

· 学位与研究生教育 ·

阈限过渡：博士生学术成长的关键期及其跨越

——以理科博士生为例

李永刚

(天津大学 教育学院/教育科学研究中心, 天津 300350)

摘要: 博士生的学术成长不是匀速推进的,大多数博士生在二年级到三年级期间因确定研究选题和实现实验意图而遭遇科研阈限。在跨越科研阈限的过程中,博士生的行为策略可分为主动建构型、独立钻研型、依附发展型和消极被动型四种。阈限跨越经历能极大提升博士生的科研韧性和抗压能力、独立研究能力、分析和解决问题能力,进而形成学术洞察力。博士教育应实行高难度与强支持相结合的学术训练制度:一方面要提高博士学位论文选题的难度,落实开题答辩的集体负责制;另一方面要注重采取自主性支持、学术支持和心理支持相结合的导师指导方式,增强科研团队内的学术互助机制。

关键词: 阈限;博士生;科研能力

中图分类号:G643 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-4203(2019)12-0058-10

Transition of the Threshold: The Academic Growth Critical Period of Science Doctoral Students and It Transcendancy

LI Yong-gang

(School of Education/Education Science Research Center, Tianjin University, Tianjin 300350, China)

Abstract: The academic growth of doctoral students is at a non-uniform speed, most of whom will encounter scientific research threshold during their second or third grade. In the process of crossing the threshold, their behavioral strategies could be divided into such four types as active construction, independent research, dependent development and passiveness. Threshold crossing experience could greatly enhance their scientific research resilience and pressure resistance, independent research ability, analysis and problem solving ability, and academic insight. Hence, it should implement the academic training system combining high difficulty and strong support. On one hand, it is necessary to increase the difficulty of their dissertations and implement the collective evaluation system; on the other hand, it should promote the guidance method and enhance the academic support.

Key words: threshold; doctorate student; scientific research ability

收稿日期:2019-04-28

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJC880046)

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,教育学博士,从事学位与研究生教育、高等教育管理研究。

· 58 ·

在研究生的学术成长过程中,人们经常会用“入门”或“没入门”这样的比喻来形容学生所处的成长阶段。事实上,从一名新手成长为成熟的研究者,需要跨越的不止一道门槛,而是很多关卡,故而有人形容攻读博士学位既是一次“学术旅程”,也是一场“通关仪式”^[1-2]。在这一过程中,学生的成长犹如攀登阶梯,只有通过低级台阶才能上升到更高层次。针对这一现象,基利(M. Kiley)和维斯克尔(G. Wisker)研究发现,博士生在学习和研究当中遇到的关卡并不是人为设计的制度环节,而是认识论意义上的智识挑战,即阈限概念(threshold concept),跨越阈限会使学生的认知能力出现飞跃式发展,同时也能极大地促进博士生的学业成功。^[3]延续这一思路,本研究针对博士生在学术成长历程中会遇到什么阈限,他们如何跨越阈限以及跨越阈限会对其哪些科研能力产生影响等问题,通过深入的探究分析来重新审视导师指导与博士生成长的关系以及培养制度安排的合理性,进而提出博士生培养的改革建议。

一、阈限概念及其研究进展

阈限概念最早来源于心理学和人类学研究,本研究主要在人类学意义上使用这一术语。19世纪60年代,范热内普(A. van Gennep)在《仪式过渡》一书中首次提出阈限概念,他将由一种确定情境到另一种确定情境的过渡仪式的进程划分为分割礼仪、边缘礼仪和聚合礼仪,其中边缘礼仪也称为阈限礼仪。^[4]此后,特纳(V. Turner)进一步分析了仪式过渡中的阈限礼仪,指出阈限是两种确定形态之间过渡时的中间状态,处于阈限状态的主体既不属于固有结构也未被纳入新结构当中,因而不具有过去或是未来状态的属性,很难分类或归类。总而言之,陷入阈限状态的主体在本质上未被结构化,结构上表现出模棱两可、似是而非的特点。^[5]因此,仪式过渡中的阈限跨越实质上是指个体从一种状态过渡到另一种状态的过程中,通过一定的方法和手段来突破未知的、不确定的处境。

梅耶(J. H. F. Meyer)和兰德(R. Land)最早注意到本科生在专业学习过程中也存在类似现象,他们在参与英国本科学科教学环境支持的全国性调查时发现,学生在学习过程中会遇到一些阈限性概念,这些阈限性概念代表着一种对现象理解或解释方式的转换,而转换理解方式对特有或主流观点的形成非常重要,如果学习者不能掌握阈限性概念,他就不会

进步。他们还发现,不同于一般的专业概念,本科生在专业学习中遇到的阈限性概念具有五种特征:一是变革性(transformative),即一旦理解就会促使学生的认知理解发生重大转变;二是不可逆性(irreversible),即阈限性概念只要掌握了就不会忘记;三是整合性(integrative),即学生掌握阈限性概念后会更好地理解事物之间潜在的关联;四是边界性(bounded),即阈限性概念往往处于既有概念的边界之间;五是困难性(troublesome),即阈限性概念很难被理解和掌握。掌握了阈限性概念会为学生的认知、思考和理解开辟一条新的通道,进而导致学生主体或认同的重构与转变。^[6]更进一步说,阈限跨越带给学生的是一种本体论意义上的转变(ontological shifts),它不仅在理智、认知层面促使个体的理解方式发生转变,而且也包括情感层面的改变,如希望、乐观等。^[7]

由于阈限跨越对研究生学习和教育方法有重要启迪,梅耶和兰德于2006年提出的阈限概念不仅在本科学学习研究中得到广泛应用,而且对研究生教育研究也产生了影响。基利和维斯克尔将阈限理论引入博士生教育,认为阈限理论是解释博士生学习的有力工具,他们据此开拓了博士生学习研究的一个新维度。^[8]铂金斯(D. Perkins)指出,博士生的阈限跨越比本科生在学科学习中遇到的更复杂,博士生需要跨越的阈限是认识论(epistemes)意义上的,即关于知识如何形成与建立的策略性理解,学习者如果不能理解这些认识,他们就无法得心应手并游刃有余地开展研究^[9],进而会遭遇自我能力怀疑、不自信等消极体验。如觉得自己的学术能力差,无法完成博士学位论文或达不到学术研究者的应有水准。这种受困状态往往要经历相当长的时间,其后才可能突然顿悟,而困顿情形一旦得以突破,学生的知识深度、理解能力和学习能力就会出现飞跃式进步。基利和维斯克尔两次深度访谈了英国、澳大利亚等六个国家涉及人文社会科学和自然科学的六个学科的65位资深研究生导师,发现在博士生成长为研究者的过程中存在六个普适性的阈限性概念,包括提出论点、形成理论、构思框架、知识创造、分析和解释以及研究范式等。^[10]考虑到阈限状态的模糊性和不确定性,维斯克尔和基利等人还进一步探究了个体是否已跨越阈限的标志,如条理清晰的表达、框架结构、结构性思考、新的思考方式以及不可逆的概念转化等。^[11]

阈限理论为研究博士生学术能力发展提供了有益视角和理论工具,但由于理论产生的时间较短,其

提出的问题远比当前能解释或解决的问题多。基利和维斯克尔等人虽然已经做了一些开创性的研究工作,但教师角度界定的阈限未必与博士生的实际体验相符,过多的阈限性概念一定程度上存在泛化嫌疑,此外,不同教育制度和环境中是否存在阈限差异等问题也亟待解答。因此,本研究从学生的视角出发,探究我国博士生在发展科研能力并成长为独立研究者的过程中主要面临的阈限是什么,以及跨越阈限的方式和影响因素有哪些。

二、研究方法 with 数据来源

1. 研究方法

国外以往关于博士生学术阈限识别和跨越的研究主要采用定性研究方法,这对于初步挖掘具有理论潜力的阈限性概念有重要意义,但受到研究样本的限制,研究结论的内部效度和外部效度往往备受争议。为此,本研究综合运用了定性研究与定量研究的方法。其中,定性研究主要关注的是博士生在学术成长中需要克服哪些阈限,以及如何跨越阈限;定量研究主要关注的是博士生在什么阶段会遇到阈限,以及跨越阈限对其科研能力发展的影响是什么。

针对不同研究路径设定的问题,本研究在资料收集环节同时开展了定性 with 定量资料的采集工作。一方面,对上海、北京等地及境外多所研究型大学与科研院所的高年级博士生和青年教师进行深入访谈;另一方面,依托中国研究生院院长联席会课题,对研究生院高校的理科博士生展开了大样本调查。在资料分析阶段,本研究一是采用扎根理论研究法,通过三级编码形成本土概念,刻画博士生识别、跨越阈限的方式与意义;二是运用多重比较分析法,诊断博士生遭遇阈限的时间节点,分析博士生跨越阈限

前后在科研能力上的显著性差异。在形成研究结论阶段,本研究将定性 with 定量分析相结合,对博士生阈限跨越的表现、机制和意义予以整体判断并作出理论提炼。

2. 研究对象

本研究选取的访谈对象主要为国内外高水平大学的理科青年学者和博士生,共计 20 人。考虑到博士生的社会化过程受组织制度、学科文化等因素影响,本研究在选取访谈对象时有意涵盖了“双一流”建设高校、中国科学院、境外知名高水平大学三类机构,同时涉及数学、物理学、化学、生物学、地理学等不同学科,以此来扩大研究覆盖面。此外,为有效发掘博士生学术成长过程中的阈限性概念,访谈对象也聚焦于青年学者和高年级博士生。其中,青年学者 8 人,包括研究员、讲师、助理研究员 with 博士后研究人员;高年级博士生 12 人,均为三、四年级和延期毕业博士生。访谈对象的基本特征见表 1。

表 1 访谈对象的基本特征

属性	类别	个案数
学校类型	“双一流”建设高校	13
	中国科学院	4
	境外高校	3
学科	物理学	6
	化学	7
	生物学	6
	地理学	1
性别	男	16
	女	4
学术身份	青年研究员	3
	青年讲师	2
	青年助理研究员	2
	博士后研究人员	1
	高年级博士生	12

表 2 调查样本的基本信息

属性	样本信息
性别	男(399,60.8%);女(256,39.0%);缺失(1,0.2%)
学科	物理学与天文学(158,24.1%);化学(115,17.5%);数学(111,16.9%);地理学与海洋科学(66,10.1%);生物学(57,8.7%);其他(149,22.7%)
年级	一年级(230,35.1%);二年级(160,24.4%);三年级(139,21.2%);四年级(72,11.0%);五年级(36,5.5%);六年级及以上(15,2.3%);缺失(4,0.6%)
入学方式	普通招考(233,35.5%);硕博连读(297,45.3%);本科直博(125,19.1%);缺失(1,0.2%)

本研究的定量数据来自中国研究生院院长联席会委托调查项目中对理科博士生培养质量的调查,涉及 35 所高校,经筛查与清洗,最终获取有效样本

656 份。样本涉及博士生各年级阶段,学科领域涵盖物理学、化学、生物学、地理学、天文学、海洋科学等,入学方式包括普通招考、硕博连读和本科直博三

种主要方式。从表2中各类别样本的分布比例可以看出,除年级变量受样本信息可获得性影响而分布不均外,其他信息的分布特征基本符合实际情况。

三、研究发现

1. 遭遇阈限:事件、时机与表现

从某种意义上而言,攻读博士学位就如同一场从学生成长为研究者的“成人仪式”。在身份的转换过程中,博士候选人往往需要经历和跨过很多难关或“门槛”,范热内普和特纳称之为阈限。但博士生在学术成长之旅中会遇到许多困境,如撰写文献评述、设计研究方案、学位论文写作等^[12-14],这些也不是都可被称作阈限的。为了避免阈限理论应用的泛化,本研究在提炼、识别阈限性概念时遵循了梅耶和兰德提出的标准,一是检测博士生所面临的阈限性概念是否具有整合性、变革性、不可逆性和困难性;二是考察博士生是否进入了阈限状态,其标志为个体对身份和目的所表现的不确定、困惑或迟疑,在心理和情绪上表现为沮丧、无助和缺乏自信。^[15]通过对访谈资料的质性分析,经过二次编码,本研究逐步形成了两个本土概念,亦即所提炼的阈限性概念:第一个是提出研究问题,第二个是实现研究想法。

(1) 提出研究问题。

确定研究问题是自然科学研究中最重要和关键的步骤。对于一名理科博士生来说,必须形成在所属学科甚至更广泛知识领域中识别、发现或提出研究问题的能力^[16],这是衡量个体是否真正成为学者的重要标准,也是博士生成长为研究者必须跨越的一道难关。许多受访者指出,凝炼并提出研究问题的时候是自己攻读博士学位过程中最艰难的时刻。

其实我们做科研最关键的是要有一个 idea。只要你有了这个想法,其他还都好,都能做得出来。只要你能够发现那个能开展研究的点。像我们做的东西其实不都是很难的,所以难的主要是找这个点,具体去做的时候不是很难。(“双一流”建设高校物理学高年级博士生)

我觉得最困难的就是找到能做的一个研究问题。比方说第二个课题,我可能觉得大方向很有意思,但具体来说你能做什么,这又是另外一个问题。你要看很多文章,知道哪些已经做了,哪些没有做,哪些没有做的你能做得出来,这部分应该是很难的事情。(“双一流”建设高校物理学青年研究员)

这个课题到我这儿已经做了十年了。刚开

始有一两个月就觉得这课题可能没有什么好做的,是死路一条。所以我的困难是这个课题怎么去做,从哪个方向去做,怎么把这个课题做得更好看,或者是这个课题哪还有空,还有哪些地方需要你去挖掘。(一流学科建设高校化学高年级博士生)

形成提出研究问题的能力对博士生的学术成长固然具有重要意义,但现实中并不是每一名博士生都会面临和经历这一难关。受研究所需实验设备和条件资源的限制,以及考虑到研究课题的可行性,许多理科博士生实际上是接受导师分配的研究问题,这样虽然提高了成功实现博士学位论文研究选题的概率,但对培养博士生提出研究问题的能力并无多大裨益。^[17]因此本研究关注的博士生或是与导师协商确定研究问题,或是自主选择研究问题。

本研究在质性材料分析过程中发现,博士生遭遇提出研究问题困境的时间主要是寻找、确定研究课题与研究方向的时候,一般是在读博士两年之后。与人文社会科学研究可事先确定研究选题并开展研究不同,理科博士生确定选题的过程多是渐进式的、试错型的,需要一边探究一边明确研究问题。所以多数理科博士生在前两年研究中主要是开展基础、简单的实验,但随着研究的深入,风险和挑战也逐步加大。“我一进来的时候,导师给的那个课题比较好,很新,但就是一段一段剥离式的,剥到后边就是分子很小,没有办法再从实验的反应过程去创新了。”(一流学科建设高校化学高年级博士生)博士生在此时必须重新寻找并确立自己的研究方向,以确保研究能够推进。这个过程往往充满了挑战和艰辛,面临很大的压力。“导师不同意(之前的选题),想让我重新选择,这个过程很困难,是在与导师一次次的讨论中确定的。”(“双一流”建设高校生物学高年级博士生)还有“双一流”建设高校青年研究员在回顾攻博期间如何确定研究问题时说:“只能硬着头皮、顶着压力,反复思索和琢磨,这段经历对我的影响十分深刻。”

(2) 实现研究想法。

在科研中实现研究想法主要是指科学实验意图的达成,这也是理科博士生在学术成长过程中必须跨越的一个难关,具有很强的普遍性。在访谈的20人中有18人表示遭遇过这一难关,占比达到90%。

就我自己来说,最困难的可能还是(读博)第二年差不多一半的时候吧。因为我的整个实验方向(不能推进),实验做不出来,就有一个化合物,化学反应怎么都做不出来。(“双一流”建

设高校化学高年级博士生)

最困难的事情是,当你发现了一个新的东西之后,你该怎么往下去做。比如说,我发现了一个全新的蛋白,它在 DNA 损伤修复中起作用了,但是(弄清楚)它到底起什么作用这个是很难的,如何快速地检测到,并把它确定下来这个也很难,我已经在这个环节上停滞了好几个月。(至于发生)时间的话,主要是在我的课题的中后期。“双一流”建设高校生物学高年级博士生)

接到课题并开始做是第二年的时候,但是做的不很顺利。我记得第一个课题有一次做出来了,但是以后再怎么也做不出来了。我们做实验学科最怕的就是重复不出来,这样的结果是不能发表的,而且我也不能再往下做了,所以到最后我只能放弃那个课题。“双一流”建设高校化学青年讲师)

与本科生和硕士生多以履行任务方式进行科学研究不同,博士生则多是第一次真正意义上独立负责一项科研课题,研究的规划、设计与推进俱由其自行承担和把握,研究的性质也从可预测和可控情境中的实验转变为对未知领域的探究,研究环境不再是可控的。^[18]随着科研不断深入,实验的未知和风险性增加,失败的概率也大幅提高。困难出现的时间虽然因人而异,但大部分受访者均表示在读博士两年之后都会遇到一个瓶颈,即难以实现研究预期的境况,这种窘境也标志着个体进入了所谓的阈限状态。“具体开始做实验是在博三的时候,也遇到过困难,有一个实验始终无法达到自己预期的结果。”(“双一流”建设高校生物学高年级博士生)“最为困难的时期发生在博二和博三之间,实验一直没有进展,怎么做也做不出来。”(“双一流”建设高校生物学高年级博士生)

面对在初次独立研究中出现的困顿状态,许多博士生会由于实验预期与现实之间的巨大落差而产生一种未曾体验过的挫败感。如果这种阈限状态持续太久,外部力量又未给予恰当的支持,个体的自信心和士气会受到极大损伤,进而产生沮丧、困惑的负面情绪以及停滞不前的消极行为。^[19]

就是感觉有时候费了很大的劲,但结果和预期存在非常大的差距,这是挫败感比较大的原因。那一年是我过得最惨的一年,因为实验每天都做不出来,然后老师还天天催着你。时间一久,总做不出来,老师对你的能力也开始怀疑,自己也越来越没有信心。(“双一流”建设高

校化学高年级博士生)

2. 跨越阈限:独立探究与外力支持

阈限状态对博士生的能力发展既是挑战也是机遇。如果长时间处于阈限状态,无法突破困境,会导致个体自信心下降和身份认同危机,进而使个体作出放弃学术职业的决定;但如果能顺利渡过难关,博士生的知识、能力和科学素养都会出现飞跃式发展,成功逾越学术社会化进程。因此,探究博士生面临学术阈限时的行为表现,特别是成功跨越阈限者的行动特征,将有助于打开博士生学术成长的黑箱,明确外部条件如何支持或促进个体的发展。

为挖掘博士生阈限跨越经历中的本土概念,构建符合我国理科博士生学习特征的学术成才机制。本研究围绕理科博士生如何跨越学术阈限这一核心问题,对 20 个质性访谈文本进行了筛选与研读,并依据斯特劳斯(A. Strauss)和科尔宾(J. Corbin)提出的扎根理论研究方法,对原始文本进行了三级编码(开放式编码、主轴式编码和选择性编码)^[20]。

理论构建的基础是朴素概念的挖掘,而开放式编码恰可通过对文本现象的检验、比较和概括,形成具有特定内涵的抽象概念。在扎根理论研究中,开放式编码包括概念化——范畴化——发展范畴属性和维度等步骤,本研究按照此程序对原始资料进行分解、检视、比较和命名,并在此基础上对本土概念进行更高阶的抽象和提炼,最终形成了外力支持、科研困顿、独立探索、自主与求助协调四个范畴,其后又对四个范畴的属性作了进一步的发展。囿于篇幅,仅以表 3 展示两个文本的编码过程。

在此开放编码的基础上,本研究运用范式模型方法对原初概念进行了二级编码,即主轴编码。围绕博士生如何克服科研阈限这一问题,按照“因果条件——现象——脉络——中介条件——行动策略——结果”的逻辑线索,对博士生跨越科研阈限的行为展开了深度分析:

(1)因果条件。博士生需要寻找导师认可的研究方向,实现实验预期结果,完成科研课题,获得创新性发现。

(2)现象。遭遇科研困境,个体需要独自面对并寻找解决问题的方法。

(3)脉络。面对高难度的科研挑战,长时间无法解决,导师和实验室高年级成员无法给予有效帮助。

(4)中介条件。与自己科研方向一致的同行较少;受挫后的负面情绪较大;团队内科研互助的氛围较好;学校对博士生学习年限有规定和要求;科研难题具有高度复杂性和独特性,没有旧例可循。

表 3 博士生跨越研究阈限过程编码的示例

原始文本节选	初始编码	范畴化、属性及维度
<p>案例 1(HC9)</p> <p>Q: 科研中遇到困难时, 你是如何克服的?</p> <p>A: 有一个化合物, 怎么都做不出来, 而且没有人做过类似的实验, 因此也没有求助的地方, 导师也给不了太多的帮助。这个东西我们实验室成员都不是很熟悉, 我在做的过程中遇到各种细节性问题, 这促使我打电话到处求人, 比如有机所。我都是找认识的人求助, 问他们相关的各种解决办法。</p> <p>Q: 这个过程都是你自己联系的吗?</p> <p>A: 对, 就是联系之前认识的同学, 有对这个方向比较了解的, 问他们怎么处理这个问题。</p> <p>Q: 这个过程持续了多久?</p> <p>A: 大约有两个月吧, 就是每天很忙, 每天都因一些细节问题而做不动。对人家很熟练的人来说, 这是一个很简单的东西, 可能已经形成操作规范化的东西, 但对于我这种不熟悉的人来说, 每一步操作都需要摸索, 但毕竟整个实验室高年级的博士生也提供不了帮助。</p>	<p>实验意图实现 探索性课题 研究方向差异 导师指导 外部求助 问题解决方法</p> <p>学术关系网络</p> <p>困顿持续 研究投入 研究技术问题 专攻相关领域 知识掌握 自主摸索</p>	<p>外力支持 来源: 实验室成员—外部学术同行—亲友 内容: 方向指导—方法技术—情感支持 方式: 学术指导—进度监测—交流讨论</p> <p>科研困顿 难度: 高度挑战—一般性困难 持续期: 长—短 类型: 研究选题—实现实验意图</p> <p>独立探索 精力投入: 时间投入—心思投入 情绪管理: 积极情绪—消极情绪</p> <p>主动调适—被动消化 科研毅力: 坚持不懈—半途放弃 化解方式: 方法构想—思路创新</p>
<p>案例 2(ZE3)</p> <p>Q: 你在博士阶段科研上遇到的最大困难是什么? 你是如何克服的?</p> <p>A: 第三、四年的时候遇到的问题越来越多, 在我进来读博第三年前后吧, 有个实验特别难做, 做了四轮(不是四次), 坚持了一年才把它做出来。那个实验对我的影响特别大, 所以说我说困难是最好的朋友。在你克服了困难之后, 有其他东西你就可能会产生预期, 会想着办法把它做好。一直处在垂头丧气的状态其实不好, 一个人的精神状态很重要。累点不要紧, 但是精神状态很重要。今天不高兴了, 没关系, 回去睡一觉, 明天来了继续做, 总有一天会做出来的。精神面貌非常重要。</p> <p>Q: 你是怎么克服这件最困难事情的?</p> <p>A: 总之是想办法慢慢解决, 就上次说的, 一步一步来。你先看问题包括哪些方面, 将它分成第一点、第二点、第三点, 等等。一步步把它们攻克之后, 你就成功了。在这个过程中, 别人也会帮助你的, 做科研不是一个人在干。其实这里面的氛围特别好, 有困难找其他人能得到很好的帮助。</p>	<p>研究深度困顿 负面情绪 困难逾越 实现实验意图 坚持不懈 理性认知困难 负面情绪 精神状态 情绪管理</p> <p>方法构想 摸索尝试 不懈探索 外部支持 科研氛围</p>	<p>自主与求助协调 独立能力: 强—弱 依赖心理: 强—弱 互动阶段: 初期—过程—结果</p>

(5) 行动策略。主动向组织内外的学术同行求助; 潜心静气; 坚持不懈; 投入时间, 持续思考; 不断尝试摸索新的方法和路径。

(6) 结果。通过学术磨炼懂得如何保持积极心态, 保持耐心和毅力, 利用组织内外部资源, 独立钻研、摸索解决方法, 独自克服科研难题。

通过主轴编码, 我们对范畴的属性与维度作了进一步发展, 并将开放性编码形成的基本范畴进行初步关联, 但范畴之间的逻辑关系还没有明确, 距建立理论尚有差距。此时本研究进行了三级编码——选择性编码, 即撰写故事线、发掘核心范畴、将相关范畴整合联结, 从而形成一幅概念清晰且具有现实解释力的理论图式。

依据原初素材和编码形成的概念和范畴, 运用撰写故事线的方式, 本研究发现“自主与求助的协调”是博士生在面对和跨越科研困境时的核心范畴, 其可以有效统摄科研困顿、外力支持、自主探索等副范畴。博士生的独立科研能力、依赖心理, 以及自主探索和外部支持互动的时段是其重要关联属性。根据独立探究能力与借助外力的程度, 可以将博士

生跨越阈限的行为划分为四类, 即主动建构型、独立钻研型、依附发展型和消极被动型(见表 4)。

表 4 自主与求助关系协调的类型

		外力支持	
		多	少
自主探索	强	主动建构型	独立钻研型
	弱	依附发展型	消极被动型

最后, 本研究构建了博士生科研阈限跨越的动态理论模型(见图 1)。根据该理论模型可知: 第一, 大多数博士生在遭遇科研困顿时首先会尝试独立自主探究, 对于一般性的科研问题, 通过一定的努力就可以解决; 但随着研究的深入, 到攻博的第二或第三年, 许多人会遇到难以克服的科研难关, 进入一种“屡战屡败”的阈限状态。第二, 面对科研难关, 博士生通常会求助于外部, 包括导师、实验室的高年级博士生, 然而效果有时并不理想。他们发现, 本实验室成员虽然提供了一些建议和帮助, 但由于研究方向存在差异, 他人并不比自己对于科研难关有更多的了

解,因而往往无法给出解决问题的有效建议。第三,在自主研究失败且求助外部无效之后,博士生的科研进入持续的阈限状态。此时由于外部力量介入的方式和力度不同,他们的行为出现分化,呈现上述四种类型。从中可以看出,除非个体具有很强的独立探究意识与自觉性,否则外部力量的强弱会直接影响博士生的行为取向。对于大部分博士生来说,在此阶段独立进行探究的能力均比较弱,行为具有很强的依附发展特征,因此外部的学术支持和鼓励对其跨越阈限非常必要。第四,外力支持有助于发展博士生的自主探究能力,激发独立探究信心,但无法直接替代个体来解决科研难关,所以处于依附性发展状态的大多数博士生,最终还要靠自身不断尝试、

摸索和思考才能真正突破困境。

总而言之,本研究发现,与既有一味强调外部导师指导和支持的观点不同,在博士生跨越科研阈限的过程中,外力支持与自主探索之间有更为复杂的内在关联和互动取向。一方面,两者之间是外因和内因的关系。博士生是阈限跨越的主体,外部支持需要通过个体的主动探究而发挥作用,前者有助于但无法直接替代后者行动。换言之,自主探索是阈限跨越的充要条件,而外力支持只是必要不充分条件。另一方面,外力支持与自主探索的互动呈现“支持渐进性减弱”的态势。外力支持以培育个体的独立探究能力和自信为目标,随着博士生独立探究能力增强,外力支持的力度逐渐减弱。

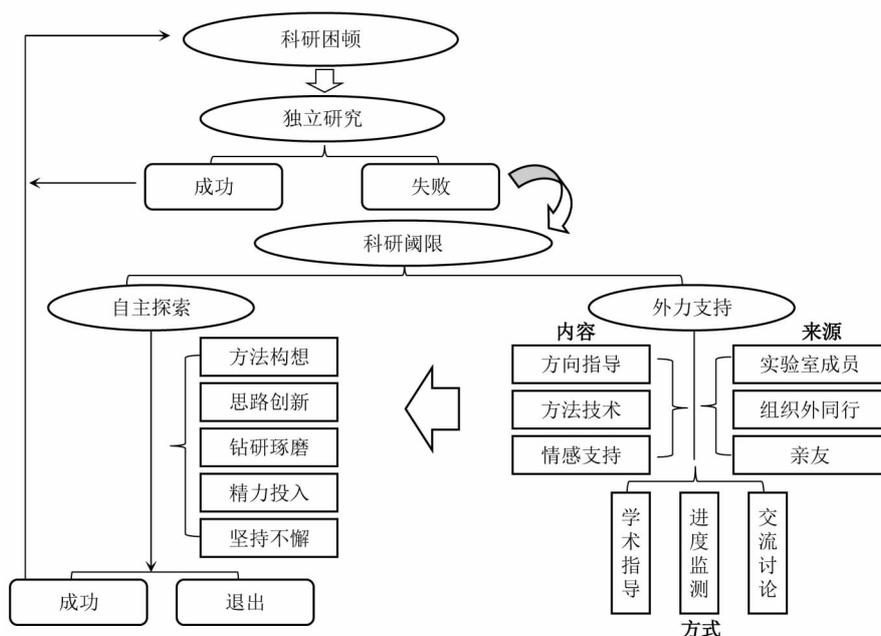


图1 博士生阈限跨越的路径模型

3. 跨越阈限的影响：科研能力与素质

阈限理论的一个观点是,跨越阈限会对个体的认知、情感和意志等素质产生重要的促进作用。但在博士生层面,跨越阈限对科研能力和品质究竟有何种影响,已有研究尚未明确。为此,本研究综合运用定性方法与定量方法对此进行了探索。

通过对质性文本的整理与编码分析,本研究发现,阈限跨越经历对博士生学术成长的影响主要包括以下几方面。首先,博士生的研究韧性显著提高,抗压能力不断增强。他们在面对新的科研难关时会采取更理性的态度与反应,而且学会了从失败和挫折中重拾信心,调整状态,继续工作。“我觉得那更像是一场洗礼,因为到后来还可能有什么类似的事情发生,经过洗礼之后,你会觉得做科研就是有各种各样

的困难,然后要慢慢地去克服。”(“双一流”建设高校物理学青年研究员)有的受访者甚至认为:“困难是最好的朋友,你征服它之后,再遇到同样的困境你就有预期了,会想着办法把事情做好,而不是沮丧、抱怨。”(中国科学院生物学博士后研究人员)

其次,博士生解决问题的能力不断提高。阈限性概念的最大特征之一就是高挑战性和高难度,博士生需要竭尽全力、尝试各种可能的方法,在一次次试错中寻找正确的办法。在此过程中,博士生个体独立解决问题的能力得到了极大锻炼。“基本上外界也没给什么帮助,到后来自己弄懂了。尝试了不同的方法,最后就摸到了正确的路子,这就是 research 的实质,re-search(反复探寻)。”(“双一流”建设高校物理学青年研究员)因此,阈限状态中的个体

经过无数次反复揣摩和探索后,逐渐达到了一种在困难面前应付自如的状态。“即使再遇到问题,也学会了能很快从中找出问题关键所在(的技巧)。”(“双一流”建设高校生物学高年级博士生)

最后,至为重要的是在长时间摸索钻研并积累经验之后,作为科研新手的博士生会形成一种“学术嗅觉”。一方面它表现为直觉,即对重要科研问题或方向准确的直觉性体悟和把握。一名“双一流”建设高校化学青年讲师在回顾跨越阈限经历时说:“到博士三四年级时,会逐渐形成一个方向感,你能闻到、感受到这个方向肯定能够有新的东西出来。”另一方面,它表现为个体会产生越来越多的研究想法。经过对研究问题与困难的反复琢磨,走出阈限的博士生将摆脱机械地完成导师指定任务的科研境况,在

研究过程中不断产生新的自己的想法。“刚开始你觉得没有那么多想法,导师会给你一个方向,一个课题,在做的过程中你会有新的想法,此后主要做的就是自己的想法。”(中国科学院生物学青年教师)

为了验证阈限理论和访谈研究结果,本研究基于对国内研究生院高校理科博士生的大样本调查作了进一步分析。考虑到博士生遭遇阈限通常是在二年级下半学期到三年级期间,本研究采用最小显著性差异法(LSD)多重比较分析了博士生科研能力在三年级前后的变化情况。结果显示,整体看来,博士生的知识涵养与科研能力在四年中基本呈现逐年上升的态势,但在二年级到三年级期间会出现一个较大幅度的跃升,此后波动幅度减小,图2较直观地呈现了这一发展特征。

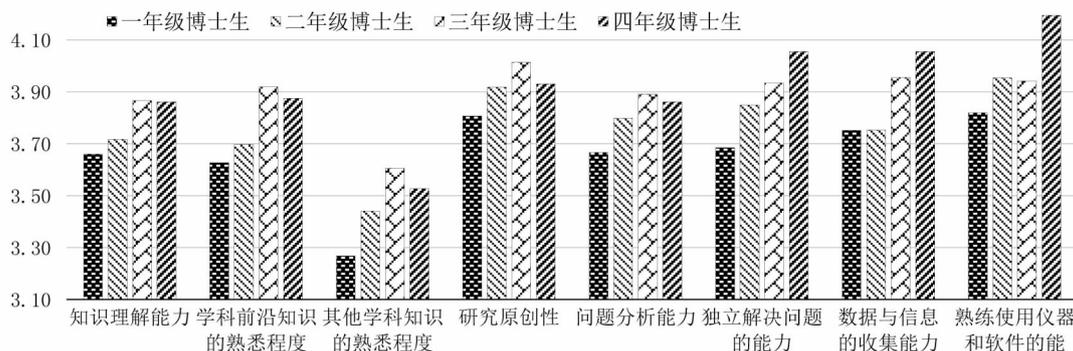


图2 博士生科研能力在不同阶段的发展状况

受篇幅所限,本研究在多重比较分析中仅将二年级、三年级时博士生的科研能力水平与其他年级进行了比较,结果与我们设想的基本一致(见表5)。从比较结果可以看出,与一年级博士生相比,三年级博士生的知识理解能力、知识宽度、研究原创性、问题分析能力和独立解决问题能力有显著的增长($p < 0.05$);与一、二年级博士生相比,三年级博士生对前沿知识的掌握和数据收集的能力急速提升($p < 0.05$),而在仪器与软件操作能力方面,飞跃性进步出现在三年级到四年级期间。事实上,通过对不同年

级博士生的多重比较分析还发现,除了独立解决问题能力在一年级与二年级博士生之间有显著性差异外($p < 0.05$),其余能力在两者之间没有明显差异(p 值均大于0.05);除了仪器和软件操作能力之外,三年级博士生与四年级博士生的其他能力也没有表现出显著差异。也就是说,博士生大部分科研能力的成长关键期是在二年级到三年级期间。这在一定程度上证实了阈限跨越对博士生能力成长的显著影响,进而也表明博士生遭遇阈限多是在二年级到三年级期间。

表5 不同年级博士生科研能力的多重比较分析

因变量	(I) 年级	(J) 年级	均值差 (I-J)	(I) 年级	(J) 年级	均值差 (I-J)
知识理解能力	博二	博一	0.056	博三	博一	0.206*
		博三	-0.150		博二	0.150
		博四	-0.144		博四	0.006
学科前沿知识的熟悉程度	博二	博一	0.071	博三	博一	0.293*
		博三	-0.222*		博二	0.222*
		博四	-0.177		博四	0.045

续表 5

其他学科知识的熟悉程度	博二	博一	0.173	博三	博一	0.338*
		博三	-0.166		博二	0.166
		博四	-0.088		博四	0.078
研究原创性	博二	博一	0.110	博三	博一	0.207*
		博三	-0.096		博二	0.096
		博四	-0.012		博四	0.084
问题分析能力	博二	博一	0.132	博三	博一	0.225*
		博三	-0.093		博二	0.093
		博四	-0.062		博四	0.030
独立解决问题的能力	博二	博一	0.163*	博三	博一	0.249*
		博三	-0.085		博二	0.085
		博四	-0.206		博四	-0.121
数据与信息的收集能力	博二	博一	0.001	博三	博一	0.204*
		博三	-0.203*		博二	0.203*
		博四	-0.302*		博四	-0.100
熟练使用仪器和软件的能力	博二	博一	0.135	博三	博一	0.123
		博三	0.013		博二	-0.013
		博四	-0.240*		博四	-0.252*

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

四、结论与启示

博士生在学术成长过程中会遭遇不同的困境和难题,但真正能够引发其认知能力和情意品质出现飞跃的关键事件并不多。换言之,不是任意一个困难都可称得上阈限。本研究发现,在我国理科博士生的学术能力提升过程中,影响最大的两个阈限性概念是确定研究方向和实现实验意图,其出现的时间大多集中在博士生二年级下学期到三年级期间。由于阈限具有高度复杂性和难以逾越的特征,作为科研新手的博士生很容易产生沮丧、失落等负面情绪,陷入进退失据、无所适从的尴尬处境,这一状态短则持续两到三个月,长则半年到一年之久。面对科研瓶颈,能否激发博士生的持续投入热情和独立探究意识是跨越阈限的关键,因此恰当的外力支持非常有必要。外部支持虽然不能帮助博士生直接破解难题,但有助于挖掘其潜力,调动其能动性,进而持之以恒地努力钻研和探索,推进研究进度。这种支持不只限于导师和同行在研究方向、方法和技术等方面提供的帮助,而且还包括师长与亲友在信心和情感上给予的鼓励。需要说明的是,跨越阈限所带来的个体能力提升并非与具体阈限一一对应,阈

限跨越更多是以一种涟漪效应的方式发挥作用,从整体上促进博士生科研能力的飞跃式发展。

博士生学术成长过程中的阈限现象对于博士教育改革具有重要的启示意义,概言之,就是要逐步建立高难度与强支持相结合的学术训练制度。

第一,所谓高难度是指提高博士生研究问题的挑战度,为此应实行博士学位论文开题答辩的集体负责制。在一定难度范围内,科研阈限的难度越高,越能促进博士生学术能力的发展。由于博士生将要遭遇的科研阈限与论文开题紧密相关(在此环节要确定具体研究方向和选题),故而在开题环节可以根据博士生的具体情况适当提高研究选题的挑战度,以更好地激发科研潜力,促进其科学素养和能力的快速提升。鉴于现实当中越来越高的博士生延期毕业率,很多学生或导师出于利益考量而选择低难度课题,因此建议在博士生论文开题环节实行答辩专家集体负责制,从而保障博士学位论文研究选题的科学性、价值性和教育性。

第二,导师应注重采用高水平自主性支持、学术支持与心理支持相结合的指导方式。^[21]随着博士学位论文研究深度的推进,博士生遭遇科研难题的可能性日益增加,即使科研经验丰富的导师也无法直接给予博士生以明确答案,问题的解决仍需要博士

生独立钻研、不断探究。这一阶段可能会延续很久，因此需要导师给予博士生更多的鼓励，增强学生自主思考、独立探究的勇气，树立克服难题的信心。

第三，科研团队内部要建立学术互助机制，营造支持型学术文化氛围。在科研跨越阈限的过程中，博士生虽然不得不独自尝试和探索解决之道，但外部的支持和实验室成员间的相互研讨也具有重要价值。科研团队内部的“传帮带”和自由交流等学术互助、共享机制，不仅可以启发身处阈限中博士生的思维，给予相应的技术支持，而且能产生同舟共济的心理支持作用，帮助博士生顺利跨越科研阈限。

第四，培养单位要扩大博士生的异质性交流机会，如举办高水平学术讲座与研讨活动，加大对学生参与国内外学术会议的支持力度等。本研究发现，理科博士生在遭遇科研阈限后会自发地与学术同行交流探讨，寻找解决方案。当导师与实验室成员未能给予有效帮助后，他们也会向组织外的学术同行求助。因此，学校和院（系所）应尽可能地多举办学术讲座，同时支持博士生走出去，多参加国内外高水平学术会议，增强博士生与持各种观点学术同行的联系，从而启发其学术思维，最终创新性地解决科研难题。

第五，导师应为身处科研阈限的博士生设置学术发展保护期，避免让博士生承担过多与研究课题无关的事务，有效减轻其负荷。对于大部分博士生来说，在二年级下学期到三年级期间会遭遇科研阈限，高强度的科研探索需要全身心投入。因此，从锻炼科研能力、快速跨越阈限两方面考虑，导师应根据博士生的具体情况合理安排科研任务，为身处科研阈限的博士生设置学术发展保护期。此外，培养单位应加快发展和完善博士后制度，吸引更多博士后进入实验室承担科研项目，这也为博士生的学术成长提供了发展空间和智力支持^[22]。

参考文献：

[1] AMRAN N N, IBRAHIM R. Academic Rites of Passage: Reflection on a PhD Journey[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 59(10): 528-534.

[2] 郭建如. 我国高校博士教育扩散, 博士质量分布与质量保障: 制度主义视角[J]. 北京大学教育评论, 2009, 7(2): 21-46.

[3][8][10][19] KILEY M, WISKER G. Threshold Concepts in Research Education and Evidence of Threshold Crossing[J]. Higher Education Research & Development, 2009, 28(4): 431-441.

[4] 阿诺尔德·范热内普. 过渡礼仪[M]. 张举文, 译. 北京: 商务印书馆, 2010.10.

[5] 维克多·特纳. 象征之林: 恩登布人仪式散论[M]. 赵玉燕, 欧阳敏, 徐洪峰, 译. 北京: 商务印书馆, 2006. 93-110.

[6][9][15] MEYER J H F, LAND R. Overcoming Barriers to Student Understanding: Threshold Concepts and Troublesome Knowledge [M]. London, New York: Routledge, 2006: 1-10, 33-47, 1-10.

[7] LAND R, MEYER J H F, FLANAGAN M T. Threshold Concepts in Practice[M]. Netherlands: Sense Publishers-Rotterdam, 2016: 67-76.

[11] FRICK L, TRAFFORD V, FOURIE-MALHERBE M. Being Scholarly [C]. Stellenbosch: SUN PRESS, 2016: 117-123.

[12] FELDON D F, RATES C, SUN C. Doctoral Conceptual Thresholds in Cellular and Molecular Biology[J]. International Journal of Science Education, 2017, 39(18): 2574-2593.

[13] CHATTERJEE-PADMANABHAN M, NIELSEN W. Preparing to Cross the Research Proposal Threshold: A Case Study of Two International Doctoral Students[J]. Innovations in Education and Teaching International, 2016, 55(4): 1-8.

[14] JOHNSON E M. Doctorates in the Dark: Threshold Concepts and the Improvement of Doctoral Supervision[J]. Waikato Journal of Education, 2014, 19(2): 69-78.

[16] 克里斯·戈尔德, 乔治·沃克. 重塑博士生教育的未来[M]. 刘俭, 译. 上海: 上海交通大学出版社, 2015: 63.

[17] 哥德史密斯, 孔洛斯, 戈尔德. 芝加哥学术生涯规划: 从研究生到终身教授[M]. 吴波, 叶丽芳, 梁辰, 译. 北京: 高等教育出版社, 2012.58.

[18] DELAMONT S, ATKINSON P. Doctoring Uncertainty: Mastering Craft Knowledge[J]. Social Studies of Science, 2001, 31(1): 87-109.

[20] 安塞尔姆·施特劳斯, 朱丽叶·科尔宾. 质性研究概论[M]. 徐宗国, 译. 台北: 巨流图书公司, 1997, 69-71.

[21] PAGLIS L L, GREEN S G, BAUER T N. Does Adviser Mentoring Add Value? A Longitudinal Study of Mentoring and Doctoral Student Outcomes[J]. Research in Higher Education, 2006, 47(4): 451-476.

[22] 李永刚. 成为研究者: 理科博士生素养与能力的形成[D]. 上海: 华东师范大学教育学部, 2018: 210.

(本文责任编辑 李晓宇)