



跨海大桥工程项目成本控制效率提升路径研究——基于fsQCA的组态分析

袁剑波*, 王漾煜

长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410076

摘要: 为深入探讨和分析跨海大桥成本控制效率的影响因素及其内在机制, 在跨海大桥等重大工程项目中加强对成本的控制效率, 基于合同管理 (合同签订与合同履行)、外部环境 (经济政策环境与海洋环境)、组织管理 (组织机构及规章与员工专业素养) 3 个层面的 6 大条件要素, 运用模糊集定性比较分析 (fsQCA) 方法探究多因素对提升跨海大桥成本控制效率的组态效应。结果表明: 单个因素均不是提升跨海大桥成本控制效率必要条件; 提升跨海大桥成本控制效率的组态路径有 3 个, 而有效的组织机构及规章与高水平的员工专业素养是提升跨海大桥成本控制效率的关键所在。据此提出了跨海大桥成本控制效率提升对策。

关键词: 跨海大桥; 影响因素; 成本控制效率; 模糊集定性比较分析 (fsQCA)

中图分类号: F542

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2025)03-0338-11

引言

近年来, 国家大力推动重大工程建设, 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》^[1] 中明确了一批重大建设工程项目, 其涉及领域范围广, 包括基础设施、生态环境建设、科学文化建设等。随着中国经济的高质量发展

以及人民对美好生活的向往, 重大工程项目在国家建设中的重要作用愈发凸显。因此在“十四五”规划的战略背景下, 重大工程项目的发展一直处于增长态势, 对其科学化管理的要求也愈加严格。跨海大桥这类重大工程的项目管理具有综合性强、涉及面广、专业技术要求高的难度特征, 需要通过各种管理手段如合同管理、外部环境管理、组织管理等, 对其质量、

收稿日期: 2024-01-21; **修回日期:** 2024-05-08

基金项目: 湖南省交通运输厅科技进步与创新项目 (202039)

作者简介: *袁剑波 (1964—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为工程经济、项目管理。E-mail: yuanjb01@163.com (通讯作者)

王漾煜 (2001—), 女, 硕士研究生, 研究方向为工程经济、项目管理。E-mail: 3186796882@qq.com

引用格式: 袁剑波, 王漾煜. 跨海大桥工程项目成本控制效率提升路径研究——基于 fsQCA 的组态分析[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(3): 338-348. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240012. CSTR: 32282.14.JES.20240012

Yuan J B, Wang Y Y. Study on the Path of Cost Control Efficiency Improvement for Cross-Sea Bridges: Based on fsQCA's Group Analysis[J]. Journal of Engineering Studies, 2025, 17(3): 338-348. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240012. CSTR: 32282.14. JES.20240012

进度、成本、安全等专业面进行综合管理^[2]。在项目实施全过程中,成本管理是贯穿始终的,成本管理效果好坏直接影响跨海大桥项目的效益,进而影响大型复杂项目的发展速度。由此可见,探究跨海大桥成本控制效率提升路径具有重大的理论意义和现实意义,为后续研究重大工程成本控制提供理论指导。

通过查阅国内外现有研究,Zhan^[3]提出有关项目成本控制封闭模型,并总结出10条项目施工成本控制原理,为后续有关施工项目成本控制的研究提供了理论依据。Sila^[4]从质量管理和成本管理的视角出发,提出应重点对项目管理可能造成影响的自变量进行动态追踪,例如公司规模和经营范围等,通过追踪可以更直观地提高项目成本控制效率。Przywara和Rak^[5]在研究中指出,项目在施工时组织因素会随着时间的推进引起成本变化,要想保证项目的成本在可控范围内就要求管理人员有预测项目成本变化的能力与水平。Cremer^[6]在研究中指出对项目成本进行有效控制,要注重建立完善的组织管理系统,将数据采集放在关键位置保证其准确和及时性。Zwikacl等^[7]在研究中得出结论:树立正确的成本管理目标,是提高项目整体利润,进而提高成本控制效率的关键。Doloi^[8]在对48个与成本控制相关的因素进行研究后,得出施工设计、现场管理水平以及企业的成本管理制度是决定成本控制效率的3个关键因素。陈庆聪^[9]从解决造价纠纷的角度研究分析施工成本控制过程中成本预测、计划、控制、核算、分析及考核的重要性。朱海龙^[10]以成本控制手段为突破口研究工程项目施工阶段成本控制模式,并结合BIM技术的特性得出,基于BIM的成本控制模式必定会成为提升建筑企业成本控制效率的有效途径。张杰辉等^[11]从隐性成本的角度,建立装配式建筑全生命周期影响装配式建筑隐性成本控制水平的评价指标体系,提出基于SEM-MEA的隐性成本控制水平评价模型。

综上,目前关于成本控制效率的研究,多是探究单一因素与结果间的影响关系,研究结论主要停留在各个因素是促进还是抑制成本控制效率,对各个因素互相联动组合起来对结果产生影响的研究较少。基于此,本文将从影响跨海大桥成本控制效率的因素出发,采用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,剖析合

同管理、外部环境和组织管理与跨海大桥成本控制效率间的复杂因果关系,明确单一因素是否是提升跨海大桥成本控制效率的必要条件,探究提高跨海大桥成本控制效率组态及关键因素,形成跨海大桥工程项目成本控制效率提升路径研究。

1 变量分析与模型构建

1.1 变量分析

通过文献调查法查阅到了多项成本的影响因素,经过整理并结合跨海大桥特殊的项目性质及其建设规模后确定6项条件变量,并将其划分为合同管理(contract management, CM)、外部环境(external environment, EE)、组织管理(organization management, OM)3个维度。将跨海大桥项目成本控制效率(cost control efficiency, CCE)作为结果变量。

1.1.1 合同管理与成本控制效率 合同管理在跨海大桥的建设过程中至关重要,合同管理水平的高低是一个单位工程管理水平高低的体现,更是工程成功的关键因素^[12]。陈超^[13]指出合同管理是实现有效成本控制的必要手段,在实行合同管理的过程中必须满足成本效益的要求,并考虑成本控制。朱晶^[14]将施工成本的影响因素大致划分为4类,包括管理因素、风险因素、技术因素、合同因素。井锡卿^[15]指出项目监管、设计质量及深度、施工合同管理等是工程成本控制不可或缺的环节,将直接影响到工程造价结算。合同管理(CM)的基本内容包括合同签订管理、合同履行管理、合同档案管理等。在本文中合同管理主要分析两个条件变量:合同签订(contract signing, CS)与合同履行(contract performance, CP)。其中,合同签订重点在于对合同条款内容的确定与完善性,如工程的结算依据等。合同履行重点在于对合同条款的具体实施,如产生合同纠纷时的处理方式等。

1.1.2 外部环境与成本控制效率 跨海大桥作为复杂性大型工程,其生产活动是内外部交互的过程,建设工程成本必然受到内外部环境的影响。与一般的桥梁工程相比,跨海大桥项目建设工期长,施工工序复杂,具有“点多、线长、面广”的特点^[16]。市场大

环境密切影响项目成本,如材料价格的波动必然导致成本变化。洗宪恒等^[16]指出跨海大桥工程建设对环境的影响主要表现在破坏海洋生态环境和海洋渔业资源,若在施工过程中不重视对环境的保护,会加重成本负担。齐园和倪萍^[17]认为材料价格、环境是成本控制效率的影响因素之一。郭兴磊等^[18]研究表明,政策环境不稳定以及通货膨胀也会对工程项目造价有一定影响。在本文中外部环境主要研究两个条件变量:经济环境政策(economic and environmental policy, EEP)和海洋环境(marine environment, ME)。其中经济环境政策是指政府是否存在运用项目补贴、减少税收等经济手段推动重大工程建设发展的行为,例如对重大工程的建设给予部分资金补贴等;同时还包括行业环境,例如市场对行业的需求度、行业的生命周期与同行之间的竞争等。海洋环境是指项目所在地的海洋环境复杂程度、环保基础设施的完善程度以及在生态保护方面是否有政策保护等。

1.1.3 组织管理与成本控制效率 跨海大桥这类重大工程,不仅在技术上要寻求突破,庞杂的外部环境也会影响成本控制。面对这两个问题,要构建合适的组织结构联结各个部门,达到通力合作的效果^[19]。组织管理在成本控制中的作用主要体现在建立完善的成本管理体系与对员工专业素养的管理。王颖^[20]研究指出组织管理对成本控制影响最显著,工程项目组织管理水平越高,工程项目成本控制可行性越高,在其研究中选取的组织管理指标为组织机构和员工素养等。王孟均等^[21]充分强调“成本管理”与“责任管理”的有机结合,要进一步落实工程责任成本管理制度,为工程成本管理提供有益的理论参考和实践指导。杨建玲^[22]就成本管理的关键环节提出要重视管理制度和组织领导,将管理过程中出现的问题具体到个人,有利于更好地控制项目成本。Karimi等^[23]在研究中通过多元回归模型分析工人对项目的熟悉和专业程度会对成本控制产生何种风险,体现员工专业素养在成本控制中的重要性。在本文中组织管理主要涉及两个条件变量:组织机构及规章(organization and regulations, OR)和员工专业素养(professional quality of employees, PQE)。其中组织机构及规章具体指项目内部结构是否合理、项目惩罚机制是否完

善、是否有专门的项目成本管理部门等。员工专业素养是指项目中的工作人员对项目的熟悉程度以及是否具有相应资质证书等。

1.2 研究假设

本研究根据以往的文献研究内容提出相应假设。

A1: 合同管理会影响跨海大桥成本控制效率;

A2: 外部环境会影响跨海大桥成本控制效率;

A3: 组织管理会影响跨海大桥的成本控制效率。

1.3 模型构建

本文从组态视角出发,采用fsQCA方法构建“合同管理、外部环境、组织管理”3个维度下6个条件变量联动对跨海大桥成本控制效率的影响,以揭示不同因素之间的联动作用及其与成本控制效率的复杂关系,具体理论模型如图1所示。

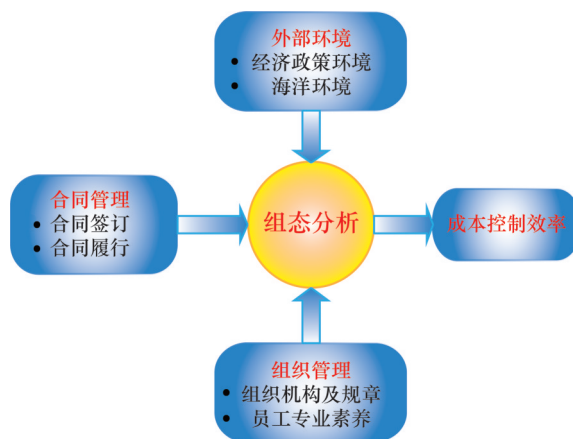


图1 组态模型

Figure 1 Configuration model

2 研究设计

社会学家Ragin CC于1987年提出定性比较分析(qualitative comparative analysis, QCA)^[24],该方法核心在于用“整体的、组合的”方式去解释社会现象,而这些社会现象无法用传统定量回归分析方法给出合理解释,原因在于导致这些社会现象发生的由来之间是相互依附而非单独存在的。针对跨海大桥成本控制效率影响因素涉及多维度、整体性并相互依赖的这一

情况，借鉴该方法探究多个前因条件（CS、CP、EEP、ME、OR、PQE）如何影响跨海大桥的成本控制效率，从而构建导致同一结果的多条路径。

2.1 数据收集与样本特征

为确保问卷填写质量，此次选取的调查对象主要是对工程项目等方面较熟悉的管理人员和工人，采用线上、线下相结合的方式展开调研^[25]。共发放问卷120份，回收107份，剔除掉整份问卷勾选都为同一选项以及漏答题数2/3的无效问卷后，最终得到有效问卷100份。在问卷设置中，运用了李克特量表，邀请调查对象在问卷中对成本控制影响的程度进行打分，其中分值代表：1—不影响、2—较小影响、3—一般影响、4—较大影响、5—非常影响。

使用SPSS软件实现频率分析过程：工作领域是

成本管理、施工过程和安全管理的分别占30%、33%和37%；学历本科及以下占61%、硕士及以上占39%；从业年限5年及以下的占75%、5年以上的占25%；一线作业人员占比45%、专业技术人员占比19%、管理人员占比36%；对跨海大桥项目的了解程度各不一样，参加项目3~5个的占比37%、3个以下的占比63%。根据以上数据可以看出基本满足抽样调查的要求。

2.2 信效度分析

采用SPSS对量表进行信效度分析，结果如表1所示。

信度可以通过Cronbach's α 系数、CR值来判断。6个条件变量的Cronbach's α 值最小为0.804，满足大于0.7的检验标准，说明内部一致性较高。CR值最小

表1 信效度分析结果
Table 1 Results of reliability and validity analyses

变量	题项	因子载荷	克隆巴哈系数Cronbach's α	组合信度（CR）	平均方差提取（AVE）
合同签订（CS）	CS1	0.807	0.860	0.735	0.892
	CS2	0.919			
	CS3	0.842			
合同履行（CP）	CP1	0.814	0.865	0.644	0.844
	CP2	0.845			
	CP3	0.745			
经济政策环境（EEP）	EEP1	0.733	0.825	0.681	0.864
	EEP2	0.883			
	EEP3	0.852			
海洋环境（ME）	ME1	0.876	0.925	0.770	0.909
	ME2	0.897			
	ME3	0.859			
组织机构及规章（OR）	OR1	0.715	0.875	0.507	0.755
	OR2	0.694			
	OR3	0.726			
员工的专业素养（PQE）	PQE1	0.766	0.804	0.568	0.797
	PQE2	0.668			
	PQE3	0.820			

为0.507, 满足大于0.5的检验标准, 说明组合信度通过。效度通过收敛效度和判别效度进行分析。其中各变量题项因子载荷值最小为0.668, AVE值最小为0.755, 均大于0.5的检验标准, 说明量表收敛效度较高。变量间的相关系数最大为0.626, 各变量量表的AVE平方根值最小为0.869, 均大于变量间相关系数, 表明测量量表有较高的判别效度^[26]。

2.3 变量校准

采用fsQCA前必须进行变量校准, 即给案例的条件变量和结果变量集合赋予隶属分数^[27]。本文采用直接校准法对条件变量与结果变量进行校准, 并将各变量的锚定点定为样本隶属度的95%、50%以及5%分位数, 结果如表2所示。

表2 变量校准锚点
Table 2 Anchor points of variable calibration

前因条件	完全隶属	交叉点	完全不隶属
合同签订 (CS)	15	10	7
合同履行 (CP)	15	10	3
经济政策环境 (EEP)	15	12	3
海洋环境 (ME)	15	12	6
组织机构及规章 (OR)	15	10	3
员工的专业素养 (PQE)	15	12	8
成本控制效率 (CCE)	80	65	43

3 实证分析

3.1 必要条件分析

使用fsQCA软件对影响跨海大桥成本控制效率的条件变量进行必要条件检验, 如表3所示。如果条件变量的一致性大于0.9, 则表明该因素是提升成本控制效率的必要条件, 无须继续进行组态分析。由表3可知, 不存在条件变量的一致性大于0.9的情况, 即所有条件均不是影响跨海大桥成本控制效率的必要条件^[28]。

3.2 组态分析

借助fsQCA软件构建真值表判别提高跨海大桥

表3 前因条件的必要性分析
Table 3 Necessity analysis of antecedent conditions

前因条件	高成本控制效率 (CCE)		低成本控制效率 (~CCE)	
	一致性	覆盖率	一致性	覆盖率
合同签订 (CS)	0.684188	0.754988	0.438406	0.533411
合同签订 (~CS)	0.577166	0.482425	0.798627	0.736028
合同履行 (CP)	0.859336	0.808667	0.506293	0.525327
合同履行 (~CP)	0.495585	0.476547	0.815599	0.864739
经济政策环境 (EEP)	0.810555	0.759755	0.511441	0.528577
经济政策环境 (~EEP)	0.497057	0.479903	0.767544	0.817093
海洋环境 (ME)	0.831161	0.758297	0.520213	0.523307
海洋环境 (~ME)	0.477502	0.474410	0.759725	0.832254
组织机构及规章 (OR)	0.798781	0.808642	0.505149	0.563857
组织机构及规章 (~OR)	0.569176	0.510562	0.828566	0.819502
员工的专业素养 (PQE)	0.796888	0.740379	0.497712	0.509865
员工的专业素养 (~PQE)	0.472456	0.460357	0.746567	0.802090

注: “~”在逻辑运算中表示“非”。

成本控制效率的组态, 其中原始一致性阈值设定为0.80, PRI一致性阈值设定为0.7, 案例数阈值设定为1。组态分析结果如表4所示, 得到相应的复杂解、简单解和中间解^[29]。由于中间解包含“逻辑余项”且符合逻辑, 因此选择中间解进行分析^[29], 并结合简单解进一步探究提高跨海大桥成本控制效率的路径, 将同时出现在简单解与中间解中的条件视为核心条件, 仅出现在中间解中的条件视为辅助条件^[27]。通过真值表可以识别3种提高跨海大桥成本控制效率的组态, 如表4所示, 分别命名为P1、P2、P3。总体一致性为0.953858, 大于0.8的阈值, 表明这3个组态是提高成本控制效率的充分条件, 总体覆盖率为0.543314, 大于标准0.5。

结果如表4所示。3组路径的核心条件同为组织机构及规章与员工专业素养, 表明这两个条件是提高跨海大桥成本控制效率的关键所在。此外, 3条路径的区别在于边缘条件的不同, 具体分析如下。

3.2.1 经济辅助型 (P1) 如合同签订的内容没有计议周全, 海洋环境未知等。针对这一情况, 首先,

表4 提高成本控制效率的组态结果
Table 4 Produce cost-controlled and efficient configuration results

前因条件	成本控制效率 CCE		
	P1	P2	P3
合同签订(CS)	⊗	⊗	
合同履行(CP)	•	•	•
经济政策环境(EEP)	•		•
海洋环境(ME)		•	•
组织机构及规章(OR)	●	●	●
员工的专业素养(PQE)	●	●	●
一致性	0.960957	0.942569	0.977273
原始覆盖率	0.320858	0.393398	0.461102
唯一覆盖率	0.004836	0.077376	0.145080
总体覆盖率		0.543314	
总体一致性		0.953858	

注：●表示存在核心条件；•表示存在边缘条件；⊗表示缺失核心条件。

注重在组织管理方面的策划，制定科学合理的组织机构及规章，培养良好且稳定的员工专业素养。其次，根据实际状况动态履行合同内容，积极预测及应对经济政策环境的潜在风险。以上综合起来构成提升跨海大桥的成本控制效率的路径。

3.2.2 生态辅助型（P2） 如合同签订的内容没有计议周全，经济政策环境未知等。对此，要先把组织管理放在关键位置，设立成本管理组织机构，安排高专业素养的成本管理人员实行成本控制监督。其次，落实合同每一项内容，正确处理相关合同纠纷，积极响应国家可持续发展的号召，在跨海大桥建设中落实海洋环境的保护措施。满足以上条件的路径也能提升跨海大桥的成本控制效率。

3.2.3 外部环境协同作用型（P3） 如合同签订的内容计议未知等。对于这类情况，要在跨海大桥建设过程中将组织管理放在成本控制的核心位置，明确各组织机构的“权责利”并制定奖惩制度，开展培训提高员工的专业素养。其次，严格执行合同细节，减少合同变更。此外，时刻关注经济政策环境的变化并做好应对突发情况的准备，如材料市场行情发生变化时及时做好供需调配。最后，坚持“绿水青山就是金山银山”的发展理念，在施工设计中加入海洋环境因素的考虑，减少对海洋环境的破坏。落实好以上几点也

能提高跨海大桥的成本控制效率。

3.3 稳健性分析

将样本案例原始一致性阈值调整至0.9，并进行真值表构建与分析，跨海大桥成本控制高效率的路径组合与调整前结果一致。第二次将PRI调整至0.75，进行真值表构建与分析，跨海大桥成本控制高效率的路径组合仍与调整前结果一致。因此，可认为本研究结论具有稳健性。

4 研究结果与讨论

4.1 研究结果

本文基于100份有效样本，采用fsQCA方法分析合同签订、合同履行、经济政策环境、海洋环境、组织机构及规章和员工的专业素养与跨海大桥成本控制效率之间的关系，研究发现：

（1）从表3可以得出，不存在条件变量的一致性大于0.9，即所有条件均不是影响跨海大桥成本控制效率的必要条件。说明跨海大桥的成本控制是一个复杂的过程，提高成本控制效率需要考虑多因素之间的组合效应。

（2）有3个组态可以提升跨海大桥成本控制效率。根据上文3条路径综合分析可知，有效的组织机构及规章、高水平的员工专业素养是共同核心条件，即这两个条件是提升跨海大桥成本控制效率的关键所在。

（3）合同管理、外部环境和组织管理这3个维度会影响跨海大桥成本控制效率，假设成立。

4.2 控制对策及建议

建设单位需要从自身实际情况出发，通过准确识别并合理联动各影响因素，促进提高跨海大桥成本控制效率。通过本文研究的组态路径P1、P2、P3可知，能有效提高跨海大桥成本控制效率的核心条件为有效的组织机构及规章以及高水平的员工专业素养。后文将针对三种组态对应的情境并结合跨海大桥项目的自身特性提出具体提升成本控制效率的对策及建议。

4.2.1 经济辅助型 (P1) 当跨海大桥项目在合同签订的过程中合同内容不够完善并且所处的海洋环境较复杂, 但当地政府对于重大工程项目有政策方面的经济补贴时, 要想提高成本控制效率, 施工单位需要将控制重心放在组织管理部分。利用经济政策环境好这一优势, 针对跨海大桥这类重大工程工期长、成本高、技术复杂的特点, 建立健全成本控制岗位制度从而细化成本管理。组建独立的成本核算部门, 并委派经验丰富的成本管理专项人员, 对项目成本进行管理和控制。同时严格把控跨海大桥有关操作人员的技术水平, 例如对管道工等技术型工人, 均应选用有资质、工作经验丰富的技术人员, 尽量降低由于技术操作而造成的损失。

4.2.2 生态辅助型 (P2) 当跨海大桥项目所在地的海洋环境较简单, 当地的经济政策环境没有明显的优点, 如没有重大工程项目补贴政策, 且签订合同的过程中没有针对争议处理的条款, 也没有明确说明工程承揽方式以及如何计量计价等内容时, 想要提高成本控制效率, 关键要把握好组织管理这一维度。包括建立和完善成本管理制度, 加强项目下属部门与部门之间的配合, 将成本控制的责任具体划分到个人, 设立成本超支或节约的奖惩制度并严格执行。针对跨海大桥施工与管理的高技术要求, 要开设人才晋升通道, 对专业技术过硬的员工升职加薪, 促使员工不断学习跨海大桥有关专业知识并提高其专业技术能力, 进一步巩固和提升技术水平, 发展管理型和技术型人才。

4.2.3 外部环境协同作用型 (P3) 这类情况为大部分跨海大桥重大工程的理想情况, 既没有在合同签订的过程中发生条款内容不完善等失误, 当地政府也会对大型项目制定针对性的政策, 给予政府资助与补贴, 并且由于跨海大桥项目的规模之大, 鲜少会有同行之间的竞争出现; 同时, 该类项目中部分分项工程所处的海洋环境清朗, 环保管理设施及制度完善, 这些都为跨海大桥项目的顺利实施提供便利。在这种情

境下, 想要进一步提高成本控制效率, 施工单位要把组织管理放在成本控制的关键环节, 组建项目成本控制部门, 并加强与财务部门的沟通和协作。此外, 定期开展培训课程, 提升员工的职业技能以及培养员工对合同的管理意识, 定期考核并制定合适的奖惩制度, 激励员工的职业性成长。

5 结论

本文基于有效样本, 运用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法, 探讨了合同签订、合同履行、经济政策环境、海洋环境、组织机构及规章和员工的专业素养与跨海大桥成本控制效率之间的复杂关系。研究发现: 跨海大桥的成本控制是一个多因素交织的复杂过程, 不存在单一的必要条件能够直接影响成本控制效率, 需要综合考虑多因素之间的组合效应; 在众多影响因素中, 有效的组织机构及规章和高水平的员工专业素养是提升跨海大桥成本控制效率的关键。跨海大桥工程建设单位只有根据自身实际情况, 准确识别和联动各个影响因素, 才能提升成本控制效率。

尽管本研究为建设单位提供了有效的成本控制策略和方法, 有助于推动跨海大桥建设行业的可持续发展, 但也存在一些不足。跨海大桥成本控制效率受到多种因素的共同影响, 且这些因素之间存在复杂的相互作用关系, 难以完全用简单的线性模型来描述; 经济政策环境、海洋环境等外部条件会随时间发生变化, 本研究可能无法完全反映动态变化对成本控制效率的影响; 而且由于研究样本和背景的特定性, 研究结果在推广到其他跨海大桥项目或类似工程时存在一定的局限性。后续研究可以考虑扩大样本量、引入更多相关变量、采用多种研究方法进行交叉验证, 并关注外部环境的动态变化, 以提高研究结果的准确性和普遍适用性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[N]. 人民日报, 2021-03-13.

- The 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development in People's Republic of China (PRC) and the Outline of Long-term Goals in 2035[N]. People's Daily, 2021-03-13.
- [2] 曾雪芳. 高校大型基建工程项目管理存在的问题与对策分析: 以某高校图书馆项目为例[J]. 建筑经济, 2022, 43(S2): 185-188.
Zeng X F. Analysis on the problems and countermeasures in the management of large-scale capital construction projects in colleges and universities: Taking a university library project as an example[J]. Construction Economy, 2022, 43(S2): 185-188.
- [3] Zhan J. A project cost control model[J]. Cost Engineering, 1998(17): 3-6.
- [4] Sila I. Examining the effects of contextual factors on TQM and performance through the lens of organizational theories: An empirical study [J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(1): 83-109.
- [5] Przywara D, Rak A. Monitoring of time and cost variances of schedule using simple earned value method indicators[J]. Applied Sciences, 2021, 11(4): 1357.
- [6] Cremer L. Underwriting limits and optimal leverage in commercial real estate[J]. The Journal of Real Estate Finance and Economics, 2020, 60(3): 375-395.
- [7] Zwikael O, Chih Y Y, Meredith J R. Project benefit management: Setting effective target benefits[J]. International Journal of Project Management, 2018, 36(4): 650-658.
- [8] Doloi H. Cost overruns and failure in project management: Understanding the roles of key stakeholders in construction projects[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2013, 139(3): 267-279.
- [9] 陈庆聪. 建筑工程施工成本管理与控制的实践研究: 以霞浦某房地产项目施工合同造价纠纷为例[J]. 居业, 2023, 15(3): 142-144.
Chen Q C. Practical research on management and control of building project construction cost: Taking a real estate project construction contract cost dispute in Xiapu as an example[J]. Create Living, 2023, 15(3): 142-144.
- [10] 朱海龙. 基于BIM的工程项目施工阶段成本动态控制研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2016.
Zhu H L. Research on the dynamic cost control of engineering project in construction phase based on BIM[D]. Beijing: North China University of Technology, 2016.
- [11] 张杰辉, 魏炜, 陈珂. 基于SEM-MEA的装配式建筑隐性成本控制水平评价研究[J]. 建筑科学, 2023, 39(5): 202-210.
Zhang J H, Wei W, Chen K. Research on evaluation of hidden cost control level of prefabricated buildings based on SEM-MEA[J]. Building Science, 2023, 39(5): 202-210.
- [12] 曹小琳, 宋阳. 中国基础设施建设走向国际的合同管理研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(13): 81-84.
Cao X L, Song Y. International infrastructure contract management of Chinese construction company[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011, 28(13): 81-84.
- [13] 陈超. 基于合同管理的工程成本控制研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(11): 63-65.
Chen C. Research on project cost control based on contract management[J]. Construction Economy, 2020, 41(11): 63-65.
- [14] 朱晶. 基于解释结构模型的施工成本影响因素分析[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2015, 37(1): 95-98.
Zhu J. Analysis of influencing factors of construction cost based on interpretative structural modeling[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information & Management Engineering), 2015, 37(1): 95-98.
- [15] 井锡卿. 建设工程中影响造价的因素分析[J]. 财经问题研究, 2015(S1): 76-78.
Jing X Q. Analysis of factors affecting construction cost in construction projects[J]. Research on Financial and Economic Issues, 2015(S1): 76-78.
- [16] 洗宪恒, 段国钦, 黄志雄, 等. 海洋工程环保顾问工作制度初探: 以港珠澳大桥工程为例[J]. 海洋湖沼通报, 2014(3): 201-206.
Xian X H, Duan G Q, Huang Z X, et al. Primary discussion on environmental consultant system in marine engineering: The case of Hong Kong-Zhuhai-Macao bridge project[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2014(3): 201-206.
- [17] 齐闻, 倪萍. 基于AHP的既有建筑结构改造施工成本影响因素分析[J]. 建筑经济, 2021, 42(S1): 116-119.
Qi Y, Ni P. Analysis of influencing factors on construction cost of existing building structure reconstruction based on AHP[J]. Construction Economy, 2021, 42(S1): 116-119.
- [18] 索宁, 郭兴磊. 基于主成分分析法和回归分析的建设项目造价影响因素分析[J]. 项目管理技术, 2022, 20(1): 14-17.
Suo N, Guo X L. Cost-influencing factors on construction products based on principal component analysis and regression analysis[J]. Project Management Technology, 2022, 20(1): 14-17.
- [19] 麦强, 安实, 林翰, 等. 重大工程复杂性与适应性组织: 港珠澳大桥的案例[J]. 管理科学, 2018, 31(3): 86-99.

- Mai Q, An S, Lin H, et al. Complexity and adaptive organization of mega project: The case of Hong Kong -Zhuhai- Macau bridge[J]. Journal of Management Science, 2018, 31(3): 86-99.
- [20] 王颖, 李庆教. 基于结构方程的建设工程项目成本控制影响因素研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(2): 63-68.
Wang Y, Li Q J. Study on influencing factors of cost control of construction project based on structural equation[J]. Construction Economy, 2020, 41(2): 63-68.
- [21] 王孟钧, 赵娜, 郑俊巍, 等. 地铁工程成本管控模型构建与诠释的质化研究[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(5): 110-115.
Wang M J, Zhao N, Zheng J W, et al. Qualitative research on the establishment and interpretation of the cost management control model of subway projects[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(5): 110-115.
- [22] 杨建玲. 加强项目成本管理 提高企业经济效益[J]. 山西财经大学学报, 2011, 33(S1): 185.
Yang J L. Strengthening project cost management and improving economic benefits of enterprises[J]. Journal of Shanxi University of Finance and Economics, 2011, 33(S1): 185.
- [23] Karimi H, Taylor T R B, Dadi G B, et al. Impact of skilled labor availability on construction project cost performance[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2018, 144(7): 0401857-1-04018057-7.
- [24] Marx A, Rihoux B, Ragin C. The origins, development, and application of qualitative comparative analysis: The first 25 years[J]. European Political Science Review, 2014, 6(1): 115-142.
- [25] 陈怀超, 白珊, 侯佳雯, 等. 多因素联动对企业商业模式创新的影响: 基于 fsQCA 方法[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(9): 140-148.
Chen H C, Bai S, Hou J W, et al. The impact of multi-factor linkage on enterprise business model innovation: A study based on fsQCA method[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2024, 41(9): 140-148.
- [26] Fornell C, Larcker D F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error[J]. Journal of Marketing Research, 1981, 18(1): 39-50.
- [27] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA): 管理学研究的一条新道路[J]. 管理世界, 2017(6): 155-167.
Du Y Z, Jia L D. Configuration perspective and qualitative comparative analysis (QCA): A new way of management research[J]. Management World, 2017(6): 155-167.
- [28] 张明, 杜运周. 组织与管理研究中QCA方法的应用: 定位、策略和方向[J]. 管理学报, 2019, 16(9): 1312-1323.
Zhang M, Du Y Z. Qualitative comparative analysis (QCA) in management and organization research: Position, tactics, and directions[J]. Chinese Journal of Management, 2019, 16(9): 1312-1323.
- [29] 辛本禄, 穆思宇. 组态视角下企业服务创新绩效的影响因素研究: 基于 fsQCA 的实证分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(3): 169-184.
Xin B L, Mu S Y. Research on the influencing factors of enterprise service innovation performance from configuration perspective: A fuzzy-set qualitative comparative analysis[J]. Science of Science and Management of S & T, 2023, 44(3): 169-184.

Study on the Path of Cost Control Efficiency Improvement for Cross-Sea Bridges: Based on fsQCA's Group Analysis

Yuan Jianbo*, Wang Yangyu

Institute of Transportation Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China

Highlights

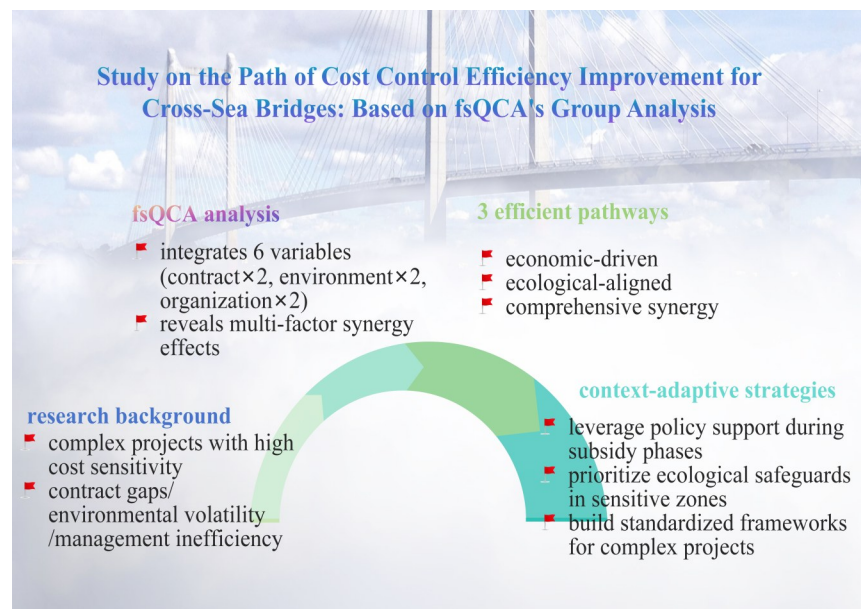
First application of fsQCA to cross-sea bridge cost control, uncovering synergies across contract, environment, and organizational factors.

Three distinct efficiency pathways identified: policy-driven, eco-aligned, and integrated synergy models.

Dual-driver framework validates organizational systems and workforce expertise as core enablers.

Tailored strategy matrix links policy, environment, and project traits for actionable solutions..

Graphical Abstract



Abstract: As China's economy continues to develop in a high-quality manner and the people aspire to a better life, infrastructure construction, as a cornerstone of national economic development, has increasingly come to the forefront as a strategic priority. Against this backdrop, major engineering projects such as cross-sea bridges play an increasingly important role in national development due to their unique role in promoting regional economic integration, improving transportation networks, and driving the development of coastal regions. According to the deployment outlined in the "14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China and the Long-Term Objectives Through the Year 2035", a series of major engineering construction projects will be launched in the coming years, meaning that the number and scale of landmark projects like cross-sea bridges will continue to grow. Throughout the entire lifecycle of a cross-sea bridge project, cost management serves as a core component spanning all stages from planning, design, construction, to operation and maintenance. The effectiveness of cost management not only directly impacts the project's overall profit and return on investment but also determines the project's sustainability and the realization of its social benefits. Especially in the current context of complex and volatile global economic conditions and tightening resource and environmental constraints, how to enhance project management efficiency through scientific cost control has become a key factor determining the smooth progress of large-scale complex engineering projects. It can be seen that exploring efficiency improvements in cost control pathways for cross-sea bridges not only holds significant theoretical significance, providing new perspectives and methods for research in the field of engineering management, but also has far-reaching practical significance, capable of providing strong support for scientific decision-making and management in major engineering projects.

Current academic research on cost control efficiency primarily focuses on using traditional regression analysis methods to explore the independent impact of various single factors on outcomes, such as the completeness of contract terms, the stability of the policy environment, or the rationality of organizational structure. While such research has achieved certain results, it often overlooks the potential synergistic effects and interactions between these factors. In actual engineering projects, improvements in

cost control efficiency are typically the result of the combined effects of multiple factors, which may exhibit complex relationships such as complementarity, substitution, or inhibition. For example, a favorable economic policy environment may compensate for certain shortcomings in contract management, while high levels of employee professionalism may amplify the positive effects of organizational structure optimization. To address this research gap, this paper adopts a new research method—fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA)—based on configuration theory, breaking free from the limitations of traditional linear thinking. It examines the factors influencing cost control efficiency in cross-sea bridge projects from a holistic and systemic perspective. It particularly focuses on the synergistic effects of three key dimensions: contract management (including contract signing and execution), external environment (covering economic policy environment and marine environment), and organizational management (including organizational structure and employee professional competence). By constructing a multi-dimensional, multi-level analytical framework, it delves into the differentiated impact pathways of different factor combinations on cost control efficiency.

The study identified three typical pathways for enhancing cost control efficiency in cross-sea bridge projects: Economic Support Pathway: When contract signing contains contractual loopholes, a robust contract execution mechanism complemented by a favorable economic policy environment, coupled with efficient organizational structures, regulations, and high-level employee professionalism, can form an effective configuration for cost control; Ecological Support Pathway: In scenarios where contract signing has defects, by strengthening contract execution management, aligning with marine environmental characteristics, such as developing specialized protective measures for highly corrosive marine environments, and leveraging a sound organizational management system, significant improvements in cost control efficiency can be achieved; External Environment Synergy Pathway: When contract execution is standardized, and economic policies and marine environmental conditions form a synergistic support system, combined with robust organizational management systems, significant enhancements in cost control efficiency can be realized. such as developing specialized protective measures for highly corrosive marine environments, while relying on a sound organizational management system, can significantly enhance cost control efficiency; External Environment Synergy Pathway: When contract execution standards, economic policies, and marine environmental conditions form a synergistic support system, the institutional effectiveness and talent advantages in the organizational management dimension become the decisive factors in cost control. It is worth noting that all three pathways emphasize that optimizing organizational structure and enhancing employee professional competence are core conditions, providing project managers with clear directions for improvement. Based on these findings, this study not only provides a theoretical analytical framework for "multi-factor synergy" in major engineering cost control but also offers practical guidance for cross-sea bridge project management. Additionally, this paper proposes differentiated cost control strategies tailored to different project contexts, providing actionable recommendations for practical work. Of course, this study also has some limitations, such as the sample primarily coming from specific regions and not considering dynamic environmental changes, among other factors, which require further refinement in subsequent research. Future research can expand the sample scope, incorporate more potential influencing factors, and attempt to establish dynamic analysis models to more comprehensively grasp the complex mechanisms of cost control for cross-sea bridges.

Keywords: cross-sea bridges; influencing factors; cost control efficiency; fuzzy set qualitative comparative analysis(fsQCA)