



科学学研究
Studies in Science of Science
ISSN 1003-2053, CN 11-1805/G3

《科学学研究》网络首发论文

题目： 两类科技人才成长环境差异性的模糊组态分析
作者： 汤超颖，徐家冰，毛适博
DOI： 10.16192/j.cnki.1003-2053.20230920.005
收稿日期： 2023-03-20
网络首发日期： 2023-09-21
引用格式： 汤超颖，徐家冰，毛适博. 两类科技人才成长环境差异性的模糊组态分析 [J/OL]. 科学学研究. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20230920.005>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

两类科技人才成长环境差异性的模糊组态分析

汤超颖, 徐家冰, 毛适博

(中国科学院大学经济与管理学院, 北京, 100190)

摘要: 科技人才成长所需的外部情境是由多种外部因素组合形成, 基础研究工作与技术开发工作存在性质差异, 两类科技人才成长所对应的外部情境由此可能具有差异性, 明确两类人才成长的外部情境差异将有助于科技人才成长管理和政策制定。采用模糊组态分析了来自中国科学院 30 个研究所从事基础研究与技术开发的共 115 名科技人才和 48 名普通科研人员的外部成长要素数据, 发现从事基础研究工作的科技人才成长强调“名师高徒”, 只有少量基础研究人才来自非高层次本科高校并经出国学习或项目历练得以成才; 从事技术开发工作的科技人才主要通过科研项目历练得以成长, 他们的成长对本科高校层次也有较高要求。值得注意的是, 在两类科技人才成长情境中, 团队规模不起作用或起负向作用。最后, 讨论了相关理论贡献与管理启示。

关键词: 科技人才, 人才成长, 基础研究, 技术开发

中图分类号: G316

科技人才是衡量一国或某一地区科技创新水平的关键指标, 是实现民族振兴的战略保障。科技人才成长是多要素共同作用的结果^[1,2], 其中, 外部要素包括: 高等教育、导师声誉、出国留学、科研团队规模、科研项目等。科技人才的成长因素是多要素共同作用的结果, 难以通过质性分析或回归分析得到成长情境的差异性结论, 适用组态分析方法进行多要素共同作用分析。此外, 根据人才分类开发管理原则, 基础研究和技术开发工作存在性质差异, 相应的两类科技人才成长外部环境也可能存在差异, 这一课题当前还缺少相关实证结论。为此, 本文将利用模糊组态分析法(fsQCA), 对从事基础研究与技术开发的科技人才成长所需要的外部要素组合开展实证分析。相关结论对于科技人才理论研究, 以及政策与管理实践均有一定借鉴价值。

收稿日期: 2023-03-20 **修回日期:** 2023-06-09

基金项目: 高层次科技人才流入与研发团队创造力的关联研究(71974178); 高新技术产业突破性创新的形成机制与模式研究(71932009); 基于制度逻辑的科研团队突破性创造力形成机理: 以国家重点实验室为例(E2E40806X2)

作者简介: 汤超颖(1970—), 女, 浙江临海人, 中国科学院大学经济与管理学院教授、博士生导师, 研究方向为创造力和创新管理、科技人才。

徐家冰(2000—), 男, 山东济南人, 中国科学院大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为创新管理和科技人才。

毛适博(1984—), 男, 浙江奉化人, 中国科学院大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为科技人才管理。通讯作者, Email: maoshibo@sinochem.com。

1 文献综述

1.1 科技人才外部成长要素研究

当前有关科技人才成长的外部要素研究，主要结论聚焦在以下六方面要素：（1）高等教育质量对科研人员成才的影响。高等教育质量关系理论知识学习和研究方法训练成效，学校的学术氛围与学术榜样，也深刻影响着学生的科学探索精神、科研目标与科研动机。有研究发现，本科高校层次（指“985”工程重点学校、“211”工程重点学校和一般院校）对科研人员成长有显著正向作用^[3]。但是，也有研究发现，高层次大学出人才并非缘于高校教育质量，而是来自高考的人才选拔机制，经过高考选拔赛进入高层次大学的本科生，学习素质、智力水准往往更出色，后续培养能够起到事半功倍的效果。

（2）出国留学对科研人员成才的影响。到发达国家接受教育培训，有助于获得职业能力、开阔视野、提升创新精神，国内杰出科技人才大多都具有发达国家学习经历^[4]，毕业于海外高校有助于科研人员职称晋升和入选人才计划^[1]。但是，也有学者提出了相反的结论，认为留学归国人员长期受国外环境、文化影响，导致行为模式、研究方向等与国内环境存在差异，反而不利于回国后的职业成长^[5]。

（3）导师学术声誉对科研人员成才的影响。声誉是个体影响力的主要来源，是对个体性格特征和历史成就的综合评价。导师声誉是指其学术声望和地位^[6]。高学术声誉增进了信任，有利于学术合作。导师声誉有助于科研人才成长^[7]。高声誉导师凭借其丰富的知识储备、宽阔的国际视野以及社会网络，加速科研人员成长。导师的知识积累与科研探索为科研人员提供了知识和经验，影响科研人员的目标设定、学习能力，以及成长轨迹。

（4）团队规模对科研人员成才的影响。团队是科研人员成长的平台，纵观已有文献，科研团队规模与科研人员成长之间存在密切的联系，但其变化如何影响科研人员成长并没有得到明确的回答。有些研究发现科研团队规模越大研究质量越高，学术成果的影响力越大。但是也有研究发现团队规模对团队绩效有负向的影响，大规模团队善于挖掘已有的创意有更好的大项目表现，而较小规模的团队则更能创造前沿理论和技术，更有创造力^[8]。

（5）项目经费对科研人员成才的影响。政府通过科技项目经费的划拨，支持或引导科研机构或团队从事科技创新活动，充足的经费是科研创新的重要保障，也是科研人才成长的重要外部要素^[9]。多数研究发现科研经费投入促进了科研产出，助力科研人员加速成长，也有少量研究表明，在项目经费不足的情况下小规模科研团队会更为深入地搜索信息，尝试新技术机会，从而有利于促进科学发现和技术发明^[8]。

（6）项目数对科研人员成才的影响。重大科技项目是人才发展的事业平台，项目历练可以促进高层次科技人才的成长^[10]。主持科研项目可以提升科研人员的统筹规划与团队管理能力，是人才成长的重要环节，青年时段参与科研项目的学术经验及能力积累对于其个人的整个学术生涯都有着重要的影响。但是，也有研究表明，主持多个项目所带来的科研

项目的非业务工作也可能对科研工作精力造成挤占。研究发现，科研领域存在“效用递减”问题，主持项目较少的科研人员更具科研热情，有更高的科研投入，绩效产出和学术成长表现更好^[11]。

上述六个外部要素对科研人才成长的影响可能存在组合效应，这是当前研究所忽略的。目前外部要素如何共同作用于科研人才成长并不明朗，这不利于系统开展科技人才成长环境管理与政策制定。

1.2 基础研究人才与技术开发人才外部成长情境的异同

基础研究和技术开发是不同性质的科研工作。基础研究以揭示客观事物未知的本质和规律为目的，旨在找寻和探索新知识，找到、发明或发现问题。基础研究成果产出主要表现在公开发表的论文，成果对经济生活往往没有直接的作用，但具有溢出效应，是科技创新的源头^[12]。而技术开发则追求科技知识的新应用^[13]，侧重于利用现有的理论和方法解决实际问题，其产出以专利、新产品开发与设计等形式体现。

当前少量研究涉及两类科技工作中的人才成长。包括：高等教育经历是基础研究人才成长的关键要素，包括本科院校水平、留学经历和导师声誉等^[14]；另一方面，技术开发人员不仅要有一定的理论基础，更要有较强的实践和应用创新能力，因此主持项目数和项目经费投入在其成长过程中最为关键^[11]。

综上所述，影响科技人才成长的六大要素如何共同作用于科技人才成长？对于基础研究人才与技术开发人才，六大要素的组合状况是否有所不同？当前还没有研究对此做出回答。本文将收集从事两类科研工作的科技人才数据，开展实证分析。

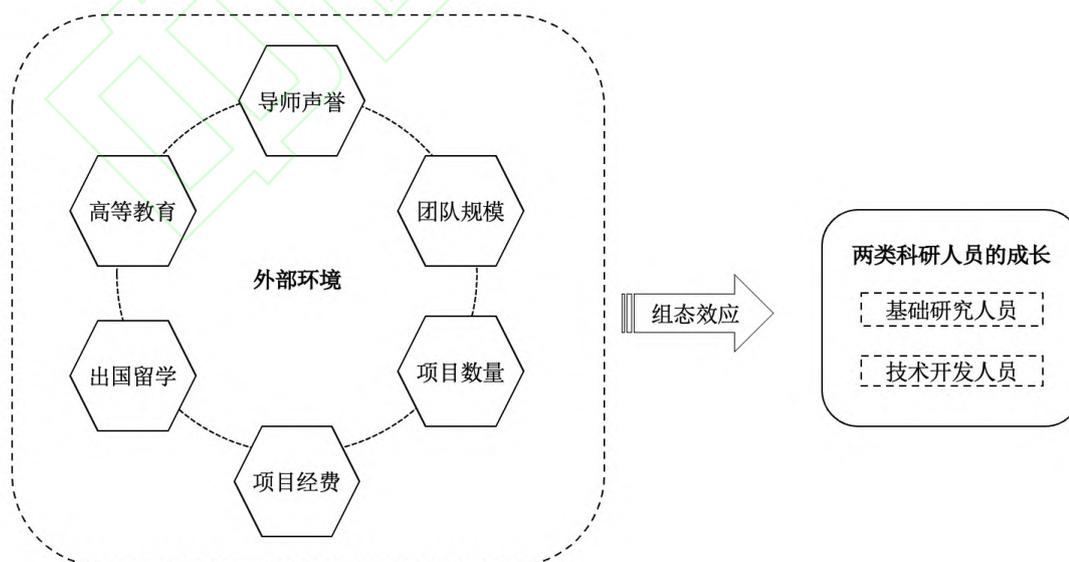


图1 理论研究模型
Figure 1 Theoretical research model

2 研究设计

2.1 成组抽样和数据收集过程

本研究的样本为中国科学院分布在 10 个省份的 36 个研究所。本研究得到各所人事处长支持，按以下标准对科研人员进行成对抽样：研究领域相近、年龄相近、创新成果有显著差异、个人成长有显著差异。因此，本研究中的“人才组”和通常认识中的人才奖项或杰出人才称号获得者有所不同。本研究中的“人才组”是指在中科院研究所的年龄与专业相似群体中表现明显突出的那组科研人员。采用这一样本收集方法旨在以比较组分析方法探索科研人员成长要素。人事处在邀请所筛选出的科研人员时，告知他们：有一项学术性研究邀请他们填写一份科研人员成长要素的相关问卷，问卷的回答与人事处相关业务工作没有任何关系，填写为自愿行为，调查问卷上没有姓名只有编号，并将直接密封寄往指定地点，所有数据只做匿名分析。科研人员的问卷内容主要包括：本—硕—博毕业高校信息、导师声誉（是否院士）、出国访学次数和时长（月）、主持国家级项目信息、总项目经费、项目数量、团队规模、SCI/SSCI/EI 学术论文的总引用量等数据。同时，人力资源处提供了他们的性别、年龄、学历、职称、专业领域等信息，并核对了数据。在收集上来的 547 名科研人员数据中有 163 个科研人员的数据满足本研究的要求，包括分布在基础研究与技术开发两类工作中的人才组样本 115 人和普通组样本 48 人，基础研究 104 人、技术开发 59 人。样本人口统计学情况见表 1。

表 1 人口统计学特征
Table 1 Demography statistics

变量	项目	人才组 (N=115)	非人才组 (N=48)
年龄	45 岁以下	29 (25.2%)	21 (43.7%)
	46 岁~55 岁	63 (54.8%)	20 (41.7%)
	56 岁以上	23 (20.0%)	7 (14.6%)
性别	男	98 (85.2%)	37 (77.1%)
	女	17 (14.8%)	11 (22.9%)
专业领域	基础研究	70 (60.9%)	34 (70.8%)
	技术开发	45 (39.1%)	14 (29.2%)
出国次数	0 次	53 (46.1%)	35 (72.9%)
	1 次	31 (27.0%)	6 (12.5%)
	2 次	15 (13.0%)	4 (8.3%)
	3 次及以上	16 (13.9%)	3 (6.3%)
教育背景	硕士	0 (0.0%)	6 (13.0%)
	博士	113 (100.0%)	40 (87.0%)
	缺失值		4 (2.5%)

为了检验对科研人员成组选样的准确性。首先，选取反映科研人员职业成长常用指标进行检验，即对两组科研人员的 SCI/SSCI/EI 论文量、论文引用量、职称（1=中级职称，2=副研，3=正研）、所获荣誉与奖项进行配对抽样方法检验。由于六个指标均未通过正态分布检验（ $ps < 0.01$ ），因此使用非参数检验中的 Mann-Whitney 秩和检验方法进行检验，结果如表 2 所示：人才组科研人员在 SCI/SSCI/EI 论文发表量、论文引用量指标、职称和所获荣誉与奖项上得分的中位数均高于普通组科研人员（ $ps < 0.05$ ）；人才组科研人员博士毕业后在更早主持国家级项目（ $P = 0.019$ ）。因此，本研究中以配对抽样方法得到的两组科研人员，在成长表现上的确存在显著差异，配对抽样实施效果达到研究要求。

表 2 配对抽样方法的准确性检验结果 (N=163)
Table 2 Results of accuracy tests for paired sampling methods (N=163)

指标	人才组		普通组		U	P
	Me	IQR	Me	IQR		
SCI/SSCI/EI 论文发表量	22.500	33.000	19.000	14.000	65953.691	< 0.001
论文引用量	100.000	458.000	17.000	120.000	64580.600	0.025
职称	3.000	0.000	2.000	0.000	51635.713	< 0.001
荣誉与奖项	3.000	4.000	0.000	2.000	66865.671	< 0.001

2.2 数据分析策略

本文将采用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法来探索两类科技人才成长的路径差异。主要原因如下：科技人才成长是多要素共同作用的结果^[1,2]，两类科技人才的归类现状可能受多种要素组合影响，传统的因果线性分析要求模型简洁，难以揭示相关机理。模糊集定性比较分析(fsQCA)适用于分析小样本数据条件下的要素组态^[15,16]，适用于分析科技人才外部成长要素的组合状况。分析步骤如下：单个条件必要性分析，fsQCA 条件组态的充分性分析，稳定性检验。

3 分析结果

3.1 校准与描述性统计

数据校准是将案例赋予集合隶属度的过程^[17]，参考前人的研究^[18]，本研究采用直接法将各个前因条件变量和结果变量校准为模糊集，根据样本数量情况设置符合要求的校准点。

组态构建中为减少某一组态在结果是与非中同时归为子集，即同因异果偏差，需要进行子集关系一致性的测量。由于组态覆盖的案例数量即频数阈值大小需要视样本规模而定^[16]，中小样本不少于 1（大概 10~100 个案例），大样本要适当提高。前人研究提出“不一致性的比例减少”指标(Proportional Reduction in Inconsistency, PRI)，即一致性水平，不得低于 0.75^[16]，

比如 0.8^[15]或 0.76^[19]。本研究结合数据量，将基础研究人员原始一致性水平设为 0.76、技术研究人员设为 0.8。同时剔除太过极端的案例并在符合案例频数标准的情况下过滤只出现一次的案例，本文将基础研究人员与技术研究人员的案例频数分别设为 1 和 2，最终进入分析流程的样本数超过总案例数的 75%。

本文前因条件变量和结果变量共有三种数据类型，其中，科技人才（是否为人才组）、导师声誉（导师最高荣誉是否是院士）和本科院校（本科院校是否为 211 院校）为二分数据；项目总经费和项目数为连续型变量，出国经历和团队规模为分类数据。对于二分数据，“是”校准为 1，“否”校准为 0。对于连续型数据，由于项目总经费和项目数是少有研究能够获得的测量数据，缺乏外部和理论标准，如上所述，本研究采用直接法将连续变量校准为模糊集，利用中位数分割法，将前因条件和结果变量完全隶属、交叉点和完全不隶属的 3 个校准点分别设定为总样本数据的 95%、50%和 5%分位数。表 3 为各变量校准锚点及描述性统计。均值反映了情况在变量中的隶属度。例如，对于二元变量，科技人才的平均值意味着我们的样本中有大量的研究人员是属于人才组。

表 3 主要变量校准和描述性统计
Table 3 Data calibration of core variables and Descriptive statistics

条件和结果	模糊集校准			描述性统计			
	完全不隶属	交叉点	完全隶属	均值	标准差	最小值	最大值
科技人才	0.000	/	1.000	0.706	0.457	0.000	1.000
导师声誉	0.000	/	1.000	0.730	0.445	0.000	1.000
出国经历	1.000	3.000	5.000	0.270	0.349	0.000	1.000
本科院校	0.000	/	1.000	0.681	0.468	0.000	1.000
团队规模	1.000	3.000	5.000	2.258	1.022	1.000	5.000
总项目经费（万）	0.000	260.000	6000.000	1100.384	1917.583	0.000	9550.000
项目数	0.000	2.000	9.000	3.025	3.988	0.000	32.000

3.2 单个条件必要性分析

首先通过 NCA 检验单个条件是否构成成才的必要条件，并用 fsQCA 检验必要条件分析结果的稳健性。NCA 不仅可以识别特定条件是否是某一结果的必要条件，还可以分析必要条件的效应量，即瓶颈水平，它表示产生特定结果需要必要条件的最低水平。通过上限回归（CR）和上限包络分析（CE）生成相应的函数可得到效应量，效应量取值在 0~1 之间，越大代表效应越大，小于 0.1 代表效应量太小^[15]。

表 4 报告了 NCA 分析结果，包括采用 CR 和 CE 两种不同估计方法得出的效应量。本研究选取的六个指标尽管显著，但均未达到 0.1 的标准，均非科研人员成才的必要条件。进一步采用 QCA 方法检验必要条件，必要条件存在不一定导致结果的发生，仍需与其他因素

共同作用才会产生相应的结果。参考已有研究广为认可的一致性门槛 0.9 以上作为判断必要条件的标准，如表 5 所示，所有条件的一致性水平均低于 0.9，因此，本研究选取的六个前因条件并非科研人员成才的必要条件。

表 4 NCA 方法必要条件分析结果¹

Table 4 Results of the NCA method necessary conditions analysis

条件	方法	精确度	上限区域 (ceiling zone)	范围	效应量 (d) ²	P 值 ³
导师声誉	CR	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
出国次数	CR	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
本科院校	CR	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	1.000	0.000	1.000
团队规模	CR	100%	0.000	0.450	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	0.450	0.000	1.000
总项目经费	CR	100%	0.000	0.690	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	0.690	0.000	1.000
项目数	CR	100%	0.000	0.950	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	0.950	0.000	1.000

注：1.仅展示基础研究人员结果，技术研究人员结果仅范围值不同。2. $0.0 \leq d < 0.1$ ：“低水平”； $0.1 \leq d < 0.3$ ：“中等水平”。3. NCA 分析中的置换检验（permutation test，重抽次数=10000）。

表 5 QCA 方法单个条件的必要性检验

Table 5 Result for the necessity analysis of single condition variable

条件变量	基础研究人才		技术开发人才	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
导师声誉	0.714	0.714	0.319	0.865
~导师声誉	0.286	0.750	0.681	0.644
出国经历	0.300	0.678	0.298	0.778
~出国经历	0.700	0.746	0.702	0.673
本科院校	0.619	0.722	0.745	0.753
~本科院校	0.381	0.727	0.255	0.585
团队规模	0.207	0.805	0.345	0.740
~团队规模	0.793	0.706	0.655	0.683
总项目经费	0.299	0.739	0.489	0.825
~总项目经费	0.701	0.718	0.511	0.613
项目数	0.363	0.698	0.499	0.795
~项目数	0.637	0.740	0.501	0.628

3.3 条件组态充分性分析

fsQCA3.0 输出的条件组态表有三种复杂程度不同的解：复杂解、简约解和中间解，借

鉴前人研究^[20]，本研究将汇报中间解，并辅之以简约解。表 6 和表 7 为科技人才六个外部成长要素组合。实心圆表示‘条件存在’，含叉圆表示‘条件缺席’，空格表示‘该条件可存在亦可缺席’，大圆为核心条件（同时存在于简约解和中间解的条件），小圆为辅助条件（仅存在于中间解中的条件）^[20]。相同核心条件的组态被归为一类，并按照组态唯一覆盖率水平大小从左至右排列。

第一，基础研究领域科研人员成才的外部条件组合。基础研究领域科研人员成才要素组合见表 6。得到的 3 个组态的一致性水平均高于门槛值 0.80^[19]，总体解的一致性为 0.863，总体解的覆盖度是 0.382，与已有组织与管理领域的 QCA 研究基本持平，要素组合具有较好的结果解释度，三类组态对从事基础研究工作科技人员成才的预测概率为 38%。三类组态反映了有助于科技人才成长的外部情境，分别如下：

成长情境 1：“名师高徒”。即，成长条件为：院士导师、科研人员自身高学习素质（通过高考选拔进入“211”高校）、团队规模较小、项目数和项目经费较少。该组态的覆盖率（0.285）明显高于其他组态（分别为：0.066 和 0.027），说明它是基础研究领域科研人员成才的主导情境。这一情境对导师和学生要求较高。

成长情境 2a 是“出国学习”，成长情境 2b 为“项目实践”。即当导师为非院士，而且自身早期学习素质不突出的科研人员，依然可以通过出国访学获取知识提升能力，或通过科研项目提升自身科研能力，走上成才之路。这两类情境的成才机率相对较小。

表 6 基础研究领域科技人才外部成长情境的组态
Table 6 Configuration of external growth contexts for scientific and technological talent in basic research

前因条件	组态解		
	1	2a	2b
导师声誉	●	⊗	⊗
本科院校	●	⊗	⊗
团队规模	⊗		
出国次数		●	⊗
项目总经费	⊗	⊗	●
项目数	⊗	⊗	●
一致性	0.824	1	1
原始覆盖率	0.285	0.070	0.031
唯一覆盖率	0.285	0.066	0.027
总体解的一致性		0.863	
总体解的覆盖度		0.382	

第二，技术开发人员成才的外部要素组态。技术开发人员成才路径即充分条件见表 7。得到的 4 个组态的一致性水平均高于门槛值 0.80，总体解的一致性为 0.852，总体解的覆盖度是 0.373，四类组态对技术开发工作的科技人员成才的预测概率为 37%。四类情况分别如下：

成长情境 1：“经项目历练成长”。即，虽然出国次数少，但是个人早期学习素质好（本科考入 211 高校），通过主持大型项目（项目总经费）和多项目经验（项目数），走上成才之路。其中，总项目经费和项目数是核心辅助条件。因此，这一成长情境强调了主持项目对技术开发领域科技人才成长的重要贡献。

成长情境 2：“国际化成长”。即科研人员早期学习素质高（高考入选“211”）、有频繁的国际合作（出国次数）。团队规模、总项目经费和项目数是辅助缺席条件，即成长对此三要素的依赖程度较低。这一成长情境强调了高个人学习素质与国际合作对技术开发领域科技人才成长的重要贡献。

成长情境 3a：“立足本土、名师与项目共同催化”。即，自身学习素质高、项目总经费多、团队规模小而且出国次数少。反映出高学习素质与项目支持促进技术开发领域科技人才成长。值得注意的是，这类成长情境对出国次数依赖程度低，可能是由于出国交流占用时间，而且国外知识与国内项目的匹配程度不一定高。此外，项目总经费高容易导致团队规模过大，由此带来的团队协调需要占用主持人较多工作精力，反而不利于专心从事科研工作。

成长情境 3b：“基于小团队、名师与项目共同催化”。即，得到名师辅导，有丰富的项目主持经验，而且团队规模小。反映出导师与项目经验对技术开发领域科技人才成长的促进作用。

表 7 技术开发领域科技人才外部成长情境的组态

Table 7 Configuration of external growth contexts for scientific and technological talent in high-technology field

前因条件	组态解			
	1	2	3a	3b
导师声誉			●	●
本科院校	●	●	●	●
团队规模		⊗	⊗	⊗
出国次数	⊗	●	⊗	
项目总经费	●	⊗	●	●
项目数	●	⊗		●
一致性	0.864	0.841	0.869	0.897
原始覆盖率	0.252	0.131	0.178	0.177
唯一覆盖率	0.085	0.054	0.025	0.020
总体解的一致性			0.852	
总体解的覆盖度			0.373	

以上分析结果说明：促进基础研究人才与技术开发人才成长的外部情境是多样化的。两类领域的科技人才成长情境上有较明显的不同。基础研究领域的科技人才成长强调“名师高徒”，而技术开发领域科技人才的成长主要是通过科研项目历练成长。技术开发领域科技人才对于早期学习素质或本科高等教育有较高的要求，但是，在基础研究领域，也有少量本科没接受高质量教育的科研人员通过出国学习或项目历练得到成长。值得注意的是，在两类科技人才成长情境中，团队规模并不起作用，或起负向作用。

3.4 稳定性检验

我们遵循已有的两种方法开展 QCA 分析结果的稳健性检验^[16]：一种是基于集合论特定的方法，改变一致性或频数阈值进行稳健性检验^[15]；另一种则是改变校准方法。两种检验的结果如下：（1）调整一致性阈值检验结果。本文将从事基础领域研究人员数据 PRI 一致性水平从 0.76 提高至 0.85。此时，总体解的一致性提高至 0.924，总体解的覆盖率减少至 0.230，从组态之间集合关系来看，从事基础领域研究人员的组态 1 的辅助条件发生了微小改变，增加了出国次数存在条件，正是调整前组态 1 的子集。同理，将从事技术开发领域研究人员数据 PRI 一致性水平从 0.8 提高至 0.85。此时，总体解的一致性提高至 0.877，总体解的覆盖率下降至 0.271，结果得到的组态 1 和组态 2 分别是表 7 中组态 1 和组态 2 的子集，说明结果稳健^[15]。（2）改变校准方法的检验结果。为了排除各条件校准标准的不同，将总项目经费和项目数的校准方法由原本的 95%、50%、5% 调整为上四分位、中位数、下四分位，并重新进行组态构建，得到的组态均与调整前组态一致，结果依然稳健。以上结果表明：本文研究结论有较好的稳健性。

4 讨论与建议

4.1 理论启示

本文基于人才成长的外部要素组态分析视角，分析两类科技人员成才的外部情境，本文的主要理论贡献如下：

第一，本文发现了单个外部要素并非是促使科研人员成才的必要条件，科技人才成长是外部要素共同作用的结果。与先前研究相似，高等教育经历等是科研人员成长的必要但不充分条件^[1]，本文进一步指出科技人员成才需要多种外部要素的组合，它们构成了科技人才多类型的外部成长情境，这为科技人才研究提供了新思路与新证据。此外，本文首次整合 QCA 和 NCA 方法用于分析研究科研人员成才外部成长情境，组态分析方法的应用丰富了科技人才研究的现有方法（比如，履历分析法^[21]）。

第二，本文根据科研工作的性质差异，证明基础研究与技术开发领域的科技人才外部成长情境存在异同。“名师高徒”更有利于基础研究领域的人才成长，而技术开发领域的科技人员则可以通过项目的历练得到成长，实践成长逻辑。科技人才成长情境的领域差异性视角，为当前的科技人才研究引入新角度，深化了当前对科技人才成长要素的理解^[14]，丰富了科技人才成长领域差异性理论。

4.2 实践启示

本文的研究结论对科技人员和政策制定者具有以下实践启示：（1）科技人才要开展分类培养。要为基础研究人才与技术开发人才成长设计不同的培养方案。基础研究领域的科技人

才成长的主导情境是“名师高徒”，需要大力提升导师科研水平和高等教育质量，帮助更多高潜力科研人员有机会得到名师指导。相对而言，技术开发领域科技人才更容易凭借主持重大项目或出国留学而走向成才，要给予有潜力的科研人员更多机会主持项目，通过科研实践积累隐性技术知识；加强国际合作平台的建设，增进对技术发展国际前沿动向的了解，在科技发展的前沿问题上做出创新。

(2) 要重视科研领域的国际交流。无论是基础研究还是技术开发，国际交流都是科技人才成长情境中的组态要素。在基础研究人才中，有少量人才在本科阶段并未接受高水平高等教育，而是通过出国学习得到成长，这揭示我们要加大高等教育改革，提升高等教育质量，学习国际高水平大学重视学生创新能力培养。本研究也尝试分析了科技人员的硕士与博士阶段的高校层次对其成长的影响，并没发现它们形成显著影响。这也侧面说明，我们的高等教育对科技人才的促进作用可能低于社会普遍预期，高校培育研究生创新能力的策略还有待提升。

(3) 要合理配备科研团队成员数量，科学看待科研团队规模的作用。本研究发现在两类科技人才成长情境中，团队规模并不起作用，或起负向作用。一方面，团队规模带来了科研管理的精力投入；另一方面，科研团队的规模可能更有助于工程研发领域的科技人员成才，对于需要原创成果，独辟蹊径的基础研究，以及对接应用创新的技术开发，人数众多不能必然有助于创新成果取得。

本研究的结论也提示相关政策制定者，要关注多种政策对人才成长所产生的组合效应，走出当前科技人才政策协同度低下的困境。同时，在制定科技人才政策时，要注意基础研究人才与技术开发人才成长对环境的不同要求，在科研经费、研究生指标、科研项目申报限额等政策设计上，关注不同科研工作性质的差异化要求，实现科技政策、人才政策、教育培育政策共同发力，为科研人才成长提供有效的个性化外部环境。

参考文献

- [1] 周建中, 闫昊, 孙粒. 我国科研人员职业生涯成长轨迹与影响因素研究[J]. 科研管理, 2019, 40(10): 126-141.
Zhou J Z, Yan H, Sun L. A study of career development path and the influencing factors of researchers in China[J]. Science Research Management, 2019, 40(10): 126-141.
- [2] 瞿群臻, 王嘉吉, 唐梦雪等. 基于逻辑增长模型的科技人才成长规律及影响因素研究——以海洋领域科技人才为例[J]. 科技管理研究, 2021, 41(12): 157-164.
Qu Q Z, Wang J J, Tang M X, et al. Research on the growth law and impact factors of scientific and technological talents based on logical growth model: Taking the marine scientific and technological talents as an example[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(12): 157-164.
- [3] 李祖超, 钟萃, 李冬东. 国家杰出青年科学基金资助者的成长历程研究——基于稀疏矩阵与粒子群算法的综合分析[J]. 高等工程教育研究, 2016(6): 81-86.

- Li Z C, Zhong P, Li D D. On the growing course of national science fund for distinguished young scholars grantees[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2016(6): 81–86.
- [4] 牛珩, 周建中. 基于 CV 分析方法对中国高层次科技人才的特征研究——以“百人计划”、“长江学者”和“杰出青年”为例[J]. *北京科技大学学报(社会科学版)*, 2012, 28(2): 96–102.
- Niu H, Zhou J Z. A Characteristic Study of the High-level S&T Talents in China Based on CV Analysis——Taking the Projects of “Hundred Talents Program”, the “Yangtze River Scholar” and “Outstanding Youth” as Examples[J]. *Journal of University of Science and Technology Beijing (Social Sciences Edition)*, 2012, 28(2):96-102.
- [5] 苏一凡. 广东省高校留学归国人员绩效及其影响因素研究——以广州十所高校为例[J]. *华南师范大学学报(社会科学版)*, 2012(4): 40–45.
- Su Y F. An empirical research on the performance of returned personnel studying abroad and its influencing factors: Take ten universities in Guangzhou as an example[J]. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, 2012(4): 40–45.
- [6] 闫昊, 赵延东, 周建中. 导师身份对科研人员职业成长影响的实证研究[J]. *科研管理*, 2021, 42(5): 191–199.
- Yan H, Zhao Y D, Zhou J Z. An empirical research on the impact of tutor identity on Chinese researchers' career development[J]. *Science Research Management*, 2021, 42(5): 191–199.
- [7] 王佳匀, 于璇, 汪雪峰等. 优秀青年科技人才成长典型特征分析: 以优秀青年科学基金获资助者为例[J]. *中国科学基金*, 2021, 35(2): 290–297.
- Wang J Y, Yu X, Wang X F, et al. Analysis of typical characteristics of the growth of excellent young scientific and technological talents: The case of excellent young scientist fund recipients[J]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2021, 35(2): 290–297.
- [8] Wu L, Wang D, Evans J A. Large teams develop and small teams disrupt science and technology[J]. *Nature*, 2019, 566(7744): 378–382.
- [9] 夏玉辉, 彭雪婷, 杨帆等. 国家科技计划项目经费管理改革对人才激励的影响分析[J]. *中国科技论坛*, 2020(12): 22–29.
- Xia Y H, Peng X T, Yang F, et al. Analysis of the incentive effects of the national science and technology program management policy reform on talents motivation[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2020(12): 22–29.
- [10] 王剑, 孙锐, 陈立新等. 我国高层次创新型科技人才培养的若干问题研究[J]. *科学与科学技术管理*, 2012, 33(8): 165–173.
- Wang J, Sun R, Chen L X, et al. Some issues in the policies for foster scientific elite in China[J]. *Science of Science and Management of S.& T.*, 2012, 33(8): 165–173.
- [11] 尚虎平, 赵盼盼. 项目申请者的哪些特征影响科研绩效提升?——一个面向国家自然科学基金产出的倒序评估[J]. *科学学研究*, 2014, 32(9): 1378–1389.
- Shang H P, Zhao P P. What factors of the applicants are influencing the output performance of research projects? A back chaining evaluation based on the data of national science foundation[J]. *Studies in Science of Science*, 2014, 32(9): 1378–1389.
- [12] Brooks H. The relationship between science and technology[J]. *Research Policy*, 1994, 23(5): 477–486.
- [13] Tang C, Zhang Y, Reiter-Palmon R. Network centrality, knowledge searching and creativity: The role of domain[J]. *Creativity and Innovation Management*, 2020, 29(1): 72–84.
- [14] 周建中, 赵璐. 我国基础领域科研人员职业发展状况研究[J]. *科学学研究*, 2019, 37(3):

476–483.

Zhou J Z, Zhao L. Study on the development of scientific researchers in basic research fields in China[J]. *Studies in Science of Science*, 2019, 37(3): 476–483.

- [15] 杜运周, 刘秋辰, 程建青. 什么样的营商环境生态产生城市高创业活跃度? ——基于制度组态的分析[J]. *管理世界*, 2020, 36(9): 141–155.

Du Y Z, Liu Q C, Cheng J Q. What kind of ecosystem for doing business will contribute to city-level high entrepreneurial activity? A research based on institutional configurations[J]. *Management World*, 2020, 36(9): 141–155.

- [16] Schneider C Q, Wagemann C. Set-theoretic methods for the social sciences: a guide to qualitative comparative analysis[M]. New edition ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

- [17] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA):管理学研究的一条新道路[J]. *管理世界*, 2017(6): 155–167.

Du Y Z, Jia L D. Configurational perspective and qualitative comparative analysis (QCA): A new approach to management research[J]. *Management World*, 2017(6): 155–167.

- [18] Fiss P, Sharapov D, Cronqvist L. Opposites attract? Opportunities and challenges for integrating large-N QCA and econometric analysis[J]. *Political Research Quarterly*, 2013, 66: 191–198.

- [19] 张明, 陈伟宏, 蓝海林. 中国企业“凭什么”完全并购境外高新技术企业——基于94个案例的模糊集定性比较分析(fsQCA)[J]. *中国工业经济*, 2019(4): 117–135.

Zhang M, Chen W H, Lan H L. Why do Chinese enterprises completely acquire foreign high-tech enterprises——A fuzzy set qualitative comparative analysis (fsQCA) based on 94 cases[J]. *China Industrial Economics*, 2019(4): 117–135.

- [20] Fiss P. Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research[J]. *Academy of Management Journal*, 2011, 54.

- [21] 周建中, 肖小溪. 科技人才政策研究中应用 CV 方法的综述与启示[J]. *科学学与科学技术管理*, 2011, 32(2): 151–156.

Zhou J Z, Xiao X X. The suggestions and summaries of CV method in the research of the S&T talent policy[J]. *Science of Science and Management of S.& T.*, 2011, 32(2): 151–156.

FsQCA Analysis of Differences of Two Kinds of Scientific and Technological Talents' Growth Environment

TANG Chaoying, XU Jiabing, MAO Shibo

(School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190, China)

Abstract: The growth of scientific and technological talents requires a combination of external factors. Among the kinds of external factors, six of them were widely recognized: quality of higher education, study abroad, academic reputation of mentors, team size, project funding, and project counts. However, the empirical results of their effects keep controversy. The main reason of the conflict findings may rest on the fact that the nature of work between scientific research and technology development is different, which then lead to the differences in the external growth environment of scientific and technological talents. This raises up an important research question: will the growth environment of talents doing scientific work or doing technology development work domain specific or domain general? Answering this question will shed light on the scientific and technological talents' management and policy making.

It is difficult to obtain the package of multiple factors for the growth of scientific and technological talents by using qualitative research method or regression analysis method. The good news is that the configuration analysis method is appropriate to be used to analyze the joint effects of multiple factors.

The samples of this study included 115 scientific and technological talents and 48 ordinary researchers from 30 research institutes of the Chinese Academy of Sciences, whom engaged in basic research work and technology development work. The data of their six external environment factors (quality of higher education, study abroad, academic reputation of mentors, team size, project funding, and project counts) were collected. Results of the fuzzy-set qualitative comparative analysis turned out that the growth of scientific and technological talents engaged in basic research work was heavily dependent on "famous supervisor and excellent student". Only a small number of research talents study undergraduate at non top universities, meanwhile have abroad learning and working experiences, or have research projects leading experiences. Conversely, the main factors for the growth of talents engaged in technology development work were research project experience and the quality of their undergraduate education. Notably, team size did not play a significant role or even had a negative effect on the growth of both types of talents.

Based on the above findings, the study points out a domain specific theory of external environment of the growth of scientific and technological talents. Suggestions towards talent management included: to facilitate the growth of scientific research talents, it is necessary to vigorously improve the research ability of supervisors and the quality of higher education, and give high-potential talents the opportunity to receive directions from famous supervisors. On the other hand, in order to facilitate the growth of technological talents, the effective approaches include supplying more opportunities to lead research projects, accumulating implicit technical knowledge through practice, establishing international cooperation platforms, and enhancing the understanding of cutting-edge trends in technology development field globally. Moreover, an urgent requirement is to improve the education quality of domestic universities in China. One critical task is to cultivate graduate students' creativity, stimulate their research curiosity.

The findings of this study also suggest that the appropriate team size would be different for the talent growth in different domains. Small team size is better for scientific research work, and big team size is more conducive to the success in the field of technology development. As such, relevant policy makers should pay attention to the combined effects of various policies on talent growth, enhance the synergy of scientific and technological talent policies, which is quite less currently. That is, integrative using scientific and talent policies such as research fundings, student enrollment quota and research project application limit.

Key words: scientific and technological talents, talent growth, scientific research, technology development

