

教育部人文社会科学研究项目 (12YJC630122) 、沈阳市科技局 (F14-230-5-20) 、
辽宁省高等学校优秀人才支持计划、沈阳建筑大学学科涵育项目特别资助

PPP/BOT

项目实物期权决策方法研究

刘 宁 戴大双◎著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

教育部人文社会科学研究项目 (12YJC630122)、沈阳市科技局
(F14-230-5-20)、辽宁省高等学校优秀人才支持计划、沈阳建筑
大学学科涵育项目特别资助

PPP/BOT 项目实物期权 决策方法研究

刘 宁 戴大双◎著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

PPP/BOT 项目实物期权决策方法研究/刘宁, 戴大双著. —北京: 科学技术文献出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-5189-1028-1

I. ①P… II. ①刘… ②戴… III. ①期权交易—研究 IV. ①F830.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 025628 号

PPP/BOT 项目实物期权决策方法研究

策划编辑: 崔灵菲 责任编辑: 崔灵菲 责任校对: 赵 媛 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路 15 号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 虎彩印艺股份有限公司
版 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷
开 本 850 × 1168 1/32
字 数 166 千
印 张 6.25
书 号 ISBN 978-7-5189-1028-1
定 价 28.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

PPP/BOT (Public-Private-Partnership, 公共部门—私人企业—合作/Build-Operate-Transfer, 建造—运营—移交) 模式是实现基础设施建设投资多元化及缓解政府财政压力的有效途径, 但实践中众多项目由于政府承担过多责任或投资者主动放弃等原因导致其实施效果并不理想。特别是由于特许期长和特许定价高等原因, 导致投资者获得了超额回报, 极大增加了社会负担, 引起舆论的广泛关注, 甚至导致了社会对 PPP/BOT 模式合理性的质疑。因此, 对 PPP/BOT 项目的价值决策、协议优化及项目治理等方面进行研究有重要的理论和实践价值。

本书利用实物期权的方法, 针对 PPP/BOT 项目价值不确定性的基本特征, 提出了 3 个关键问题, 即不确定情形下 PPP/BOT 项目实物期权价值决策问题, 风险偏好与努力程度下政府与投资者风险收益最优决策问题, 信息不对称下 PPP/BOT 项目监管治理问题; 阐述了 PPP/BOT 项目的界定、分类、风险识别与风险分担, 比较了实物期权方法与传统评价方法的异同; 归纳了实物期权方法在 PPP/BOT 项目决策领域的应用现状, 提出了现有研究不足及重点研究方向。

建立了 PPP/BOT 项目单一实物期权价值决策模型。针对 PPP/BOT 项目特征, 提出了影响实物期权价值的影响因素, 并分别综述了特许期决策模型和特许价格决策模型的研究成果; 在参数假设的基础上构建了 PPP/BOT 项目实物期权价值决策模型, 考虑了建设期、波动率、漂移率、无风险利率等相关因素对

PPP/BOT 项目决策的影响,分别进行了参数假设,数值分析结果表明,采用实物期权方法计算得到的项目价值高于采用传统的评价方法计算得到的价值,通过实际案例求解与影响参数敏感性分析,证明了模型的有效性。

建立了基于复合实物期权的 PPP/BOT 项目多阶段决策模型。在政府最低收益保证下,在对重新谈判对应的决策期实物期权参数进行量化基础上,采用二叉树模型,通过迭代方法得到 PPP/BOT 项目的实物期权价值,并且分别就步长为 1 和大于 1 的两种情况分别推导出对应的解;数值分析分别在政府最低收益保证下,讨论了波动率、特许期、漂移率、初始投资、无风险利率对于项目价值的影响,分析结论证明了模型的有效性。

建立了基于实物期权契约的 PPP/BOT 项目收益风险匹配决策模型。针对 PPP/BOT 项目特许权协议柔性契约特征,考虑了最低收益保证等影响因素在协议制定中的作用,提出特许权协议的基本模型,分别求解投资者和政府对于生产或服务量的最优解;并在考虑风险偏好和主观努力等影响因素情形下,分别建立基于风险偏好的决策模型和基于主观努力的决策模型,通过优化特许权协议使投资者、政府和协议总体达到效益最大化的决策目标。数值分析结果表明,最低收益保证可以有效转移项目风险,提高政府和投资者的期望收益,在考虑主观努力因素下,投资者单独决策与协议最优化结果一致,但政府最优化的努力水平与协议最优化结果矛盾,协议最优化目标实现的关键取决于政府的努力程度。

建立了基于实物期权博弈的 PPP/BOT 项目监管决策模型。PPP/BOT 项目投资者和政府之间的利益冲突与信息不对称使特许权协议在执行过程中形成了委托代理关系,项目特征决定了项目的经营权和监督权的分离;在考虑信息对称和信息不对称两种情形影响下,采用实物期权博弈方法,分别建立信息对称和信息

不对称下的决策模型；研究表明，在成本与收入二维信息不对称下，政府应该依据观测到的项目经营收益和成本来计算对应的投资阈值，并据以制定与代理人之间的合同，在最优投资阈值的特许权协议框架下提供相应的保证，合理的特许权协议可以激励投资者实现 PPP/BOT 项目效益最大化目标；数值分析证明了模型的有效性。

实物期权理论在 PPP/BOT 项目决策应用中，总会由于参数的取值原因，导致“精确的错误”，实物期权决策原理和方法的复杂性限制了其在 PPP/BOT 项目决策中的应用，研究成果主要侧重于构建数学模型，总会在 PPP/BOT 项目多种模式特征及影响参数选取上存在不足。因此，在未来研究中应关注实物期权方法在 PPP/BOT 项目决策领域的效用性，关注实物期权方法与特定 PPP/BOT 项目模式特征的密切结合，特别是关注实物期权方法与其他决策技术在 PPP/BOT 项目决策中的比较与结合使用，提高决策模型在 PPP/BOT 项目运营过程中的应用性。

目 录

1 绪 论	1
1.1 背景和意义	1
1.1.1 实践背景	1
1.1.2 理论背景	3
1.1.3 实践意义	4
1.1.4 理论意义	6
1.2 关键问题与研究框架	6
1.2.1 关键问题	6
1.2.2 框架结构	9
1.3 研究方法与创新点	10
1.3.1 研究方法	10
1.3.2 技术路线	11
1.3.3 创新点	13
2 研究综述	16
2.1 PPP/BOT 模式与风险管理方法	16
2.1.1 PPP/BOT 模式的界定与分类	16
2.1.2 风险识别方法	18
2.1.3 风险分担方法	20
2.2 PPP/BOT 项目特许期和特许价格决策	23
2.2.1 特许期决策	23
2.2.2 特许价格决策	27

2.3	实物期权与复合实物期权	30
2.3.1	传统决策方法与期权方法	30
2.3.2	实物期权	31
2.3.3	复合实物期权	35
2.4	PPP/BOT 项目实物期权决策方法综述	37
2.4.1	PPP/BOT 项目单一实物期权决策方法综述	37
2.4.2	PPP/BOT 项目复合实物期权决策方法综述	44
2.5	结论	47
3	PPP/BOT 项目单一实物期权价值决策模型	49
3.1	问题提出: 广西来宾电厂 B 厂项目	49
3.1.1	项目基本情况	49
3.1.2	项目招投标与特许权协议	50
3.1.3	项目运营与问题反思	52
3.2	模型构建	56
3.2.1	政府保证的概念与分类	56
3.2.2	PPP/BOT 项目决策影响因素	58
3.2.3	基本假设	60
3.2.4	参数设置	61
3.2.5	模型讨论	62
3.3	数值分析	63
3.3.1	案例背景	63
3.3.2	参数估计与求解	64
3.3.3	敏感性分析与讨论	68
3.4	结论	84
4	基于复合实物期权的 PPP/BOT 项目多阶段决策模型	86
4.1	政府保证下的多阶段决策	86

4.1.1	四川资中沱江大桥 PPP/BOT 项目重新谈判	86
4.1.2	多阶段谈判决策的类型	89
4.1.3	政府保证对 PPP/BOT 项目的影响	90
4.2	PPP/BOT 项目复合实物期权	93
4.2.1	概念与分类	93
4.2.2	构建与求解	95
4.3	模型构建	96
4.3.1	项目价值假设	96
4.3.2	二叉树模型构建	98
4.3.3	模型求解	100
4.4	数值分析	105
4.4.1	案例背景	105
4.4.2	参数估计与求解	106
4.4.3	最低收益保证影响	108
4.5	结论	112
5	基于实物期权契约的 PPP/BOT 项目收益风险匹配 决策模型	113
5.1	特许权协议与柔性期权契约	113
5.1.1	沈阳第九水厂 PPP/BOT 项目	113
5.1.2	特许权协议的概念与特征	115
5.1.3	特许权协议的影响因素	117
5.1.4	模型决策流程	118
5.2	基础决策模型	120
5.2.1	决策目标假设与参数设定	120
5.2.2	投资者决策模型	122
5.2.3	政府决策模型	124
5.2.4	特许权协议优化	125

5.2.5	数值分析	126
5.3	基于风险偏好的决策模型	128
5.3.1	模型构建	128
5.3.2	投资者决策模型	130
5.3.3	政府决策模型	132
5.3.4	特许权协议模型	133
5.3.5	数值分析	133
5.4	基于主观努力的决策模型	135
5.4.1	问题缘起	135
5.4.2	基础模型构建	138
5.4.3	投资者决策模型	140
5.4.4	政府决策模型	143
5.4.5	特许权协议模型	144
5.4.6	数值分析	145
5.5	结论	146
6	基于实物期权博弈的 PPP/BOT 项目监管决策模型	149
6.1	期权博弈与 PPP/BOT 项目治理	149
6.1.1	问题缘起：青岛威立雅水务排污案例	149
6.1.2	PPP/BOT 项目期权博弈特征	151
6.1.3	最优治理协议与决策路径	152
6.2	信息对称下的决策模型	154
6.2.1	模型构建	154
6.2.2	模型求解	154
6.3	信息不对称的决策模型	155
6.3.1	模型假设	155
6.3.2	模型构建	157
6.3.3	模型求解	159

6.4 数值分析	162
6.4.1 案例参数	162
6.4.2 信息对称下决策模型求解	162
6.4.3 信息不对称下决策模型求解	162
6.5 结论	163
7 结论与展望	164
7.1 结论	164
7.2 研究局限与展望	165
附录 A PPP/BOT 项目案例数据	167
参考文献	169

1 绪 论

PPP/BOT 模式可以引进外资或利用本国民间资金,有效地减轻政府财政负担,达到加快基础设施建设进度的目的;另外,PPP/BOT 模式还可以为项目引进先进的技术和管理经验,提高基础设施的服务质量,对社会经济发展起到重要的推动作用。实物期权是在不确定性下,对非金融资产进行投资决策的有效决策工具,研究 PPP/BOT 实物期权决策模式是对传统评价方法重要的补充和完善。

1.1 背景和意义

1.1.1 实践背景

(1) 基础设施项目建设需要多元化的投资主体

随着我国城市化的不断推进,城市规模不断扩大,城市功能不断完善,社会 and 经济发展对于公共和基础设施服务的需求快速增加。但在我国实行的中央和地方分税制改革后,巨大的资金需求与地方政府财政收入之间的矛盾日益显现。同时,国内外投资者持有的大量资金与基础设施严重依赖财政资金形成了鲜明的对比,政府主导的投资阻碍了其他资金参与基础设施投资。通过引入市场竞争机制,可以逐步实现投资多元化。PPP/BOT 模式为各种类型资本进入基础设施投资领域提供了机会,成为提高基础设施运行效率、降低服务价格的有效解决途径^[1,2]。

(2) 我国特许经营相关法律政策逐步配套

我国电力行业最早开始实施 PPP/BOT 模式, 1984 年建设的深圳沙角火力发电 B 厂由广东政府授权香港合和实业公司开发建设, 并于 1999 年 10 月顺利移交给深圳市能源集团公司和广东省电力集团公司。实践表明, 确定基础设施产品和服务价格及特许期是 PPP/BOT 模式在我国实施的基础条件。2004 年, 建设部颁布了《市政公用事业特许经营管理办法》, 此后, PPP/BOT 模式广泛应用于我国的高速公路、隧道、桥梁、电厂、自来水厂、污水处理厂和垃圾焚烧发电厂等的建设与运营, 有效缓解了地方政府基础设施投资资金紧张的压力。确定基础设施产品和服务价格是 PPP/BOT 融资模式在我国实施的基础条件, 北京、天津、深圳等城市相继发布的基础设施特许经营办法, 明确了特许价格的重要性, 提出了特许定价的指导性原则, 规定了特许定价中成本和利润的核算依据。

(3) PPP/BOT 项目特许权协议决策亟待规范的理论指导

PPP/BOT 项目参与主体多, 项目产生的风险应由参与各方分担^[3,4]。但在实践中, 由于政府承担过多责任或投资者主动放弃等导致实施效果并不理想。政府法律和制度不完善, 政府操作中缺乏经验, 投资者盲目乐观及由此引发的各类纠纷成为制约 PPP/BOT 模式在我国进一步实施的瓶颈^[5]。长春汇津污水处理厂、武汉汤逊湖污水处理厂、沈阳第八水厂等典型 BOT 项目失败案例暴露出了诸多问题。目前, 对特许权协议的研究尚不成熟, 项目决策和实施过程中存在诸多的问题: 投资者未能获得预期回报或项目附属设施未健全; 在急需基础设施的情况下, 政府盲目承诺给投资商过高的投资回报。很多 PPP/BOT 项目给政府带来的沉重财政负担和经营者得到的暴利形成了鲜明的对比, 反映了政府在特许权协议决策过程中的盲目性。因此, 亟待一套完整的理论方法补充传统的评价方法, 更好地用于指导 PPP/BOT

项目的论证和特许权协议谈判决策。

1.1.2 理论背景

(1) 传统决策方法无法充分估算项目价值

在项目实际决策中,期望现金流按照基准折现率贴现的净现值法(DCF)应用最为广泛,传统净现值理论会低估高度不确定的投资项目^[6]。采用传统决策方法依据的现金流量没有充分考虑风险的影响,即没有考虑现金流量的随机性特征,没有充分考虑风险分担对于决策结果的影响,忽视了或没有定量考虑 PPP/BOT 模式特征对于项目价值的影响,特别是没有充分考虑风险分担对于项目决策的作用^[7,8]。因此,传统决策方法不能准确得到 PPP/BOT 项目的特许价格和特许期。在特许价格指定的过程中,对于风险分担的影响考虑不足,特许价格没有反应政府和投资者各自承担风险与获取收益的均衡,导致了许多项目都产生了负面的社会影响。

由于传统的投资决策工具存在一定的缺陷,利用传统投资工具评估的结果,往往会引起投资者的盲目决策,甚至投资者有时要投资于净现值为负的投资项目。因此,对于政府和投资者,PPP/BOT 项目需要采用非常规的财务可行性标准实现风险与收益的均衡^[9]。虽然理论界产生了许多有价值的研究成果,但在 PPP/BOT 项目的规划和实施的过程中却应用较少,一方面由于决策者和执行者的经验不足,另一方面也说明这些研究成果距离实践应用还存在的差距。实物期权理论和方法是对传统决策方法的重要补充和完善,可以更有效地应用于 PPP/BOT 项目特许权协议谈判和决策^[10]。

(2) 考虑项目特征成为 PPP/BOT 模式决策的关键

基于 PPP/BOT 项目模式特征的假设模型成了解决 PPP/BOT 项目特许权协议决策的有效途径,学术界围绕着效益和公平两个

目标,已经形成诸多的决策理论。价值和风险是特许权合同谈判的核心问题^[11,12],基于需求变动、通货膨胀、汇率等影响因素^[13],博弈论^[14]、实物期权^[15]、蒙特卡洛模拟^[16]、分部定价^[17]、投资收益率^[18]和遗传算法^[19]等各种理论和模型都被应用于 PPP/BOT 项目的决策。从最初的投资成本加成定价^[20],发展到面向多个目标的综合定价方法^[21,22],实质上都是通过特许权协议中双方风险分担和特许价格的约定,在政府社会福利最大化和私人利润最大化两个目标之间进行权衡,寻找 PPP/BOT 项目最佳的实施路径^[23,24]。

在特许权协议中的特许价格和特许期是保证双方权益的重要基础,但政府提供的相关保证和担保才是确保项目成功的关键^[25]。从政府的角度来看,基础设施项目的失败将导致严重的社会影响和政治影响,政府关注的重点是避免项目在运行中的失误和失败^[26]。项目的风险对于政府和投资者都是相对而言的,东道国政府激励措施和项目实施的灵活性将增加项目的交易价值,提高投资方参与的积极性,但这些价值并没有得到充分的考虑和计算^[27]。实物期权理论可以充分考虑政府和投资者分担的风险价值,政府承担了过高的风险会导致投资者获得额外的收益;相反,政府可能通过特许权协议推卸了过多的风险承担责任,会导致投资者无法获得预期收益,甚至导致项目的失败,或政府提前赎回,最终损失的是公众的利益^[28,29]。

1.1.3 实践意义

(1) 可以为政府制定特许权协议提供依据

PPP/BOT 模式下,基础设施建设逐步由政府主导转向了私人 and 政府合作主导。但是由于基础设施投资额大、建设期及回收期长的特点及 PPP/BOT 融资结构复杂、融资成本较高等原因,使得 PPP/BOT 项目风险较大^[30]。由于未充分考虑 PPP/BOT 项

目多因素影响，一半以上的特许经营协议需要重复谈判^[31]。在垃圾处理、污水处理、高速公路等领域，基础设施项目由于建设速度慢、服务效率低、回报时间长等特征，政府缺乏进一步加大投资的动力；由于项目现金流量的不确定性，银行也缺乏贷款的激励。

政府激励措施和项目实施的灵活性将增加项目的交易价值，提高投资方参与的积极性。PPP/BOT 项目价值由经济价值和社会价值两部分构成，项目产生的持续现金流量构成了项目的经济价值，对公众和其他社会经济领域产生的效应构成了社会价值，政府和投资者对两部分价值的侧重点有所不同，投资者希望最大化其经济价值，政府希望最大程度的提高项目的社会价值。PPP/BOT 模式不仅能吸引国内外私人拥有的资金，而且还可以在不形成外债的情况下弥补财政资金缺口，并可以利用国内外的先进技术和管理经验。

(2) 可以为投资者投资决策提供依据

在 PPP/BOT 项目策划与实施过程中，投资者会在外部条件变化时，经常需要做出修改投资计划、放弃已经投资的项目、放弃 PPP/BOT 项目的投资机会等投资决策。传统的投资决策结论只有两种选择：立即投资和放弃投资；而利用实物期权理论，投资者可以依赖于 PPP/BOT 项目未来执行的不确定性做出一些或有决策。如果假定项目的债务资金成本为已知变量，PPP/BOT 项目的价值就成为投资者可以衡量项目财务可行性的标准。考虑风险溢价可以优化特许权协议，提高项目的社会价值和经济效益。实物期权方法考虑到了这种不确定性影响，得到的实物期权价值结果可以为投资者投资决策提供决策依据。

在 PPP/BOT 项目实施过程中，政府缓解了财政压力，提高了公共和基础设施的管理和服务效率，投资者获得了项目经营权，取得了预期的收益，最重要的是可以极大地满足社会和居民

对于设施项目的需求，是一个实现三赢的途径。

1.1.4 理论意义

价值和风险是特许权合同谈判的核心问题，政府和投资者每一方都关注增加收益和控制风险。本研究从实物期权原理的视角完善了 PPP/BOT 项目特许决策理论。通过研究 PPP/BOT 项目实物期权决策模型，可以基于 PPP/BOT 项目特征，建立符合 PPP/BOT 项目运作规律的决策模型，对我国 PPP/BOT 项目的实践起到理论支持作用。

将实物期权理论应用于特许权协议决策，可以有效提高项目的社会价值和经济效益，但这些价值并没有得到充分的考虑和计算，该价值可以根据过去经验判断，还可以采用更先进的实物期权方法^[32]。PPP/BOT 项目决策都是在不确定性环境中做出的，例如，当每月垃圾处理的数量和垃圾的热值发生价格波动时，垃圾处理厂就要决定是否扩大或压缩生产规模，或者添加辅助燃料，这种实物的投资决策与金融投资决策类似，PPP/BOT 项目的各种管理柔性，如实物投资机会等可看作一个看涨期权而退出项目相当于执行了一个看跌期权等。实物期权方法充分考虑了 PPP/BOT 项目的价值，使项目投资者能够提高参与项目的积极性，提高项目建设决策和运营的效率。

1.2 关键问题与研究框架

1.2.1 关键问题

(1) 不确定情形下 PPP/BOT 项目定价问题

不确定性是 PPP/BOT 项目决策必须关注的核心问题，也是实物期权决策方法和模型的基本前提。PPP/BOT 项目的决策往往是不确定决策，即投资者往往是基于无法直接估计和预测未来