

# 项目间复合期权:公共 R&D 投资价值分析

徐尚友

(安徽师范大学 经济管理学院,安徽 芜湖 241000)

**摘要:**公共 R&D 投资衍生的项目间复合期权是其区别于私人 R&D 投资的重要特征。在项目联合体内,公共 R&D 投资的项目间复合期权可以分解为基于同一个复合项目的平行复合期权和因果复合期权;通过项目联合体的价值增量分析,可以确定公共 R&D 投资的战略价值。

**关键词:**公共 R&D 投资;期权组合;项目间复合期权;项目联合体

**中图分类号:**F062.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2008)06-0059-05

公共 R&D 投资一般集中于基础性研究及公共性科技服务领域<sup>[1,2]</sup>,由于投资规模大、周期长,且投资成果的排他成本高,在上述 R&D 投资领域中私人资本经常选择“搭便车”行为。在现有项目经济评价理论中,因公共 R&D 技术扩散而受益的社会效果,一般采用定性量度的方法<sup>[3]</sup>。然而随着实物期权理论方法的发展,公共 R&D 投资的社会外部价值有了量化的可能。

由于显著的技术外溢效果,公共 R&D 项目除了具有直接的投资效果,对于技术相关领域的社会资本增值机会也是公共 R&D 投资决策的重要因素。从实物期权的视角来看,公共投资构建的是一个产生实物期权序列的平台<sup>[4]</sup>;在事关国计民生的关键领域进行公共 R&D 投资活动,其实质是形成一种实物期权机制,使得私人资本愿意在这些事关国计民生的公共 R&D 投资的基础上进行后续的技术创新<sup>[5]</sup>。现有研究文献常使用复合实物期权<sup>[6]</sup>以及实物期权的组合<sup>[7]</sup>方法对 R&D 投资项目的价值评估,但一般未明确界定 R&D 的资金来源是私人资本还是公共财政,而这两者的价值表现存在明显差异:私人 R&D 投资的复合期权的价值评估一般不会超过项目自身范围,因此价值模型多是基于同一项目价值链在不同阶段的因果复合期权;而公共 R&D 投资价值分析则必然要超出项目本身的范围。Nicholas 等提出公共部门 R&D 投资应该采用实物期权分析方法<sup>[5]</sup>,但并未考虑公共 R&D 项目的“公共价值”的评价如何在实物期权分析框架中实现。因此研究公共 R&D 投资的实物期权价值时,

必须充分考虑其对项目外部相关项目的现金流量所产生的量化影响效果<sup>[8]</sup>。本文尝试根据公共 R&D 投资属性及其产生的实物期权特征,采用项目联合体方法,分析公共 R&D 项目社会总体价值。

## 1 公共 R&D 投资的特点

### 1.1 投资模式

公共 R&D 投资往往以公益性为目标、以商业化为投资形式,例如我国“科技型中小企业创新基金”的“资本金注入”项目、以色列和美国合作的“BIRD”基金项目等。这类公共 R&D 基金项目运作模式是:政府基金根据公共性目标选择 R&D 项目,以非盈利模式参与企业单位的 R&D 项目,帮助 R&D 项目度过初始阶段的风险期;政府资本一般只参与 R&D 项目的基础阶段研发,后续 R&D 以及商业化阶段则完全由市场机制完成。这一模式使得公共 R&D 项目在实现政府和社会的公益性目标的同时,其市场价值也得以实现。

公益性与商业化相结合的模式反映了公共 R&D 投资的双重价值导向:一方面,公共 R&D 投资的方向必须符合国家、社会的科技发展目标,具有公益性的社会价值属性,例如我国“创新基金”投资一般集中在原始创新性知识、科技,制约社会发展的关键性的瓶颈技术等领域;另一方面,与私人 R&D 投资项目相似,公共 R&D 投资也具有未来商业化的潜在机会及价值,例如国防项目的民用化、原创型技术的商业化推广等,都是公共 R&D 项目潜在市场价值的表现。

收稿日期:2008-04-08

作者简介:徐尚友(1970—),男,安徽芜湖人,安徽师范大学经济管理学院讲师,技术经济与管理专业博士,研究方向:投资项目经济评价。

### 1.2 战略价值

对于 R & D 投资的知识 and 科技成果,私人部门一般通过设计保护机制来减少技术的溢出效果,以减少竞争者的搭便车行为;而在公共部门 R & D 投资领域,政府作为投资者则往往会鼓励基础性的技术成果在相关经济领域的应用,以提高社会经济系统的产出效率。公共 R & D 投资实质上是为社会提供了知识和科技成果的创新平台,在此平台上,大量后续技术创新或商业投资机会得以衍生。基础知识类、公益性强的公共 R & D 投资,其知识成果往往具有更广泛的应用范围,也为国民经济相关行业和项目创造更多的扩展投资的“相机权益”。因此,公共 R & D 投资不仅对项目自身的未来价值产生影响,也必然因技术外溢直接影响与其技术相关的项目群的未来价值。这种由公共 R & D 投资而衍生的项目外的潜在机会和社会价值增值是公共 R & D 投资与私人 R & D 投资实物期权分析的根本区别。

## 2 公共 R & D 投资的项目间复合期权

自从 Myers 在投资项目评价中引入实物期权方法<sup>[9]</sup>以来,研究 R & D 项目实物期权价值的文献

一般将 R & D 投资视为多阶段的因果复合期权 (causal compoundness):初始研发的投资产生未来中试的扩张期权(或转让项目的放弃期权);中试投资又为未来的商业化提供机会<sup>[10]</sup>。这种前置期权的执行为项目的后阶段产生相机权益,后置期权嵌套于前置期权之中,即所谓写在期权上的期权。公共 R & D 项目产生的复合期权关系的特殊性在于,由于公共 R & D 投资成果的公共品属性,公共 R & D 投资在产生基于初始 R & D 投资的因果复合期权的同时,还使其他相关项目根据自身的运行状况做出相机决策,从而衍生项目之间的复合期权。Rainer 将这种在一个项目内部产生,使得其他项目产生因果复合关系的实物期权,称为“项目间复合期权”(interproject compoundness)。例如,一项公共 R & D 项目研发的技术知识平台,不仅可在未来转为商业化用途,其技术的溢出效果还可降低相关行业进一步技术创新的不确定性,因而相关项目在未来时刻具有在此技术平台之上进一步研发投资的扩张期权。图 1 揭示了公共 R & D 基金项目产生的项目间实物期权复合关系。

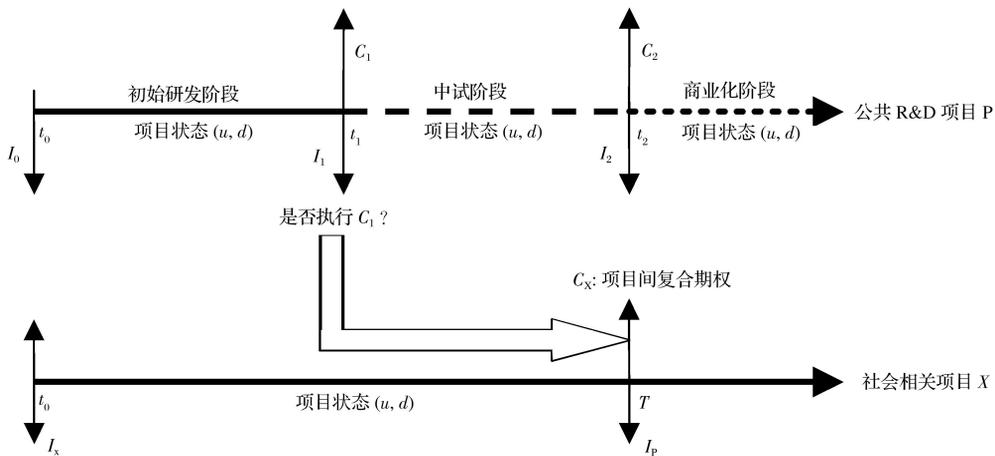


图 1 公共 R & D 项目的项目间期权复合示意图

图 1 中,公共 R & D 基金在  $t_0$  初始研发时刻决定是否进行 R & D 投资  $I_0$ :若投资,则项目 P 拥有在  $t_1$  时刻进行中试投资  $I_1$  的看涨期权  $C_1$ ;若行使  $C_1$  (即在  $t_1$  时刻进行中试投资  $I_1$ ),则拥有在  $t_2$  时刻进行商业化投资  $I_2$  的看涨期权  $C_2$ ;这是典型的因果复合期权(即期权  $C_2$  由项目内期权  $C_1$  生成)。公共 R & D 项目的特殊性在于:在  $t_1$  时刻项目 P 若执行  $C_1$ ,则在  $T$ 时刻社会相关项目 X 因  $C_1$  的执行而拥有扩张期权  $C_x$ ,  $C_x$  产生于  $C_1$ ,但是否执行却取决于项目 X 的状态  $(u, d)$ ,因此  $C_x$  是存在于公共 R & D 项

目 P 与社会相关项目 X 之间的项目间复合期权,在对公共 R & D 项目 P 的战略价值评估时,需要同时考虑项目 P 的内部及其与社会项目 X 间的期权复合关系。

## 3 公共 R & D 项目的实物期权价值分析框架

由于公共 R & D 投资的复合期权不仅存在于项目不同阶段,还存在于相关的社会项目群,因此根据公共 R & D 投资的项目间期权复合关系,若把公共

R & D 投资与直接关联的社会项目群构成项目联合体,则在扩大的项目联合体边界内,项目间复合期权价值可视为项目联合体的内部价值;并且,通过分析因公共 R & D 投资期权而产生的项目联合体的价值

增量,可以确定公共 R & D 投资的战略价值。公共 R & D 投资的项目联合体价值分析框架如图 2 所示。

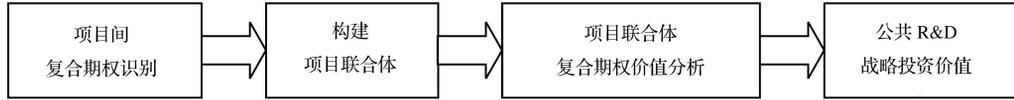


图 2 公共 R & D 投资复合期权价值分析框架图

步骤 1:识别公共 R & D 项目产生的项目间复合期权。

投资项目之间经常存在相互的定量影响,若这一影响来自投资项目自身的内在属性,例如技术的互补或互斥关系,则两个项目的现金流会呈现非随机的关联性,Rationer 将这种存在于不同项目间的非随机的定量作用称为“直接的定量影响”(direct qualitative interactions)<sup>[7]</sup>。根据帕累托准则,公共 R & D 投资决策目标是对公共社会产生最大的社会经济福利效果,因此公共 R & D 投资项目的实施对社会关联项目的现金流的总体应呈正面影响。在项目层次上,公共 R & D 投资对相关项目产生的正面定量影响作用表现为:通过公共 R & D 投资成果——基础知识、技术的社会扩散效应,为相关产业和项目形成了后续技术创新或商业化的平台,公共 R & D 投资的价值实质上形成了基于这一平台之上的投资扩张期权。因此,评价公共 R & D 投资的战略价值,首先需要根据公共 R & D 技术,识别相关产业链环节因之而产生的相机权益,以此确定期权复合的边界;同时为避免项目间期权的扩大化,应该只考虑直接因公共技术而衍生的扩张投资机会,例如在图 1 中,扩张期权  $C_x$  与  $C_1$  是直接的项目间因果复合关系。

步骤 2:组建项目联合体。

由于相关社会项目拥有的期权是因公共 R & D 项目执行前置期权而产生的,因此公共 R & D 投资项目的价值包括项目内和项目外的期权价值,这可以通过公共 R & D 投资对整个多个项目构成的项目联合体的价值增值贡献来计算。这里,需要将公共 R & D 投资及与之存在非随机定量影响的相关项目组合成一个系统,即项目联合体,分析由于公共 R & D 投资的实施,对其他项目的收益、现金流如何产生期权影响,以实现公共 R & D 项目战略价值的评价。

步骤 3:项目联合体内的复合期权的价值分析。联合体的复合期权包括公共 R & D 项目内复合

期权与项目间复合期权。公共 R & D 项目内的复合期权价值,可以采用因果复合期权的方法求出<sup>[10,11]</sup>;项目间复合期权是一种特殊的因果复合期权,前置期权是否执行,将导致项目联合体的价值表现为不同的项目组合价值。

以图 1 为例:若项目  $P$  未执行  $C_1$ ,则项目  $P$  和项目  $X$  互不相关, $P-X$  联合体价值为独立的  $P$  和  $X$  的价值之和;若项目  $P$  执行了  $C_1$ ,则  $t_1$  时刻前的项目  $P$  与  $t_1$  时刻后的项目  $X$  组合在一起, $P-X$  联合体转化为基于同一期权  $C_1$  产生两个后置期权( $C_2$  和  $C_x$ )的复合项目, $C_2$  和  $C_x$  可以看成是在一个“新的复合项目”之内,由同一前置期权衍生的两个平行复合关系的实物期权,其价值可以用时间复合<sup>[7]</sup>或平行复合<sup>[12]</sup>的方法求解。

步骤 4:通过项目联合体价值增量变化计算公共 R & D 项目战略价值。

我们将项目联合体整体视为一个复合项目,则公共 R & D 投资项目的战略价值在于:由于公共 R & D 投资而使得复合项目具有的相机投资权利序列,即实物期权的组合。其战略价值通过项目联合体的价值增量来表现。图 1 中,若  $P$  在初始研发阶段不产生正现金流,则  $P$  的价值表现为  $t_0$  时刻投资  $I_0$  所产生的一系列期权的价值,具体包括项目内部的期权  $C_1$ 、 $C_2$  以及由此  $C_1$  而产生的项目间复合期权  $C_x$  价值。

## 4 公共 R & D 投资的复合期权价值算例

假设在  $t = 0$  时刻,公共 R & D 基金决策是否投资项目  $P$  进行某项基础技术  $M$  的初始研发,一旦投资则在  $t = 1$  时刻项目拥有扩张投资期权  $C_1$ ;由于技术  $M$  的公共性,一旦执行  $C_1$  的同时,在项目外部社会相关项目  $X$  在  $t = 2$  产生扩张投资的机会  $C_{P-X}$ ,显然  $C_{P-X}$  是由期权  $C_1$  衍生的项目间复合期权,反映了公共 R & D 项目  $P$  对于项目联合体  $P-X$  的增值效果。为计算简便,以二项分布过程描述上述

期权的复合关系,具体见图 3。

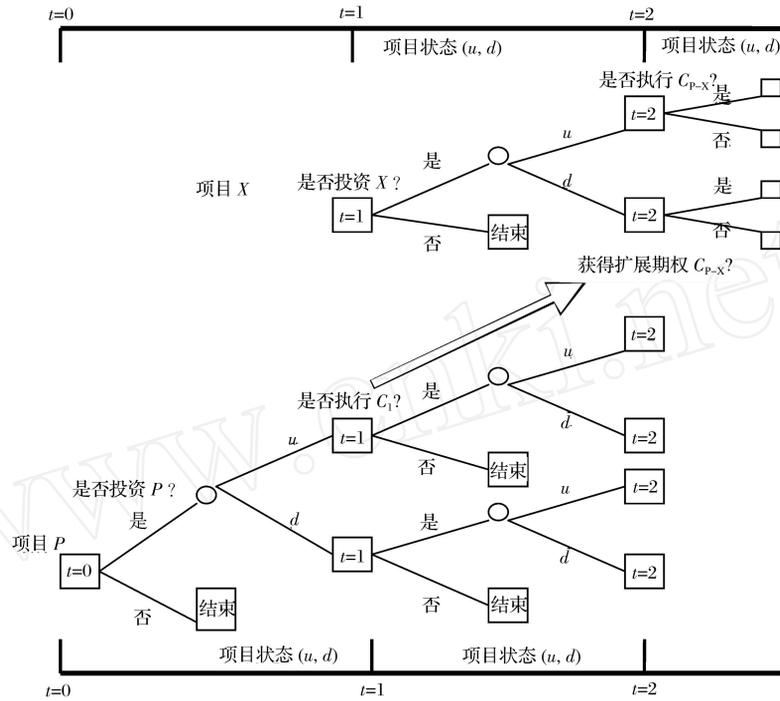


图 3 基于二项分布过程的项目间复合期权

假设项目 P 的运行状态包括成功 (参数值  $u = 1.3$ ) 或失败 (参数值  $d = 0.7$ ), 市场无风险利率  $i = 6\%$ 。  $t = 0$  时 P 和 X 的初始价值  $S = 100$ , P 和 X 之间存在正的相关性,  $C_1$  是执行价  $A_1 = 50$ , 项目 P 价值增值 60% 的扩张期权;  $C_{P-X}$  为执行价  $A_{P-X} = 20$ , 项目 X 价值增长 80% 的扩张期权。以  $V_i^t$  表示联合体 P - X 的价值,  $t = 0, 1, 2 \dots$  表示时期数,  $i = 0, 1, 2 \dots$  表示项目出现状态  $u$  的次数; 则通过项目联合 P - X, 公共 R & D 项目 P 的战略价值分析如下。

第一步, 分析公共 R & D 项目 P 的项目内期权价值。  $C_1$  的价值表现为项目 P 在  $t = 1$  时因具有扩展投资机会而产生的价值增值, 假定项目 P 的价值以  $I_i^t$  表示 ( $t$  与  $i$  含义同上),  $C_1$  的价值以  $W_1$  表示, 则  $W_1 = I_0 - 100$

由二项分布过程可知, 项目 P 的价值是  $I_1^1$  的概率为  $p$ ; 项目 P 的价值是  $I_0^1$  的概率为  $1 - p$ , 其中,

$$I_1^1 = \max [Su, Su(1 + 60\%) - P_1] = \max (130, 130 \times 1.6 - 50) = 158,$$

$$I_0^1 = \max [Sd, Sd(1 + 60\%) - P_1] = \max (70, 70 \times 1.6 - 50) = 70;$$

$$\text{则 } p = (1 + r - d) / (u - d) = (1.06 - 0.7) / (1.3 - 0.7) = 0.6, 1 - p = 0.4,$$

$$I_0 = \frac{[0.6 \times I_1^1 + 0.4 \times I_0^1]}{1.06} = 115.85;$$

故项目 P 内的扩张期权价值为:

$$W_1 = I_0 - 100 = 15.85。$$

第二步, 构建项目联合体 P - X, 计算公共项目 P 的战略价值。

1) 考虑项目 P 在  $t = 1$  时执行  $C_1$  的情况。此时由于  $C_1$  的执行产生了一个新的复合项目 (由  $t = 1$  之前的 P 和  $t = 1$  之后的 X 构成), 新的复合项目包含两个因果复合的期权  $C_1$  和  $C_{P-X}$ , P 增值 60%, 同时项目 X 产生投资 120, 取得价值增值 80% 的扩张期权。

执行  $C_1$  时, 根据二项分布过程, 项目联合体 P - X 在  $t = 1$  的价值表现可通过下式计算:

$$V_2^2 = 100 \times u^2 \times 1.6 + \max (100 \times u^2, 100 \times u^2 \times 1.8 - 120) = 454.6,$$

$$V_2^1 = 100 \times ud \times 1.6 + \max (100 \times ud, 100 \times ud \times 1.8 - 120) = 236.6,$$

$$V_2^0 = 100 \times d^2 \times 1.6 + \max (100 \times d^2, 100 \times d^2 \times 1.8 - 120) = 127.4,$$

$$V_1^1 = \frac{0.6 \times V_2^2 + 0.4 \times V_2^1}{1.06} = 346.6,$$

$$V_1^0 = \frac{0.6 \times V_2^1 + 0.4 \times V_2^0}{1.06} = 182。$$

2) 考虑项目 P 在  $t = 1$  时不执行  $C_1$  的情况。此时由于不执行  $C_1$ , 则项目联合体 P - X 分解为两个独立项目 P 和 X, 项目联合体 P - X 的价值就是项目 P 和 X 的价值之和。

不执行  $C_1$  时,项目联合体  $P-X$  在  $t=1$  的价值表现可通过下式计算:

$$V_1^1 = 130 \times 2 = 260, V_1^0 = 70 \times 2 = 140。$$

3) 考虑  $t=0$  时项目联合体  $P-X$  作为一个总体,在是否执行  $C_1$  的情况下的总价值。

$$V_0 = \frac{0.6 \times V_1^1 + 0.4 \times V_1^0}{1.06} = \frac{0.6 \times \max(346.6 - 50, 260) + 0.4 \times \max(182 - 50, 140)}{1.06} = 220.72$$

4) 项目联合  $P-X$  的复合期权价值。

$$V_{P-X} = V_0 - 200 = 20.72。$$

第三步,分析公共 R & D 项目  $P$  的期权价值

由于公共 R & D 项目  $P$  的价值只包括项目内期权  $C_1$  和项目间复合期权  $C_{P-X}$ ,因此在公共 R & D 项目  $P$  和社会相关项目  $X$  构成的联合体中,期权价值表现为:公共 R & D 项目内期权价值 15.85;公共 R & D 项目  $P$  与相关项目  $X$  的项目间复合期权价值 4.87;公共 R & D 项目  $P$  的战略总价值  $V_{P-X}$  为 20.72。

## 5 结语

公共 R & D 投资的技术外溢性决定了投资产生的实物期权序列不仅存在于项目内的时间节点,还存在于相关的投资项目群。基于公共 R & D 投资项目的实物期权序列构成复合期权的组合,组合期权之间既存在着项目内的因果复合关系,也存在着项目间复合结构。公共 R & D 项目的价值不仅仅体现在自身项目内的价值增值,还体现在项目外的相关领域的增值效果,因此应以公共 R & D 项目对整个关联项目系统的总增值贡献作为评价公共 R & D 项目价值的依据。以项目联合体技术分析公共 R & D

项目的复合期权价值,将根据项目间复合期权的逻辑结构,组成新的复合项目或相互独立的项目来分析总的项目联合体的价值变化,从而计算项目间复合期权的价值。

## 参考文献

- [1] 刘树梅.我国政府 R & D 经费投入状况研究[J].科技管理研究,2002(2):38-41.
- [2] 陈霖豪.政府 R & D 投入的方向和优先领域[J].全球科技经济瞭望,2006(12):6-8.
- [3] 国家发展改革委,建设部.建设项目经济评价方法与参数[M].北京:中国计划出版社,1994:69-70.
- [4] 徐尚友.公共投资的实物期权价值评估[J].工业技术经济,2006(10):98-102.
- [5] NICHOLAS S V, MATT L. Real options for public sector R & D investments[EB/OL]. [2008-03-21]. <http://www2.gwu.edu/~elliott/faculty/vonortasrealoptions04.pdf>.
- [6] TRIGEORGIS L. Real options and interaction with financial flexibility[J]. Financial Management, 1993, 22(3): 202-224.
- [7] BROSCH R. Portfolio aspects in the options management[R]. Working Paper Series: Finance & Accounting, 2001, 66(2):1-22.
- [8] PIRIC A, REEVE N. Evaluation of public investment in R & D towards a contingency analysis[EB/OL]. [2008-03-21]. <http://www.oecd.org/dataoecd/34/38/1907910.pdf>.
- [9] MYERS S C. Finance theory and financial strategy[J]. Midland Corporate Finance Journal, 1987, 5(1): 6-13.
- [10] PENNING S E, LINT O. The option value of advanced R & D[J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103:83-94.
- [11] 郑德渊.基于跳跃过程的复合期权定价模型[J].中国管理科学,2004,12(1):15-19.
- [12] 扈文秀,甄士民,樊宏社.平行复合实物期权的定价研究[J].系统工程理论与实践,2006(11):26-32.

## Interproject Compoundness: Real Option Evaluation on Public R & D Investment

Xu Shangyou

(School of Economics and Management, Anhui Normal University, Wuhu Anhui 241000, China)

**Abstract:** Real options of interproject compoundness discriminate public R & D investment from private one. Interproject compoundness can be decomposed into the time compoundness and the causal compoundness in projects complex, and strategic value of public R & D investment can be evaluated through the incremental value analysis of the project complex.

**Key words:** public R & D investment; option portfolio; interproject compoundness; projects complex