文章编号：2095-1663(2019)04-0035-10

理工科博士生科研能力的养成状况及其影响因素研究

——基于对我国研究生院高校的调查

李永刚，王海英

(天津大学 教育学院，天津 300350)

摘　要：现代科学研究的内涵与能力要求发生了重大变化，通过对研究生院高校理工科博士生的调查发现，当前我国博士生不仅在跨学科知识、知识产权知识、国际学术交流能力以及科研管理能力等新型科学能力要求上没有做好准备，而且在批判性思维、提出研究问题能力和学术写作能力等传统核心科学素养上也表现不佳。未来博士生科研能力的培养应重视跨学科课程、导师组与科研项目的建设，开设实用性强的方法技能类选修课程，提高学生参与国内外学术共同体交流的机会，注重发挥高水平导师和重点实验室的博士生培养效能，加强对不同类型博士生的个性化选拔与培养。

关键词：博士研究生；科学职业；知识生产模式；科研能力

中图分类号：G643　　**文献标识码**：A

博士生培养质量是我国研究生教育领域的一个核心议题，培养质量提升的关键在于科研能力的发展。而对于博士生科研能力的考察当前主要存在两种做法，一种是科研成果观，许多研究者以博士生的论文发表数量和质量、学术著作、专利申请数量、获奖数量[1]以及学位论文水平[2]等作为衡量指标，这种做法虽说是出于可操作性的考虑，但对博士生科研能力的理解存在窄化的嫌疑；另一种是能力要素观，这在博士学位授予的素质要求中体现最为明显，如我国 1981 年颁布的《中华人民共和国学位条例》[3]以及 2013 年国务院学位委员会制定的《一级学科博士、硕士学位基本要求》[4]中，都从学术道德与素养、基本知识及结构和基本学术能力等方面做出了具体要求。但其不足之处在于将博士生科研能力的要求局限于博士学位之上，并没有考虑到现代科学研究的发展趋势和变化特征，譬如 20 世纪 90 年代后，知识生产模式变革、学术资本主义发展以及“后学院科学”的兴起等等。因此本研究认为，针对知识经济时代发展的新特征，我们有必要从博士生成长内涵和未来科学研究发展趋势出发，重新审视我国理工科博士生科研能力的培养情况，以此来发现博士生能力发展的问题及其影响因素，从而为培养符合未来科学发展需求的博士生提出针对性建议。

一、理工科博士生科研能力框架与研究方法

(一)博士生科研能力框架

伴随着现代科学研究方式的改变以及科学家职业能力内涵的变化，最先受到冲击和影响的就是博士生教育，而培养什么规格的博士生以及如何培养适应科学职业新特征的博士生，又是新时期博士生教育急需反思与改革的问题所在。上述问题不仅引发了众多国际学者的注意，而且得到各国政府、大学

收稿日期：2018-12-29

作者简介：李永刚(1989－)，男，山西吕梁人，天津大学教育学院教育科学研究中心讲师。
王海英(1991－)，女，山西阳泉人，天津大学药物科学与技术学院教师。

基金项目：教育部人文社科青年基金项目“学术社会化视角下博士生科研能力的形成机制及其提升研究”(19YJC880046)

和专业协会的关注。为此，许多机构和研究者根据现代科学研究特征和职业需求，提出了不同的研究者或博士生科研能力框架。

2011 年英国 Vitae 机构与英国研究理事会、英国高等教育研究会等机构合作，开发出适用于学术内部或外部就业的《研究者发展框架（RDF）》，共涵盖知识与智力能力，个人效能，研究治理与组织，参与、影响和效果四个方面，具体包括 12 个一级指标，64 个二级指标。[5]法国高管就业协会与英国德勤咨询（APEC / Deloitte Consulting）公司合作通过对美国、英国、法国和德国等 8 个国家公共和私营机构高级研究者和研究管理者调查，发布了《研究领域所需的技能与能力：目标 2020》，构建了青年研究者科研能力框架，其中共包括 20 项能力，主要划分为科学能力、项目和团队管理技能、个人素质或人际交往技能等三个方面。[6] 此外，爱尔兰大学协会制定了《爱尔兰大学博士生技能要求》[7]，澳大利亚颁布了《国家研究生素质项目》[8]。然而，在我国，目前关于博士生科研能力的权威论述主要来源于 1981 年《中华人民共和国学位条例》中博士学位授予的条件，以及 2013 年国务院学位委员会和教育部联合制定的《一级学科博士学位基本要求》，不过二者均是从研究性博士学位的要求出发，并没有从科学职业要求的角度来考虑，这使得许多现代科学职业的新特征没有得到充分体现。

因此，本研究将采用李永刚构建的博士生研究者能力框架，该框架是运用 Nvivo 分析技术对英、美和澳大利亚等 6 个国家的 66 项政策文本进行内容分析而成，文本主要来源于对现代科学职业变革做出响应的政府、专业学会、行业协会以及研究型大学等发布的科研能力框架。因而，较好地体现了当代博士生教育发展趋势，具有较强的代表性和科学性。该框架共包括 4 个方面，9 个一级指标，21 个二级指标和 44 个三级指标，其中，学术志趣与品德方面包括学术志趣与个性、研究伦理与责任感；学科知识与方法技能方面包括方法技能知识、专业理论知识；科学思维与研究能力方面包括科学思维与认知能力、研究实施能力、研究呈现能力；合作与管理能力方面包括研究合作与交往能力、研究管理与领导能力[9]，具体见表 1 所示。考虑到实际调查的可行性，本文将主要在二级指标之中选取若干具有代表性的关键性科研能力和未来职业发展需求的能力进行调查。

表 1　博士生科研能力框架

维度	一级指标	二级指标
学术志趣与品德	学术志趣与个性	兴趣
		志向
		品质
	研究伦理与责任感	研究伦理与道德
		责任意识
学科知识与方法技能	专业理论知识	知识深度
		知识宽度
		知识前沿
	方法与技能知识	方法论知识
		知识产权知识
		语言技能
科学思维与研究能力	科学思维与认知能力	科学思维
		认知能力
	研究实施能力	研究假设与设计
		操作技能
	研究呈现能力	文字表达能力
		口头表达能力
研究合作与管理能力	研究合作与交往能力	团队合作能力
		学术交往能力
	研究管理与领导能力	组织管理
		研究领导力

（二）数据来源与样本信息说明

本文依托 2017 年中国研究生院院长联席会委托开展的研究生教育质量年度调查项目，研究所使用的数据来源于研究生院高校理工科博士生培养质量调查。课题组按照分层抽样的方式，以纸质问卷方式对 36 所研究生院高校的 3270 名博士生进行了的调查，最后回收 1888 份问卷，回收率为 57.7%。其中，性别比例接近 7:3；博一到博四年级占比依次为 35%、26%、19%和 10%；入学方式中以普通招考和硕博连读为主，二者分别占到 39%、42%，本科直博生约占 19%；理科、工科各占总体的 34%和 60%；实验室类型中，国家重点和省部级重点实验室分别达到 33%、25%，普通实验室的占比为 38%；在学校类型上，调查对象均为双一流学科高校，其中双一流大学和一流学科大学各占 83.5%、16.5%。具

体样本信息情况如表2所示。

研究所采用的调查工具为笔者依据博士生科研能力框架开发的“博士生科研能力素养培养质量调查”问卷，问卷涵盖了基本信息与科研能力部分，其中基本信息调查形式主要为填空和选择题，包括性别、年级、学科、入学方式、就读学校和所在实验室等。科研能力调查主要为5级评分的李克特量表，包括学术志趣与品德、学科知识与方法技能、科学思维与研究能力、研究合作与管理能力等四个维度，共计21道题项。科研能力调查题项的克隆巴赫系数为0.939，表明博士生科研能力调查量表的内部一致性信度非常理想。

表2 样本信息情况说明

类别	样本信息
性别	男(1284,68%)；女(603,31.9%)；缺失(1,0.1%)
年级	博一(663,35.1%)；博二(494,26.2%)；博三(371,19.6%)；博四(203,10.7%)；五年(101,5.3%)；五年以上(49,2.6%)；缺失(7,0.4%)
入学方式	普通招考(735,38.9%)；硕博连读(790,41.8%)；本科直博(356,18.9%)；缺失(7,0.4%)
学科类别	理科(649,34.4%)；工科(1124,59.5%)；缺失(115,6.1%)
实验室级别	国家重点实验室(631,33.4%)；省部级重点实验室(481,25.5%)；普通实验室(720,38.1%)；缺失(56,3.0%)
学校类型	双一流大学(1576,83.5%)；一流学科大学(312,16.5%)

二、理工科博士生科研能力的养成状况

在学术职业发展的过程中存在着一种吊诡现象，一方面科学职业的内涵越来越丰富，知识生产方式的变革以及外部环境的改变要求研究者具备更广泛的能力和素养，而另一方面学术职业评价却呈现出日益简单化的趋势，新公共管理主义的盛行，使得学术发表成为衡量研究者能力的最主要指标。如果说这种结果导向的评价方式，对处于知识生产阶段的学者或研究者有其适用性的话，那么对尚属于能力发展阶段的博士生而言则会产生很大弊端，仅以学术发表来判断博士生的科研能力极有可能会忽视掉一些新型知识生产方式所需的重要品质，如知识宽度、跨学科研究素养、合作能力和项目管理能力等等。为此，笔者依据研究者能力框架对博士生的具体科研素养进行了测量，试图从更为丰富的科研能力内涵入手来考察当下博士生科研能力的发展情况。

通过问卷调查和统计分析，结果发现博士研究生的科研能力发展不均衡，对于未来科学职业能力的需求也并没有做好准备。按照维度划分，首先，在学术志趣与品德方面，博士生的整体表现较好，学生认同自己对科学研究充满兴趣与热情、具有很高学术抱负、充分了解学术规范的平均值分别达到3.88、4.01和4.14，这表明博士生具有较高的学术志趣与品德。

其次，在学科知识与方法技能方面，统计显示学生的知识深度和知识前沿掌握相对较好，平均值分别达到3.77、3.76，但在知识宽度、知识产权知识和学术英语交流技能方面表现则不太理想，平均值都低于3.6，而这三项素质正是新型知识生产模式、学术资本主义和科研国际化发展背景下对研究者素养提出的新要求。

再次，关于科学思维与研究能力，即与科学研究直接相关的素养与能力，调查发现，博士生所从事研究的原创性、问题分析和解决能力、学术表达能力以及研究技术性技能表现较好，自我报告的平均值都在3.8分之上，不过在批判性思维、提出研究问题能力和学术写作能力上的表现则不尽人意，三者的平均值只有3.61、3.64和3.62。

最后，在合作与管理能力方面，博士生的共事合作能力较好，沟通交往能力尚可，项目管理能力和学术人脉关系构建能力较弱(见表3)。

表 3　博士生科研能力的准备状况

维度	能力项	平均值	标准差	有效值
学术志趣与品德	科研兴趣与热情	3.88	0.824	1873
	学术抱负	4.01	0.790	1867
	学术规范	4.14	0.717	1872
学科知识与方法技能	知识深度	3.77	0.791	1868
	知识前沿	3.76	0.796	1862
	知识宽度（跨学科知识）	3.50	0.944	1869
	知识产权知识	3.57	0.975	1869
	学术英语交流能力	3.44	0.980	1871
科学思维与研究能力	批判性思维	3.61	0.847	1869
	研究原创性	3.94	0.748	1871
	提出研究问题能力	3.64	0.823	1871
	问题分析能力	3.77	0.771	1873
	问题解决能力	3.86	0.772	1873
	数据收集能力	3.87	0.770	1867
	仪器操作能力	3.96	0.745	1866
	专业表达能力	3.92	0.726	1870
	学术写作能力	3.62	0.849	1868
合作与管理能力	项目管理能力	3.64	0.842	1868
	共事合作能力	4.09	0.750	1878
	学术人脉关系构建能力	3.34	1.044	1869
	沟通交往能力	3.75	0.809	1872

考虑到平均数易受到极端值影响，无法准确刻画内部差异，本文对各个科研能力指标评价中的正面认同（4 和 5 表示比较符合和非常符合）进行了统计，绘制了博士生科研能力养成程度认可图。从图 1 中可以看出，博士生对于自身学术抱负、学术规范、仪器操作能力与共事合作能力等四项科研品质的认可度较高，均超过了 80％；对科研兴趣与热情、研究原创性、问题解决能力、数据收集能力和专业表达能力等五方面的认同也较好，符合程度在 70％到 80％之间；对知识深度、知识前沿、问题分析能力和沟通交往能力等四项科研素质的认同尚可，符合程度在 60％到 70％之间。但较为不足的是，博士生认可程度低于 60％的能力项达到了 8 项，占到所有指标的三分之一以上，分别是知识宽度、知识产权知识、学术英语交流能力、批判性思维、提出研究问题能力、学术写作能力、项目管理能力和学术人脉关系构建能力。其中既包括学术研究的一些核心素养，如批判性思维、提出研究问题能力和学术写作能力，也包括新型知识生产方式和现代科学职业所需的素质，如跨学科知识、知识产权知识、学术英语交流能力和科研项目管理能力等，反映出我国当前博士生教育在培养具有创新能力的新型研究者上还有很大不足。特别是知识宽度、学术英语交流能力和学术人脉关系构建能力三方面的认可度尤其低，只有 50％左右，这也折射出当下博士生培养过程中跨学科知识教育、国际和国内学术共同体交往方面的薄弱（见图 1）。

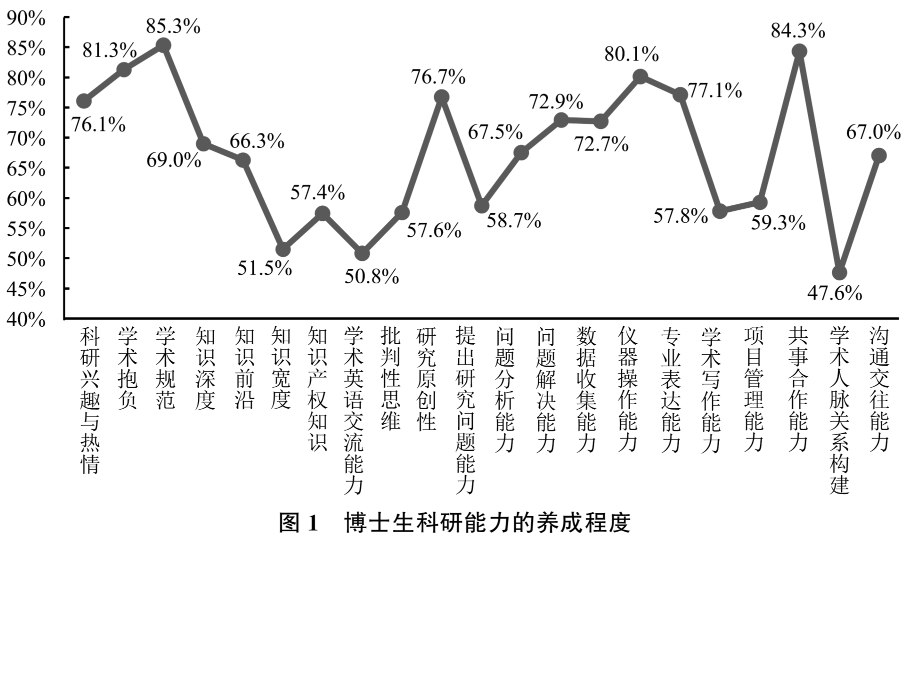

图 1　博士生科研能力的养成程度

三、理工科博士生科研能力发展的影响因素

无论是从国外博士生教育中综合考试制度的设计来看，还是当前我国博士生培养制度改革中对招生和淘汰考核环节的重视，都说明了一个道理，即对于博士生而言，科研能力与素养的形成既有学术训练或教育的因素也有选拔的成分。因此，在分析博士生科研能力影响因素时，研究不仅考虑影响学术训练的变量也考虑博士生的选拔方式，当然这中间有很多变量同时包括了选拔和训练的成分，如博士生的导师学术身份和实验室层次既是博士生科研能力发展的支持条件，也是博士生被筛选时的重要因素。而作为选拔的入学方式，如普通招考、硕博连读和本科直博同样也是一种培养模式。

具体来看，首先，在入学方式方面，整体而言，硕博连读生的各项科研能力与品质表现较好；本科直博生的表现较差；普通招考生在科研兴趣与热情、学术抱负方面要高于硕博连读和本科直博生，但在批判性思维和学术英语交流能力上要弱于硕博连读生和本科直博生，其他科研能力的表现则介于硕博连读生和本科直博生之间。不过单因素方差分析显示，不同入学方式的博士生仅在科研兴趣与热情、知识深度、知识前沿、问题分析能力和专业表达能力上具有显著性差异，事后检验表明，普通招考博士生的科研兴趣与热情要显著高于本科直博生，硕博连读生的知识深度、知识前沿把握、问题分析能力和专业表达能力要明显高于本科直博生（见表 4）。

表 4　不同入学方式博士生科研能力养成的差异分析

维度	能力项	普通招考	硕博连读	本科直博	F
学术志趣与品德	科研兴趣与热情	3.92±0.836	3.90±0.77	3.76±0.902	4.738**
	学术抱负	4.05±0.767	4.01±0.796	3.93±0.816	2.400
	学术规范	4.14±0.701	4.15±0.734	4.12±0.716	0.310
学科知识与方法技能	知识深度	3.78±0.787	3.82±0.766	3.67±0.849	4.467*
	知识前沿	3.75±0.818	3.81±0.765	3.66±0.815	4.785**
	知识宽度（跨学科知识）	3.48±0.928	3.54±0.952	3.41±0.952	2.552
	知识产权知识	3.62±0.950	3.57±0.969	3.49±1.033	2.186
	学术英语交流能力	3.37±0.977	3.48±0.972	3.47±0.997	2.345
科学思维与研究能力	批判性思维	3.58±0.843	3.64±0.864	3.62±0.816	0.918
	研究原创性	3.93±0.733	3.97±0.737	3.87±0.797	1.999
	提出研究问题能力	3.65±0.812	3.65±0.832	3.59±0.828	0.859
	问题分析能力	3.76±0.778	3.81±0.752	3.68±0.794	3.573*
	问题解决能力	3.89±0.763	3.86±0.771	3.80±0.796	1.518
	数据收集能力	3.88±0.789	3.90±0.737	3.80±0.804	2.127
	仪器操作能力	3.94±0.790	3.97±0.709	3.98±0.732	0.452
	专业表达能力	3.91±0.743	3.95±0.694	3.84±0.751	3.073*
	学术写作能力	3.64±0.850	3.63±0.846	3.54±0.860	1.831
合作与管理能力	项目管理能力	3.65±0.833	3.66±0.846	3.59±0.853	0.905
	共事合作能力	4.10±0.755	4.10±0.738	4.07±0.772	0.278
	学术人脉关系构建	3.34±1.025	3.37±1.040	3.25±1.086	1.898
	沟通交往能力	3.76±0.802	3.76±0.822	3.70±0.799	0.694

注：* $p<0.05$，** $p<0.01$，*** $p<0.001$。

其次，导师学术身份与博士生的科研能力之间有重要关联，单因素方差分析显示，不同学术身份的导师所指导的博士生除了在共事合作能力、沟通交往能力方面没有明显差异外，在其余的19项科研能力和素养上都具有显著性差异。总体来看，导师为长江学者、千人计划或杰青所指导的博士生在各项科研能力和素养的表现最好。而导师为院士所指导博士生的科研能力表现，只在知识深度、知识前沿把握、知识宽度、知识产权知识、研究原创性、提出研究问题能力、问题分析能力、学术写作能力和项目管理能力等9项科研能力上面要强于普通教授或副教授，在其余12项科研品质上则不如普通教授或副教授所指导的博士生。普通教授与副教授所指导博士生的科研能力品质表现各有千秋，相差不大。事后检验表明，导师为长江学者、千人计划或杰青者的指导效果显著高于院士或普通教授以及副教授(见表5)。

表5　不同导师身份博士生科研能力养成的差异分析

维度	能力项	院士	长江学者等	普通教授	普通副教授	F
学术志趣与品德	科研兴趣与热情	3.78±0.884	4.00±0.781	3.85±0.829	3.86±0.873	3.974**
	学术抱负	3.96±0.863	4.14±0.743	3.97±0.807	3.98±0.673	5.331**
	学术规范	3.95±0.768	4.25±0.696	4.12±0.719	4.14±0.703	5.677**
学科知识与方法技能	知识深度	3.77±0.775	3.90±0.762	3.73±0.795	3.67±0.838	5.699**
	知识前沿	3.82±0.722	3.90±0.790	3.72±0.794	3.57±0.815	8.253***
	知识宽度(跨学科知识)	3.69±0.882	3.66±0.975	3.42±0.934	3.49±0.868	7.956***
	知识产权知识	3.62±1.014	3.79±0.979	3.49±0.964	3.51±0.933	10.607***
	学术英语交流能力	3.49±0.980	3.62±0.974	3.35±0.972	3.52±0.983	8.731***
科学思维与研究能力	批判性思维	3.66±0.769	3.80±0.855	3.54±0.839	3.68±0.867	10.463***
	研究原创性	3.94±0.738	4.08±0.714	3.90±0.745	3.78±0.856	8.275***
	提出研究问题能力	3.72±0.821	3.78±0.812	3.58±0.819	3.66±0.847	7.114***
	问题分析能力	3.83±0.794	3.88±0.788	3.72±0.762	3.77±0.729	4.872**
	问题解决能力	3.76±0.810	3.99±0.768	3.82±0.773	3.88±0.678	6.033***
	数据收集能力	3.83±0.778	3.98±0.772	3.83±0.771	3.86±0.722	3.922**
	仪器操作能力	3.83±0.767	4.07±0.698	3.93±0.756	3.99±0.743	5.173**
	专业表达能力	3.83±0.778	4.04±0.673	3.88±0.742	3.88±0.659	5.911**
	学术写作能力	3.63±0.776	3.80±0.818	3.55±0.850	3.56±0.917	9.609***
合作与管理能力	项目管理能力	3.67±0.767	3.80±0.855	3.59±0.839	3.53±0.815	6.982***
	共事合作能力	4.12±0.751	4.17±0.714	4.07±0.755	4.08±0.838	2.001
	学术人脉关系构建	3.45±1.027	3.54±1.007	3.24±1.051	3.46±1.003	10.145***
	沟通交往能力	3.80±0.777	3.83±0.816	3.72±0.813	3.70±0.749	1.975

注：* $p<0.05$，** $p<0.01$，*** $p<0.001$。

第三、导师指导博士生数量对学生科研能力的影响较小，运用单因素回归分析发现，导师指导的博士生数量只对博士生的问题分析能力有微弱的负向影响。虽然导师指导博士生的数量越多，学生在科研兴趣与热情、学术抱负、知识深度、知识宽度以及问题解决能力等方面的表现越差，不过其影响并不显著，而且作用非常小，可以忽略不计。就本研究而言，并没有有效证据表明导师指导学生数量会对博士生发展质量产生显著负面影响(见表6)。

表 6 导师指导博士生数量对科研能力的回归分析

因变量	科研兴趣与热情	学术抱负	学术规范	知识深度	知识前沿	知识宽度	知识产权知识
导师指导数量	－0.042	－0.043	.001	－0.055	.018	－0.024	－0.017
因变量	学术英语交流能力	批判性思维	研究原创性	提出研究问题能力	问题分析能力	问题解决能力	数据收集能力
导师指导数量	－0.040	.039	.000	－0.049	－0.079*	－0.055	－0.054
因变量	仪器操作能力	专业表达能力	学术写作能力	项目管理能力	共事合作能力	学术人脉关系构建	沟通交往能力
导师指导数量	－0.048	－0.055	－0.042	－0.025	－0.057	－0.038	－0.028

注：* $p<0.05$，** $p<0.01$，*** $p<0.001$。

第四、在科研项目参加方面，与常识判断基本一致，博士生参加的科研项目数量越多对科研能力的提高作用越大，从表 7 可以看出，按照回归系数的大小排序，科研项目参加对科研能力训练作用最大的依次为知识前沿把握、沟通交往能力、学术英语交流能力、仪器操作能力、学术写作能力、问题解决能力、提出研究问题能力、学术人脉关系构建能力、问题分析能力，科研项目参加对以上 9 项科研能力影响的回归系数都在 0.1 以上。此外，科研项目参与还对博士生的知识深度、知识宽度、知识产权知识、研究原创性、数据收集能力和项目管理能力具有一定的正向影响，回归系数在 0.07 到 0.1 之间。另外，值得注意的是科研项目参与和博士生的科研兴趣与热情、学术抱负、学术规范、批判性思维、专业表达能力和共事合作能力等 6 项科研素养之间并无显著关系，这些品质的提高还需要其他方式(见表 7)。

表 7 科研项目参加数对科研能力的回归分析

因变量	科研兴趣与热情	学术抱负	学术规范	知识深度	知识前沿	知识宽度	知识产权知识
科研项目参与	－0.006	0.019	0.051	0.071*	0.163***	0.094**	0.089**
因变量	学术英语交流能力	批判性思维	研究原创性	提出研究问题能力	问题分析能力	问题解决能力	数据收集能力
科研项目参与	0.154***	0.013	0.094**	0.107**	0.101**	0.113***	0.079*
因变量	仪器操作能力	专业表达能力	学术写作能力	项目管理能力	共事合作能力	学术人脉关系构建	沟通交往能力
科研项目参与	0.123**	0.063	0.115***	0.098**	0.054	0.107**	0.155***

注：* $p<0.05$，** $p<0.01$，*** $p<0.001$。

第五、不同层次实验室所培养的博士生科研能力有很大的差异，从表 8 中可以看出，除了科研兴趣与热情、学术规范和专业表达能力之外，其余 18 项科研能力品质有着显著的实验室层次差异。整体来看，国家重点实验室所培养博士生的科研能力表现要强于省部级重点实验室，重点实验室所培养博士生的科研能力表现又强于普通实验室。事后检验表明，国家重点实验室的博士生科研能力素质显著高

于普通实验室的博士生（见表 8）。

表 8 不同层次实验室博士生科研能力养成的差异分析

维度	能力项	国家重点	省部级重点	普通实验室	F
学术志趣与品德	科研兴趣与热情	3.94±0.806	3.82±0.821	3.86±0.841	2.995
	学术抱负	4.08±0.767	4.02±0.804	3.95±0.796	4.167*
	学术规范	4.18±0.709	4.15±0.699	4.10±0.740	1.891
学科知识与方法技能	知识深度	3.86±0.809	3.74±0.763	3.72±0.788	6.146**
	知识前沿	3.86±0.805	3.75±0.775	3.66±0.798	10.217***
	知识宽度（跨学科知识）	3.63±0.971	3.44±0.938	3.42±0.914	9.875***
	知识产权知识	3.72±0.975	3.60±0.936	3.43±0.981	14.743***
	学术英语交流能力	3.55±1.021	3.41±0.928	3.35±0.975	7.705***
科学思维与研究能力	批判性思维	3.74±0.857	3.54±0.853	3.56±0.827	10.894***
	研究原创性	3.99±0.767	3.96±0.721	3.88±0.751	4.362*
	提出研究问题能力	3.74±0.842	3.62±0.800	3.57±0.814	7.267**
	问题分析能力	3.87±0.787	3.73±0.788	3.71±0.733	8.305***
	问题解决能力	3.93±0.788	3.86±0.783	3.80±0.746	4.615*
	数据收集能力	3.97±0.764	3.88±0.762	3.79±0.770	9.070***
	仪器操作能力	4.05±0.727	4.00±0.713	3.88±0.768	9.637***
	专业表达能力	3.96±0.716	3.93±0.725	3.87±0.737	2.361
	学术写作能力	3.71±0.856	3.62±0.819	3.53±0.860	7.683***
合作与管理能力	项目管理能力	3.74±0.843	3.63±0.824	3.57±0.847	7.128**
	共事合作能力	4.17±0.737	4.09±0.744	4.03±0.759	5.833**
	学术人脉关系构建	3.52±1.034	3.36±0.990	3.17±1.063	18.391***
	沟通交往能力	3.82±0.820	3.79±0.790	3.67±0.807	6.686**

注：* $p<0.05$，** $p<0.01$，*** $p<0.001$。

四、理工科博士生科研能力培养的改革建议

（一）研究结论

基于前文分析，我们可以发现当前博士生科研能力的养成及其培养中还有诸多问题，特别是面向知识生产模式转变、学术资本主义、科研国际合作与交流日益加深、科研创新与社会经济紧密结合的发展趋势，博士生的科研能力并没有做好准备。具体包括以下几个方面：

1. 博士生的知识过分专门化，跨学科知识素养较弱，还没有做好应对知识生产模式转变的挑战。严格意义上，真正的跨学科（trans-disciplinary）并非几个学科领域的简单集合，而是要求研究者本人熟悉相近学科的知识与方法，对不同学科保持开放性与包容性心态，并能在此基础上形成围绕问题的新型知识共享框架[10]。但从调查结果来看，博士生尚且无法熟练掌握其他学科知识与方法，更遑论多学科知识与方法论的融合，因此未来仍有很大的提升空间。

2. 博士生的批判性思维不强、提出研究问题能力较弱，与成为独立创新性研究者的目标还有不小差距。从博士生成长为独立研究者的过程中，审慎批判后形成自己的独立判断，独自提出研究问题是最为核心的两项素质，这也是衡量博士生是否成为一名合格研究者的关键标尺。不过依据统计结果可知，我国主要研究型大学博士生的批判性思维、提出研究问题能力表现并不如人意，此外在学术写作能

力、项目管理能力和学术人脉关系构建能力等方面也较弱。

3.博士生的学术英语交流能力薄弱,国际化素养较差,还无法熟练开展国际学术交流与合作。随着世界全球化进程的加深,国际科学共同体的联系日益紧密,这不仅是科学家学术交流的内在需要,也是解决人类共同面对的社会、经济、环境、气候以及重大科学议题的现实需求,因此21世纪的科学研究者需要具备这种国际化视野和全球职业能力与意识,但就目前情况而言,理工科博士生的学术国际交流与交往能力并不乐观,急需进一步提升。

4.博士生对知识产权知识了解的不够,市场化意识不高,并没有做好应对知识市场化的准备。与传统学院科学相比,当代科学研究的生态已经发生了很大变化,工业、市场的需求已经浸入到大学内部科学家的日常行为中,这也是斯劳特、莱斯利提出学术资本主义[11]以及齐曼所指“后学院科学”[12]的原因所在。随着科研人员越来越多地卷入到工业、市场应用中,研究者需要掌握相应的技术转让、知识产权知识和商业技能,然而从调查来看,显然我国博士生在上述职业技能方面还有很大的不足。

(二)研究建议

针对博士生科研能力培养和准备中的不足,并结合博士生科研能力形成影响因素的分析,研究认为未来博士生科研能力培养应着重加强以下几方面的调整与改革。

第一、充分发挥组会、例会以及课堂的研讨功能,加强师生对学科基础性、争议性问题的批判性讨论,有意识训练学生的批判性思维、研究问题提出能力。不同于人文社会科学领域研究现象复杂和理论多元的特征,在自然科学学科中存在一种追求普遍共识和效率主义的倾向,这在无形中会压抑或消解不同范式讨论的空间与可能性[13]。因此,在自然科学博士生的培养过程中,应特别珍视学科领域中的争议和分歧,教师应该充分利用课堂、组会或小型学术会议等场合,引导博士生针对学科知识现状、不同范式以及既有研究的缺陷展开充分讨论,在不断讨论的过程中,培养学生的批判性思维,发展博士生识别、提出和选择好的研究问题的能力。

第二、加强跨学科课程、导师组与科研项目的建设,扩展博士生的知识宽度、学科视野和包容性,提升学生的跨学科素养。具体而言,一方面要加强博士生跨学科的学习与指导,学校或院系应调整博士生的培养方案,加大学生跨学科课程选修的学分比例;建立导师组制,引入相关学科的指导教师,通过不同学科师生间的接触与交流,打破学科壁垒,拓展博士生的知识结构和学科开放性。[14]另一方面要鼓励和支持学生开展跨学科科研项目的研究,通过科研资金、设备仪器以及导师资源的全方位支持,有效保障博士生跨学科研究的顺利开展。

第三、注重博士生通用性职业技能的训练,开设实用性强的方法技能类选修课程,提高学生的学术英语写作和交流能力、知识产权知识和项目管理能力等素质。在博士生需要发展的众多科研能力项中,有些是属于工具性技能和职业发展知识,虽然与原创性研究相关度不高,但对于职业生涯的长远发展却是必不可少。故而可以借鉴国外大学中开设通用性职业能力训练课程的做法,在院级或校级层面,设置学时短、实用性强、教学方式灵活的技能课程,譬如学术英语写作训练课、技术转让和知识产权法规课、项目管理与研究领导力课程等等,有针对性地为有需求的博士生提供相应支持。

第四、提高学生参与国内外学术共同体交流的机会,提升博士生的学术合作能力、国际交往能力和国际视野。密切的学术交流不仅有助于学生及时了解国际学术前沿、开拓学术视野,而且是发展学术人脉关系,构建学术合作网络的重要契机。故而,学校应加大对博士生参与国内外各类学术会议的经济支持,特别是在参与国际学术交流支持上,应大幅扩展国际会议目录、适当放宽参加国际学术会议的规定要求,保证学生有充分机会参与国际学术共同体,以此来培养博士生的国际学术交往与合作能力以及国际视野。

第五、根据不同类型博士生的资质与特点,采取有针对性的选拔与培养方式。依据本文分析结果,总体上来看,普通招考生往往有着较高的学术热情和抱负,但是知识基础和科研素养相对较弱,因此普通招考要重视考察学生的科研潜质。本科直博生虽然在批判性思维和学术英语交流能力上有一定优势,但其他科研能力表现都较差,故而在招生选拔时需要重点考察其学术志趣,在培养过程中应加强对本科直博生学情的调研和个性化培养。此外,鉴于硕博连读博士生良好的科研能力表现,建议逐步扩大硕博连读的招生数量与比例。

第六、适度扩大高水平导师和重点实验室的博士生招生名额,有效发挥优质科研资源的博士生培

养效能。通过本文研究也可以发现，实验室、导师和科研项目是博士生科研能力品质提升的三个重要支撑，考虑到导师指导的研究生数量与博士生科研能力品质之间的关系并不明显，学校可以适当增加国家重点实验室和省部级重点实验室，以及长江学者、千人计划和杰青等高水平学术导师的博士生招生名额。此外，要注重博士生参与科研项目的品质和数量，充分发挥科研项目培育博士生科研能力的作用。

参考文献：

[1] 彭安臣，沈红. 博士生资助与博士生培养质量：基于 12 所大学问卷调查数据的实证分析[J]. 学位与研究生教育，2012(7)：53-60.

[2] 张国栋. 博士生培养模式各要素与培养质量的关系的实证研究——以上海交通大学为例[J]. 研究生教育研究，2011(2)：21-24.

[3] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国学位条例[EB/OL]. [1981-01-01]. http://www. gov. cn/banshi/2005-05/25/content_940. htm.

[4] 国务院学位委员会第六届学科评议组. 一级学科博士、硕士学位基本要求[M]. 北京：高等教育出版社，2014.

[5] Introducing-the-Vitae-Researcher-Development-Framework-RDF-to-employers-2011 [EB/OL]. https://www. vitae. ac. uk/vitae-publications/rdf-related/introducing-the-vitae-researcher-development-framework-rdf-to-employers-2011. pdf.

[6] APEC/Deloitte. Skills and competencies needed in the research field：Objectives2020 [2013-7-18]. [EB/OL]. http://www. eurocadres. org/IMG/pdf/APEC _ EN _ Skills_and_competencies_needed. pdf.

[7] Irish Universities Association. Irish Universities' PhD Graduate Skills Statement [EB/OL]. http://www. iua. ie/publication/view/iua-graduate-skills-statement-brochure-2015/.

[8] Barrie S，Hughes C，Smith C. The national graduate attributes report：Integration and assessment of graduate attributes in curriculum（Research Report）[J]. Australian Learning &Teaching Council，2009：27.

[9] 李永刚. 成为研究者：理科博士生素养与能力的形成[D]. 上海：华东师范大学，2018：75-82.

[10] 吉本斯. 知识生产的新模式：当代社会科学与研究的动力学[M]. 北京：北京大学出版社，2011：3-7，25.

[11] 希拉·斯劳特，拉里·莱斯利. 学术资本主义：政治、政策和创业型大学[M]. 北京：北京大学出版社，2014：8.

[12] 约翰·齐曼. 真科学：它是什么，它指什么[M]. 上海：上海科技教育出版社，2002：55-94.

[13] 克里德·戈尔德，乔治·沃克等. 重塑博士生教育的未来[M]. 上海：上海交通大学出版社，2015：59.

[14] 刘献君. 发达国家博士生教育中的创新人才培养[M]. 武汉：华中科技大学出版社，2010：3，70.

A Study on Research Competence Development of Doctoral Students in Science and Engineering and Related Influencing Factors: Based on the survey of postgraduate schools at Chinese universities

LI Yonggang，WANG Haiying

(*School of Education*，*Tianjin University*，*Tianjin* 300350)

Abstract：It is known that the connotation and requirements of modern scientific research have undergone major changes. After a general survey of doctoral students in science and engineering in postgraduate schools，the authors find that doctoral students of today are not up to the requirements of new scientific competence in terms of interdisciplinary knowledge，intellectual property knowledge，international academic communication ability，and scientific research management capability. In addition，their performance is not so desirable when demonstrating the traditional core scientific literacy，such as critical thinking，the ability to locate a research object，and academic writing ability. Based on the findings，the authors afford the following measures to the scientific research ability training for doctoral students in the future in the following aspects：strengthening focus on the integration of interdisciplinary programs，supervisor team and research projects，offering more optional courses that are practically useful in relation with methods and techniques，creating more opportunities for the students to participate in academic community exchanges at home and abroad，giving priority to the improvement of the training efficiency by high-end supervisors in key laboratories，and improving selection and individualized training of different kinds of doctoral students.

Keywords：doctoral student；scientific career；knowledge production model；scientific research competence