

· 科学论坛 ·

大学科研项目间接成本率的影响因素分析

——基于美国综合性大学的实证分析

阿儒涵^{1*} 李铭禄² 杨国梁¹

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院,北京 100190; 2. 国家自然科学基金委员会 计划局,北京 100085)

[摘要] 分析科研项目间接成本率的影响因素是制定合理间接成本补偿机制的重要基础。本文分析了间接成本率的概念;构建了间接成本率影响因素的分析框架,从本质因素、调整因素两方面分析提出可能影响机构间接成本率水平的因素;以美国 91 所综合性大学为样本进行实证研究;最后,结合分析提出对我国科研项目间接费用管理改革的政策建议。

[关键词] 科研项目;间接成本率;影响因素

资助科研项目的间接成本具有补偿和激励的双重作用^[1],是稳定支持与竞争性项目资助相结合的“双资助”体系下重要的资助管理工具。以间接成本率核定间接成本是目前各国通用的做法,核定方法可以分为以美国、英国为代表的完全差异化核定方法和以我国、日本为代表的无差异化核定方法。实践中上述两种方法各有优劣:完全差异化核定方法虽然能够准确补偿机构的间接成本支出,但是存在管理费用高、管理效率低的问题;无差异化核定方法简单易行、管理费用较少,但是存在补偿不足或补偿过剩的问题,难以充分发挥间接成本的补偿、激励作用。近年来,我国在间接成本补偿机制改革中提出分级分类核定间接成本率的思路,兼顾了管理支出与系统效率。然而,如何合理地对项目依托单位进行分级分类?如何确定不同类别的间接成本率等问题仍然亟待解决。本文旨在从理论层面分析提出影响间接成本率的因素,为分级分类核定间接成本率提供理论依据。

影响间接成本率核定水平的因素是管理部门和科研管理研究领域共同关心的一个问题。2010 年美国审计总署(Government Account Office,GAO)

的报告中提到,80%的高间接成本率大学位于美国高生活成本的区域,90%的高间接成本率大学为私立大学^[2]。2013 年 GAO 又在报告中指出研究机构类型、是否建有附属医院等因素有可能影响间接成本率水平^[3]。我国学者通过对日本 2001—2010 年超过 2000 所研究机构和大学的内部支出数据以及 2000—2011 年中国科学院 5 个学部超过 100 个研究所的内部支出数据的分析提出,机构层面的内部支出结构受机构的所有制形式、学科类型的显著影响^[4]。虽然国内外机构和学者已经关注到间接成本率核定中的影响因素问题,但是目前尚缺乏对间接成本率及其影响因素的系统研究。

基于此,本文分析了间接成本率的概念;构建了间接成本率影响因素的分析框架,从本质因素、调整因素两方面分析提出可能影响机构间接成本率水平的潜在因素;进而以美国 91 所综合性大学为样本进行实证分析;最后,结合分析结论提出对我国科研项目间接费用管理改革的政策建议。

1 科研项目间接成本率的概念

明确科研项目的成本结构是认识科研项目间接

成本率的基础。科研项目的总成本(Total Cost, TC)可以分为直接成本(Direct Cost, DC)和间接成本(Indirect Cost, IC)(公式1)。

$$TC = DC + IC \quad \text{公式(1)}$$

根据管理会计学定义,直接成本是指与项目所引发的活动存在直接关系的成本。这种直接关系可以是唯一直接关系,例如,项目聘用的专职工作人员的劳务,为项目所购买的仪器设备、耗材;也可以是非唯一的直接关系,例如,若干项目共用的项目负责人、技术人员的劳务分摊,若干项目共用的实验设备、耗材的成本分摊等。

间接成本是指资助方补偿项目承担机构为项目提供公共服务的支出。由于机构和资金管理方式的差异,各国对间接成本的定义略有不同。美国 A-21 通告将间接成本定义为设备与行政管理成本(Facility and Administrative Cost, F&A Cost),指由公共活动或项目产生的无法直接分摊到特定项目的成本,包括各级行政管理费、占用公共设施、仪器、信息资源的费用等^[5]。英国全经济成本核算(full Economic Costing, fEC)将间接成本定义为在项目层面与特定项目不存在直接支持关系,但在机构层面对项目的顺利进行存在支持关系的支出,包括机构层面研究支撑及行政管理人员的薪酬分摊、图书馆和信息服务中心的支出分摊等^[6]。日本《关于竞争性资金间接经费管理的共同执行指南》中将间接成本定义为研究机构因承担项目而产生的相关管理费^[7]。我国《关于调整国家科技计划和公益性行业科研专项经费管理办法若干规定的通知》(财教[2011]434号文)指出间接费用是指承担课题任务

的单位在组织实施课题过程中发生的无法在直接费用中列支的相关费用。

间接成本率是指间接成本与某些特定成本的比率。实践中,不同国家由于其财政和项目管理模式的差异,对间接成本率的定义有所不同(表1)。目前广泛采用的间接成本率可分为完全间接成本率和部分间接成本率。完全间接成本率是机构层面一定时间段内间接成本与总成本的比值,例如英国及我国在财教[2011]434号文颁布前间接成本率的内涵是指完全间接成本率;部分间接成本率是指机构层面一定时间内间接成本与直接成本或修正后的直接成本的比值。美国、日本及我国在财教[2011]434号文颁布后间接成本率的内涵是指部分间接成本率。不同国家对修正后的直接成本(Modified Total Direct Costs, MTDC)的定义也有所差异。在美国,MTDC是指直接成本扣除设备费、资金资本支出、病人护工费、学费减免、租金成本、奖学金、25000美元以上的子项目外拨经费之外的部分。在我国,MTDC则是指直接成本扣除设备费的部分。由于间接成本率定义的不同,同样水平的间接成本率在不同定义中表现出较大的数值差异。

2 科研项目间接成本率的影响因素分析

本文从本质因素、调整因素两个层面分析影响间接成本率的因素。本质因素是指从定义、政府对机构的拨款结构等原则性层面提出的影响因素。调整因素则是指在间接成本率核定的操作过程中可能存在的影响间接成本率水平的因素。

表1 美、英、日、中4国间接成本、间接成本率定义及核定方法小结

| | 间接成本 | 间接成本率 | 核定方法 |
|----------------------|---|-------------------|--------------|
| 美国 | 设备与行政管理成本 | $\frac{IC}{MTDC}$ | 完全差异化 |
| 英国 | 机构层面研究支撑及行政管理人员的薪酬分摊、图书馆和信息服务中心的支出分摊等 | $\frac{IC}{TC}$ | 完全差异化 |
| 日本 | 研究机构因承担项目而产生的相关管理费 | $\frac{IC}{DC}$ | 无差异化、可根据需要调整 |
| 中国(财教[2011]434号文颁布前) | 尚未提出间接成本的概念,而是采用“管理费”的提法 | $\frac{IC}{TC}$ | 无差异化,5% |
| 中国(财教[2011]434号文颁布后) | 指承担课题任务的单位在组织实施课题过程中发生的无法在直接费用中列支的相关费用。 | $\frac{IC}{MTDC}$ | 无差异化、分段累退 |

基于数据的可获得性以及影响因素分析的完整性,本文选择美国案例为分析对象。

2.1 本质因素分析

间接成本率的核心是体现难以分摊的间接成本在机构层面一定成本范围内的比例,体现对公共支出的分摊。在修正后的直接成本一定的情况下,影响间接成本大小的因素则构成影响间接成本率水平的因素。A-21 通告将间接成本分为设施成本与管理成本两部分,其中设施成本又细分为建筑物、设备折旧费、与建筑相关的债务利息、设备升级成本、运行维护成本及图书馆支出;管理成本又细分为财务管理成本、项目管理成本以及人员管理与服务成本(图 1)。机构层面上上述各项成本的累加构成了一定时间段内的间接成本,其数值的大小受到数量与价格两方面的影响。

在设施成本的数量因素方面,由于不同学科类型对设施的需求差异性较大。例如,理工类、实验类型的学科需要大量的实验室、仪器设备开展研究。对于设施成本中特别单独列出的图书馆支出而言,图书馆规模的大小也构成决定设施成本大小的因素。因此,我们提出学科类型及图书馆规模是影响设施成本的数量因素。对于价格因素而言,设施成本中既包括物的价格也包括人力成本,我们认为消费者价格指数反映了物的价格,而所在地区的平均人员工资则反映了人力成本。

在管理成本中,管理的对象是机构承担的外部项目,那么项目数量的多寡及参与项目的学生数量

则构成了影响管理成本的数量因素。由于管理成本中的价格因素主要集中于人力成本,因此,机构所在地区的平均人员工资则反映了影响管理成本的价格因素。

此外,由于机构所有制形式决定了机构获得财政拨款的结构,在美国,公立大学能获得公共事业成本调整费(Utility Cost Adjustment)等政府在公共事业方面的补贴,而私立大学承担政府资助项目所产生的公共支出则完全需要通过间接成本分摊来补偿。因此,将机构的所有制形式纳入本质因素的分析范畴。

2.2 调整因素分析

美国大学间接成本率的谈判过程包括 2 个阶段^[8]:

(1) 项目承担单位依照《A-21 通告》等核定各自的间接成本率,并向美国国防部(DOD)、卫生和福利部(HHS)下属的两家谈判机构提交间接成本率报告。

(2) 两家机构基于不同的理念和流程审核项目承担单位提交的间接成本率报告。在谈判理念上,DOD 注重研究成果的质量,HHS 则注重公共资金的使用效率。在审核流程上,DOD 更多地借助外部审计局的力量进行实地审查,HHS 则注重审查项目承担单位提交的书面材料。不同的谈判理念与方法成为影响间接成本率的潜在因素。此外,GAO 报告指出项目承担单位的研究水平会在一定程度上影响其谈判中的议价能力^[9]。

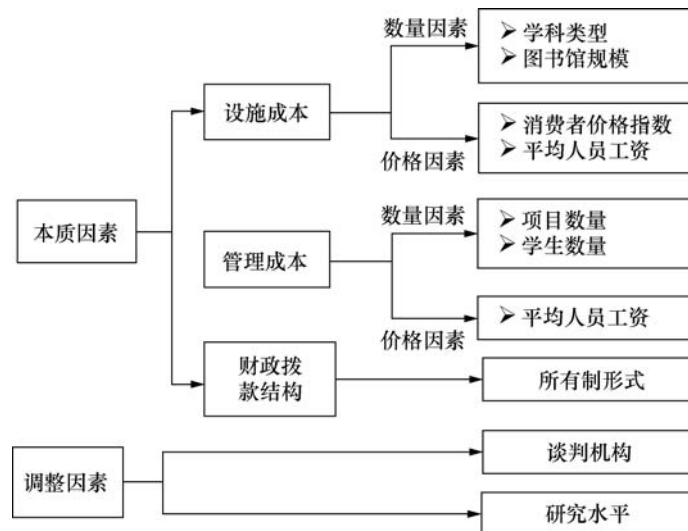


图 1 影响间接成本率的因素分析框架

综上基于对谈判流程的分析,我们提出谈判机构、项目承担单位研究水平构成影响间接成本率的调整因素。

2.3 影响间接成本率的潜在因素

基于对本质因素的分析,本文提出了学科类型、图书馆规模、项目数量、学生数量、所在地区的消费者价格指数、平均人员工资、所有制形式共7项潜在影响因素。基于对调整因素的分析,提出了谈判机构、大学的研究水平2项潜在影响因素。

综上所述,本文共提出9项影响大学间接成本率水平的潜在因素,如图1所示。

3 科研项目间接成本率影响因素的实证分析

3.1 样本与数据

为了缩小项目承担单位间规模和学科的差距,本文选取卡内基大学分类(Carnegie Classification of Institutions of Higher Education)中综合性大学作为样本^[9]。大学间接成本率数据来自Nature独立收集的美国大学的间接成本率数据^[10],其他数据指标及来源如表2所示。

在兼顾数据的可获得性与数据的时效性的前提下,本文共采用了91所研究型大学2012—2013年度共182条样本数据。

通过对间接成本率散点图可以看到(图2),样本间接成本率的分布从36.7%—69.1%不等。其中间接成本率小于50%的样本数量为41,占总样本量的22.52%;大于等于50%的样本数量为141,占总样本量的77.47%。夏威夷大学玛诺分校、路易斯安娜州立大学、俄勒冈大学、阿肯色大学等是样本中典型的间接成本率水平较低的大学;哥伦比亚大学、哈佛大学、耶鲁大学、叶史瓦大学、南加州大学等是样本中典型的间接成本率水平较高的大学。

表2 各项影响因素的数据指标及来源

| 影响因素 | 数据指标 | 数据来源 |
|------------|------------------|---------------------------|
| 学科类型 | 是否设有医学院 | 各大学网站 |
| 图书馆规模 | 纸质图书数量 电子图书数量 | IPEDS 数据库 ^[11] |
| 项目数量 | 课题组长数量 | |
| 学生数量 | 研究生数量 | |
| 所在地区平均人员工资 | 所在州平均工资 | |
| 消费者价格指数 | CPI | 美国劳工部网站 |
| 谈判机构 | 谈判机构 是否为DOD | 基于美国自然科学基金会(NSF)数据整理 |
| 研究水平 | 大学学术研究排名 | 大学学术研究 排名官方网站 |
| 所有制形式 | 是否为公立大学 | 各大学网站 |

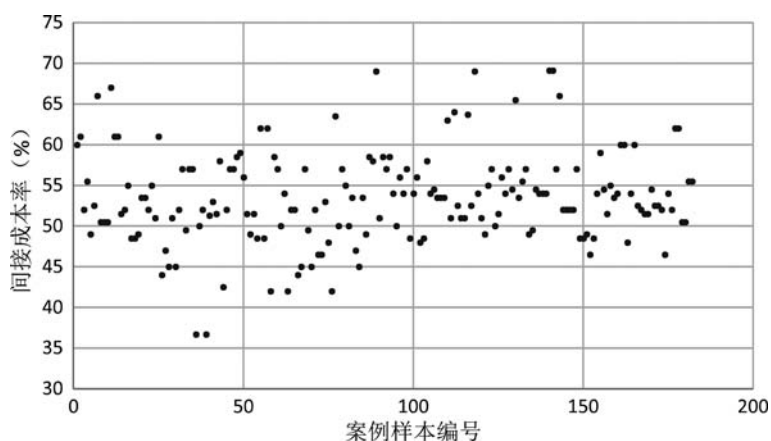


图2 样本间接成本率散点图(横坐标案例样本编号为随机顺序)

表3 影响因素数据指标的描述性统计结果

| | 极小值 | 极大值 | 均值 | 标准差 |
|------------|------------|---------------|----------------|-----------------|
| 是否设有医学院 | 0 | 1 | 0.91 | 0.284 |
| 纸质图书数量 | 879 246.00 | 22 556 816.00 | 5 534 067.2033 | 3 705 349.09833 |
| 电子图书数量 | 47 236.00 | 2 715 914.00 | 699 980.3077 | 438 253.07895 |
| 课题组长数 | 111 | 4 483 | 974.20 | 659.894 |
| 研究生数量 | 1 426 | 22 923 | 8 564.08 | 4 332.096 |
| 所在州平均工资 | 36 850.00 | 77 040.00 | 47 191.7033 | 7 212.13111 |
| 消费者价格指数 | 219.10 | 249.04 | 231.1691 | 10.11743 |
| 谈判机构是否为DOD | 0 | 1 | 0.08 | 0.276 |
| 大学学术研究排名 | 1 | 450 | 137.87 | 112.839 |
| 是否为公立大学 | 0 | 1 | 0.67 | 0.471 |

备注：设有医学院：1，未设医学院：0
谈判机构为DOD：1，谈判机构为HHS：0
公立大学：1，私立大学：0

表4 影响因素数据指标的相关性分析结果

| | 是否设有 医学院 | 纸质图 书数量 | 电子图 书数量 | 课题 组长数 | 研究生 数量 | 所在州 平均工资 | 消费者 价格指数 | 谈判机构是 否为DOD | 学术研 究排名 | 是否为 公立大学 | |
|-------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------------|------------|-------------|----------|
| 间接成本率 | Pearson 相关性 | 0.085 | 0.318** | 0.286** | 0.094 | 0.301** | 0.543** | 0.511** | -0.053 | -0.431** | -0.603** |
| | 显著性(双侧) | 0.252 | 0.000 | 0.000 | 0.206 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.474 | 0.000 | 0.000 |
| | N | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 | 182 |

* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关；** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

对各项数值型数据指标的描述性统计结果如表3所示。

3.2 研究思路与方法

首先通过相关性分析各影响因素与间接成本率之间的关系。计算各影响因素与间接成本率之间的Pearson 相关系数,可见诸多因素都与间接成本率存在显著相关性:其中,纸质图书数量、电子图书数量、研究生数量、所在州平均工资、消费者价格指数都与间接成本率在 0.01 水平上存在显著正相关。学术研究排名、是否为公立大学与间接成本率之间在 0.01水平上存在显著负相关。具体相关系数如表4所示。

进一步,通过多元线性回归,分析潜在影响因素对间接成本率的影响。基于相关分析的结果,剔除3个不存在显著相关性的自变量,构建以间接成本率为因变量,以纸质图书数量、电子图书数量、研究生数量、所在州平均工资、所在地区CPI、大学学术研究排名、是否为公立大学为自变量的函数,探索影响因素的重要性,具体如下:

$$y = \sum_{i=1}^7 a_i x_i + \epsilon \tag{5}$$

其中, $x_i > 0$ 代表自变量, $\epsilon > 0$ 代表误差项。自变量具体如下:

- x_1 , 纸质图书数量, 数值型;
- x_2 , 电子图书数量, 数值型;
- x_3 , 研究生数量, 数值型;
- x_4 , 所在州平均工资, 数值型;
- x_5 , 所在地区CPI, 数值型;
- x_6 , 大学学术研究排名, 数值型;
- x_7 , 是否为公立大学, 二值型;

3.3 结果分析

回归分析的结果如表5—7所示,模型汇总的结果显示,模型的相关系数为 0.813,拟合优度 $R^2 = 0.662$,调整后的拟合优度为 0.648。方差分析的结果显示F值的实际显著性概率 $\text{Sig} < 0.05$,说明所提出的影响因素与间接成本率之间的线性关系显著,模型有效。根据回归分析的结果,所提出的影响因素可以解释间接成本率 64.8%的变化情况。回归系数显示纸质图书数量、电子图书数量、研究生

表5 影响因素数据指标回归分析结果

| 模型 | R | R ² | 调整 R ² | 标准估计的误差 |
|----|-------|----------------|-------------------|---------|
| 1 | 0.813 | 0.662 | 0.648 | 3.36849 |

表6 影响因素数据指标回归分析的结果(方差分析)

| 模型 | 平方和 | df | 均方 | F | Sig. |
|----|----------|-----|---------|--------|-------|
| 回归 | 3861.238 | 7 | 551.605 | 48.614 | 0.000 |
| 残差 | 1974.330 | 174 | 11.347 | | |
| 总计 | 5835.568 | 181 | | | |

数量、所在州平均工资、消费者价格指数以及是否为公立大学6个变量在0.05水平上显著。其中纸质图书、电子图书、研究生数量、所在州平均工资、消费者价格指数对间接成本率产生正向影响,是否为公立大学对间接成本率产生负向影响。

总体而言,本文提出的9项潜在影响因素中,6项潜在影响因素在相关分析中被证实与因变量存在显著相关性,5项潜在影响因素在回归分析中被证实与因变量存在显著相关性。然而,在本文的样本中,美国GAO报告中提出的学科类型以及谈判机构的差异对间接成本率的影响并未在本文所建立的模型中得到体现,有待未来进一步深入探讨。

4 结论与启示

本文基于间接成本率的概念及制定过程,基于定性分析方法提出分析框架,并分析提出9项影响间接成本率的潜在因素。以美国综合性大学为样本,采用相关分析及多元线性回归的方法进行定量实证分析。分析结果表明,图书馆规模越大、研究生数量越多、大学所在地区经济发展水平越高其间接

成本率水平则越高。公立大学间接成本率水平低于私立大学的间接成本率水平,研究水平高的大学其间接成本率水平高于研究水平低的大学。上述研究结论一方面从实证分析的角度论证了机构特征与间接成本率之间的关系,另一方面也为改革间接成本率补偿方法,依据机构特征对大学分类,进而测算间接成本率标杆提供了理论依据。

2011年之前,我国在科研项目成本补偿中并未采用间接费用的概念,而是采用计提管理费的方法补偿项目在机构层面的公共支出。2011年我国在《关于调整国家科技计划和公益性行业科研专项经费管理办法若干规定的通知》(财教〔2011〕434号)中首次明确提出了间接费用的概念,并提出分段超额累退比例的间接成本率管理办法,将原有不超过5%的管理费提高到不超过直接费用扣除设备购置费的20%、13%、10%的间接费用。

2014年3月,《国务院关于改进加强中央财政科研项目和资金管理的若干意见》(国发〔2014〕11号)中明确提出了中央财政科研项目要完善间接费用和管理费用管理,并对间接费用的管理提出了具体的意见和管理要求。

2015年3月,《中共中央国务院关于深化体制机制改革加快实施创新驱动发展战略的若干意见》中提出要加大对科研工作的绩效激励力度,完善科研项目间接费用管理制度,强化绩效激励,合理补偿项目承担单位间接成本和绩效支出。项目承担单位应结合一线科研人员实际贡献,公开公正安排绩效支出,充分体现科研人员的创新价值。

表7 影响因素数据指标回归分析的结果(系数)

| 模型 | 非标准化系数 | | 标准系数 | t | Sig. |
|---------|----------|-------|--------|--------|-------|
| | B | 标准误差 | | | |
| 常量 | 9.271 | 6.576 | | 1.410 | 0.160 |
| 纸质图书数量 | 1.710E-7 | 0.000 | 0.112 | 1.989 | 0.048 |
| 电子图书数量 | 2.387E-6 | 0.000 | 0.184 | 3.708 | 0.000 |
| 研究生数量 | 0.000 | 0.000 | 0.106 | 2.013 | 0.046 |
| 所在州平均工资 | 0.000 | 0.000 | 0.205 | 3.738 | 0.000 |
| 消费者价格指数 | 0.159 | 0.030 | 0.283 | 5.252 | 0.000 |
| 学术研究排名 | -0.004 | 0.003 | -0.083 | -1.455 | 0.147 |
| 是否为公立大学 | -4.990 | 0.583 | -0.414 | -8.559 | 0.000 |

因变量:间接成本率。

2015年4月,《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》(财教〔2015〕15号)正式发布实施,提出了对于国家自然科学基金项目的间接费用管理和使用要求。

2016年中办国办《关于进一步完善中央财政科研项目资金管理等政策的若干意见》(中办发〔2016〕50号)中进一步修订了对间接费用的补偿方法,提出“提高间接费用比重、加大绩效激励力度”的要求,将间接费用计提比例提高至不超过直接费用扣除设备购置费的20%、15%、13%,同时取消间接费用中的绩效比例限制。各类国家科技计划的项目主管部门相继出台相关实施细则,在研项目的承担单位也相继制定或修订科研项目资金内部管理办法和报销规定。

这些年来,我国在科研项目间接费用补偿方面做出的持续改革,在很大程度上改善了之前对项目承担单位的成本补偿和科研人员的绩效激励方面相对乏力的困境。然而,尽管提出了将单位的信用评价结果和间接费用核定挂钩的要求,也提出了间接费用的核定应当结合不同学科特点的原则,但在实践过程中,这种采用相对固定比例的间接费用核定方式,对于实现优化资源配置,达到补偿和激励效果,还有一定的不足,间接费用的效益也难以充分发挥,影响政府科研资金的使用效率。

基于本文的分析,除了将单位的信用评价结果和间接费用挂钩之外,科研项目资助管理机构可以进一步考虑将影响间接成本率的因素纳入间接成本补偿政策的制定中,特别是在单位的分类分级管理中,将单位规模、学科布局、研究水平、所在地区的经济水平、接受政府资助模式的差异性等方面作为分类分级的参考指标,并结合我国科研单位的特点,进一步

研究更加适合我国国情的科研单位分类分级因素,针对不同类型机构的特征,制定更加符合机构特点的间接成本率补偿基准,从而有效发挥间接费用的成本补偿和激励的作用,实现政府科研资助的高效利用。

参 考 文 献

- [1] 阿儒涵,代涛,李铭禄,李晓轩. 科研项目间接费用补偿的激励作用研究. 科学学研究, 2015,33(6):881—886.
- [2] United States Government Accountability Office. University Research: Policies for the Reimbursement of Indirect Costs Need to Be Updated. <http://www.gao.gov/products/GAO-10-937>. 2010-9-8/2013-6-2.
- [3] United States Government Accountability Office. NIH should assess the Impact of Growth in Indirect Cost on Its Mission. <http://www.gao.gov/assets/660/658087.pdf>. 2013-09/2014-12-16.
- [4] 阿儒涵. 我国国立科研机构科研项目成本补偿机制研究. 北京:中国科学院,2012: 110—118.
- [5] Office of Management and Budget. Circular A- 21 Revised 05/10/04. http://www.whitehouse.gov/omb/circulars_a021_2004#e. 2004-05-10/2009-10-12.
- [6] University UK & Research Council UK. RCUK/UUK Review of the Impact of Full Economic Costing on the UK Higher Education Sector. UK. 2009-4.
- [7] 文部科学省. 府省共通経費取扱区分表. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2011/10/07/1311600_01.pdf.
- [8] Rosenzweig RM. The Policies of Indirect Costs. Washington: Council on Governmental Relations 50th Anniversary: 1948—1998. 1998: 1—13.
- [9] Graduate Instructional Program Classification. http://carnegieclassifications.iu.edu/classification_descriptions/grad_program.php. 2015-11-20.
- [10] Heidi Ledford. Indirect costs: Keeping the lights on. <http://www.nature.com/news/indirect-costs-keeping-the-lights-on-1.16376>. 2014-12-23/2015-11-5.
- [11] Integrated Postsecondary Education Data System. <https://nces.ed.gov/ipeds/>. 2015-11-6.

Impact factor of indirect cost rate for scientific research project: empirical analysis on a sample of US multidisciplinary universities

A Ruhan¹ Li Minglu² Yang Guoliang¹

(1. Institute of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;

2. Bureau of Planning, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Abstract Analyzing the impact factor of indirect cost rate for scientific research project is an important basis to develop reasonable indirect cost compensation mechanism. In this paper, we firstly analyze the con-

cept of indirect cost rate, and then built the analyzing framework for the impact factor of indirect cost rate. We also propose nine impact factors of indirect cost rate based on the analysis of its concept and developing process. Moreover, we conduct empirical analysis based on a sample of US 91 multidisciplinary universities, and propose suggestions to the future indirect cost reform for scientific research project in China.

Key words scientific research project; indirect cost rate; impact factor

· 资料信息 ·

我国学者研发出超高强马氏体时效钢

在国家自然科学基金项目(项目编号:51531001,51422101,51671018,51271212,51371003)等资助下,北京科技大学新金属材料国家重点实验室吕昭平教授团队研发出纳米析出强化的超高强马氏体时效钢。相关研究成果以“Ultrastrong steel via minimal lattice misfit and high-density nanoprecipitation”(通过最低点阵错配度和高密度纳米析出相获得超高强钢)为题为于2017年4月10日在线发表在 *Nature* 上。

马氏体时效钢具有超高的强度和良好的韧性,在航空航天、高速列车、深海技术、先进核能和清洁能源以及国防等领域均发挥着关键作用。然而,马氏体时效钢的服役安全性和可靠性一直是人们关注的焦点。主要原因就在于传统马氏体时效钢以半共格析出的金属间化合物为增强相,但由于半共格界面可能导致析出相分布不均,同时伴随严重的晶格畸变,从而容易使材料受力时萌生裂纹。因此,提高马氏体时效钢的安全可靠性具有重要的意义。

针对上述问题,北京科技大学吕昭平教授课题组在国家自然科学基金近十年的持续资助下,通过创新合金设计理念,发展了超强韧的高密度有序 Ni(Al,Fe)纳米颗粒强化高性能新型马氏体时效钢,其抗拉强度不低于 2.2 GPa,拉伸塑性不低于 8%。新型超高强韧钢最大限度地减小了析出相的点阵错配度,并引入“有序效应”作为主要的强化机制,这样一方面显著降低析出相的形核势垒,促进高密度和良好热稳定性的析出相均匀弥散分布,同时有效缓解增强颗粒周边微观弹性畸变,改善材料宏观均匀塑性变形能力,另一方面增强相可以有效阻碍位错切过,从而获得优异综合性能的新型马氏体时效钢。值得一提的是,新型超高强韧马氏体时效钢采用铝元素代替传统的昂贵合金元素,可添加传统认为对马氏体时效钢有害的碳元素,从而实现了高端钢铁材料的制备工艺简化和低成本的目标,有力地推动该类材料的实际工程应用。该工作的合金设计思路同时为其他超高强度材料的发展打开了新的研究思路。

(供稿:工程与材料科学部 郑雁军 邓意达)