

## 美国“科学、技术、工程和数学”(STEM)高中述评

# A Review of the High Schools of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in USA

卢春<sup>1</sup>, 袁桂林<sup>2</sup>

南昌师范高等专科学校 自然科学系

北京师范大学 教育学部

billyemily@163.com

**[摘要]** 美国“科学、技术、工程和数学”(STEM)高中形成于20世纪初,它的兴起缘于工业社会对有技能劳动力的巨大需求和二战后美国教育的新构想,它的发展响应了20世纪后期美国教育的改革、强化了美国科技创新人才培养战略。STEM高中在学校招生、课程设置、学生社团活动等方面具有突出的特点,对我国拔尖创新型人才的培养以及高中阶段教育多样化发展有一定的启示。

**[关键词]** 美国; STEM高中; 多样化发展

**Abstract:** *The United States' "Science, Technology, Engineering and Mathematics" (STEM) high school formed in early 20th century, it rised from industrial society to have the huge demand for skilled labours and American new idea of education after World War Two, the development of it responded the American reform of education in the late 20th century. Strengthened the American scientific and technological innovation strategy of personnel training.STEM high school has outstanding characteristic in the school recruit students, curriculum setting, student organizations and so on..Its experience is very useful for us in training of China's top innovative talents and diversity development of education in high schools.*

**Keywords:** America, STEM High School, diversity development

## 前言

美国“科学、技术、工程和数学”(Science, Technology, Engineering and Mathematics, 简称 STEM)高中是一类面向有天赋、有才能以及对 STEM 领域有浓厚兴趣和专长的学生提供精英教育的学校。它致力于发展学生科学、技术、工程和数学等方面的学习兴趣,为他们将来成为 STEM 领域的领军人才而提供学术准备。2008年12月,《美国新闻和世界报道》(USN)公布了美国100所顶尖高中(100 top high schools)学校的排名,其中有13所是 STEM 高中。<sup>[1]</sup>有人评价说,美国 STEM 高中历经一百多年,已经发展成为各州和各学区“皇冠上的宝石”,可见这类高中在美国的地位。

## 1. 美国 STEM 高中的产生和发展

从美国教育发展历史来看,对 STEM 高中的需求和创建折射出美国政治、经济和教育的发展趋势。

### 1.1. 工业社会对有技能劳动力的巨大需求

19 世纪末 20 世纪初,在美国工业革命进程中,进步主义教育应运而生,进步教育反对当时沿袭欧洲的形式主义课程传统,反对教育与生产生活严重脱节的倾向,强调教育要与社会有机地联系在一起。1896 年,杜威开办的芝加哥大学实验学校把当时的手工训练、新教学方法,以及学校与社会的联系等因素融于一体。也就在这一时期,1904 年,纽约史蒂文森高中(Stuyvesant High School)建立了。该校是一所将手工技术引进学校教育、面向男生进行手工训练的学校。它的建立标志着美国 STEM 高中的诞生。<sup>[2]</sup>

第一次世界大战的爆发后,美国社会对有技能的劳动力需求日益加剧,培养懂技术,有专长的实用型人才更加受欢迎。1918 年 10 月,时任纽约市手工艺训练高中(Manual Training High School)数学组负责人考斯通(Dr. Albert L. Colston)博士,预测到战后美国社会对中级实用人才的需求,向教育当局写报告,建议成立一所为布鲁克林高中的男生特别开设科学技术类课程的学校。1922 年,他的建议得到了认可,布鲁克林技术高中(Brooklyn Technical High School)在纽约马哈顿大桥旁边正式成立了。<sup>[3]</sup>该校的公章上面的大桥图案就是由此而来的。据纽约市统计,该校 2006—2007 年度已经成为 STEM 联合体学校中规模最大的一所学校。

在那个时期,美国其他一些高中手工训练高中也开始转向,强化了技术、科学和贸易等课程,即培养有技术的工人也为大学培养合格的生源。事实上,当时纽约市的史蒂文森和布鲁克林技术高中等 STEM 高中主要是为了满足学生成为有技能的劳动力而提供技能训练,体现出以杜威为代表的进步主义运动过分强调“以儿童为中心,”否定了教科书和教师的重要作用。

1938 年,在要素主义、永恒主义等传统派教育思潮的冲击下。巴格莱(William C. Bagley, 1874—1946)极力反对进步主义、实用主义教育的理论观点,说他们的观点使人“疑惑不解”,<sup>[4]</sup>构成了美国“学校标准松弛的理论源泉。它造成的结果已经削弱了美国教育结构”。<sup>[5]</sup>按照进步主义、实用主义教育思想办教育“既没有对聪明的学生提供适宜的刺激,也没有以对一般的学生提供适宜的刺激”。<sup>[6]</sup>巴格莱甚至把进步主义、实用主义教育主张比喻为“落入油膏中的讨厌的苍蝇”。<sup>[7]</sup>另一位要素主义教育家贝斯特(Arthur Bestor)认为“经过训练的智慧乃是力量的源泉。……一个民主的国家应该使智力的训练普及于每一个公民,不管他是贫穷还是富裕。”<sup>[8]</sup>正是在这样的背景下,一所强调“以学科为中心”并注重学生社团发挥学习功能的 STEM 学校——布朗斯科学高中(Bronx High School of Science)成立了。该校强调科学和数学的同时,对人文学科也不放松。迄今为止,该校的毕业生已经有 7 名物理学诺贝尔奖获得者,有 6 人获得了美国新闻界最高大奖普利策奖。布朗斯科学高中成了 STEM 高中联合体中出类拔萃的一所。

### 1.2. 二战后美国教育的新构想

20 世纪 50 年代后期,苏联人造卫星的发射成功,以及战后两个超级大国之间的冷战,导致美国开始担忧其世界地位并开始反思学校教育,认为落后于苏联的根本原因是科学和技术教育的落后,国民对教育的批评和要求加强教育的呼声日益高涨。

以科南特(James Bryant Conant, 1893—1978)领衔的实地调查报告影响很大。他以科学家和外交家的阅历,敏锐地看到第二次世界大战后国际政治和科技发展的新形势和新要求,尤其是注意到美国教育落后于苏联,进而推动了美国的教育改革。1957 年他对美国的 26 个州、103 所中学进行实地考察。经过研究、整理,先后写出了调查报告,并于 1959 年出版了《今日美国中学》一书。他建议,美国应该实施天才教育,应该重视教育质量,强化数学、科学和外国语的基础学科的教学。他的建议影响了美国 1958 年通过的《国防教育法》,也对 STEM 高中给予了肯定,加强自然科学、数学、技术的教学得到了财政援助。60 年代出现的教育改革趋势导致公众和政府更加关注,支持并加强科学、技术、数学和工程的教育,也促使 STEM 高中联合体的诞生。<sup>[9]</sup>此后,许多州立法机构和教育委员会就开始建立强调“科学、技术、工程和数学”新型公立高中,如弗吉尼亚州的托马斯杰·弗逊科学和数学高中,马里兰

州的布莱尔科学、数学和计算机磁石高中，北卡罗莱纳科学数学学校，伊利诺伊数学和科学学院，罗斯福高中等陆续成立。<sup>[10]</sup>至 1988 年止，全美累计共 15 所 STEM 高中。<sup>[11]</sup>

为了更好地促进美国高中的科学、技术、工程、数学教育，发展 STEM 高中间的常规化交流，1988 年，北卡罗来纳科学和数学学校、托马斯·杰佛逊科学和技术高中、路易斯安那数学科学和艺术学校、伊利诺斯数学和科学学院共四所 STEM 高中牵头，邀请了 11 所与它们有相似发展理念的 STEM 高中代表，还邀请了有关基金会、公司、大学等机构代表，聚集在托马斯·杰佛逊科学和技术高中召开了一个结盟会议，正式成立了“国家数学、科学和技术特色中学联合体”（National Consortium for Specialized Secondary Schools of Mathematics, Science and Technology, NCSSTMST）。到 2010 年 6 月，NCSSTMST 有 100 多所 STEM 高中学校成员，以及 100 多个由大学、学院、暑期项目组、基金会和公司等组成的隶属成员。<sup>[12]</sup>“国家数学、科学和技术特色中学联合体”是一个非盈利性的非政府组织，致力于培养、支持、促进专业 STEM 高中进一步努力吸引、帮助学生将来成为 STEM 领袖而提供学术准备、为 STEM 高中在科学、技术、工程和数学教育方面的信息交流和成功项目经验分享搭建平台、也为成员学校和隶属成员间的广泛合作、交流铺设桥梁。通过 NCSSTMST 这个平台，很多大学、公司和校友组织等都和 STEM 高中建立了重要的伙伴关系，共同支持 STEM 高中学生和教师的研究和创新以及学校建设等，另外一些大学往往为 STEM 高中提供教室、住宿、研究和财力支持。

## 2. STEM 对美国教育改革的呼应与强化

### 2.1. 呼应了上世纪最后 20 年美国的教育改革

1981 年 8 月，美国教育部长受里根总统委托，成立了由 18 位专家和教师组成的“国家教育优异委员会”负责调查美国中小学的教育质量。调查结果于 1983 年 4 月发表，题为《国家在危急中，教育改革势在必行》。根据这个报告，美国促进科学协会 (AAAS) 联合美国科学院等 12 个机构开展了对美国战后科学、技术领域的变化和发展趋势研究，并于 1985 年提出了《普及科学—美国 2061 计划》。该计划提出了美国 1985 年至 2061 年基础教育中科学、技术和数学教育的基本目标。要实现这些基本目标，其中关键性的一个因素就是建立强调科学、技术和数学教育的特殊学校。

1991 年 4 月 18 日，布什总统签发了《美国 2000 年教育战略》教育改革文件。改革的就是要实现美国教育优异的目标，强调从根本上改进美国现有的学校——把它们办得更好、更负责任。鼓励创建满足新世纪需要的新一代美国学校。还提出了中学毕业率至少提高到 90%，使美国学生在自然科学和数学方面的成绩居世界领先地位等。1997 年，美国教育部又开展了一次调查研究，证实了自 1984 年以来的教育改革收效甚微，并且发表了《国家仍处在危急中，教育改革势在必行》报告，呼吁教育改革深入下去，对强化科学、技术、工程和数学的 STEM 高中却没有异议。

### 2.2. 强化了美国科技创新人才培养战略

21 世纪，全球进入了以创新力为基础的经济竞争时期，全球创新型经济的竞争归根结底是科技人才的竞争，美国要想在创新力为基础的全球经济中取得成功，加强有科学、技术、工程和数学技能的人才显得至关重要。

2001 年，美国国家科学基金会教育和人力资源部门前任主任拉麦雷 (Judith A. Ramaley) 提出了 STEM 教育，方法就是改变以往的常规课程，将科学、技术、工程和数学学科内容经过整合进入到教学领域中去。<sup>[13]</sup>然而，一项名为“1985-2002 年间美国取得大学科学和工程毕业学位的百分比变化”的调查显示：17 年来，授予身为美国公民或取得长久定居权的大学生的科学或工程学位只增加到 14%，而非科学和工程学位的比例增加到 64%，授予在美国的外国大学生科学或工程学位增加到 115% (见图 1)。<sup>[14]</sup>由此可见，美国本土大学生选修 STEM 领域中科学或工程专业的比例远低于在美留学生的比例。还有一项“1996-2005 年间，美国公民获得非生物科学、科学和工程博士学位”调查显示，1997 年达到最高点，10 年间总体呈下降

趋势。<sup>[15]</sup>这种现象将直接导致美国本土 STEM 领域人才的短缺，间接将影响美国的经济地位。

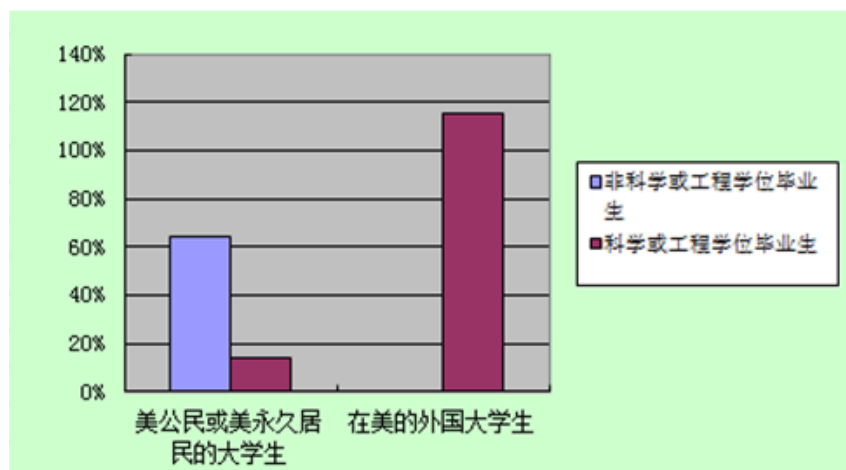


图 1 自 1985 至 2002 年间,身为美国公民或拥有长期居住权的大学生和在美的外国大学生取得科学或工程学位比较

资料来源: National Science Foundation Statistics, “Chapter 2: Higher Education in Science and Engineering.” (National Science Foundation, 2006): [www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf\\_v2.htm](http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf_v2.htm).

2006 年 1 月, 时任美国总统的小布什在发布了“美国竞争力计划 (American Competitiveness Initiative, ACI)”。计划中提出加强学校的科学、技术和数学教育, 鼓励学生主修科学、技术、工程和数学, 并不断加大科学、技术、工程和数学教育的投入, 从而培养学生的科技理工素养 (STEM literacy)。同年 6 月, 美国信息技术和创新基金主席阿蒂金森 (Dr. Rob Atkinson) 和 NCSSMST 部分执行委员会成员共同起草了一份关于“特色 STEM 高中需求”的报告, 于 2007 年 5 月呈交给了美国国会并获得了国会批准。8 月, 小布什结合报告内容签署了“创造机会: 发挥技术、教育和科学优势”法案 (COMPETES Act)。<sup>[16]</sup> 法案提出在未来三年增加联邦资金用于教育、研究和发展 STEM 教育, 包括增加特色 STEM 高中的建设。同年, 美国州长协会 (National Governors Association, NGA) 拟定了一项题为“创新美国: 增进科学、技术、工程与数学议程 (Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda)”。在议程中明确提出“建立或扩大 STEM 教育的典范高中, 包括大学预科学校、STEM 学校、学区特许学校等多种 K-12 学校”。这一系列政策报告形成了美国 STEM 教育战略, 也促使了联邦、各州和学区都增大财政支助用于扩建或新建一些 STEM 高中以满足有天赋和在 STEM 领域更多追求卓越的学生需要。在 2005-2006 年间, 美国新建 20 所 STEM 高中, 2007-2008 年间新建 12 所。<sup>[17]</sup> 到 2010 年为止, 全美 50 个州中的 28 个州建立了 STEM 高中, 有 40000 多名高中生和 1600 多名教师, 它们中的一部分是附属在大学校园内, 并提供大学课程学分, 如密苏里科学、数学和计算机学院; 另一些有独立的寄宿校园, 提供加速或丰富的 STEM 课程。<sup>[18]</sup>

2010 年 9 月 27 日, 美国现任总统奥巴马对总统科技顾问委员会 (PCAST) 9 月 16 日提交的“为了美国的未来, 做好学前到 12 年级科学、技术、工程和数学教育的准备和激励工作 (STEM)”报告做出反馈, 宣布未来两年招聘 10000 名 Stem 教师, 以强化美国科学技术类人才的培养。<sup>[19]</sup>

### 3. STEM 高中的特点

美国 STEM 高中在不断得到各级政府的财政支持后, 数量不断增多, 分布范围不断扩大, 并有着自身的发展特点:

#### 3.1. 严格多样的招生制度

美国高中教育早在 20 世纪 60 年代就进入了义务教育的行列, 初中毕业生往往通过申请即

可进入学区内的高中进行学习。而 STEM 高中因为卓越的品质和鲜明的教学理念吸引着不同地区、不同种族对 STEM 领域有兴趣和能力的学生前来就读,生源之间的竞争性较强。因此,也决定了这类高中的招生有着自身的特点,主要表现在:第一、招生方法、程序灵活多样。除了填写申请表外,一部分还要附加竞争性程序,这个程序包括兴趣、才艺展示、能力、诚信、不同形式的考试以及来自老师或辅导员的测评等。第二、打破学区和种族招生限制。多数 STEM 高中打破学区招生限制,面向州范围内所有居民开放,确保最大限度地招收优质生源,同时为更大范围内的天才学生提供顶尖的教育机会。第三、在侧重多样性的同时,也在寻求统一的考试选拔机制。以纽约州的纽约市为例,纽约市 5 个区拥有以史岱文森高中为首的 7 所著名 STEM 高中,它们都在纽约州教育法 (New York State Education Law) 第 2590 号规范下运作。纽约市的初中生除了需要正常申请外,还必须参加纽约市的特殊高中联考 (Specialized High Schools Admissions Test, 简称 SHSAT)<sup>[20]</sup>, 考试内容为英文和数学两个部分,成绩优秀者才能进入 STEM 高中进行学习。这些学校每年都有数以万计的学生申请,而最终往往不足 10% 的学生能够获得学习机会,如 2010 年其中四所 STEM 高中录取比例不到 8% (见表 1 所示)。

表 1 2010 年纽约市四所 STEM 高中的招生情况

	布朗斯 科学高中	布鲁克林 技术高中	史岱文 森高中	城市学院数学 科学技术高中
申请学生数/个	20943	23887	25527	17060
录取学生数/个	1071	1893	961	183
录取百分比/%	5.11%	7.92%	3.76%	1.07%

数据来源:

Department of Education, New York City. SPECIALIZED HIGHSCHOOLS STUDENT HANDBOOK 2010—2011 [EB/OL]. [http://schools.nyc.gov/NR/rdonlyres/1E788197-6B42-4BF1-BBA4-1A3A2686C398/0/SHSAT\\_StdntHndbk\\_Web\\_v2.pdf](http://schools.nyc.gov/NR/rdonlyres/1E788197-6B42-4BF1-BBA4-1A3A2686C398/0/SHSAT_StdntHndbk_Web_v2.pdf)

### 3.2. 课程设置多种多样

一般而言,STEM 高中的课程偏重科学、技术、工程和数学学科。课程管理主要包括必修课、选修课、大学先修课 (AP) 和科研实习课。必修课一般是为了获得高中毕业文凭而面向全校所有学生开设的课程,主要围绕数学、科学、技术主题,安排“语言学,人文科学,数学、科学、技术、工程”三组课程。但是,很多 STEM 高中也形成了各具特色的课程。

为了满足学生的广泛兴趣和个性化发展需求,很多 STEM 高中开设了大量以科学、技术、工程和数学为主的选修课。当然每所学校不尽相同,如布朗斯科学高中的选修主题主要开设生物、物理、化学、技术、人文领域的课程;布鲁克林技术高中的选修主题有建筑、工程化学、生物学、大学预科、环境科学、工业设计、数学、社会科学等;史岱文森高中的选修主题主要是数学和科学、微积分、定性分析、结构化学、天文学、技术电脑绘图、计算机科学、机器人等。

支持有能力和天赋的学生发挥潜能、追求卓越是 STEM 高中的教学理念,因此在课程设置上为学生提供了许多大学先修课程 (AP 课程),让他们在高中就接受大学水平的学习。如布朗斯科学高中的 AP 课程有:物理、化学、生物、微积分等 17 门课程。AP 课程的学分是 1 至 5 分,得分在 3 学分或 3 学分以上的学生进入大学可以免修该课程,若得了 4 分,则可以直接进入大学二年级进行学习,由此可知,美国 STEM 高中的 AP 课程为高中和大学之间的良好过渡和衔接起到了积极的作用,同时也充分挖掘了学生在某一学科领域的潜能,有利于学生

的专业化发展。

另外，对科学、技术和数学课程的学分要求也非常高，如伊利诺伊斯数学和科学学院的毕业学分至少是 17 分，而科学数学学分至少为 8 学分，其中科学至少 4 学分，数学至少 3 学分（微积分或几何学），还有 1 学分是科学或数学主题的附加学分；英语、社会科学、外语、健康课共 9 学分。<sup>[21]</sup>

STEM 高中的科研实习课程一般是放在高中三年级进行，要求学生跟从校内外的导师从事“科学-技术-数学”某一领域的相关研究，在研究过程中学会正确提出问题，运用适当的研究方法分析、解决问题，最后递交开题结题报告等。

### 3.3. 促进学生开展学术活动

在 NCSSMST 的组织下，STEM 高中每年举行两次会议，一次是全国范围内的秋季专业会议（Professional Conference），另外一次是春季学生会议（Student Conference）。这些会议有效促进了校企间、教师间、学生间以及师生间的广泛交流与合作；同时，NCSSMST 也对 STEM 高中的有关情况开展调查研究工作，并形成国家对 STEM 高中的政策，从而进一步促进 STEM 高中的扩大和发展。例如，1999-2002 年间，NCSSMST 对成员学校 STEM 高中的毕业生在以下三个方面进行了一系列跟踪研究，第一、STEM 高中经验对学生选择大学和就业方向的影响；第二、这些经验对学生的批判性思维、创造性思维、研究技能的影响程度；第三、学生对在 STEM 领域后续学习的总体满意度。其中一项对 1032 名（其中 590 名大一新生，442 名高年级学生）STEM 高中的毕业生跟踪调查结果显示：60% 的新生期望取得 STEM 领域的本科学位，55% 的高年级学生会获得 STEM 领域的学位，总体上大约有 75% 的学生打算拿 STEM 领域的学士以上学位，40% 的学生打算获得 STEM 领域的博士学位；同时有 85% 的学生认为 STEM 高中的学习经验提高了自己的批判性思维，有 76% 的学生认为他们的高中提高了自己的研究技能；另一项跟踪研究报告也发现：STEM 高中的毕业生进入大学学习 STEM 领域的专业比例高于国家平均水平，其中主修数学专业的比例分别是：10% 和 3%，主修科学专业的比例分别是：51% 和 23%（见图 2）。<sup>[22]</sup>

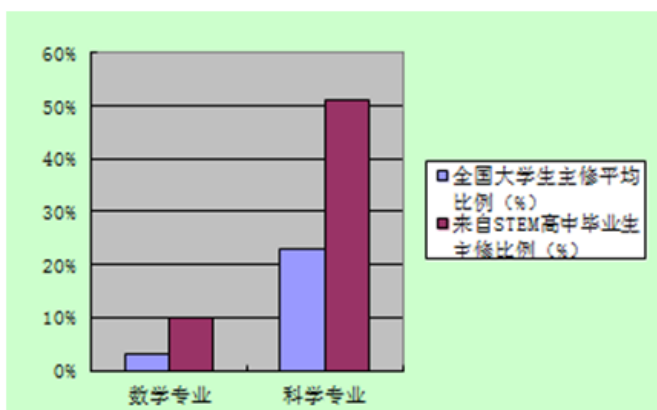


图 2 STEM 高中毕业生和全国大学生数学或科学专业的选择比较

数据来源：Jerald Thomas and Corinne Williams (2010). The History of Specialized STEM Schools and the Formation and Role of the NCSSMST. Roper Review, 32:17-24

这些研究结果充分说明 STEM 高中的学习经验对他们高中后续的专业追求和职业取向有形成性的影响，为美国 STEM 人才发展和补充产生了积极的作用，为美国各级政府加大对 STEM 高中建设的财政投入提供事实依据，从而进一步促进这类学校的建设和发展。

## 4. 几点启示

美国的 STEM 高中作为各州高中教育的典范，在高中建设、招生、联合办学、课程建设、教学要求等方面都有着我国高中教育值得学习和借鉴的地方。

第一、加快高中办学模式多样化，试点建设一批特色高中，以满足那些在某领域有天赋和兴趣的学生的学习需要。通过高中教育，充分发掘和培养他们在这些领域的特长和潜能，从而为国家培养顶尖的专业型和创新型人才奠定基础。

第二、改革高中招考制度，采用灵活多样的方式招生和考试，淡化学区限制的招生方式；在考试内容方面，除知识、能力、兴趣、特长考试内容外，还要测试学生的诚信（主要由任课老师或辅导员测评）。

第三、鼓励全国范围的特色高中形成联合体，促进校际交流和合作，优势互补，从而带动全国范围内的高中教育的发展。

第四、进一步加强高中和政府、大学等机构间的广泛协作，政府提供资金和政策保障，大学提供优质的人力资源、智力资源和理念资源，高中提供教育实践基地的协作模式，促进高中教育普及和质量的不断提高。

第五、改革高中课程设置，创造条件开设丰富多彩的选修课，尤其是对专长学生可以提供大学专业先修课程，促进学生全面而有个性和专长的发展。

第六、改革高中教学模式，积极开展研究性学习、社区服务和社会实践，并充分利用大学人力和物力资源，如可以派学生到大学实验室从事实验学习，请大学教师到高中进行教学指导，为某一领域的天才学生申请大学免修课程，选派有兴趣和能力的学生和大学教师开展合作研究等。

第七、建立健全高中教育质量监督和评估机构，尤其加强由教育行政部门、社区、大学和学生家长等组成的社会性专业督评机构的建立，以便适时对高中教育发展提供咨询、督导和评估。

## 参考文献

- [1] [2] [18] [22] Jerald Thomas and Corinne Williams. The History of Specialized STEM Schools and the Formation and Role of the NCSSMST[J]. Roper Review, 2010(32): 17-24.
- [3] Brooklyn Technical High School. The History of Brooklyn Technical High School [EB/OL].  
[http://www.bths.edu/school\\_history.jsp](http://www.bths.edu/school_history.jsp).
- [4] [5] [6] [7] [美]巴格莱著，袁桂林译. 教育与新人[M]. 北京：人民教育出版社，2007.111，135，123，89.
- [8] [美]贝斯特.教育的荒地[A].华东师范大学教育系,杭州大学教育系编译.现代西方资产阶级教育思想流派论著选[C].北京：人民教育出版社，1980.172.
- [9] Stephens, K. R. . Residential Math and Science High Schools: A Closer Look[J]. Journal of Secondary Gifted Education, 1999, 10(2): 85-92.
- [10] [14] [15] [16] Atkinson, R. D., Hugo, J., Lundgren, D., Shapiro, M. J., & Thomas, J. Addressing the STEM challenge by expanding specialty math and science high schools[J]. NCSSMST Journal, 2007, 12(2): 14-23.
- [11] National Consortium for Specialized Secondary Schools of Mathematics, Science and Technology. The History of NCSSMST[EB/OL]. <http://www.ncssmst.org/History.aspx>.
- [12] National Consortium for Specialized Secondary Schools of Mathematics, Science and Technology. The Overview of NCSSMST[EB/OL]. <http://www.ncssmst.org/overview.aspx>.
- [13] What is STEM Education?[EB/OL].  
<http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-of-stem-education/>.
- [17] Subotnik, Rena T( etc). Specialized Public High Schools of Science, Mathematics, and Technology and the STEM Pipeline: What Do We Know Now and What Will We Know in 5 Years? [J]. Roper Review ,2010,32(1): 7-16.
- [19] President Obama Announces Goal Recruiting 10000 STEM Teachers Over Next Two Years[EB/OL].  
<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2010/09/27/president-obama-announces-goal-recruiting-10000-stem-teachers-over-next-two-years>.

