

科研资助的激励机制研究

——分析框架与文献综述

陈志俊 张昕竹*

摘要 科研资助的激励机制这一重要课题一直未能得到经济学家应有的重视。作为一篇综述论文,本文首先深入地分析了科研活动的基本特征及其相应的激励问题。在此基础上,我们介绍了常见的科研资助的激励机制并分析了它们的激励效果。本文重点分析了经典的研发竞赛机制及其改进以及最优的研发竞赛机制设计问题,并指出了研发竞赛机制的不足之处和相应的改进思路。而作为最终的落实,我们在最后提出了相应的政策建议。

关键词 科研资助,激励机制,综述

一、导 言

1714年,英国国会宣布了一个价值2万英镑的奖金,用于奖励第一个发明在海上准确确定经度的方法和仪器的人,其规定的误差不超过0.5度。国会发布这一悬赏的原因是此前发生的一次重大的海难,其中大英帝国的四艘战舰由于海上定位的失误而触礁沉没,导致2000多人丧生。当时已经具备了在海上确定纬度的方法和仪器,但是缺乏确定经度的方法。不久,一个叫约翰·哈里森的钟表匠找到了解决此问题的简单可行的方法。他研制了一个较为精确的便于携带的时钟,时钟记录的是格林尼治标准时间。由于在海上可以根据太阳的位置确定当地时间,则两者的时差就可以被用来推算船只所处的经度。哈里森的方法被确认有效后立即获得了1万英镑的奖金。其后,经过对他所制造的时钟长达11年的反复试验,他最终又获得了8750英镑的奖金。未能得到全部奖金的原因是由于海上湿度和润滑油的影响使得时钟的精度不够稳定。但是,这次在科学发明史上十分著名的政府资助的研究开发项目成为近代科研资助和研发竞赛的一个起点。

在此后的100多年中,公开的研发竞赛成为欧洲各国政府资助或采购新技术和新设备的一个主要方式。1829年,英国政府为了促进蒸汽机车的研发进程,出资500英镑作为奖金,以奖励能够在第一条客运铁路上运行的速度

* 陈志俊,浙江大学经济学院和天则民营经济研究中心,宁波天一产业经济研究所;张昕竹,中国社会科学院规制与竞争研究中心。通讯作者及地址:陈志俊,杭州市浙江大学经济学院,310027;电话:13958169477;E-mail:chenzj1219@vip.sina.com。本论文根据社会科学重点研究课题“科研资助的激励机制研究”研究报告的第二部分修改而成。

最快的蒸汽机车。最后的决赛在英国发明家乔治制造的“火箭号”机车和瑞典发明家爱立克森制造的“新奇号”之间展开。“新奇号”的最高时速一度达到了 51.5 公里，但是在蒸汽机发生故障后被“火箭号”超出而落败，“火箭号”的最高时速达到了 46 公里。这次蒸汽机车的竞赛给公众留下了极其深刻的印象，而英国政府资助方式亦大获成功，不但促进了铁路事业的发展，而且这种研发竞赛的资助方式很快被传播到了大洋彼岸的美国。

在当代，研发竞赛已经成为科研资助的一个十分重要的形式。从美国国防部的国防采购到美国电力部门发起的奖金为 3000 万美元的节能冰箱大赛（1992 年，最终由美国惠而浦公司赢得），各种以研发竞赛的方式资助的科研活动进入到了社会生活的各个方面，更不用说耗资巨大的面向科研机构的研发资助。

而科研资助的主体在当代也呈现了多元化。除了国家继续充当科研资助的重要主体外，许多私人企业，尤其是著名的私人经营的研究所和基金会正在发挥越来越重要的科研资助的主体作用，通过公开竞争的方式，这些主体所资助的对象并不局限于自己所属的研究机构，而是面向社会。

显然，研发竞赛作为一种有效的科研资助机制已被社会广泛承认和接受。但是，研发竞赛会带来社会资源的浪费，因为只有赢家才能得到所有的补偿。当社会中参与某个研发竞赛的参与者越多，这种社会资源的浪费，包括人力资源和资金的沉没也就越多。因而研发竞赛作为一种竞争机制对于资助方是一种有效的机制，但对于整个社会而言却是一种无效的机制。

除研发竞赛机制外，现行的科研资助体制中还存在直接资助和科研合同等多种资助机制，它们各有自己的利弊和适用范围。本论文的主要任务就是要比较分析各种资助体制的内在激励机制及其适用范围，并试图从理论上提出一种具有更广泛的普遍适用性的积极机制。

本论文的后续部分的内容安排如下。在第二部分，我们首先分析了科研活动的基本特征，根据这种特征，我们在第三部分讨论了科研活动的激励问题。在第四部分，针对这些激励问题，我们介绍了常见的科研资助的激励机制并分析了它们的激励效果。在后续的内容中，我们重点介绍了经典的研发竞赛机制及其改进以及最优的研发竞赛机制设计问题。在第五部分，我们指出了研发竞赛机制的不足之处和相应的改进思路。而作为最终的落实，我们在第六部分提出了相应的政策建议。

二、科研活动的基本特征

科研活动是促进社会进步的一种最重要的生产活动，科研成果的水平和质量直接决定了一个国家的发展和命运。这也就是我国政府大力提倡“科教兴国”战略的根本意义所在。要实施这一战略，加大科研资助的投入力度是

一个必要条件。但是没有一个合理的激励机制，政府再多的科研投入也无法产生社会效益。当前我国大量存在的科研成果的低水平重复现象反映了我国科研资助体制存在的不合理机制，因而科研体制改革的重要性日渐突出。

科研体制改革的基本思路是打破旧的以纵向委托关系为主的资助体制，在科研机构内部引入竞争机制，并建立一个完善的外部竞争机制。通过竞争激发研究主体加大投入的积极性，从而提高研发活动的效率，最终提高科研成果的质量，这是新的科研资助体制的基本特征和功能。

本论文的主要目的是研究科研资助的激励机制，作为研究的起点，我们必须首先分析科研活动的基本特征。

我们把科研活动定义为一种知识和技术的创新过程，这种活动的直接目的是知识和技术的创新。该定义将科研活动区别于其他类型的与科研相关的活动，如知识或技术的传播和转化过程，尽管在后者的过程中也会伴随着知识或技术的创新。换言之，我们所分析的科研活动是一种有着明确目的的创新过程，并且需要创新主体有意识地投入人力资本和其他的物质资本。因而从经济学的角度，我们可以把科研活动作为一种广义的生产过程。

科研活动区别于普通的生产活动的几个本质特征在于：第一，科研产品或成果具有首创性。任何一个科研成果只有抢占先机，首次发表或推出才能被社会承认，其价值才有可能实现，作为后来者，不管它的成果是自己独立研究的还是借鉴他人的成果，从原则上说其价值都为零。

第二，科研产品或成果作为知识或技术的创新在本质上是一种公共物品。知识和技术作为一种公共物品具有很强的溢出效应，即正的外部性。这种极强的正的外部性使得科研成果的社会价值很难被准确地估计出来，也无法通过市场机制来确定。虽然现行的保护知识产权的法律和制度，如专利保护制度，可以通过法律的方式使得技术创新的所有者成为独占者，从而使其将创新的外部收益内生化的，但是这种垄断体制对于知识的传播是事后无效率的。此外，基础知识的创新以及大部分应用知识和技术的创新由于其应用边界和价值特性无法准确描述（Undescribability）而不能申请专利保护。

第三，科研活动作为一种创新过程，其成果的出现具有很强的不确定性。创新是对未来的一种预期，它的结果既取决于个人的研究能力或禀赋，也取决于投入的人力资本的多少，同时很大程度上还取决于运气，这就决定了为了取得一项创新的成果有可能耗费研究者巨大的人力物力，不断地经历失败，甚至毕其一生精力都无法成功。这种较强的不确定性尤其反映在基础知识的研究领域，如著名的费马大定理的证明历时 300 余年，而哥德巴赫猜想至今都没有得到最终的证明。

第四，科研成果具有不可描述性（Undescribability）或不可验证性（Non-verifiability）。大部分的基础知识的创新和技术创新，其特征和价值是无法用现有的法律规定的条文来描述，也无法找到现成的技术标准进行评价，因

而无法由公众或权威的仲裁机构来认定。当然,这并不意味着科研创新的成果是不可认知的,一般地,在学术活动高度社会化的今天,在每一个科研领域都有一个较为权威的学术共同体来认定创新的价值,但是这种认定只是该学术共同体内部的一个共识(common knowledge),无法为学术圈之外的任何第三方所认同。

第五,研究主体的投入和行动具有不可观察性(Nonobservability)。科研活动主要是一种脑力劳动,投入的主要是人力资本,思考的过程是不可观察的,而投入的知识和人力资本也同样是不可观察的。这使得研发过程不能像企业的生产过程那样进行有效的监督和管理,因而会导致行为主体的道德风险。

综上所述,我们将科研活动的上述五个本质特征归纳如下:1. 成果的首创性,2. 成果的非排他性,3. 产出的不确定性,4. 成果的不可验证性,5. 行为的不可观察性。

科研活动的上述五个本质特征决定了它是人类社会最为复杂的生产活动,这种复杂性不仅表现在它的价值的认定上,而且更为重要地,表现在监督和激励机制的设计上。由此引出了科研活动的激励机制设计问题。

三、科研活动的激励问题

为了分析问题的方便,我们假设所有的科研创新活动都具有一定的社会价值,因而激励创新活动是有意义的。虽然由于存在非排他的溢出效应,我们对大多数科研创新的社会价值很难准确评估,但是它的社会价值无疑是客观存在的。大多数创新的社会价值在未来才会得到相对明晰的体现,因而我们不妨把它作为一种期权,即研发的资助者或投资者期待研发的成果在未来得到更高的价值。另一方面,由于存在一个学术共同体作为一个权威的认证机构,我们不妨假设科研创新的成果,一旦实现,其创新性或价值可以由学术共同体认定,但是这种认定在本质上仍然是不可验证的。

对于上述假设当然会有不同意见。许多学者会认为即使学术共同体也很难对某一项学术或研究成果的价值进行准确地认定,如费马大定理的证明,究竟会给社会带来多大的效益和价值,谁也无法估量。对于这一类创新,我们至少可以假设学术共同体可以认定其成果的实现和意义,即模糊的社会价值,或者认为它的价值趋向无穷大。不失一般性地,我们假设某一项科研成果的价值为一个确定的值。

在前面关于科研活动的定义中我们已经提到,科研活动是一种有目的的创新过程。我们也可以将这种目的性理解为科研主体对所要研究的对象有一个较为清晰地认识,包括一旦成功带来的社会价值。但是科研活动产出的不确定性决定了科研主体投入的风险性。

我们可以将科研产出的不确定性描述为一个概率性事件，其中研发成功的概率和潜在的价值取决于以下几个因素：

第一，研究主体的研究能力。研究主体的研究能力主要取决于两个因素：

1. 个人的潜质或禀赋；2. 主体的人力资本投资。研究工作是一种创新活动，不可否认地，个人的创造性潜质对于创新的成功和创新的价值具有很大的作用。爱因斯坦曾言，创新或一个新思想的诞生的最关键的一步往往就是靠一种直觉，而这种直觉或用抽象的思维认识事物本质的能力实际上就反映了个人的创造性潜能。很遗憾，对于人的创造性潜能的本质的认识已经超出了经济学的研究范围。尽管经济学家无法深入地认识这种潜能，但是毋庸置疑地，这种潜能确实是影响创新成果的一个重要因素。就个体水平而言，研究者的创新潜能具有很大的差异，换言之，研究者群体中存在着天才，也同样存在着庸才。在具体的经济学的分析中，我们可以假设在研究者群体中，个人的潜能存在着一个分布。对于个体而言，我们可以假设研究主体本人确切地知道自身的潜能，但由于关于个体创新潜能的信息是一个“软信息”（soft information），因而在本质上它是个体的私人信息。进一步地，我们可以假设个体潜能的分布是一个社会的共识。

另一个决定研究主体的研究能力的因素是研究者的人力资本投资。人类社会的知识具有继承性，任何一项研究都是建立在前人乃至整个社会的知识水平的基础上。为此，任何一个研究者在开始一项科学研究之前必须首先刻苦学习人类知识的精华，掌握一定的基础知识和基本技能。这种学习过程实际上就是一种智力投资，前期投入的多少决定了研究者的研究基础是否扎实，即我们通常所说的“基本功”。以经济学的研究为例，要成为一个好的学者必须要经历严格而艰苦的经院式的基本功训练，包括数学知识和技能的训练，如数学分析，实变函数，泛函分析，拓扑学，代数学，概率论，微分方程等等课程的系统学习。此外，作为经济系的研究生还必须系统地学习高级微观经济学，高级宏观经济学，高级金融理论和高级计量经济学等必修课程。当然，对于同样的学校里同样的课程学习，个体投入的多少直接决定了它掌握的基础知识的质和量。

必须指出的是，对于一个研究主体而言，这种智力投资对于自身未来的价值具有两种截然不同的效应。首先，这种智力投资越高他的研究能力越强，这使得研究者在将来获得新成果的概率和价值就越高，因而他在学术市场的价值就越高，但是这种研究能力或研究价值的增加在边际上是递减的。即在边际上，智力投资越高，研究能力的增加就越少。其次，这种智力投资在很大程度上是一种专项投资或者是一种沉没成本，因为越艰深的知识，它的应用范围就相对越狭窄，这使得这种知识一旦跨出本领域就会变得毫无价值。投资越多就意味着沉没越多，因而使得投资主体在非学术的劳动力市场上价值越低。例如，一个数学博士要成为一个数学家就必须在博士学习阶段拼命

地学习, 尽最大可能投入所有的人力资本。但是一旦毕业后找不到研究工作, 那么他的智力投资就会全部变成沉没成本, 并且由于在博士阶段没有经过其他的职业训练, 他也就无法在劳动力市场找到一份合适的工作。智力投资的专项性特征在科研活动的激励机制设计中起着极其重要的作用。我们将会在后文的分析中看到这一点。

第二, 研究主体在具体研究活动中的投入, 这主要是一种事后的人力资本投资。有必要将研究活动中的人力资本的投入和研究能力积累过程中的智力投资加以区分, 尽管这两种投入在本质上并没有区别, 但是在目的上是不同的, 后者的目的是为了科研项目本身的投入。这种区分在很大程度上是为了我们分析激励机制的方便。此外, 研究过程中的投入除了人力资本以外, 还有物质资本, 如仪器设备的购置等。由于物质资本的投入是可观察的和验证的, 因而在激励机制设计中不会成为一个主要的问题。所以我们还是将分析的重点集中在不可观察的人力资本的投入上。

第三, 研究项目的难度。研究开发一个人类登上火星的可行的航天设备显然要比研究开发一个节能冰箱的难度大得多。具体地, 一个研究计划的难度不仅反映在它的投入上, 而且反映在它的成功的概率和开发的风险上。研制登上火星的航天器不但在目前成功的概率很低, 而且一旦开发失败, 所有的投资, 包括人力和物力都将付诸东流, 因而风险很大。在基础研究领域, 一个数学家投身于哥德巴赫猜想的证明这个难度极大的研究工作, 很可能倾其一生的精力而一无所获。但是一般地, 一个科研项目的难度越大, 则一旦成功, 它所获得社会价值也就越大。不失一般性地, 我们可以用研究成果的价值的方差大小来表征研究项目的难度, 方差越大, 表明项目的风险越大, 相应地, 研究者认为项目的难度也就越大。

上述三个主要因素决定了一个研究活动的成功概率和它的价值。显然, 从社会最优的角度出发, 我们应当尽可能地提高研究活动的成功概率和成果的价值, 但这显然依赖于一个正确的激励机制。从激励机制设计的观点来看, 影响科研活动成功概率的第三个因素, 即研究项目的难度是一个相对客观的因素。一旦一个研究项目选定, 则它的难度也就选定, 此时与激励机制的选择或设计就没有关系。当然, 从一个更广的层面上讲, 激励机制最终会影响研究者的不同难度项目的选择, 假设研究主体是风险回避的, 或者受到有限责任的保护, 则只有当给予研究主体足够的激励以补偿他的风险溢金时, 研究者才会选择高难度高风险的研究项目。

在下面的分析框架中, 我们将分两个不同的层面来考虑科研活动的激励问题。首先, 我们考察给定研究项目的激励问题, 主要考虑不可观察的人力资本投资的激励问题。然后, 我们将在一个更为一般的分析框架中考虑科研项目的选择的激励问题。注意到, 在第二个分析框架中, 由于存在多种不同性质的激励问题, 因而它的分析将会变得十分复杂。

在下面的分析中，我们将应用激励理论的基本分析框架来考察科研活动的基本激励问题¹，通过比较分析现行的不同的激励机制的激励特性和缺陷，得到一个能够普遍适用的科研活动的激励机制。为分析的方便起见，我们首先引入一个标准的委托—代理框架。假设一个委托人（政府或社团等资助方）希望雇用代理人（研究者）研究开发一个具有很高社会价值的科研项目，项目的成功概率和实现的价值取决于上面分析的两个主要因素。

我们先考察影响研究成果的成功概率和价值的第一个因素，研究主体的科研能力。从上述分析中我们可知，决定个体研究能力的第一要素是个人的研究潜能，而这是一个研究者的私人信息，于是在这里就会出现不对称信息带来的逆向选择问题。从标准的激励理论的基本结论知，当研究者的能力的分布满足单调似然率性质时，委托人能够设计一个激励相容的契约使代理人能够真实地揭示自己的私人信息，从而解决逆向选择问题。

另一方面，我们可以应用 Spence (1974) 提出的“信号机制”来甄别研究者的能力类型。具体地，如果委托人能够找到一个可以充分反映研究能力的信号，如科研论文的质量，则可以将此信号作为一个可以验证的契约变量以甄别代理人的类型。

在现行科研资助机制中，一般地委托人都会将学术论文的质量作为考核个人研究能力，尤其是创新能力的一个充分统计量。众所周知地，要完成一篇高质量的创新论文，必须要求研究者具备较深厚的知识功底，即较高的智力投资和较强的创新能力，这两个因素是完成高质量论文的必要条件，因而可以作为一个充分统计量。假设学术市场是充分竞争的且完备的，则对于学术论文质量的评价体系也是完备的。如美国的经济学研究的学术市场，由于采用匿名审稿制以及注重学术期刊的独立性，美国经济学界已经形成了一个比较完备的具有很强的公正性和透明性的学术论文评价体系。一般地，发表在诸如 *American Economic Review*, *Econometrica*, *Journal of Political Economy*, *Quarterly Journal of Economics*, *Review of Economics Studies* 等顶级杂志上的论文都会被认为是高水平的论文。因而在这种情形下，我们可以将学术论文的质量，即所发表的期刊的等级作为衡量个人研究能力的一个很好的信号。

影响研究成果的第二个重要因素是研究者在研发过程中的投入，尤其是人力资本的投入。由于人力资本的投入是不可观察的，因而研究主体存在道德风险。与前面提到的前期智力投资不同的是，这里的人力资本投资是一种事后的投资，因而是事后的道德风险。这种事后的道德风险会导致效率的损失，而激励理论中标准的道德风险的分析框架可以帮助我们解决这一问题。

假设委托人通过事前的信号甄别机制选定了一个高能力的代理人，并委

¹ 不熟悉这一领域的读者可以参阅 Laffont and Martimort (2002)。

托他进行研究开发。如果研究的成果的质量是可以验证的,则一个完备的契约就可以解决道德风险问题。契约中规定根据研发成果的质量进行支付,只要支付足够高,使得代理人的激励相容约束和参与约束满足,则这样的契约就是激励可行的,因而就可以激发代理人努力投入。在这个激励契约中,如果代理人是风险中性的,则社会最优的研发投资是可以实现的²,这相当于委托人将所有的风险都让代理人承担。如果代理人是风险回避的,或者是受到有限责任的约束,则代理人不愿承担所有的风险,于是在激励契约中就会出现有效的激励和给予代理人适当的保险的权衡,最优的契约是委托人和代理人双方共同分担风险,其实现的结果是社会次优的。

但是,在现实中,大部分研究开发的成果是无法验证的。这里所说的不可验证性不是指研究的成果无法认定或鉴定,而是指鉴定的结果无法作为一个完全的契约变量,因为它无法作为法庭等权威的仲裁机构裁定的依据。一个学术共同体可以对研发的结果进行鉴定,但鉴定的结果一般都是定性的语言或专业术语,公众或法院无法据此进行裁定。即使专家们一致认可该科研成果的学术价值,但也无法确定它的社会价值或市场价值。于是,如果委托人和代理人试图以研发的成果作为契约变量,这只能是一个不完全契约。假如在契约中写入这样的条款:“如果代理人研究的成果具有国际领先水平,则委托人支付10万元;如果具有国内领先水平,则支付1万元。”则这样的契约就是不完全的。因为国际领先水平和国内领先水平是无法由法庭裁定的标准,即使法庭可以委托一个学术共同体进行鉴定,这个鉴定的结果也是主观的结论。

不完全契约会带来事后的争议和重新谈判,预期到这一点,代理人在科研活动中的投入就会减少,甚至完全偷懒。这就是不完全契约所带来的投资不足的道德风险问题。从理论上说,不完全契约导致帕累托无效的投资,最终形同于无契约的情形³。

如何解决不完全契约所带来的道德风险问题是我们设计科研体制的激励机制的关键问题。而解决问题的关键在于引入竞争机制。

四、科研资助的激励机制

(一) 科研资助机制的分类

现行的科研资助体制大致可以分为委托制和招标制。所谓委托制就是资助方与研发方签订一个研发合同,委托研发主体独立或与他人合作研究或开发某个项目。这种研发合同一般都有规定的研发期限和相应的转移支付。根

² 见 Laffont and Martimort (2002)。

³ 见 Hart and Moore (1999), Maskin and Tirole (1999)以及 Tirole (1999)。

据委托人与代理人的关系的不同，我们可以将委托制分为纵向委托机制和横向委托机制。纵向委托机制主要出现在具有隶属关系的委托—代理方之间。无论在国内还是国外，许多大的企业和机构都有自己直属的研究所，因而大部分的研究项目都会委托给下属研究机构进行。如国防部有许多下属的装备研究所，当国防部希望研制新一代的战斗机时，就会委托给相应的研究所进行开发研制。这种委托—代理关系有时候体现在代理方主动提出一个研究计划或申报一个研究课题，经委托人审批后立项并签订研发合同。另一种委托代理关系表现为横向的委托机制，发生在不具有直属关系的委托人和代理人之间。委托人通过某种渠道找到一个相应的研究机构并与之签订研发合同。

委托制的激励问题可以在激励理论的标准的委托—代理框架中进行分析 and 解决。如果代理人研发的成果是可以验证的，如许多的工程技术创新成果，具有相对成熟的评价体系和市场化的评价指标，它的质量和价值是可以由一个公认的权威机构验证，则委托人和代理人之间在理论上就可以签订一个完全契约以解决代理人投资不足的道德风险问题。

但是当研发的成果难以验证时，上述委托—代理契约就是不完全的，于是就会出现前面所分析的投资不足问题。而从本质上说，研发的成果是很难验证的，这一点在上面已经作了深入地阐述，因而从理论上说，单独的委托机制是帕累托无效的。

解决上述难题的方式有两种。其一是利用长期的委托—代理关系。从对策论的基本原理出发，我们知道重复的或长期的契约关系可以保证合作的有效性，因为在长期的契约关系中，任何一方违约都可能导致契约关系的破裂，从而对违约方造成很大的损失。因而在长期合作关系中，以终止契约作为对违约方的惩罚是可信的，所以能够以此维持长期的合作关系。进一步地，即使双方没有显性的契约，对于未来的预期作为一种隐性的契约已具备了足够的约束力。在激励理论中，也将上述契约称为“关系契约”。

在纵向委托机制中，长期的委托代理关系是解决不完全契约困境的主要方式，因为这种隶属关系是一种长期的制度性的关系。具体地，比如对于国防部的装备研究所，作为国防部的下属单位，由于长期为国防部从事装备研制工作，彼此之间建立起一种信任关系，因而即使是使用固定支付的弱激励机制，即研发人员给予固定的工资制，只要国防部具有解聘研究人员的权力，终止契约的威胁是可信的，当国防部开出的工资水平足够高时，研发人员就会有足够的投资努力。

对于横向委托关系，虽然不具备长期的显性契约，但是“声誉机制”作为主要的约束机制可以解决道德风险问题。由经济学的基本原理，声誉机制本质上可以在重复或长期契约的理论框架内加以解释，因而它的激励原理同上面所阐述的机制是一样的。对于面向市场的研发机构，由于它们主要获得资助的方式是横向的委托关系，因而更注重声誉。如著名的“兰德公司”作

为美国著名的政策咨询机构经常受政府的委托研究国际关系和政府的对策,虽然它的研究报告的结论是否正确在当时难以验证,但是由于它的声誉使得美国政府充分地相信它的权威性,因为这种权威性来自于公司的研究能力和较高人力资本的投入。而对于兰德公司而言,为了维护公司的声誉不得不重金聘请资深研究员,并投入大量的人力物力搜集情报资料以供分析所需。一旦某个研究报告的结果在将来被证明错误的,兰德公司就会彻底失去信誉,从而无法在市场上继续生存。

尽管有长期的契约关系作为约束机制,委托机制仍然会导致低效率的研发投入。首先对于纵向的委托机制,由于政府或部委所属的研究机构,包括大专院校的研究人员的聘任很大程度上采用终身制,这种极端的弱激励使得委托人无法以终止长期的合作关系进行惩罚,缺乏有效的约束机制使得这种长期的契约关系是无效率的,因而无法防范道德风险。这种矛盾突出地表现在我国目前的科研体制中,尤其是许多部委所属的研究机构以专业化为理由垄断了该领域的研发市场,使得长期的委托—代理关系的约束机制名存实亡,最终导致低水平的重复。

对于横向委托关系,由于在许多研发领域的竞争并不激烈,研发项目供大于求的状况使得声誉机制很难真正地起作用。因而委托人往往对于代理人的声誉缺乏信心,这使得这种委托—代理关系很难有效的维持。例如在几年前的企业管理咨询市场上,由于管理咨询公司相对较少,使得一些依托某某高校的管理咨询公司很容易地得到企业的咨询业务,然而所谓的咨询研究报告大多是低水平的研究成果,有的公司甚至雇用在读的研究生抄袭国外的教科书以应付客户,该行业充满了道德风险,导致现在的咨询公司声誉大跌,最终影响一个行业的发展。

上述分析表明,研发成果的不可验证性导致的道德风险很难在委托—代理的框架内解决,这也是我国科研体制改革所面临的一个根本性的难题。同其他行业的改革一样,解决上述难题的根本出路在于引入竞争机制。这就是我们将要介绍的第二种科研资助机制。

第二种常见的科研资助机制是招标制,其主要形式是锦标赛机制或竞标机制,如本文第一部分所介绍的两个经典案例。在下面的分析中我们将会看到,锦标赛机制通过引入代理人之间的竞争能够有效地解决研究成果的不可验证性带来的道德风险。当研发主体的研发能力是私人信息时,通过锦标赛机制中引入拍卖或竞标机制作为参与者的甄别机制,可以有效地驱逐低能力的研发主体,从而改进研发效率。

在发达国家,尤其是美国,研发项目招标机制的应用十分广泛,尤其是对于私人资助的研发项目,更是要求经过十分严格的招标程序。下面的理论分析表明,招标机制是一种十分有效的防范道德风险的激励机制。鉴于前面的分析,本文的重点集中在竞争性的科研资助机制的分析。

（二）锦标赛机制简介

在激励理论中，用于消除代理人道德风险的激励机制主要是锦标赛机制（tournament）。在科研活动中，我们不妨把它称为研发竞赛（research contest）。

为什么锦标赛机制能够有效地解决结果的不可验证性带来的道德风险问题？注意，在不完全契约下，当一项成果产生后，由于其质量是不可验证的，委托人和代理人就会对此产生争议。即使双方都正确地认识到了它的质量和价值，但是代理人作为卖方总是会有积极性高估成果的质量，以此换取更多的补偿和支付。而委托人作为买方则会有积极性低估成果的质量，以此减少支付。双方的利益冲突无法在契约的框架内加以解决，因为不完全契约是无法执行的或执行的成本太高。当然，双方会最终通过谈判的形式解决分歧。假如双方的谈判地位是平等的，谈判的结果是双方分享谈判所带来的利益。这意味着投资方即代理人在边际上只能获得一半的投资收益，另一半则被委托人占有，预期到这一点，代理人在事前的投资积极性就会降低，导致投资（主要是人力资本的投入）不足，最终带来社会效率的损失。

为了消除委托人事后违约的风险，委托人可以承诺一个固定的支付水平，与成果的质量无关，但是此时代理人就不会有任何积极性进行人力资本投资。为了克服这一点，委托人可以引入另一个代理人进行竞争。虽然科研成果的质量是不可验证的，但它是可观察的。事实上，一旦两个代理人的成果在规定的时间内出来，首先我们假设两个代理人都清晰地获知了自己和对方成果的质量，亦即，两个成果的质量是它们之间的共识。当然，如果委托人让两个代理人分别报告自己和对方成果的质量，则每个代理人都会有积极性高估自己成果的质量同时压低对方成果的质量。所以委托人必须自己衡量两个成果的质量，如果委托人不是这方面的专家，它可以聘请专家对此进行评价。因而在事后，成果的质量是委托人和两个代理人三方的共识。

给定成果的质量是三方共识这一假设，质量的不可验证性问题就可以迎刃而解。当委托人获知了两个成果的相对质量信息后，他就可以选择高质量的成果并给予事先规定的支付。（如果两个成果的质量不相上下，委托人可以通过抛硬币来决定两者的取舍。）为了避免落选的代理人对此提出异议，在事前制定的契约中可以加入以下的条款：本研发竞赛的最终解释权归委托人所有，代理人不得对此提出异议。注意到，在这个锦标赛中，委托人没有故意压低成果质量的积极性，因为最终的支付与质量无关，是一个固定的支付。同时委托人也不会有故意选拔低质量成果的积极性，因为这样做只会造成他效用的损失。

总之，在事前，委托人可以和参加锦标赛的代理人签订如下的契约：代理人自愿参加科研竞赛，在规定的时间内必须完成科研任务。由委托人根据

成果的质量选出其中的一项作为胜方,并支付总金额为某某的补偿金。本竞赛的最终解释权归委托人所有,代理人不得对此提出异议。注意,上述契约是一个完全契约,因为法庭在执行时只需验证补偿金是否落实这一事实即可。

因而,上述契约中规定的一个固定的支付解决了委托人违约的道德风险,使得委托人的事后承诺变得可信,而引入代理人之间的竞争又可以有效地消除代理人的道德风险,所以上述锦标赛机制是一个解决成果的不可验证性导致的道德风险的有效激励机制。关于锦标赛的进一步研究请参阅 Lazear and Rosen (1981), Nalebuff and Stiglitz (1983) 以及 Green and Stokey (1983) 等。

(三) 经典的研发竞赛机制

在现有的关于研发竞赛的研究论文中, Taylor (1995) 是第一篇提出完整分析框架的论文。Taylor (1995) 第一次提出了研发竞赛作为一种激励机制能够解决研发成果的不可验证性带来的契约的不完全性。我们在此对他的分析框架做一个简要的阐述。

Taylor (1995) 模型主要分析的是科研活动的事后激励问题,即由于科研过程中的投入是不可观察的,并且事后的成果是不可验证的。为了避免事前投资的激励问题,即用于提高研究主体科研能力的智力投资不足,我们假设委托人经过资质考核最终邀请了 M 个研发能力相同的科研主体参与一个科研项目的研发过程。虽然个人的研发能力有很大的差异,但是当我们把科研主体视为一个具有多个研究者的科研单位而不是单个研究者,则研究所的综合研究能力就可以作为一种资质,在一个充分竞争的科研市场中,总会存在若干个实力相当的科研实体。当这 M 个研究主体一旦选定,委托人就会与他们签订研发协议。协议形式如上所述,规定研发的期限为 T 年,总资助额为 P 。为了保证这 M 个研究主体资质的真实性,规定每个参与竞赛的研究机构必须一次性交纳总额为 E 的保证金。假设每一年的研发投入(包括人力资本和物资资本)为 C ,则研究主体在研发竞赛结束时的总投入为 $TC + E$ 。

Taylor (1995) 用经典的搜索模型(search model)分析了代理人的最优决策问题。假设研究成果的质量或价值为 x ,其累积分布函数 $F(x)$ 是一个共识。在研发过程的每一个阶段,代理人都面临着一个基本的权衡,如果继续投入资本,则出现高质量成果的概率就会增加,但是最终能否获胜还取决于所有竞争对手的投入资本,即对手的策略。而如果终止投入,这可以节省后续的投资,但获胜的概率就会大大减少,给定竞争对手仍在继续投入的话。在均衡点,每个代理人可以计算出一个最优的“终止策略”,即当研发成果的质量一旦达到某个临界值 \bar{z} 时,代理人决定终止投入。在这个临界点,代理人的期望收益正好等于所投入的成本。由于假设每一个研究主体都是相同的,则每一个代理人的均衡策略也是相同的。

研发机制的具体时序如下:

1. 委托人宣布一个研发项目，规定研发的期限，最终的支付以及研发竞赛的规则；

2. N 个符合资格的科研实体参与研发，委托人与其签订研发合同。每个参与者在每一期都按照最优的 ξ -终止策略决定是否继续追加投资；

3. 研发活动到期，每个参与者的成果实现并提交给委托人；

4. 委托人确定最终的胜方，并按照其标价进行转移支付。

通过对均衡策略的分析，我们可以得到以下重要结论：

命题 1 Taylor (1995)：假设委托人采用“免费参赛”的策略。则当在一个充分竞争的研发市场中符合资格的研究主体的数量 M 增加时，代理人继续投资的激励就会减弱。进一步地，当 M 超过某个临界值 $N^* = P/C$ 时，代理人不会有任何投资的激励，最终导致帕累托无效的结果。

命题 1 的经济学含义十分清晰。由于每个代理人的均衡策略是相同的，因而每个代理人获胜的概率也是相同的。给定 M 个参与者，每个代理人获胜的概率为 $1/M$ ，因而期望收益为 P/M 。当 $P/M \leq C$ 时，期望收益小于投入的成本，故代理人不再有投入的积极性。每一个新的代理人的进入会给其他代理人带来负的外部效应，使得其他代理人投资的积极性减少。过度的竞争反而导致帕累托无效的结果。

为了避免过度竞争带来的无效率结果，委托人可以通过提高进入的“门槛”，即保证金 E 来限制参与的代理人数量。提高保证金使得代理人的沉没成本增加，因而参与的个数减少。而另一方面，由于参与者个数的减少使得每一个参与的代理人的期望收益增加。而对于委托人来说，他从收取保证金中所得到的收入为 ME ，增加保证金具有三种不同的效应：其一，直接增加他的收益，其二，由于参与者个数的减少而间接减少了他的收益，其三，代理人投资的积极性增加使得他最终从科研成果中获得的收益增加。这三种效应的综合权衡决定了最优的保证金 E^* 。

命题 2 Taylor (1995)：存在一个最优的保证金和资助额 (P^* , E^*) 最大化委托人的期望收益。此外，最优的参赛的研究主体的个数 M^* 也是可以内生决定的。给定 $T > 1$ ，最终的科研成果的价值是一个社会次优的结果，社会最优的结果是无法达到的。

在 Taylor (1995) 的模型中，委托人的最优激励机制设计问题转换成了一个两阶段的完全信息的对策，在第一阶段，委托人选择一个完全的契约，规定了保证金和资助额的组合，给定这一完全契约，代理人选择是否参与以及投资策略。预期到代理人的最优的参与和投资策略，委托人在事前可以设计一个最优的契约。由于代理人在每一期的投资决策都是基于不完全信息下的非合作对策的一个均衡策略，因而社会最优的结果是无法实现的。

Taylor (1995) 是第一篇建立科研资助的竞争机制分析框架的论文。他的模型虽然简单, 并且由于假设参与者在事前是相同的而与诸多现实情形不相符, 但它的模型具有极其简明清晰的经济学含义, 并且令人惊异地得到了实证数据的很好的支持。Fullerton *et al.* (1999) 用实验经济学的方法对 Taylor (1995) 的模型进行了验证, 实验结果与模型的结论十分吻合。这进一步提高了 Taylor (1995) 模型的理论和应用价值。

(四) 改进的复合激励机制

在 Taylor (1995) 的模型中, 主要关注的是由于成果的不可验证性而带来的代理人事后投资的激励问题, 而避开了事前的不对称信息问题。假设所有的参与者是相同的, 则对于委托人而言不存在关于代理人研究能力的不对称信息。但是这一假设显然具有很强的限制性, 在现实中, 即使是对于研究机构而言, 它所具备的声誉和资质也很难准确地反映他的研究能力或科研效率。因而在本质上, 委托人无法获知关于代理人科研能力或效率的准确信息, 所以不对称信息总是存在的。事实上, 研究主体的事前研究能力和事后的投入共同决定了研究成果的质量和价值, 就如我们前面所分析的。但是, 从激励理论的基本原理我们知道, 任何一个单独的锦标赛机制只能解决事后投资不足的道德风险问题, 而无法同时解决事前不对称信息带来的逆向选择问题。而解决逆向选择问题的一个最有效的也是最常用的机制是拍卖或竞标机制。因而我们可以考虑能否将拍卖机制和锦标赛机制结合在一起形成一个复合机制以期同时解决逆向选择和道德风险问题。

Fullerton and McAfee (1999) 正是沿着这一思路建立了一个更为一般的分析框架, 结合了竞标机制和锦标赛机制。

从前面的分析中我们知道, 当参与锦标赛的研究主体的个数增加时, 研究者投资的激励就会降低。而当研究者的研究能力或效率是私人信息时, 情况可能变得更糟。当参与者的数量增加时, 由于研究者的期望收益减少, 高效率的研究者就有可能选择退出竞赛, 因为它在研发市场的保留效用较高, 因而参与成本也较高。当研究者所能获得的期望收益低于它的保留效用时, 高效率的参与者就会退出锦标赛, 于是就出现了“劣币驱逐良币”的效应。

因而当委托人面临不同研究能力的参与者时, 一个首要的任务就是甄别参与者的类型, 以保证驱逐低能力或低效率的研究主体。但是对委托人而言, 这个信息的甄别并不是一个容易完成的任务。在众多的科研资助或研发采购中, 一般地, 委托人都会聘请专家对研究者的资质和提交的可行性报告进行鉴定审核, 这需要投入大量的人力物力, 因而增加了研发的成本。当然, 委托人也可以通过诸如专家推荐和资格审查等信号甄别机制以减少审核成本, 这种甄别方式在科研体制的资助中较为多见。但是, 正如我们前面所分析的, 资质信号只能是研究能力的一个不完全的反映, 因而这种甄别方式并不具有

普遍适用性。

另一个常用的方式是让所有的参与者先经过一个选拔赛，然后确定参赛者的资格。如运动员只有通过预选赛才能进入决赛。但是这种选拔赛的方式对于诸如研发竞赛之类的锦标赛并不普遍适用，因为很难选择一个合适的选拔项目。显然委托人不能把科研项目本身拿来选拔赛，而一个与本项目相关性较小或难度较小的子课题都不足以选拔合适的参与者，另一方面，组织一个选拔赛带来的成本并不比直接聘请专家进行资格审核来得少。因而在研发竞赛中，我们很少看到选拔赛之类的甄别机制。

然而，我们是否能够采用 Taylor (1995) 的机制，通过收取保证金等准入费的方式来驱逐一部分低效率的研究主体？答案是否定的。由于参与者的效率或能力是私人信息，并且参与者的参与成本随着参与者效率的增加而增加，因而在理论上很难确定一个最优的准入费。

既然上述现行的机制都无法有效地解决参与者的甄别问题，我们必须另辟蹊径。事实上，从激励理论的基本原理我们很容易地想到了拍卖或竞标机制这一解决逆向选择问题的最有效的激励机制。

为了能够更清晰地阐述 Fullerton and McAfee (1999) 的基本思想，我们首先简要地描述该模型的基本框架。假设委托人提供了一个总额为 P 的科研资助项目，而在竞争性的研发市场中，有 N 个具有研发资质的科研机构希望申请参与研发锦标赛。每一个主体 i 的研发能力或效率可以用其边际的研发成本（即人力资本的投资成本） c_i 来表征，它是一个私人信息，而它的分布 $H(c_i)$ 则是一个共识。一旦进入研发竞赛，第 i 个主体选择投资水平为 e_i ，带来的总成本为 $r + c_i e_i$ 。研究者的努力和投资会导致研发的成果为 $x \in [0, \bar{x}]$ ，其分布函数为 $F(x | e_i)$ ，每个研究主体的研究成果为独立同分布。为分析的方便起见，不妨设 $F(x | e_i) = F^{e_i}(x)$ 。给定上述假设，如果最终由 J 个科研单位参与锦标赛，容易得到则第 i 个研究主体的期望利润，通过对利润函数的分析，我们可以得到，在该锦标赛模型中存在为一个子对策完备均衡，即具有最低边际成本的研究者 i 选择最优投资（努力）水平 e_i^* 。该努力水平是资助额 P 的增函数，即当委托人给出的资助额 P 越高，则均衡的投资水平就越高。这正是我们所希望看到的激励效应。另一方面，参与者的个数 m 对于均衡的投资水平和利润的影响则是不确定的。

事实上，经过进一步的分析和计算，我们可以得到如下的结论：

命题 3 Fullerton and McAfee (1999)：在这个锦标赛模型中，存在惟一的均衡的参与者个数 m ，代表 m 个最有效率的研究主体。而给定均衡的总投资水平，最优的参与者的个数为 $m = 2$ 。

这个重要的结论与我们的经验观察相符合。事实上，委托人可以通过向参与者征收一定的准入费用以达到限制参与者个数的目的，而由命题 3 我们

知道不管参与者的个数 m 如何, 最终参与竞争的一定是最有效率的 m 个研究者。因而, 如果委托人希望最终有 m 个参与者, 则他所设计的准入费 E 应当使得第 m 个参与者(即边际参与者)的期望利润为零, 因为它是个研究主体中效率最低的参与者。

然而上述简单的征收准入费的机制在现实中很难实施, 因为参与人的边际成本是私人信息, 委托人很难获得准确的边际参与者的边际成本 c_m 。于是我们必须考虑拍卖或竞标机制, 因为在拍卖机制中, 委托人无需获得关于参与者边际成本的具体信息。通过参与者之间的竞标, 委托人可以让参与者的私人信息淹没在他们的竞标函数(竞标策略)中。

现在假设 N 个竞争者通过竞标入选参与研发竞赛的资格, 竞标规则如下: 竞标采用密封第一价格拍卖形式, 每个竞争者分别独立地用密封的方式报告自己的标价 $b(c_i)$, 报价最高者入选, 并交纳标价 $b(c_i)$ 。如果委托人希望从中选拔 m 个研究单位, 则依次地, 标价最高的 m 个竞争者入选。

为了得到帕累托有效的竞标结果, 必须要求均衡的竞标策略 $b(c_i)$ 是严格的减函数, 亦即, 边际成本越低的研究者的标价越高, 只有这样才能保证最终入选的是最有效率的 m 个研发单位。而 $b(c_i)$ 为减函数的一个必要条件是边际成本分布的风险率 $ch(c)/H(c)$ 是 c 的减函数。虽然单调风险率条件对于许多正则分布函数都能满足, 但是并不具备普适性, 尤其是对于一致分布的成本函数都无法满足, 因而上述密封一级价格拍卖机制在这个资格选拔的竞赛中并不是一个有效的机制。

由拍卖理论的基本结论我们可以得出, 均衡的标价 $b(c_i)$ 实际上就等于第 m 个入选的研究主体的期望收益, 而该研究者是所有的入选者中最无效率的主体。然而在锦标赛中, 第 m 个研究者恰恰是最有可能被淘汰的。

事实上, 在拍卖理论中常用的第一价格和第二价格拍卖机制在这里都不一定能成为有效的机制。所以我们必须寻找新的拍卖机制。Fullerton and McAfee (1999) 提出了一个非常重要而且实用的拍卖机制, 称之为“预选赛拍卖机制”。

该机制实际上是对所谓的“通吃拍卖机制”(All-Pay Auction)的一种改进。在“通吃拍卖机制”中, 所有参与拍卖的主体必须支付他们的标价, 不管他们是否赢得竞标。这使得竞标者必须承担失败的损失, 此时, 每个竞标者的标价具有两种截然不同的效应: 标价越高, 他获胜的概率越高, 同时他承担的风险也越高。为了补偿这种风险, 机制设计者规定, 拍卖竞争的赢家, 即入选者, 将获得一个固定的补偿金 K 。

具体的机制如下: 所有的参赛者必须密封报告并交纳自己的标价, 委托人从中选出具有最高标价的 m 个竞争者作为参加研发竞赛的研究主体, 并给予每个入选者一个固定的补偿 K 。给定上述机制, 我们得到了以下的重要结论:

命题 4 Fullerton and McAfee (1999): 上述“预选赛拍卖机制”对于选拔最有效率的参赛者参与研发竞赛是一个有效的机制。

上述命题的含义是十分深刻而又直观的: 在“预选赛拍卖机制”中, 由于每个参与人无论输赢都必须支付标价的金额, 则每个参与者就会有更多的激励争取入选。这就使得每个参与者低报价的积极性降低。均衡的分析表明, 这一“通吃拍卖机制”已经足以保证均衡的标价策略 $b(c_i)$ 是减函数, 但为了进一步地使得它成为严格的减函数, 委托人给予每个入选者的补偿 K 应当严格为正。

综上所述, 我们可以将这个复合的锦标赛机制总结如下: 为了解决参与者的研发能力或效率是私人信息带来的逆向选择问题, 委托人设计拍卖机制以选拔出若干个最有效率的研发机构作为正式的参与锦标赛的参赛者。一般地, 选拔两个最终的参赛者是最有效率的, 因为当参赛者个数增加时, 每个参与者获胜的概率会减少, 故而他们投资的积极性也就相应的减少, 因而从理论上说, 参与者的个数越少越好, 而最少的个数是两个, 否则就无法构成锦标赛。但是由于通常使用的拍卖机制在此并不是有效的机制, 故而委托人转而使用所谓的“预选赛拍卖机制”以选拔最终效率的参与者进入研发竞赛。整个机制的时序如下:

1. 委托人公布研究项目和资助金额 P , 并宣布使用“预选赛拍卖机制”从中选拔两个最有效率的参与者进入研发竞赛。
2. 参与者密封报告自己的标价, 并交纳相应的金额。
3. 委托人根据标价选出两个具有最高标价的参与者, 并给予相应的补偿 K 。
4. 委托人与两个最终参与的研发机构签订研发竞赛合同, 合同形式如前所述。
5. 两个参与者独立地选择投资水平进行研发投入。
6. 合同到期, 委托人比较评估两个参与者的研发成果, 最终确定胜方。胜方获得资助 P 。

Fullerton and McAfee (1999) 所设计的复合的锦标赛机制很好地解决了科研资助体制中所存在的道德风险和逆向选择问题。同时这个机制与我们的经验观察相符, 因而具有较强的应用价值。在现实观察到的科研资助体制中, 尤其是政府或公司的采购体制中, 较多地采用上述的复合的锦标赛机制。

注意到在现实的科研创新的采购中, 我们很少见到委托人直接要求参与者交纳保证金或交纳标价的金额。一般地, 在研发采购中, 委托人会要求参与者首先拿出一个研发的模型或样品, 以实物的形式参与竞标, 这只是上述复合锦标赛模型的一个具体应用。参与者研制模型或样品需要投入一定的人力和物力, 而且投入越多, 则在竞标中入选的可能性就越大。在这里, 参与

者的标价 $b(c_i)$ 实际上成为一种沉没成本,并且这种沉没的投资有时候是很大的。如美国国防部在采购新一代隐形战斗机时,一般都会要求参与竞争的公司先拿出样机来,经过专家的鉴定再确定两家最有实力的,最有研发前景的公司参与最终的研发竞赛。

Fullerton and McAfee (1999)设计的“预选赛拍卖机制”很好地解决了研发竞赛的最佳参赛者的选择问题。但这只是研发的锦标赛机制的两个重要问题的其中之一,在他们的论文中未能解决的另一个重要问题是,如何设计最优的资助结构。从激励理论的角度,Fullerton and McAfee (1999)的机制解决了研发的锦标赛的激励相容性和可行性问题,但是未能解决机制的最优性问题。事实上,最优的资助结构不应当是一个固定的奖金,而应当是提供一个多元的奖金结构,以供参赛者自行选择,从参赛者的自选择中,委托人可以获得更多的信息。并且,在可供自选择的资助结构下,参与者之间的竞争会变得更加激烈。因为低效率的参与者可以选择较低的补偿支付从而与高效率的参与者进行有效的竞争,为了获得最终的胜利,高效率的研发主体除了增加研发的投资,从而提高未来成果的预期质量外,还必须选择较低的补偿以迫使低效率的参与者退出。这进一步减少了参与者的信息租金。如果设计的资助结构是合理的,那么从理论上说可以抽取参与者所有的信息租金,从而达到帕累托有效的结果。

(五) 最优的研发竞赛激励机制

上述分析表明复合的锦标赛机制可以有效地解决研发竞赛中的逆向选择和道德风险问题,但是由于固定的支付无法揭示参与者所拥有的私人信息,因而锦标赛机制仍然会带来效率的损失,这就决定了它不是一个最优的机制。

此外,固定支付的锦标赛机制不是一个事后有效的激励机制。由于委托人在确定最优的固定的支付额时并不拥有关于参与人所研发的成果的准确信息,他的根据只能是一个期望的成果的价值。在事后,如果胜方的成果的价值超过了支付额,胜方就会有积极性要求委托人再追加资助;反过来,若胜方的成果的价值抵不上合同规定的支付额,则委托人会要求进一步减少支付额。因此,固定的支付额会带来事后重新谈判的可能,故它是事后无效率的机制。

为此,最优的支付结构设计的基本原理就是要找到一个事后有效的机制。事实上,委托人可以通过引入事后的拍卖机制以解决事后的有效性问题。拍卖机制是一个有效的机制是因为它通过参与者自己的标价从而揭示了自己的私人信息。由著名的显示原理⁴,在均衡时,参与者的标价能够真实地反映自己的私人信息,因而不会带来信息租金,故结果是帕累托有效的。受这一点

⁴ 不熟悉显示原理的读者请参阅 Laffont and Martimort (2002)。

的启发，我们可以考虑将拍卖机制的基本原理结合到锦标赛机制中，从而改进锦标赛机制的效率。具体地，委托人可以将固定的支付改为一个标价支付，即由参与者提出和最终的研究成果相关的支付额。此时，参与者的决策变量不仅包括最优的投资，还包括了与此相关的最优的标价策略，在均衡时，最优的标价策略能够真实地反映参与者的私人信息，因而是一个有效的机制。上述基本思想反映了这样一个激励理论的基本原理：当委托人无法揭示代理人的私人信息时，把选择和决策的过程交给代理人来进行是一个帕累托改进。

沿着这一思路，Che and Gale (2002) 和 Fullerton *et al.* (2002) 分别对 Taylor (1995) 和 Fullerton and McAfee (1999) 所分析的研发竞争的锦标赛机制作了改进，并得到了一些重要的结论。我们在此主要分析的是 Che and Gale (2002) 的基本框架。

假设委托人要采购或资助一个创新，发布公告，邀请 N 个具有资质的科研实体参与。研发的过程需要投入一定的人力和物力。如果参与者 i 研发的成果的质量为 x ，则他的沉没投资为 $\phi_i(x)$ ，该成本函数是一个共识。假设成果的质量是不可验证的。不妨假设参与者的成本函数可以按序排列如下：如果 $i < j$ ，则 $\phi_i(x) \leq \phi_j(x)$ ，因而参与者的研发能力或效率亦可按上述顺序排列。委托人如果为该项成果支付 p ，则他的净收益为 $x - p$ 。令 $x_i^* \in \arg \max_{x \geq 0} \{x - \phi_i(x)\}$ 表示参与者 i 帕累托有效的质量水平。

注意 Che and Gale (2002) 模型与前面模型存在一个很重要的区别，这就是他们假设研究成果和投资成本是一种确定性的关系。这个假设是为了模型的简化和分析的方便，由于假设成果的质量是不可验证的，并且投资成本是不可观察的，因而研发过程中仍然会存在道德风险。

假设委托人从中选择了 n 个参与者进入最后的研发竞赛，并与之签订研发合同。与前面的研发合同不同的是，这个合同中规定了不同的支付额，每个参与者可以在事前选择一个支付额 p_i ，因而一旦他获胜就将得到 p_i ，而没有获胜则支付为 0。于是参与者获胜后的净支付为 $p_i - \phi_i(x_i)$ 。

给定上述假设，委托人所设计的最终选拔机制为：如果 $x_i - p_i > \max_{j \neq i} x_j - p_j$ ，且 $x_i - p_i > 0$ ，则 $q_i = 1$ ，其中 q_i 表示参与者 i 获胜的概率。令 $s_i = x_i - p_i$ 为委托人选择参与者 i 的净效用，因而上述选择机制实际上是委托人最大化自己净效用的选择机制。

上述机制的时序如下：

1. 委托人宣布上述研发的资助机制，并与入选的参与者签订合同。
2. 参与者选择一个投资水平，并获得创新成果 x_i ，同时从资助结构表中选择一个资助额 p_i 。
3. 委托人从所有参与人提交的成果和资助的组合 (x_i, p_i) 中选择一个最大化自己净效用的参与者作为胜方，并按照结果和标价兑现支付。

给定上述机制, 参与者 i 在事前的期望效用为 $u_i = p_i q_i - \psi_i(x_i)$ 。于是参与者 i 的最优化问题为选择 (x_i, p_i) 最大化期望自己的期望效用。

现在我们来分析具体的机制。首先考虑拍卖机制, 给定委托人选定了两个参与人进入研发竞赛, 假设委托人给出的可供选择的资助结构为一个连续的区间 $P = [0, \bar{p}]$, 参与者可以在成果出现后自行选择一个最优的报价, 于是, 这个事后的选择机制就等同于一个第一价格密封拍卖机制。由拍卖理论的基本结论, 我们立即得到如下的命题:

命题 5 Che and Gale (2002): 上述第一价格密封拍卖机制的均衡策略存在, 并且最有效率的研发机构 i 将赢得锦标赛, 并获得正的收益。因而这是一个帕累托有效的机制。

在研发竞赛机制中, 第一价格拍卖机制是一个可行的机制, 事实上, 进一步的分析表明, 它还是一个最优的机制, 因为它能给委托人带来最大的净收益。这就是如下的重要结论:

命题 6 Che and Gale (2002): 给定上述研发竞赛机制, 当参与者的成本函数相同时, 第一价格拍卖是一个最优的机制。当参与者的成本函数不同时, 若成本函数满足某种正则性条件, 则第一价格拍卖机制仍然是最优的机制。

Che and Gale (2002) 从最优的研发竞赛机制设计的角度出发, 证明了第一价格拍卖机制是最优的研发竞赛机制。然而由于假设成果的质量和投资水平是一种确定的关系, 使得他们的模型与现实情形不符, 并且很难获得实证研究的支持。而 Fullerton *et al.* (2002) 则同时独立地考察了最优的研发竞赛的机制设计问题, 并用实验的数据进行的验证。

为了便于实证分析, Fullerton *et al.* (2002) 沿用 Taylor (1995) 的分析框架, 而没有使用 Fullerton and McAfee (1999) 的分析框架。

现在假设委托人不再在事前宣布一个固定的支付 P , 而是设计一个事后的拍卖机制, 规定每个参与者在得到研发的成果后, 根据自己的成果价值 x_i 用密封的方式提出一个标价 $b(x_i)$ 。委托人根据最大化自己的净效用的原则选择一个最优的 $(x_i, b(x_i))$ 组合。因而事实上拍卖采用的是第一价格密封拍卖方式。

研发机制的具体时序如下:

1. 委托人宣布一个研发项目, 规定研发的期限以及研发竞赛的规则;
2. N 个符合资格的科研实体参与研发, 每个参与者在每一期都按照最优的 z -终止策略决定是否继续追加投资;
3. 研发活动到期, 每个参与者的成果实现, 参与者根据自己的成果的价值用密封的方式提出标价;
4. 委托人确定最终的胜方, 并按照其标价进行转移支付。

给定上述复合的研发机制，我们首先考察参与者的最优决策问题。注意到上述机制对固定支付的锦标赛机制的一个重要的改进是它解决了一个事后有效性问题。当成果实现后，低质量的参与者通过压低标价仍然有获胜的可能性，这使得高质量的参与者也不得不降低标价，于是加剧了参与者之间的事后竞争，从而使得委托人从中获益。

通过对均衡标价的分析，容易验证，委托人的期望效用 $V = x_i - b(x_i)$ 是创新成果价值的严格增函数，因而在均衡时，委托人采用拍卖机制不会影响参与人最终的质量排序，换言之，最终的胜方仍然是具有最高成果质量的研发者，但是由于事后竞争的存在，它所能获得的剩余比起固定支付机制要严格地减少。因而如果一个研发机构能够赢得固定支付的锦标赛，则他同样能够赢得拍卖机制下的锦标赛。

如果在固定支付研发竞赛和第一价格拍卖研发竞赛下，研发的期限不变，并且参与者采用同样的 z -终止策略，则两个不同的研发竞赛机制应当具有相同的事后成果的质量分布。于是，我们可以通过分析不同机制下的参与者的均衡标价，进一步比较委托人的支付，得到的结论是，当采用第一价格拍卖时，委托人的期望支付要严格小于固定支付的锦标赛机制。

命题 7 Fullerton *et al.* (2002): 如果均衡的标价 $b(x_i)$ 是创新质量 x_i 的增函数，则采用第一价格拍卖机制的复合研发竞赛机制的期望成本严格小于固定价格的研发竞赛机制。

为了获得实证的支持，Fullerton *et al.* (2002) 对命题 7 的基本结论用实验经济学的方法进行了检验。从基本实验中得到的证据足以支持命题 7 的结论，即拍卖机制比固定支付机制带来更多的投资，并且导致更少的激励成本。

五、现有分析框架的不足与改进

在第四部分中我们所采用的分析框架主要是研发竞赛机制，该机制着重于解决研发主体在研发过程中投资不足的道德风险问题以及最优的锦标赛机制设计问题。从第三部分的分析中我们知道，科研活动的社会效率主要取决于事前的投资，即影响研发主体的研究能力的投资，和事后的投资，即影响研发成果质量的投资。在第四部分的分析框架中，我们集中讨论的是事后投资的激励问题。事实上，对于一个给定的研发项目的资助人而言，它是没有积极性关注研发主体事前的投资水平，因为在一个竞争性的研发主体市场中，他总是可以找到符合资质的研发主体，并且通过设计事前的拍卖机制，委托人可以确保获得高能力的研发主体参与竞争，如 Fullerton and McAfee (1999) 所设计的机制。

上述研发竞赛机制就如同与竞争性的劳动力市场，对于具体的企业而言，

它没有积极性关注劳动力的培训问题,竞争性的劳动力市场会提供足够的高水平的劳动力,企业所要解决的只是劳动力的事后激励问题。如果劳动力市场的信号机制是充分有效的,则劳动力的事前投资的激励是可以由竞争性的市场决定的。

但是与一般的劳动力市场不同的是,研发主体的市场并不是完全竞争的,并且它的信号机制也是不充分的。在科学技术迅猛发展,专业化日趋细化的今天,高级研究人才永远是稀缺的,并且由于对于研究者能力和水平的认证只是一个学术共同体的共识,无法成为一个市场的信号。此外,我们在前面已经提到,科研能力的投资是一种专项投资,具有很高的沉没成本,而科研成果的溢出效应在本质上决定了科研能力的事前投资是一种公共物品的投资。

因而从社会最优的角度出发,用锦标赛机制或复合的锦标赛机制资助科研活动只是事后有效的机制,但不是事前有效的机制。这不仅是因为研发主体由于受到有限责任的保护或资金的约束而无法承担研发失败的沉没成本,而且还因为研发主体一般是风险回避的而不愿意承担锦标赛机制带来的巨大风险。因而我们有必要从社会最优的角度出发分析科研资助的激励机制设计问题。

我们不妨把政府或中央计划者作为委托人,他的目标是提高整个社会的科研成果的质量或科研水平。具体地,我们可以用一项代表性的研发项目来表示社会的研发成果。假设有 N 个潜在的研发主体,他们准备进入学术市场。进一步地,为了分析的方便,我们不妨假设这些个体在事前是相同的,具有相同的禀赋,因而决定他们的研发能力的主要因素是事前的投资水平,即智力投资水平。我们采用动态的锦标赛机制来分析事前与事后的投资激励问题。机制的时序如下:

1. 委托人宣布一个动态的锦标赛机制以及相应的支付计划;
2. 参与人决定事前的智力投资水平;
3. 参与人的研发能力形成,委托人比较代理人的研发能力,决定选拔其中的 M 个进入科研机构,并给予相应的支付;
4. M 个研发主体独立地进行项目研究,决定其研发活动的投资水平;
5. 研发成果出现,委托人根据研发成果的质量确定最终得胜方,并给予其相应的支付。

注意到,上述机制实际上是一个两阶段的锦标赛机制,其中第一阶段称之为研发人员的资质选拔阶段,第二阶段为研发活动的竞争阶段。与 Fullerton and McAfee (1999) 采用拍卖机制作为事前的选拔机制不同的是,我们关注的是事前的投资激励问题,因而研发主体的能力的差异是内生决定的,所以必须采用锦标赛机制作为事前的选拔机制。

第一阶段选拔的参与人个数 M 实际上是可以内生决定的,他与总的参与

者个数 N 的比例 M/N 被称为选拔率。选拔率对于参与者的投资积极性具有两种不同的效应。其一，选拔率越高，参与人在第一阶段的投资积极性就会增加，因为参与者在第一期的期望投资回报率会增加。其二，选拔率越高，参与人在第二阶段的投资积极性就会相应地减弱，因为随着竞争的加剧，他们在第二期的期望收益就会减少。因而，委托人从最大化总的投资水平的目标出发，可以内生地确定选拔率。

上述机制实际上能够很好地解释现行的科研人员的聘任制和教授的终身制问题。如果不给科研人员一个稳定的支付，则由于事前投资的专用性，科研人员的投资积极性就会减弱。从事后的角度看，给予科研人员的终身制是一个弱激励，但从事前的角度看，这是一个强激励。而社会计划者的一个最优决策问题就是决定一个最优的选拔比例，即从研究人员的队伍中选拔合适的个数作为终身教授或研究员，并确定相应的支付。

上述基本框架是对现有的研发竞赛的激励机制设计的基本框架的本质性的改进，但由于模型的计算比较复杂，我们目前还没有完成。我们将在后续的研究中加以解决。

总之，科研资助的激励机制研究对于改进现有的科研资助体制的效率和设计新的科研资助体制具有十分重大的意义。但是这个重要的研究课题却长期受到忽视，即使在主流经济学领域，也很少见到这方面的研究论文，经典论文更是寥寥无几。据我们所掌握的资料，无论国内和国外的经济学领域中，还未曾有论文系统地研究科研资助的激励机制设计问题，因而本论文实际上在这个领域做出了一些开拓性的工作，我们真诚地希望能有更多的学者投入到这个具有重要理论和应用价值的课题研究中来，以期做出更多的理论上的创新。

六、政策建议

由本论文的研究结论，我们对我国的科研资助体制的改革提出如下的政策建议：

1. 必须打破以纵向委托关系为主的科研资助体制，在科研项目的资助中引入竞争机制。

我们的分析表明，由于科研成果本质上的不可验证性导致了委托—代理中的不完全契约关系，使得纵向的委托关系无法防范研究主体的道德风险，最终导致科研活动的低效率。事实上，当科研资助中存在着多层的委托—代理关系时，这种效率的扭曲会变得更加厉害。在本质上，在纵向的委托关系中，国家是最终的委托人，研发主体是代理人，而国家的有关科研管理机构则充当了监督者的角色。当管理机构作为第二级委托人和监督者与代理人的委托关系为不完全契约关系时，管理机构就十分容易和代理人形成合谋关系。

由于成果是不可验证的,政府作为最终委托人难以对代理人的成果和监督者的业绩进行有效的考核,使得合谋关系很难被揭露。进一步地,虽然纵向委托中的监督者和代理人的长期合作关系对于解决代理人的道德风险是无效率的,但对于维持他们的合谋关系却是有效率的。研发主体将节省下来的投资用于贿赂管理者,而管理者则将低质量的成果评价为高质量的成果以欺骗政府,最终导致低水平的重复。这就是我们经常发现的科研领域的腐败现象,并且这种现象由于成果的不可验证性而难以掌握确实的证据。

因而必须在科研资助中引入竞争机制。具体地,科研主管部门在发布研发课题时必须面向全社会公开发布信息,按照无歧视原则对研发主体的资质进行审核,最终确定两个以上的研发主体用锦标赛机制激励研发的投资。此外,从前面的分析中我们看到,固定支付的锦标赛机制并不是最优的机制,因为管理机构很难正确地衡量成果的价值,因而有必要引入事后的拍卖机制,用密封第一价格拍卖方式确定最后的赢家。这样既可以激发研发主体的投资积极性,又可以最大限度地为国家节约研发经费,因而是一个有效的机制。

在难以对研发主体的资质和能力进行有效甄别时,可以考虑引进事前的拍卖机制作为一个甄别选拔机制。这种选拔机制要求研发主体在事前进行一定的投入,以制定一个可行的研发计划或成果模型,而管理机构则按照研发计划或成果模型的质量确定最终的参赛者。理论研究表明,这种“研发主体选拔机制”是一个有效的甄别机制,它不但可以确保研发活动的效率,而且可以节省管理者在事后鉴定研发成果的费用。据估计,美国国防部在军事装备的采购中采用这一机制后,每年节省了几千万美元的成果鉴定费用。

2. 必须打破科研机构内部的“铁饭碗”,引入竞争性晋升机制。

科研活动的机制包括事前的投资激励和事后的投资激励。在科研项目的资助体制中引入竞争机制可以有效地解决事后投资的激励问题,但不能解决事前投资的激励问题。由于为提高研发主体的研究能力所作的智力投资在本质上是一个专项投资,因而必须在事后得到相应的补偿才能激励研发主体事前投资的积极性。然而事后的竞争性机制使得研发主体必须承担所有的风险,这使得风险回避的研发主体的事前投资的积极性降低,从社会最优的角度出发,给予研发主体一定的事后补偿是必需的。于是就会出现事前激励与事后激励的权衡。从事前激励的角度,对于进入研究机构的研究主体,不管他们在事后的研发项目的竞争中是否成功,都应当给予他们固定的激励,以补偿他们事前的投资。这就相当于目前在科研机构 and 大专院校实行的科研人员的终身制。因而从事前投资激励的角度,科研人员的终身制是一个有效的激励机制。

然而从事后的激励机制的角度,终身制是一个无效的弱激励机制。获得终身职位的研究人员在事后从事研发投资的积极性大大地降低,换言之,终身制无法防范事后的道德风险,导致事后的无效率。这就是科研机构的“铁

饭碗”所带来的科研活动的低水平重复的体制性原因。

因而一个次优的事前激励与事后激励权衡的结果是在科研机构内部引入竞争性的晋升制度。在现行的教授终身制中，实际上是对所有的科研人员经过一定程度的竞争性淘汰，确定少部分事后业绩较好的研究主体晋升为终身教授。因而，这实际上是一个动态的多阶段锦标赛机制，如我们在本文第五部分所得到的结论，晋升的比例直接影响了事前的激励和事后的激励。过高的比例导致主体事前的投资激励增加，但会导致事后的投资激励减弱。而过低的晋升比例则导致相反的效应。从理论上，一个最优的晋升比例和支付结构是可以内生决定的。

参 考 文 献

- [1] Binenbaum, E, “Grants, Contracts and the Division of Labor in Academic Research”, *Working paper*, University of Adelaide, 2002.
- [2] Che, Y. and I. Gale, “Optimal Design of Research Contests”, *American Economic Review*, Forthcoming.
- [3] Fullerton, R, Linster, B, Mckee, M and S. Slate, “Using Auctions to Reward Tournament Winner”, *Rand Journal of Economics*, 2002, 33(1), 62—84.
- [4] Fullerton, R and R. McAfee, “Auctioning Entry into Tournament”, *Journal of Political Economy*, 1999, 107(3), 573—605.
- [5] Goldfarb, B, “The Effect of Government Contracting on Academic Research”, *Working paper*, Stanford University, 2001.
- [6] Goyal, S and P. Rutsaert (1996), “Public Funding of Research and Corporate Co-sponsorship”, *Working paper*, IDEI.
- [7] Green, J and N. Stokey, “A Comparison of Tournaments and Contracts”, *Journal of Political Economy*, 1983, 91, 349—364.
- [8] Krakel, M, “U-type versus J-type Tournaments as Alternative Solutions to the Nonverifiability Problem”, *Working Paper*, University of Bonn, 2002.
- [9] Laffont, J-J and D. Martimort, *Incentive Theory*. Princeton University Press, 2002.
- [10] Lazear, E, “Incentives in Basic Research”, *Journal of Labor Economics*, 1997, 15(1), 167—197.
- [11] Lazear, E and S. Rosen, “Rank-Order Tournament as Optimal Labor Contracts”, *Journal of Political Economy*, 1981, 89, 841—864.
- [12] Maskin, E and J. Tirole, “Unforseen Contingency and Incomplete Contract”, *Review of Economic Studies* 1999, 66, 83—114.
- [13] Nalebuff, B and J. Stiglitz, “Prizes and Incentives: Toward a General Theory of Compensation and Competition”, *Bell Journal of Economics*, 1983, 14, 21—43.
- [14] Spence, M, *Market Signaling: Information Transfer in Hiring and Related Processes*. Cambridge: Harvard University Press, 1974.
- [15] Taylor, C, “Digging for golden carrots: an Analysis of Research Tournaments”, *American Economic Review*, 1995, 85(4), 872—890.
- [16] Tirole, J, “Incomplete Contracts: Where Do We Stand?”, *Econometrica*, 1999, 67, 741—782.

A Survey of Mechanism Design for Scientific Research: Basic Framework and Literatures

ZHIJUN CHEN

(*Zhejiang University*)

XINZHU ZHANG

(*Chinese Academy of Social Science*)

Abstract The incentive mechanism of scientific research is a very important issue, but has been ignored by economists for a long time. As a survey, this paper first analyzes the basic features of scientific research and its incentive problems, and then introduces the incentive mechanisms for scientific research and its incentive properties. We focus on the analysis of the classical research contests and its improvements, the issue of optimal design of research contests, and the disadvantages of the contest, as well as some ideas for further improvement. We also provide some policy suggestions.

JEL Classification C70, D44, O32