

# 设计-建造和设计-招标-建造项目执行期 成本控制绩效元分析

强茂山, 温 祺, 袁尚南

(清华大学 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室, 项目管理与建设技术研究所, 北京 100084)

**摘要:** 全面分析了对比设计-建造(DB)和设计-招标-建造(DBB)项目执行期成本控制绩效的已有成果,发现各研究的样本项目条件不同,且大多为小样本,导致对两种模式下项目执行期成本控制绩效的差异缺乏一致结论。为此,采用随机效应元分析模型整合已有成果,基于大样本得出平均意义上的结论。结果表明,整体上DB模式能显著地改善执行期的成本控制绩效,稳健性检验说明该结果客观反映了两种模式的差异。分组元分析表明,DB模式在公共项目中带来的绩效改善较小;业主类似经验较少的项目中DB模式能更好地控制成本;DBB模式更适用于较复杂的项目;DB模式的绩效改善作用表现出先增后减的阶段性变化规律,与相应年代的政策导向有关。业主应在对比不同模式下项目绩效时充分考虑项目条件的影响,据此选择交易模式。得出的各项目条件对两种模式下成本控制绩效差异的影响在业主的交易模式选择决策中具有借鉴意义。

**关键词:** 设计-建造模式;设计-招标-建造模式;工程项目交易模式;执行期成本控制绩效;元分析

中图分类号: F407.9

文献标志码: A

## Meta-analysis on Cost Growth Gap between Design-Build and Design-Bid-Build Projects

QIANG Maoshan, WEN Qi, YUAN Shangnan

(Institute of Project Management and Technology, State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** A thorough review of literature on Design-Build (DB) and Design-Bid-Build (DBB) project cost growth performance comparison indicates that existing studies focus on different types of projects, and most studies build on limited samples of projects. As a result, the conclusions of previous studies are diverse, and no general consensus has been reached on whether DB outperformed DBB in terms of

cost growth. This paper employs random effect meta-analysis model to statistically integrate results in previous studies. Based on the integrated large sample, the gap between cost growth in DB and DBB projects is evaluated. The meta-analysis results, verified by the robust tests, show that DB projects achieve significantly lower cost growth on average. Further meta-analyses on different groups of studies reflect that DB system performs worse in public projects but better in unique projects. DBB is more conducive to cost growth control under complex project conditions. Cost growth improvements induced by DB system experienced growth initially, followed by shrinkage afterwards due to policy changes. This reminds clients that PDS should be selected according to specific project conditions. Hence, clients should consider both project conditions and performance history of different PDSs when selecting PDS. Clients may find this paper helpful in supporting their PDS selection decisions.

**Key words:** design-build system; design-bid-build system; project delivery system (PDS); cost growth performance; meta-analysis

在建设项目中,业主根据项目条件特点选择工程项目交易模式,明确各参与方的责权分配、风险分担和收益分享机制,促进项目绩效目标的实现。目前,设计-建造(design-build, DB)模式和设计-招标-建造(design-bid-build, DBB)模式是建设项目中应用最广泛的两种工程项目交易(project delivery system, PDS)模式<sup>[1-2]</sup>。对比两种模式下的项目绩效是进行模式比选的依据,也是研究的热点问题<sup>[2]</sup>。其中,定量分析质量绩效比较困难;绝大多数实证研究一致表明DB项目的进度绩效显著优于DBB项目<sup>[2]</sup>。但是对项目费用绩效尤其是执行期成本控制

收稿日期: 2015-05-19

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51179086, 51479100, 51379104); 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室科研课题资助(2015-KY-5, 2013-KY-5)

第一作者: 强茂山(1957—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为工程项目管理、项目资源集成模式与机制、项目投入与受益测定、责权与风险管理、绩效与激励机制等。E-mail: qiangms@tsinghua.edu.cn

绩效的实证研究却一直存在争议<sup>[3]</sup>,部分学者发现DB模式对项目执行期费用的控制能力显著优于DBB项目<sup>[4]</sup>,而部分学者则认为两者没有显著差异<sup>[5]</sup>.这一方面是由于所研究项目的特点不同<sup>[5]</sup>;另一方面,部分研究中收集的样本量较小,易使结果产生偏差<sup>[3-4]</sup>.此外,中国工程项目中DB模式的实践起步较晚,定量对比两种模式执行期成本控制绩效的研究则更加缺乏,需要充分借鉴国内外实证研究结果反映两种模式差异的规律<sup>[1]</sup>.

据此,本文对大量国内外已有实证研究进行元分析,整合其结果形成大样本,量化DB和DBB模式执行期成本控制绩效差异,并分析这种差异随项目条件变化的规律.业主可以据此分析项目条件和自身特点,综合考虑各项绩效目标,选择最合理的工程项目交易模式.

## 1 DB与DBB模式对比

随着项目管理和建设技术的发展,建设项目的交易模式经历了往复变迁,DB和DBB模式交替成为主流,体现了业主寻求交易成本最小化和执行效率最大化的过程<sup>[6]</sup>.

DB模式源于18世纪到20世纪初占据主导地位的主承包商(master builder)模式,业主雇佣单一主承包商全面负责项目的勘测、设计和施工,简化了业主职能<sup>[6]</sup>.20世纪初至20世纪80年代,随着项目的复杂化和建设技术的专业化,单一主承包商不能满足项目需求,设计和施工开始由专业化的主体承担,DBB模式逐渐盛行<sup>[5]</sup>.但是DBB模式下设计和施工分离,降低了设计的可施工性,顺序化的实施方式增加了建设周期<sup>[3]</sup>.20世纪80年代以来,项目管理技术在建设行业普及,拥有项目管理知识的总承包商承担了设计和施工阶段以统筹解决DBB模式中出现的各种问题.根据美国建筑业协会的调查,目前建设项目中DBB模式应用最广泛,但DB模式迅速普及,在大量项目中取代了DBB模式<sup>[3]</sup>.诸多学者针对这一现象分析了DB和DBB模式的关键差异(表1)及其对项目执行期成本控制绩效的影响.

表1 DB和DBB模式的关键差异

Tab.1 Critical differences between DB and DBB

关键差异	DBB模式特征	DB模式特征
执行结构	设计、施工分离	设计、施工整合
风险分担	各方共担风险	总承包商承担大部分风险
能力发挥	充分发挥业主的能力	充分发挥总承包商的能力
熟悉程度	大部分业主熟悉	很多业主不熟悉

第一,DB和DBB项目执行结构不同.DB模式整合了设计、施工阶段,增加了施工人员在设计阶段的参与,提高了设计方案的可施工性,减少了业主的管理界面,有助于控制执行期成本<sup>[7]</sup>.但招标阶段设计方案尚不完善,有能力承担DB项目的总承包商数量有限,难以为设计和施工阶段分别选取最具竞争力的项目参与方,不利于成本控制<sup>[5]</sup>.

第二,DB和DBB项目中风险分担结构不同.DB总承包商在项目设计尚不完善时参与项目,分担了较大的风险,给业主在项目执行期的费用带来了确定性.但总承包商和业主的风险分担是一个复杂的过程,承包商可能通过项目变更等手段实现项目风险的重分配.Riley等<sup>[4]</sup>研究发现,成本超支的主要原因是工程变更,虽然DB模式提高了设计方案的可施工性,减少设计变更,但是DB项目的变更总数并没有显著改变,说明总承包商通过其他变更形式索取风险补偿.

第三,业主在执行阶段发挥的作用不同.业主对DBB项目的执行阶段拥有更多的控制,而DB项目执行期大部分管理工作由总承包商完成.因此,DBB模式更有利于发挥业主能力控制项目执行成本<sup>[2]</sup>,但不利于充分利用承包商的专业知识技能灵活应对项目变更<sup>[8]</sup>.

第四,业主对交易模式的熟悉程度不同.很多业主倾向于选择更加熟悉的DBB模式,即使DB模式能提高项目执行效率<sup>[9]</sup>.另一方面,采用不熟悉模式也可能降低执行期成本的可控性<sup>[2]</sup>.

以上4项关键差异均对项目执行期的成本控制造成两方面影响,难以定性判断哪种模式更有利于执行期成本控制,需要进行实证分析.

## 2 DB与DBB项目执行期成本控制绩效对比

诸多学者对比研究了DB和DBB项目执行期的成本控制绩效,却始终缺乏一致的结论<sup>[5]</sup>.

一方面,不同研究采用了两种不同的成本控制绩效指标:合同超支率(award growth,AG)指中标合同额超过项目可行性研究预期造价的比率;成本超支率(cost growth,CG)指实际支付合同额超过中标合同额的比率.由于DB项目中业主招标总承包商时项目的设计尚不完善,对费用的估计不准,使得DB项目的合同超支率较高<sup>[5]</sup>.大量学者认为合同超支率部分取决于业主对项目费用测算的准确程度,

具有较大的主观性,并不客观地反映项目执行期的成本控制绩效.大部分研究采用了成本超支率指标衡量项目执行期的成本控制绩效,据此,本文在后续分析中采用这一指标<sup>[10]</sup>.

另一方面,大部分研究中的项目样本量有限,结论容易受随机因素影响而产生偏差<sup>[3]</sup>.绝大部分学

者采用了问卷研究范式,即通过问卷调研 DB 和 DBB 项目的成本超支率数据,采用统计检验方法对比成本超支率差异.表 2 总结了对两种模式下项目成本超支率的已有研究.其中  $\Delta C_i$  为成本超支率差异,标准差  $\sqrt{V_i}$  为两类项目样本的合并方差.

表 2 关于成本超支率的已有研究

Tab.2 Previous studies on project cost growth

编号	作者	样本量		项目描述	$\Delta C_i$	标准差 $\sqrt{V_i}$	统计方法
		DB	DBB				
A	Shane <sup>[11]</sup>	55	29	污水处理	2.00	2.89	T 检验
B	Ratnasabapathy <sup>[12]</sup>	30	30	私有项目	7.93	3.06	方差分析
C	Roth <sup>[13]</sup>	6	6	海军项目	4.85	4.48	T 检验
D	Ronser <sup>[9]</sup>	277	553	空军项目	1.90	0.69	T 检验
E	陈勇强 <sup>[8]</sup>	<u>94</u>	<u>85</u>	建设项目	<u>11.82</u>	<u>2.31</u>	<u>T 检验</u>
F	Idoro <sup>[14]</sup>	42	42	建设项目	-21.01	5.26	T 检验
G	Ling <sup>[2]</sup>	65	42	建筑项目	0.50	1.43	T 检验
H	Minchin <sup>[15]</sup>	30	30	公路项目	-6.48	3.93	T 检验
I	Allen <sup>[16]</sup>	36	74	海军项目	18.00	6.86	T 检验
J	Konchar <sup>[17]</sup>	154	116	建筑项目	2.66	2.20	T 检验、多元回归
K	FHWA <sup>[18]</sup>	36	36	高速公路	1.10	11.00	T 检验
L	Riley <sup>[4]</sup>	55	65	建设项目	11.90	3.76	T 检验
M	Hale <sup>[19]</sup>	39	38	海军建筑	2.00	0.77	T 检验
N	Dissanayaka <sup>[20]</sup>	<u>40</u>	<u>13</u>	建筑项目	<u>2.50</u>	<u>1.36</u>	<u>T 检验、人工神经网络</u>
O	Thomas <sup>[21]</sup>	244	82	建设项目	1.30	2.24	T 检验
P	Thomas <sup>[21]</sup>	163	128	建设项目	1.80	1.91	T 检验
Q	Pocock <sup>[22]</sup>	90	40	军队项目	2.11	1.32	T 检验
R	Darren <sup>[23]</sup>	44	75	军队项目	3.61	2.94	T 检验
S	Huang <sup>[24]</sup>	88	248	建设项目	3.54	2.10	T 检验
T	Shrestha <sup>[25]</sup>	16	6	大型公路	-1.50	4.66	方差分析
U	Gransberg <sup>[26]</sup>	54	34	建筑项目	16.60	4.87	T 检验
V	Ibbs <sup>[5]</sup>	30	24	建设项目	5.00	8.57	T 检验
W	Pocock <sup>[27]</sup>	7	5	建设项目	6.15	5.46	T 检验
X	Shehu <sup>[28]</sup>	291	58	小型建设	-1.13	2.39	T 检验
Y	Chao <sup>[29]</sup>	<u>40</u>	<u>19</u>	电站项目	<u>-8.64</u>	<u>6.00</u>	<u>模糊模型</u>
Z	Moon <sup>[30]</sup>	79	21	建筑项目	5.74	2.43	Logistic 回归

上述研究结果的应用隐含了一项重要假设:所研究的 DB 和 DBB 项目的差异规律将同样适用于其他项目.但是独特的项目条件因素将影响项目绩效,这项假设对小样本难以成立<sup>[3,23]</sup>.为解决这一问题,部分研究采用案例分析方法,深入分析某一类型项目,控制项目条件因素,得出针对某一类项目的结论.但使用小样本容易造成第 II 类误差(弃真误差),倾向于得到两种模式绩效差别不显著的结论<sup>[10]</sup>;部分研究收集了相对较多的样本,希望得出平均意义上的结论,但单项研究中样本数量和代表性依旧有限.这些局限使大量研究的结论各异,甚至截然相反,需要使用统计方法整合各研究结果.

由表 2 可见,DB 模式在中国的应用起步较晚,针对中国情境的研究较少(在表中用下划线标出),其结论也存在较大差异,需要整合其结论为中国情

境下工程交易模式的选择提供参考.针对美国工程项目的研究较多,且分布于 DB 模式逐渐在行业中推广的各时间点,可以为中国的管理实践提供经验教训的借鉴.

针对上述有待进一步研究的问题,一方面,需要扩大样本容量,减少第 II 类误差的概率;另一方面,需要涵盖各种类型的项目,探索 DB 和 DBB 模式平均意义上的差异,讨论各项因素对绩效差异的影响.元分析方法可以整合已有研究成果,得出基于大样本的结论,满足了研究需求,故本文中采用该方法.

### 3 元分析方法

元分析是对已有研究结果进行再分析的方法,通过收集大量同类研究结果,分析各研究中样本的

同质性,使用统计学方法合并样本,得出更具代表性的结论.元分析方法广泛应用于教育、医学等领域,在建设管理领域逐渐流行<sup>[31]</sup>.Horman 使用元分析方法整合 24 篇关于项目时间浪费情况的研究成果<sup>[32]</sup>,Goftar 使用元分析方法定性对比了 DB 和 DBB 模式的绩效<sup>[33]</sup>.本文借鉴这两项研究的方法,定量分析 DB 和 DBB 项目执行期的成本控制绩效差异.

### 3.1 数据收集

大量文献研究了 DB 和 DBB 项目中成本超支率的差异,笔者在 CNKI 数据库、Web of Knowledge、Science Direct 和 ASCE Library,使用关键词“工程项目交易模式”、“绩效对比”、“project performance comparison”、“project delivery system”、“DB”和“DBB”检索共得到 51 篇有关文献.剔除其中没有对比 DB 和 DBB 项目的文献 4 篇,没有研究成本超支率的文献 4 篇,没有定量分析的文献 9 篇,没有收集客观项目数据的文献 6 篇,文中数据无法进行样本合并的文献 2 篇,最终得到表 2 中的 26 篇用于元分析的文献.

### 3.2 模型选取及计算方法

固定效应模型和随机效应模型是元分析中常用的两种模型<sup>[34]</sup>,固定效应模型假设待测算的效应量是常量,不随样本变化,样本值的波动仅由随机误差造成;随机效应模型则认为待测算的效应量是随机变量,其自身的变化也会使样本观测值产生波动<sup>[32]</sup>.不同项目的条件各不相同,DB 和 DBB 模式下的成本超支率差异也不相同,因此,随机效应模型更加符合实际情况,在本文采用中如下随机效应模型:

$$\Delta C_i = \Delta C_{DBB-DB} + u_i + v_i$$

其中, $\Delta C_i$  为文献  $i$  分析得出的 DB 和 DBB 模式下成本超支率差异; $\Delta C_{DBB-DB}$  为所有建设项目中平均意义上的成本超支率差异; $u_i \sim N(0, \tau^2)$  为所研究项目条件特点造成文献  $i$  得出结论与  $\Delta C_{DBB-DB}$  的差异, $\tau^2$  称为文献间方差; $v_i$  为随机误差项,其方差  $V_i$  为文献内方差.

项目具有不可逆性,一旦采用了某种交易模式即不能再采用其他模式,表 2 中文献分别收集了 DB 和 DBB 项目的数据,认为这些项目在一定程度上可比,由此估算  $\Delta C_{DBB-DB}$  及其方差.由中心极限定理可知  $\Delta C_i$  近似服从 T 分布,可以据此合并样本的均值及方差,具体步骤如下:

首先计算  $\tau^2$  的估计值  $T^2$ ,以文献  $i$  样本方差的倒数为权数  $W_i$ :

$$W_i = \frac{1}{V_i}$$

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i \cdot \Delta C_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k W_i \cdot \Delta C_i)^2}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

$$d_f = k - 1$$

$$W_C = \sum_{i=1}^k W_i - \frac{(\sum_{i=1}^k W_i^2)}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

$$T^2 = \frac{Q - df}{W_C}$$

其中: $k$  为元分析文献的数量; $V_i$  为文献  $i$  中  $\Delta C_i$  的方差; $d_f$  为自由度; $W_C$  为标准化因子; $T^2$  为样本间方差.据此,由  $T^2$  修正文献  $i$  中样本在所有文献的合并样本中的方差  $V_i^*$  及  $\Delta C_i$  在合并样本中的权重  $W_i^*$ :

$$V_i^* = V_i + T^2$$

$$W_i^* = \frac{1}{V_i^*}$$

由此计算合并样本的均值即为  $\Delta C_{DBB-DB}$  的估计值,记为  $\Delta C_M$ ,及其方差  $V_M$ 、标准差  $S_{E,M}$  及  $T$  值:

$$\Delta C_M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i^* \cdot \Delta C_i}{\sum_{i=1}^k W_i^*}$$

$$V_M = \frac{1}{\sum W_i^*}$$

$$S_{E,M} = \sqrt{V_M}$$

$$T_M = \frac{\Delta C_M}{S_{E,M}}$$

根据  $T_M$  值即可检验  $\Delta C_M$  是否显著异于零,得出平均意义上的结论.

## 4 分析结果及讨论

按照上述步骤计算,合并各文献数据,得到元分析结果见表 3,其中  $T_M$  表示合并样本的  $T$  值, $S_{ig}$  表示其显著性.

表 3 元分析结果汇总

Tab.3 Meta-analysis results of integrated sample					
Q	$T^2$	$\Delta C_M/\%$	$S_{E,M}$	$T_M$	$S_{ig}$
101.08	11.75	2.85	0.91	3.15	0.0016

可见,平均而言 DBB 项目成本超支率显著高于 DB 项目 2.85%.DB 模式能够通过整合项目阶段,增加项目执行过程中的灵活性,实现更好地项目成本控制绩效.如前所述,诸多因素会影响项目绩效水平,以下检验元分析结论的稳健性并深入分析各因

素的影响。

### 4.1 稳健性分析

元分析基于已发表文献中的数据,如果文献选取不当将严重扭曲元分析结论.为了检验本文元分析结果是否存在扭曲,进行以下三项检验.

第一,进行敏感性分析(表 4),检验遗漏有关文献对结果的影响情况<sup>[34]</sup>,即计算需要在样本中加入多少篇认为两种模式差异为 0 的文献,才能使元分析结果变为不显著.可见,如果存在 3 篇证明两种模式差异为 0 的文献(对应于 462 个样本)被忽略,则  $\Delta C_M$  将存在 10% 的偏差,而此时的结论仍然显著;如果存在 18 篇证明两种模式差异为 0 的文献(对应的 2 772 个样本)被忽略,则  $\Delta C_M$  将存在 40% 的偏差,此时结论将变为临界显著.然而,在检索过程中遗漏 18 篇文献(及对应的 2 772 个样本项目)的概率极小,故认为元分析没有因为遗漏有关文献而得出存在扭曲的结论,具有稳健性.

表 4 元分析结论敏感性分析

$\Delta C_M$ 的变化率/%	$\Delta C_M$	文献数量	样本数量	文献数量变化/%	显著性
10	2.57	3	462	11.54	0.005
20	2.28	7	1 078	26.92	0.012
30	2.00	12	1 848	46.15	0.028
40	1.71	18	2 772	69.23	0.059
50	1.43	27	4 158	103.85	0.116
60	1.14	40	6 160	153.85	0.208
70	0.86	61	9 394	234.62	0.345
80	0.57	105	16 170	403.85	0.529
90	0.29	235	36 190	903.85	0.753

第二,元分析所选取的文献总体必须具有代表性,即从中剔除任一样本文献结论保持一致.依次从文献样本中删除某一文献而保留其余文献,元分析结果如图 1 所示,图中横坐标的文献编号对应于表 2 中编号.可见,元分析结果波动不大(在 2.3~3.5 之间且保持显著).其中,删除文献 E 或 F 对元分析结果造成的影响最大,由表 2 可知文献 E、F 得出了高度显著异于 0 的结论,但两篇文献中的样本量与整

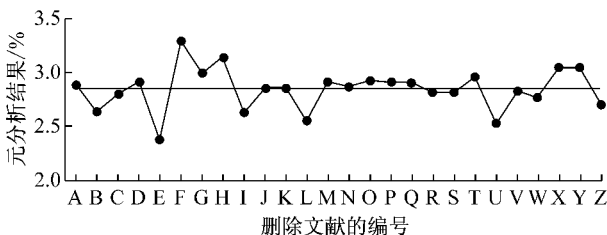


图 1 删除单篇文献后的元分析结果

Fig.1 Meta-analysis results excluding individual study

体相比较小,可以认为对元分析结论的影响不大,元分析结果具有稳健性.同时,这一项分析再次说明各单项研究可能由于样本量有限和项目的特殊性得出差异较大的结论.

第三,结论具有显著性的成果往往容易在学术期刊发表,如果元分析仅仅基于期刊文献,则倾向于得出显著的结论而扭曲真实的效应量<sup>[32]</sup>.26 篇样本文献中 19 篇来自期刊,7 篇来自会议及学位论文,分别对两组文献进行元分析,结果见表 5.可见,对期刊和非期刊文献的元分析结论都认为 DB 模式能够带来显著的成本控制绩效改善,而期刊文献的结论相对更保守,故不存在偏向于显著结论的倾向.

表 5 期刊和非期刊文献元分析结论

	$\Delta C_M$ /%	$S_{E,M}$	T	$S_{ig}$
期刊	2.08	0.97	2.14	0.032
非期刊	6.74	2.84	2.37	0.017

综合以上三点,可以确定本文的元分析结果不存在遗漏文献、缺乏代表性、偏向于显著结论等问题,具有稳健性,可以反映建设项目中 DB 模式与 DBB 模式平均意义上的差异.

### 4.2 项目特征的影响

每个建设项目都是独特的,不同项目条件下交易模式对项目绩效的影响不同.对比不同条件下 DB 和 DBB 项目执行期成本控制绩效的差异,有助于辨析哪种模式更适用于特定的项目条件.

#### 4.2.1 项目所在国家的影响

中国独特的政治、经济和文化环境可能对项目执行期成本控制绩效产生影响.分组分析中国(文献 E、N、Y)和其他国家情境下的研究,得到分组元分析结果见表 6.

表 6 中国和其他国家情境下文献元分析结论

	$\Delta C_M$ /%	$S_{E,M}$	T	$S_{ig}$
中国	2.88	1.72	1.67	0.096
其他	2.64	0.96	2.70	0.007

可见,DB 和 DBB 模式对项目执行期成本控制绩效的影响规律同样适用于中国环境.但由于中国情境下的研究样本量有限,受随机波动影响较大,元分析结果仅单侧显著,这再一次印证了整合大量研究反映大样本下规律的必要性.

#### 4.2.2 项目权属性质的影响

根据表 2 中项目描述信息,对研究公共项目的文献(包括文献 A、C、D、H、I、K、M、Q、R、T、X、Z)行

元分析,将得到的结果与包含所有文献的元分析结果对比见表 7。

表 7 不同权属性质项目中 DB 和 DBB 模式的成本超支率差异

Tab.7 Meta-analysis results of studies on projects of different ownership types

项目性质	$\Delta C_M/\%$	$S_{E,M}$	$T$	$S_{ig}$
公共	1.98	0.97	2.05	0.040
所有	2.85	0.91	3.15	0.002

可见,公共项目中 DB 模式对执行期成本控制绩效的改善小于平均水平.公共业主对 DB 项目的监管层次较多,审批环节复杂,总承包商在项目的执行过程中灵活性较小,不能充分整合和优化项目执行过程<sup>[3]</sup>。

#### 4.2.3 项目类型的影响

分析不同类型项目中 DB 和 DBB 模式的绩效差异需要排除项目权属性质对绩效的影响.从所有研究公共项目的文献中按照项目类型选取两类分别分析,第一类为房屋建筑项目,包含文献 M、X、Z;第二类为公路项目,包括文献 H、K、T.分别对两组文献进行元分析得到结果见表 8。

表 8 不同类型项目 DB 和 DBB 模式成本超支率差异

Tab.8 Meta-analysis results of studies on different types of projects

项目类型	$\Delta C_M/\%$	$S_{E,M}$	$T$	$S_{ig}$
房建	2.17	2.18	1.00	0.321
公路	-3.57	4.12	-0.87	0.387

可见,两类项目中两种模式对成本超支率的影响相反.房屋建筑项目的规范成熟,项目执行过程相对程式化,不确定因素较少,复杂程度较低;公路项目的技术难度相对较大,每个项目都具有相当独特的条件特点,复杂程度较高.因此,在复杂程度较小的项目中采用 DB 模式可以增加项目执行效率,促使总承包商分担项目风险,控制项目执行期成本;在较复杂的项目中,采用 DBB 模式可以精细化项目执行过程管理,实现合理的风险分担结构,减少执行期成本超支。

#### 4.2.4 业主类似经验的影响

部分研究中的项目具有重复性,业主长期从事此类项目(例如,房地产开发项目),具有丰富的类似项目实施经验,而部分文献则研究了具有较强独特性,甚至在很长时期内只执行一次(例如,污水处理项目、大型高速公路项目),其业主难以积累大量的项目经验<sup>[3]</sup>.依据文献中对业主项目经验的描述将文献分类,第 I 类(文献 H、I、K、Y)包含业主经验相

对丰富的项目,第 II 类(文献 A、T)包含相对独特而业主缺乏经验的项目,分别进行元分析得到表 9 中结果。

表 9 业主类似经验不同的项目中 DB 和 DBB 模式的成本超支率差异

Tab.9 Meta-analysis results of studies on projects with different client experience

分类	$\Delta C_M/\%$	$S_{E,M}$	$T$	$S_{ig}$
I	0.50	3.95	0.126	0.900
II	2.47	3.34	0.740	0.460

可见,业主经验相对丰富的项目中 DB 模式带来的执行期成本控制绩效改善相对较小,即项目经验丰富的业主选择 DBB 模式可以增加对项目执行期控制,充分利用自身经验控制项目执行成本。

#### 4.3 阶段性变化趋势分析

美国建设行业从 20 世纪 80 年代即开始推广 DB 模式,分析其经验教训对我国的管理实践具有参考意义.将研究美国建设项目的文献按照发表时间分为 4 组:1990 年—2000 年(文献 C、J、Q、W)、2001—2005 年(文献 I、L、O、P、U、V)、2006 年—2010 年(文献 B、D、K、M)、2011 年—2013 年(文献 A、H、R、S、T、Z).可见,文献发表时间略滞后于业界 DB 模式实践的推广,而各文献代表了发表时间前一段时间的实践情况,分别进行元分析可得图 2 中结果.图中,建设项目中两种模式的差异经历了先增后减的阶段性变化,这与 Rosner 的研究结论<sup>[9]</sup>一致.第一阶段,20 世纪 80 年代以来,DB 模式在业界推广,业主逐渐熟悉 DB 模式,DB 项目的执行效率逐渐提升<sup>[9]</sup>.1990—2000 年间的文献表明,DB 模式带来的执行期成本绩效改善增加,政府出台政策法规促进 DB 模式的推广,例如,1992 年联邦运输局(FTA)实施了 10 个试点项目,1996 年联邦采购法案(FARA)中允许公共项目采用 DB 模式,一些军队的建设项

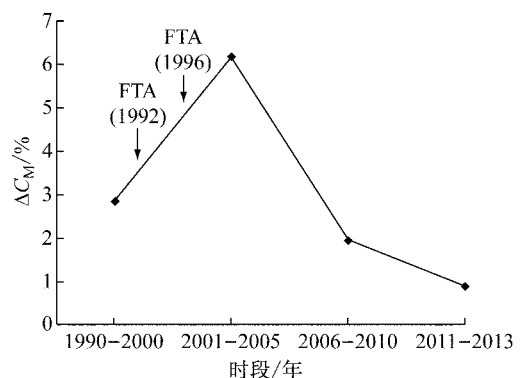


图 2  $\Delta C_M$  随时间变化  
Fig.2 Evolutionary of  $\Delta C_M$

目中甚至强制采用 DB 模式<sup>[23]</sup>. 第二个阶段,在政策的引导下,越来越多的业主认识到 DB 模式的优势,开始盲目甚至从制度角度强制性在各种项目采用 DB 模式,使很多 DB 模式不适用的项目采用了 DB 模式,拉低了其带来的成本控制绩效改善水平<sup>[9]</sup>. 可见,DB 模式存在一定的适用范围,需要根据具体项目条件情况选择交易模式.

#### 4.4 DB 和 DBB 模式绩效差异的影响因素小结

如表 1 所示,DB 和 DBB 模式存在 4 项影响执行期成本控制绩效的关键差异. 不同项目条件下,这 4 项关键差异对成本控制绩效的影响不同,使两种模式的绩效差异随项目条件变化. 各关键差异与项目条件因素的对应关系如图 3 所示.

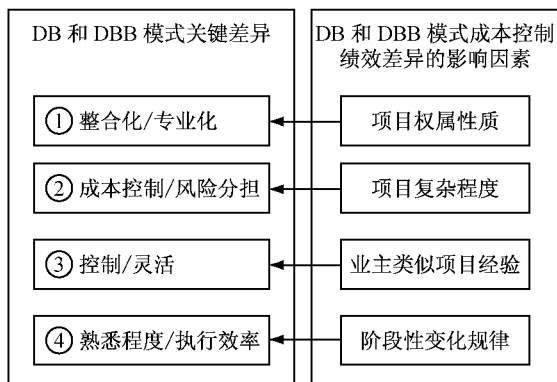


图 3 DB 和 DBB 模式关键差异与成本控制绩效影响因素的对应关系

Fig.3 Corresponding relationship between PDS differences and cost growth gap influencing factors

第一,项目权属性影响了执行结构带来的差异. 公共项目中业主的监管较多,DB 模式对设计和施工阶段的整合作用不能完全发挥,DB 和 DBB 执行结构的差异缩小,因此公共项目中 DB 模式带来的执行期成本控制绩效改善较小.

第二,项目复杂程度影响了风险分担结构带来的差异. 相对复杂的项目中风险较大,两种模式风险分担结构的差异将带来显著的绩效差异,DBB 模式利于合理分担风险,减少承包商的风险补偿要求;在复杂程度较小的项目中,风险分担结构的差异不会带来明显绩效差异,采用 DB 模式可以提升执行效率,改善成本控制绩效.

第三,业主类似项目经验影响了各方能力发挥带来的差异. 业主经验相对较少的项目中,充分发挥承包商能力至关重要,DB 模式下承包商对项目的管理具有较大的灵活性,带来的成本控制绩效改善相应增加;业主经验相对较多的项目中,DB 模式则限

制了业主能力的发挥,带来的成本控制绩效改善相对较小.

第四,两种模式绩效差异的阶段性变化反映了其随着业主对 DB 模式熟悉程度的变化. 业主逐渐熟悉 DB 模式,其绩效改善作用在第一阶段显著上升. 但随着 DB 模式的推广,熟悉程度的提升作用不再明显,而盲目地采用 DB 模式使其绩效改善作用在第二阶段下降.

综合以上分析,项目条件和两种模式的关键差异存在交互作用,即两种模式对执行期成本控制绩效的影响因项目条件而异. 因此,选择交易模式时不仅需要对比两种模式的平均差异,还要根据项目条件进行修正,选择更加适应具体项目条件的模式.

## 5 结论

建设项目中最常用的两种交易模式为 DB 和 DBB 模式,大量研究定量对比了两种模式下项目执行期成本控制绩效,但缺乏一致结论. 本文综合大量相关文献的研究成果,形成大样本,减小统计分析中第 II 类误差,反映两种模式平均意义上的差异.

利用大样本数据进行元分析,发现 DB 模式能带来显著的执行期成本控制绩效改善;通过三种稳健性检验方法证实了元分析结果没有遗漏文献和倾向显著的偏差,具有代表性和稳健性;分析不同权属性质的项目,发现公共项目中 DB 模式的绩效改善相对较小;分析不同类型的项目,发现复杂程度较低的项目中 DB 模式能充分发挥总承包商的作用,提高项目实施效率,而复杂项目中业主则需要通过 DBB 模式增加对项目实施过程的监控;分析业主类似经验不同的项目,发现在业主拥有大量实践经验的项目中应采用 DBB 模式,充分利用业主经验;分析美国建筑业中两种模式差异随时间的变化规律,发现 DB 模式的绩效改善作用呈现出先增后减的阶段性规律,说明 DB 模式存在适用范围,需要根据具体的项目条件选择交易模式.

综合以上分析结果,本文得出结论:第一,平均意义上而言,DB 模式能够更好地控制项目成本超支率,实现更加良好的成本控制绩效;第二,DB 模式或 DBB 模式都不是普遍适用的,需要分析项目权属性、项目复杂程度、业主的类似项目经验等客观项目条件,针对性地选择工程项目交易模式才能促进项目绩效的改善. 这些结论整合了大量已有研究成果,一方面反映了建设行业中两种模式的平均情况;另

一方面,强调了项目客观条件的重要性,为业主选择合理的交易模式提供了建议,为学者进一步研究交易模式的选择方法提供了参考。

本文存在以下局限:利用文献中的间接数据,只能进行较粗略的分组元分析,考虑项目类型、项目性质等因素对两种模式项目绩效差异的影响,进一步研究可以针对更加细致的项目条件因素收集数据,深入揭示其内在机理;元分析中包含的针对中国情境的研究相对较少,随着此类研究在中国的丰富,进一步研究可以采用本文的元分析框架分析中国项目中两种模式差异的变化规律。

### 参考文献:

- [1] 杨秋波,陈勇强. DB与DBB交易方式下工程项目绩效比较研究[J]. 国际经济合作, 2010(2): 56.  
YANG Qiubo, CHEN Yongqiang. Comparing DB and DBB project performance [J]. International Construction Project Management, 2010(2): 56.
- [2] Ling F Y Y, Kerh S H. Comparing the performance of design-build and design-bid-build building projects in Singapore[J]. Architectural Science Review, 2004, 47(2): 163.
- [3] Hwang B G, Liao P C, Leonard M P. Performance and practice use comparisons: Public vs. Private owner projects[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2011, 15(6): 957.
- [4] Riley D R, Diller B E, Kerr D. Effects of delivery systems on change order size and frequency in mechanical construction[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(9): 953.
- [5] Ibbs C W, Kwak Y H, Ng T, *et al.* Project delivery systems and project change: Quantitative analysis [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2003, 129(4): 382.
- [6] Yates J K, Battersby L C. Master builder project delivery system and designer construction knowledge[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2003, 129(6): 635.
- [7] 刘莉莎,王明皓. 设计的可建造性在工程项目中的中介作用[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2014, 36(1): 99.  
LIU Lisha, WANG Minghao. Intermediary role of design buildability in engineering project [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Information and Management Engineering, 2014, 36(1): 99.
- [8] 陈勇强,焦俊双. 工程项目交易方式与支付方式对项目成本的影响[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2011, 39(9): 1407.  
CHEN Yongqiang, JIAO Junshuang. Influence of project delivery system and payment method on project cost performance [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2011, 39(9): 1407.
- [9] Rosner J W, Thal Jr A E, West C J. Analysis of the design-build delivery method in air force construction projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(8): 710.
- [10] Lahdenperä P, Koppinen T. Financial analysis of road project delivery systems [J]. Journal of Financial Management of Property and Construction, 2009, 14(1): 61.
- [11] Shane J S, Bogus S M, Molenaar K R. Municipal water/wastewater project delivery performance comparison [J]. Journal of Management in Engineering, 2013, 29(3): 251.
- [12] Ratnasabapathy S, Rameezdeen R. Design-bid-build vs design-build projects: performance assessment of commercial projects in Sri Lanka [C] // Symposium on sustainability and value through construction procurement. Salford: Salford Centre for Research and Innovation (SCRI), 2006: 474-481.
- [13] Roth M B. An empirical analysis of United States Navy design/build contracts[D]. Texas Austin: The University of Texas at Austin Department of Engineering, 1995.
- [14] Idoro G. Comparing levels of use of project plans and performance of traditional contract and design-build construction projects in Nigeria[J]. Journal of Engineering, Design and Technology, 2012, 10(1): 7.
- [15] Minchin Jr R E, Li X, Issa R R. Comparison of cost and time performance of design-build and design-bid-build delivery systems in Florida[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2013, 139(10): 04013007.
- [16] Allen L N. Comparison of design-build to design-bid-build as a project delivery method[D]. Monterey: NAVAL Post Graduate School, 2001.
- [17] Konchar M, Sanvido V. Comparison of US project delivery systems [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1998, 124(6): 435.
- [18] Federal Highway Administration (FHWA). Design-Build Effectiveness Study: As Required by TEA-21 Section 1307(f) [R]. Colorado: Colorado University of Colorado, 2006.
- [19] Hale D R, Shrestha P P, Gibson Jr G E, *et al.* Empirical comparison of design/build and design/bid/build project delivery methods[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(7): 579.
- [20] Dissanayaka S M, Kumaraswamy M M. Evaluation of factors affecting time and cost performance in Hong Kong building projects [J]. Engineering Construction and Architectural Management, 2006, 6(3): 287.
- [21] Thomas S R, Macken C L, Chung T H. Measuring the impacts of the delivery system on project performance-design-build and design-bid-build [R]. Texas Austin: National Institute of Standards and Technology, 2002.
- [22] Pocock J B, Liu L Y, Kim M K. Impact of management approach on project interaction and performance[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1997, 123(4): 411.
- [23] Darren M W, Ahn J, Shane J S, *et al.* Military construction projects: comparison of project delivery methods[J]. Journal of Facilities Management, 2011, 9(3): 157.
- [24] Hwang B G, Liao P C, Leonard M P. Performance and practice use comparisons: public vs. private owner projects[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2011, 15(6): 957.
- [25] Shrestha P P, O'Connor J T, Gibson Jr G E. Performance comparison of large design-build and design-bid-build highway projects [J]. Journal of Construction Engineering and



- Management, 2011, 138(1): 1.
- [26] Gransberg D D, Badillo-Kwiatkowski G M, Molenaar K R. Project delivery comparison using performance metrics[J]. AACE International Transactions, 2003, 52(5): 21.
- [27] Pocock J B, Hyun C T, Liu L Y, *et al.* Relationship between project interaction and performance indicators[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1996, 122(2): 165.
- [28] Shehu Z, Endut I R, Akintoye A, *et al.* Cost overrun in the Malaysian construction industry projects: A deeper insight[J]. International Journal of Project Management, 2014, 32(8): 1471.
- [29] Chao L C, Hsiao C S. Fuzzy model for predicting project performance based on procurement experiences [J]. Automation in Construction, 2012, 28(8): 71.
- [30] Moon H S, Cho K M, Hong T H, *et al.* Selection model for delivery methods for multifamily-housing construction projects [J]. Journal of Management in Engineering, 2011, 27(2): 106.
- [31] Holzmann V. A meta-analysis of brokering knowledge in project management [J]. International Journal of Project Management, 2013, 31(1): 2.
- [32] Horman M J, Kenley R. Quantifying levels of wasted time in construction with meta-analysis[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(1): 52.
- [33] Gofar V, El-Asmar M, Bingham E. A meta-analysis of literature comparing project performance between design-build (DB) and design-bid-build (DBB) delivery systems [C] // Construction in a Global Network. Atlanta: Construction Research Congress, ASCE, 2014: 1389-1398.
- [34] Glass G V, MacGaw B, Smith M L. Meta-analysis in social research[M]. Beverly Hills: Sage, 1984.

(上接第 470 页)

的中心点为  $u, v$  且  $d_r(u) = k, d_r(v) = n + 1$ . 记  $A = N_r(v) \setminus \{u\}, C = V(K_N) \setminus V(B(k-1, n))$ , 则  $|A| = |C| = n$ . 由于不存在红色  $B(k, n)$ , 故  $u$  到  $C$  之间全是蓝边. 因  $d_b(u) \geq n + 1 > |C|$ , 故  $u$  到  $A$  之间中存在蓝边. 选取  $A$  中点  $w$  使得  $\{u, w\}$  是蓝边. 考虑集合  $\{A \setminus w\}$  与  $C$  之间边的连接情况. 由于不存在单色  $B(k, n)$ , 故  $\{A \setminus w\}$  中的任意点  $x$  到  $C$  中至多有  $k-1$  条红边, 否则将存在以  $x, v$  为中心点的红色  $B(k, n)$ ; 类似的,  $C$  中任意点  $y$  到  $\{A \setminus w\}$  中至多有  $k-1$  条蓝边, 否则集合  $\{y, N_b(y) \cap (A \setminus w)\}$  与集合  $\{u, w, C \setminus y\}$  可形成以  $y, u$  为中心点的蓝色  $B(k, n)$ . 故  $\{A \setminus w\}$  与  $C$  之间最多有  $(k-1)(n-1) + (k-1)n$  条边. 但当  $n \geq 2k$  时

$$(n-1)n = |A \setminus w| \cdot |C| > (k-1)(n-1) + (k-1)n,$$

矛盾. 故原假设不成立, 从而存在单色  $B(k, n)$ .

综上所述, 该定理成立. 证毕.

注 应用定理 1 于  $B(1, 1) = P_4$  可得  $R(B(1, 1)) = 5$ , 该结果与由引理 2 得到的  $R(P_4) = 5$  一致. 注意到定理 1 中的限制  $n = m$  或  $n = m + 1$  是必要

的. 实际上, 因为  $K_{1, n+1}$  是  $B(m, n)$  的子图, 所以有  $R(B(m, n)) \geq R(K_{1, n+1}) \geq 2n + 1$ . 因此该定理中的等式不可能对(相对于  $m$ )很大的  $n$  成立.

#### 参考文献:

- [1] Burr S, Roberts J. On the Ramsey numbers for stars [J]. Utilitas Mathematica, 1973, 4: 217.
- [2] Chvátal V, Harary F. Generalized Ramsey theory for graphs II, small diagonal numbers [J]. Proceeding of the American Mathematical Society, 1972, 32: 389.
- [3] Gerencser L, Gyúrfás A. On Ramsey-type problems[J]. Annals of the University of Bucharest. Mathematical Series, 1967, 10: 167.
- [4] Erdős P, Faudree R, Rousseau C, *et al.* Ramsey number for Brooms [J]. Congressus Numerantium, 1982, 35: 283.
- [5] Burr S. Ramsey numbers involving graphs with long suspended paths [J]. Journal of the London Mathematical Society, 1981, 24: 405.
- [6] Guo Y, Volkman L. Tree-Ramsey numbers [J]. The Australasian Journal of Combinatorics, 1995, 11: 169.
- [7] Bahls P, Spencer T. On the ramsey numbers of trees with small diameter [J]. Graphs and Combinatorics, 2013, 29: 39.