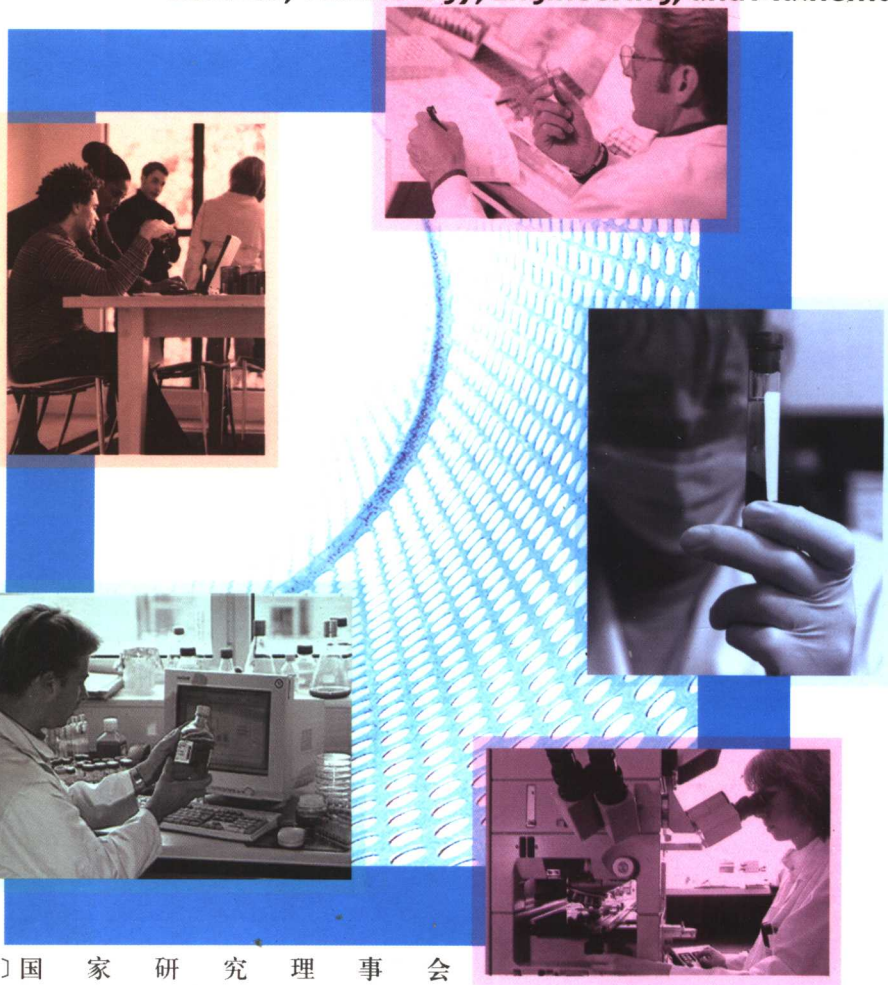


21 世纪科学教育书系

大学科学、技术、工程和数学教学的评估与改进

Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in
Science, Technology, Engineering, and Mathematics



原 著 〔美〕国 家 研 究 理 事 会
理 工 科 教 学 评 估、奖 励 与 促 进 委 员 会
教 育 研 究 中 心
行 为 科 学、社 会 科 学 与 教 育 分 会
翻 译 张 红 霞 王 玮 等

科学普及出版社

21世纪科学教育书系

大学科学、技术、工程和 数学教学的评估与改进

Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science,
Technology, Engineering, and Mathematics

原 著 〔美〕 国家研究理事会
理工科教学评估、奖励与促进委员会
教育研究中心
行为科学、社会科学和教育分会

翻 译 张红霞 王 玮等

科学普及出版社
·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

大学科学、技术、工程和数学教学的评估与改进/[美] 国家研究理事会著;
张红霞等译. —北京: 科学普及出版社, 2006

书名原文: Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science, Technology,
Engineering, and Mathematics
ISBN 7-110-06173-6

I. 大... II. ①美... ②张... III. 高等学校-教育评估 IV. G642.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 095233 号

This is a translation of *Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, Committee on Recognizing, Evaluating, Rewarding, and Developing Excellence in Teaching of Undergraduate Science, Mathematics, Engineering, and Technology, Marye Anne Fox and Norman Hackerman, Editors, National Research Council © 2003 National Academy of Sciences. First published in English by National Academies Press. All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

著作权合同登记号 01-2004-2070

本书中文版权由美国科学院出版社授权科学普及出版社独家出版, 未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京国防印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×960 毫米 1/16 印张: 11.25 字数: 380 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1-3 000 册 定价: 23.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

原 著 〔美〕国家研究理事会
理工科教学评估、奖励与促进委员会
教育研究中心
行为科学、社会科学和教育分会
翻 译 张红霞 王 玮 等

丛书策划 李 士 颜 实
策划编辑 肖 叶 单 亭
责任编辑 许 慧 郭 璟
封面设计 阳 光
责任校对 王勤杰
责任印制 安利平

说 明

本报告所属的研究项目通过了国家研究理事会领导小组的审查。该领导小组的成员来自科学院、工程院和医学研究院。对负责起草本报告的委员会成员的选取是根据其专业特长并考虑专业间的平衡。

本项研究得到科学院主席奖励基金的资助。但本报告中任何观点、发现、结论或建议都属于作者本人，不代表其资助组织和团体的意见。

注：本书译文为江苏省教育科学“十五”规划重点课题成果。

序

长期以来，美国一直非常重视教育质量，联邦政府对各级教育（包括从学前到研究生层次）投入很大。随着科学技术对国家经济影响程度的增加，大学院校中的科学技术领域也获得了大量的来自政府和私人的资助。事实上，自第二次世界大战以来，在这些领域里，联邦政府通过同行评审项目申请书和签订合同的形式，将其超过半数的基础研究经费交到了大学教师的手中。这些投入有力地促使美国成为世界上发现新知识和应用新知识的领头羊，造就了世界著名的研究生训练系统。近年来，来自政府之外的工业和非营利组织的科研经费，为许多大学的研究生和大学生参与原创性的研究项目提供了新的机会。在高等学校中设立原创性的、以同行评议为根据的研究项目的做法是值得肯定的。正如罗伯特·盖文（Robert Gavin）在2000年撰写的《学术前沿：科学研究在大学院校自然科学教育中的作用》中指出：“研究活动在保证教师更新知识、改善教学过程中起到了关键的作用。”

由于科学、技术、工程和数学（简称STEM）在各方面所起到的关键作用，这些相关领域的研究项目的投标和研究质量的评审机制也相应得到了发展。这些领域中从事基础研究的科学家和工程师常常由于他们的原创性研究而获得认可和奖励。像其他项目经费评审一样，在不同的学科之间使用的评估指标有很大差异。对于研究型大学而言，对教师及其项目的评估往往需要外聘国内外同行专家以得到更公正的结论。花费一定的时间和精力参与对同行的研究成果和项目申请书进行评议，已经被广大教师看成必要的工作。

与之相反的是，关于教学成果的评估至今仍然相当随意并缺乏严格的规定，这种现象在研究型大学显得尤为突出。有些教师甚至不相信存在客观的可以用来评估教学有效性的技术和手段。在那些竞争激烈的大学这种情况更为严重，那里的教师很难在各种常规的教学任务之间调整时间，以集中精力于课堂和实验室教学工作。

尽管美国许多高等教育机构的主流价值观、信仰、文化或使命都强调高质量的教学，尤其是本科低年级教学，但人们普遍感觉到的仍然是教学不像科研那样受到重视和奖励。在美国，不同规模、不同类型的大学具有不同的办学目标，因而必然产生了它们对教学与科研之间关系的不同处理方式和结果。但是，如果要全面的履行大学院校的教学使命，必须使严格的以促进教学为目的的评估工作成为STEM的院系文化的一个有机组成部分。当然，必须使教师及管理人员们相信，客观的、全面的评估教学的方法是可以找到的，而且绝对不会给已经非常忙碌的教师们增加不合理的工作量和压力。我们的这项研究，将给出一些在STEM各院系实施公正的、制度化的教学评估的办法，它们也可以作为教师嘉奖和晋级的依据，而且这些评估工作可以与学校或院系的总体目标和使命保持一致。

在过去的几年中，国家研究理事会在加强理工科教学方面发挥了积极的作用。该理事会的大学生科学教育委员会在这方面还与大学取得了合作。本项由大学生教学评估委员会所作的研究，目的在于考察与优化教学评估有关的关键问题和因素，以达到提高教学效率和改善教师教学技能的目的。参与编写本报告的委员会的成员来自于自然科学、数学和工程方面的教师和管理人员，还包括测量与评估方面的专家，以及一些高等教育组织

中负责教育改革工作的代表（关于这些成员的个人简介见附录D）。

这是一项十分及时的行动。来自于学术界内部和外部（如州政府、州立法机关、工商企业界团体）的关于提高教学质量的呼声越来越大，特别是关于引论课、概论课及初级课程的教学问题。这些呼吁同样对高等院校的院系级学术单位提出了责任绩效（accountability）的要求，必须通过课程的修订和教师之间的互助，使教学质量得到提高。

参与编写本报告的委员们相信，一个结构良好的教学评估方案，对被评估的教师和使用评估结果解决人事问题的管理人员都具有意义。如果施行妥当的话，这样的评估将是学校教育改革的重要组成部分。事实上，相关教育研究的新成果所展示的新的评估方法已经推动了教学效率和教师学术成就的提高。本报告的委员们希望，这份报告所阐述的研究观点能对目前正在开展的评估实践做出一点贡献。

理工科教学评估、奖励与促进委员会主席
玛丽亚·安妮·福克斯
诺曼·海克曼

致 谢

负责本项研究的委员会成员和工作人员对那些在委员会会议上或其他时间给予报告、提供资料和提出有意义的看法的专家们表示感谢。这些专家包括：俄勒冈州州立大学荣誉校长、州立大学克罗哥学院未来委员会主席约翰·伯恩；美国高等教育协会、教学创新分会主席，卡内基学术学院计划主席芭芭拉·坎伯瑞奇；美国高等教育协会、教育评估论坛主席欧热内·瑞斯；加州大学伯克莱分校教育学教授、教育行动数学工作组组长阿兰·斯内非得。

我们还应该感谢国家研究理事会的许多成员，他们包括前国家研究理事会教育中心的负责人、现任国家研究理事会行为科学、社会科学教育分会的教育研究中心执行主席麦克·福尔。他在本报告的写作和审核过程中提供了关键的指导和帮助；国家研究理事会教育中心的官员克斯顿·山普逊·西得，她在报告的写作过程和最后的审校过程中作出了指导和帮助；瑞娜·伯瑞尔和凯瑟琳·约翰逊参与了编辑工作并提出了合理的建议；欧热娜·乔曼和霍那·韦斯对报告的修改付出了劳动；前国家研究理事会、理科教育中心执行主席、现任生物科学课程研究部门执行主席罗杰·拜比也给予了很多帮助，拜比博士在国家研究理事会任职期间也对本研究给予了很多支持。

报告初稿完成后，按照国家研究理事会、报告审查委员会的规定程序，选取了各方面的专家作为审稿人。进行这样的独立于报告撰写人和委员会成员的审稿，其目的在于获得公正的、批判性的审稿意见，以保证这份委员会的出版物尽可能做到有理有据，满足高等院校对评估研究的客观、公正和反映学校利益的需求。审稿专家的意见和相关的报告撰写人都采取匿名的形式以保证这个目的能够实现。在此，我们要对下列审稿人表示感谢：

David F. Brakke, James Madison 大学，科学与数学学院院长；

Brian P. Coppola, 密歇根大学化学系;

James Gentile, 厚普学院 (Hope College) 自然科学系主任,
(密歇根州, Holland市);

Melvin D. George, 密苏里大学数学系;

Daniel Goroff, 哈佛大学德里克·博克教学中心及数学系副
主任;

Peter D. Lax, 纽约大学数学研究所;

Susan B. Millar, 威斯康辛大学工程学院;

Robert E. Newnham, 宾夕法尼亚州立大学材料科学与工程
系;

Sheri D. Sheppard, 斯坦福大学机械工程副教授;

Michael J. Smith, 美国地质研究所, 教育部门主任。

尽管上述审稿人对报告提出了很多建设性的意见和建议, 但他们并没有对报告的最后结论和建议给予鉴定。他们也没有阅读过出版前的定稿。这个报告的评审工作是在布朗大学的 Frank G. Rothman, 和耶鲁大学的 Pierre C. Hohenberg 二人监督下进行的。受国家研究理事会的委托, 他们二人负责保证评审工作符合规定的评审程序, 保证所有评审意见认真完成。这份报告的最后内容的责任人完全在于负责这项研究的理工科教学评估、奖励与促进委员会及相关机构。

目 录

序

致谢

摘要 (1)

第一部分 已有的理论、研究发现和实施方案 (7)

第一章 大学教学研究的最新展望 (9)

一、变革的动力和面临的挑战 (9)

二、本项研究的任务和指导方针 (12)

三、本报告的结构和预期的读者 (15)

第二章 有效教学的特征和挑战 (21)

一、有效教学的特征 (23)

二、有效教学所面临的挑战 (27)

第三章 高等教育机构中研究文化与教学文化的融合 (35)

一、平衡研究事业和教学事业 (37)

二、加强专业组织对有效教学的支持 (40)

三、开发和实施经过改进的有效教与学评价方法 (43)

第四章 科学、技术、工程和数学教学评估的原理与 研究发现 (45)

一、一般原理与发现 (45)

二、用于教学质量和效果评估的一些特定信息源 (48)

第二部分 对已有理论的应用：评估教学效果

策略 (61)

第五章 评估方法论 (63)

一、通过检验学生学习来改进教学：学习结果评价 (64)

二、形成性评估的其他策略和方法 (67)

三、总结性教学评估 (79)

四、对评估方法论的有效实施 (84)

第六章 对教师个体的评估：评价标准和基本要求 (87)

大学科学、技术、工程和数学教学的

评估与改进

第七章 对院系课程计划的评估	(95)
一、对系科在课堂内外促进教和学能力的评估	(97)
二、对教学实验室和其他大学生研究计划的评价 ...	(99)
三、对系科在理工科教育过程中的合作与交流的评价	(100)
第八章 建议	(101)
附录A 学生评估的问卷实例	(111)
一、学生评估教学的评价工具种类	(111)
二、如何正确使用学生评估结果	(112)
附录B 用来评估学生学习的问卷实例	(115)
附录C 教师同行评价问卷实例	(151)
附录D 本书作者——委员会成员简介	(163)

摘 要

本报告介绍了一系列如何评估理工科，即科学、技术、工程和数学（STEM^①）的大学教学质量的策略。它基于一项由国家研究理事会（National Research Council）所属的一个委员会所进行的研究。这个委员会负责收集和综合已有的教学理论和实践的研究成果，在此基础上，开发出帮助大学理科教师和管理者评估、奖励有效教学的资源库。这个研究委员会是国家研究理事会下属的理工科大学教育次一级的委员会。

这个委员会研究的首要目标是弄清是否存在公平、客观的教学评估方法，如果有的话，这些方法又如何用作教师职级晋升的依据。委员们最后发现，确实存在很多这样的方法，而且在个人和院系评估中，它们已经得到广泛的认可和应用。

委员们发现对教学的总结性评估（summative evaluation）（例如那些用于对一些教师晋升和终身任期（tenure）作决定的评估）常常并不涉及有关学生学习效果方面的材料。这种情况应该改变，应该强调将教学工作与教师晋升联系起来并对其规范化。委员们还发现，形成性评估（formative evaluation，例如，随时可以进行的从学生和同事那里得来的非正式的反馈意见）能够满足如下几条重要的教育目的：①把公正的教学评估与常规的教师职业发展机会结合起来；②支持那些想要探究教学理论和技术的教师；③不仅适用于个体教师，而且也适用于对院系培养计划的评估^②。

因而，委员们确定了产生本报告的四个基本研究思路：

（1）不论他们的专业是什么，应当为所有大学生提供有效的科学、数学和技术教育。

（2）课程设计和教学评估应当成为整个院系教师共同的任务和责任；在适当的地方，还应该取得跨院系之间的合作。

（3）关注提高教学质量的学术活动，应当将它们看作与其他学术追求一样的有价值。致力于提高教学有效性和增进学生学习的学问应当像致力于提高其他研究和服务的努力一样重要，应得到行政和学术上的支持。

① STEM是科学、技术、工程和数学教育的缩写，它最初被用于国家科学基金对这些学科教育的官方资料。在本报告下文中也经常使用它。

② 在第五章中能够找到对形成性评估和总结性评估的定义。

(4) 对那些被分配去参与大学生教学的教师,在他们整个职业生涯期间应当给予支持和教学指导;招聘工作应当抓住第一次机会向教师展示学校的教学价值观和对教师教学上的要求和期望。

在上述前提之下,委员们发现,科学、数学和工程学科的教师们,的确面临着很多严峻的挑战,这些挑战包括:将认知科学中关于人类学习的研究成果应用到对人类学习的测评中;要说服和帮助数量众多、兴趣各异、具有不同入学动机和需要的学生学好这些课程;为储备未来的中小学教师进行培训服务;为某些教师和学生提供实验室和室外工作条件;指导从事原创性研究的学生。同时面对多项挑战,需要教师具有扎实的学科知识和热情、熟悉一系列适宜的教学法、能够灵活使用适当的考核和测验技能、能够轻松自如地在课堂内外与学生进行专业互动,以及能够为提高教学而进行积极的学术评估。

然而委员们发现,大多数讲授STEM课程的教师没有受过什么正规的有关教学技能、学生学习测评或教学有效性评估的培训。目前旨在提高教学效果的正式培训项目仍然很少。因此,在院系内公开进行扎扎实实的有关教学有效性问题的讨论与交流,是进行以上述前提为基础的、令人信服的教学评估的关键。而且,由于不同的机构和学科之间的差异很大,也不存在一个统一的有效评估模式和途径。

已有研究资料认为,综合运用下列几种关于学生学习的形成性和总结性评价的材料和结果,有助于改进和评估教师的教学效果。

任课教师的本院系同事及其他同事可以通过直接的课堂观察、分析相关课程内容和教材,或者根据有关教师在培训服务和其他跨学科课程的教学效果的信息,对该教师的教学进行有效性评价。大学生和研究生助教可以根据他们在协助指导教师课堂和实验室中的体验、教师对他们的科研指导以及学术建议的质量来提供有用的信息。此外,研究生助教可以根据他们自己在教学准备过程中所受到的监督和指导提供有意义的评论。被评估的教师自己也可以对自己的教学强项或弱项、优势或不足进行自我评价;自我评价信息可以与来自其他方面的独立证据相比较。最后,《教师为促进教学而寻求外部支持的意愿》也是其提高本科教学效率的证据。

有效评估的结论是多种证据资料综合运用的产物。那些近几年上过课的在校生,和即将要毕业的高年级学生及已经毕业的校友可以提供有关教师在他们学习过程中所起作用的证据。研究生助教可以评述教师的教学方

法、与学生互动的水平，以及他们在提高自己教学技能时从教师那里得到的指导。本院系的和其他院系的同事可以评价教师所用教材和教学资料的前瞻性，以及该教师在参与和领导提高大学教育的管理工作中的贡献和能力。被评估的教师可以通过自我反省，提供关于自己在有效教学、改善学生学习，及专业发展方面的证据，提供自己在教学中遇到的挑战和取得的成就等重要信息。从学院的档案资料和文献记录中可以寻找到在某一段时期内，某位教师课程的听课人数变化、中途退出这位教师课程的学生百分比，以及继续选修该学科或相关学科领域的相关课程的学生数。

上述这些评价证据或标准（criteria）中的每一项都可以有多种解释，因此应当谨慎看待这些证据。例如，相关研究指出，将学生评价中教师评分的分布情况作为一项教学有效性评估指标不如其他类型的指标有效，应当慎重使用。

隐含在教学的形成性评估理论后面的一个核心概念，是一个被称为“输出测评”（outcome assessment）的双向反馈系统。教师们需要为他们的学生设定一个清晰的目标，并且能够确定学生通过课程的学习是否达到了这个目标。学生们需要有一个清晰的概念，即要求他们掌握什么，以及他们是否正在满足那些要求。第五章详细描述了接通这些反馈回路的多个步骤。这样，当告知学生他们对课程教材内容的掌握情况的同时，也为教师提供了有关他的教学成效，即学生已经掌握了什么和能够做些什么的可靠信息。不论输出测评具体用的是什么方法，对学生概念理解方面的评估在评判一门课程成功与否时是至关重要的。

施行形成性评估方法会花很多时间，除了负责这门课的指导教师外，其他教员也将参与其中。各院系对促进大学教育这个共同目标的承诺和奉献是这种方法成功的关键。此外，要改进总结性评估，同样要求全体教员、学术管理者以及职称晋升和终身任期评审委员会的成员对这种评价过程的可信度保持信心。

建议

美国高等教育的一个无可争议的优势是每所高等学校都有自己独特的使命，所以教学评估的一般模式未必能够适用于所有的学校。然而，下列几条概括性的建议，在根据各个学校的目标和视角进行适当的修订后，也许可以适用。

1. 总的建议

(1) 教学有效性要由学生学习的质量和广度来评判。许多不同的教学模式和方法都可能是有效的。

(2) 关注教与学改进的研究应视为一种真诚的学术追求, 因此, 这种研究应给予与通常学术追求一样的支持。

(3) 有效的总结性评价不仅依靠学生的评价结果, 而且还应包括同行评价, 以及参照那些用于晋升、终身聘用、终身聘用后审查的有关教学档案材料。这种评价应提供公平、客观的信息, 以帮助教师改进他们的教学。教师们对教学评价达成共识、提供必要的评价数据资源、依据最新的有关教与学的理论以及教育测量方法的有关研究成果等, 是评价工作成功的关键。

(4) 对于那些致力于不断改进本专业学生和外专业选修课学生学习的教师(包括新手和有经验的教师)和他们所属的院系部门都应给予嘉奖。所有相关的教学活动, 如评分、成绩反馈报告、课程开发、助教培训, 以及有关教学委员会的工作, 都应包括在教师的评价和奖励系统之中。

(5) 改进教学技能是教师追求专业卓越的不可推卸的职责之一, 所有教师都应接受这种观点。高等学校的院系部门应通过有关资源(如校级或系级的“教学中心”)的建设和支持, 以及承认和奖励教学工作的人事政策, 强调教师在教学技能上的专业发展的重要性。同时学校领导应认识到, 不同学科的教学活动具有不同的特点, 而且这些差异应反映到评价过程中。

本报告的大量内容对教师们如何使用评价结果来提高自己的教学工作提出建议, 因此, 下面将对那些与高等教育相关组织的政策制定者、管理者和领导们提一些建议。

2. 给校长、监督委员会和学术管理人员的建议

(1) 高质量的教学和高效的学习应是学院最重要的工作。所有的教师评价、院系评价以及院系办学水平的认证(accreditation)都应包括严格的教学效果评价成分。大学领导应向新任教师 and 在职教师清楚地表明学校对高质量的教学有很高的期望。

(2) 校级的教学中心和学科教学中心的任务是为教师的专业发展提供机会。在职专业发展包括让教师理解人的学习规律; 如何通过学生的反馈(形成性评价)改进目前的教学; 怎样将教育研究成果运用于教学改革的实践中等。这些中心还应提供教学改革所需的设施。

(3) 至少应指派一名高级的大学管理人员专门负责鼓励各系教师采用有效方法(如本研究所证明的有效方法)改进教学的工作。

(4) 擅长教学的教师应得到公开的认可与奖励。为了表示对高质量教学长期作出重要贡献的教师的认可,应设立一个资助基金。

(5) 通过综合运用各种激励机制,其中包括设立专项基金、调整对教师工作绩效的有关评价标准,建立健全学科内和跨学科教学的标准,鼓励教师开发跨学科课程等。

(6) 在任命系主任、负责人和类似人员时应考虑候选人是否重视学生的学习,是否愿意将系里的资源用于支持教学。

(7) 研究生院的负责人应要求那些雇佣研究生完成教学任务的院系提供证据,表明它们的教师已经对研究生助教进行了有效的指导,并使助教们明白自己对大学生所承担的责任。

3. 给系主任、系领导和同行评价者的建议

(1) 各系应定期审查本系的工作计划,其中包括强调教与学。教学审查不仅应关注专业课程,还应关注服务性课程,例如为非本专业学生和为未来教师[●]开设的课程。

(2) 要求每位教师都应该对建设一个平衡、合理的大学生教学计划作出贡献。应鼓励长期聘用的教师参与初级课程、导论性课程与常识教育(general education)课程的开设。熟悉本学科新进展的教师应成为各系课程审查和修订的领导者。虽然不是所有的教师都需要以同样的投入参与所有层次上的教学活动,但每个系有责任确保认真负责的教师能满足所有学生的教学需求。

(3) 各系应对全校性的教学改进工作给予支持和促进。要让本系教师对校级的教学总结性评价程序的合理性达成共识,而且让他们认识到某一具体学科的学习方法的特点将影响对其进行教学评价的方法。

(4) 除了从课程结束后学生的评价结果和对课程的参与性观察中获得大量的数据外,有效的同行评价能提供任课教师对教学的负责程度的客观评价。这种评价一般包括任课教师对学科知识的掌握,对学科的热情,对各种合适的教育方法的熟悉程度,运用合适的测验手段和实验训练的能力,对学

● 美国的许多普通高校都参与教师教育,其中包括本校教育学院提供大学后教师专业证书培训、本校高年级大学生的教育学第二学位或文凭的获得、本学区的中小学教师在职培训。前两类学生即为“未来教师”——译者注。