

同型比较

南京工业大学应用型研究生培养模式改革 试点工作实施方案

教育部决定自 2009 年起,扩大招收以应届本科毕业生为主的全日制硕士专业学位范围。这是教育部在分析我国研究生教育状况和我国经济建设和社会发展实际需要后所作出的战略性举措。预示着调整硕士研究生的类型结构,实现硕士研究生教育从以培养学术型人才为主向以培养应用型人才为主的转变已拉开序幕。为积极探索应用型研究生培养的有效途径,教育部和江苏教育厅相继开展应用型研究生培养改革试点工作,我校对两个层面的试点工作都积极申报参与并获得批准。根据试点工作的要求并结合我校实际制订本方案。

一、 指导思想和总体目标

1. 指导思想

以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导,深入贯彻落实科学发展观,坚持以人为本,以质量为核心,以适应经济社会发展需求为目标,整体规划、统筹协调、规范管理、分类指导,确保试点工作的稳步推进。

2. 总体目标

通过试点工作,进一步提高对应用型研究生培养工作的高度重视和科学认识,充分发挥我校的自身优势,积极探索符合应用型研究生培养目标的培养模式、质量标准、保障体系和管理体制,积累应用型研究生培养的好经验好做法,在全省乃至全国进行交流和推广。通过试点工作引导我校不同类型研究生的合理定位,形成学术型和应用型并重的研究生培养格局,实现研究生教育规模、结构、质量和效益的协调发展。

二、 试点工作的主要内容

(一) 科学制订应用型研究生培养方案

培养方案是对研究生实施培养的主要依据,要能够充分体现培养目标和培养要求,科学制订培养方案并严格实施是提高研究生培养质量的重要保证。应用型研究生的培养目标是培养掌握某一专业(或职业)领域坚实的基础理论和宽广的

专业知识、具有较强的解决实际问题的能力，能够承担专业技术或管理工作、具有良好的职业素养的高层次应用型专门人才。在课程设置、教学理念、培养模式、质量标准等方面要突出应用型研究生教育的特色，与学术型研究生有所区别。

1. 培养环节

应用型研究生的培养环节主要包括：课程学习、实践环节和学位论文。

2. 课程体系及学分要求

总学分不低于 32 学分，其中学位课(A 类+ B 类)学分不低于 16 学分。

公共基础学位课 (A 类) 12 学分

政治理论课 4 学分；研究生英语 4 学分；应用数学 4 学分

专业基础学位课 (B 类) 4 学分

至少有 2 学分为应用型研究生专修课程

专业选修课 (C 类) 6 学分

至少有 2 学分为应用型研究生专修课程

指定选修课《信息检索》2 学分

实践环节 (必修) 4 学分

讲座 (必修) 2 学分

研讨 (必修) 2 学分

3. 各环节要求

课程设置要以实际应用为导向，以职业需求为目标，以综合素养和应用知识与能力的提高为核心。教学内容要强调理论性与应用性课程的有机结合，突出案例分析和实践研究；教学过程要重视运用团队学习、案例分析、现场研究、模拟训练等方法；要加大实践环节的学时数和学分比例，注重培养学生研究实践问题的意识和解决实际问题的能力，增长实际工作经验，提高专业素养及就业创业能力。在 B 类课和 C 类课程中，必须开设一定比例的与职业或行业联系紧密、重在提高学生实际工作能力和工程应用能力的课程。有条件的可开设一些与职业资格认证相关的课程。凡是通过国家职业资格考试的研究生可以免修培养方案中的相关课程。

实践教学可以下列方式实施：具有特定主题的一系列实验课或以实验为主的专题课；与学科应用技术相关的硬件、软件设计或机构设计；在研究生工作站、

研究生创新中心、实践教学基地、联合培养基地进行的工程设计、项目研究、行业调研等方面的实践教学。

学位论文侧重于对研究生工程或管理实践能力的锻炼和提高,选题应来源于应用课题或工程实际问题,要求研究生能够独立完成一个完整的并具有一定难度的应用基础研究、规划设计、工程设计、技术开发、产品开发、项目管理、案例分析等课题,重点培养学生独立担负专门领域工作的能力,为将来从事应用型工作打下良好的基础。

论文应具备一定的技术要求和工作量,体现作者综合运用科学理论、方法和技术手段解决实际问题的能力,并有一定的理论基础,具有先进性、实用性。

(二) 积极探索应用型研究生培养的新模式与新机制

培养模式创新方面,重点针对应用型研究生的培养目标,在课程体系设置、师资队伍建设、教学内容与方式、实验室和实习实践基地建设、研究课题和专业技能训练、考核评价标准和方式等方面有实质性的创新。管理机制改革方面,重点在应用型研究生与学术型研究生的比例结构、与行业 and 企业的共建合作、培养与就业密切结合等方面有突破性的改革。

三、 具体要求

1. 应用型研究生的界定

我校招收的所有全日制硕士专业学位研究生全部纳入应用型研究生培养,鼓励所招收的学术型研究生自愿执行应用型研究生培养方案、按应用型研究生模式培养。其学位授予仍按国家有关规定执行。

2. 培养方案

学制 2~3 年。

各领域在 B 类课和 C 类课中共要开设不少于 2 门专供应用型研究生修读的与职业背景联系紧密的应用类课程。

实践环节按《南京工业大学关于全日制硕士专业学位研究生实践环节的要求》精神执行。

3. 师资队伍

各学院应抓紧做好适应应用型研究生培养工作需求的师资队伍建设工作。开设的新课程要配备合适的任课教师,鼓励聘请校外具有较好授课水平和能力的行

业专家参与课程教学。

各学院应为每位应用型研究生配备一名校外导师，参与指导实践环节和论文工作，实行“双导师”制。

通过培训、企业挂职、指导实习、以老带新等多种途径加强青年教师实践能力的培养，为应用型研究生培养建立和储备一批稳定的师资队伍。

4. 实践基地

应用型研究生的主要特色是加强对研究生实践能力的培养，各学院要充分利用我校与地方政府、大型企业的全面合作关系，通过与企业共建研究生工作站、研究生创新中心、联合培养基地等形式做好实践基地的建设，以满足研究生实习实践及学位论文工作的需要。

5. 学位论文

对应用型研究生的学位论文及答辩各学院要根据学科专业特点制订具体规定，经学院学位分委员会审议通过后报校研究生部备案。授予学位是否需要公开发表论文学校不做统一要求，由各学院决定。论文格式仍按照学校规定执行。论文的评审和答辩要求必须有校外企业或行业专家参加。各学院应根据论文的不同类别制定详细的评价标准。

四、 保障措施

1. 组织保障

学校成立“应用型研究生改革试点工作领导小组”指导改革试点工作、审批改革试点工作方案、解决和协调试点工作中出现的困难和问题。

各相关部门要积极支持和配合做好试点工作。我校的重点实验室、工程中心、大学科技园、高技术研究院等国家级省级各类科技平台应充分发挥人才培养职能，积极参与到应用型研究生培养的工作中，为应用型研究生培养创造条件。

2. 经费保障

设立改革试点工作专项经费，用于资助培养方案制定、课程建设、实践基地建设等项目。

五、 工作进度安排

2010 年

11 月 30 日前各相关学院完成未来 5 年应用型研究生培养规划，规划包括

规模、师资队伍建设、实践基地建设等内容；完成学院应用型研究生培养改革方案的制定。

12 月 05 日前各相关学院完成培养方案的调研、研讨工作。

12 月 15 日前各相关学院完成培养方案的制定工作。

12 月 30 日前完成新开课程建设、实践基地建设的立项申报工作。

2011 年

1 月 10 日前完成培养方案的汇编工作。

2 月 20 日前按照新培养方案完成 2010 级应用型研究生培养执行方案的调整。

9 月份起 2011 级应用型研究生实施新的培养方案。

2013 年 7 月完成试点工作，12 月底前完成总结工作。

六、其他

1. 各学院在制定培养方案过程中要主动与专业学位的教学指导委员会取得联系，接受指导。与兄弟院校开展广泛交流，充分借鉴兄弟院校的思路与做法。

2. 对已实行资格认证的专业学位类别、领域，培养方案尽可能与资格认证的要求进行对接，为申报资格认证做好准备。

附件：南京工业大学硕士研究生学科、专业培养方案要求（修订）

为了加强对硕士研究生的培养，提高硕士研究生的培养质量，根据《中华人民共和国学位条例》和《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》规定，结合我校实际情况，特制定硕士研究生学科、专业培养方案要求。

一、适用对象

本培养方案要求适用对象为我校全日制学术型研究生和全日制专业学位研究生。

二、培养目标

硕士研究生的培养目标是培养适应时代要求的高素质和高水平的人才。要求硕士研究生做到：

1. 掌握马列主义、毛泽东思想、邓小平理论的基本原理，以江泽民提出的“三个代表”思想为指导，牢固树立正确的世界观和人生观，热爱祖国，遵纪守法，

品德良好，学风严谨，具有较强的事业心和敬业精神，积极为社会主义现代化建设服务。

2. 具备应用一门外语熟练阅读本专业书刊和初步听说能力，可用外语撰写论文摘要，熟悉现代实验技术和计算机技术，掌握相关学科和专业领域的基础知识和系统专业知识，具有独立进行科学研究、教学和从事本专业技术工作的能力，并具有经济和管理的基础知识和相关专业技术应用技能。

3. 具有成熟健全的心理和健康的体魄。

三、研究方向设置

根据国务院学位办颁布的学科、专业目录，设立我校学科专业点的研究方向。其应具有坚实的研究基础和较为稳定的研究范围，且已完成若干独立的重要研究课题，并能体现出我校各学科、专业的学术优势和培养特色。

研究方向的设置应具备下列条件：

1. 应是本学科的重要发展方向；
2. 应有学术带头人和合理的人才梯队；
3. 应有一定的科研基础和成果，以及相关的资料和相应的实验设备；
4. 应能开出本学科、专业研究方向的主干课程和相关课程，并附有这些课程教学大纲及阅读书目。

研究方向的确定应是认真的、严肃的，并注意其先进性、科学性和相对稳定性。研究方向的学术领域不宜过窄，每个学科、专业的研究方向根据学科的实力一般以 3~5 个为宜。

四、学习年限

学术型硕士研究生的学习年限为两年半至三年，优秀硕士研究生经学校批准，学习年限可缩短至两年，硕士研究生为在职人员、或因患病、或其他特殊原因，经学校批准学习年限可相应延长一年。全日制专业学位研究生学习年限为两至三年。

五、课程设置及学分要求

我校自 2011 年 9 月起全面实行硕士研究生培养模式改革，硕士研究生培养模式按两个系列设置，分别是学术型和应用型。其课程设置及学分要求如下：

（一）学术型研究生

学术型硕士研究生在攻读学位期间，所修总学分不低于 32 学分。其中硕士学位课程约为 18 学分，学校与学院的学术报告 2 学分，导师设置的学术研讨会(Seminar) 2 学分，其它学分为选修课程。

课程设置方式：

(1) 学位课

学位课是按一级学科设置，反映本学科最基本的基础理论和专业基础理论，是该学科的必修课。课程设置既考虑基础理论系统性，又有一定的专业覆盖面。学位课包括公共基础学位课（A 类）和专业学位课（B 类）课程。

公共基础学位课（A 类）

	课程名称	学时	学分
政治类	科学社会主义理论与实践（含邓小平理论）	32 学时	2 学分
	科学技术哲学	48 学时	2 学分
外语类	研究生英语（或科技英语写作）	100 学时	4 学分
	数学或工程应用数学（根据培养方案要求）	80 学时	4 学分

专业学位课（B 类）

专业学位课设立三至四门课程（详见附表），为 120~160 学时； 6-8 学分（建筑类 12 学分）。原则上，研究生应在本学科的 B 类课程中选择。

(2) 选修课【非学位课】（C 类、D 类）

选修课是在学位课以外，为扩大知识面，适应科学技术的发展，根据不同的研究方向，按照硕士研究生培养需要，在本学科和相关学科中开设的各类可供硕士研究生选择学习的课程。一般要求选修本学科专业类的学分为 8-10 学分，研究生根据指导教师的要求，结合科研题目的需要，可以在全校所有的课程中自由选择。全校公共选修课（D 类）中的信息检索课程作为全校研究生的必选课。

(二) 应用型硕士研究生

我校招收的所有全日制硕士专业学位研究生全部纳入应用型研究生培养。鼓

励所招收的学术型研究生自愿执行应用型研究生培养方案,按应用型研究生模式培养,其学位授予仍按国家有关规定执行。

应用型研究生的培养环节主要包括:课程学习、实践环节和学位论文。总学分不低于 32 学分 其中学位课(A 类+B 类)学分不低于 16 学分,实践环节(专业实践)4 学分,学校与学院的学术报告 2 学分,导师设置的学术研讨会(Seminar) 2 学分,其它学分为选修课程。

课程设置方式:

(1) 学位课

公共基础学位课(A 类)

	课程名称	学时	学分
政治类	科学社会主义理论与实践(含邓小平理论)	32 学时	2 学分
	科学技术哲学	48 学时	2 学分
外语类	研究生英语(或科技英语写作)	100 学时	4 学分
	数学或工程应用数学(根据培养方案要求)	80 学时	4 学分

专业学位课(B 类)

应用型研究生专业学位课(B 类)学分要求为不低于 4 学分,每个领域设置 1-2 门应用型课程供应用型研究生修读,应用型研究生修读应用型课程不低于 2 学分。

(2) 选修课【非学位课】(C 类、D 类)

应用型研究生选修本学科专业类的学分要求为不低于 6 学分,其中必修 2 学分应用型课程,指定选修课 D 类《信息检索》2 学分。剩余学分可以在全校所有的课程中自由选择。

六、课程要求

硕士研究生课程要注重基础性、宽广性和实用性,面向硕士研究生开设的课程内容要与本科教学课程内容拉开档次,对于培养方案中确定的课程,任课教师必须提供课程教学大纲。课程教学大纲应包括课程教学目标、课程内容、教学要

求、教学方式、学时、学分、预修课程要求、考核方式、参考书目等。

硕士研究生课程的考核方式可采用笔试或其他不同的形式，硕士研究生考试不合格课程，不采用补考形式，必须重修。学位课程和必选课程考试实行末位淘汰，应有 4%~10%的淘汰率。

为保证二年级以上硕士研究生白天参与实验室、工程基地等实践场所的科研工作，专业选修课应尽可能安排在晚上开课。

(1) A 类课程（公共基础学位课）

公共基础学位课的课程除注重基础性、宽广性和实用性外，需要进一步加强教学内容改革，应注重增加学科前沿所需的新知识、新理论新课程，着眼于为提高硕士研究生的整体素质打下坚实的基础。

公共基础学位课的某些课程可由公共基础课程与专业老师共同承担，如《工程应用数学》等课程，以促进基础教学与专业教学更好的融合，进一步提高研究生的数值处理、图形处理、文字处理、文献处理与专业结合的能力。

研究生英语课程的修读要求以《研究生英语教学改革方案（试行）》为准。

(2) B 类课程（专业学位课）

专业学位课的内容安排要注意课程体系保持相对稳定，专业学位课设置不得少于三门，要注意合理拓宽专业口径，强化本专业范围内研究方向的共性内容，以保证培养的规范化和统一质量标准。课程设置要注意同一专业、不同研究方向上硕士研究生共性需求。研究生因研究工作需要，根据导师要求，经过研究生部批准，可以选修其它专业的学位课程。

(3) C 类课程（选修课）

选修课面向全校研究生自由选修本学科专业、非本学科专业设置，以强化研究生从事边缘学科、交叉学科和范围广阔的科学研究的能力。专业选修课应包括反映本学科的新发展、新动向或一些学科相互渗透的内容，方便研究生跨专业选课，使研究生了解本学科的前沿，掌握某些专业技术最新研究成果，从而有利于研究生从事专门课题研究，提高研究生科学研究综合能力。

七、学位论文

学位论文工作旨在使研究生在科学研究或工程设计、工程开发、经营管理方面得到较系统的基本训练，培养他们从事科学研究或独立担负专门技术工作的能

力。

应用型研究生学位论文侧重于对研究生工程或管理实践能力的锻炼和提高，选题应来源于应用课题或工程实际问题，要求研究生能够独立完成一个完整的并具有一定难度的应用基础研究、规划设计、工程设计、技术开发、产品开发、项目管理、案例分析等课题，重点培养学生独立担负专门领域工作的能力，为将来从事应用型工作打下良好的基础。

研究生学位论文具体要求如下：

1. 学位论文选题应具有实际生产应用和学术理论上的意义，各学院学术委员会或学位评定分委员会应对研究生论文选题进行审定，努力使选题科学、合理。研究生在选题范围内，须系统地查阅国内外文献和了解国内外有关科技情况，并对有关文献资料(不少于 50 篇)以及生产实际问题的调查研究做出分析和评述，指出解决问题的可能途径。在导师指导下，一般于第三学期或第四学期初在课题组和相应的学科专业内进行学位论文的开题报告，广泛听取意见，由导师审定论文工作实施计划，开展研究工作。

2. 学位论文须具有一定的新见解或新内容，主要包括：

(1) 利用前人或本人的理论和方法，解决别人没有做过的技术、方法或理论问题，或者解决某一个比较重要的技术或理论问题中的一个环节。

(2) 在实验研究中，取得有意义的可验证的结果，并有初步的解释。

(3) 将基本原理应用于技术领域，取得新成果，并有一定的使用价值。

(4) 建立比较先进的实验装置，并取得可靠的数据。

(5) 其它具有创新性的研究内容。

3. 论文的理论部分概念清晰，分析严谨；论文实验部分数据真实可信，并要论证其可靠性，要体现良好的学术道德和学风；数据的处理部分要有依据，计算结果正确无误，对处理结果所得出的结论，应作理论上的论述与讨论。

4. 对于多人共同合作研究的项目，每一位硕士研究生都应有独立的研究主题，论文内容应侧重写本人的研究工作，对有关的共同工作部分应加以说明。

5. 论文内容一般应包括：提要、课题意义及对前人工作的评述；理论部分；试验或实测方法与仪器设备的概述；实验数据的分析与讨论；结论与参考文献；附录（视论文的具体性质，可不包括上述所有方面）。

6. 论文的文字要通顺、简练，字迹清楚，标点符号正确，论文中引用别人的成果应予注明，图表、参考文献、附录和注释格式要规范。

7. 论文答辩：硕士研究生在修满规定课程学分后，方可进行学位论文答辩。硕士研究生应在论文答辩前一个月提交写好的正式学位论文，学位论文必须严格按照硕士学位论文格式和统一印刷装帧的要求进行印刷装订；论文提交导师审阅同意后，由学院研究生秘书报研究生部。论文经评阅人评阅后，方可参加答辩。为保证全校研究生学位授予工作质量和学位评定工作的有序进行，各学院硕士研究生学位论文的答辩时间，一般应安排在每年的六月上旬前完成答辩，提前毕业应安排在每年的十二月上旬前完成答辩，答辩时间超过规定期限，其学位审查评议顺延至下一个半年进行。

8. 硕士研究生学位论文的评阅、答辩评议，实行导师回避制度；学位论文的评阅可实行送审盲评。

9. 硕士研究生进行论文答辩前的科研成果要求由各学位评定分委员会根据具体情况自行确定，并形成书面规定上报研究生部备案后执行。对从事特殊研究项目确属需要保密而不宜发表论文者，必须由导师书面说明理由，报学院和研究生部批准。

10. 学位授予：答辩委员会对学位论文进行评议，在决议中对答辩人是否授予硕士学位，向学位评定分委员会提出建议，由学位评定分委员会评议后交校学位评定委员会表决，作出是否授予硕士学位的决定。

11. 推荐优秀学位论文：对于优秀学位论文的推荐，需要论文评阅人在论文评议中有明确推荐表示，答辩委员会、学位评定分委员会对学位论文是否推荐评为优秀论文在决议中均应予以注明。

12. 硕士研究生的论文等成果获得因特殊原因延迟，需经本人书面申请，说明成果延迟的充分理由，由导师和学院签署意见报研究生部批准，方可进入答辩及后续程序，但其学位证书将延迟发给本人，须等到其成果符合研究生申请学位对科研成果的基本要求再行发放。

八、培养方式与方法

1. 硕士研究生的培养一般实行导师负责制。培养方式为由一名导师具体指导，其他教师协助指导或聘请企事业单位有丰富实践经验的高级专家协助指导，

学院把关、协调和监督，研究生部统一管理的培养机制。

2. 硕士研究生入学后应在导师指导下，严格按照本培养方案要求制订出相应的培养计划。

3. 硕士研究生的学习应强调以自学为主，导师应注重启发研究生深入思考和创新思维，培养其独立分析与解决问题的能力。

4. 应用型研究生必须参加专业实践，专业实践的具体要求以《南京工业大学全日制专业学位研究生专业实践工作基本要求及考核工作规定（试行）（南工（2010 研字第》23 号））为准。

为了培养硕士研究生的综合能力，使研究生得到更多实践环节的锻炼，研究生除参与科研实践外，在学期间还应参加其他实践环节的训练，其他实践活动的内容主要包括教学实践、工程（社会）实践和管理实践三种。

（1）教学实践：可采取多种方式进行，可从事课程的辅导、答疑、批改作业、带本科生实习、实验、课程设计、协助导师指导本科生毕业环节等。

（2）工程（社会）实践：通过结合课题到校外企、事业或机关单位学习、调查研究和做实验等，增强对工程领域、工厂现场和社会实际的感性认识，锻炼实际工作能力和增长工作经验。

（3）管理实践：通过担任本专科学生的班主任、辅导员或其他管理部门的具体管理事务工作等，锻炼硕士研究生的管理能力。

实践环节可根据研究生的实际情况，确定从事其中的一项或两项，具体由指导教师和学院负责安排（最迟于第四学期内完成）、检查和指导，并对研究生的实践环节效果进行考核，写出评语意见。硕士研究生参加实践活动可与参与“助学、助研、助管（三助）”挂钩。

5. 学术活动

（1）硕士研究生在学期间，必须参加二十次校内外学术活动，其中至少七次为校研究生部统一安排的学术活动，其它由各学院安排，达二十次者才能取得学校与学院的学术报告 2 学分。

（2）硕士研究生参加学术活动时，要填写《研究生参加学术活动登记卡》，并按要求填写规定栏目后，在答辩前交各自学院研究生秘书存查。

（3）硕士研究生参加的学术活动，可以是校内各学院的学术讲座、也可以是

参加国内的学术会议，校内学术活动以二小时为一个专题、计为一次学术讲座，校外参加的学术会议根据学术会议实际天数折算，一天计为两次学术活动。

(4) 硕士研究生的论文工作期间，由指导教师负责对其参加课题组学术研讨和撰写科研汇报的效果进行考核，合格者才能取得导师设置的学术研讨会 2 学分。

6、对于同等学力或转专业入学的硕士研究生必须补修现专业的大学本科主干课程或者加修本学科研究生的主干课程（不少于两门），补修课程只记成绩，不计学分，但应列入个人培养计划。

九、治学态度和工作作风

1. 在硕士研究生整个培养过程中，包括课程学习、论文准备、实践和学术活动，特别在论文工作中，都要注意培养硕士研究生的创新能力、实事求是的科学态度、严谨求实的工作作风和谦虚诚挚的合作精神。

2. 从事科学研究是一项追求真理，探求事物本质和客观规律的事业，要具备科学道德，尊重科学，按科学规律办事。硕士研究生不但要学习老一辈专家学者扎扎实实做学问的作风，更要学习他们实实在在做人的品德。

3. 明德厚学，沉毅笃行；弘扬学术道德，端正学风，表里如一；坚决反对学术腐败、严禁剽窃抄写、弄虚作假；禁止以不正当手段获取他人劳动成果，杜绝考试作弊；是每一位研究生应遵循的最起码的治学准则。

十、思想政治工作

1. 研究生所在学院要加强研究生的思想政治工作，并有专人负责；通过建立健全各项管理制度，充分发挥党、团组织和研究生会的作用；采用各种途径和方式，不断提高研究生自我教育和自我管理能力。

2. 强调导师对研究生的培养负全面责任，发挥导师在研究生培养教育中的特殊作用，导师要从思想、学风等各方面以身作则，做到言传身教，教书育人，对研究生严格要求，耐心引导。

3. 研究生要积极参加规定的政治学习、形势教育、公益劳动等活动，自觉加强道德品质修养，倡导严谨的治学态度和献身科学事业的精神。

十一、考核方式

1. 硕士研究生课程的考核方式可采用多种形式，但一般应有一定量的笔试，公共课及专业基础课以笔试为主，专业课采用笔试和专题报告相结合的方式，重在考核硕士研究生对业务知识的把握能力及其应用基础理论分析问题、解决问题

的能力。

2. 考试成绩按百分制评定，课程成绩 60 分为合格；考查采用通过、不通过记录成绩；成绩合格者获得相应学分。

3. 第一学年年度考核：重点考核研究生的思想品德和课程学习、参加社会公益活动等情况；按一定人数比例评选出“三好研究生”和“优秀研究生干部”，一般在第三学期初进行。

4. 中期考核：为保证研究生的质量，在主要课程学习结束后，即入学后的第四个学期初进行中期考核。由专业学科组织教师成立中期考核小组，对研究生的课程学习情况、毕业论文的准备情况以及对本学科国内外最新研究动态的掌握情况等综合检查和考核。

中期考核优秀的硕士研究生，可以申请提前攻读博士，申请者需同时提交个人研究报告。对考核不合格或完成学业确有困难者，劝其退学或作肄业处理。

5. 毕业考核：毕业前由研究生导师，学院对研究生几年来的学习工作情况考核和评价，按一定比例评选出“优秀毕业研究生”。对硕士学位论文进行评选，获得优秀学位论文者，给予表彰和奖励。

6. 硕士研究生在学期间，在参加各项活动中获得各种奖励，研究生的指导教师和研究生部可给予适当的奖励。每两年进行一次校优秀研究生导师评选工作，评选出的优秀研究生导师在教师节中进行表彰奖励。

7. 全校研究生公共基础学位课，由研究生部统一管理，其余课程及开题报告、专业实践、教学实践、工程（社会）实践或管理实践由各学院自行管理。研究生部根据培养方案要求，将授课计划下达到各学院，由各学院开列授课计划，落实授课教师，组织考试，并报研究生部统一安排授课时间。任课教师在课程结束考试、考查后，将研究生成绩登记表交学院研究生秘书汇总并存档。

十二、毕业与学位

研究生按培养计划完成教学环节，修满规定的学分，通过学位论文答辩，准予毕业。符合学位授予规定，经校学位评定委员会评审通过，作出授予学位的决定后，可获得硕士学位，发给硕士研究生毕业证书和学位证书。

十三、附则

1. 本要求解释权归校学位评定委员会。
2. 本要求从 2011 级硕士研究生起施行。

同型比较

浙江工业大学应用型研究生教育 “导学”关系重构研究

潘立， 彭旭东

德国著名哲学家雅斯贝尔斯提出，教育是对人的主体间的灵肉交流活动(尤其是老一代对年轻一代)，包括知识内容的传授、生命内涵的领悟、意志行为的规范，并通过文化传递功能将文化遗产教给年轻一代，使他们自由地成长，并启迪其自由天性。师生之间基于知识、学识信号和情感的交互是交织进行的，具有一定的延续性。研究生教育是人类教育的高级阶段，加强研究生与导师间的对话和互动学习是师生关系进一步发展的必然走向。地方院校以研究生教育创新示范基地为载体展开应用型研究生教育，须认真梳理双师制指导下师生间的导学关系。

一、应用型研究生教育的“导学”关系背景

教育部公布的《关于做好全日制硕士专业学位研究生培养工作的若干意见》(简称《若干意见》)强调，实践应用将成为今后硕士研究生教育发展的重点。为更好地适应国家和社会对高层次应用型人才的迫切需要，教育部决定逐渐将硕士研究生教育从以培养学术型人才为主转向以培养应用型人才为主，以此为契机，推动研究生培养类型结构的调整。2009年教育部增招指标全部用于招收应届毕业生全日制攻读专业硕士学位。2010年教育部除新增计划全部用于招收专业学位硕士生外，还将压缩现有规模的5%-10%用于招收专业学位硕士生。

国家设立全日制专业学位是为了适应我国经济建设和社会发展对高层次专门人才的需要。原有的研究生培养目标单一，已经不能满足市场的多元化需求。一些高校一方面自身缺乏实践能力强的教师，又不能从有关企业或行业部门聘请到高水平的工程技术人员和管理人员参与教学和指导工作;另一方面缺乏社会合作教育的渠道，不能为研究生的实践和论文选题、研究提供实际帮助，致使培养模式缺乏应有的生命力。中国教育发展战略学会组织的“高新技术企业人才素质和培养模式调研报告”指出，毕业研究生与高新技术企业要求的差距主要体现在

专业知结构不够合理、运用知识解决实际问题及与他人沟通和合作能力不强等方面。总体来说，毕业生综合能力薄弱还不能适应高新技术企业发展对应用型人才的需求。

美国的研究生教育将学术型研究生教育定位为培养博士研究生的过渡阶段，将专业硕士研究生教育定位为培养具有理论知识和实际操作能力的专门人才，并为这两类培养模式制定相应的培养目标、培养方式和质量标准。专业硕士研究生教育应向专业化、专门化、终结性和实践性方向发展，为不愿意进行科学研究和理论工作的学生提供面向特定职业领域的专业化教育。学术型研究生培养模式和应用型研究生培养模式共存是国外研究生培养模式发展的共同趋势，也是目前我国研究生培养模式改革的主要方向。

二、应用型研究生教育“导学”关系特征

“导师”一词本为佛教用语，是导引众生入于佛道者的通称。现在则指政治、思想、学术或某种知识上的指导者。导师在研究生培养过程中扮演着学术楷模、科学引路人、朋友等多重角色。导师制最早源于英国，随着研究生教育的发展，导师制的外延不断扩大，从一师一徒发展为一师多徒、多师多徒(导师组制)及 Group 制(由一个大导师、多个副导师及一群研究生组成)。在导师制的发展过程中，导师与研究生之间的关系多种多样。在德国是师徒关系，在美国表现为合作伙伴关系，在我国既是师承关系、又是长辈与晚辈的关系。导学关系是指研究生在导师指导下完成课程学习、参与课题研究、撰写学位论文，并在此过程中学会做学问、学会做人所形成的一种教学关系，它作为师生关系的核心一直贯穿于研究生教育的始终。

导师一词不能简单地以专业指导教师的职能来要求，师者:传道、授业、解惑也。导的意义在于许多东西是研究生自己无法从书籍、资料中直接取得，而必须由导师指导才能获得。导体现在“诱导”、“引导”、“指导”、“领导”四个方面:诱导学生，激发其内在积极性;引导学生尽早明确自己的职业发展方向;指导学生的专业发展;领导学生，走在学生前面的领路、示范行为，使其全面成长。引导学生明确自己的职业发展方向首当其冲。

美国协作式培养模式中大学与企业各指派一名教师作为学生的指导教师，他们与研究生一道制定修业计划，帮助学生选课，确定科研课题，指导其完成科研

及相应的论文等，双方还各派一定数量的教师讲授课程。这样，在培养过程中就形成了教授与被教授、个人(学生)与集体(教师)、集体(学生)与个人(教师)的关系。协作式培养模式的教师来自两个系统，而学生成份也不尽相同，其师生关系不仅是一种指导与被指导的关系，还具有复杂的多重关系。

三、应用型研究生教育的“导学”框架

1. 导学平台——建立研究生教育创新示范基地

应用型研究生的培养工作不应由教育管理机构 and 高校唱独角戏，企业也是一个重要角色，而且是最终的获利者。研究生联合培养基地以高等学校为主体，依托研发能力较强的一流大型企业集团、高新企业和科研院所等有关单位。研究生在校内进行课程学习和学位授予，而学位论文由基地导师指导并在基地完成。基地联合培养硕士因企业特点和需求而异，既要适合企业发展需求，又能为企业能力所承受。“产学研”联合培养模式为应用型人才培养奠定了坚实的基础。

浙江省教育厅 2008 年起开始建设研究生教育创新示范基地，首批成立的 30 个示范基地的建设主体为省内具有一定研究生教育历史的高校，依托高校特色优势且侧重于省内经济社会发展急需的重点领域的应用型学科。其中浙江工业大学—浙江省机电设计研究院有限公司机械工程研究生教育创新示范基地的建立正是围绕浙江省产业和经济重点领域的的需求，充分发挥浙江工业大学机械学院和浙江省机电设计研究院有限公司在学术队伍、技术项目、科研平台和实验设备等方面的综合优势，强化以企业为创新主体的产学研体系，积极探索和实践开放式的研究生教育新模式和新机制，为研究生的科学实验、自主研发、生产实践和创业创新提供服务，提高研究生创新能力，培养研究生更好更快地服务于地方经济建设和社会发展。

2. 导学机制——健全校内外“双师制”协作培养机制

“双师制”协作培养机制是指校内外导师共同培养研究生的方式，校内导师指导理论学习，校外导师参与实践过程、项目研究、课程与论文等多个环节的指导工作。省机电设计研究院有限公司向机械学院推荐了包括机械工程、材料加工工程等专业的十八名企业专家，机械学院选聘这些专家担任研究生的基地导师，并为他们配备协助指导教师。学院导师负责硕士学位论文的撰写指导，基地导师负责硕士生基地科研实践和完成课题研究任务的指导。这种培养机制注重培养

实践研究和创新能力，增加实际工作经验，缩短就业适应期限，提高专业素养及就业、创业能力。促进校企之间人才培养以及学术信息的沟通与交流，为高校探索应用型研究生培养新模式创造了空间。“双师制”的具体形式多种多样，如：(1)采取双方导师指导小组的形式，通过学生在学校和企业的交互学习、实践，共同指导学生完成学习和科研论文工作；(2)让学生先跟随学院导师在校学习理论知识打基础，再前往基地第一线实习工作，确定课题研究方案后回到学校进行实验工作，学生通过向双方导师提交研究报告的方式沟通自己的研究进展及论文工作情况，从而得到双导师的指点；(3)学生在校完成课程学习后完全进入基地开展科研及论文工作。

地方高校采用双师制完成高校与科研院所等单位的联合人才培养，其主要目的就是培养学生理论与实践相结合的能力，使学生在深入一线参加研发的实践中培养和提高了综合素质和创新能力。这种模式下培养的研究生不但知识面广，而且应用能力强，普遍受到用人单位的欢迎。以联合培养研究生为契机，实施校企战略联盟，整合高校人才培养、科学研究和服务社会的三大功能，促进高校改革创新和完善自身功能定位。

3. 导学条件——校企合作机制和教师队伍素质

创新基地是建立在校企双赢的基础上，而不是一方对另一方的支援。高校选择大型骨干企业可以让学生有一个较高的科研和实践平台。合作单位一定要具有科研的环境和条件，企业领导要具有创新的理念和意识。机械学院加强对学生的教育，保证合作内容的实施；省机电院加强制度的建设，为合作提供可行的环境和机制。双方详细讨论各自的权利、义务，并形成正式的合作协议。

研究生教育创新基地最直接的变化就是研究生导师的学缘结构、知识结构、学科结构、学派结构等发生很大变化。创新基地导师的选聘按以下原则：第一，具有教授级高级工程师技术职务的企业专家可以申请担任基地的博士生指导教师；具有高级工程师技术职务的企业专家可以申请担任基地的硕士生指导教师。第二，基地导师和学院导师享受同样的研究生招生数量和生源选择的待遇，实行同一个导师职责条例的考核标准和要求。第三，基地导师可以配备学校导师联系人，有利于人才培养的学术信息交流与沟通，进一步强化研究生培养的过程管理，保证培养质量。省机电设计研究院提供的基地导师包括教授级高工、享受政府特

殊津贴的科研人员和学者型管理人员，他们不仅具有扎实的理论基础和丰富的实践经验，而且十分关心教育工作，愿意为高校人才培养作出贡献。学院对基地导师进行培训，使其明确研究生导师的职责，熟悉研究生培养各阶段的要求，有计划地培养研究生做出创新性成果。基地管理办公室对基地导师实施动态管理，从根本上确保导师队伍的质量，保障研究生的培养质量。

四、重构双师型“导学”关系的关键点

以创新基地为载体实施应用型研究生教育，要求学院与研究院所之间努力建设一支结构合理、有创新精神的高素质、高水平的导师队伍，建立与地方社会发展联系的纽带与桥梁，为培养研究生创新能力提供宽阔的社会实践平台。基地联合培养的高校与科研院所是共同成长的两个个体，双方的师资力量各有特点，不尽相同，两类导师与研究生之间的师生关系也复杂多重。笔者认为，重构师生“导学”关系的关键点可以基于以下三方面：

1. 互动与对话

在研究生教育中导师与研究生的互动表现为“借”的关系。在尝试建构新的研究生教育师生观时，认真解读师生之间的这种“借”的关系内涵，是师生互动关系从抽象走向具体，从理论走向实践的一种尝试。可以用“借脑”和“借手”的关系来诠释研究生和导师的关系，即研究生按照导师设定的研究方案来完成自己的学位论文，此为“借导师之脑”，而导师则借助研究生的工作来实现其科研想法，此为“借研究生之手”。这种“借”不是片面的、决然分开的，而是一种互动双向的良性循环关系。

《若干意见》中提到全日制硕士专业课程设置要以实际应用为导向，以职业需求为目标，以综合素养和应用知识与能力的提高为核心。教学内容要突出案例分析和实践研究；要注重培养学生研究实践问题的意识和能力。研究生导师的视野和研究水平直接决定了研究生的水平，研究生学术方向的选择与导师的研究课题紧密相关。在实施应用型研究生教育的过程中坚持良性的、和谐的学院导师、基地导师和研究生之间的三方互动关系，确立“学生是主体，教师是主导”的角色定位，创造条件实现师生之间的对话。主体与主导之间互相依存、互相制约、互相促进、导学相长。借学院导师之脑，强化理论知识的学习与贯穿整个研究过程，借基地导师之脑，在实践应用中大胆创新，完成导师们理论结合实际的创新

想法。

2. 自我教育

教育做的是心灵的、精神的、思想的形上的事情，而不是物理学层面的形下事物。中国思想文化史专家张岂之先生说过教育的目标应该是：“谦和”——努力做到融合中西，贯通古今，虚心吸收其他学科，其他学人的长处，形成自得之间。

“守正”——做正派的人，有正义感，追求实现社会公正，在学术上走正道，讲学术道德，自觉树立优良学风。“日新”——要有不断创新，与日俱进的理念。在这种氛围熏陶中所取得的成果，才能经得起时间的考验。自我教育作为研究生学习的重要方式，体现研究生个人自主、自由发展。

研究生自我教育需要汲取优质、高效的导师团队的学术营养，进而形成自己的问题意识、学术观点，不断将自己的学术研究推向前沿。导师和研究生封闭在单一的、既定的学术氛围中，不能为研究生的自我教育学习提供多元的、开放的学术指导。因此，建设师德高尚、知识渊博、思想精深的导师学术团队，用他们对学生无私的关爱、对知识的执着和对真理的敬畏去滋润研究生的自我发展，从而提升研究生学习中的自我教育水平。双师制是打破导师个人对研究生的垄断而采取的积极举措，为研究生学习的自我教育奠定了良好的基础。从应用型研究生教育实施的具体过程分析，自我教育是由研究生教育的培养目标和研究生作为学习者的身心特征所决定的。

3. 书院“讲会”制度

研究生教育“导学”关系失衡的关键点就是师生关系雇佣化、轴心化，导师与学生之间很少为学友者，很难形成互问互学、研讨交流的风气。始于南宋的古代书院有一个独特的讲会制度——不同学派之间的学术讨论会，讲求平等论学，目的在于论证或阐明一个学派之精义，或解析不同学派主张之异同，交流学术研究之新意。讲会的精髓表现为盛行学术交流，提倡百家争鸣，其学术性很强。

古代书院倡导的是“风声雨声读书声，声声入耳；家事国事天下事，事事关心”，“读书无疑者，须教有疑，有疑者却要无疑，到这里方是长进”。研究生通过学术交流可以拓宽视野，开通思路，活跃思想，受到别人的启发而产生新思想、新观点，多元、开放的学术沙龙是一个很好的学术资源。利用各类平台主办相应的学术活动，这种交流对学术研究的发展，对良好学风的形成与专门人才的培养，

都有巨大促进作用。开辟鲜活、创新的社会实践学习渠道。社会性实践不仅能创生学术性问题、研究目标，还能激发研究生的社会使命感、责任感，使他们意识到学术研究和时代、社会息息相关。研究生不应有门户之见，而应有宽广的胸怀，虚怀若谷，实事求是。

研究生教育是高等教育的最高层次，在全面建设和谐社会、构建国家自主创新体系中发挥重要功能。产学研联合培养研究生新模式是一条符合国情、适应时代特点的有效人才培养途径，也是现代高等教育发展过程中出现的新生事物。地方高校通过研究生教育创新示范基地实现产学研实质性结合，有效实现双方的优势互补，形成“双赢”格局，有利于企业加快发展，有利于学校增强人才培养的自主创新能力，进一步推进高校研究生培养模式和管理制度的深化改革。

研究生培养质量的提高，依赖于导师的素质和责任感、依赖于研究生自身的求知欲，同时更依赖于完善的研究生培养制度。只有加以反思和改进重构健康的导学关系，才能使研究生的智慧得到充分启迪、创造力得到有效激发、职业生涯的发展获得深厚的积累。

（本文作者潘立系浙江工业大学机械工程学院助理研究员；彭旭东系浙江工业大学机械工程学院副院长，博导，教授。）

前沿观察

未来 10 年中国海洋科学发展战略

国家自然科学基金委员会，中国科学院

一、海洋科学的特点和发展趋势

在国际学术界，海洋科学是一门迅速发展的学科，当前的发展趋势可以归结为五点：从近海到深海远洋、从“考察”到“观测”、多尺度系统的跨尺度研究、科学和技术的协同发展、平台的公用化和数据的网络化。

1. 从近海到深海远洋

当代海洋科学发展的新趋势可以归纳为“全球变化”和“深海开发”两大目标，两者的共同点都是从地球系统出发的全球性视野，于是形成了从近岸向远洋、从浅水向深海拓展的新趋势。人类首先关注近岸的海洋，总以为只要研究近岸浅海就能够解决问题。但是科学的发展表明，以前被认为是区域的问题，现在也需要从海盆尺度甚至全球尺度来看待。例如，全球性温盐环流的变化，通过中纬度大气影响北太平洋及东亚季风，从而影响黑潮及我国近海环流的物质及热量输运。不研究远洋，也就不可能理解近海。

同样迫切的任务是深海的研究。地球表面 13 亿立方千米的水中约有 97% 集中在海洋里，平均 3800 米深的海水使人类对深海海底的了解还不如月球表面，直到百余年甚至几十年前，人类还以为深海是个没有生命、没有运动的死亡世界。因此，深海成了近几十年来地球科学接二连三的突破口。在海底扩张和板块学说、气候周期的深海沉积记录发现的基础上，深海热液及其生物群的发现证明地球上存在着第二个生物圈，即“暗能量生物圈”。海洋科学一系列重大问题来自于深海，如深层大洋环流的驱动、海底“热液”和“冷泉”物质通量及其环境生态影响、“深部生物圈”在碳循环中的作用等。探索“固体地球循环”、“俯冲带加工厂”里水和碳的平衡及其对发震带的影响、地球深部与表层系统之间的圈层相互作用等研究领域也是方兴未艾。尽快进入深海的前沿，不仅是我国海洋科学、也是整个地球系统科学的战略需要。我国目前深海基础研究力量过于薄弱，迫切需

要采取措施，迅速改变这种落后状况。

2.从“考察”到“观测”

人类历来是在海洋之外，从船上或者岸上观测海洋。这类的“考察”航次只能从表面取得短暂甚至瞬间的海洋信息，甚至要画出一幅同时间的海水温度图都没有可能。海上定点或者剖面的连续观测，是记录变化过程、揭示变化机理的必要途径；从短暂“考察”到连续“观测”，是海洋科学发展的必由之路。20世纪80年代的连续观测，为海洋科学做出了划时代的贡献：赤道太平洋近70个锚系的多年连续观测，揭示了厄尔尼诺现象的根源在于东西太平洋次表层水的反差；北大西洋“高能底部边界层”的7年观测，发现了深海底层流有每秒数十厘米的“深海风暴”。最近二三十年来，国际科学界组织了一系列重大研究计划，从热带海洋与全球大气、世界大洋环流实验到全球海洋观测系统等，无不以海洋观测作为基础。

然而，海洋观测不以海面为限。20世纪60年代出现的遥感技术的发展，第一次使人类摆脱地心引力，从空间观测海洋，打开了海洋科学的视野，提供了海洋观测的第二个平台。但是遥感技术的主要观测对象是地面与海面，缺乏深入穿透的能力，隔了千百米厚的水层，遥感技术难以达到大洋海底。随着锚系和自沉浮式剖面观测浮标技术的发展，可以进入海洋内部进行连续和实时的观测；而近来正在建设的“海底观测网”，用光纤、电缆传送能量和信息，正在为海洋观测打造着第三个观测平台。

“海底观测网”是将传感器放到海底或海水之中，通过布设在海底的电缆或光纤供应能量、收集信息，可以多年连续自动观测，随时提供实时观测信息。其优点在于摆脱了电池寿命、船时与舱位、天气及数据延迟等种种局限性，科学家可以在陆上通过网络实时监测自己的深海实验进程。海底观测网将从根本上改变人类认识海洋的途径，相当于将观测站和实验室建在海底，是地球科学又一次来自海洋的革命。如果说，从船上或岸上进行观测，是从外面对海洋作“蜻蜓点水”式的访问；那么，从海底设站进行长期实时观测，是深入到海洋内部作“蹲点调查”，是把深海大洋置于人类的监测视域之内(图 2-1)，将海洋科学从“考察型”向“观测型”推进。

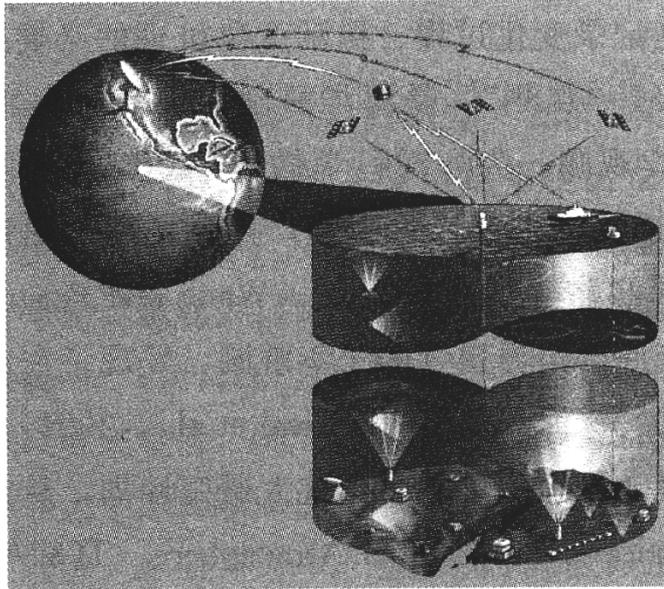


图 2-1 海底观测系统示意图

资料来源：ORION Executive Steering Committee, 2005。

3.多尺度系统的跨尺度研究

海洋是一个包含多种时空尺度过程的复杂动力系统，并且不同时空尺度过程之间存在相互作用。从海洋动力过程来讲，它既包含小尺度(小到毫米量级)快速的湍流、表面及内部重力波等过程，又包含大尺度(几千米到上千千米量级)的潮汐、Rossby 及 Kelvin 波，以及中尺度涡和环流系统。这些不同尺度运动之间能量相互传递以维持海洋的温盐结构。同样复杂的是海洋的时间尺度。表层海水的更新时间以几天计，深层水以千年计，而在俯冲带和洋中脊进入地球内部的水循环至少以百万年计。海洋生物，既有每 10 分钟繁殖一次的浮游细菌，又有繁殖周期长达千年的“深部生物圈”。

因此，海洋过程的时空尺度跨越着许多数量级(图 2-2)，不可能用简单化的方法研究。以太平洋的海气交换为例，热带海洋赤道波运动与大气环流发生耦合作用，形成了年际时间尺度的 ENSO(厄尔尼诺与南方涛动)变异；在副热带海区，海洋 Rossby 波的调整及其与大气环流的相互作用，可产生年代际尺度上的气候变异；而在世纪及更长时间尺度上，海洋温盐环流变异起着重要作用。不仅如此。这些不同时空尺度的海—气耦合过程之间还存在相互作用，如 ENSO 对热带气旋的发生频率有调节作用，中纬度海—气系统会对 ENSO 位相及幅度在年代际时间尺度上有调节作用，甚至热带气旋这样的天气过程对温盐环流的形成及变异

也可能造成影响。因此，不同尺度的海—气相互作用过程的结合对于认识天气及气候变异机理、提高预测水平有重要意义。

此外，海洋过程驱动因素的多样性也会使得多尺度系统更加复杂。海洋学的研究，习惯于自上而下的运动，物质和能量从海面向海底运输；而近年来深海热液等海底能源和物源的发现，说明海洋是个双向系统，也有来自海底下面的运输。大洋深部的温盐环流通常归因于海面过程造成的海水密度差，是太阳能驱动；但是从物理角度看，微弱的密度流不足以驱动深部的海流，应当是潮汐作用通过海底地形摩擦混合作用的结果，所以是月亮驱动；最近又提出鱼类、水母等动物的运动，也对海水混合作用产生影响，因而还有生物驱动。如此复杂的系统，只有通过计算机数值模拟和实际的检验才能理解。以探索机理为目标的研究需要跨越时间和空间的尺度。20世纪90年代美国海洋沉积学的研究计划，就是利用短期沉积过程(<100年)的观测，去求取长期地层记录($10^4 - 10^6$ 年)的解释；时间上和方法上都有大的跨度，从秒级的波浪周期到 10^7 年的地层周期，从海底观测的三脚架和沉积捕集器到地震和大洋钻探，很值得海洋学各个领域借鉴。

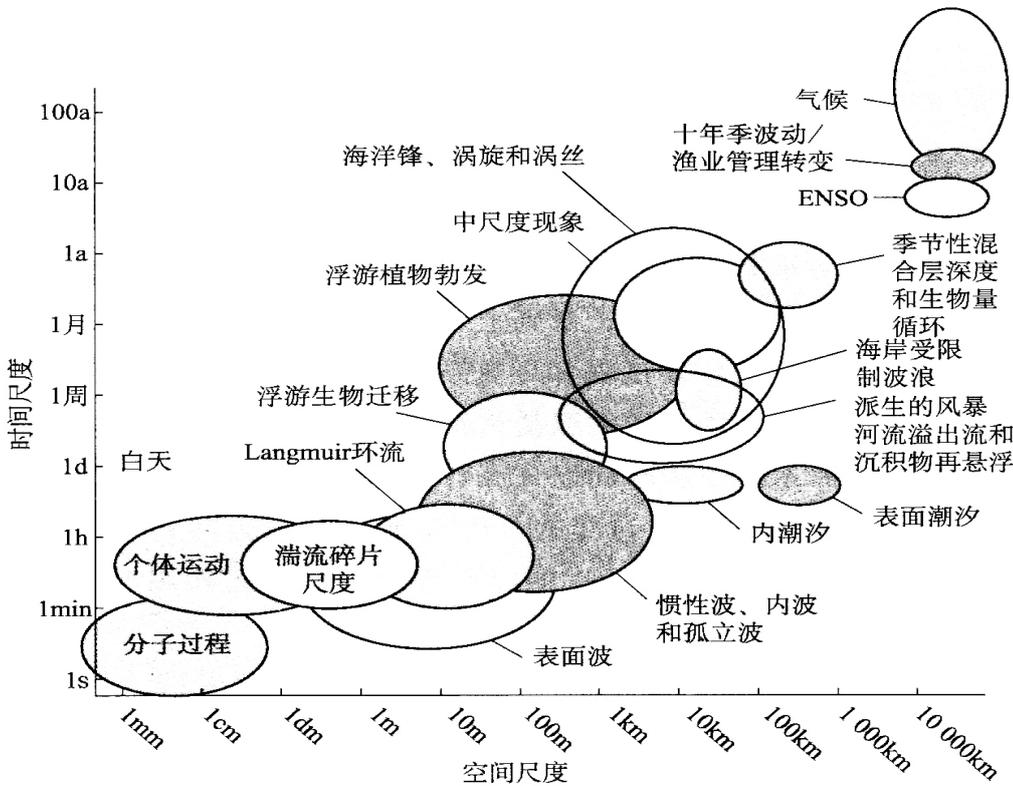


图 2-2 重要海洋过程的时空尺度

资料来源：据 Dickey, 2002。

4.科学和技术的协同发展

一部海洋科学的历史，也就是海洋技术的发展史。每一项重大突破的背后，几乎都有一项新技术的出现。海洋科学早已出现，但是深海研究却只有几十年，原因在于深海探测技术的滞后出现。有了回声声呐，才知道有海山与中脊；有了深海钻探，才能证明板块理论；有了深潜技术，才会发现海底热液。总之，没有先进技术，就不可能有深海的探测。因此与许多兄弟学科相比，海洋科学更加需要科学和技术的协同发展，许多国际的海洋科学计划，也是由科、技双方共同讨论，和技术发展计划一道制订的。2006年年底，美国发布的《为美国海洋科学导航：今后十年研究的优先领域》文件中，提出了三大任务：加强海洋过程的理解与预报能力，实施以生态系统为基础的海洋管理，建设海洋观测系统。其中第三项，海洋观测系统的建设，正是实现前两项目标的技术保证。

海洋科学的发展需要解决科学和技术发展脱节的问题。问题的实质在于是否有创新的目标。重复性的工作只需要模仿或者最多添购个仪器，而创造型的研究却往往要求技术上的改进，因此发展计划只能由科学和技术双方共同制订。我国现在海洋科技的投入有显著增加，也不缺科学和技术的研究项目，但是两者各自制订计划、分头汇报成果，连同一部门的科学和技术两大计划也是各行其是。然而，科学和技术协同发展并不只是主管机关的责任，科学家对技术的了解，技术家对科学的兴趣，是两者结合的前提。单纯依靠“雇佣”关系的科技联合，不可能带来创新的冲动。科学家只顾发表论文，技术家只知道申请专利，这既是我国科学创新的大敌，也是我国与先进国家科技界的重大差距，应当从学生开始培养科学和技术的结合，从根子上改变科学和技术发展脱节的弊病。

5.平台的公用化和数据的网络化

海洋科学发展到今天，其主流已经从分散、零星的小课题，成长为多学科、多手段的大型研究计划。与此相应，观测平台和科学数据的共享模式，已经变成不可抗拒的洪流。海洋观测研究耗费巨大、技术要求严格，即便发达国家一般也难以单独胜任，通常采取多单位，甚至多国家联合的形式，组织重大研究计划。围绕一个重大科学研究问题，基于共同观测平台，可以很好地整合与集成不同学科背景、不同学术思想和不同层次的研究力量，解决重大科学问题，实现学科交叉。同时，观测平台的共享可以大大提高其利用效率，也有利于其及时更新。以

科考船舶的公用制度为例，海外已经长期习用的制度，在我国至今还未实现。

与公用平台相对应的是获得数据的共享制度。国际学术界普遍实行在一定“保护期”之后，科学数据通过网络开放共享的制度，大大促进了数据的利用率和科学的发展速度。随着观测系统的大量建立，海量的数据不断涌现，数据管理、集成和供应成为迫切任务。但是在我国，平台公用始终未能落实。数据共享同样尚未实现。一些科学工作者，只能与国外实行数据共享；一些国内产生的数据，只能通过国外途径取得。扭转这种自我封闭的局面，是主管部门和科学工作者共同的责任。

上述海洋科学的发展趋势，说明了海洋科学作为复杂系统科学的特点。海洋是个复杂系统，不仅面积比陆地大一倍，而且海底起伏超过陆地的高差。海洋科学相对应的是陆地科学，因此它也和陆地科学一样包含着众多相对独立而又相互交叉的学科。在海洋系统各种内、外因素的驱动下，不同运动形式的过程在不同的时空尺度上相互叠加、相互影响，交织成一个庞大而又完整的科学系统。

同时，海洋科学又是一门古老而又年轻的科学。尽管有着古老的渊源，但作为现代科学来衡量，人类关于海洋的大部分知识来自最近几十年。海洋科学发展的历程，有力地证明了其是社会需求和技术进步的推动力。16世纪以来大国崛起的历史，也正是海洋科学从萌芽到形成的过程。全球性经济的发展，将人类的活动带到了远洋；海底资源的发现，又把人类的活动推向深海。而所有这些，都是在科学和技术并肩发展的基础上实现的。这样发展起来的海洋科学具有强烈的全球性，在自然科学众多门类中，这是一门更加需要国际合作交流的学科。

大陆与海洋并列而存。研究陆地需要有许多学科，与此相对应，如果说研究海洋的都叫做海洋科学，那么海洋科学的复杂性、交叉性就不言而喻。为此，下面我们选择几个重大问题或者方面，而不是按学科分类来讨论海洋科学的发展趋势，包括海洋与气候、海洋碳循环、海洋生态学、微生物海洋学、海陆相互作用、海底深部过程，最后讨论海洋科学的技术支撑。

二、海洋学科发展方针

我国的海洋事业，正在经历着从未有过的发展良机；我国的海洋科学，也在维护国家权益和学科发展两方面承担着前所未有的责任。

在国家需求方面，随着《联合国海洋法公约》的生效和深海石油等资源的发

现，海域和海岛的国际争端空前剧烈，我国所在的西太平洋区尤其突出，其中油气远景最好的南沙一带也正是权益之争最为尖锐的海域。21世纪国际海域之争源自海底的资源潜力，而海底的开发完全依靠高科技，因而当代海上争夺的实质在于科技竞争。不仅海域划界需要科学考察资料的支撑，国家间的海上之争也往往用“科学考察”的形式出现，俄国在北冰洋底插旗、韩国到东海苏岩礁建观测站都是实例。科技在国际海洋权益争夺中的作用，从来没有像现在这样突出；而长期以来对海洋疏于经营的中国，海洋科技能否发展是影响国家今后发展的重要因素。

在学科发展方面，地球系统科学的基础在于全球视野，而占据地球表面3/4的海洋及平均3800米厚的海水覆盖下的海底，是人类在地球上了解程度最低的部分。现在我们知道，从厄尔尼诺现象到温室气体循环，从地震灾害预报到未来能源探索。无不与海洋科学的发展密切相关，因此海洋是地球科学重要的突破口。在我国，对海洋科学长期以来的重视和投入不足，已经成为整个地球系统科学发展的瓶颈。至于深海海底与极地等极端环境，是当代自然科学多种学科正在进入的新境界，既是生命科学、物理和化学的研究前沿，又是探索地外生命和地球早期演化的切入点。

鉴于此，我国海洋科学在未来10年采取如下发展方针。

1.从近岸向远洋、从浅水向深海的拓展

当代海洋科学发展趋势，可以归纳为“全球变化”和“深海研究”两大方向，两者的共同点都是从地球系统出发的全球性视野，形成了从近岸向远洋、从浅水向深海拓展的新趋势，其中深海研究的开展在我国尤为迫切。

(1) 深海研究的新方向

20世纪地球科学的重大突破，主要来自深海：海底扩张证实了板块学说，深海沉积揭示了气候周期，深海热液又展示了地球深部在表层的窗口。21世纪的新能源，在很大程度上也在深海：未来油气总储量的40%将来自深海区，而陆坡的天然气水合物有可能成为替代性能源。人类对海底环境的了解在总体上还不如月球表面，但是海洋科学一系列重大问题就来自深海：深层大洋环流的驱动，究竟是靠北大西洋深层水下沉造成的密度差，还是大洋潮汐与海底地形相互作用产生的能量？海底“热液”和“冷泉”流态的输出物，如何改变着大洋的海水化

学成分和深海生态环境?深海海底以下由微生物组成的“深部生物圈”可能占全球生物量的 30%，它们在深海碳循环里起的是什么作用?深海科学一个最新的方向，是在板块运动和全球变化基础上，对地球深部与表层系统相互作用的研究，探索大洋地壳从洋中脊产生到俯冲带消失的“固体地球循环”，追踪“俯冲带加工厂”里水和碳的平衡及其对发震带的影响，追踪地幔物质上涌释出的物质与能量，带到地球表层的成矿作用和环境演变。研究整个行星范围的圈层相互作用。

(2) 我国海洋科学面临的转变

受制于客观条件，我国的海洋科学历来以近岸浅海为主要对象。但是，“时代的进步和我国的发展，已经使我们的国家利益逐渐超出了传统的领土、领海、领空的范围，不断向海洋、太空、电子空间扩展和延伸”。10 余年来，我国在深海能源、大洋矿产、深海与极地基础研究等方面都有重要进展，但是深海研究的基础过于薄弱，从浅水向深海拓展的进展过于缓慢，迫切需要采取紧急措施，以免拉大与国际的差距、贻误竞争时机。

2. 发挥我国特色，开创近海科学的新局面

近 20 年来，近海海洋学在全球变化框架下，从海气交换、海陆相互作用、碳通量、生态动力学等角度入手，为环境变化和生物资源等方面做出了重要贡献。我国的近海环境属于最大的大陆和大洋之间的西太平洋边缘海，具有季风气候的季节反差、河流入海物质通量大、陆架区水域宽广、环境动力过程复杂的特点，是全球变化与海陆相互作用研究的理想研究区域。目前无论在陆架环流、碳平衡、泥质沉积输运，还是在生态与风暴灾害等方面，都存在一系列既是国家需求、又具有国家价值的基础研究命题。要使近海海洋科学在今后 10 年再上一个台阶，应进一步加强基础研究中的过程机制和方法技术方面的工作。过程和机制的研究需要物理海洋学、海洋化学和海洋生物学的深厚基础，提高和保持这些学科的水平应成为提升近海海洋科学水平的重点。近海的多学科合作，共同进行物质和能量的传输过程、海洋生态过程、物质堆积过程与地质记录形成过程、气候与环境变化、全球变化下的海洋系统行为等问题的研究，可望突破过去一段时间重复性调查和描述性研究的束缚。此外，同地球科学其他学科的交叉也很重要，如与大气、地质、地理等学科的合作，可望在海气相互作用与我国东部气候变化、长江沉积体系与记录形成演化等问题上取得突破。

将较短时间—空间尺度的过程与气候变化、环境演化、地质记录形成的较大尺度的效应相联系，这是全球变化与海陆相互作用研究的核心问题，既需要进行深入的理论分析，也需要数值模拟分析。我国在大型数值模型方面较为落后，大多采用西方国家研制的模型，缺乏精确刻画本区域特征和处理完整的环境动力过程的能力。今后 10 年，拟在国家自然科学基金委员会主导下，以“学术共同体模型”的方式，建设和逐步完善我国自己的多学科交叉的大型近海海洋数值模型，使之成为从过程到产物、从环境特征到全球变化信息提取的强大研究工具。

3.制定海洋科学优先发展领域

根据我国现状和国际经验，从海—气相互作用、生态系统动力学与碳循环、深海过程、近岸海区与陆海相互作用、基础研究的观测体系等方面考虑优先发展领域，鼓励学科交叉。今后 10 年应整合多方面力量、结合各部门任务，围绕优先发展领域部署一系列的海洋科学重大研究计划，以实现海洋科学发展的战略方向调整，并建设一支基础研究队伍、培养一批优秀海洋科学家。“十二五”期间，国家自然科学基金委员会将围绕国家海洋战略地位的提升，按照学科平衡发展、促进学科交叉的原则，制定多个优先发展和重大交叉领域。

优先发展领域包括：①我国近海的海陆相互作用，依据“从源到汇”和“近海系统行为”的学术思想，以物质输运过程与生态效应为主要研究对象，通过现代过程、地质记录和数值模拟三大方面，密切结合国际计划开展工作，研究陆源物质在陆架、陆坡直至深海底的行为及其与物理、化学、生物过程的关系。②海洋微生物与生物地球化学循环，调查微生物在海洋上层(真光层与弱光层)、深层海水和海底以下“深部生物圈”中的分布与控制因素，研究微生物与海洋 C、N、S、P 生物地球化学循环的关键过程。③南海深部过程演变，在岩石圈、水圈和生物圈相互作用的层面再造南海的深海盆地发育过程，以及该过程的资源环境效应；采用一系列新技术探测深海盆，通过揭示南海的深海过程及其演变，再造边缘海的“生命史”。

重大交叉领域包括：西太平洋的多尺度过程与高低纬相互作用，以西太平洋作为关键海区，以西太平洋海—气相互作用、西太平洋与亚洲边缘海相互作用、西太平洋—高纬度相互作用等为主线，开展跨学科研究，加深对西太平洋区域海洋及气候过程的系统认识，提高全球气候系统变化机理研究的水平。

此外,应针对一些重要而目前较为薄弱的研究方向,如洋中脊地球物理过程、海底热液喷口的物理和生物地球化学过程、人类活动影响下的河口海岸过程、生态系统动力过程、陆架碳循环与其他重要物质循环、近海富营养化与海洋酸化、基础研究的观测体系、“学术共同体”数值模拟系统等部署重点项目群。

4.科学与技术相结合,从“考察”向“观测”推进

(1) 国际海洋技术的新进展

现代海洋科学的历史不过百余年,其中深海研究只有几十年,而海洋探测技术的进步正是科学发展的依靠。人类历来是在海洋之外,从船上或者岸上观测海洋,每次“考察”航次只能获得时间、空间上非常局限的海洋信息。20世纪60年代出现的遥感技术从空间观测海洋,打开了海洋科学的视野,提供了海洋观测的第二个平台。随着锚系和沉浮式观测浮标(ARGO)技术的发展,现在可以对海洋内部进行连续和实时的观测;而最近正在建设的“海底观测网”,以光、电缆传送能量和信息,成为海洋观测的第三个观测平台。海底观测网克服了长期连续观测的难点,提供原位观测的实时信息,相当于将观测站和实验室建在海底,必将从根本上改变人与海洋的关系,将海洋科学从“考察型”向“观测型”推进,标志着新一代海洋科学的来临。

(2) 与新技术紧密结合,发展我国的海洋科学

近年来我国在海洋高技术上取得了明显的进展,科技部已经制定了“国家深海高技术发展专项规划”,但最大的问题是科学和技术发展的相互脱节:技术计划造出的设备难以应用,科学研究要用的设备又无从落实。这里有管理体制上的问题,又有研究计划规模的问题。经验表明,国际海洋科学的重大突破,通常是根据科学问题发展技术装备,然后取得成功;而我国完全缺乏同时涵盖科学和技术的大型计划。此外,跨学科研究也要求方法技术上的引进,如生物技术 in 海洋微生物研究中的应用,数值模拟在海洋科学理论研究中的推广,等等。

三、海洋学科布局重点方向

海洋科学的学科布局重点是物理海洋学、生物海洋学、海洋地质与地球物理学、化学海洋学等基本学科及极地海洋学、工程海洋学、海洋观测技术科学等交叉学科。

1.物理海洋学

(1) 海洋动力过程形成及演变

重点加强以下研究：海洋多尺度波动过程；海洋混合与能量传递过程及机理；陆架环流与跨陆架输送；边缘海环流系统与边缘海西边界流季节演变；大洋风生环流及热盐环流结构及变异；大洋与边缘海之间的相互作用；极端环境下的海洋动力过程。

(2) 海洋—大气相互作用与气候

重点加强以下研究：海—气边界层交换的物理过程；不同运动尺度海—气耦合过程及机理；上层海洋热力结构及其对天气及短期气候变化的影响；东亚季风影响下的区域海—气相互作用；海洋在气候年代际到世纪尺度变化中的作用及可预测性；气候突变中的关键海洋动力及海—气相互作用过程；海洋在全球水循环中的作用。

(3) 近海物理过程及生物地球化学效应

重点加强以下研究：河口—近海相互作用的动力过程；典型海湾水动力及其环境效应；海平面变化过程、机理及趋势预测；近海动力环境灾害机理；近海物理与生物地球化学耦合动力学。

(4) 极区海—陆—气—冰相互作用

重点加强以下研究：极地海洋环流结构及变异；极地海洋与邻近海洋的物质能量交换；北极海冰快速变化机制及气候效应；南极深水形成变化及其对低纬度的影响。

(5) 海洋观测及数据分析技术

重点加强以下研究：关键海区海洋动力过程的长期观测；关键海区海—气界面通量观测理论与技术；试验型海底及海洋环境监测方法；数据质量控制及分析技术。

(6) 海洋及气候数值模式发展、数据同化及预测

重点加强以下研究：海洋湍流混合及海—气界面过程参数化；区域及全球海洋环流及海—气模式的发展；海洋与海—气耦合数据同化技术发展；海洋环流—生态系统—生物地球化学耦合系统模式发展。

2.生物海洋学

(1) 海洋生物多样性状况及其变化趋势

重点加强以下研究：海洋生态系统中的物种结构、边界和地理分布特征；生物多样性的变化及其变化原因和可能产生的结果；海洋生态系中关键生态过程、生态系统片段化及外来物种和基因改造对海洋生物多样性变化的影响；海洋生物多样性对全球变化及人类活动的响应；海洋生物多样性评估与预测体系。

（2）海洋深部生物圈与极端环境生命过程

重点加强以下研究：深海极端环境下的微生物研究；深海极端环境下基因资源；深海生物多样性；深海生物活性物质；深部生物圈的探讨；深海生命起源的探讨。

（3）生态系统管理与恢复

重点加强以下研究：为了管理和恢复易受破坏地区，如红树林、珊瑚礁、盐沼、海草草场、海藻床和河口，需要通过学科交叉研究，对自然过程和相关的机构、文化、生态、社会和政治框架有深入的了解。开发适当的模型，用于分析生态系统的短期和长期功能，进而预测生态系统变化，回答与管理有关的问题，成为有效的决策支持系统。

（4）全球变化与中国近海生态系统

重点加强以下研究：中国近海基础生产力(初级和次级)的变化趋势及导致这些变化的原因——气候因素还是人类活动的影响；中国近海渔业资源的数量变动与基础生产食物网(浮游动物、浮游植物)结构、功能的变动之间的相互关系；海洋生物网结构、功能的变化与碳等生源要素生物地球化学循环的相互关系，中国近海生态系统演变规律与邻近大洋(西太平洋)之间的相互关系。

（5）近海环境演变与生态安全

重点加强以下研究：了解人类活动影响下近海环境的演变过程和趋势，分析近海环境有害赤潮、绿潮等生态灾害爆发的生态学机制及其与人类活动(如富营养化、有机物的转移)的关系；阐释年际和长期气候变化(如厄尔尼诺和北大西洋涛动)对生态灾害发生的影响；探讨赤潮等生态灾害对近海生态安全的影响，建立和发展生态灾害的预测模式和防治关键技术等。

（6）海岸生态系统综合管理

重点加强以下研究：海岸生态系统的自然变异和人类影响变化的测量和描述；脆弱区域或系统如红树林、珊瑚礁、盐沼、海草草场、海藻床及河口的跨学

科学研究；全球变化(温度升高、海平面上升等)对海岸生态系统的影响预测和评估研究；生态系统观测要素的选择及长时间序列数据的替代问题研究；对依赖于海岸带生态系统的社会与经济进行成本效益分析；实施保护生态系统与社会需求、生态制约相一致的海岸带管理科学研究；海岸带地区海岸带管理效益分析；高效的渔业管理系统；海岸地理信息系统在海岸带综合管理中的应用等。

(7) 渔业海洋学与渔业资源

重点加强以下研究：渔业资源的研究重点已从单鱼种转向多鱼种、群落和生态系统方面，从探察和预报新渔场、新品种转向资源的合理开发和养护。主要包括：渔业资源基础生物学研究；重要生物资源种群补充机制；食物网的结构与功能；生态系统水平的渔业综合管理；渔业资源监测评估技术和渔业管理理论体系；远洋渔业新资源开发利用研究。

3.海洋地质与地球物理学

(1) 全球变化与古海洋学

通过深海沉积的高精度分析，探讨地球气候环境演变的机理，可选择以南海和东海为核心的西太平洋边缘海及“西太平洋暖池区”，进行深海记录和现代深海过程的研究，揭示其在全球宏观环境变迁中的作用。重点研究的课题包括：热带海洋在地球系统中的作用，应着重研究热带海气交换和生物地球化学过程在全球气候系统中的作用及其演变；环境变化及其对人类的影响；高、低纬度的古气候联系及其反馈机制，这对全球气候变化研究至关重要。

(2) 河口海岸与陆海相互作用

研究河口海岸带陆海相互作用及其对环境的影响与调控机制，对于认识全球气候环境变化和人类社会的可持续发展具有十分重要的意义。重点研究的课题包括：海岸—陆架沉积体系的形成机制和气候、环境演化记录；河口三角洲地层的时空分布与亚洲形变的关系，板块构造地质和古气候波动对流域盆地演化的控制作用；高分辨率海平面波动，深入研究河口海岸和近海沉积环境的演变可以进一步理解海陆交互作用的过程；海岸带灾害与环境保护。

(3) 西太平洋大陆边缘地球动力学

西太平洋大陆边缘海的形成机制，重点区域为南海西北海盆、西沙海槽和冲绳海槽；边缘海演化机理，揭示边缘海形成演化的驱动条件、物质变化、构造形

式和相互作用；发震带构造研究及海底地球物理观测系统，参与西太平洋区海底地球物理观察网的建设与研究。

(4) 大洋中脊热液系统、深部生物圈和洋底下的海洋

深部生物圈的分布、环境效应和极端生物资源，要充分利用中国参加 IODP 计划等机会，吸引地球科学、生物学等相关学科的专家共同参与国际合作；大洋中脊热液系统，探讨不同海底地圈—水圈之间能流、物流的异同；深海天然气水合物的资源潜力与环境意义。

4. 化学海洋学

(1) 流域—河口—陆架系统的营养盐生物地球化学

河口是海陆相互作用中最重要的一环，河口不仅直接承载陆源物质，还发生着复杂的生物地球化学反应，起到化学反应器的作用。我国拥有长江、黄河、珠江等三大河流系统，河口化学也一直是我国对海洋生物地球化学有所贡献的研究主题。需要突破的关键科学问题包括：我国重要流域—河口—陆架系统过去 50 年来营养盐水平、结构演变及其驱动因子；流域—河口—陆架系统营养盐水平、结构演变与生态系统的响应，特别是生态系统新陈代谢状态的演变；流域—河口—陆架系统资源和环境变化识别和预报。

(2) 中国边缘海的碳循环

陆架边缘海在海洋吸收大气 CO₂ 及调节地球气候系统方面占据重要地位。中国边缘海约占世界陆架边缘海总面积的 12%，纵跨温带、亚热带、热带，碳源、碳汇格局及控制机理尤为复杂。开展中国边缘海碳循环研究，定量估算其大气 CO₂ 的源、汇量值，与陆地生态系统碳循环研究结果相结合，提供比较完整的我国碳收支清单，为共同解决全球环境问题提供必不可少的数据与科学储备，是国家的战略需求。需要回答的关键科学问题是：中国边缘海海—气界面 CO₂ 通量时空分布格局；控制边缘海碳的源汇格局的主要过程与机理，边缘海生物泵的特性及其作用机制如何，控制向深海大洋碳输送的关键过程及其机理，以及影响溶解和颗粒有机碳沉降和埋藏机制；边缘海碳演化趋势及其生态效应，科学评估中国邻近边缘海吸收大气 CO₂ 的能力及其生态效应，研究可持续提高中国海的固碳能力和技术与对策的基础理论。

(3) 中国邻近海域海洋酸化及其生态效应研究

海水吸收 CO₂ 引起的海洋酸化过程,正在不同程度地改变我国各海域的化学与生态环境,对海洋生物及生态系统的平衡产生威胁。把握我国邻近海域的 CO₂ 与海洋酸化格局及其生态效应,对支撑我国海洋经济与国防、推动国家可持续发展有重要意义。开展中国海域海洋酸化研究,正确认识其变化历史、现状和发展趋势,揭示我国海域海洋酸化的格局、生态效应及其危害性,是国家制订和调整海洋生态与环境保护策略所必需的科学基础。其中的关键问题有:海洋酸化格局的历史、现状及其变化趋势,海洋酸化的生态效应,海洋酸化及其生态效应的模拟与预测。

(4) 古环境替代指标及其示踪动力学研究

沉积物捕获器的工作表明气候与环境变化的信号确实可以通过海洋上层的生态过程传递至海洋沉降颗粒物;但同时也表明,对于古海洋研究的主要材料——海洋中的生源颗粒来说,只有很少一部分最终保存于沉积物中。沉积记录中的部分无机和同位素地球化学信号及绝大部分有机地球化学古环境信息,是经过沉降、水平运移和各种复杂的生物地球化学过程改造了的信号,是不完整的,有些甚至是虚假的。因此,古环境替代指标在用于解析环境信息时需要“水柱校正”和“沉积界面校正”。主要关键科学问题是:近海生物地球化学过程的同位素水平、分子水平、超分子水平标志物的信息提取技术,生物地球化学功能群生活史的同位素水平、生物标志物、分子水平、超分子水平标志物的信息提取技术,生物地球化学功能群的示踪动力学。

(5) 陆源物质的输入和西太平洋及其边缘海的环境响应——痕量元素及其同位素的海洋生物地球化学循环研究

作为痕量营养盐、污染物的过去及现代过程的示踪剂,痕量元素及其同位素的生物地球化学循环研究对于海洋环境科学研究的许多领域,如碳循环、气候变化、海洋生态系统及环境污染等,都有重要的意义。对西太平洋及其边缘海及输入该区域的河流、热液中的痕量元素和同位素的浓度/丰度、化学形态的调查,将实现以下任务:确定通过陆源物质(如河流输送)输入西太平洋及其边缘海的痕量元素通量,并和大洋源/热液来源的输入通量进行对比;检验痕量元素及其同位素在边缘海—开放大洋海水交换过程中的示踪意义;确定调控陆源痕量元素输送和归宿的主要过程;建立和完善替代指标以用来进行古海洋学(大洋环流及碳

循环)的重建。

(6) 海洋—大气系统的物质交换

海洋与大气作为地球系统不可分割的组成部分，其相互作用主要通过海气界面的物质和能量交换过程来实现。上层海洋—低层大气的物质交换受到气候变化和人为活动的显著影响并反馈于气候变化，这一领域是目前全球变化关注的前沿问题之一。从大气物质沉降的角度，由于我国近海和西北太平洋处在亚洲大陆的下风向，营养物质、污染物质的沉降通量明显受到沙尘天气和城市污染的影响；从海洋物质排放的角度，我国近海与西北太平洋特殊的海洋环境与生态系统决定了生源气体的释放通量与世界其他海区的差异，也影响着海洋作为 CO₂ 等温室气体的“源”与“汇”的转换。开展我国近海与西北太平洋的对比研究，其中的关键科学问题包括：大气物质自排放源地到海洋的传输过程及其化学变化；大气物质在海气界面的交换过程及在我国近海和西北太平洋的沉降通量；海气物质交换对海洋生态系统的影响及环境与气候效应。

(7) 中国近海生源活性气体的生物与化学动力学过程研究

研究生源活性气体的生物与化学动力学过程，对海洋中多种化学元素的循环、气候变化及海水酸化过程的认识都有重要意义。研究中国近海多种生源活性气体的生物与化学动力学过程，需要考虑解决以下几个方面的问题：进一步研究生源活性气体 (DMS、CH₄、N₂O、CO、VHC_s 等)在河口地区、中国近海的通量；研究改进测定生源活性气体氧化速率的方法；确定中国近海生源活性气体在海水、沉积物、海洋—大气界面、海水—沉积物界面的氧化速率，并进一步研究这些气体的生物与化学动力学过程；研究全球暖化与海水酸化对中国近海甲烷水合物稳定性的影响及由此导致的对甲烷全球循环的影响。

5. 极地海洋学

(1) 南极冰架与海洋相互作用及其对全球气候变化的意义

南极冰盖外输冰体流入南大洋形成冰架，在冰盖和海洋的共同作用下对气候变化具有显著敏感性，是极地气候系统重要的组成部分。以南海冰架与海洋相互作用为主要研究对象，确定冰架结构和物质平衡空间格局、冰架水形成规模和机制，南大洋水团特征、运送规律及变化机制，探讨冰架稳定性与南大洋变化的联系，揭示南极冰架变化的规律与南大洋变化的关系，为影响全球气候变化的海洋

科学做出贡献。

(2) 影响全球气候变化的北极海洋环流系统

亟待解决的重大科学问题是北极环极边界流与全球海洋输送带的联系机理和相互影响过程，需要深入研究发生在北冰洋的表面风场对边界流深层次的影响、全球海洋输送带对北极环极边界流是否有牵引作用，等密度混合在影响全球海洋循环中的关键作用和波弗特海海冰消失后北极环极边界流是否将减弱或消失等问题。为此，需要观测北极环极边界流的时间变化过程，确定北极海洋环流系统与全球海洋热盐环流系统的衔接和耦合机制。

(3) 南极生物多样性及其对气候变化的响应

近来研究发现，南大洋生物多样性比原先推测的要丰富得多。其主要研究内容包括：南大洋深海生物多样性和食物网调查；南大洋生物进化过程及其与中低纬度海洋生物系统演化的关系；南大洋生物多样性变化与海冰进退的耦合机制，锋面、水团、海流等变化对海洋生物分布格局的影响及其生态效应；南大洋生物多样性的变化趋势及其对气候变化的响应，等等。

(4) 南大洋碳、氮、铁的生物地球化学循环过程

发生在南大洋碳循环中的“生物泵”通量以及碳、氮等生物地球化学过程，具有吸收和储存大气 CO₂ 的作用，对全球气候变化有重要的作用。核心科学问题包括：南大洋碳吸收通量变化性的原因，如何准确评估南大洋碳通量，南大洋 N₂O 分布的特征和主控因子，硝化反硝化等氮循环过程对 N₂O 收支的影响，南大洋在全球 N₂O 收支中的作用，南大洋施铁肥对大气 CO₂ 的吸收潜力的影响，施铁肥对南大洋生态系统产生的重大影响等。

(5) 南大洋锋面与中深层水团的演化历史

南极与南大洋新生代连续变冷和冰冻圈的发展对大洋环流和全球气候变化产生深远的影响。通过南大洋的大洋钻探岩心分析，重建南大洋第四纪以来的古温度和古海洋变化历史；并与南极冰芯和低纬度大洋古气候资料相结合，主要研究南大洋锋面的移动和中深层水团的演变历史及其与南极大气 CO₂ 与冰盖的耦合关系，南大洋与北大西洋千年尺度的气候快速变化事件之间的联系，低纬度太平洋对南极模态水北侵的响应等。

四、海洋科学平台、基地与体制建设

平台、基地和体制建设是未来 10 年海洋科学战略规划能否成功实施的关键，目前存在的问题使我们面临重大机遇和挑战。面对这些挑战，我们应顺应基础科学研究发展的规律，发挥基金的导向作用，加强国家自然科学基金委员会在海洋科学研究中的地位和作用，并且要切实加强公用平台、基地及其体制建设。

1. 海洋公用平台与基地

海洋公用平台的重点是公用考察船问题，长期以来其一直是制约我国海洋科学发展的重要因素之一。利用海洋调查船到海上获取第一手资料是进行海洋科学研究的基础。但是，我国考察船多年来一直是在“三权合一”的状态下运行，即船只的拥有权、管辖权和使用权属于同一个部门或单位，在现行体制下，没有船只能够跨部门共享，甚至在相同部门的不同单位之间也不能顺利地共享，国家自然科学基金委员会的面上或重点项目在实施过程中也无力单独组织海上考察航次，阻碍了基础项目高水平成果的产出。

正因为如此，多年来要求建立科考船共享制度的呼声一直没有停止过。借鉴国外行之有效的经验，我国也应该进行运行机制的改革，探索实行公用考察船制度，以满足今后海洋科技发展的需求。从 2009 年开始，国家自然科学基金委员会试点设立国家自然科学基金海洋科学调查船时费，用于租用海洋科学调查船，为必须进行海上考察的国家自然科学基金资助项目提供船舶运行时间。这项措施是建设海洋科学考察公用平台、建立海洋科学考察船开放与共享制度的良好开端。今后应在试点工作和经验积累的基础上，逐步完善科考船共享制度。

海洋公用平台另一个问题是缺乏合作基地，目前的研究基地大都以单一学科为特征，存在着科学与技术脱节、资源共享困难等问题。就国家自然科学基金委员会而言，首先可以建立以重大研究计划为主导的共享基地，再联合部门和单位建立基于现有单一基地(如国家重点实验室)基础上的共享基地联盟。例如，美国的 UNOLS 系统(美国大学—国家海洋学实验室系统，University-National Oceanographic Laboratory System)，包含全美主要的 61 所高校与海洋学研究实验室，主要任务包括：统一安排 21 艘科学考察船的公共航次任务；共享大型仪器设备(如深海海底探测设备等)；制定统一的船费、航次报告格式、数据采集标准与使用管理系统等。成立 40 年来，UNOLS 对美国海洋科学研究起到了巨大

推动作用，其运行模式被欧洲一些国家借鉴。

2. 优秀人才培养

首先，应从战略科学的高度，做出海洋科学基础研究人才培养的规划。现有的研究队伍需要巩固、提高，而大洋研究队伍需要扩建，然后才能期待一批优秀人才的出现。其次，在海洋科学领域，要加大人才培养的力度。高校教师应提高学术水平，通过基础研究做出原创性成果，为学生树立榜样；他们还应把主要精力放在学生培养上，现在的教师做项目挣钱的热情远高于基础研究和人才培养的热情，要改变这种状况，必须从机制上进行改革，如建立高校教师年薪制等。再次，要为人才培养提供支撑条件，能够充分利用国家建立的各种平台，积极参加大洋和极地考察、海上观测和样品采集、数据分析和集成等活动，国家海洋平台要成为海洋科学家的摇篮。最后，要把年轻人员推向重大国际前沿和国家需求的第一线研究，激发出他们的热情。对于处在创作高峰年龄的人员，管理层要努力创造条件，使他们全力以赴，获得最佳的成果。我们现在的通行办法是对优秀人才的苗子，要他们“双肩挑”，其结果是管理和研究都没有搞好，许多人没有出现本来可以期待的创作高峰。

五、重大交叉领域与优先发展领域

西太平洋具有多重时空尺度的海洋过程与海—气相互作用过程，在全球海洋和气候系统中起重要作用。这里有世界上面积最大、温度最高的暖池，是全球热带对流最强、水汽含量最多的海区，对全球大气环流系统有重要的驱动作用。该海区是澳大利亚季风和东亚季风的交汇区，是全球最大的热带气旋发育地，是 ENSO 循环及与季风相互作用的关键区域。西太平洋低纬度海洋三维流系与大气 Walker 和 Hadley 环流、亚洲—澳大利亚季风环流紧密耦合，对西太平洋暖池的演变、台风、ENSO 循环和东亚季风等气候现象的变化起重要的调控作用；其副热带洋流体系承担着热量从低纬度向高纬度的输送，对中高纬度气候系统有重要的调节作用；同时黑潮与南海、东部陆架海发生剧烈的能量与物质交换，对这些边缘海的物理及生物地球化学环境与演变有着深刻影响。另外，西太平洋也是生物类群较多、代谢旺盛、物质循环较快的海区，对碳循环及生物圈物质循环有重要的影响。西太平洋是全球海洋最大的金枪鱼资源区，其年捕获量占全球海洋产量的 50% 左右。

西太平洋与全球海洋和气候密切联系在一起。西太平洋是太平洋与印度洋相互作用的纽带海区，也是南北半球中高纬度水体交汇的十字路口。北极海冰快速融化是现今最重要的地球系统过程之一，在全球海洋系统变化中发挥重要作用；南大洋锋面、水团的变化和冰架的易变性，不仅是气候系统中的重要变化，而且对碳、氮、铁等大洋的生物地球化学循环都有重大影响。从全球尺度来讲，西太平洋是全球热量传送带的重要组成部分，在全球海洋热量、淡水以及物质输送中起着不可缺少的作用。西太平洋覆盖第一、第二岛链，不仅是与我国关系最为紧密的大洋，也是高、低纬区相互作用研究的薄弱环节，是我国海洋科学走向世界的首选海区。

尽管在过去几十年中人们对西太平洋研究方面取得了重要进展，但对许多重大关键科学问题的认识还非常有限，具体体现在：对西太平洋与亚洲边缘海这样一个全球海洋最为复杂的大洋—边缘海多尺度交换过程与机理缺乏长期的观测研究；对西太平洋—东印度洋多尺度海—气相互作用机理认识及其对亚洲季风的影响预测亟待提高；对西太平洋与中高纬度海洋—大气关联过程及其对全球气候的影响过程与机理有待系统深入地开展研究。

该计划拟以西太平洋作为关键海区，以西太平洋多尺度过程为核心，以西太平洋海—气相互作用、西太平洋与亚洲边缘海相互作用、西太平洋—东印度洋相互作用、西太平洋副热带—热带相互作用、西太平洋—高纬度相互作用为主线，利用观测、模式、理论及室内实验来开展下列核心科学问题的研究。

- 西太平洋海洋动力过程的多尺度相互作用。
- 西太平洋多尺度海—气相互作用及其对区域气候的影响。
- 西太平洋与亚洲边缘海系统的能量物质交换。
- 西太平洋与邻近大洋的相互作用。
- 西太平洋物理—生物地球化学过程相互作用。
- 高纬度海—冰—气相互作用及其生物地球化学效应。
- 西太平洋—高纬度相互作用与气候长期变化。

该领域的开展，将大幅度提升对西太平洋多尺度海洋过程与海—气相互作用过程及机理的认识，深化对西太平洋—亚洲边缘海物质能量交换、西太平洋与邻近大洋环流及与高纬度相互作用过程和机理的认识，以提高对西太平洋及我国近

海海洋环境变化、区域及全球气候变化的预测能力,提升我国深海大洋研究水平,使我国在西太平洋研究中起引领作用。

1.背景及重大科学问题

(1) 西太平洋环流

西太平洋环流系统包括以北赤道流—黑潮—棉兰岛流等构成的低纬度流系和黑潮—琉球海流—黑潮延伸体—副热带逆流构成的副热带流系(图 5—1)。整体上太平洋强大的纬向流承担着向西太平洋边界输送(出)水体、热量,而西边界流则在径向上进行再分配。太平洋海盆不同性质的水体被分配到副热带和赤道,与大气进行热量与物质的交换,对气候如台风、ENSO 循环、太平洋年代际涛动等起调节和控制作用。

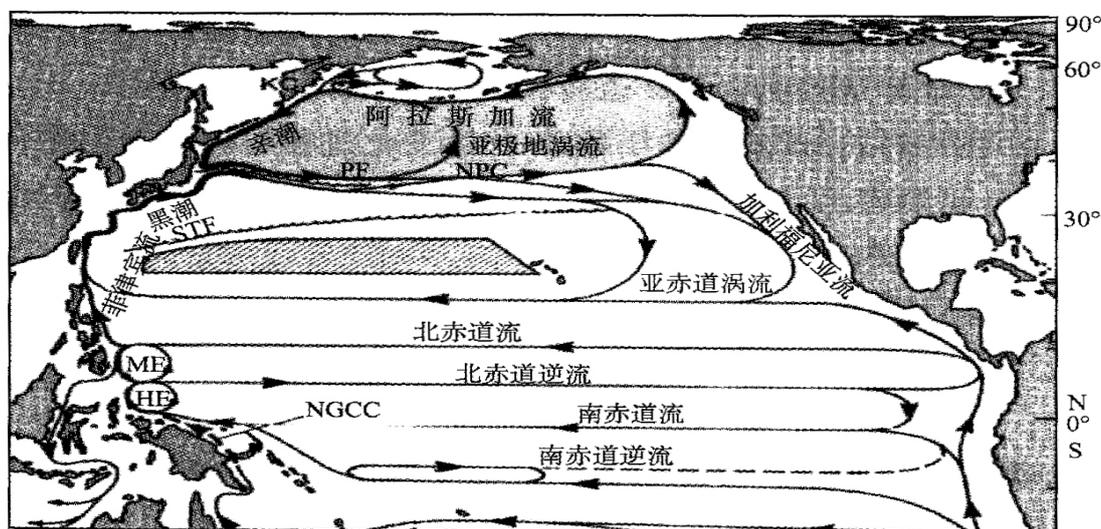


图 5-1 太平洋流系 (20°S 以北)
资料来源: Matthias and Godfrey, 2003。

太平洋低纬度西边界流是太平洋南北纬 15 度之间西边界流的统称,包括棉兰老海流、新几内亚沿岸流等表层流和棉兰老潜流、新几内亚沿岸潜流等次表层潜流。它是太平洋副热带—热带经圈环流的重要组成部分,也是连接南北半球海洋环流的纽带;它与南、北赤道流和北赤道逆流、赤道潜流等赤道流系一起构成了一个统一的太平洋低纬度西边界环流系统。在副热带,北赤道流分叉形成北向的黑潮,在台湾北部进入冲绳海槽与东海陆架,同时在琉球群岛东侧形成琉球海流。东海黑潮与琉球海流在日本岛南部汇聚,并继续北上与从副极地来的亲潮汇聚离开日本岛向东。就西太平洋低纬度和副热带流系而言,尽管国内外开展了大

量丰富的研究,目前仍存在许多尚未解决的科学问题,具体表现在以下八个方面。

——北赤道流分叉点的季节到年际尺度变化的特征和动力学,源地黑潮和棉兰老流及热带、副热带环流与西边界之间的相互作用。

——棉兰老潜流和吕宋潜流的起源、生消和变化,以及它们和其他潜流、上层海洋环流之间的联系。

——决定棉兰老流、新几内亚沿岸流、新几内亚沿岸潜流的汇合和跨海盆交换的物理过程。

——与西边界区流量收支关系密切的纬向流系,主要包括赤道潜流、北赤道逆流、北赤道流和北部 Tsuchiya 急流等。

——黑潮路径及流量的年际—年代际变化过程与机理。

——副热带—负极地海区之间的水体、热量交换。

——模态水的形成、移动路径及其与副热带逆流变异。

——西边界波—涡—流相互作用对黑潮的影响。

(2) 西太平洋多尺度海—气相互作用

西太平洋海—气相互作用包含两大动力海区:以天气—季节内—年际尺度为主的暖池区和年代际尺度为主的黑潮延伸体区。这两大海区通过大气—海洋桥相互关联。

暖池是全球热带对流最强、水汽含量最多的海区,驱动 Walker 和 Hadley 环流,是澳大利亚季风和东亚季风的交汇区(图 5—2a,见彩版图 20),呈现从台风时间尺度、季节内到年际尺度的海—气相互作用。西太平洋是台风的发育地。上层海洋对台风的响应过程尚不清楚,但是海洋的响应可以影响台风路径和强度。现在的模式预测台风强度的能力不强,因为模式中没有应用完全耦合的海—气模式及存在对于海表和边界层的不恰当处理。

热带西太平洋地区的 SST 呈现明显的季节内振荡,对于 MJO(大气低频振荡)和 ENSO 的耦合动力学和热带气候平均态的维持都很重要。现在,气候模式对于模拟热带地区的季节内振荡存在着明显的问题,并且对于模拟其年际变率存在着更为严重的偏差。更好地理解热带西太平洋慢速海洋过程如何调控季节内海气相互作用将有助于提高模式的模拟能力及对季节内振荡的预测能力。

在年际尺度上,西太平洋也是与准两年振荡(TBO)相关的主要对流活动区域

之一，在 TBO 和 ENSO 相互作用中起着重要作用。对该区海—气相互作用机理的认识有助于理解 TBO 的起源及其与 ENSO 之间的联系，以及和东亚季风、ENSO、热带印度洋之间的相互作用。

在 10 年或更长的时间尺度上，赤道太平洋会受到中高纬度地区更多的影响，特别是黑潮延伸体海区的海—气相互作用。黑潮所携带的大量热量在其延伸体处释放，从而对中纬度大气环流及东亚冬季风产生重要影响，黑潮延伸体处海—气相互作用是北太平洋年代际变化的一个重要环节(图 5-2b)。北太平洋年代际变化包含副热带与副极地环流之间的相互作用及与大气环流之间的耦合反馈，并通过海洋桥与大气桥影响暖池区。

西太平洋多尺度海—气相互作用所关注的科学问题主要包括以下九方面。

——西太平洋上层海洋对台风演变发展的各个阶段的响应和反馈，以及表面流和垂直混合的参数化。

——季节内振荡和海表面温度的相互作用及北太平洋暖池区域季节内变化低频调整的海洋过程。

——暖池海气耦合在季风—热带太平洋准两年振荡—ENSO 相互作用中的角色。

——ENSO 的年代际调整和热带西太平洋变暖中热带内外的相互作用。

——黑潮及延伸体处锋面尺度的海—气相互作用过程。

——黑潮 / 亲潮热量输送变异及其对大气环流的影响。

——北太平洋模态水的形成及其在热量储存和气候变化中的记忆作用。

——决定太平洋年代际变化时间尺度的关键过程。

——太平洋年代际变化的可预测性。

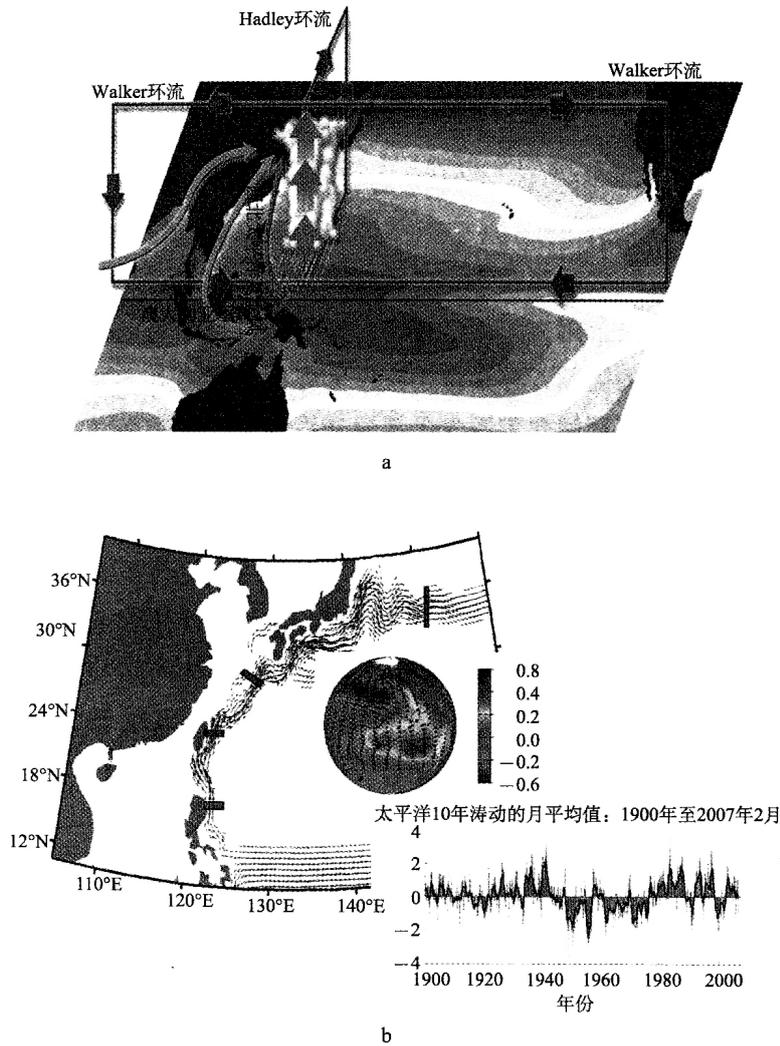


图 5-2 黑潮与太平洋气候年代际涛动

注：a. 暖池在区域及全球气候系统中作用的示意图；

b. 黑潮与太平洋气候年代际涛动（PDO）的示意图。

图示分别为黑潮、PDO 正位相海表温度、风场及 1900~2005 年 PDO 指数。

资料来源：转引自 PDO 网站，<http://www.atmos.washington.edu>。

（3）西太平洋—边缘海交换系统

西太平洋—亚洲边缘海构成全球海洋中最为独特的大洋—边缘海系统。大洋内区低频变异的能量会通过调整向西传播，在西边界流—黑潮中汇合。黑潮的源头与深水海盆—南海通过海峡相互作用，影响黑潮与南海之间的能量与水体交换及南海北部环流；北上的黑潮经中国台湾以及琉球群岛之间的水道进入东海，在世界上最宽的中纬度陆架上与东海发生物质能量交换。因此，东海和南海以黑潮为纽带与副热带北太平洋形成了独特的大洋—陆架边缘海动力系统。

西太平洋与边缘海的水体和能量交换对西太平洋及边缘海环流有重要影响。

在上层，黑潮通过吕宋海峡入侵南海，对南海北部环流有重要影响。这种入流被认为对沿南海北部陆坡的西向流有重要贡献，并在南海北部诱导出顺时针方向的环流。近期研究还指出在南海存在一支贯穿流，对南海的热量及淡水平衡起着一定的调节作用。数值研究表明吕宋海峡水交换对南海的径向翻转流起重要作用。观测还指出，太平洋深层水在吕宋海峡底部进入南海，在中层流出南海，而南海混合在太平洋—南海深层水的循环中起着抽吸的作用。基于太平洋径向翻转流与吕宋海峡深层水交换之间的可能关系，有必要弄清楚太平洋深层水进入南海的路径与流量。

黑潮在台湾以北沿东海陆架坡折北上，构成东海的大洋边界；台湾暖流直接进入东海，所以黑潮变异将直接影响黑潮与东海的交换。有关黑潮变异的研究已有很多，但是将内区、黑潮及东海联系在一起的研究还比较缺乏。内区的扰动能量西传汇聚到黑潮，和黑潮局地大气强迫共同导致黑潮异常。黑潮变异涉及波—流—涡相互作用及与东海的能量再分配等过程，其中陆架坡折诱导的中尺度涡以及大河冲淡水浮力强迫的作用都可能引起黑潮的变化。

围绕西太平洋—边缘海水体、能量及物质交换过程学问题包括以下八方面。

- 黑潮在吕宋海峡附近形变的特征及机制。
- 混合对吕宋海峡两侧海洋动力环境的影响。
- 南海贯穿流的时空结构特征及变异。
- 西太平洋—南海深层水交换的路径及控制机理。
- 陆架坡折处黑潮与陆架水的交换。
- 陆架地形对黑潮入侵东海的影响。
- 黑潮变异对东海暖流系统的影响。
- 长江冲淡水对黑潮的浮力强迫作用。

(4) 西太平洋—印度洋相互作用关键科

西太平洋与印度洋通过印度尼西亚贯穿流及大气 Walker 环流耦合在一起，对 ENSO、印度洋偶极子、亚洲季风起着重要的调控作用。

棉兰老流与新几内亚沿岸流的交汇导致了东向的北赤道逆流和西向的印度尼西亚贯穿流，此贯穿流通过太平洋西边界众多的海峡将西太平洋较淡的海水输运到东印度洋。印度尼西亚贯穿流对低纬度印度洋—太平洋的热收支和淡水通量

平衡起到显著的作用，影响到各大洋的动力过程和海气相互作用。ENSO 和 IOD 会通过印度尼西亚贯穿流彼此相互影响。现有的研究认为印度尼西亚贯穿流流量受到与 ENSO 和 IOD 事件有关的年际变化的控制，然而到目前为止，印度尼西亚贯穿流在热带太平洋—印度洋的年际尺度的联系上所起的作用还不清楚。

西太平洋—东印度洋暖池是 Walker 环流的上升支，因此两大洋之间存在固有的大气桥关联。ENSO 会通过赤道大气 Kelvin 波以及 Rossby 波影响印度洋海温变化，而印度洋偶极子模及海盆模同样会影响到西太平洋，从而对 ENSO 以及东亚季风产生影响。然而西太平洋—印度洋相互作用对台风、ENSO、IOD、TBO 以及亚洲季风的影响需要系统深入的研究，具体问题包括以下六方面。

- 印度尼西亚贯穿流的时空结构及年际—年代际变异。
- 印度尼西亚贯穿流在连接热带太平洋—印度洋年际变化中的作用。
- 热带太平洋在偶极子模年际及年代际变化中的作用。
- 印度洋海盆模对西太平洋大气环流及其东亚夏季风的影响。
- 印度洋海温变化对 ENSO 循环及可预测性的影响。
- 热带太平洋—印度洋暖池淡水变化及其气候效应。

(5) 西太平洋—中高纬度相互作用与气候变化

西太平洋、中高纬度海洋与气候密切联系在一起。西太平洋是南北半球中高纬度水体交汇的十字路口。中高纬度海洋气候异常可通过海洋波动、潜沉、海表风—蒸发耦合过程以及大气 Had—ley 环流影响到热带太平洋，同时热带西太平洋深对流所释放的潜热会激发大气 Rossby 波，从而影响到中高纬度大气和海洋。图 5—3(见彩版图 21)显示的是北大西洋副极地以及南极海区海洋淡水注入诱导局部深对流消失，通过一系列的海洋—大气过程而影响到西太平洋。

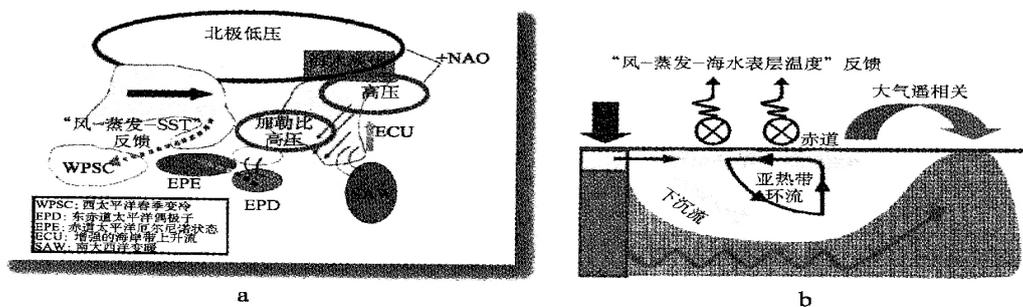


图 5-3 北大西洋副极地 (a) 和南极海区 (b) 淡水注入所诱导的全球气候响应的框架

注：红色为暖，浅蓝色为冷。

在太平洋,热带—中高纬度相互作用被认为是太平洋气候年代际变化的一种重要机制。中高纬度异常通过 Planetary-Kelvin 波及副热带—热带上层径向环流进入赤道温跃层,这种海洋通道在南半球更容易实现。北极海冰快速融化是现今最重要的地球系统过程之一,大量的淡水进入高纬度海区,对北大西洋温盐环流有重要影响,可能会触发全球气候突变。在南半球,南大洋中层水会通过潜沉经西边界到达西太平洋,这种过程被认为是棉兰老潜流形成的一个可能因素。极区 Ross 海区深对流形成的南极底层水会向低纬度及北半球渗透,尽管目前对其移动路径知之甚少。另外,南大洋锋面与水团的变化和冰架的易变性,不仅是气候系统中的重要变化,而且对碳、氮、铁等大洋的生物地球化学循环都有重大影响。Ross 海区的深对流变化会影响局部的海温,并通过西风所形成的 Ekman 漂流到达中纬度,再通过潜沉及表层的风—蒸发机制进入赤道地区,或者通过正压 Rossby 波快速到达赤道。

因此,西太平洋—中高纬度在年代际及更长的时间尺度上构成了一个关联系统,其关联过程与机理是正确理解气候变化学说中热带驱动还是中高纬度驱动的关键,所包含的科学问题包括如下五方面。

- 西太平洋在全球温盐环流热量及淡水输送中的作用。
- 西太平洋对高纬度海—冰—气耦合作用影响路径及机理。
- 南北高纬海区海—冰—气相互作用与快速变化。
- 南大洋中层及深层水形成、变异及向低纬度移动的路径。
- 南北半球在西太平洋年代际时间尺度以上变化中的相对重要性。

(6) 西太平洋物理—生物地球化学过程

季风及河口输送的陆地物质在西太平洋的生物地球化学循环中起着重要的作用。亚洲沙尘的特征及入海通量、在海洋中的光化学反应、生物与非生物的转化目前并不十分清楚。大洋与边缘海的水体能量交换决定了从陆架到大洋内区的物质输送,包括碳、氮、磷等物质。这种水平的输送与从海表的垂直通量在西太平洋物质循环及生产力中的相对重要性需进一步研究。作为中高纬度水体交汇的十字路口,中高纬度的海水潜沉过程所伴随的物质输送,以及西太平洋及边缘海的不同混合过程对这些从深层到表层海洋的垂直输运作用需要综合的跨学科观测及模式模拟研究。具体科学问题包括如下四方面。

- 西太平洋生物地球化学循环的关键过程。
- 西太平洋与边缘海的生物地球化学物质交换。
- 西太平洋海—气界面的物质通量。
- 中高纬度海洋在西太平洋物质循环中的作用。

2. 优先发展领域

(1) 我国近海的海陆相瓦作用：物质输运过程与生态效应

我国岸外的边缘海，位于世界最大的亚洲大陆和最大的太平洋之间，是研究海陆相互作用的典型海区。由于我国所属的东亚地区构造活跃、雨量充沛、地形起伏大，再加上大河的注入，因而成为全球陆源物质供给最丰富的海域之一。近代中国陆架海域每年有近 16 亿吨沉积物输入，超过全球入海沉积物总量的 10%。河流运输的沉积物和溶解物入海之后在陆架水动力的作用下发生输运、扩散和堆积，影响着我国海域的沉积分布和生态环境。随着我国经济发展、三峡等水坝工程的建设以及各种人类活动影响的加强，从海洋渔业、航道安全到沿海城市的环境质量都面临着新的挑战。几十年来，我国各大河口和近海海域已经积累了大量观测资料，但时空分布分散零星，缺乏全局性的认识。无论从全球变化与我国近海碳平衡、资源环境与海域生态条件变化的研究，还是沿海城市的海洋防灾减灾需求出发，都需要系统研究近海物质输运问题；而近年来的海洋观测网建设，正在为本研究领域提供新手段。现代过程与地质过程的结合、物质输运物理过程与生态环境的生物地球化学过程相结合，是本领域研究的关键。

本领域研究依据“从源到汇”和“近海系统行为”的学术思想，通过现代过程、地质记录和数值模拟三大方面，密切结合国际计划开展工作。核心科学问题包括如下七方面。

- 我国近海河流输出物变化与人类活动的沉积体系响应。
- 陆架环流与物质输运过程。
- 我国近海泥质沉积区演化。
- 近海上升流的环境生态效应。
- 陆地入海物质的环境生态效应与海洋生态灾害
- 近海碳循环与海洋“酸化”。

——我国近海环境变迁的高分辨率海陆对比。

(2) 海洋微生物与生物地球化学循环

生物地球化学过程在海洋科学中的地位日益凸显,而微生物在其中起关键作用。海洋生态系统中的生物量有 90% 属于微生物,海水里的有机质中有 90% 是微生物才能用的溶解有机质; 20 世纪 70 年代末发现的深海热液及其“暗能量生物圈”, 后者的基础也是微生物; 甚至海底以下还有大量微生物生存, 估计占地球上活生物量的 30%。海洋微生物研究中发现的“微生物环”、“病毒回路”, 改变了对海洋碳循环的原有概念; 原先以为是“无机”的一些地质和化学过程, 其实都与微生物活动密切相关。同时, 深海的新发现也改变了生命和地球科学的一些原有概念: 地球上不仅有依靠太阳能和氧元素的有光生物圈, 还有依靠地球内热和硫元素的“暗能量生物圈”; 支持海洋生物圈的不仅有来自海洋上层、还有来自海底以下的物质与能量。海洋微生物及其与生物地球化学的关系, 已成为当前的研究前沿, 涉及众多的海洋碳、氮、硫、磷等物质循环的未知领域。其中深海微生物及其在深海物质循环中的作用, 在国际上尚属起步阶段, 我国应当不失时机, 及早部署。本领域的核心科学问题有以下三方面。

——海洋上层(真光层与弱光层)中微生物的分布与控制因素及其新陈代谢过程。

——深层海水和海底以下“深部生物圈”中的微生物分布与深海碳循环。

——微生物与海洋碳、氮、硫、磷生物地球化学循环的关键过程。

(3) 南海深海过程演变

深海过程是地球系统中刚开始认识的组成部分, 也是地球上刚开始开发的能源和资源宝库。南海面积 350 万平方千米, 最大水深; 500 多米, 是全球低纬区最大的边缘海, 具有深海研究的一系列优越性。由于边缘海规模小、年龄新, 在南海研究深部其条件比大西洋优越; 由于太平洋洋底沉积记录保存不佳, 在南海研究海洋历史, 能够弥补西太平洋的不足。如果从现代过程和地质记录入手, 解剖南海作为边缘海的发育史, 无论对我国海域的开发和维权还是海洋科学的基础研究, 都将作出巨大的贡献。本项研究以海底扩张到板块俯冲的构造演化作为生

命史的“骨架”，以深海沉积过程和盆地充填作为生命史的“肉”，以深海生物地球化学过程作为生命史的“血”，在岩石圈、水圈和生物圈相互作用的层面再造南海的深海盆地发育过程及其资源环境效应。

本项目的研究由海盆形成、沉积响应和生物地球化学等三方面组成，其核心科学问题有以下八个方面。

- 海底扩张的年代与过程。
- 海山链岩浆活动时间与原因。
- 深海沉积过程对海盆演变的响应。
- 底层海流与沉积输运机制的变化。
- 碳酸盐台地的发育过程和环境影响。
- 海底溢出流与井下流体的分布与影响
- 深海微生物在大碳循环中的作用。
- 微生物活动对深海能源形成的影响。

研究计划将通过深海查航次、实验室分析、数据分析和数值模拟三方面的手段，在海盆形成（ 10^6 年）、海面变化（ 10^4 年）和现代观测（ 10^0 年）三种不同的时间尺度上开展工作。

同型比较

康奈尔大学工程硕士学位的改革创新

邱佳维

一、面向职业的全日制工程硕士

工程就是按照人类的目的而使自然界人工化的过程，是“组织设计和建造人工物以满足某种明确需要的实践活动”。美国工程教育协会(ASEE)对工程定义如下：工程是应用科学和数学原理、经验、判断以及常识去造福人类的艺术。MIT工程教育思想指出工程起着科学不能替代的独有的作用，认为工程是“关于科学知识和技术的开发与应用，以便在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的一种有创造力的专业”。

把工程当作学科或职业，所涵盖的内容是不一样的。如果把工程仅仅看成是一门学科，那它包括的也就是专业知识、数学、物理科学、生物科学、艺术等学校内教授的内容；而面向职业领域应用实践的工程，它不仅包括工程专业知识、数学、物理科学、生物科学、艺术等课堂教授的知识，还包括人文、社科、卫生、法律、商业、教育等实践环境因素。随着技术不断深入社会的各个方面，对应用型工程类毕业生的需求大量增加。越来越复杂的社会需求，要求这些学生不仅能参与工程专业实践，而且熟悉法律、医疗、管理、政府等领域的知识。

全日制工程硕士学位是与工程领域任职资格相联系的专业性学位，是工程教育的关键环节，也是整个研究生教育体系的重要组成部分，它与工学硕士学位处于同一层次但培养的侧重点不同，也不同于在职工程学位的培养。全日制工程硕士学位旨在培养应用型高层次工程技术与管理人才。工程硕士学生应掌握某一领域的专业基础知识与先进技术，并具备独立从事工程设计、研究、开发、实施与管理能力。

二、美国工程硕士发展状况

1964年，康乃尔大学把5年制的本科计划改为工程硕士计划，学生毕业时可兼得理学学士和工程硕士两个学位，开启了美国工程硕士的培养。但是一方面由于当时的工商业界出于成本考虑而对工科研究生教育持消极态度，另一方面由

于工科教师受科学主义思潮和联邦政府研究资助的影响而热衷于学术性研究生教育,使得工程硕士教育在 80 年代末之前发展缓慢。直到 80 年代末 90 年代初,美国工商业界对工程类高级人才的旺盛需求与联邦政府的基金支持,工程硕士计划开始快速发展,包括首次加入的麻省理工学院在内的大批院校纷纷开发、恢复、改进或扩大工程硕士计划。目前在美国各大学,凡是有科学硕士学位的领域均可设立工程硕士学位。相对来说,州立大学还是以工学硕士为主,对侧重实践的工程硕士教育的热衷度不如私立大学。根据 2002 年全国工程硕士专业学位教育委员会《赴美国考察调研报告》,“美国诸大学工程硕士培养没有统一模式;美国尚未建立企业界投资,企业与学校联合培养人才这种机制,目前并没有学校为企业开办工程硕士班;美国工程硕士为全日制在校教育,没有异地教育现象;所有被访问的学校都认为工程硕士与科学硕士没有本质的区别,两者教学内容一致,用人单位认同一致,两者主要区别在于工程硕士强调实践经验而不强调学术水平;美国对工业管理、项目管理人才的需求很大,该领域的工程硕士所占比例很大;所有被访问的学校都认为职业学位的学术水平低于科学硕士。”

三、康奈尔大学的工程硕士学位

在美国,工程硕士专业学位一般是作为职业培训导向的专业学位,替代传统研究导向的科学硕士。它通常是一个为期两年的计划,许多大学允许学生在工程硕士和科学硕士学位之间选择。美国许多著名大学都设置工程硕士学位,该学位被认为是工程领域的终端学位。工程硕士学位计划除要求职业培训外,还需要一个学术项目。一些工程硕士专业学位除有对科学硕士同样的要求外,还有额外的课程要求,使学生为其职业生涯做好更好的准备。这些课程可能包括业务基础、管理和领导等。

由于美国教育传统和管理体制的独特性,不同高校的工程硕士教育不尽相同各有特色。有的是 5 年本硕连读,如康奈尔大学、MIT,而有的则是 1 年单独设置的,如伦斯勒理工学院 RPL;有些院校的工程硕士只招收本校本科生如 MIT,而有些院校则不做限制,如德雷塞尔大学。

康奈尔大学的 M.S(理学硕士)或 Ph.D.(哲学博士)学生注册在研究生院,而 M.Eng.(工程硕士)学生则属于工学院,由科研、研究生教育及专业教育办公室执行工程硕士计划。工学院是康奈尔大学其中一个学院,它于 1870 年成立,当时

叫做 Sibley 机械工程与机械艺术学院。它是康奈尔四所私立本科学院之一。目前可在不同的应用领域授予学士、硕士与博士学位。该学院提供 450 余门工程课程，每年的研究预算超过 1.12 亿美元。康奈尔大学工学院的工程计划被美国新闻与世界报告评为全美前七的工程计划，其中工程物理计划 2008 年位列全美第一。康奈尔的运筹学与信息工程计划与金融工程硕士计划位居全美第四。计算机科学计划位列全球前五，其研究生教育质量位居第四。作为康奈尔的第三大本科学院，工学院拥有约 3000 名本科生和 1300 名研究生，它由 12 个院系及 1 个研究中心组成：应用与工程物理学院、生物与环境工程系、生物医学工程系、化学与生物分子工程学院、土木与环境工程学院、计算机科学系、地球与大气科学系、电气与计算机工程学院、材料科学与工程系、Sibley 机械与航天工程学院、运筹学与信息工程学院、理论与应用力学系及应用数学中心。

康奈尔大学工学院在学士以上设置了三个学位：M.Eng.，M.S.以及 Ph.D.。目前工学院设置 13 个本科专业，18 个本科辅修专业，16 个 M.S./Ph.D.领域以及 15 个 M.Eng.专业领域。M.Eng.是专业学位，它是专为期望在工业界从事工作的学生设置的；而其他两个学位更多考虑的是学术性。随着工程实践需要越来越多的专业知识，近几年对工程硕士的关注也越来越高。工学院的具体授予学位情况如表 1。

表 1：康奈尔大学工学院学位授予情况

序号	专业领域	学士 (B.S)	工程硕士 (M.Eng.)	理学硕士 (M.S) /哲学博士 (Ph.D)
1	航空航天工程		△	△
2	应用与工程物理	△	△	△
3	应用数学			△
4	大气科学			△
5	生物工程	△	△	△
6	生物医学工程		△	△
7	生物医学工程			△
8	化学工程	△	△	△
9	土木与环境工程	△	△	△

10	计算机科学	△	△	△
11	电气与计算机工程	△	△	△
12	工程管理		△	
13	地质科学	△	△	△
14	信息科学	△		△
15	材料科学与工程	△	△	△
16	机械与航天工程	△		△
17	核工程			△
18	运筹学与工程	△	△	△
19	统计学			△
20	系统工程		△	
21	理论与应用力学学		△	△

康奈尔大学作为美国最早开始工程硕士教育的学校之一，近 50 年的经验与扎实基础，非常值得我们借鉴。

1.培养目标的明确定位

康奈尔工程硕士计划的主要目标是强化学生工程实践职业生涯的开端，提高学生的商业、政府和业界所需技术知识的宽度与深度，并提供学生在现实环境下创新、综合与应用技术知识的机会。它主要是针对打算进入专业工程领域实践或管理的学生，但也可以作为 Ph.D.计划的预备。康奈尔大学的每一项工程硕士计划都旨在满足一定的培养教学目标。例如，运筹学与工业工程(ORIE)学院有 6 个工程硕士专业与 1 辅修，专业与辅修的区别在于，专业只对 ORIE 学生开放，而辅修允许其他学科学生参与，具体如下:应用运筹学(AOR)专业、数据分析(DA)专业、金融工程(FE)专业、信息技术(IT)专业、制造及工业工程(MIE)专业、战略行动(50)专业、系统工程辅修。MIE 专业旨在提高学生商品与服务的设计、生产、分配，现代制造技术的基本原理以及电脑设计、分析与制造过程管理等运筹学技能，让学生运用他们所学的技能对制造环境产生重要影响。

康奈尔工程硕士的培养目标职业定位明确，对学生创新与综合能力提出较高的要求，旨在培养有一定理论基础的高层次应用型工程技术人才或工程管理人

才。可见，它对工程硕士学位的培养目标设定明显区别于学术型学位。工程硕士学位旨在为学生进入工程实践领域做好准备，注重培养学生实践经验与职业技能，同时提升学生的沟通、领导、协调、适应能力，为美国社会输送工程领域的高层次设计、开发、实施、管理等专门人才。

包括工程硕士学位在内的专业硕士学位在美国得到极大的发展，专业硕士研究生的比例占整个研究生教育的主导地位，是受美国社会整体实用主义思想的影响。虽然我国在文件上已经明确专业硕士学位是与科学硕士学位处于同一层次而侧重点不同的研究生教育的一部分，但是受长期以来重学轻术思想的影响，专业硕士学位受到学术性学位的束缚，导致专业硕士学位整体发展缓慢。这对培养我国社会经济发展所需的高层次应用型“专门职业”人才是十分不利的。我国经济社会发展处于转型阶段，各行各业工作愈发复杂化庞大化，劳动力知识结构不断专业化高层化。因此借鉴美国专业硕士培养的明确定位，改变我国专业硕士不受待见的状态，加快我国专业硕士学位建设，促使应用型研究生成为研究生的“大部队”，推动研究生教育结构转变，势在必行。

2.培养过程的个人定制

康奈尔大部分的工程硕士计划学制为1学年，也有3学期的，如金融工程，如果遇到不可预期的情况，学生可以要求延期。学生在校期间必须获得30个技术类学分，包括4-8分的工程硕士项目工作。康奈尔大学的每一门课程都分配了特定的学分，分配的依据是每周花在该课程上的时间，但不包括家庭作业与学习所用的时间。完成学分要求通常需要花1个学年，有时延续至暑假。M.Eng.学生每学期所修学分下限是10分，上限是20分。所以工程硕士学生每学期应获得11-13分非项目的课程学分，以及2-4分的项目工作学分。学生必须在每学期伊始提交学习计划，所有课程都采取字母等级，等级的小数成绩换算如表2。工学院对工程硕士计划毕业的最低要求是累计平均成绩2.50。大多数的专业领域要求M.s.或Ph.D.学生完成1-2个辅修科目。M.Eng.学生一般不需要完成辅修科目，但可以选择完成一个类似于辅修科目的“项目辅修”。可选的“项目辅修”有生物工程、金融工程、制造、工程管理及系统工程，每一项都包含三门课程。康奈尔要求学生不仅修得课程学分，同时必须完成一个批准的基于团队的工程设计项目并获得相应学分。在项目完成前，学生须提交一份最终书面报告且由指导老师

签字，并向客户组织做最终的口头汇报。工程硕士学位要求学生最后提交工程项目设计，而不是学位论文。

表 2：等级成绩与小数成绩换算

A+=4.3	A=4.0	A-=3.7	B+=3.3	B=3.0	B-=2.7	C+=2.3
C=2.0	C-=1.7	D+=1.3	D=1.0	D-=0.7	F=0	

康奈尔的 M.Eng. 学生个人课表的变化性较大。在将工程硕士学位要求的所有课程列入学习计划的前提下，学生可以根据自己的专业背景、研究方向、工作兴趣，经指导老师批准后可跨专业跨学院选择选修课。甚至可以申请免修核心课程，只要他在认可的学术机构顺利完成对等的字母等级课程。学生通过“项目辅修，完善自己的知识面，积极参与到项目小组的工作中。康奈尔的工程硕士无须提交毕业论文，他们可以结合所作的工程设计项目，提交产品、系统等项目设计报告，更具有现实应用意义。

由于美国大学具有很大的办学自主权，美国的高等教育体系成为世界上最多样化的，专业硕士培养也呈现更大的多样性与弹性变化。这不仅有利于高校结合自身资源与社会实际需求，设置多样化的课程与教学方式，形成自己鲜明的办学特色；而且有利于学生根据自己的实际需要，选择合适的学校、专业与培养计划；还有利于教师进行多样化的创新，更有弹性的安排自己的工作进程，并综合各种资源实施“因材施教”。由于专业学位本身就是与职业相关联，旨在为各行各业培养高层次应用型的“专门职业”人才，而职业本身的“隔行如隔山”特性，也需要对专业硕士学位学生实施灵活多样的培养，需要结合职业特色与学生情况个人定制。我国的全日制专业硕士学位发展刚刚起步，学生培养的科研化、一统化情况还是比较严重的。为了使专业硕士学位毕业生符合所在职业领域的要求，借鉴美国专业硕士培养的个性化是很有必要的。全日制专业硕士是从事不同职业不同领域的“专门职业”人才，其培养过程需要凸显不同职业的独特要求与学生的个人需求，体现专业硕士培养的灵活多样与弹性变化，使全日制专业硕士明显的区别于科学硕士与在职硕士，更好地满足社会对应用型、复合型高层次人才的需求。

3.实践环节的客户导向

康奈尔工程硕士计划的核心部分是基于团队的工程设计项目，它旨在使学生为专业活动做好准备，让学生参与到由客户发起的具有真实数据、截止日期、交付成果的项目工作中。不管他们属于哪一个领域，都要求学生在项目的各方面发挥重要作用，包括制定和分析问题、客户关系管理、监测项目时间表和重要阶段，以及呈交最后的结果。工程硕士项目的客户或赞助者一般为工业、金融或政府组大学硕士学位论文美国工程硕士学位的改革创新织。工程硕士项目的形式与时间表因专业或辅修而异，具体目标与期望会在分配团队前提出。项目终结前学生需要完成两种形式的报告，一种是书面形式，把担任的项目工作、结果、收获等形成书面报告且由指导老师签字；另一种是口头形式，学生须向项目的客户或赞助者做最终的口头汇报。

实践环节是专业硕士培养的重要环节，是区别于科学硕士培养的关键。康奈尔大学在工程硕士培养中注重通过实践提高学生将理论应用于实际的能力。从实践的开展方式看，康奈尔有组织地开展工程设计项目，学生处理的是实际的工程问题，作为主体参与到项目团队中，从自身专业背景出发担当重要责任，以客户满意为导向处理问题，在锻炼应用理论知识能力的同时提升团队合作能力，以期在未来更宏大的工程项目中发挥更好的团队合作精神与独立办事能力。从实践的考核方法上看，由于康奈尔的项目团队中包括教职工、学生以及客户方人员，学生的工作更为直观可见，最终的报告又同时面向学校与客户组织，能够比较客观公正的给予考评。美国的市场供求关系调节着社会的需求，而社会的实际需求是专业学位发展的前提条件。为了在市场供求关系中获取有利因素，专业学位必须适应市场竞争，为高校争取办学排名的竞争优势，政府、企业与私人基金的竞争优势，从而为专业学位学生创造有利的培养环境。因此，美国高校在培养专业硕士的过程中，与工业界、企业界、社区建立了紧密的联系，保证学生在校期间就有充足的机会接触现实问题并在团队中发挥关键作用，并在整个实践能力培养过程中给予必要的指导与监管。学生在面向真实问题的实践环节中，将自己摆在让客户满意的位置上，这样的自我定位，不仅使他们更积极主动得参与到团队活动，而且让他们从当事者的视角看待问题，能够更有效的提升他们的实践动手能力、应用理论能力、沟通交流能力、系统思考能力以及主动学习能力。

而我国在专业硕士的实践能力的培养上，虽然有美国实践环节培养模式的影子，但是在形式、管控、成效等方面仍然受到较大的局限。全日制专业硕士学生通过实验室偏应用的课题、企业单位的实习等方式，实践应用能力的提升并不十分显著，更主要的是把这个环节看作完成学业的任务，而没有转变自己的角色定位，站在客户或者受众的立场思考如何满意地完成实践工作。这也与应届毕业生一直以来接受的教育观念与教育方法有很大的关系。应试教育体制下，学生把学习等同于考试，把自我提升等同于分数提高，把在校学习与社会生活完全隔离，阶段地孤立地看待自己每一时期的成长。所以不能把专业硕士实践能力培养效果不佳片面地归咎于专业硕士学位本身。彻底地改变这一状况，提高全日制专业硕士实践应用能力并使之担当社会建设发展的重任，需要我们反思与改革整个教育体制通过基础教育向高等教育输送具有一定实践动手能力的学生，再经过专业学位的打造提升学生理论结合实践的能力。

4.教师队伍的多元化

每位康奈尔大学 M.Eng. 学生由研究生服务代表在秋学期初分配学术指导老师，学生应在开学第一周中期联系自己的学术指导老师，咨询课程选择与学习计划建议。由于康奈尔大学规定连续两个学期表现不佳得离开工程硕士计划，如果学生在校表现不佳，课程成绩低于 C⁻，则要求与学术导师沟通。硕士生可以有 1 名导师，也可以组成 2-3 人的指导委员会。另外，所有学生的工程设计项目，也是在指导老师的指导下完成。在康奈尔大学工学院下的工程硕士计划中，任职教师多数曾担任过工程师工作，具有多年工业行业经验。

教师在学生思维方式、解决问题习惯、知识接触面等方面，发挥着极其重要的作用。康奈尔大学承担工程硕士计划的教师，不仅在科研的学术上有极大的成果，而且在教学学术、应用学术、整合学术上都有所建树。教师基于他们工程领域的工作背景与工程专业知识的学术素养，为学生提供更广阔的学习平台与更系统的思考方式。美国教师工作量的界定与评价也出现过完全倾向于科研业绩的问题，教师迫于基金与职称压力只能把工作重心放在科研工作上。1990 年，Boyer 在《学术反思：教授的工作重点》中，提出教师工作的重点应该与高校的社会责任相结合，并体现在教师的考评奖励制度中，教学、应用、整合工作应与科研工作一起纳入教师工作的考评与奖励范围。该书的出版，使美国高校重新审视自己

的使命，使高校外部环境认真思索教师工作衡量于教师队伍建设，也促使许多高校结合自身特色改革教师奖励制度。例如，康奈尔大学将教师教学能力的评估报告作为终身聘任的基本依据，该评估报告不仅包括学生评价、同行评价、以及系或学院的推荐信，还要包括教师所授课程的大纲与教材等，同时康奈尔还为年度教学业绩突出的教师设立了教学专项奖金。对教师工作重点的重新审视与奖励制度的改革，促进了美国教师工作内容的多样化、教师队伍的多元化，进而有助于专业硕士培养多样化个性化的实现。

由于我国一贯以来重视科研学术，对其他三类学术缺乏必要的重视，客观地导致目前我国高校教师队伍普遍只有学术经验的教师。在全日制专业硕士的培养上，虽然采用了双导师制，发挥校内专职教师与校外兼职教师各自的优势，提供学生理论与实践的双重指导，但是由于目前双导师职责不清、沟通不畅、有效考评机制缺失、奖励机制激励作用不强、对全日制专业硕士学位认识不清等原因，双导师制的整体实施效果不佳。即使是当前开展效果最好的工程硕士学位也同样存在这个问题，只有近半的工程硕士研究生真正享受到“双导师培养”。为了发挥教师在专业硕士培养中的积极作用，保证双导师制的有效实施，我们可以借鉴美国在这方面的成功经验，反思高校教师的工作重点与奖励制度，丰富教师的工作内容，建设多元化的教师队伍，为社会所需的高层次应用型“专门职业”人才提供有效指导与帮助。

（本文作者邱佳维系浙江大学公共管理学院专业硕士学位研究生。）