



Chinese STEAM
Education Development Report

中国STEAM 教育发展报告

郑 葳 著

 科学出版社



Chinese STEAM
Education Development Report

中国STEAM 教育发展报告

郑 葳 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

STEAM 作为整合了科技与人文学科的教育,用以应对因学科之间、学校与世界之间的割裂所造成的学习者无法解决复杂问题、在新硬件时代难以创造出高品质产品的现状,致力培养学习者设计、应用和创新的能力。

本书借助实证调研,揭示出我国正在兴起的 STEAM 教育目前存在的诸多问题,并在剖析这些问题的基础上,提出了有效推进 STEAM 教育的建议。

本书对教育领域研究者、学生、教育行政部门相关人员、中小学教育工作者以及创客等教育机构人员有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中国 STEAM 教育发展报告 / 郑葳著. —北京: 科学出版社, 2017.12
ISBN 978-7-03-056108-4

I. ①中… II. ①郑… III. ①基础教育-教育研究-中国 IV. ①G639.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 316554 号

责任编辑: 朱丽娜 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 润一文化

联系电话: 010-64033934

E-mail: edu_psy@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 12 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 12 月第一次印刷 印张: 10 1/2

字数: 157 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

PREFACE 前 言

今日世界之复杂、变化之迅捷，已远超出我们的想象，每一个明天似乎都成了未来。在这样一个科技高速发展的时代，国家的竞争力有赖于教育是否做好了培养具有高素质、创新型的科学家、工程师和具有创造力的员工的准备。无论是国家未来发展战略还是个人的职业发展需求，都将培养学生的创造力、协作交流、批判性思考、解决真实问题的能力、社会责任等置于优先地位。为此，STEM（Science，Technology，Engineering and Mathematics）教育应运而生。STEM教育，指整合科学、技术、工程、数学等学科的课程学习，用以应对学科割裂所造成的无法创造性解决真实、复杂的科学技术问题，在新硬件时代难以设计出高品质产品的现状，培养学习者设计未来的能力，提升国家经济保持繁荣与竞争力的技术和能力。

在全球范围内引发广泛关注的STEM教育起源于美国，是美国为了应对未来社会挑战而提出的国家发展战略。早在1986年，美国国家科学研究委员会发表的《本科的科学、数学和工程教育》报告中，就提出

了“科学、数学、工程和技术教育集成”的建议，这一建议通常被视为 STEM 教育的开端。自此，美国陆续出台了发展 STEM 教育的政策法令。如《总统 2012 预算要求和中小学教育改革蓝图法案》，决定斥资 2.06 亿美元来推进 STEM 有效教学，计划在未来两年内招聘 1 万名 STEM 教师，并在未来 10 年内培养 10 万名 STEM 教师。2015 年美国又颁布了《2015 年 STEM 教育法案》，重申了 STEM 教育的定义，明确将计算机科学纳入 STEM 教育的范畴，同时也强调了非正式的 STEM 教育。这期间还出台了多个相关的推进计划和方案等，促进了美国 STEM 教育迅速、高效地发展。

STEM 教育在发展过程中逐渐融入了 A(art)元素，并拓展为艺术、人文、社会等学科，转向了 STEAM 教育^①。研究表明，STEAM 教育能够有效培育学生创造和参与的素养、科技与人文的贯通，更有力地促进了学生创新能力的提升。

近年来，我国为培养创新人才也引入了 STEAM 教育并渐成风尚。然而，在这一运动背后却涌现了诸多问题，如对 STEAM 教育在国家发展中的战略地位认识不足，因此在实践推进中仅局限在少量的创客教育、非正式教育中，即便走进中小学校园，也未能进入常态的课程与教学；对 STEAM 概念的理解不清、理论研究极度欠缺，导致实践中出现盲目照搬套用现象，缺乏科学的课程开发模式和有效的教学策略，教师及学习空间和资源严重短缺等问题。

① 尽管至今人们抛出 STEM、STEAM、STREAM 等多个词语，但 STEAM 是最符合该类教育的创造性本质的用语，因此，本书倾向于将它们统一用 STEAM 表述，但在 STEAM 教育发展历史、相关法案、文献中原本使用 STEM 教育的地方，本书将尊重原文献的用语。

为此，北京师范大学组成课题组，在全国教育科学规划领导小组办公室的指导下，在调研我国 STEAM 教育引进和开展状况的基础上，结合我国课程改革的研究与实践，对 STEAM 教育的政策、理论及实践进行深入分析与研究，为构建具有中国特色、解决中国问题的 STEAM 教育献计献策，努力培养我国面向未来科技发展所需的创新应用型人才。

课题组的一项重要工作就是提供“中国 STEAM 教育发展报告”，我们将首期发展报告——《中国 STEAM 教育发展报告》定位为“起点篇”。本书将全面阐释 STEAM 教育产生的背景和发展历程，介绍当前国内外研究与实践的现状，分享我国目前 STEAM 教育较为成熟的案例，并在此基础上进行问题分析与理论探究。

本书在关注 STEAM 教育面临的挑战的同时，关注现实问题，并对如何更有效地推进 STEAM 教育，提出发展的建议和路径的选择，从而有效指导我国 STEAM 教育健康、卓越地成长。

郑 葳

2017年8月

前言

第一章 概述：挑战与机遇	001
第一节 “奇点”临近：呼唤新世纪的创造者	001
一、新世界	003
二、新素养	012
三、新教育	017
第二节 现实审视	018
一、人口负荷	018
二、经济转型	019
三、教育乏力	021
第三节 开拓创新	022
一、强国之梦	022
二、深化改革	024
第二章 国际 STEAM 教育发展流脉	025
第一节 STEAM 教育发展背景	025
一、时代呼唤	026
二、技术奠基	026
三、教育回应	028
第二节 STEAM 教育发展历程	029

一、STEAM 教育的发端	029
二、STEM 教育的发展	031
三、STEAM 教育的全球化	034
第三节 STEAM 教育研究现状	037
一、理论探索	038
二、师资培养	042
三、课程开发与实施	048
四、实施评价	055
五、效果研究	057
第三章 中国 STEAM 教育发展现状及分析	059
第一节 我国 STEAM 教育研究现状	061
一、热情引介：STEAM 教育走进中国	061
二、本土探索：先行者的创新尝试	066
第二节 我国 STEAM 教育实践样态	073
一、制度与环境	074
二、课程与教学	079
三、实施保障	083
第四章 中国 STEAM 课堂教学案例分析	086
第一节 STEAM 课堂教学模式	087
一、国外 STEAM 课堂教学模式简介	088
二、我国 STEAM 课堂教学研究进展	097
三、STEAM 课堂教学模式的共同要素	099
第二节 STEAM 课堂教学案例分析	101
一、STEAM 课例分析框架	102
二、STEAM 课例分析结果	102
第五章 中国 STEAM 教育的未来展望	114
第一节 STEAM 身份认同危机与思考	115
一、身份认同危机	115

二、探索性的理解	116
第二节 STEAM 课程开发的问题与应对	120
一、STEAM 课程开发的主要问题	121
二、科学的课程开发模式的构建	123
第三节 STEAM 教师发展的问题与应对	133
一、专业的 STEAM 教师严重缺乏	133
二、STEAM 教师专业发展对策建议	134
第四节 STEAM 学习空间与资源的问题与应对	136
一、STEAM 学习空间与资源问题	136
二、STEAM 学习空间与资源建设	137
参考文献	141
附录	148
附录 1 我国 STEAM 教育现状调查访谈提纲	148
附录 2 我国学校 STEAM 教育现状调查访谈提纲	150
附录 3 我国学校 STEAM 教育教师调查问卷	152
致谢	155

第一章 概述：挑战与机遇

世界发展的不确定性，对人类的生存与发展提出了巨大的挑战，对走向未来的每一个人的能力素养提出了新的要求。来自我国教育的应答是，为培养具有中国学生发展核心素养的创新应用型人才而努力。其中，借鉴国际经验、解决本土问题的 STEAM 教育，成为当前教育热点和亟待研究的领域。

本章将聚焦未来，立足中国，全面分析 STEAM 教育蕴生之必然。

第一节

“奇点”临近：呼唤新世纪的创造者

随着现代科技的迅猛发展，人类生存的世界相较此前发生了翻天覆地的变化。有“硅谷精神教父”之称的凯文·凯利（Kevin Kelly）认为，第一次工业革命时期，机械化的创造物侵入了人们的农田和住所。现如今，我们则看到信息技术的

造物无处不在，它们侵入的是人类的住处、学校和公司等场所。人们现在不用出门就能购买心仪的商品，不用见面就能与朋友畅聊，不用去学校就能随时随地学习。计算机开始诊断疾病、创作高水平的诗歌，机器人帮助你导购和清扫，无人驾驶的汽车畅行无阻……

人类已经跨入了第二次机器革命时代，信息爆炸、大裂变式的脑力增长正以全新的、强有力且令人惊诧的方式挑战和重塑着我们的社会根基，甚至重组了我们的大脑，改变着我们的生活、工作和学习方式。早在 20 世纪 50 年代，著名的数学家、20 世纪最伟大的科学全才之一、被后人称为“计算机之父”和“博弈论之父”的冯·诺依曼（John von Neumann）就曾指出，“技术正以前所未有的速度增长……我们将朝着某种类似奇点的方向发展，一旦超越了这个奇点，我们现在所熟知的人类社会将会变得大不相同”（Kurzweil, 2011）。

奇点（singularity），本是天体物理学术语，是指“时空中的一个普通物理规则不适用的点”。在美国未来学家雷·库兹韦尔（Ray Kurzweil）的理论中，“奇点”是指人类与其他物种（物体）的相互融合。确切来说，是指电脑智能与人脑智能兼容的那个神秘时刻。当那个时刻来临（他预测为 2045 年）时，人工智能将完全超越人类智能。奇点之后，如果人的智能能够完全转移到计算机上，甚至死亡都将变得毫无意义。很多人可能不以为然，但库兹韦尔认为大多数人对于未来技术的预测，都低估了未来发展的力量，因为这种预测主要基于“直觉线性增长”观而非“历史指数增长”观。世界变化太快了，“奇点”正在逼近。

当唯一的不变即为变时，人类的未来将呈现出怎样的面貌呢？与科技前所未有的迅猛发展相伴而来的是，我们也将面临前所未有的危机——人口激增、环境污染、信息爆炸等，各种不安定因素充斥在我们周围。然而，祸福相依。正如伯尼·特里林和查尔斯·菲德尔（Bernie Trilling and Charles Fadel, 2009）所说，尽管生活在这样的时代，与危机和绝望相伴的却是变革的机遇和新兴的希望。因此，如何在未来的新世界更好地生存？教育又该怎样应对那些未知、那些变化所带来

的巨大挑战？只有正视这些问题，站在国家和民族发展振兴的战略高度上积极思考和应对，才能未雨绸缪，在国际竞争中为未来学习者的学习、生活和工作，做好万全准备。

一、新世界

众所周知，“工业革命”极大地改变了人类历史的发展曲线，为人类文明进程的推进提供了动力与手段，我们的社会发展进程开始了由技术创新驱动的历程。自18世纪后半叶以来，人类社会已经历了三次工业革命，走过了蒸汽化时代、电气化时代和信息化时代。每一次工业革命的到来，都为我们打开了一扇通往新世界的大门，人类文明达到了空前的高度。

然而，前几次的工业革命带来的不只是繁荣与发展，也造成了巨大的能源、资源消耗，生态环境的破坏惨重，急剧地扩大了人与自然之间的矛盾。进入21世纪，人类更是面临着严重的全球能源与资源危机、全球生态与环境危机、全球气候变化危机等多重挑战。人类的生存状况岌岌可危。

2013年，德国政府推出工业4.0战略，启动了人类“第四次工业革命”的旅程。2015年，日本率先响应，1月23日推出《机器人新战略》。我国也在2015年出台《中国制造2025》十年战略规划，这是中国政府实施制造强国战略的第一个十年行动纲领。世界经济论坛创始人克劳斯·施瓦布（Klaus Schwab）在谈到第四次工业革命时指出，物理、数字、生物和化学几大领域的互动，是此次工业革命与前几次革命的本质区别。除了智能互联的机器和整个社会体系的高速发展外，从基因测序到纳米技术，从可再生能源到量子计算，各领域的技术突破风起云涌，新技术不断地催生更新、更强大的技术的产生与发展。科技与人类之间的共生关系得到了前所未有的体现，人类寿命得以延长，癌症治愈成为现实，人与环境之间的矛盾逐渐缓和，一切都预示着“奇点”的来临。可以说，第四次工业革命的到来，不仅会带来人类生活的巨变，更会引发人类生存方式和社会行业结构的转变，从而使未来人才素养的需求也随之发生改变。

（一）人类生存方式的变革

1. 从网络化走向智能化

随着互联网技术和智能通信技术日益成熟，大量的信息技术产业异军突起。例如，以电商为核心的阿里巴巴集团在 18 年间已成长为一个集电商、物流、金融、文化、教育、云计算、大数据、社交、旅游、硬件等于一体的商业巨头，渗透到人们生活的方方面面。然而，纵观当前已涵盖了硬件、工具、社交和商务等的移动互联网市场，你会发现，整个移动互联网产业链已经相当成熟，寻求突破和创新的机会大大减少，更多的是对已有服务的更新与完善，或者是用户需求驱动领域交叉创新。例如，现在推出了各种互联网产品，很少出现能让人耳目一新的功能，各种移动设备的硬件与 APP 功能大多是大同小异，没有什么突破性进展。移动互联网用户也已经达到一定规模，增速明显放缓（图 1-1）。

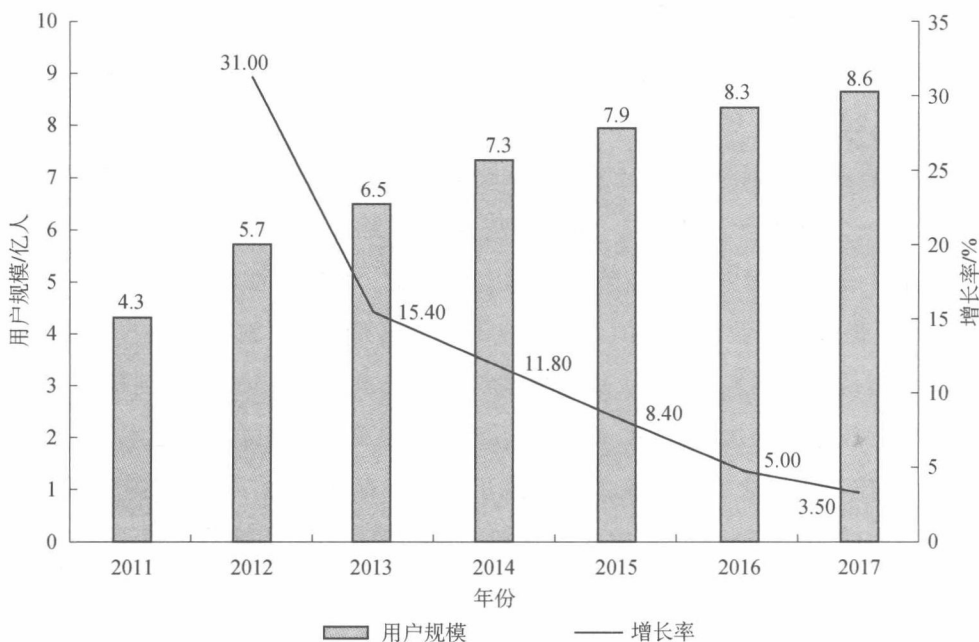


图 1-1 2011~2017 年中国移动互联网用户规模预测

与此同时，人工智能技术得到了迅速发展。我们看到，1997年计算机“深蓝”仅仅凭借体现人类数学能力的大规模计算功能，就战胜了国际象棋世界冠军加里·卡斯帕罗夫（Garry Kasparov）。而在谷歌的围棋人工智能“阿尔法围棋”（AlphaGo）继2016年以4：1的大比分战胜韩国职业棋手李世石九段后，最近又打败了三星杯世界围棋大赛冠军、世界排名第一的中国棋手柯洁。

另外，著名的机器人“沃森”也向人工智能极限发起挑战，在赢得《危险边缘》电视游戏节目的相关比赛之后，2012年开始帮助医生提升临床诊断能力，并协助他们准确诊断患者病情。可以想见，如果未来某一天，“沃森”医生成为全世界最出色的诊断医生，也未尝不是一件不可能的事情（布莱恩约弗森和麦卡菲，2014）。

而人们在科幻片中看到的无人驾驶汽车，也仅仅用六七年的时间就出现在真实的道路上。我们看到谷歌无人驾驶汽车在美国加利福尼亚、内华达等州已成功获批使用，用于接送公司员工上下班。在我国，红旗HQ3于2011年就完成了长沙至武汉286千米的高速全程无人驾驶实验。近日，百度的无人驾驶汽车已行驶在北京五环……

面对这一现实，许多移动互联巨头开始吹响人工智能优先的号角。2016年，谷歌在秋季发布会提出了从移动互联网优先发展转向人工智能优先发展的战略。苹果、华为、三星等大公司，更是纷纷开始推出智能家居、家庭机器人、智能背包、语音识别等各种软硬件的人工智能产品。与此同时，伴随着游戏行业的巨大商机，虚拟现实也逐渐成为互联网巨头公司开拓市场的最新宠儿。2014年，美国社交网站Facebook创始人马克·艾略特·扎克伯格（Mark Elliot Zuckerberg）收购了Oculus这家虚拟现实设备制造公司，并坚信虚拟现实是下一代计算平台。华为公司则在2016年12月29日证实已邀请Oculus前主任研究员史蒂夫·拉瓦（Steve Lavallo）加盟，希望成为VR/AR领域的优秀领军企业之一。

2. 从独立工作转向机器协同

近几年，人工智能的发展已经逐渐由单纯的计算机器，成长为能够自动感

知、判断、应答的智慧体。科学家预言，智能机器人脱胎于人类，经过重新设计后，将远远超过人类所拥有的能力（Kurzweil，2011）。这些智能机器将逐渐进入人类的工作领域，接替过去那些需人力承担的大量繁重和机械重复性的体力劳动，以及协助脑力工作者从事一些大规模计算和简单的模式识别之类的工作。

当然，很多人也非常担心，人工智能的发展将会导致大量岗位上的人员失业。但是，“就像满屋的猴子噼噼啪啪地敲击打字机，即使过去一万年，也写不出一幕莎士比亚戏剧”（布莱恩约弗森和麦卡菲，2014）一样，人类相较于计算机，有着无可替代的优势，那就是思维能力和创造力。科学家提出新的假设，诗人创作出优美的诗歌，厨师研发出新式的菜肴，这些都是计算机所不能及的。也就是说，计算机和机器人离开了程序几乎无法做任何事，它们在其设计框架之内擅长于模式识别，但在框架之外则表现拙劣。也就是说，在面对机器的挑战时，人类并非束手无策。在思维能力、大框架模式识别能力和复杂沟通能力等认知领域，人类仍占有优势。因此，面向未来，人类和机器如何能各自发挥自身优势、一起工作、协同创造，才是破解人类生存危机应该考虑的问题。正如凯文·凯利所说，“你未来的收益水平取决于你在多大程度上能与机器完美地配合工作”（布莱恩约弗森和麦卡菲，2014）。

（二）社会行业结构的转变

当谈及已拉开序幕的第四次工业革命时，我们首先关注的是其与第三次工业革命的不同之处，如世界经济论坛主席克劳斯·施瓦布在《第四次工业革命：转型的力量》中所提及的，“第四次工业革命中数字技术正变得更为精深，一体化程度更高，由此正在引起各国社会和全球经济发生变革”（施瓦布，2016），社会行业结构也随之发生了转变。

第四次工业革命通过推动“智能工厂”的发展，在全球范围内实现虚拟和实体生产体系的灵活协作。在世界经济论坛2016年“未来工作”研究项目中，克劳斯·施瓦布的研究团队针对从现在起到2020年科技对就业、工作和技能的影响，

对一些大企业的首席人力资源官进行了访谈。受访者认为，到 2020 年，就业市场对复杂问题解决能力和社交技能及系统性技能的需求，会远超过对体力和专业技能的需求（图 1-2）。

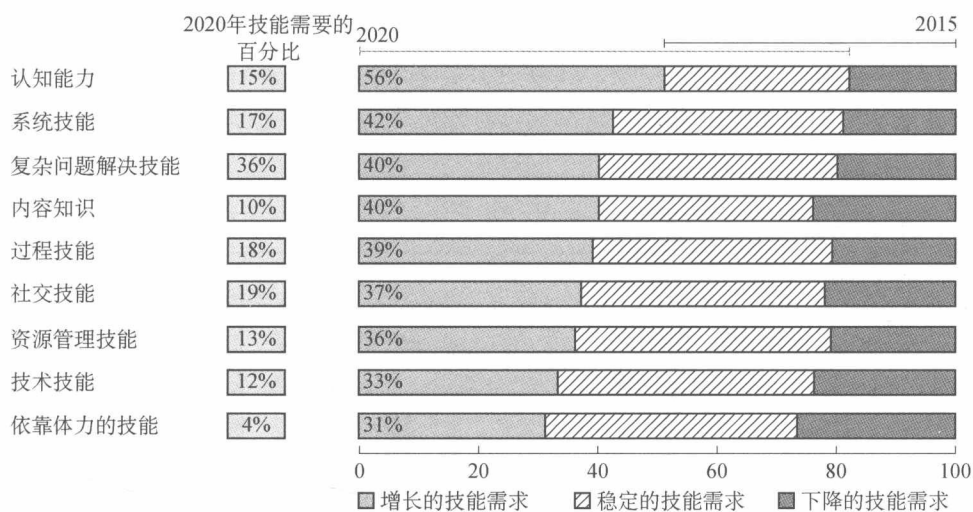


图 1-2 2020 年的技能需求

资料来源：The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. 2016. World Economic Forum, (1) .

1. 美国 STEM 劳动力需求状况

STEM 工作者通过产生新创意、新产品和新公司来驱动美国的创新和竞争力 (David et al., 2011)。然而，相关数据显示 STEM 工人的数量短缺。

2000~2010 年，全美 STEM 工作的增长率是非 STEM 工作增长率的 3 倍，其在经济中所占的份额越来越大。2011 年，美国商务部经济学与统计管理局首席经济学家办公室的戴维·朗顿 (David Langdon) 等预测，2008~2018 年，STEM 职业的增长率将会达到 17%，而非 STEM 职业的增长率则为 9.8% (David et al., 2011)。

美国乔治敦大学教育和劳动力中心的安东尼·P. 卡耐瓦莱 (Anthony P. Carnevale)、妮可·史密斯 (Nicole Smith) 和米歇尔·梅尔顿 (Michelle Melton) 于 2011 年发布的 STEM 报告指出，美国经济领域的 STEM 劳动岗位逐渐攀升，增长率亦是如此 (图 1-3)。但是，美国教育培养出来的 STEM 劳动力并不能满足

STEM 岗位的需要，原因在于学生或劳动者经常会离开 STEM 岗位，在每 100 个拥有学士学位的学生中，19 个拥有 STEM 学位，其中有 10 个会从事 STEM 行业，10 年后只有 8 个仍在岗。实际上，STEM 工作岗位所挣的工资远高于非 STEM 工作岗位，调查显示，拥有大专文凭的 STEM 劳动者中，有 63% 的人比拥有学士学位的非 STEM 劳动者赚得更多；拥有学士学位的 STEM 劳动者中，65% 的人比拥有硕士学位的非 STEM 劳动者赚得多，47% 的人比拥有博士学位的非 STEM 劳动者薪资水平更高。（Anthony et al., 2011）

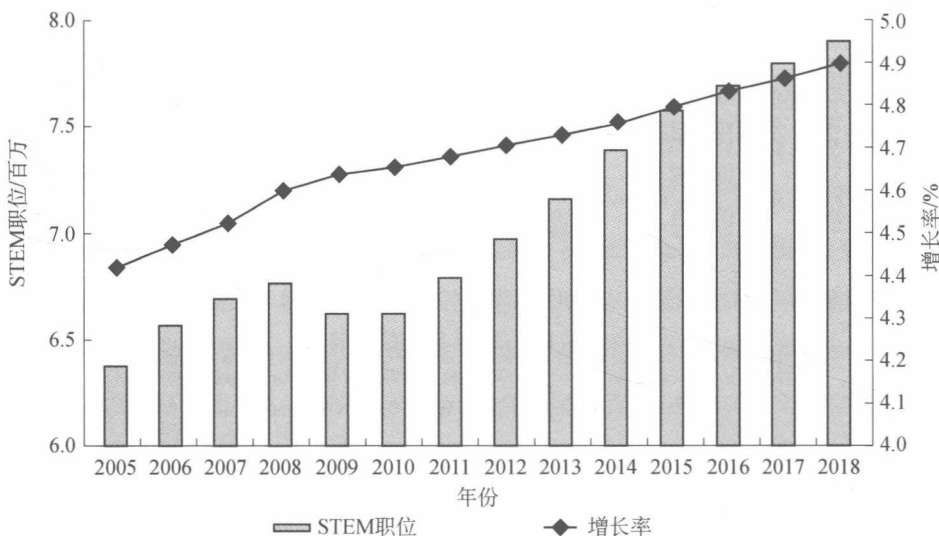


图 1-3 美国经济领域 STEM 职业在所有职业中的增长率

2. 我国 STEM 劳动力需求状况

2015 年，我国颁布了最新的《中华人民共和国职业分类大典》（以下简称《大典》），共将职业分为 8 个大类（表 1-1），75 个种类，共列出了 1481 个职业。与 1999 年版大典的 2028 个职业相比，减少了 547 个职业，具体各个类别的职业变化如图 1-4 所示。根据图 1-4 所示，除了第七大类和第八大类维持不变外，第一大类、第三大类、第五大类和第六大类的职业均有所减少，第二大类的专业技术和第四大类的商业、服务业人员却有所增加。第四大类职业的增加乃是我国经济发展的必然结果，原因在于“十二五”规划期间，我国已经实现了以由工业主导的产业