

第一章 近代物理学教育与研究的发展

明末兴起的实学思潮对中国政治、经济、哲学、文学艺术、科技都产生了重要的影响。实学思想提倡批判精神、怀疑精神、经世致用和实验、实测、实证的思想。^①一些学者不事空谈，走出学斋，参加社会实践，重视实地考察和探讨自然规律。就物理学及其相关技术学科的发展来看，朱载堉、宋应星、方以智、王夫之都做出了重要的贡献。清初的实学思潮依然强劲，一部分知识分子也注意消化当时传入的“西学”，这对当时的科学技术的发展产生了重要作用。从物理学及相关技术的发展情况看，薄珏、孙云球、黄履庄、程瑶田、郑复光、邹伯奇都做出很大的成绩。

一、近代物理学的传入

中国人对西方科学的了解是从明末清初开始的。当时，西

葛荣晋主编《中日实学史研究》，北京：中国社会科学出版社，1992，第52～56页。

方传教士与中国知识分子合作翻译了一些西方的科技书籍，使中国知识分子不仅感觉新鲜，而且对改善中国传统科学技术起到了一定的作用。清中叶编纂的《四库全书》将部分译著收入其中，可以看出，官方对这种新“范式”给予了一定的认同。鸦片战争之后，人们从战败的事实中看到西方军事装备的优势，并进一步知道西方科学技术水平高于中国甚多。为此，林则徐和魏源等人提出“悉夷”、“师夷”和“制夷”的战略。这种思想对后来兴起的洋务运动影响极大。此后，中国知识分子与来华传教的外国人合作，一起介绍西学，并翻译了大量西方的科技著作。中国传统科学从此终结，近代科学逐渐在中国建立并发展起来。

1. 传教士活动与西学东渐

15 世纪末叶，欧洲殖民活动加剧，其中罗马天主教的耶稣会活动在基督教文化传播中发挥了重要作用，并且传播到中国。但是，由于中国是历史悠久和文化传统独特的国家，欧洲人在远东的传教策略和组织工作上都作了一些调整。当耶稣会教士踏上中国的土地时，他们不仅遵守中国的政令法律，尊重中国人的习俗与礼仪，学习中国的语言文字，而且还采取温和宽容的态度，利用正在发展着的西方科学技术，来吸引中国的官员和知识分子，把信仰缓慢地渗透到中国的社会，最终达到劝化中国人信教的目的。然而，由于东西方文化的差异，耶稣会士难免与中国知识分子发生学术上的争论，甚至与官府发生严重的对立，以至酿成众多的“教案”。此外，在传教士中，不同教派也在传教方式上发生了激烈的争论，最终导致外交争端，使康熙和雍正先后颁布闭关“禁教”令。传教活动的停止，使传教士在华的学术传播也暂告中断。这是西方科学向中国传播的第一个时期。

1840 年鸦片战争之后，大批新教传教士涌入中国，他们在中国创办教会组织，建教堂、医院、学校，办刊物，编译图书，办印刷厂，甚至还建立学会。同时，由于感到欧美列强“船坚炮

利”的厉害，进而看到中国与西方科学技术水平的巨大差距，一些仁人志士试图赶上国外的先进水平，达到富国强兵的目的。为此开展了自上而下的洋务运动。洋务官员主张买机器，开矿山，办工厂，建学堂，翻译西学，选送学生到国外留学，由此掀起了西学在中国传播的第二个高潮时期。

16—17 世纪，欧洲开始了科学变革的时期，波兰天文学家哥白尼（N. Copernicus, 1473—1543）吹响了科学革命的号角，伽利略（G. Galilei, 1564—1642）和开普勒（J. Kepler, 1571—1630）的天文学和物理学研究为牛顿最终完成科学革命准备了条件。然而，在晚明时期，传教士受到时代和宗教禁令的限制，他们所能向中国人介绍的知识体系主要是希腊的“四元素说”，欧几里得（Euclid，约前 330—约前 275）的数学知识，阿基米德（Archimedes，约前 287—前 212）的静力学理论，以及托勒密（C. Ptolemaeus，约 90—168）的地心体系。

在编制新历书的过程中，徐光启（1562—1633）领导包括传教士在内的科学家，也进行了大量的翻译工作。经过几年的努力，终于完成了篇幅为 137 卷、180 万字的《崇祯历书》。在新的历书中，除了希腊和罗马的天文知识之外，还引用了 16—17 世纪初的哥白尼、伽利略和开普勒的观测数据，以及丹麦天文学家第谷（Tycho Brahe, 1546—1601）的宇宙体系；此外还将西方数学、测量方法和计算工具介绍到中国。遗憾的是，新的历书未及颁行，明朝就灭亡了。清初，汤若望将《崇祯历书》改编为《西洋新法历书》（103 卷），并由清朝政府颁行。《崇祯历书》的编制标志着中国传统天文学完成最后一次重大变革，并开始逐渐向近代天文学转变。但在西方科学向中国传播的这第一个时期里，传播到中国的科学知识极为零散且有限，对于中国传统科学向近代科学转化的进程影响甚微。

2. 物理知识的译介

1582年，意大利传教士利玛窦（Matteo Ricci, 1552—1610）进入中国，从此揭开了中西文化交流的新篇章。在华期间，利玛窦结交广泛，努力学习中国语言，研究中国文献，了解中国历史和社会风俗，同时开展西学传播的工作。除了宗教书籍的译介，在科学著作的翻译上利玛窦做出了重要的贡献。在利玛窦的科学译著中，最重要的是《几何原本》，这部著作是西方近代科学思想传统的始祖，它的译介，成为中国学术界了解西方科学思维形式的“跳板”。

对于物理学知识的译介，德国传教士汤若望（J. A. Schall von Bell, 1592—1666）带来了望远镜。为了说明望远镜的原理、结构、使用方法和制作方法，他还写出了《远镜说》（1626年）一书。此后，瑞士传教士邓玉函（Tean Jerrenz, 1576—1630）与陕西学者王徵（1571—1644）合译了《远西奇器图说录最》（1627年，简称《远西奇器图说》），这是中国第一部力学专著，书中讲述了一些机械原理和相关的静力学知识。

由于清朝政府对传教士的限制，传教士主要是在钦天监做与历法相关的研究工作，以及参与编制《皇舆全览图》（1718年）的测绘工作。在测绘工作中，传教士为有关地球形状的研究提供了一些必要的材料。此外，南怀仁（Ferdinand Verbiest, 1623—1688）在《灵台仪象志》中介绍了一些新的热学、力学和材料力学方面的知识。

鸦片战争之后，中国人看到了在西方“船坚炮利”背后的发达的科学技术。就像早期的西学传播一样，西方科学知识受到了知识分子的欢迎。所不同的是，在19世纪下半叶开始的西学传播，由于洋务运动的需要，洋务派人士的支持和“学术传教”传统的影响，所选的译著首先是满足工业技术的需要，其次才是一些更为基础的理科书籍。这是一个重要的转折时期。从这个时候开始，中国传统物理学的发展基本上走到了尽头，而新的近代

的知识体系开始被接受。这时翻译的书在规模上远远超过了过去，迎来了新的一次西学传播的高潮。相应的，中国传统手工业也开始向近代机器工业转变。为了适应这一转变，洋务人士在开矿建厂时，也注意办学校，创办一些以培养技术工人为目的的专科学校。这种学校大致相当于今天的中等技术学校，在讲授专业技术科目时，也开设一些专业基础课程。这些措施为中国近代的科学教育奠定了一定的基础。在今天看来，洋务时期办新学堂的工作至多是一种试验；在维新派人士提出进一步的教育改革之后，中国的新式教育，特别是科学教育才有了长足的进步。

19 世纪的译著工作远远超过了第一次西学的翻译和传播。不仅规模大，而且所传入的知识较新，有一定的系统性，传播的速度也大为加快了。

在办学和译介的活动中，中国数学家李善兰做出了重要的贡献。他翻译了大量的西方科学著作。为了传入近代物理学，李善兰与英国传教士伟烈亚力合译英国天文学家侯失勒（J. Herschel，今译作“赫歇耳”，1792—1871）的《谈天》（*The Outline of Astronomy*，即《天文学纲要》）。该书中介绍了大量相关的天体力学知识，包括牛顿的万有引力概念与定律，行星质量的测定，开普勒三大定律，日月与行星的运动等。同时，李善兰还与英国传教士艾约瑟合译英国物理学家胡威立（W. Whewell，1794—1866）所著《重学》（*An Elementary Treatise on Mechanics*，即《初等力学》）一书，它相当于大学低年级的力学课程内容。由于它的系统性强，在中国产生了极大的影响。此外，李善兰与伟烈亚力合译了《代微积拾级》（*Elements of Analytical Geometry and of the Differential and Integral Calculus*，即《解析几何和微积分计算基础》）。这是美国数学教育家鲁米斯（E. Loomis，1811—1889）的著作。该书所介绍的数学知识和数学方法是全新的，非常适合于中国学者了解近代西方的数学思想和数学方法。

最值得称道的是，李善兰还先后与伟烈亚力和傅兰雅

(J. Fryer, 1839—1928)携手合译《数理格致》(也被译做《奈端数理》),就是牛顿(旧译做“奈端”)的名著《自然哲学的数学原理》(*The Mathematical Principle of Natural Philosophy*)一书。由于书中的知识水平很高,给翻译带来了很大的困难,他们只译出了一部分(相当于第一编的14章)。遗憾的是,这一部分译稿的出版颇费周折,不仅最终未能出版,而且译稿也遭散失。^①

除了力学书籍外,声学 and 光学等学科的译介也取得了一定的成绩。

1853年,英国传教士艾约瑟 Joseph Edkins, 1823—1905 和张福僊(?—1862)在墨海书馆合作翻译了一些自然科学的著作,其中《光论》是一本较为系统的光学著作。20年后(1876年),美国传教士金楷理(Carl T. Kreyer)和赵元益合译了英国著名物理学家丁铎尔(John Tyndall, 1820—1893, 旧译“田大理”)的《光学》(两卷)。这是中国首次系统介绍和学习的光学知识体系,并且是一个非常好的版本。进入19世纪90年代,出现了傅兰雅的《光学图说》(1890年)、《光学须知》(1895年),美国传教士赫士 W. H. Hayes, 1857—? 的《光学揭要》(1898年),傅兰雅和王季烈合译的《通物电光》(1899年)。这些书对中国人当时认知物理世界起到了一定的作用。尤其是《通物电光》中的X射线知识,对中国人而言是极为新奇的事物。

关于声学知识在中国的传播,必须提到《声学》一书的翻译。此书为英国丁铎尔著,傅兰雅与徐建寅合译。《声学》一书是丁铎尔在皇家学会多次作声学知识普及性讲演的汇编。傅兰雅与徐建寅是根据《声学》第二版(1869年)翻译的,并于1874年在江南制造局出版。较晚译出的是《声学揭要》,原文为美国人所写,是由美国传教士赫士口译,朱葆琛笔述的,在1898年出

戴念祖《梁启超丢失〈奈端数理〉译稿》,《中国科技史料》,1998年第2期;韩琦《〈数理格致〉的发现》,《中国科技史料》,1998年第2期。

版。这本书有一定的难度，所以译者在序中建议，“问有难明之处，在初学无妨暂为逾越”。

3. 消化新知识

在西方科学向中国的早期传播中，尽管其影响是有限的，但还是推进了少数中国学者的研究工作，取得了（仅指物理学上）很大的成绩。这其中有代表性的人物有陕西学者王徵、江苏科学家郑光祖（1776—1845 年之后）、安徽科学家郑复光（1780—约 1853 和广东科学家邹伯奇 1819—1869 等）。

王徵对“奇器”很有兴趣，特别是中国古代的指南车、木牛流马等器械，自己尝试着进行研制，还写成《新制诸器图说》。他对西方的“奇器”很留心，当意大利传教士金尼阁（Nicolas Trigault, 1577—1628 等）人从欧洲带来 7 000 多种图书时，王徵认为应对“奇器”图书进行翻译，王徵的建议得到了邓玉函的响应和帮助。王徵先学习了一些有关测量、比例和计算的知识，研读了一些翻译的科学书籍，而后与邓玉函反复挑选，最后选定并翻译出了《远西奇器图说》。此书不但文字精妙，而且配有大量插图，很有益于读者的阅读和学习。在翻译《远西奇器图说》时，由于许多概念为汉语所无，为此王徵创用了大量的科学词汇，其中部分词汇至今还在沿用，如“重心”、“杠杆”、“流体”等。

郑复光（字瀚香，又字浣香、元甫），安徽歙县人。曾以监生身份到北京国子监学习。由于学习刻苦，学业很有长进。通过广泛阅读，深入钻研，郑复光“以明算知名海内，凡四元几何、中西各术，无不穷究入微”（《歙县志》卷 10）。青少年时期，郑复光游历天下，到过江苏、广东、云南、江西、浙江、陕西、山西等地。广州是当时的重要口岸，在这里他看到许多进口的工艺品，接触到广州的制镜业，收集到测量高仪镜（俗称“量天尺”）等光学仪器。为了学习光学知识和一些制作方法，郑复光还虚心

向制作师傅请教。他的主要著作是《镜镜论痴》（1846年）。

江苏的薄珏曾用他自己新研制的开普勒式望远镜进行观测，指挥火炮射击。薄珏的望远镜还可能是独立于欧洲人的情况下自己创制的。^①

广东科学家邹伯奇（字一谔，又字特夫，南海人），一生的兴趣只在于钻研科学技术，对名利极为淡泊。在科学研究中，邹伯奇支持哥白尼日心说，然而，最有成就的还是在光学方面，他独立地从数学上获得透镜和透镜组的焦距公式、成像公式等，还做出了照相术的重要发明。他的研究成果主要集中在《格术补》一书之中，此书完成于邹伯奇的晚年，《格术补》中主要是分析望远镜的结构、原理和功用。除了伽利略望远镜和开普勒望远镜之外，邹伯奇还详细说明了放大镜、格雷果里望远镜、卡塞格伦望远镜（Cassegrain telescope）和显微镜的结构与原理。对光学理论的深入理解有助于他对光学仪器的研制和发明。

第二个时期传入的《谈天》和《重学》，不仅在中国人形成新的宇宙观时发挥了重要的作用，而且使中国人开始学习到对近代物理学的发展有重要意义的动力学知识的内容。李善兰在《重学·序》中对动力学的描述表明他已掌握并理解了有关知识。他写道：

推其暂如飞炮击敌，动重学也；推其久如五星绕太阳、月绕地，动重学也……动重学之率凡三：曰力、曰质、曰速。力同，则质小者速大，质大者速小；质同，则力小者速小，力大者速大……动重学所推者力生速。凡物不能自动，力加之而动，若动后不复加力，则以平速动；若动后恒加力，则以渐加速动……凡物旋动，必环重心，地动是也。二物相连而相绕，必环公重心，月地相摄而动是也。

在《谈天》和《重学》出版之后，许多中国人开始吸收和消

王士平等，《中国科技史料》，1997年第3期。

化这些新知识，不少人在对书中新奇的学说感到惊讶之余，也开始细心地研究这些新知识。在早期的代表人物中，有一位名叫顾观光（1799—1862）的乡间医生较早学习和研究了这些新知识，写出了系统的笔记，这就是收录在他的数理著作《九数外录》中的4篇重学笔记，即《静重学记》、《动重学记》、《质重学记》和《天重学记》。从这些笔记中可以看出，顾观光已经较全面地掌握了这些新知识。在与李善兰的交往中，顾观光还协助李善兰校订了《几何原本》（后9卷），以及重印《重学》时的校订工作。

徐寿（1818—1884）与华蘅芳（1833—1902）早期参加建立江南制造局的工作，并积极参与译书活动，认真研究各种西学知识。二人曾有书信往来，以切磋三棱镜的折射问题。^①在近代声学的学习中，徐寿还注意发掘中国传统知识中的相关内容，并与西方的物理学工作者相互交流。

进入20世纪，随着留学规模的扩大和科学教育的快速发展，中国物理学家的研究工作也有了长足的进展。像李复几的碱金属光谱研究，李耀邦的电子电荷的测定工作，颜任光的气体粘滞系数的测定，胡刚复的X射线研究，李书华的极化膜研究，丁西林的热电子发射实验，以及温毓庆、叶企孙、饶毓泰等人的工作，都表明中国人已开始涉足近代物理学的研究，并逐步过渡到自主的研究。

4. 科学观念的演变

中国古代的宇宙理论主要是盖天说和浑天说。新传入中国的托勒密地心说和第谷体系宇宙理论，在中国的天文学界产生了极大的反响。一些学者从科学的角度，对这些理论做出了新的探索，郑光祖就是代表。郑光祖（名梅轩，号青玉山房居士，

汪广仁《中国近代科学先驱徐寿父子研究》，北京：清华大学出版社，1998，第2~3页。

1776—约 1850)，江苏常熟人。他将西方的地心体系与中国的地动体系结合起来，发展成新的理论——“地心地动说”。

鸦片战争之后，当西学再次传入中国，特别是《谈天》和《重学》的出版之后，人们开始逐渐地全面接受新的宇宙观。李善兰在论述《谈天·序》中指出，日心地动、椭圆轨道和引力理论是“定论如山，不可移矣”，认为这些理论是近代天文学的基础，特别宣称他自己“主地动及椭圆之说”，若“此二者之故不明，则此书不能读”。这是中国人在宇宙观变化上的划时代的宣言，从此盖天说和浑天说便退出了历史的舞台。李善兰通过天文学理论的演变过程来说明新宇宙观的正确性。他指出：由于托勒密与第谷的体系与天体的实际运动“不能尽合”，“刻白尔求其故，则知五星与月之道皆为椭圆，其行法、面积与时恒有比例也。然俱仅知其当然而未知所以然，奈端求其故，则以为皆重学之理也”。其中“刻白尔”即开普勒。

《谈天》出版之后，在中国知识界引起了极大的反响，对此后兴起的洋务运动产生了积极的影响，甚至对戊戌变法运动和辛亥革命也有着重要的影响。因此，我们可以将 1859 年看做为中国人宇宙观发生根本变革的标志年头，《谈天·序》也就可看成中国先进知识分子接受科学宇宙观的宣言。正如李善兰对《谈天》的评价所言：“海内谈天者，必将奉为宗师。”

在传播科学知识的同时，中国传统的科学观念和科学方法也受到极大的冲击，尽管人们的理解和解释还受到传统概念的影响。例如，关于原子（译做“莫能破”、“莫破”或“莫破尘”）的认识、关于万有引力的理解都走出了物理学的范畴，而进入到社会思想形态的讨论之中。新知识成为维新派和主张资产阶级革命的新人物的思想武器，对批判封建文化产生了积极的作用。但是，我们也应看到，当时大量翻译的西方科学知识尚停留在物质技术的层面上，对科学技术产生的物质财富和它所具有的力量十分看重，而基本不言更深层的东西，如西方解放思想、变革政治

和复兴民族文化等资本主义文明的积极成分。

大量翻译西方科学技术书籍，使人们在学习很多新知识时，开始接触西方人的科学观念，并了解到西方文化更深层的东西。

郭嵩焘(1818—1891)在考察西方学术时指出：

英国讲实学者，肇自比耕……纽登生于一千六百四十二年，与格力渥之卒同时，英人谓天文窍奥由纽登开之。此英国实学之源也。相距二百三十四年间，欧洲各国日趋于富强，推求其源，皆学问考核之功也。①

他所说的“实学”即科学，“比耕”即培根，“纽登”即牛顿，“格力渥”即伽利略。郭嵩焘认为，导致西方经济发达、“船坚炮利”并不是洋务人士看重的机器和相关技艺，而是科学，这是西方富强之源。他还明确指出：

三代以前，皆以中国之有道制夷狄之无道。秦汉以后，专以强弱相制：中国强则兼并夷狄，夷狄强则欺凌中国，相与为无道而已。自西洋通商三十余年，乃似以其有道攻中国之无道，故可危矣。②

这说明中国人对西方文化内涵的认识已不仅是物质文化，还延及制度文化，深入到西方不同于我们的文化观念。

1915年，《新青年》创刊，为五四运动的兴起做了准备。新文化运动的发展强烈冲击了封建文化的旧传统，号召改造国民性，培养具有现代气质的新人；也就是说，新文化运动已发展到深入心理结构的层次，而不只是停留在引进技术或改造制度的层次。新文化运动提倡科学和民主，特别是在科学价值的认识上，大大促进了近代科学观的传播。这是一次科学思想的大解放，它有力地促进了近代科学技术在中国的传播和发展，使中国自身科学技术的发展完全汇入了世界的潮流。

② 转引自钟书河《走向世界》丛书，北京：中华书局，1985，第226页。

自 19 世纪末期以来，经过几十年的传播，近代科学文化开始深入中国社会。20 世纪 20 年代，胡适曾指出：

这三十年以来，有一个名词在国内几乎做到了无上尊严的地位；无论懂与不懂的人，无论守旧和维新的人，都不敢公然对他表示轻视或戏侮的态度。那个名词就是“科学”。这样几乎全国一致的崇信，究竟有无价值，那是另一问题。我们至少可以说，自从中国讲变法维新以来，没有一个自命为新人物的人敢公然毁谤“科学”的。^①

科学在中国社会文化中有如此高的地位，这与洋务派和维新派人士的努力是分不开的。在维新变法期间，全国成立了几百家学会、学堂和报馆，它们对包括科学在内的新文化和新思想的传播发挥了重要作用，甚至在变法失败后仍持续着它的影响。20 世纪 20 年代，关于“科学与玄学”之争，以科学的胜利告终。这说明新文化运动对科学的普及和宣传已使科学观念深入人心了。

二、物理学教育的发展

中国近代的科学教育是在传播西学的过程中发展起来的。中国传统教育除了教授必要的启蒙知识外，主要以阐发儒家的“义理”为主，同时，这种教育内容也是当时科举考试要求的基本内容。这就为建立新式的以科学知识为内容的教育带来了很大的困难。不过，新学的教育还是缓慢地发展起来。一批“文馆”或“学堂”建立起来了，并向国外派遣留学生，这是传播西学的重

张君勱、丁文江等《科学与人生观》，济南：山东人民出版社，1997，第 10 页。

要举措。

1. 早期的科学教育

为了大量培养翻译人员，首先在北京建立了京师同文馆，后来又相继在上海开办了广方言馆，在广州开办了同文馆，在湖北开办了自强学堂等。这些机构除了培养翻译人才外，也开设一些科学的课程。维新派为了全面贯彻他们的政治主张，试图变科举为新式教育，所以积极创建新式学堂，培养维新人才。1891年，康有为（1858—1927）在广州兴办“万木草堂”；1897年，湖南维新派人士兴办时务学堂，聘请梁启超（1873—1927）为总教习。这些学堂都开设有“格致”课。“戊戌变法”时的改良运动，更加速了学制的改革，主要是废除八股，改革科举制度，特别是京师大学堂的建立为新式教育树立了一个榜样。

(1) “新教育的肇端”——同文馆

英法联军挑起第二次鸦片战争签订的《天津条约》规定了这样的内容：以后英国与中国相关的外交文书，都用英文书写，在遇到有争议处，总是以英文文本为“正文”。这样的规定很是无理，但却促使清政府采取措施以应对，其中最重要的措施之一就是在北京建立一所培养外语人才为学校，叫京师同文馆（简称“同文馆”，）。

在筹建过程中，由于中国自己缺少能够胜任外语课程教学的老师，因此只得高薪聘请外国人。以至丁韪良说道：“好不耻辱！……中国当知不独语言文字，举凡一切富国强兵的事情，都是必须求教于外人的。”（《同文馆记》）

同文馆最初设立4个班，分别教授英文、俄文、德文和法文，所招的学生都是14岁以下的旗人子弟。虽是一所普通的外语学校，但无论大事小事，主管总理衙门的大臣恭亲王奕訢都要亲自过问，有的还要奏请皇上。语言教学刚步入正轨，奕訢就决定对教授内容进行扩展，即增加算学班。奕訢认为，“开馆求

才，古无成格”，“因思洋人制造机器、火器等件，以及行船、行军，无一不自天文、算学中来。现在上海、浙江街道上讲求轮船各项若不从根本上用着实功夫，即习学皮毛，仍无裨于实用。臣等公同商酌……延聘西人在馆教习，务期天文、算学均能洞彻根源，斯道成于上，技艺成于下，数年之后，必有成效。……华人之智巧聪明不在西人以下，举凡推算、格致之理，制器、尚象之法……倘能专精务实，尽得其妙，则中国自强之道在此矣”。^①由此可见，奕訢的眼光还是不错的。在另一奏章中，奕訢还谈到，“此次招考天文、算学之议，并非矜奇好异，震于西人术数之学也。该以西人制品之法，无不由度数而生，今中国意欲讲求制造轮船、机器诸法，苟不借西士为先导，俾讲明机巧之原，制作之本，窃恐师心自用，徒费钱粮，仍无补于实际”，“论者不察，必有以臣等此举为不急之务者，必有以舍中法而从西人为非者，甚且有以中国之人师法西人为可耻者，此皆不识时务之论也。夫中国之宜谋自强，至今日而已亟矣。识时务者，莫不以采西学、制洋器为自强之道。……中国所当学者固不止轮船、枪炮一事，即以轮船、枪炮而论，雇买以应其用，计虽便而法终在人；讲求以得其源，法既明而用将在我。盖一则权宜之策，一则久远之谋”。“若夫以师法西人为耻者，其说尤谬。夫天下之耻，莫耻于不若人”。^②尽管奕訢的建议未获得成功，但同文馆的招生规模扩大了许多。到同治七年（1868年）夏，算学（实际上是自然科学）班终于开办，由精通科学的科学家和翻译家李善兰主持。

对于科学班的招生年岁限制少了，而且也不限于满人，其他文馆的优秀毕业生也可以到此学习科学知识。这样，同文馆不再是一个纯粹的外语学校，而更像是一座正规的学院了。在科学科目的学习中，学生都很用功，得到了黉良的好评：“研求科学，

① 史仲文《建业者言》，北京：中国物资出版社，1997，第66~67页。

② 史仲文《建业者言》，北京：中国物资出版社，1997，第68~69页。

很著成效。”

1867年，丁韪良被任命为总教习（相当于校长），总管学校事务。此后，同文馆的课程大大增加了。丁韪良还亲自编写了《格物入门》和《格物测算》，主要介绍物理学和化学，以及相关的数学知识。此外，还有天文学、数学和化学的教科书。

1876年，同文馆建立了化学实验室和博物馆，1888年又建设了天文台和物理实验室。

同文馆学生学习的课程大致如下：

第1年，读法、书法、拼法。

第2年，读法、文法、会话、翻译句子。

第3年，世界历史和地理、翻译电报。

第4年，算术、代数、翻译公文。

第5年，翻译、格物、几何、平面和球面三角。

第6年，机械、微积分、航海测算。

第7年，化学、测算、万国公法、译书。

第8年，天文、地理、金石、富国、译书。

此外还有选修的解剖学和生理学课程，学生如果不学习外国语言，5年就可以毕业了。

由于同文馆在培养人才方面的成绩，它的一部分教师获得了朝廷的奖励。同文馆的学生还曾当过同治皇帝的英文教师。总的来说，这一时期的物理教育水平是比较低的，这从同治、光绪年间的物理试题就可看出来，但是也的确一直在提高。这时的物理教学同讲授文学、语言的课程差不多，多是教师讲、学生背。

除了培养学生，同文馆对于晚清的教育改革也带有试验和示范的意义，特别是对于光绪皇帝批准建立的京师大学堂，同文馆的教育是有一定启发作用的，同文馆的总教习丁韪良也被任命为京师大学堂的总教习。

此外，在19世纪60年代山东登州文会馆“正斋”的课程表中，第3年开设“格致”课，第4年开设“格物（声光）”课，第

5 年则有“物理测算”课程。19 世纪 80 年代，耶稣教美以美会江苏镇江女塾功课章程中第 11 年和第 12 年开设有“格物入门”课程。上海中西书院课程条规中，第 4 年课程有“讲求格致”。

(2) 船政学堂

福州船政学堂（初名马尾船政局求是堂艺局）创办于 1866 年底。这是由闽浙总督左宗棠 1812—1885 创办，由船政大臣沈葆楨（1820—1879）长期主事的学堂。

船政学堂建立初期就明确了办学宗旨，即培养科技人才，主要是培养轮船驾驶、设计和制造方面的技术人才。左宗棠认为，艺局是“人才造就之地”，而沈葆楨则更明确地指出，“船政根本在于学堂”。在具体的办学方针上，外语学习和专业知识学习并举。严复是首批毕业生，在校学习 5 年（1867—1871），所学课程包括“英文、算术、几何、代数、解析几何、割维、平三角、弧三角、代微积、动静重学、水重学、电磁学、光学、音学、热学、化学、地质学、天文学、航海术等”。^①学校聘请了一些外籍专家和工匠传授理论和实际操作知识。

在培养人才方面，船政学堂的成绩已超过了京师同文馆。在短短的 5 年内，学校培养出中国第一代轮船驾驶、轮船设计和制造人员。在 40 多年的办学过程中，为中国培养了一大批科技人才。船政学堂的创立，使中国近代教育上了一个台阶，即从被迫培养“西语”人才，提高到主动培养“西艺”人才的新阶段，并且使西学传播更具吸引力，为西法推行于中国提供了一种有效的途径，力图使中国人在摸索中达到具有“船坚炮利”的水平。

(3) 电报学堂

就电磁学的教学来讲，开办电报学堂是更加系统和有效的的重要举措。

19 世纪 70 年代，福建为修建电报线建立了福州电报学堂，

王蓬常《严几道年谱》，上海：商务印书馆，1936，第 4～5 页。

并延请丹麦教师上课。学生主要“学习电气并寄电信，如何寄法，又制造电线、电报各种机器”。这所学校只办了一年。几年后，李鸿章（1823—1901）认为，应建立天津到上海的电报线路，同时在天津建立一所电报学堂。本来这所学校也只计划办一年，培训几十名电报工作人员就关闭学校。后来由于各地相继开办电报局，需要的毕业生逐渐多了起来。这样，考虑长期办学的需要，从课程设计到教学人员的配备，学堂都更趋于正规。因为办学的成绩显著，天津电报学堂的外籍教师都获得了清政府颁发的奖状和“宝星”。

天津电报学堂的学生入学时，如果有较好的数学和英语基础，在校需要学习4~5年，过去，福建电报学堂只是一年培训式的学习，主要学习“竖桩、建线、报打、书记、制造电气等”。天津电报学堂的学习科目则包括：“电报实习、基础电信问题、仪器规章、国际电报规约、电磁学、电测试、各种电报制度与仪器、铁路电报设备、陆上电线与水下电线的建筑、电报线路测量、材料学、电报地理学、数学、制图、电力照明、英文和中文。”

（4）新式书院的尝试——格致书院

书院起于唐代，本是编书或“侍讲”机构，其中有若干“学士”和“修撰者”，日常做研究、整理和刊辑各种书籍的工作。到宋代，书院成了讲习之所，出名的书院有白鹿洞书院、应天书院、嵩阳书院和岳麓书院，合称“四大书院”。元代的路、州、府也都设置书院，明代和清代的书院就更多了。由于明清科举考试为选官之径，所以书院的课程多与科举考试的内容相关。在明清时期，这些学习内容对学术研究和满足生产技术发展的需要都多无补益。特别是到晚清时期，人们发现，“书院之弊，或空谈讲学，或溺志词章，既皆无裨实用，其下者专摹帖括，注意膏

王遽常《严几道年谱》，上海：商务印书馆，1936，第547~548页。