

工程项目交易方式与支付方式对项目成本的影响

陈勇强, 焦俊双

(天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 基于返工成本率、变更成本率、成本超支率 3 个指标, 对 181 个项目数据进行 T 检验和方差分析. 研究发现, 在交易方式方面, 与设计-招标-建造方式相比, 设计-建造方式能显著降低项目的成本超支率, 返工成本率和变更成本率也较低; 在支付方式方面, 议标总价合同的成本超支率最低, 为 -1.97%, 单价合同的成本超支率最高, 为 10.70%. 综合考虑交易方式和支付方式, 采用设计-建造方式、议标总价合同, 成本超支率最低, 而变更成本率最高, 应引起项目参与方的重视.

关键词: 支付方式; 项目成本; 设计-招标-建造方式; 设计-建造方式

中图分类号: TU 723

文献标识码: A

Influence of Project Delivery System and Payment Method on Project Cost Performance

CHEN Yongqiang, JIAO Junshuang

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Based on three indicators of rework cost, change cost and cost growth, data from 181 projects were analyzed through T test and analysis of variance. The results show that considering project delivery method, DB method has a significantly lower cost growth in comparison to DBB method, with a lower rework cost and change cost also, though not significant. In respect of Payment method, cost growth is the lowest in lump sum contract through negotiation with a mean value of -1.97%, and the highest in unit price contract with a mean value of 10.70%. Taking these two aspects into consideration together, projects with DB method and lump sum contract through negotiation have the lowest cost growth, accompanied with the highest change cost, which should draw project participants' attention.

Key words: payment method; project cost; design-bid-build method; design-build-method

受 2008 年秋季金融危机的影响, 全球建筑业在近两年经受了一系列冲击, 很多工程项目因缺少资金而搁置^[1]. 我国为了降低金融危机对经济的影响, 加大固定资产投资, 2009 年全社会固定资产投资 224 846 亿元, 比上年增长 30.1%. 但因社会总资源有限, 亟需寻求能提高工程项目交付效率的机制.

工程项目交易方式 (project delivery system, PDS), 是指项目参与方为了实现业主的目标与目的、完成预定的工程项目而组织实施的项目设计、采购、施工、运行等系统的方式^[2]. 目前存在多种工程项目交易方式, 笔者主要研究 DBB (design-bid-build, 设计-招标-建造) 方式与 DB (design-build, 设计-建造) 方式对项目成本的影响. 在 DBB 方式下, 工程项目分为设计和施工两个独立的阶段, 以设计阶段所形成的图纸和规范为基础进行招标, 在设计完成后施工^[3]. 该方式能给业主提供有竞争力的投标方案, 但因设计阶段对工程施工的安排考虑不够, 增加了工程变更和争端的可能性^[4]. 在 DB 方式下, 业主提出对工程项目的要求, 并将设计与施工交予一个总承包企业来完成, 因而有利于在设计阶段考虑方案的可实施性^[5].

支付方式是指合同中约定的业主对承包商所实施的工作给予支付的方式, 分为总价合同、单价合同、成本加酬金、限定最高价格四种^[6]; 根据业主授予合同的方式, 总价合同又分为竞争性投标总价合同与议标总价合同两种. 下文将探讨这五种支付方式对项目成本的影响.

收稿日期: 2010-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(70772057, 71072156).

第一作者: 陈勇强(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为国际工程项目管理、合同管理、现代信息技术在工程建设项目管理中的应用. E-mail: symbolpmc@vip.sina.com

通讯作者: 焦俊双(1986—), 女, 硕士生, 主要研究方向为工程项目管理、合同管理. E-mail: jjs.tju@163.com

1 研究现状

选择恰当的工程项目交易方式与支付方式是业主在项目前期需做的重要决策之一. 选择合适的工程项目交易方式, 能缩短项目工期、提供变更灵活性、降低参与方之间不利的关系、便于承包商在设计阶段参与、激励承包商节约成本等^[6-7]. 业主在决定支付方式时, 要合理地评估、分配风险, 并保证各参与方能恰当地管理所分配的风险, 以便最优化项目成本^[6]. 因工程项目交易方式与支付方式可能影响项目成本, 国内外已有学者对二者分别研究.

Riley 等研究工程项目交易方式对项目变更成本的影响, 发现 DBB 方式与 DB 方式下项目的变更数量相差不多, 但后者的不可预见变更数量及成本要小, 且由变更引起的成本超支率为 4.7%, 明显低于前者的 16.6%^[8]. 进一步分析表明, 在总价合同或限定最高价格合同下, DB 方式都有助于降低成本超支率. Rojas 等分析限定最高价格合同是否有利于成本控制, 发现仅有 25% 的项目在合同约定的限定价格内完成; 造成成本超支的原因主要是合同中规定的可补偿的变更, 如业主要求、范围变更、不可预见的地质条件等^[4]. Love 等研究发现, 返工是造成项目成本超支的重要原因, 基础设施项目的返工成本平均占项目合同总额的 10% 左右, 同时, 返工成本与总成本超支、工期延误显著相关, 而不同交易方式, 返工成本无显著差异^[9]. Creedy 等分析高速公路项目成本超支的主要原因, 认为项目的设计和范围变更、有缺陷的规范和图纸、业主的项目管理费用等因素主要影响项目成本, 而交易方式、业主的风险分配、采用竞争性投标或议标合同等, 与项目的成本超支没有很强的相关性^[10].

国内学者孙继德等认为, 在 DB 方式下, 施工单位在设计阶段就可参与项目的实施, 有利于提高设计方案的可施工性, 优化施工流程, 降低项目全寿命周期成本^[11]. 洪伟民、王卓甫从交易费用理论出发, 发现 DB 方式总成本相对于等效的 DBB 方式低 11.79%, 主要原因是 DB 方式下设计与施工同时由总承包商负责, 有利于设计优化; 消除了因设计遗漏或可建造性而提出的变更; 减少了业主的管理组织工作从而降低业主管理费用, 等等^[12].

以上研究主要分析工程项目交易方式或支付方式对项目成本的影响, 很少综合分析二者对项目成本的影响; 而国内的研究主要分析如何控制项目成

本, 定量研究相对较少. 在以上研究的基础上, 笔者基于返工成本率、变更成本率、成本超支率 3 个指标, 分析 DBB 方式与 DB 方式对项目成本的影响, 竞争性投标总价合同、议标总价合同、单价合同、限定最高价格等支付方式对项目成本的影响, 以及交易方式与支付方式对项目成本的综合影响.

2 研究方法

在已有研究基础上, 采用以下 3 个定量指标分析工程项目交易方式与支付方式对项目成本的影响.

(1) 返工成本率, 指因返工造成的成本占工程总成本之比, 反映返工对项目成本的影响. 计算式为

$$\text{返工成本率} = (\text{返工成本} \div \text{实际成本}) \times 100\%$$

返工是因工程或工序质量未达到规范要求, 由无用功造成的, 可从侧面反映工程质量. 从理论上讲, 项目的返工成本越高, 成本超支的可能性越大.

(2) 变更成本率, 指工程变更产生的成本占工程总成本之比, 反映工程变更对成本的影响. 计算式为

$$\text{变更成本率} = (\text{变更成本} \div \text{实际成本}) \times 100\%$$

工程变更的原因有两种, 一种是项目范围的变更, 由业主自身原因产生, 主要是对合同范围、设计以及细节的调整; 另一种是现场产生的变更, 因设计错误或遗漏、现场条件的变化等原因造成. 两种变更都会对项目成本产生消极影响, 且随着项目的实施, 越到项目后期, 变更所产生的影响越大^[8].

(3) 成本超支率, 指实际支付合同额与中标合同额之间的偏差度. 计算式为

$$\text{成本超支率} = [(\text{实际支付合同额} - \text{中标合同额}) \div \text{中标合同额}] \times 100\%$$

合同额调整的原因有很多, 包括设计错误与遗漏、恶劣的环境条件与不可预见的现场条件等, 也有可能是扩大合同范围等有利原因. 但一般情况下, 成本超支是由不利因素造成的^[7].

采取问卷调查方式, 通过邮寄纸质问卷及电子问卷, 请具有 5 年以上工程实践经验的工程项目从业人员根据工程项目经验, 填写其最近参与的已完工程项目相关信息, 包括项目所采用的工程项目交易方式、支付方式, 以及有关项目成本数据, 其中成本数据以两种方式反映, 即同时给出相关成本数额及比率, 以核实问卷的有效性. 本次调查共发放问卷 250 份, 收回有效问卷 181 份(收回比率达 72.4%), 其中来自业主的 20 份, 来自承包商的 148 份, 来自监理单位或咨询单位的 8 份, 来自其他参与方(如材

料设备供应商、分包商)的 5 份.见图 1 所示.

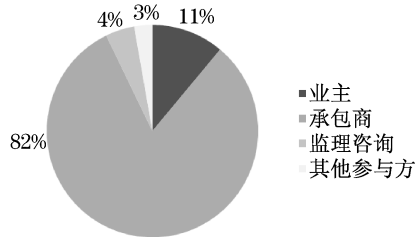


图 1 项目数据来源
Fig.1 Project data sources

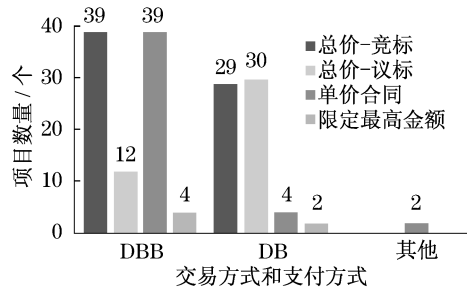


图 2 项目所采用交易方式与支付方式
Fig.2 Delivery system and payment method
of the project

3 数据分析

分析交易方式与支付方式(图 2)可发现,在 DBB 方式下,采用竞争性投标总价合同与单价合同较多;在 DB 方式下,采用竞争性投标总价合同与议标总价合同均较多,而很少采用单价合同;采用其他交易方式的两个项目则为单价合同,而参与调查的 DBB 与 DB 方式的项目,都未采用成本加酬金支付方式.

为分析项目所采用的交易方式与支付方式之间是否存在相关关系,对这 2 个变量做独立性检验,所

得 Pearson 卡方值为 39.04,卡方检验的双侧显著性水平为 0.000(小于 0.05),即采用不同交易方式的项目所用支付方式存在显著性差异.由于所研究的交易方式主要为 DBB 方式和 DB 方式,而且调查所得其他交易方式的项目数据较少,缺少一定的代表性,以下分析中剔除采用其他方式的 2 个项目数据.

3.1 交易方式对项目成本的影响

为分析交易方式对项目成本是否有影响,对采用 DBB 与 DB 方式的 2 个独立样本进行 *T* 检验,结果如表 1 所示.

表 1 独立样本 *T* 检验结果
Tab.1 Independent sample *T* test results

定量指标	交易方式	均值	标准差	<i>F</i> 检验		<i>T</i> 检验	
				<i>F</i>	显著性水平	<i>T</i>	显著性水平
返工成本率	DBB	0.026 67	0.040 457	4.595	0.035	1.585	0.117
	DB	0.016 22	0.021 796				
变更成本率	DBB	0.096 17	0.105 262	0.077	0.782	0.570	0.570
	DB	0.083 82	0.106 176				
成本超支率	DBB	0.112 20	0.153 030	4.285	0.040	5.120	0.000
	DB	-0.006 00	0.137 090				

(1) 在返工成本率方面,DBB 方式的均值为 2.667%,DB 方式的均值为 1.622%.*F* 检验表明,2 个样本的方差存在显著性差异;在方差不相等的情况下进行 *T* 检验,双侧显著性水平为 0.117(大于 0.05),因而不能拒绝原假设,认为 2 个样本的均值不存在显著性差异.因此,与 DBB 方式相比,采用 DB 方式能降低项目的返工成本率,但差异并不显著.

(2) 在变更成本率方面,DBB 方式的均值为 9.617%,DB 方式的均值为 8.382%,*F* 检验和 *T* 检验表明,2 个样本的方差及均值都不存在显著性差异.因此,DB 项目的变更成本率稍低,差异并不显著.

(3) 在成本超支率方面,DBB 方式的均值为

11.22%,而 DB 方式为 -0.60%.*F* 检验表明,2 个样本的方差存在显著性差异;在方差不相等的情况下进行 *T* 检验,双侧显著性水平达 0.000(小于 0.05),2 个样本的均值存在显著性差异.因此,与 DBB 方式相比,DB 方式能显著降低成本超支率,更好地控制项目成本.

总体来看,与 DBB 方式相比,DB 方式能显著降低项目的成本超支率,同时降低返工成本率和变更成本率,但差异并不显著.在 DB 方式下,总承包商负责工程项目的设计和施工,承担设计缺陷和遗漏的风险,变更成本一般由承包商承担.因而对业主来讲,提高了成本的确定性^[4,7].

3.2 支付方式对项目成本的影响

为分析支付方式对项目成本的影响,对项目数

据进行单因素方差分析.分析结果如表 2 所示.

表 2 单因素方差分析结果
Tab.2 One-way analysis of variance results

定量指标	支付方式	数目	均值	组间均方	组内均方	F 检验	
						F	显著性水平
返工成本率	总价-竞标	48	0.017 72	0.002	0.001	1.386	0.253
	总价-议标	16	0.022 62				
	单价合同	19	0.036 10				
	限定最高价格	2	0.006 95				
变更成本率	总价-竞标	45	0.087 96	0.013	0.011	1.127	0.342
	总价-议标	24	0.123 21				
	单价合同	24	0.087 81				
	限定最高价格	3	0.023 51				
成本超支率	总价-竞标	62	0.080 70	0.119	0.024	4.914	0.003
	总价-议标	38	-0.019 70				
	单价合同	40	0.107 00				
	限定最高价格	6	0.060 70				

(1) 在返工成本率方面,限定最高价格的均值最低,为 0.695%;单价合同的均值最高,为3.610%;与议标总价合同相比,采用竞争性投标总价合同的返工成本率较低. F 检验结果表明,采用不同支付方式的工程项目,返工成本率没有显著性差异.

(2) 在变更成本率方面,限定最高价格的均值最低,为 2.351%;议标总价合同的均值最高,达 12.321%;竞争性投标总价合同与单价合同的均值近似相等. F 检验表明,支付方式对工程项目的变更成本率没有显著性影响.

(3) 在成本超支率方面,议标总价合同均值最低,为 -1.97%,即能降低合同支付价格;单价合同均值最高,为 10.70%;与竞争性投标总价合同相比,限定最高价格的成本超支率稍低. F 检验的显著性水平为 0.003(小于 0.05),拒绝原假设,认为采用不同支付方式的工程项目,成本超支率存在显著性差异.

总体来看,采用限定最高价格的项目有最低的返工成本率和变更成本率,但由于样本量较小,还需进一步验证;采用单价合同的项目有最高的返工成本率和成本超支率;与竞争性投标总价合同相比,议标总价合同有较高的返工成本率和变更成本率,但有最低的成本超支率.

进一步分析支付方式在成本超支率方面存在显著性差异的原因,采用最小显著性差异方法及其修正方法进行验后多重比较. 检验结果表明,议标总价合同与竞争性投标总价合同、议标总价合同与单价合同之间存在显著性差异,而其他支付方式之间差异不显著. 由箱形图(如图 3 所示)可更为直观发现,议标总价合同有最低的成本超支率,是造成神秘感支付方式对成本超支率有显著性影响的原因.

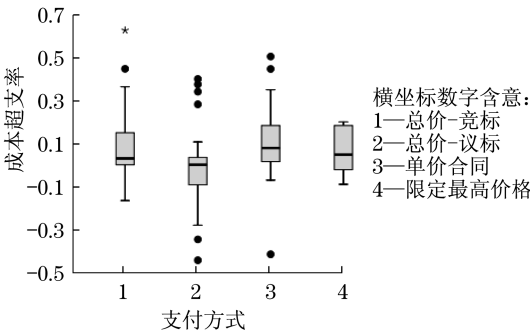
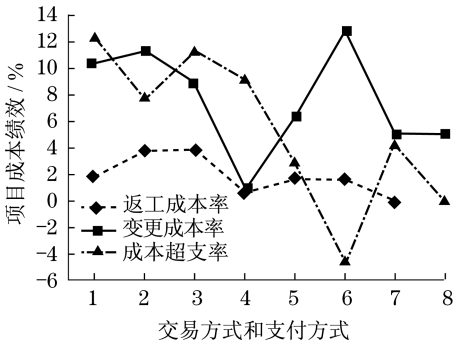


图 3 不同支付方式的成本超支率箱形图

Fig.3 Cost growth box plot of different payment methods

3.3 交易方式与支付方式对项目成本的综合影响

为综合分析交易方式与支付方式对项目成本的影响,对比项目的返工成本率、变更成本率和成本超支率在不同交易方式和支付方式下的均值(见图 4).



横轴数字含意: 1—DBB竞标总价; 2—DBB议标总价; 3—DBB单价合同; 4—DBB限定最高价格; 5—DB竞标总价; 6—DB议标总价; 7—DB单价合同; 8—DB限定最高价格

图 4 不同交易方式与支付方式的项目成本绩效

Fig.4 Project cost performance of different project delivery systems and payment methods

(1) 在返工成本率方面,在 DBB 方式下采用限定最高价格和 DB 方式下采用单价合同的均值很低,但由于这两种组合的样本量很小(分别为 2 个),因而受调查的随机因素影响较大;在 DBB 方式下,采用竞争性投标总价合同较多,且与议标总价合同以及单价合同相比,有较低的返工成本率;在 DB 方式下,采用竞争性投标总价合同与议标总价合同较多,二者的返工成本率也较接近。

(2) 在变更成本率方面,在 DBB 方式下,采用限定最高价格的均值最低,与单价合同相比,竞争性投标总价合同有较低的变更成本率;在 DB 方式下,议标总价合同有最高的变更成本率,均值大约为竞争性投标总价合同的 2 倍。

(3) 在成本超支率方面,在 DB 方式下,议标总价合同的均值最低,而在 DBB 方式下,竞争性投标总价合同与单价合同有较高均值;在 DBB 方式下,议标总价合同有最低的成本超支率,在 DB 方式下,竞争性投标总价合同与单价合同有较高的均值。此外,无论采用何种支付方式,DB 方式的成本超支率均比 DBB 低。这也进一步说明,DB 方式更有利于控制合同支付价格与中标合同价格的差异,提高成本确定性。

总体来看,DB 方式下的议标总价合同有最低的成本超支率,但变更成本率也是最高的,因而这种组合的项目较容易发生变更。这可能与议标的项目大多在签订合同时范围定义还不很清晰有关。DBB 方式的议标总价合同有较低的成本超支率,但返工成本率和变更成本率都相对较高。虽然参与调查的项目采用这种组合相对不多,但对业主来讲,在采用 DBB 方式时,可考虑议标总价合同。

3.4 统计结果对项目参与方的启示

相对于 DBB 方式,DB 能显著降低成本超支率,返工成本率、变更成本率也相对较低,因而对业主来讲,能提高成本确定性。因承包商同时负责设计和施工,在设计过程中就考虑到施工方法和工艺问题,可提高设计方案的可建造性。数据统计结果也表明,其返工成本较低。但承包商因承担工程量变动、设计变更和地质条件变化等风险,在投标价格中已包含一笔风险费,因而虽然成本超支率较低,但在总成本上是否有优势还有待进一步研究。

DBB 方式采用单价合同和竞争性投标总价合同较多,后者的返工成本率和变更成本率较低,二者成本超支率无差异;而议标总价合同有较低的成本超支率,因而业主在采用 DBB 方式时,可考虑采用之。

在 DB 方式下,相对于竞争性投标总价合同,议标总价合同的变更成本率较高,但成本超支率最低,对业主来讲,采用议标总价合同是个不错的选择。但这种合同应引起承包商的注意,其变更费用最高,且大部分由承包商承担,在签订合同前必须充分调查分析,了解可能对项目成本产生重大影响的工程地质条件、自然与社会环境、市场价格等因素,同时应特别注意设计阶段与业主的沟通,尽量降低变更费用。

4 结论

工程项目交易方式与支付方式在业主招标选择承包商之前需确定,因二者影响项目成本,业主在选择时需要慎重考虑。从交易方式角度分析,与 DBB 方式相比,DB 方式在成本超支率方面有显著优势,同时有较低的返工成本率和变更成本率,但差异不显著。从支付方式角度分析,单价合同的返工成本率和成本超支率最高;与竞争性投标总价合同相比,议标总价合同有较高的返工成本率和变更成本率,但有最低的成本超支率;与竞争性投标总价合同和单价合同相比,议标总价合同成本超支率显著较低,是造成支付方式对成本超支率有显著性影响的原因。

综合考虑交易方式与支付方式,发现 DBB 方式采用竞争性投标总价合同与单价合同较多,前者的返工成本率较低,但有较高的变更成本率,二者的成本超支率差异不大;DBB 方式采用议标总价合同有较低的成本超支率,但返工成本率和变更成本率都相对较高。DB 方式采用竞争性投标总价合同与议标总价合同较多,且在所有组合中,其议标总价合同有最低的成本超支率,以及最高的变更成本率。虽然这种组合的项目较容易发生变更,但对业主来讲,这种组合提高了项目的成本确定性。不过在签订合同前,承包商应注意与业主之间的沟通,对业主要求有清晰的认识,以降低实施过程中变更的可能性。

参考文献:

- [1] Reina P, Tulacz G. The 2009 top 225 international contractors and top 225 global contractors. [R]. New York: Engineering News Record, 2009.
- [2] American Society of Civil Engineers. Quality in the constructed project: a guide for owners, designers and contractors[M]. 2nd ed. Virginia: ASCE Publications, 2000.
- [3] 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.
- [4] Rojas E M, Kell L. Comparative analysis of project delivery systems cost performance in Pacific Northwest public schools [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134(6): 387.
- [5] Hale D R, Shrestha P P, Jr G E G, 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.
- [6] Gordon C M. Choosing appropriate construction contracting method [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1994, 120(1): 196.
- [7] Rosner J W, Jr A E T, 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.
- [8] 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.
- [9] Love P, Edwards D J, Watson H, et al. Rework in civil infrastructure projects: determination of cost predictors [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, 136(3): 275.
- [10] Creedy G D, Skitmore M, Wong J K W. Evaluation of risk factors leading to cost overrun in delivery of highway construction projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, 136(5): 528.
- [11] 孙继德, 廖前哨. 建设项目的可施工性研究 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2002, 30(8): 1001.
- SUN Jide, Liao Qianshao. Constructibility of construction project [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2002, 30(8): 1001.
- [12] 洪伟民, 王卓甫, 王敏. 建设工程不同交易方式总成本比较研究 [J]. 建筑经济, 2007(9): 18.
- HONG Weimin, WANG Zhuofu, WANG Min. Comparative research on the overall costs of alternative construction project transaction methods [J]. Construction Economy, 2007(9): 18.

~~~~~

(上接第 1386 页)

- [2] Antonio Tadeu, Julieta Antonio, Diogo Mateus. Sound insulation provided by single and double panel walls a comparison of analytical solutions versus experimental results [J]. Applied Acoustics, 2004, 65: 15.
- [3] John L. Davy. The improvement of a simple theoretical model for the prediction of the sound insulation of double leaf walls [J]. J Acoust Soc Am, 2010, 127(2): 841.
- [4] Poblet J Puig, Rodriguez A Ferran, Guigou C Carter, et al. The role of studs in the sound transmission of double walls [J]. Acta Acustica United with Acustica, 2009, 95: 555.
- [5] GB/T 19889.3—2005 声建筑和建筑构件隔声测量: 第3部分: 建筑构件空气隔声的实验室测量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- GB/T 19889.3—2005 acoustics measurement of sound insulation in buildings and of building element part 3: laboratory measurements of airborne sound insulation of building element [S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.
- [6] ISO 15186—1:2000 Acoustics measurement of sound insulation in building and of building elements using sound intensity, part 1: laboratory measurements [S]. [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [7] ISO 15186—3:2002 Acoustics measurement of sound insulation in building and of building elements using sound intensity, part 3: laboratory measurements at low frequencies [S]. [s. l.]: [s. n.], 2002.
- [8] 何琳, 朱海潮, 邱小军, 等. 声学理论与工程应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- HE Lin, ZHU Haicao, QIU Xiaojun, et al. Acoustic theory and engineering application [M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [9] 赵松龄. 噪声的降低与隔离: 上册 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1985.
- ZHAO Songling. Noise reduction and isolation: I [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1985.
- [10] 赵松龄, 卢元伟. 声波在纤维性吸声材料中的传播 [J]. 声学学报, 1979(1): 1.
- ZHAO Songling, LU Yuanwei. Propagation of acoustic waves in fibrous sound absorbents [J]. Acta Acustica, 1979(1): 1.
- [11] 毛东兴, 洪宗辉. 环境噪声控制工程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- MAO Dongxing, HONG Zonghui. Environmental noise control engineering [M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [12] 王佐民, 姜在秀. 隔振器串联组合特性分析 [J]. 声学技术, 2010, 29(4): 328.
- WANG Zuomin, JIANG Zaixiu. Performance of isolators used in series [J]. Technical Acoustics, 2010, 29(4): 328.
- [13] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- MA Dayou. Engineering handbook of noise and vibration control [M]. Beijing: China Machine Press, 2002.