,项目管理的重心只需放在显性工作的管理;②当隐性工作量超过显性工作量一半(即复杂性为 0.50)时需要引起管理者的关注,尽量避免隐性工作对显性工作的影响;③当隐性工作量与显性工作量相等(即复杂性为 1)时,由于此时隐性工作已经严重影响到整个项目的顺利开展,管理者需重点去管理这些隐性工作;④当隐性工作的比例达到显性工作的 1.25 倍时,根据后文的分析可知,由于项目的各类风险指数太高,极易引起项目失败,即可认为项目是失败的,因而不将对复杂性超过 1.25 的情形进行研究。

基于上述分析,下面分别探讨项目复杂性分别为 0.50,

表 1 项目复杂性为 0.50 时组织优化前后的相关数据表

组织优化配置	变化度	项目 复杂性	工期 (天)	人力成本 (万)	风险						
					过程质量	产品质量	项目	职能	交流	会议	协调
降低组织集权化	中-低	-0.16	-25.3	-237.4	0.17	0.16	0.12	0.21	0.00	0.01	0.00
提高组织规范化	中-高	-0.25	-11.3	-366.9	0.05	0.01	0.01	0.01	-0.03	-0.05	-0.04
提高组织矩阵化	中-高	-0.18	-26.1	-172.0	0.03	-0.00	0.00	0.00	-0.17	0.04	-0.07
提高组织成员团队经验	中-高	-0.12	-2.7	-99.4	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.01
提高组织成员工作经验	中-高	-0.14	-194.3	-803.3	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	-0.03

在项目复杂性为 0.50 的情形下,通过表 1 的数据分析,可以看出:

(1) 降低组织集权化程度方面:虽然降低项目集权化程度以后,项目的复杂性降低了 0.16,工期缩短了 25.3 天,人力成本减少了 237.4 万元,但是项目的过程质量、产品质量风险、项目风险和职能风险都超出了可控范围。因此,在项目复杂性为 0.5 的情形下,降低项目的集权化程度以降解项目复杂性的选择由于引发风险太高不建议采用。

(2) 提高组织规范化程度方面:随着项目的规范化由中调整为高,整个项目的复杂性降低 0.25,工期缩短 11.3 天,人力成本减少 366.9 万元,而各类风险变化幅度不是很大,基本在可控范围以内。因此,在项目复杂性为 0.5 时,提高项目的规范化程度,可以极大地降解项目的复杂性并同时对相关绩效指标进行全面优化。

(3) 提高组织矩阵化程度方面:随着组织矩阵化程度由中调整为高,项目复杂性降低了 0.18,工期缩短了 26.1 天,

0.75,1.00,1.25 时,项目复杂性各项绩效指标的优化分析。对项目复杂性的优化调整可以从任务和组织两方面展开,在项目复杂性较低情况下,可主要通过调整任务及其之间的复杂性来达到期望的复杂性;在项目复杂性较高情况下,主要通过调整组织结构(集权化程度、规范化程度、矩阵强度)和组织成员的属性(团队经验、工作经验)来达到期望的复杂性^[19]。因此,本文从组织角度分析不同因素在不同复杂性条件下对项目复杂性及相关绩效指标的优化作用。

2 不同复杂性条件下的优化分析

2.1 项目复杂性为 0.50 时的优化分析

在 AB 片区现实化模型的基础上,经过反复调试,最终通过将项目的交流强度从 0.2 降低到 0.15、将具有较多交流关系的任务 A 片区施工监管任务的不确定性调为低、将引起较多返工关系的 AB 地块施工图设计编制及审查任务的需求复杂性调为低、将 B 地块管线配套协调引起的 B 片区公共车站、等候广场、停车场及总体任务的返工强度由 10% 降到 5%,经最终模拟计算出的项目复杂性为 0.50。

在项目复杂性为 0.50 后,通过调整项目组织结构的集权化程度、规范化程度、矩阵强度,组织成员的团队经验和工作经验,分别观察这些影响要素的调整对整个项目复杂性及相关绩效指标的优化作用。模拟前后对比结果汇总如表 1 所示。

人力成本减少了 366.9 万元,各类风险中交流风险和协调风险降低、过程质量和会议风险略有上升,但都在可控范围以内。因此,在项目复杂性为 0.5 时,建议采取提高项目矩阵化程度的方式以降低项目复杂性并综合优化其它项目绩效指标,但其优化效果比提高组织规范化程度稍弱。

(4) 提高组织成员团队经验方面:提高组织团队经验后,整个项目的复杂性降低了 0.12,工期缩短了 2.7 天,人力成本减少了 99.4 万元,各类风险指数变化不大。因此,在项目复杂性为 0.5 时,提高项目组织的团队经验,可以降低项目的复杂性并综合优化其它项目绩效指标,但其优化效果没有提高组织规范化和矩阵化那样显著。

(5) 提高组织成员工作经验方面:全面提高组织成员的工作经验以后,整个项目的复杂性降低 0.14,工期缩短 194.3 天,人力成本减少 803.3 万元,各类风险指数均小幅降低。因此,在项目复杂性为 0.5 时,若项目的主要目标为缩短项目工期,可以优先选用提高组织成员工作经验的方式,

与此同时复杂性在内的其它绩效指标也可得到较好优化。

因此,在项目复杂性为 0.5 时,综合考虑项目复杂性在内的各项项目绩效指标,若首要目的为降解项目复杂性,则优先选用提高组织规范化的方式,依次可选用提高矩阵化、工作经验以及团队经验的方式;但若首要目的为缩短项目工期,则优先选用提高项目成员工作经验的方式,依次选用提高矩阵化、规范化。由于此时的项目复杂性较低,所以上述优化方式引起的项目中各类风险指数的变化基本都在可控范围以内,所以都较为可行。降低组织的集权化程度虽然可

以极大地降解项目复杂性并缩短工期等目标,但由于引发的项目各类风险过高,极易导致项目失败,因而不建议采用这种方式。

2.2 项目复杂性为 0.75 时的优化分析

在 AB 片区现实化模型的基础上,通过调整任务的需求复杂性、不确定性、技术复杂性等,最终模拟得到项目的复杂性为 0.75。然后调整项目的组织配置,进一步观察组织调整对项目复杂性及相关绩效指标的优化作用,模拟前后对比结果汇总如表 2 所示。

表 2 项目复杂性为 0.75 时组织优化前后的相关数据表

组织优化配置	变化度	项目 复杂性	工期 (天)	人力成本 (万)	风险						
					过程质量	产品质量	项目	职能	交流	会议	协调
降低组织集权化	中-低	-0.23	-48.7	-372.2	0.16	0.16	0.09	0.18	0.01	-0.02	0.00
提高组织规范化	中-高	-0.43	-48.1	-572.2	0.04	0.01	0.00	0.02	-0.04	-0.07	-0.05
提高组织矩阵化	中-高	-0.14	1.3	-149.6	0.01	-0.01	-0.02	0.01	-0.13	0.02	-0.05
提高组织成员团队经验	中-高	-0.14	-29.6	-239.5	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.02	-0.03	-0.02
提高组织成员工作经验	中-高	-0.20	-227.9	-931.8	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.02

在项目复杂性为 0.75 的情形下,通过表 2 的数据分析,可以看出:(1)降低项目集权化程度方面:降低项目集权化程度由于引发的风险太高,因此,不建议采用降低项目集权化程度的方式对项目复杂性、工期和人力成本进行优化。(2)提高项目的规范化程度方面:在项目复杂性为 0.75 时,可以提高项目的规范化程度,以降低项目的复杂性并综合优化其它各类项目绩效指标。(3)提高组织矩阵化程度方面:相比复杂性为 0.5 时提高项目矩阵化对复杂性等项目绩效指标的优化,复杂性为 0.75 时,提高项目矩阵化对复杂性等绩效指标的优化作用减弱。但这并不影响在项目复杂性为 0.75 时,采取提高项目矩阵化程度的方式以降低项目复杂性并综合优化其它项目绩效指标。(4)提高组织成员团队经验方面:相比复杂性为 0.5 时提高项目组织的团队经验对复杂性等项目绩效指标的优化作用,在复杂性为 0.75 时,提高项目组织的团队经验对复杂性等绩效指标的优化作用增强。(5)提高组织成员工作经验方面:在项目复杂性为 0.75 时,提高组织成员的工作经验可以降低项目的复杂性,并显著地缩短项目工期和降低人力成本,同时降低各类风险指数。

因此,在项目复杂性为 0.75 时,综合考虑项目复杂性在内的各项绩效指标。从降低项目复杂性的角度,依次选用提高规范化、团队经验、矩阵化和工作经验,尤其是提高规范化可以极大的降低项目的复杂性;从缩短项目工期的角度,依次选用提高工作经验、规范化、团队经验,尤其是提高成员的工作经验可以极大地缩短项目的工期,在上述方式对项目进行优化的同时,人力成本和项目中的各类风险也同时得到了有效优化。此外,随着复杂性由 0.5 上升为 0.75,提高项目矩阵化和团队经验对整个项目的优化作用前者减弱后者增强;提高组织的集权化程度虽然可以很好的优化项目复杂性等绩效目标,但由于引发的项目各类风险过高,极易导致项目失败,因而不建议采用。

2.3 项目复杂性为 1.00 时的优化分析

在项目复杂性为 0.75 的基础上进一步通过改变任务及其关系的复杂性上调整整个项目的复杂性程度,最终模拟出整个项目的复杂性为 1.00。然后调整项目的组织配置,进一步观察组织配置调整对项目复杂性及相关绩效指标的优化作用,模拟前后对比结果汇总如表 3 所示。

表 3 项目复杂性为 1.00 时组织优化前后的相关数据表

组织优化配置	变化度	项目 复杂性	工期 (天)	人力成本 (万)	风险						
					过程质量	产品质量	项目	职能	交流	会议	协调
降低组织集权化	中-低	-0.34	-66.4	-495.3	0.17	0.20	0.21	0.21	0.01	0.00	0.00
提高组织规范化	中-高	-0.54	-59.8	-698.3	0.05	-0.01	-0.02	0.01	-0.05	-0.07	-0.06
提高组织矩阵化	中-高	-0.06	-5.3	-125.2	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.11	0.05	-0.03
提高组织成员团队经验	中-高	-0.15	-41.4	-109.1	0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	-0.01
提高组织成员工作经验	中-高	-0.29	-274.8	-1055.6	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01

在项目复杂性为 1.00 的情形下,通过表 3 的数据分析,可以看出:(1)降低组织集权化程度方面:虽然降低组织的集权化程度可以大幅降低项目的复杂性、缩短工期并减少人力

成本,但是集权化太低引起的各类风险严重超标,因此要坚决杜绝在项目复杂性较高时采用较低的项目集权化模式。(2)提高组织规范化程度方面:建议提高项目的规范化程度,

以降低项目的复杂性并综合优化其它各类项目绩效指标。(3) 提高组织的矩阵化程度方面: 提高项目的矩阵化程度, 对项目的复杂性和工期影响比较微弱, 人力成本有所减少, 各类风险稍有降低, 虽然仍然可以对整个项目进行优化, 但其作用已经非常微弱。(4) 提高组织成员的团队经验方面: 提高项目组织的团队经验对项目复杂性、工期和各类风险方面优化效果进一步提高。(5) 提高组织成员的工作经验方面: 相比复杂性为 0.75 时提高组织成员的工作经验对整个项目的优化作用, 在项目复杂性为 1.00 时进一步加大了项目复杂性、工期和人力成本方面的减幅, 尤其是在人力成本降低方面作用更加显著, 而各类风险也略有降低。因此, 在项目复杂性为 1.00 时, 提高项目组织成员的工作经验是整个项目得以优化的重要措施。

因此, 在项目复杂性为 1.00 时, 全面提高组织成员的工作经验是整个项目综合优化的最佳方式, 其在降低项目复杂性的同时, 可以极大地缩短项目工期并大幅减少项目的人力成本, 而各类风险指数也均略有降低, 最终达到整个项目的

全面优化; 提高组织的规范化程度在降低项目复杂性方面虽然较提高工作经验要强, 但在缩短工期和降低人力成本方面较前者要弱许多, 但仍不失为项目综合优化的重要措施之一; 提高项目团队经验随着项目复杂性的上升, 在复杂性、工期和各类风险方面的优化作用进一步提高; 而提高项目矩阵化对整个项目的综合优化作用随项目复杂性的升高已经比较微弱; 不建议采用组织集权化较低的方式对项目复杂性、工期和人力成本进行优化, 由此引发的项目各类风险过高, 易导致项目失败。

2.4 项目复杂性为 1.25 时的优化分析

在前述调整项目复杂性的过程中, 当项目复杂性达到 1.00 时, 调整任务复杂性对整个项目的复杂性影响已经极为有限, 因而后续对项目复杂性的提高将主要从改变组织配置的角度去调整。这里通过调整团队合作经验和职位, 最终模拟出整个项目的复杂性为 1.25。下面调整项目的组织配置, 进一步观察组织配置在复杂性为 1.25 条件下对项目复杂性及相关绩效指标的优化作用, 模拟前后对比结果汇总如表 4 所示。

表 4 项目复杂性为 1.25 时组织优化前后的相关数据表

组织优化配置	变化度	项目 复杂性	工期 (天)	人力成本 (万)	风险						
					过程质量	产品质量	项目	职能	交流	会议	协调
降低组织集权化	中-低	-0.48	-12.6	-815.7	0.09	0.11	0.09	0.09	0.02	-0.02	0.00
提高组织规范化	中-高	-0.66	-11.2	-779.9	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04	-0.09	-0.06
提高组织矩阵化	中-高	0.02	-1.5	-129.7	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.10	0.05	-0.03
提高组织成员团队经验	低-高	-0.33	-9.4	-227.1	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03
提高组织成员工作经验	中-高	-0.18	-86.8	-222.0	-0.16	-0.13	-0.11	-0.15	0.01	-0.03	-0.01

在项目复杂性为 1.25 的情形下, 通过表 4 的数据分析, 可以看出: (1) 降低组织的集权化程度方面: 虽然降低项目集权化程度以后, 项目复杂性和人力成本优化效果非常明显, 但是项目中的各类风险本来较高, 此时会进一步增大项目中的各类风险。因此, 杜绝在项目各类风险指数已经非常高的情况下, 将项目的集权化程度降低。(2) 提高组织的规范化程度方面: 随着项目规范化程度由中变为高, 各项绩效指标均得到了有效优化, 但项目中的各类风险依旧偏高, 如果要使项目正常实施, 就必须找出致使项目的复杂性上升的关键因素进而加以调整, 否则即使再有效的优化措施, 其作用也较为有限。(3) 提高组织的矩阵化程度方面: 随着组织矩阵化程度由中变为高, 对项目复杂性在内的各项绩效指标优化作用非常微弱, 此时这一优化措施不再有效。(4) 提高组织成员的团队经验方面: 提高组织团队经验后, 整个项目的复杂性及其它绩效指标均有改观, 但是项目的各类风险仍然较高, 由此判断, 在项目复杂性由 1.00 到 1.25 的上调过程中, 其主要原因的是个别职位的工作经验太低造成。(5) 提高组织成员的工作经验方面: 虽然仅仅是调整了个别职位的角色定位和工作经验, 但是整个项目的复杂性及相关绩效指标的优化作用非常明显。由此可以看出, 在项目复杂性达到 1.25 时, 关键职位的工作经验太低或是角色定位不当都会导致项目复杂性及相关绩效指标的恶化, 因此在项目复杂性较高条

件下, 组织成员的配置合理与否对项目的成败至关重要。

因此, 在项目复杂性达到 1.25 时, 由于组织错配引起的项目复杂性升高, 将会极大地提高项目中的各类风险, 极易引起项目失败。同时通过纵向对比分析, 组织的集权化程度不管项目复杂性高低都应至少为中; 而组织的规范化程度和团队经验在复杂性为 0.75 时, 即应至少为中; 组织中关键职位的工作经验在项目复杂性为 1.00 时, 至少应为中, 否则项目中的复杂性及相关绩效指标, 尤其是项目中的各类风险都将难以控制, 最终致使项目失败。

至于项目复杂性超过 1.25 以后的情形这里就不再进一步讨论, 但是可以明确的是: 如果项目复杂性超过 1.00, 那么组织配置不当肯定是其主要原因之一。为了对项目进行整体优化, 必须找出组织错配的根源, 然后加以调整解决, 尽量避免由于组织错配而进一步致使项目复杂性上升和各项绩效指标失控。

3 不同优先条件下的项目综合优化分析

3.1 复杂性优先条件下的项目综合优化

通过不同复杂性条件下对项目各项指标的优化分析, 在此以 4 项指标中的复杂性为优先考虑目标, 探讨不同复杂性条件下, 以降解复杂性为主, 辅以项目进度、人力成本和各类风险的项目综合优化。在上述不同复杂性条件下项目优化

的基础上,对项目复杂性为主的各项指标综合优化效果汇总 如表 5 所示。

表 5 不同复杂性条件下复杂性优先时的项目综合优化效果汇总表

组织优化配置	项目复杂性				备注说明
	0.50	0.75	1.00	1.25 及以上	
降低集权化	好	好	好	好	逐渐增强
提高规范化	好	好	好	好	逐渐增强
提高矩阵化	好	较好	微弱	微弱	逐渐减弱
提高团队经验	好	较好	较好	较好	逐渐增强
提高工作经验	好	好	好	好	逐渐增强
备注说明	提高规范化最优， 降低集权化次之	提高规范化最优， 降低集权化次之	提高规范化最优， 降低集权化次之	提高规范化最优， 降低集权化次之	

注: 优化效果依次为好、较好、一般、微弱、不宜。

在上述优化路径的选择过程中需要注意的是,虽然已经确定复杂性降解优先,但是在进度、人力成本和各类风险 3 类指标的权衡中,如果没有明确的界定,还是很难确定优化路径的优先选择次序。以表 5 为例,提高项目规范化可以同时针对各项指标进行优化,但是针对降低项目的集权化程度这条路径,在由中到低的降解过程中,虽然同时还可优化进度和人力成本,但同时会导致极大的项目风险。如果规定项目各类风险不能超出 0.50 的上限,那么就不能在集权化程度

为中时再选用降低集权化程度的方式对项目进行优化,只有选择其他次优的方式进行优化,如提高成员工作经验等。

3.2 进度优先条件下的项目综合优化

在此以 4 项指标中的进度为优先考虑目标,探讨不同复杂性条件下,以进度优化为主,辅以项目复杂性、人力成本和各类风险的项目综合优化。在上述不同复杂性条件下,项目优化分析的基础上,对以项目进度为主的各项指标综合优化效果汇总如表 6 所示。

表 6 不同复杂性条件下进度优先时的项目综合优化效果汇总表

组织优化配置	项目复杂性				备注说明
	0.50	0.75	1.00	1.25 及以上	
降低集权化	好	好	好	好	逐渐增强
提高规范化	一般	好	好	好	逐渐增强
提高矩阵化	好	微弱	微弱	微弱	逐渐减弱
提高团队经验	微弱	较好	好	好	逐渐增强
提高工作经验	好	好	好	好	逐渐增强
备注说明	提高工作经验最优， 降低集权化次之	提高工作经验最优， 降低集权化次之	提高工作经验最优， 降低集权化次之	提高工作经验最优， 降低集权化次之	

在上述优化路径的选择过程中需要注意的是,全面提高组织成员的工作经验在缩短工期方面效果非常明显,但是通常条件下很难达到所有组织成员的工作经验都比较高的条件。在这种情况下,处于关键职位的组织成员工作经验非常关键,直接影响到整个项目的工期,因此在关键职位成员的配备过程中,一定要优先选用工作经验丰富的工程师。另外,对于优化进度的次优路径降低组织的集权化程度,还是需要注意不能在集权化为中的条件下使用,不然会导致项目

中的各类风险偏高,此时可以辅助选用提高组织规范化的措施进一步加以优化。

3.3 人力成本优先条件下的项目综合优化

在此以 4 项指标中的人力成本为优先考虑目标,探讨不同复杂性条件下,以人力成本优化为主,辅以项目复杂性、进度和各类风险的项目综合优化。在上述不同复杂性条件下的项目优化分析基础上,对以项目人力成本为主的各项指标综合优化效果汇总如表 7 所示。

表 7 不同复杂性条件下人力成本优先时的项目综合优化效果汇总表

组织优化配置	项目复杂性				备注说明
	0.50	0.75	1.00	1.25 及以上	
降低集权化	好	好	好	好	逐渐增强
提高规范化	好	好	好	好	逐渐增强
提高矩阵化	好	较好	较好	较好	逐渐减弱
提高团队经验	较好	较好	较好	好	逐渐增强
提高工作经验	好	好	好	好	逐渐增强
备注说明	提高工作经验最优， 提高规范化次之	提高工作经验最优， 提高规范化次之	提高工作经验最优， 提高规范化次之	提高工作经验最优， 降低集权化次之	

在上述优化路径的选择过程中,各项优化措施都对项目人力成本具有明显的优化效果,尤其是当全面提高组织成员的工作经验后人力成本的减少非常显著。

3.4 风险优先条件下的项目综合优化

在此以4项指标中的各类风险为优先考虑目标,探讨不

同复杂性条件下,以各类风险优化为主,辅以项目复杂性、进度和人力成本的项目综合优化。在不同复杂性条件下项目优化分析的基础上,对以项目各类风险为主的项目综合优化效果汇总如表8所示。

表8 不同复杂性条件下风险优先时的项目综合优化效果汇总表

组织优化配置	项目复杂性				备注说明
	0.50	0.75	1.00	1.25及以上	
降低集权化	不宜	不宜	不宜	不宜	
提高规范化	一般	一般	较好	好	逐渐增强
提高矩阵化	较好	较好	较好	好	逐渐增强
提高团队经验	微弱	一般	较好	好	逐渐增强
提高工作经验	好	较好	一般	一般	逐渐降低
备注说明	提高工作经验最优,提高矩阵化次之	提高工作经验最优,提高矩阵化次之	提高规范化最优,提高团队经验次之	提高规范化最优,提高团队经验次之	

由于项目中的各类风险涉及到过程质量风险、产品质量风险、项目风险、职能风险、交流风险、会议风险、协调风险7类风险,所以对这7类风险的综合评定是一个非常困难的过程,在此基础上进一步比较不同优化措施下的风险优化效果更是需要严密的指标体系才能加以有效的判断。本文这里主要是依据两条准则进行的判断:第一各类风险指数在系数0.5以下越多,优化措施越好;其次,综合判定不同优化措施引起的各类风险指数降幅越大,优化效果越好。基于上述判

断准则最终得出上述的优化结论,一般在对项目风险的优化过程中,如果能明确到具体某项风险指数,这样优化的目的更强,效果也将更明显。

3.5 项目综合优化结论

在上述不同复杂性条件下,对项目复杂性、进度、人力成本、项目各类风险优化分析的基础上,将各种优化措施在不同复杂性条件下对项目的综合优化效果汇总如表9所示。

表9 不同复杂性条件下的项目综合优化效果汇总表

组织优化配置	项目复杂性				备注说明
	0.50	0.75	1.00	1.25及以上	
降低集权化	不宜	不宜	不宜	不宜	
提高规范化	好	好	好	好	逐渐增强
提高矩阵化	较好	一般	微弱	微弱	逐渐减弱
提高团队经验	微弱	一般	一般	较好	逐渐增强
提高工作经验	好	好	好	好	逐渐增强
备注说明	提高工作经验最优,提高规范化次之	提高工作经验最优,提高规范化次之	提高规范化最优,提高工作经验次之	提高规范化最优,提高工作经验次之	

对于不同复杂性条件下各种优化措施的选择判断,主要基于以下原则:在项目复杂性较低情形下,以工期和人力成本为主;在项目复杂性较高情形下,以项目中的各类风险和复杂性为主,最终得出不同复杂性条件下项目综合优化的最佳路径。当然除了上述的最优路径和次优路径以外,还可备选提高团队经验和矩阵化,并且在实践中可以根据实际情况,多项措施结合使用,以便最大程度地对整个项目进行全面优化。

4 研究结论与讨论

本文通过仿真软件 ProjectSim 对世博 AB 片区项目模拟,分析了项目复杂性分别为0.50、0.75、1.00、1.25时组织

配置对项目复杂性和项目进度、人力成本以及7类风险指标的影响作用,从而探索出不同目标优先时的项目综合优化最佳路径。该研究可为大型复杂项目管理实践提供科学的决策支持,并对大型复杂项目管理具有重要的理论指导意义。

通过研究,可以得出对大型复杂项目管理的一些启示:

(1) 在项目的优化过程中,基于不同目标选用的最佳策略应不一样

在项目的各类目标中,降低项目复杂性、缩短工期、减少人力成本以及降低项目中的各类风险在选用不同优化策略时,得出的优化效果是不同的。因此,在项目的优化过程中,需明确目标后有针对性地选择最佳优化策略。

(2) 在不同复杂性条件下,基于同一目标的最佳优化策

略应有所不同

不同优化路径在项目复杂性不同的情形下,其优化效果也是不同的。例如针对降低项目风险这一目标,在复杂性为 0.5 时,项目优化的最佳策略为提高组织成员工作经验,而当复杂性为 1.25 时,项目优化的最佳策略则为提高组织结构的规范化。因此,在对项目目标优化时一定要结合项目的复杂性情况,才能选出最适合项目目标优化的最佳策略。

(3) 不同复杂性条件下基于不同优先目标时的项目综合优化存在不同规律,一般可针对不同情况选用不同的优化组合策略以使项目达到整体最优

在项目复杂性不同的情况下,针对项目中的不同优先目标,不同优化路径对其优化作用存在不同规律,如在人力成本优先条件下,随着项目复杂性的上升,提高组织矩阵化的方式对其优化作用逐渐减弱,但在各类风险优先条件下,其优化作用却随复杂性的上升而逐渐增强。因此可以看出,在不同复杂性条件下针对不同优先目标时项目综合优化的规律是不同的。此外单一优化策略在不同复杂性条件下对项目目标优化时往往会产生一定的副作用,通常为了消除这种副作用使整个项目达到整体优化,一般可采用一定的组合策略以使项目达到综合最优。

(4) 随着项目复杂性的升高,项目管理的重心要逐渐偏移到对项目风险的控制,否则极易引起项目失败

在复杂项目实施的过程中,往往为了追逐工期目标而无形提高项目的复杂性,并加大项目的项目风险和产品质量等风险,最终为项目的成功实施埋下隐患,特别是在项目复杂性较高情况下,极易引起项目失败。因此随着项目复杂性的升高,项目管理的重心要逐渐偏移到对项目各类风险的有效控制。

参 考 文 献

- [1] Ogunlana S, Li H, Sukhera F. System dynamics approach to exploring performance enhancement in a construction organization [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2003, 129(5): 528 ~ 536.
- [2] Chan, Alber P C, Scott D, Chan, Ada P. L. Factors affecting the success of a construction project [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(1): 153 ~ 155.
- [3] Harvey Maylor, Richard Vidgen, Stephen Carver. Managerial Complexity in Project-Based Operations: A Grounded Model and Its Implications for Practice [J]. Project Management Journal, 2008(39): 15 ~ 26.
- [4] Janice Thomas, Thomas Mengel. Preparing project managers to deal with complexity-Advanced project management education [J]. International Journal of Project Management, 2008 (26): 304 ~ 315.
- [5] Deanna M. Kennedy, Sara A. McComb, Ralitz R. Vozdolska. An investigation of project complexity's influence on team communication using Monte Carlo simulation [J]. Journal of Engineering and Technology Management, 2011 (28): 109 ~ 127.
- [6] Ralf M. Müller, Joana Geraldi, J. Rodney Turner. Relationships Between Leadership and Success in Different Types of Project Complexities [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2011: 1 ~ 14.
- [7] Park M, Pena-Mora, F. Dynamic change management for construction: Introducing the change cycle into model-based project management [J]. System Dynamics Review, 2003, 19(3): 213 ~ 242.
- [8] Michael T. Pich, Christoph H. Loch, Arnaud De Meyer. On Uncertainty, Ambiguity, and Complexity in Project Management [J]. Management Science, 2002, 48(8): 1008 ~ 1023.
- [9] Shtub A, Bard J, Globerson S. Project management: Engineering, technology and implementations [C]. Prentice Hall International Eds., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1994: 382 ~ 392.
- [10] Liu L, Burns, S. A., and Feng, C. W. (1995) Construction time-cost trade-off analysis using LP/IP hybrid method [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 121(4), 446 ~ 454.
- [11] Moussourakis, J., and Haksever, C. Flexible model for time/cost tradeoff problem [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(3): 307 ~ 314.
- [12] Chassiakos AP, Samaras CI, Theodorakopoulos DD. An integer programming method for CPM time-cost analysis [J]. Computer Modeling in Engineering & Sciences, 2000, 1(4): 9 ~ 18.
- [13] Li H, Cao J N, Love P E D. Using machine learning and GA to solve time-cost trade-off problems [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1999, 125(5), 347 ~ 353.
- [14] Zheng DX, M., Ng, S. T., umaraswamy M M. Applying a genetic algorithm-based multiobjective approach for time-cost optimization [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(2): 168 ~ 176.
- [15] 何清华,任俊山,乐云. 项目复杂性的界定、影响要素及测度方法研究综述[C]. 第9届中国项目管理大会论文集, 2010: 75 ~ 78.
- [16] 陆云波,彭正龙. 团队成员特质与绩效非线性关系: 灭火救援团队仿真[J]. 工业工程与管理, 2007, 12(1): 88 ~ 93.
- [17] 陆云波,彭正龙,汪云峰. 团队权力分布与绩效非线性关系: 灭火救援团队仿真[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(3): 571 ~ 576.
- [18] 陆云波,张欣,顾志明. 可计算项目组织与流程及其应用[J]. 工业工程与管理, 2010, 15(4): 98 ~ 103.
- [19] 任俊山. 项目复杂性测度及综合优化研究[D]. 上海: 同济大学, 2010.

Integrative Optimization of Projects under Different Degrees of Complexity

HE Qing-hua^{1 2}, LU Yun-bo^{1 2}, LI Yong-kui^{1 2}, LUO Lan^{1 2}, REN Jun-shan^{1 2}

(1. School of Economics and Management , Tongji University , Shanghai 200092 , China;

2. Research Institute of Complex Engineering Management , Tongji University , Shanghai 200092 , China)

Abstract: Project complexity management has become an important part of project management , which is crucial to the success of large complex projects. However , traditional project management theory mostly focuses on achieving the optimal choice under the constraints of progress and cost. Very few studies investigate the change of the whole project complexity and various performance indicators after program optimization is achieved. Therefore , it is necessary to study different performance indicators after a complex project has achieved optimization.

Based on the World Expo's AB area project , the paper configures different project complexity conditions with 0.50 , 0.75 , 1.00 , and 1.25 using the project organization and process simulation software ProjectSim. Data analysis results enable us to discuss the optimization function of different factors related to project complexity and performance indicators with different degrees of project complexity. This study shows that when project complexity is 0.5 the preferred way is to improve organization standardization , and the way of improving organization matrix form , the working experience and team experience can be chosen in turn if the primary purpose is to decrease project complexity.

However , if the primary purpose is to shorten project period project members should emphasize on improving their work experience. We can first improve organization matrix form , followed by standardization. We can improve organization standardization , team experience , organization matrix form , and working experience in sequence if project complexity is 0.75 and the primary purpose is to decrease project complexity. Especially , improving organization standardization can greatly reduce project complexity. However , if the primary purpose is to shorten the project period we can choose to improve working experience , and organization standardization , team experience in sequence. In particular , working experience improvement can shorten the project period greatly. When project complexity is 1.00 , the best way to optimize the whole project is to enhance the work experience of organization members , and improving the organization standardization is one of the important comprehensive optimization measures of the project. When the project complexity is increased to 1.25 , it is easy to cause project failure because various project risks will increase greatly due to the mismatch of organizations. Based on the findings , this paper is able to explore the integrated optimization path under different priority conditions including project complexity , project progress , human cost , and all kinds of risks and so on.

This paper provides insights into managing large complex projects from both academic and practical perspectives.

Key words: project complexity; integrated optimization; different complex conditions

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen