

产业共性技术创新失败的公共资本后补偿策略

张 帆¹, 刘生学², 狄 鹏¹, 叶建木³, 喻 潇³

(1. 海军工程大学 管理工程与装备经济系, 武汉 430033; 2. 海军工程大学 舰船综合试验训练基地, 武汉 430033;
3. 武汉理工大学 管理学院, 武汉 430070)

摘要:产业共性技术创新项目因技术性、系统性风险而面临失败困境。然而,失败项目并非“一无是处”。对于具有一定挽救价值的产业共性技术创新失败项目,可考虑通过失败后补偿方式,由公共资本引导私人部门采取挽救措施,弥补市场失灵。为此,通过构建价值评估体系,筛选补偿对象,并在此基础上,探讨创新失败阶段嵌入下的公共资本后补偿策略,甄选最优补偿方式,为挽救失败资源、激发再创新行为等提供一定的理论参考。

关键词:产业共性技术;失败项目挽救;公共资本;后补偿策略

中图分类号:F224 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)06-0031-07

产业共性技术是在若干领域或专业内已经被普遍认可或在未来将被认可,其技术成果能够在整个产业或多个产业内外共享并扩散的一类技术^[1-2],同时,兼有私人产品与公共产品的双重属性(“准公共产品”属性),并具有外部性强、复杂性高、投入高、风险高以及不确定性高等特点^[3-4]。从经济外部性角度来看,在补偿机制缺失的前提下,产业共性技术创新活动的“外部性”特征使得私人部门往往存在享受正外部性而邻避负外部性的“搭便车”心理^[5],进而导致市场失灵,需要嵌入公共机制与政策以弥补供给不足^[6]。然而,现有公共激励政策(如直接资助、财政补贴、税收优惠和金融融通等)大多聚焦于成功项目或集中在创新过程的前端,由于“反失败”偏见的存在,对于技术创新失败的关注不足^[7-8]。产业共性技术创新的实验性质决定了创新项目的高度不确定性,而市场竞争加剧、创新维度提高则进一步加剧了高风险性^[9-10]。因此,产业共性技术创新活动往往比一般技术创新活动面临更高的失败风险^[11]。但是,产业共性技术创新失败项目并非“一无是处”,具有一定挽救价值^[12],例如,对于治理骨关节炎和关节肿胀一类止痛药具有技术支撑与扩散作用(First-in-Class)的抗 NGF 类止痛药 Taneczumab 曾在 2012 年遭遇阶段失败并一度被搁置。然而,这个项目并没有被放

弃,经由辉瑞(Pfizer)与礼来(Eli Lilly)公司合作,在后期研发中逐步修复,已提交美国食品和药物管理局(FDA)审理生物制品许可申请(BLA)。由此可见,共性技术创新失败项目的潜在价值具备挽救的必要性与可行性。

然而,外部性特征使得产业共性技术创新失败挽救不能完全依赖于市场自主行为,而需要借助于公共引导行为。从某种意义上说,公共部门在一定程度上代表了公共理性,制定公共政策并予以执行,可以增加公共产品供给,弥补市场失灵。同时,产业共性技术创新的正外部性也增强了公共部门挽救的积极性。借鉴公共医疗建设与公共环境治理中,公共资本通过后补偿策略引导私人资本参与治理的方式,本文尝试建立公共资本后补偿机制对产业共性技术创新失败项目实施挽救^[13-14]。相较于传统补贴方式将决策着力点立于创新起始阶段而对预期实施资助,公共资本后补偿机制的决策着力点立于失败挽救阶段,既是对前期失败的风险与成本分担,也是对后续挽救的鼓励与引导。实践中,并非所有失败都值得补偿,有必要针对拟补偿对象进行价值评估,确定补偿必要性。为此,本文建立补偿对象价值评估机制,并在补偿价值基础上进一步探索补偿策略,对比补偿效率,以期挽救创新失败资源、激发后续创新行为等提供一定的理论参考。

收稿日期:2021-12-18

基金项目:国家社会科学基金(19BGL039);海军工程大学自主研发项目(425317T03Y)。

作者简介:张帆(1991—),男,河南信阳人,海军工程大学管理工程与装备经济系,讲师,博士,研究方向为技术创新管理;通信作者刘生学(1985—),男,吉林德惠人,海军工程大学舰船综合试验训练基地,教研室主任,硕士,研究方向为军民融合创新。

1 补偿对象价值评估

产业共性技术创新活动实质上就是将所处行业或专业内具有代表性的创新要素实施萃取、分析、整理、分类、再整合的过程,其流程类似于生物学的基因工程。换言之,基因工程学可以用来描述产业共性技术创新活动。基于此,将基因工程学理论融入技术创新理论中,尝试构建产业共性技术创新基因图谱模型,提取共性技术基因,可以更加科学、直观地刻画产业共性技术边界^[15]。产业共性技术基因图谱,是在相关共性技术信息文本分析的基础上,通过信息识别与抽取,甄选出具有普遍性、通用性或共享性的技术信息,再结合该技术领域的实际发展状况识别出目标领域的共性技术基因。在人类现有的科技成果记录中,专利所涵盖的技术信息涉猎广、数量丰富、真实度高,适合作为目标领域共性技术信息萃取的原始样本。产业共性技术基因图谱的绘制流程可概括为:①在研究对象的技术范围内,制定初始检索方案获取目标领域的核心专利文本信息,并进一步对专利文本进行聚类分析,可得到相关产业的关键共性技术方法和装备,即该领域技术创新过程中的共性基因片段。由于技术创新专利信息量大,初始检索方案必须反复试验才能确定;②定量分析与定性分析相结合,在分析关键信息出现频率的同时充分参考目标领域相关专家的修正意见,对由步骤①确定的关键技术做更详细地甄别与分类,从而获取研究对象的共性技术关键基因片段,即该领域技术创新过程中的共性技术基因;③通过共性技术基因识别,从全局上把握产业共性技术边界,同时为创新失败挽救对象甄选指明技术方向。

2 后补偿策略甄选

在挽救价值评估基础上,可进一步讨论公共资本后补偿策略。由于产业共性技术创新失败项目所处的阶段不同,挽救所需的资源也不同,选取适当的公共资本补偿策略显得尤为必要^[16-18]。产业共性技术创新失败项目挽救的公共资本补偿策略主要结合补偿时段与补偿方式展开讨论。补偿时段按创新项目的生命周期分为研发阶段补偿和转化阶段补偿。补偿方式按收益成本分析分为收益补偿、成本补偿和利润补偿等。产业共性技术创新项目的生命周期存在两大失败高危阶段:从研究到开发的“死亡之谷”与从示范到转化的“达尔文之海”。据此,可将产业共性技术创新失败分为“研发阶段失败”和“转化阶段失败”。由于创新失败阶段

不同,挽救介入时机也不同,公共资本补偿时段亦不同。

2.1 研究假设

当产业共性技术创新项目失败于研发阶段(阶段Ⅰ)时,其挽救过程从研发阶段算起,公共资本补偿时段为“研发阶段补偿”;当产业共性技术创新项目失败于转化阶段(阶段Ⅱ)时,其挽救过程从转化阶段算起,公共资本补偿时段为“转化阶段补偿”。同时考虑模型构建的操作性与可行性,提出假设条件如下:

1)以补偿方(公共资本)与被补偿方(私人部门)为参与主体,同时考虑被补偿方的风险规避特征,将被补偿方的风险规避设置为 $R_F = a_0 a^r$,其中, $a_0 \geq 0$, r 表示绝对风险规避量, b 表示被补偿方的实际经济收益^[19]。

2)项目自身努力行为贯穿于整个失败挽救过程。当挽救处于阶段Ⅰ时,其挽救努力为研发努力(如提高研发成功率、降低研发成本等),用 Re_I 表示,后期转化阶段努力为 e_{II} ;当挽救处于阶段Ⅱ时,其挽救努力为转化阶段努力(如提高转化收益、降低转化成本等),用 Re_{II} 表示,前期研发阶段努力用 e_I 表示。

3)当挽救处于阶段Ⅰ时,补偿时段为“研发阶段补偿”,此时挽救成本为 $RC_{S\&T}$,有 $RC_{S\&T} = d - f Re_I$ ($f > 0$),其中, f 表示边际节约成本,可在一定程度上表示私人部门研发技术和效率。公共资本补偿额度为 $Sub_I = Sub(RC_{S\&T})$,若挽救取得成功,项目将开启后期转化程序,此时公共资本不再补偿,挽救对象的后期转化收益为 $ExpV_P(Re_I, e_{II})$,且转化成本可表示为 $C_T(Re_I, e_{II})$ 。

4)当挽救处于阶段Ⅱ时,补偿时段为“转化阶段补偿”,前期研发成本为 $C_{S\&T}$,挽救预期转化收益可表示为 $ExpV_P(e_I, Re_{II}) = g + h_I e_I + h_{II} Re_{II}$ ($h_I > 0, h_{II} > 0$),挽救成本为 $C_T(e_I, Re_{II}) = j - k_I e_I - k_{II} Re_{II}$ ($k_I > 0, k_{II} > 0$)。此外,一般来说相同努力程度产生的边际收益要高于减少的边际成本,由此可认为 $h_I > k_I, h_{II} > k_{II}$ 。而且,转化阶段补偿为 Sub_{II} 。

5)一般情况下,私人部门的努力成本是努力程度的增函数,而且边际成本是加速递增的。由此可将努力成本的效用函数设置为二次凸函数: $C(e_I) = e_I^2/2, C(e_{II}) = e_{II}^2/2, C(Re_I) = Re_I^2/2, C(Re_{II}) = Re_{II}^2/2$ 。另外,私人部门的挽救风险偏好为理性,挽救风险成本可表示为 $(r\mu^2\sigma^2)/2$,其中, μ

表示额外边际收益, σ^2 则表示影响产出方差。此外, 公共资本补偿在挽救过程中的预期收益为 V_G , 则净效益为 $V_G - \text{Sub}$ 。各参数释义详见表 1。

表 1 参数释义

参数符号	参数含义
R_F	被补偿方风险规避量
$a_0、d、g、j$	常数
r	绝对风险规避量
b	被补偿方的实际经济收益
Re_I	阶段 I 时, 研发失败挽救努力水平
e_{II}	阶段 I 时, 后期转化阶段努力水平
$RC_{S\&T}$	阶段 I 时, 研发失败挽救成本
Sub_I	阶段 I 时, 研发阶段补偿额
$\text{Exp}V_P(Re_I, e_{II})$	阶段 I 时, 后期转化收益
$C_T(Re_I, e_{II})$	阶段 I 时, 后期转化成本
Re_{II}	阶段 II 时, 转化失败挽救努力水平
e_I	阶段 II 时, 前期研发阶段努力水平
$C_{S\&T}$	阶段 II 时, 前期研发成本
$\text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})$	阶段 II 时, 挽救预期转化收益
$C_T(e_I, Re_{II})$	阶段 II 时, 转化失败挽救成本
Sub_{II}	阶段 II 时, 转化阶段补偿额
$C(e_I)$	e_I 努力条件下, 项目努力成本
$C(e_{II})$	e_{II} 努力条件下, 项目努力成本
$C(Re_I)$	Re_I 努力条件下, 项目努力成本
$C(Re_{II})$	Re_{II} 努力条件下, 项目努力成本
μ	额外边际报酬
σ^2	影响产出方差
V_G	公共资本补偿收益

2.2 研发失败挽救的补偿策略分析

若政府引导基金等公共资本考虑对研发失败挽救实施补偿时, 补偿函数可表示为: $\text{Sub}_I = \text{Sub}(RC_{S\&T}) = \lambda + (1 - \mu) RC_{S\&T}$ ($0 \leq \mu \leq 1$), 其中,

$$\begin{aligned} CE &= \text{Sub}_I + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - RC_{S\&T} - C(Re_I, e_{II}) - C(Re_I) - C(e_{II}) - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ &\lambda + (1 - \mu)RC_{S\&T} + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - RC_{S\&T} - C(Re_I, e_{II}) - \frac{Re_I^2}{2} - \frac{e_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ &\lambda - \mu(d - fRe_I) + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - C(Re_I, e_{II}) - \frac{Re_I^2}{2} - \frac{e_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \end{aligned}$$

s. t.

$$\begin{cases} \lambda - \mu(d - fRe_I) + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - C(Re_I, e_{II}) - \frac{Re_I^2}{2} - \frac{e_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \geq \bar{\delta} & (\text{IR}) \\ (Re_I^*, e_{II}^*) = \arg \max_{Re_I, e_{II}} \left[\lambda - \mu(d - fRe_I) + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - C(Re_I, e_{II}) - \frac{Re_I^2}{2} - \frac{e_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \right] & (\text{IC}) \end{cases}$$

$$\frac{\partial (Re_I^*, e_{II}^*)}{\partial Re_I} = \mu f - Re_I^* = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} Re_I^* = \mu f \\ e_{II}^* = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$
$$\frac{\partial (Re_I^*, e_{II}^*)}{\partial e_{II}} = -e_{II}^* = 0$$

式中, $\bar{\delta}$ 表示私人部门所关注的失败项目挽救的最低报酬“门槛”。另外, 激励相容约束(IC)的一阶偏导条件为

$\lambda + RC_{S\&T}$ 表示针对失败项目挽救因研发所产生的相应费用而实施的固定补偿额度, 这一部分补偿包括研发挽救成本和公共资本的额外补偿 λ 。 $\lambda + RC_{S\&T}$ 既“兜底”了项目挽救的研发费用, 也让私人部门能够得到额外报酬 λ , 从而符合私人部门开展失败挽救活动的收益约束。此外, 公共资本补偿是关于研发失败挽救投入的函数, 由 $\lambda + RC_{S\&T}$ 可得, 补偿额度与私人部门研发费用呈正比关系, 所以, 为了防止项目方披露虚假的研发挽救投入而套取补偿, 有必要设计相应的“处罚”因子 $(1 - \mu RC_{S\&T})$ 来调节私人部门的研发挽救投入及所获补偿力度。在补偿函数中, 可以将 $(1 - \mu)$ 视为补偿因子, 将 μ 视为补偿惩罚因子, 如果 μ 越大, 则 $(1 - \mu)$ 越小, Sub_I 也越小, 即补偿力度越小, 反之, 则补偿力度越大。研发阶段补偿函数不仅可以达到产业共性技术创新失败项目的挽救需求, 也能够降低潜在的“骗补”风险。而且 $RC_{S\&T} = d - fRe_I$ ($f > 0$), 表明研发挽救费用 $RC_{S\&T}$ 和研发挽救努力 Re_I 负相关, 换言之, 研发挽救努力的边际成本节约为 f 。由研发失败挽救的补偿过程, 可得“研发失败补偿”时私人部门的收益与成本, 见表 2。

表 2 “研发失败补偿”时私人部门的收益与成本

阶段	收益	成本
阶段 I	Sub_I	$RC_{S\&T} = d - fRe_I, C(Re_I) = Re_I^2/2$
阶段 II	$\text{Exp}V_P(Re_I, e_{II})$	$C_T(Re_I, e_{II}), C(e_{II}) = e_{II}^2/2$

由“研发失败补偿”时的收益及成本, 结合激励理论, 私人部门的确定性等价收入(CE)、挽救行为约束(IR)及激励相容约束(IC)可表示为

33

$\max_{\mu} V_G\text{-Sub}_I$ 表示公共资本的目标函数,由式(2)以及式(1)中挽救约束的等式条件,可得

$$Re_1^* = \mu f, e_{II}^* = 0$$
$$\bar{\delta} = \lambda - \mu(d - fRe_I) + \text{Exp}V_P(Re_I, e_{II}) - C(Re_I, e_{II}) - \frac{Re_I^2}{2} - \frac{e_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2}$$
$$\mu^* = \frac{f^2}{f^2 + r\sigma^2}$$

(3)

由 $Re_1^* = \mu f$ 可得,当公共资本对研发失败挽救实施补偿时,私人部门的挽救努力水平与补偿惩罚因子为正相关,表明如果 μ 越小,公共资本补偿力度 Sub_I 越大,而私人部门的挽救努力 Re_1^* 越小,尤其是当 $\mu=0$ 时, $\text{Sub}_I = \lambda + RC_{S\&T}$, 而 $Re_1^* = 0$ 。由此可知,如果公共资本对私人部门给予研发挽救成本加固定收益的补偿时,私人部门会采取“搭便车”策略,不注重自身投入,仅依靠公共资本补偿来维持挽救活动。而且,私人部门是挽救活动的实施主体,如果其在研发失败后没有自主挽救意识,则阶段I的挽救活动很难取得成功,也无法进入后期转化阶段。

是否给予私人部门失败挽救补偿的判断标准为私人部门的挽救能力及意愿,考虑对失败挽救实施补偿的主要目的是为了充分利用失败资源,提高产业共性技术创新成果的供给效率。以上论述揭示了研发失败挽救时,公共资本给予一次性补偿明显存在效率损失问题:基于挽救研发成本的一次性补偿模式如同在项目失败后使用财政资金实施挽救活动,私人部门自身的挽救投入没有充分利用。此外,公共资本给予的补偿额度越高,私人部门在阶段 I 的挽救努力越小,特别地,当私人部门的研发挽救成本被全额补偿时,说明项目挽救仅靠外部支持。不仅如此,一次性“研发失败补偿”只探讨了研发失败阶段挽救活动能否取得成功,并没有顾及创新成果的后续转化问题,私人部门在阶段 I 的挽救活动即便取得了成功,也仍会面临研发成果的转

化风险,即“最后一公里”问题。

2.3 转化失败挽救的补偿策略分析

当产业共性技术创新项目失败于转化阶段时,公共资本考虑对此阶段的挽救活动实施补偿。引入收益成本分析,转化失败补偿可进一步细分为转化收益补偿 $[\text{Sub}(\text{Exp}V_P)]$ 、转化成本补偿 $[\text{Sub}(C_T)]$ 和转化利润补偿 $[\text{Sub}(\text{Exp}V_P - C_T)]$ 3 种形式。补偿前,项目已成功迈过阶段 I,但未能完成转化,因此研发报酬为 0,支付研发费用 $C_{S\&T}$ 。由转化失败挽救的补偿过程,可得“转化阶段补偿”时私人部门的收益与成本,见表 3。

表 3 “转化失败补偿”时私人部门的收益与成本

阶段	收益	成本
阶段 I	0	$C_{S\&T}, C(e_I) = e_I^2/2$
阶段 II	$\text{Exp}V_P(e_I, Re_{II}), \text{Sub}_{II}$	$C_T(e_I, Re_{II}), C(Re_{II}) = Re_{II}^2/2$

2.3.1 转化失败挽救的收益补偿策略

若公共资本针对转化失败挽救收益实施补偿时,要充分考虑失败项目挽救的预期转化收益,补偿力度为 $\text{Sub}_{II} = \text{Sub}(\text{Exp}V_P) = \lambda - (1 - \mu)\text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})$, 其中, $\lambda - \text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})$ 表示固定补偿,用于调节私人部门收益。如果私人部门的收益较小, $[\lambda - \text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})] > 0$, 表示私人部门可以获得较高的公共资本固定补偿。如果私人部门的收益较大, $[\lambda - \text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})] < 0$, 表示转化收益的溢出效应提升了公共资本效用。 $\mu\text{Exp}V_P(e_I, Re_{II})$ 表示公共资本为激发项目方在转化阶段的努力行为而采取的收益激励措施。可知,转化收益补偿不但可以降低项目方在转化阶段的损失风险又能够保证公共资本可以获取一部分社会收益,还能够激发挽救行为。由收益补偿时私人部门的收益及成本,结合激励理论,可得确定性等价收入、挽救约束(IR)以及激励相容约束(IC)为

$$CE = \text{Sub}_{II} + \text{Exp}V_P(e_I, Re_{II}) - C_{S\&T} - C_T(e_I, Re_{II}) - C(e_I) - C(Re_{II}) - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} =$$
$$\lambda + \mu\text{Exp}V_P(e_I, Re_{II}) - C_{S\&T} - C_T(e_I, Re_{II}) - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} =$$
$$\lambda - j + \mu g + (\mu h_I + k_I)e_I + (\mu h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2}$$

s. t. $\left\{ \begin{aligned} &\lambda - j + \mu g + (\mu h_I + k_I)e_I + (\mu h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \geq \bar{\delta} \quad (\text{IR}) \\ &(e_{II}^*, Re_{II}^*) = \arg \max_{e_{II}, Re_{II}} \left[\lambda - j + \mu g + (\mu h_I + k_I)e_I + (\mu h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \right] \quad (\text{IC}) \end{aligned} \right.$

式中激励相容约束(IC)的一阶偏导条件为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(e_1^*, Re_{II}^*)}{\partial e_1} &= \mu h_1 + k_1 - e_1^* = 0 \\ \frac{\partial(e_1^*, Re_{II}^*)}{\partial Re_{II}} &= \mu h_{II} + k_{II} - Re_{II}^* = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} e_1^* = \mu h_1 + k_1 \\ Re_{II}^* = \mu h_{II} + k_{II} \end{cases} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} e_1^* &= \mu h_1 + k_1, Re_{II}^* = \mu h_{II} + k_{II} \\ \bar{\delta} &= \lambda - j + \mu g + (\mu h_1 + k_1)E_1 + (\mu h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu^* = \frac{h_1^2 + h_{II}^2}{h_1^2 + h_{II}^2 + r\sigma^2} \quad (6)$$

经求解,转化失败挽救的收益补偿最优策略为 $(e_{11}^*, Re_{II1}^*, \mu_1^*)$ 。

2.3.2 转化失败挽救的成本补偿策略

当公共资本针对转化失败挽救成本实施补偿时,补偿函数为 $Sub_{II} = Sub(C_T) = \lambda + (1 - \mu)C_T$, 其中, $\lambda + C_T$ 表示公共资本固定补偿,不但承担了私人部门的转化成本,还提供了额外收益 λ ,从而

由 $\max_{\mu} V_G - Sub_{II}$, 式(5)和式(4)中挽救约束(IR)的等式成立条件可得

满足了私人部门实施挽救的基本收益要求。 $-\mu C_T$ 表示惩罚因子,目的是防止私人部门虚报转化挽救成本,骗取补偿。成本补偿既可满足私人部门的参与需求,又能预防“搭便车”现象。由成本补偿时私人部门的收益及成本,结合激励理论,可得确定性等价收入、挽救约束(IR)以及激励相容约束(IC)为

$$\begin{aligned} CE &= Sub_{II} + ExpV_P(e_1, Re_{II}) - C_{S\&T} - C_T(e_1, Re_{II}) - C(e_1) - C(Re_{II}) - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ & \lambda - \mu C_T(e_1, Re_{II}) + ExpV_P(e_1, Re_{II}) - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ & \lambda + g - \mu j + (\mu k_1 + h_1)e_1 + (\mu k_{II} + h_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \lambda + g - \mu j + (\mu k_1 + h_1)e_1 + (\mu k_{II} + h_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \geq \bar{\delta} & (IR) \\ (e_{12}^*, Re_{II2}^*) = \arg \max_{e_{12}, Re_{II2}} \left[\lambda + g - \mu j + (\mu k_1 + h_1)e_1 + (\mu k_{II} + h_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \right] & (IC) \end{cases} \quad (7) \end{aligned}$$

式中激励相容约束(IC)的一阶偏导条件为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(e_{12}^*, Re_{II2}^*)}{\partial e_1} &= \mu k_1 + h_1 - e_1^* = 0 \\ \frac{\partial(e_{12}^*, Re_{II2}^*)}{\partial Re_{II}} &= \mu k_{II} + h_{II} - Re_{II}^* = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} e_{12}^* = \mu k_1 + h_1 \\ Re_{II2}^* = \mu k_{II} + h_{II} \end{cases} \quad (8)$$

由 $\max_{\mu} V_G - Sub_{II}$, 式(8)和式(7)中挽救约束(IR)的等式成立条件可得

$$\left. \begin{aligned} e_{12}^* &= \mu k_1 + h_1, Re_{II2}^* = \mu k_{II} + h_{II} \\ \bar{\delta} &= \lambda + g - \mu j + (\mu k_1 + h_1)e_1 + (\mu k_{II} + h_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu^* = \frac{k_1^2 + k_{II}^2}{k_1^2 + k_{II}^2 + r\sigma^2} \quad (9)$$

经求解,转化失败挽救的成本补偿最优策略为 $(e_{12}^*, Re_{II2}^*, \mu_2^*)$ 。

2.3.3 转化失败挽救的利润补偿策略

$$\begin{aligned} CE &= Sub_{II} + ExpV_P(e_1, Re_{II}) - C_{S\&T} - C_T(e_1, Re_{II}) - C(e_1) - C(Re_{II}) - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ & \lambda + \mu [ExpV_P(e_1, Re_{II}) - C_T] - C_{S\&T} - C(e_1) - C(Re_{II}) - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} = \\ & \lambda + \mu(g - j) + \mu(h_1 + k_1)e_1 + \mu(h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_1^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \end{aligned}$$

利润补偿是公共资本依据私人部门在转化失败挽救中的净利润实施补偿。此时,公共资本的补偿函数为 $Sub_{II} = Sub(ExpV_P - C_T) = \lambda - (1 - \mu)(ExpV_P - C_T)$, $\lambda - (ExpV_P - C_T)$ 仍为固定补偿,如果私人部门的净利润较小, $[\lambda - (ExpV_P - C_T)] > 0$, 表示公共资本会给予私人部门较大的固定成本补偿。如果私人部门的净利润较大, $[\lambda - (ExpV_P - C_T)] < 0$, 而表示转化失败挽救利润的溢出效应会增加社会收益,提升公共资本效用。 $\mu(ExpV_P - C_T)$ 表示公共资本为促进私人部门在转化失败阶段的挽救努力而采取的激励措施。针对转化失败挽救的利润补偿不但可以降低私人部门的挽救风险而且可以激发其挽救积极性,还能增加社会收益。由利润补偿时私人部门的收益与成本,结合激励理论,可得确定性等价收入、挽救约束(IR)以及激励相容约束(IC)为

$$\begin{aligned}
& \lambda + \mu(g-j) + \mu(h_I + k_I)e_I + \mu(h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \geq \bar{\delta} \quad (IR) \\
& s. t. \begin{cases} (e_{I2}^*, Re_{II2}^*) = \arg \max_{e_{I2}, Re_{II2}} \left[\lambda + \mu(g-j) + \mu(h_I + k_I)e_I + \mu(h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \right] \end{cases} \quad (IC)
\end{aligned}$$

(10)

式中激励相容约束(IC)的一阶偏导条件为

$$\begin{cases} \frac{\partial(e_I^*, Re_{II}^*)}{\partial e_I} = \mu(h_I + k_I) - e_{I3}^* = 0 \\ \frac{\partial(e_I^*, Re_{II}^*)}{\partial Re_{II}} = \mu(h_{II} + k_{II}) - Re_{II3}^* = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e_{I3}^* = \mu(h_I + k_I) \\ Re_{II3}^* = \mu(h_{II} + k_{II}) \end{cases} \quad (11)$$

由 $\max_{\mu} V_G - \text{Sub}_{II}$, 式(11)和式(10)中挽救约束(IR)的等式成立条件可得

$$\begin{aligned}
& e_{I3}^* = \mu(h_I + k_I), \quad Re_{II3}^* = \mu(h_{II} + k_{II}) \\
& \bar{\delta} = \lambda + \mu(g-j) + \mu(h_I + k_I)e_I + \mu(h_{II} + k_{II})Re_{II} - C_{S\&T} - \frac{e_I^2}{2} - \frac{Re_{II}^2}{2} - \frac{r\mu^2\sigma^2}{2} \Rightarrow \mu^* = \frac{(h_I + k_I)^2 + (h_{II} + k_{II})^2}{(h_I + k_I)^2 + (h_{II} + k_{II})^2 + r\sigma^2}
\end{aligned}$$

(12)

经求解,转化失败挽救的利润补偿最优策略为 $(e_{I3}^*, Re_{II3}^*, \mu_3^*)$ 。

2.3.4 转化失败挽救的3种补偿策略对比

转化失败挽救的3种补偿策略中,私人部门在

两个阶段的最优努力水平和公共资本的最优补偿水平分别为 $(e_{I1}^*, Re_{II1}^*, \mu_1^*)$ 、 $(e_{I2}^*, Re_{II2}^*, \mu_2^*)$ 以及 $(e_{I3}^*, Re_{II3}^*, \mu_3^*)$ 。当私人部门选择了最优努力水平时,公共资本的最优补偿水平对比如下:

$$\begin{aligned}
& \mu_1^* - \mu_2^* = \frac{h_I^2 + h_{II}^2}{h_I^2 + h_{II}^2 + r\sigma^2} - \frac{k_I^2 + k_{II}^2}{k_I^2 + k_{II}^2 + r\sigma^2} = \frac{(h_I^2 - k_I^2 + h_{II}^2 - k_{II}^2)r\sigma^2}{(h_I^2 + h_{II}^2 + r\sigma^2)(k_I^2 + k_{II}^2 + r\sigma^2)} \Rightarrow \mu_1^* > \mu_2^* \\
& h_I > k_I > 0, h_{II} > k_{II} > 0 \\
& \mu_1^* - \mu_3^* = \frac{h_I^2 + h_{II}^2}{h_I^2 + h_{II}^2 + r\sigma^2} - \frac{(h_I + k_I)^2 + (h_{II} + k_{II})^2}{(h_I + k_I)^2 + (h_{II} + k_{II})^2 + r\sigma^2} = \frac{-[k_I(2h_I + k_I) + k_{II}(2h_{II} + k_{II})]r\sigma^2}{[h_I^2 + h_{II}^2 + r\sigma^2][(h_I + k_I)^2 + (h_{II} + k_{II})^2 + r\sigma^2]} \Rightarrow \mu_1^* < \mu_3^* \\
& h_I > k_I > 0, h_{II} > k_{II} > 0
\end{aligned}$$

(13)

由以上推导过程可知,补偿系数最高的是利润补偿,其次是收益补偿,最低的是成本补偿。

私人部门最优努力水平对比:当公共资本补偿水平一定时,通过 e_I^* 和 Re_{II}^* 的表达式可知,私人部门的最优努力行为是公共资本补偿系数 μ 的增函数, μ 越大,努力程度也越高。为了更有效地促进私人部门积极实施挽救活动,公共资本可考虑对转化失败挽救的预期利润实施补偿,相较其他两种补偿策略,利润补偿兼顾了私人部门在挽救中的收益与成本,既考虑了成本问题,也考虑了收益风险,补偿效果将更加显著。

3 结论与展望

针对产业共性技术创新失败项目,考虑采取公共资本补偿策略,引导私人部门积极开展挽救活动。为此,从技术范围层面(产业共性技术范围界定)与潜在价值层面(挽救对象价值甄选),建立挽救对象评估机制,实现补偿的“有的放矢”。并在此基础上,基于创新失败的不同阶段,对比研究了相

应的公共资本补偿策略。研究结论可总结为:首先,挽救对象的筛选可以通过价值评估体系来实现;其次,研发失败挽救补偿只关注产业共性技术创新失败项目的挽救研发成本,忽略了失败项目在后期转化阶段的表现,造成私人部门不得不单独面对研发挽救后的种种风险,无益于打通产业共性技术创新失败项目挽救的“最后一公里”;再次,转化失败挽救补偿则更多考虑了产业共性技术创新失败项目的已有研发成本以满足挽救参与约束。此外,将转化阶段挽救的收益与成本作为补偿标准的设置依据,对于私人部门而言,不仅可以最大化地利用其研发能力与研发意愿,还可以合理转移其转化阶段的相应风险,而对于公共资本而言,既可充分发挥公共资本的引导作用,也能适度分享失败项目挽救所带来的社会效益,从而实现“收益共享、风险共担”。因此,相较于研发失败挽救补偿,转化失败挽救补偿更利于实现挽救目标,提高挽救效率。相较于收益补偿和成本补偿,利润补偿效果更加显

著;最后,创新失败阶段嵌入下的两类补偿策略均说明,一次性补偿存在弊端,容易使私人部门产生“搭便车”心里,造成补偿效率损失。因此,在后续的公共资本补偿机制研究中,应考虑将“一次性补偿机制”调整为“线性分成机制”,根据私人部门的失败挽救绩效,进一步确定相应补偿方式,规避补偿效率损失。此外,针对策略甄选中的理论推导,应考虑放松部分假设限制,并结合一定程度的定性分析,从而强化补偿策略的实践意义。

参考文献

[1] 樊霞,吴进. 基于文本分析的我国共性技术创新政策研究[J]. 科学与科学技术管理,2014,35(8):69-76.

[2] ZHANG F, YE J M, YU X. Gene identification of generic technology in biomedical industry from the perspective of ecology based on deep learning[J]. Ekoloji, 2019, 28: 2495-2502.

[3] 樊霞,黄妍,朱桂龙. 产学研合作对共性技术创新的影响效用研究[J]. 科研管理,2018,39(1):34-44.

[4] KOKSHAGINA O, GILLIER T, COGEZ P, et al. Using innovation contests to promote the development of generic technologies[J]. Technologycal Forecasting and Social Change,2017,114:152-164.

[5] ZHANG F, YE J M, XIE, C Z. Collusion-proof mechanism in compensation for failed generic technological innovation projects:based on information topology[J]. Technical Gazette,2019,26(5):1410-1421.

[6] 让·梯若尔,让-雅克·拉丰. 政府采购与规制中的激励理论[M]. 石磊等译. 上海:上海人民出版社,2014.

[7] 烟村洋太郎. 失败学法则:在失败中挖掘成功的宝藏[M]. 张玲玲译. 中国台北:脸谱出版,2003.

[8] MCGRATH R G. Falling forward: real options reasoning and entrepreneurial failure[J]. Academy of Management Review,1999,24(24):13-30.

[9] ANDERSEN M S, BRAY J W, LINK A N. On the failure of scientific research: an analysis of SBIR projects funded by the US National Institutes of Health[J]. Scientometrics,2017,112(1):431-442.

[10] GUZZINI E, IACOBUCCI D. Project failures and innovation performance in university-firm collaborations[J]. Journal of Technology Transfer,2017,42(4):865-883.

[11] 辜胜阻,庄芹芹. 资本市场功能视角下的企业创新发展研究[J]. 中国软科学,2016(11):4-13.

[12] 李天柱,董晓东. 技术创新失败挽救的理论界定[J]. 自然辩证法通讯,2019(2):69-73.

[13] 张帆,叶建木. 企业技术创新失败项目再创新补偿及风险分担机制探究[J]. 财会月刊,2018(20):24-30.

[14] 孟卫东,王利明,熊维勤. 创业投资引导基金中公共资本对私人资本的补偿机制[J]. 系统工程理论与实践,2010,30(9):1572-1578.

[15] ADEOTI J, ADEOTI A. Biotechnology R&D partnership for industrial innovation in Nigeria[J]. Technocation, 2005,25(3):349-365.

[16] 丁川,陈璐. 考虑风险企业家有公平偏好的风险投资激励机制:基于显性努力和隐性努力的视角[J]. 管理科学学报,2016,19(4):104-117.

[17] 杨玉清,沙思颖,尹浩宇,等. 新疆新农合补偿模式研究及补偿水平预测[J]. 管理评论,2018,30(8):268-275.

[18] 朱铭来,于新亮,王美娇,等. 中国家庭灾难性医疗支出与大病保险补偿模式评价研究[J]. 经济研究,2017,52(9):133-149.

[19] IOSSA E, MARTIMORT D. The simple microeconomics of public-private partnerships[J]. Journal of Public Economic Theory,2015,17(1):4-48.

Post-compensation Strategy for Public Capital in Industrial Generic Technological Innovation Failure

ZHANG Fan¹, LIU Shengxue², DI Peng¹, YE Jianmu³, YU Xiao³

(1. Department of Management Engineering and Equipment Economics, Naval University of Technology, Wuhan 430033, China;

2. Training Center for Integrated Ship Trial, Naval University of Technology, Wuhan 430033, China;

3. School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Due to technical and systemic risks, the industrial generic technological project is in the face of failure dilemma. However, the failed project is not always useless. For failed industrial generic technological projects with a certain value, the compensation after failure tends to be built by public capital to guide the private sector to take rescue measures which can make up for inadequate supply. Based on this, the selection of compensation objects intends to be implemented through the establishment of evaluation system. And then, considering the failure stage of innovation, the post-compensation strategies for public capital are explored and the optimum strategy is selected, which is proposed to offer a theoretical reference for rescuing failed resources and stimulating re-innovation actions.

Keywords: industrial generic technology; rescue of failed projects; public capital; post-compensation strategy