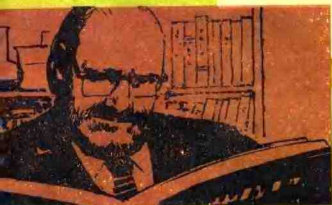


美国科学家论近代科技

〔美〕《科学》杂志创刊百周年纪念专刊号选译



科学普及出版社



美国科学家论近代科技

〔美〕《科学》杂志创刊百周年纪念专刊选译

〔美〕 D.J.凯福尔斯 等著
J.L.斯托尔乔

范岱年 孟长麟 等译



科工要学院802 2 0052929 4

科学普及出版社

内 容 提 要

本书系由美国《科学》杂志创刊百周年纪念专刊中选译有关文章汇编而成。这里共选译二十多位作者的文章十九篇。这些作者在当今美国科学界都较有声望。他们从总结美国近百年来科学的成就并展望发展趋势的角度,就其自身所研究的领域向读者作了广泛深入的介绍,其内容涉及到:社会科学与行为科学、天文学、地质学、生物学、物理学、化学、数学、医学、工程学及各类社会应用科学。书中所揭示的问题实际上都是具有世界范围意义的,许多资料也很宝贵,可供我国科学工作者、研究人员和广大科技干部阅读和参考。

EXPOSITIONS ON MODERN SCIENCE AND TECHNOLOGY OF AMERICAN SCIENTISTS

* * *

美国科学家论近代科技

(美)《科学》杂志创刊百周年纪念专刊选译

(美)D.J.凯福尔斯 J.L.斯托尔乔等著

范岱年 孟长麟 等译

责任编辑:阿 朗

封面设计:陈 星

•

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

保定科技印刷厂印刷

•

开本: 876×1168毫米1/32 印张: 111/2字数: 303千字

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数: 1—5,700册 定价: 2.10元

统一书号: 13051·1301 本社书号: 0435

前 言

1980年7月是美国科学促进协会(American Association for the Advancement of Science)机关刊物《科学》杂志(SCIENCE)创刊一百周年纪念。该协会在当月出版了一期纪念专刊。此专刊除载有一些纪念文章外,还主要刊登了许多当前美国科学界较有影响的人物所写的科学报告。我们从中选译了二十多位作者所写的十九篇文章,基本上罗纳了各个科学领域——从社会科学与行为科学、各类自然科学到几门重要的社会应用科学。作者们就各自的研究领域,回顾、总结了近百年来美国科学走过的道路,介绍了当前的现状,指出了今后发展的趋势。他们所探讨的内容和所揭示的问题,实际上具有一定的世界范围的意义,所提供的资料也很宝贵。

为了加强中美科学家之间的友谊,特将选译的这些主要文章汇编为专册出版。原文所附参考书目和注释,为节省篇幅,翻译时均予删除。

谨以此书提供我国广大科学工作者和研究人员阅读和参考。

编 者

1982年1月1日

目 录

前 言

一八八〇年前后的美国科学

..... D.J.凯福尔斯 J.L.斯托尔乔 P.T.卡罗耳 (1)	
社会科学与行为科学.....H.A.西蒙 (15)	
恒星·星系·宇宙 (过去十年和今后十年) V.C.鲁宾 (34)	
地球和行星科学.....G.W.魏载瑞尔 C.L.狄拉克 (50)	
数学.....S.M.莱恩 (66)	
物理学.....D.A.布洛姆雷 (83)	
化学的新领域.....R.M.乔伊斯 (112)	
生物科学的新领域.....B.D.戴维斯 (130)	
医学.....F.J.英哥风格 (163)	
工程学进入发展和定义的新周期.....K.C.罗杰斯 (174)	
美国工业研究: 一次新组合的挑战.....E.E.小戴维德 (189)	
人口趋势与展望.....W.P.莫尔丁 (209)	
世界粮食和营养问题.....S.伍特曼 (234)	
能量发展的全球性和远景.....W.海佛勒 (252)	
亚洲能源的困境: 研究和发展的需要.....R.雷维尔 (275)	
环境.....G.F.怀特 (300)	
信息 二十一世纪的知识 and 力量.....A.G.厄廷格 (318)	
运筹学和系统分析.....H.J.米瑟 (338)	
科学的交流.....P.H.阿贝尔逊 (356)	

一八八〇年前后的美国科学

D.J.凯福尔斯 J.L.斯托尔乔 P.T.卡罗耳

本文提要 十九世纪末叶的美国科学多年来一直被
认为是一潭智力的死水。这种观点基于一种设想，即美国
当时的科学完全处于纯科学（尤其是纯物理学）的状
况。但进一步探索表明，那个时代美国的科学研究，特
别是在地球科学和生命科学方面，有着相当大的生命力。
这种生命力，一部分来源于美洲大陆自然条件提供的科
学资源，一部分来源于宗教的推动、社会改良主义和实用
上的要求。而且，与近来的种种设想相反，联邦政府是
美国科学的有效的赞助者。本文阐明了1880年前后美国
科学的状况是：国家的科学事业具有各类制度的支持。
这种制度多元性的特征，历史上一一直是美国科学发展的
正常模式。

1880年前后的美国科学，多年来一直被视 为 一 种 原 始 的 事
业，被视为是欧洲科研在殖民的前哨，是智力上的一潭死水。人
们轻易地把那个时代的研究说成是仅仅为了实用，因而凭着某种
不可思议的逻辑，便断定它是微不足道的。绝大多数这类贬低来
自当时的科学家们。最引人注目的是杰出的物理学家 H.A.罗兰。
1883年，作为美国科学促进协会副会长的罗兰曾这样问：“必
须怎样做才能在这个国家建立物理学，而不是把电报、电灯等等
这类设施统统叫做科学呢？……一个厨师创制一种新的佳肴，从
而在一定程度上造福于世界，但我们并不会给他冠以化学家的称
号。”

罗兰称他的这一著名的讲演为“纯科学辨”。从他那时起，贬

低十九世纪末美国科学的主要论点便是指责它没有达到某种理想的纯科学水平，尤其在罗兰自身所从事的物理学这一领域内。紧接着，在被称之为第一场“化学家之战”的第一次世界大战之后，关于美国过去科学落后的论点又一次被强调提出——即认为美国必须克服她在纯化学领域内对德国的相对薄弱的地位，才能在经济上与其他国家竞争。在第二次世界大战这场所谓“物理学家的战争”之后，上述理论被完全确立起来。战争使人们普遍认为，为国家安全计，必须以巨大的联邦投资来克服这个国家以往在科学上的脆弱的地位。只不过这一次强调的是物理学罢了。

在两次大战之间，投资主要来源于私人 and 州政府的基金，1945年以后由联邦政府提供。二次大战以来联邦政府付出的巨大开支和美国科学取得的辉煌成就使人们产生一种想法：认为1945年以前的美国科学不值一谈，更不用说追溯至1880年的美国科学了。但我们也应当看到，自罗兰以来对美国过去科学的贬低往往来自这个国家的纯粹科学家们；他们常借用历史来为保持或者扩大对研究和发展计划的资助而进行争辩。不管这样作对纠正当前的政策有什么好处，他们的这种历史观点倒值得以某种怀疑的眼光来看待。

当然，正如妄想狂者可能会有真正的敌人一样，抱怨的人也常常会有一些真正的委屈。美国1880年的纯科学，尤其是纯物理学和纯化学确实是不无困难的，但决不应该认为美国纯科学的薄弱代表了美国当时总的科学水平。因为正如一代学者已经开始显示的那样，美国十九世纪末科学总的来看是发展的、综合性的，而决不是什么微不足道的。

美国科学界

1880年美国科学界包括大约3300名从业人员。他们在各自的行业中不同程度地运用科学。一部分从业人员从事研究工作，但大多数并非搞研究工作的。真正发表著作的研究人员最多有500

人。与专业人员有关的是一批业余自学者，大约有2000人。这是一批科学的爱好者、朋友和游猎者，男女兼有。他们参加公开的科学讲演，阅读当时的《科普月刊》。这些人往往学识渊博，但又不是以科学研究为生的。他们在专业科学家和社会之间起重要的社会和经济方面的联系作用。美国科学界，尤其是从事研究的人员，绝大多数是白人、盎格鲁撒克逊新教徒，并且大都是男性。当时为数很少的女科学家，不是在女子学院任教就是当男科学家的助手。约30多人曾发表过研究成果。但很少有像美国艺术和科学院院士、瓦萨学院教授、天文学家玛丽亚·米切尔取得那样突出成就。

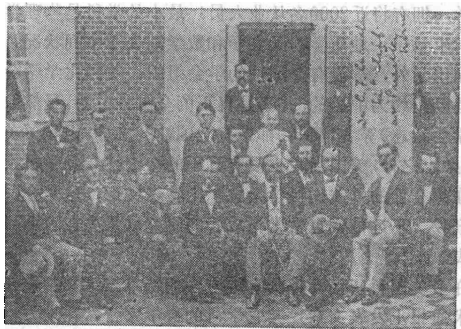
所有主要学科的研究都有美国科学家参与。其中最大的学科是化学，拥有将近2000名从业人员；最小的学科是物理学，不到200人；生物学、地质学、天文学和数学则属于中间状况。这些学科，除化学外，都没有全国性的学会组织。美国化学学会当时也主要是以纽约为中心的，并不是真正的全国性学会。虽然像《美国化学学会杂志》等各种刊物都带有全国性的名称。但除《美国博物学者》杂志之外，美国当时也没有真正的全国性专业学科杂志。美国人在综合性的《美国科学杂志》上发表文章，这是全国主要的研究刊物。不过他们也常常把最好的研究成果先在欧洲科学杂志上发表。

许多美国科研活动都具有地方性的特点。天文学家在天文台的学术通报上发表文章；其它学科的科学家常常在地方科学院的论文集里发表他们的研究论文（因此，J·威拉德·吉布斯在康涅狄格州科学院论文集中发表他的有关多相物质平衡的经典论文也就不足为奇了）。自然历史的研究很久以前就使地方科学学会活跃起来。1880年各学会继续提供论坛以使自学者们可以和学院的教授一起讨论当地的植物志、动物志、地质的形成和矿藏资源标本。1883年《科学》杂志的编辑塞缪尔·斯库特还鼓励业余爱好者为地方学会会议上专家们的讨论搜集标本。他说：“每个方面都能提出地质学、植物学和昆虫学上的问题，而这些问题的答案通过最简

单的研究便可以找到……”。

1880年前后，地方科学学会作为一种社团体现了专业科学家和业余自学者之间的文化联盟，虽然这个联盟正在衰弱。当时地方性的美国化学学会就在为公众服务的名义下，把纽约的职业化学家与公众机构的官员和城市地区商业从业人员联合在一起。作为这种结合的一个例子是：化学学会的主要人物查尔斯·钱德勒是哥伦比亚矿业学校的化学系主任，但他同时又是内科和外科医学院和药学院的教员、城市卫生委员会的会长、制造业厂商的顾问、大学俱乐部和世纪协会的成员。

但是，像钱德勒那样地对地方忠诚反而却使费城、坎布里奇、马萨诸塞、华盛顿特区的化学家们感到生气，他们退出了美国



查尔斯·钱德勒和哥伦比亚矿业学校的同事们1874年8月1日在宾夕法尼亚的诺桑勃兰庆祝约瑟夫·普里斯特利发现氧气一百周年。那天下午他们通过讨论，发起了一个运动。这场运动最终导致了1876年4月6日美国化学学会在纽约的成立。座者（由左至右）是A.H.艾利特，C.S.艾伦，C.G.亚当，C.A.乔伊，E.J.哈洛克，钱德勒，E.沃勒，H.C.布尔顿，G.A.丘奇和C.E.帕留。站在后面者（由左至右）是C.A.斯尼芬，W.H.S.桑伯恩，W.M.艾丽斯，A.麦克斯，M.S.汤姆森，L.H.劳迪，M.W.钱德勒，S.A.哥尔西米德。

化学学会。退出的人如此之多，致使这个学会在十九世纪八十年代末处于奄奄一息的境地。各地正宗的研究人员，随即开始强调各自学科的发展，不再满足于仅仅为当地群众和工业需要服务。这些正宗的研究人员，主要是高等院校和政府部门的科学家。他们越来越专业化，并排斥业余自学者。他们很赞成亨利·罗兰的论点，讥笑地方学会仅仅是“靠吹牛钓誉的”，说他们各有“当地的头面人物，这些人能荣幸地描绘多一条腿的螃蟹就很了不起了”。专业研究人员越来越觉得必须走向专业化并成立专业化学会。十九世纪九十年代，华盛顿、费城、坎布里奇的化学家们曾经打算接管美国化学学会，按照他们的雄心加以改组。专业人员逐渐把地方学会留给业余自学者，让他们通过讲演、举办展览和博物馆进行公众教育，并且把美国科学促进会仅仅置于在科学上有成就的院士的控制之下。在他们自己的科学领域里，他们从事西欧科学中各主要课题的研究。

研究活动和机会

美国的生物学指的主要是自然史，特别是因为它与达尔文的进化论有关。虽然纽厄尔·马丁当时已在刚成立不久的约翰·霍普金斯大学建立了实验生理学的研究机构，但这一新兴学科当时在美国并不居于显要地位。同样，从主要方面说，美国的数学与其说它是科学的皇后，倒不如说是奴仆。在欧洲，数学主要是和天文学问题有关；和欧洲不同，美国的数学家们对当时新的解析分支毫不在意。与欧洲相仿的是，美国物理学家主要致力于热学、光学、电学和磁学的研究。美国的化学家也和欧洲人一样，探索原子的重量，进行化学分析和鉴别元素。在美国几乎没有人跟物理化学打交道，当时欧洲也一样。在有机化学方面欧洲人当时无可争议地居于领先地位。美国的天文学家也像欧洲人一样从事着有关行星、月亮和星球位置的观察和计算方面的互补活动，同时有一些天文学家也正在为新兴的天文物理学开辟道路。美国的地

质学家也同欧洲人一样为经典的演化地质学、争论激烈的地球的年代问题以及新兴的地球物理学作出了贡献。

大多数研究领域中有杰出的美国科学家。1880年美国物理学界有威拉德·吉布斯——一个举世无双的天才，麦克斯韦——由于他在化学热力学上的贡献给予他极高的评价，阿伯特·米切尔森——因测量光速的成就而举世闻名。当然还有亨利·罗兰——1883年他在学生们惊奇的目光下首次用绕射光栅进行了光谱分析。在化学领域里，乔夏·帕森·库克严谨地确定了铟原子的重量，沃尔科特·吉布斯开创了电化学分析。如果说美国人从事有机化学较晚的话，那么糖精的共同发明人艾拉·雷姆森在他的研究中和主编《美国化学杂志》的工作中都堪称在美国开创这些领域的先锋。在进化论生物学界，奥斯尼·马什发现了古马和有齿鸟类。达尔文称这一发现是对他的进化论的最好的证实。

1877年美国阿瑟夫·霍尔发现了火星的卫星从而轰动了整个天文界。纽约的亨利·德雷珀和刘易斯·卢瑟福引进了胶质干板星体摄影术，有些照片欧洲人称赞比他们在大西洋彼岸获得的任何照片都好。到1880年，查尔斯·杨和爱德华·皮克林对太阳和星体光谱的研究已作出了卓越的贡献，塞缪尔·皮尔福特·兰利为对太阳黑子和太阳表面温度的研究提供了他的测热辐射仪。在地质学方面，美国地质调查局的克拉伦斯·达顿以他的地壳均衡的概念引起了全世界的注意，他的这一学说目的在于说明山脉的成因，而这在当时是地质学界最主要的争论。在数学界，G·W·希尔在对地球、太阳、月亮相对运动的分析过程中得出了无穷行列式的结论。

就整体来说，除去杰出的威拉德·吉布斯的研究以外，美国科学并不侧重于理论，而且它的质量就各个学科而言也是发展不平衡的。天文学、进化生物学和地球科学的研究是出色的。1880年至少有31位美国人被列入伦敦地质学会的外国会员名单。在物理和化学方面，美国虽然在地球科学分支里颇值得推崇，但总的说还是很薄弱的。欧洲人对F·A·杰恩斯，J·劳伦斯·史密斯，T·谢丽·

亨特, W·F·希尔布兰德和F·W·克拉克在矿物化学方面的研究工作给予了高度的评价。1880年物理学家卡尔·巴鲁·斯帮助美国地质调查局用高温高压对岩石和矿石进行实验室分析的方法来进行演化的研究。经过一段时间,他在高温测定法上赢得了国际声誉。

在所有美国人做得出色的领域里,他们的研究都是以观察、实验、测量、改进和发展新仪器的能力著称的。在定位天文学、星体测光学和光谱学上是这样;在测量光速和热功当量方面也是这样;还有分析化学合成物、确定原子重量、鉴别元素;搜集古生物标本或记录新的地质形成也同样如此。造成美国科学这一特点的原因,其一是由于缺乏集中、系统的理论教育,尤其缺乏数学教育,其二是由于科学上的传统,教师在教学中就向学生强调观察和实验,这一点在当时的美国科学出版物中很容易找到例证。这一传统的形式也与美国研究人员所遇的研究机会的类型有关。

地质学家看到在他们眼前展开的是一遍布资源的大陆——从东部的帕利塞兹断崖、卡茨基尔丘陵、特拉华水峡到中西部的密西西比河流域,再上溯西部的数千平方英里的高原和巍峨的山脉、大盐湖、死谷和大峡谷。从大峡谷的萨布里姆峰顶,地质学者们在有飞机和空间探测器以前,就能以非常开阔的眼界来俯瞰他们的研究对象;在潮湿地区,蚀岩层埋在土层下面;在荒凉干旱的西部,大量具有启发意义的地形一目了然。实际上美国的地质结构吸引了全世界的地质调查人员。1882年以后任英国地质调查局局长的阿奇博尔德·吉凯承认:“美国在地质学上的有利条件来自美洲大陆本身极其丰富的地质结构。她有矿藏、岩石、完整的地层结构、丰富的古生物和地文学的大量实例,因此美国不但不需要求助于欧洲,而且还可以在许多重要的方面提供大量自己特有的例证和资料,这也是大西洋彼岸所不能相比的。假若对地球的研究始于新大陆而不是旧大陆,那么毫无疑问地质学的发展会迅速得多”。

同样,美洲大陆又是一个化石的宝库、一个巨大的天然动物

园、水族馆和可供研究多种生命形式的鸟类饲养场。从纬度上讲美国比欧洲更靠南边，因此美国的天文学家能更好地研究南偏角上的天空。尽管如此，如果把美国科学的成就完全归功于她的地理环境也是不正确的。因为，丰富的资源提供了可能性和机会，并不能说明这些资源为什么会转化成科学上的优势。要想解释这一问题，就必须看看那些与科学有关而又常常被人忽略的方面——宗教、社会状况、社会改革和强烈的求实精神。



1880年前后沃尔科特·吉布斯在他的实验室中。1860~1870年间吉布斯(1872~1908)与他的学生一道在哈佛大学罗伦斯科学学院对化学分析增添了电测重法。他在钴氢化合物和复合无机酸方面的研究成果，常在德国刊物上发表，也在“美国科学杂志”和“美国化学杂志”上发表，这就使得他在欧洲化学界享有声誉。

宗教、改革和求实精神

无论是自然神论者还是教派主义者，美国的宗教传统长期鼓

励人们去积聚造物主在天地万物中留下的与事实有关的例证。于是许多业余爱好者就长年地搜集植物标本和动物标本，或者记录恒星和行星的位置。这种宗教的推动还常常伴随有通过资助出色的科学工作来获得社会尊严的欲望。所以，慈善的与公共的捐款两者导致了在美国大量天文台的建立。到1882年止估计约有144个这样的天文台，这一数字在世界上可能是首屈一指的。这样，马萨诸塞州坎布里奇城的爱尔兰·克拉克父子公司便应运而起，成为世界上主要的天文仪器制造商。美洲和欧洲几乎所有的天文台都装备有该公司制造的仪器。1880年克拉克公司为美国海军天文台制造了世界上最大的一架26英寸的折射天文望远镜。1887年，该公司打破自己的记录为加利福尼亚州的新利克天文台建造了36英寸折射天文望远镜。这座天文台是1874年詹姆斯·利克去世时以典型的慈善方式捐建的。

宗教运动在南北战争前也帮助了美国的学院建立了稳固的科学课程，并且还同慈善运动相结合，在校内外建立了许多自然历史博物馆。南北内战后，社会改良主义提高了科学的学术地位和作用，推动了实验室教学和研究生教育的发展，并且加速了美国学院向大学的过渡。当时美国新的大学至少在名义上承担有科研任务。新建的约翰·霍普金斯大学则真正地从事科学研究。1880年它的师资中就有艾拉·里姆森、亨利·罗兰和詹姆斯·西尔威斯特，另外还有一位在几年后献给威拉德·吉布斯以“支薪教授”职位的校长。

在实践方面，德国染料工业及其学术研究联盟的形式并没有被美国所采纳。这不仅是由于美国缺乏德国有机化学的资源，而且也是由于与德国的赫胥斯特或巴底斯苯胺苏打工厂不同，美国的化学公司当时还没有面向自己的市场并用剩余的资本来支持长期的研究和发展。然而，尽管美国的工业还不能使其化学家们系统地发展新产品和新工艺，但毫无疑问实际情况还是刺激了美国化学企业的。大约90%的化学家在学术界之外工作。大多数在工商业界，有些是化学企业家，多数是实验分析人员。各个公司都建

立了自己控制的实验室，包括宾夕法尼亚铁路。这条铁路在1875年雇用了查尔斯·达德利来检验材料，研究锅炉水垢的成因，研究钢的化学构成和物理特性间的关系。达德利的实验室取得了很大的成功，以致到八十年代其它七家主要的铁路公司也仿效它的作法，并且在1887年这些公司的化学家成立了美国铁路化学家协会来规定标准分析法并分享技术情报。

没有建立自己的实验室的公司就找独立的或属于学术研究机构的顾问寻求帮助。咨询化学家销售自己的专长，提供对矿石和化学产品的分析，指导工业流程，并在专利诉讼中作证。通常获得成功的咨询化学家多是在德国留过学的，在专业杂志上发表过论文，尔后又任在化学制造业中心独立创办一个实验室。詹姆斯·布什1836年从德国的魏勒和马格努斯那里学习回来后就是这样做的。在以后的几十年里，布什分析了宾夕法尼亚无烟煤产区的铁矿石和煤的标本，研究了当地厂商的制糖方法。1849至1887年他还担任过费城美国造币厂的化验师。布什还在他的实验室里教授分析化学。他的许多学生后来都成为工业顾问。

学者的重要性决不比顾问小。在哥伦比亚矿业学院，查尔斯·钱德勒和他的助手们每天都要花费几个小时来进行商业分析，这使他的收入比当时最优厚的大学薪金至少高出三倍。大学里的地质学家当煤矿企业的顾问，物理学家担任电气工业企业的顾问。1879年爱迪生成功地表演了他的炭丝电灯系统。而当时绝大部分物理学家并未将电灯、电话包括在他们学科的正常范围之内。假如罗兰在他那著名的“纯科学辨”中提议这样做的话，那也可能是由于生爱迪生本人的气；而爱迪生既是人们公认的企业家、发明家，又是科学大师，他与罗兰不同，是一位公众的英雄。

科学和政府

当时激励许多实用科学家进行研究的不仅是他们本身的经济利益，而且还有一种为公众服务的责任感。哈佛大学校长查尔

斯·威廉·艾洛特就曾说过：“科学使心灵高尚和纯洁。”科学家常常喜欢认为自己不但是无私的而且是专家，不但是有道德、有知识，而且特别有资格去给那些涉及技术的问题制定妥善的公共政策。十九世纪末叶，科学家中的活跃分子致力于在公众中发挥作用。当时美国政府正在大力发展工业，建设铁路，开发西部地区，而州政府和地方政府正面临保健、水源供应和交通运输方面的问题。政府官员响应了这些积极分子的要求。结果，对现实的关心使各级政府都变成了主要的科学之家。

化学家们在州和地方的化验室和公共卫生机构中工作。查尔斯·钱德勒从1873年到1883年作为美国纽约卫生委员会的主席，调查了煤油爆炸的原因，牛奶掺假以及水污染和煤气厂的为害事例。到十九世纪八十年代末期，州的农业实验站雇用了大批的化学家和生物学家。实际的利害关系自然而然地要求由政府拨赠土地，建立学院。尽管这些学院从事应用课题的研究，但它们也同农业实验站和公共卫生机构一样，为基础科学提供了可以利用的场所和实验室。联邦一级，由于在天气预报方面的功利主义的兴趣使美国气象服务局变成了气象学基础研究中心。人们对于绘制地图的关切，则促使美国海岸与大地测量局进行了卓越的大地测量的研究。

与航海和测时方面关系重大的情报的实际需要，促使政府不断增加对美国海军天文台的资助，它是世界上定位天文学的主要研究中心之一。根据当时的风气，塞缪尔·皮尔蓬·兰利在他加入斯密桑宁学会，并开创他的较空气为重的飞行试验之前，就已看到了研究新的太阳物理学的实际可能性。兰利在1879年写道：

“…这只不过是一个时间的问题……到那时（太阳能）发动机既是机械成就又是经济上的成就，而且，广义地讲，这也是个时间问题，到时候迅速消耗的英国煤层生产将面临枯竭。这样，这个制造业帝国就会转移到那些资源还没有枯竭的国家中去。但是，这些国家的资源也会随之耗尽。蕴藏量再大，总是有限的，无法再生的。我们知道的唯一能够代替煤的动力，必然是要着眼于那些现在被太阳的热力晒荒的地区。这些地区也许就是将来的

工业王国的发展去向”。

各个州长期以来一直鼓励地质考察，现在没有一个科学学科由于其魔力和实际的重要性而比地质学更能吸引联邦的注意。在加利福尼亚和科罗拉多最初发现黄金和在内华达州最初发现银矿的过程中，地质学家并没有起什么作用。但在这些发现以后的数十年里，他们开始分析与整理那些与丰富的矿脉有关的地理构造特点。1870年，美国北纬四十度地区地质考察队队员詹姆斯·哈贵与克拉伦斯·金合写了著名的《采矿业》一书。这是一部对传说中的哈莫斯托克矿脉的研究专著，并且第一次对这一类矿脉进行了全面的说明。当金氏于1879年当美国地质调查局的第一任局长时，他在丹佛开办了一个地区调查站，以哈佛大学毕业的地质学家塞缪尔·埃门为负责人。六年之后，埃门出版了《科罗拉多州利德维尔的地质和采矿业》这一著作，对周围山脉的地质情况进行了全面的描绘和说明。这一著作使其它地区的采矿者都请求调查局到他们自己的地区来作类似的调查。

尽管金氏取得了成就，他的继承人约翰·威斯利·鲍威尔还是善于开拓国家赞助的实用科学。他的目的是通过地质学研究这一手段，把西部地区改造成在经济上具有发展机会的区域。他让调查局进行了有关土地自然演变和经济潜力方面的广泛研究。他政治上也很敏锐。他在首都周围大量散发调查局的带有插图的出版物。这些插图很吸引人，有时甚至是不惜工本的。1881年到1884年间联邦的预算总值不到10亿美元，而调查局的年度预算却几乎达50万美元，增长了五倍。鲍威尔雇用了地志学家、地质学家和古生物学家，他给大学的顾问们工作做，其中包括奥斯尼尔·马什。通过咨询和实地考察，调查局为许多美国地质学家提供了重要的研究机会。调查局还利用了它和政府出版局的关系，使地质学界也拥有一个与它自己主要的研究刊物相当的期刊。

这样，在1880年，绝大部分美国科学家都集中在联邦政府及其气象服务局、海军天文台、海岸和大地测量调查局以及其它各种机构或部门里。政府出版局从1870年起为科学部门出版了几百