

# 世界上第一个物理技术研究所的建立及其影响\*

罗平<sup>†</sup>

(巢湖学院物理系 巢湖 238000)

**摘要** 德国夏洛滕堡物理技术研究所(The Physikallisch-Technische Reichanstalt, 简称 PTR)是世界上第一个国家级的物理技术研究所,它开创了科学研究和技术研究相结合,服务于工业和国家经济之先河.文章从 PTR 建立的历史背景、早期研究工作和所产生的影响等方面作较为全面的讨论.

**关键词** 物理技术研究所, PTR, 电气标准, 物理计量学

## THE ESTABLISHMENT AND INFLUENCE OF THE FIRST INSTITUTE OF PHYSICS AND TECHNOLOGY IN THE WORLD

LUO Ping<sup>†</sup>

(Department of Physics, Chaohu College, Chaohu 238000, China)

**Abstract** The Physikallisch-Technische Reichanstalt(PTR) was the first national institute of physics and technology in the world. At the time it combined the best of pure physics research and industrial technology in Germany. Its activities demonstrated that science and technology could contribute to modern society and to a country's economy. This paper discusses the background of PTR's establishment, as well as its early research and influence.

**Key words** institute of physics and technology, PTR, electrical standards, physical metrology

1887年10月,一个由个人和德国政府联合投资建立的研究所——夏洛滕堡物理技术研究所(The Physikallisch-Technische Reichanstalt, 简称 PTR)宣告成立.这是世界上第一个将纯科学和工业技术研究相结合,为工业和国家经济服务的国家级研究所. PTR 的许多科学活动说明科学和技术既能对社会发展作贡献也能对国家经济作贡献.例如,它的黑体辐射研究,促进了新的量子物理的产生;它所开展的物理计量研究,发展了科学和工业所需要的电气标准,测试和鉴定科学仪器、测量仪器和各种物质.到20世纪开始时, PTR 站在了世界科学和技术研究改革的最前沿,它的成功引起了全世界的广泛关注 and 仿效.关于 PTR 的情况目前在国内还未见有学者对此作专门讨论,本文拟对 PTR 建立的历史背景、研究领域、早期的研究工作和产生的影响等作较全面地讨论.

### 1 研究所建立的历史背景

19世纪70年代,随着以科学为基础的工业(例

如光学工业、玻璃制造业及电力工业等)飞速发展,德国已由一个农业国一跃成为工业大国.以科学为基础的工业也使人们的日常生活发生了很大变化,科学技术在经济和社会中的作用日益显现,工业生产中的一些精密技术问题也需要组织专门研究.当时,在德国各大学里相继建立了自己的研究所,例如亥姆霍兹领导的柏林大学物理研究所,孔脱领导的斯特拉斯堡物理研究所等都是德国很著名的大学研究所.这类研究所的规模和条件均十分有限,研究人员必须把很大的精力投入到教学和指导学生上,他们主要从事的是纯科学研究,而不是满足工业需求的技术研究.为此,德国的一些有识之士,就曾提出应该兴建一个由国家财政支持的专门从事技术研究的研究所,以解决精密技术问题.为此成立的一个专

\* 安徽省高等学校优秀青年教师资助计划项目(批准号:2000jq150)

2002-05-10收到初稿,2002-07-16修回

<sup>†</sup> 通讯联系人. E-mail: lptzy@mail.china.com

门委员会,在1874年1月提出报告,要求建立一个装备精良的力学研究所,以帮助发展精密力学、天文学、大地测量学、物理学、化学以及其他学科,并且建议该研究所要有为国家服务的全新的义务:即支持工业技术研究,最终为德国工业、经济目标服务<sup>[1]</sup>。遗憾的是这项很有价值的建议却一直未得到德国政府的重视和采纳。此后的几年里,随着电力科学和工业的发展,对精密技术的需求又有了新的变化。例如,由于工业界和院校物理研究所自身发展的需求,寻求建立一系列具有可靠依据的电学单位和标准已成为当务之急,特别是1881年,法国国际电气会议后,法国将要成为国际计量学的霸主,德国政府这才意识到,如果要满足他们自己在科学、工业计量方面的需求,要阻止法国成为国际计量学领域的霸主,他们就必须先在德国立即对确立电学单位和标准这样的研究工作予以支持,而且德国自己也希望成为电气计量学方面的超级权威<sup>[2]</sup>。总之,由于国家的精密技术的发展,电力工业的兴起和伴随而来的对建立可靠电学单位和标准的迫切需求,以及对法国将成为电气计量学霸主的担心,促使德国人在新的形式下,重新讨论建立力学研究所的话题。

## 2 研究所的目标

1882年底,研究所的倡议者们开始重新考虑他们当初所建议的力学研究所的目标和可行性。这时建立新的研究所的目标不仅要考虑年轻的德国科学的需要,而且要考虑国家的政治需要。研究所究竟以科学研究为主,还是以精密技术和精密力学为主,成为人们争论的焦点。工业科学家西门子(Siemens EW, 1816—1892)建议建立一个研究所,为那些不得不在教学和行政事务上浪费很多时间的大科学家,以及才华出众的青年科学家提供良好的设备从事高深科学研究。他认为,只有建立一个由国家支持的,而不是由学院或工业企业支持的物理研究所才能承担起指导、组织、进行系统的、长远的基础研究的任务。亥姆霍兹等人坚决支持西门子的观点,亥姆霍兹指出,即使在建成仅四年的全德国最大的、装备最好的柏林大学物理研究所里,物理学家还是缺乏足够的设备和时间去从事系统的物理研究。他也非常希望建造一个全日制的从事科学研究的研究所。相反,另一批工程师和仪器制作家则希望建造一个精密力学研究所,他们主张研究所应着重解决当时的技术需求。科学家和工程师们的意见相左,双方争

执不下。作为科学家的代表,亥姆霍兹一方面以航空、时间计量、实用光学以及大地测量等依靠纯科学研究的实例说明纯科学研究的实用和经济价值;另一方面他又列举了一大批实际问题,包括引力的精确测定、光速的精确测量、建立电学单位和国家计量标准以及气体热力学测量等等,说明这些在当时已有的学院研究所和生产技术部门由于条件限制等因素不能解决或只能部分解决的问题都可以在从事纯物理研究的研究所中解决(见文献[1]第30—35页)。他倡议国家应对作为技术发展和人类社会进步的根本基础——纯科学以强有力的支持,并指出,任何从事科学研究的人,如果只追求眼前的实际应用,最终将会徒劳无功<sup>[3]</sup>。

这场争论持续到1887年,由于西门子的四处游说、斡旋,并争取到首脑层的认可和支持,各方最终达成一致,1887年3月,立法委员会终于同意建立一个物理技术研究所,即PTR。这个研究所的建立是西门子提议并多年坚持努力的结果,但同时西门子及其同盟者们又不得不向反对派表示一定的妥协。为了满足工程师和仪器制作家们的要求,PTR必须包括两个部门,即科学研究部和技术研究部(以下分别简称科学部和技术部),而且这两个部的工作受到很大的约束和限制。他们只能从事一些不与其他的政府公司、大学、技术大学以及私营工业企业相竞争的科学技术问题或领域的研究。其结果是在德国的各科学和技术研究领域,明确地留给PTR的只有:标准化和测试。这是私营企业、学院研究所以及个人研究者未涉足的领域(见文献[1]第57—58页)。西门子的这种妥协在很大程度上决定了研究所未来的工作方向和特色。西门子将50万马克以及他在夏洛滕堡的一块19,800平方米,价值566,157马克的土地赠给PTR用以建造科学部(见文献[1]第89页)。这样一个由个人出资和政府投资相结合的世界第一个物理技术研究所宣告成立。从此,德国科学和技术研究拥有了一片独立于大学和技术大学之外的新的天地,在世界科学界开创了由国家支持的为工业技术服务的研究所之先河。亥姆霍兹被西门子推举为PTR的第一任所长。

## 3 研究所的机构设置

亥姆霍兹上任伊始,面临许多困难和压力。当务之急是如何利用现有的有限的资金,把研究所建成一个让各方都满意的科学研究机构,如何能在建造

研究所的同时,领导研究所从事一些能立即服务于德国工业的研究,以消除那些反对者们对科学为技术应用服务的怀疑,并依此争取政府对研究所的进一步加大投入。亥姆霍兹这位杰出的科学家和科学领导人,集科学家的聪明睿智与领导者的精明干练于一身,以其高超的领导才能和艺术在短短几年时间里(1887—1894)将研究所建成了一个机构设置合理、行政管理规范及科研成果卓著的第一流的科研机构。

研究所下设科学部和技术部,每个部下设若干个实验室。研究所的行政领导依次有所长、科学部和技术部的主任,各实验室主任。研究所所长是研究所主要的学术和行政管理人,其职权范围涉及方方面面的组织和管理工作。例如,负责研究所的工作计划和资金分配;负责工作安排,同时兼任科学部的主任并监督技术部主任的工作;负责所有的人事安排包括推荐学术指导委员会的人选;负责监督研究成果的出版;所长可以邀请访问学者等(见文献[1]第81—82页)。科学部和技术部的主任负责这两个部的科研工作。每个部下面有若干个实验室。每个实验室的研究工作由实验室主任负责。到1893年,科学部包括热学、电学和光学三个实验室和一个行政办公室,拥有研究人员22人,其中12人从事科学和技术工作,5人负责管理实验工厂和实验室,行政人员5人。技术部包括四个实验室:精密力学实验室、热和压力实验室、电学实验室以及光学实验室,此外还兼管化学实验室和制造车间。这两个部门的建立是为研究所的其他实验室服务的。技术部共有工作人员43人,其中24人从事实际的技术研究,10人在车间工作,9个人负责行政事务。技术部主任担任四个实验室的主任、化学实验室主任和车间主任。

研究所的工作人员分为6个级别:研究员、长期的合作研究员、科学助理、临时研究人员、义务研究人员和访问学者。与大学物理研究所里人们主要是各自从事自己的研究不同,研究所的工作人员则通常是一个研究小组中的每一个科学或技术人员共同解决一系列需长时间才能解决的复杂的测量问题。这种研究小组通常只有两个或四个人组成。正是研究所这种明确的职责分工,才使得研究所的工作得以有条不紊地进行。

## 4 早期的研究工作和成就

在研究所成立之初,为了尽早地开展研究工作,

PTR 租用了工业技术大学的一些实验场地。当时的研究条件十分简陋,没有取暖和通风设施,也没有足够的空间进行精密机械、光学和电学工作,一些工作甚至在走廊上进行。正如亥姆霍兹所描述的那样:“天花板上的铁椽子和窗户上的铁条都会对电学研究产生很大的干扰”<sup>[4]</sup>。就是在这样简陋的条件下,亥姆霍兹领导的研究所解决了当时的许多工业技术以及测试、认证问题,为德国工业和国家经济作出了重要贡献,极大地满足了工业发展对技术的需求。

### 4.1 科学部的工作和成就

热学实验室是科学部三个实验室中最大的一个,其主要任务是:寻找更好的测温物质;在愈来愈高的温度下,精确确定温度值;研究温度、压力和其他因素对工作热机的影响。这些任务在很大程度上是和实验室的首要的长远目标相一致的,即建立一个可靠的绝对热力学温标以适应所有热测量。为了完成这些任务,热学实验室涉足大量的有关测温技术及相关领域的研究<sup>[5]</sup>。经过努力,到1893年,PTR已经成为德国测温技术的领导中心,并且极大地帮助德国工业从法国测温权威的统治下解放出来。

亥姆霍兹深知尽快得到可靠的电学单位和标准对于德国经济的重要性。这一方面可以阻止法国成为国际计量学的权威;另一方面,既可以满足德国电力工业产品的测试和认证的迫切需要,又可以满足电报、铁路、照明技术、时间校正、冶金及机械工程的未来商业发展对法定的电学单位和标准的需求<sup>[6]</sup>。为此,科学部电学实验室的主要任务就是寻找确定基本电学量的单位(电流、电阻和电压)并且发明一些与此相关的测量仪器。他们取得的第一个重要的成果就是建立了电流强度和电阻的标准单位(安培和欧姆),并在1893年在芝加哥举行的国际电学大会上被一致通过。此外,电学实验室还进行了钢铁的磁性研究,它的磁滞效应以及钢铁的感应过程的研究对德国的电学发展和钢铁工业都起到了决定性作用。

科学部和技术部各有一个光学实验室,而且同属于一人领导,这两个实验室从事相同科学技术问题的不同方面的研究。科学部的光学实验室主要从事光度学以及各种光学量的测量研究。他们研制的陆末-布洛洪(Lummer-Brodhun)对比光度计不仅被广泛应用于电气工业,而且被广泛应用于国内外各物理研究所。这项发明获得了1893年芝加哥国际博览会奖。此后,他们又致力于寻找光强度的单位和标准。1894年他们在技术部取得了精确度达1%的

光强度标准<sup>[7]</sup>。

#### 4.2 技术部的工作和成就

在亥姆霍兹的任期,技术部和科学部一样,主要是帮助德国工业解决一些实际的技术问题,取得了重要成就。

1893年,精密力学实验室主要从事精密机械方面的课题研究,其中包括为科学部提供用于偏振计上的薄水晶片的精密测量,以及进行一项对发动机来说极为重要的关键技术研究,即进行用于确定旋转速度的陀螺测试仪的实验和测试工作。

为了给德国的温度计工业提供测试工作,热和压力实验室承担了远大于其他各实验室的测试工作。1889年,应温度计工业的要求,PTR在德国的玻璃工业和温度计工业的腹地 Ilmanau 开设了一个温度计测试站,仅1893年,这个站就检测了12000个温度计,其中大多数都是医用体温表,同时在PTR的实验室里也检测了1000个特殊用途的温度计,进行了它们自己的可控温度计的广泛实验研究,以及试制更精密的测量更高温度的温度计<sup>[8]</sup>。此外,该实验室还研究和测试了大量热测量和压力测量方面的装置,量热计、气压表和流体压强计以及测粘计等(见文献1]第114页)。

技术部电学实验室的工作就是为德国电力工业提供技术支持,负责将科学部所研究的电学标准应用于电力工业,以改进德国电力工业的标准和测量设备。他们利用科学部 Feussner 发明的补偿器(又称分压计)对电流强度和电压进行精确测量。此外,他们还应国内外的机构和公司的要求进行了大量的电器设备的测试和认证工作,如标准电池组、电容器、电流计、电压表和蓄电池等(见文献8]第275—278页)。1893年,电学实验室还对送来的各种钢、铁和镍合金的磁性进行了研究。

光学实验室主要负责解决德国照明工业的技术问题。1893年,继科学部的光学实验室成功地研制出新的测光装置后,技术部的光学实验室开始测试和认证亥夫纳(Hefner)灯。PTR的这种科学为工业服务的结果使德国的光度学远远超过其他国家的水平。(见文献8]第309—312页)。该实验室的其他工作包括应德国气体和流体专家协会的请求,研制一种用于气体照明技术的可靠的便携式测光装置;应柏林市政府的要求,测试弧形街灯;测试各种电灯、汽灯和煤油灯;研制水上航标灯;从光度学上分析各种石油产品以及比较不同颜色的光源。

总之,1887—1893年间,PTR在亥姆霍兹的领

导下,无论是科学部还是技术部,在极为简陋的条件下,为德国工业发展解决了许多技术问题。必须指出,亥姆霍兹和西门子当初建立科学部的初衷是从事纯科学研究,但为了满足工业技术的需求,科学部不可避免地减缓了纯科学研究的步伐,特别是1887—1891年期间,受场地太小、设备不齐等因素的制约,科学部的工作更是受到了很大的限制和影响。

## 5 PTR的发展和影响

到1894年,在亥姆霍兹的领导下,在短短七年的时间里,PTR已逐渐发展成为一所令人瞩目的世界一流的新型研究机构。它主要从事一些院校研究所无法进行的研究,取得了很大成就,极大地满足了德国工业的需求。它所取得的成就有目共睹,使人们不再怀疑科学技术对工业和国家经济所起的重要作用,从而使它可以从政府获得足够的资金支持,研究所的工程建设几乎接近完成。研究所呈现出一派欣欣向荣的景象,前途一片光明。这一年它拥有65名研究人员(其中有十几位德国物理学家),有263,000马克运转资金(见文献1]第121页)。到1893年为止,研究所的科学家和技术人员已发表了众多很有价值的论文。1893年,仅科学部的科学家们就在科学杂志上发表了28篇论文,其中4篇发表在《物理年鉴》上,10篇发表在《仪器》上<sup>[9]</sup>,而且他们作为物理学会的重要成员,经常向物理学会报告他们的研究成果。PTR的物理学家们已成为德国物理学界的一支中坚力量。1893年科学部的建成,更为研究所有效地满足德国工业的有关计量标准和测试方面的需求提供了保证。即使1894年9月12日,亥姆霍兹逝世以后,他的继任者依然按照他所开创的模式领导和管理研究所,朝着他所指引的方向前进。至19世纪90年代中期,随着技术部的新的设施的逐步建成,PTR在德国工业技术发展中发挥了史无前例的作用,使德国成为20世纪初的工业强国。正如美国霍普金斯大学的物理学教授 Ames 1897年所说:“德国制造业的各个领域在近十年内取得的成就即使不是全部至少也是在很大程度上归功于物理技术研究所的工作。”(见文献1]第9页)。对世界物理学界和工业社会来说,PTR象征着德国科学和技术的又一大成就,它的成功引起了全世界的广泛关注和仿效。

1898年,在PTR建立10年后,在普鲁士文化部

和一群德国工业家的资助和支持下,数学家克莱因(Klein F, 1849—1825)建立了哥廷根应用数学物理促进会,像 PTR 一样,其宗旨在于促进物理和技术的结合和发展,但和物理技术研究所不同的是它还培养和训练这些领域的高级研究人员。德国的化学家们也把 PTR 作为促进化学发展的一个模式。20 世纪初,德国几所一流大学的著名化学家费歇尔(Fischer E, 1852—1919)、能斯特(Nernst W, 1864—1941)、奥斯特瓦尔德(Ostwald W, 1853—1932)和 Gfa 公司、BASF 公司和 Bayer 公司等几个化学巨头公司倡议建立国家化学技术研究所,他们希望像 PTR 为物理和相关工业所做的那样,可以为德国化学学科和化学工业的发展作出贡献。他们所倡议的化学技术研究所最终于 1921 年建立。

PTR 的成功同样引起了英美等国的强烈关注。1895 年,英国科学促进会的主席高尔顿(Galton D)就抱怨英国科学家不得求助于巴黎和柏林以使其精密仪器标准化,为此他和一群包括瑞利爵士(Rayleigh, 1842—1919)等人在内的英国科学家呼吁,为了发展以科学为基础的工业,为了提高测量技术和发展精密仪器,应当建立一个像德国 PTR 那样的英国国家物理实验室,像 PTR 效力德国那样为大不列颠王国服务<sup>[10]</sup>。1898 年,英国科学家和工业家说服了财政部赞同他们的计划;1899 年,建在特丁顿(Teddington)的新的国家物理实验室开始运行。

美国的科学家、工程师和制造家们也同样了解 PTR 在德国国家标准化,在帮助和指导工业技术发展等方面所取得的成就。1897 年,美国政府标准重量和测量五人办公室主任 Prichet H 和物理学家 Stratton S W 就曾推出一项扩大标准局的计划,使这个标准局可以像德国物理技术研究所那样从事这个国家的有关测量的工作<sup>[11]</sup>。他们的建议得到了其他物理学家以及大多数议会成员和政府官员的支持。1901 年,美国国家标准局成立。不到一年,这个局的第一任局长就前往 PTR 参观取经。正如美国 Science 杂志所报道的那样“去学习物理技术研究所的经验

以便在华盛顿建造新的标准局大楼”。<sup>[12]</sup>

直到二次大战时, PTR 一直处于世界领先地位。它的许多科学研究活动说明科学和技术既能对现代社会作贡献也能对现代国家作贡献。例如,研究所进行的黑体辐射研究,促使新的量子物理的产生;它所开展的物理计量研究,目的在于发展科学和工业所需要的电气标准以及测试和鉴定科学仪器、测量仪器和各种物质。到 20 世纪开始时, PTR 站在了科学和技术研究改革的最前沿,联合了物理、技术、工业和国家的各方面代表人物。在柏林, PTR 成为柏林科学技术界的一种象征,同时也是德意志帝国所获得的政权和威信的一种象征,无论对于德国,还是对整个世界来说都是不可估量的财富。它为英国和其他国家树立了一个榜样,使这些落后的摹仿者们开始了解科学研究结果的价值,不仅仅是科学工作者所欣赏的对事实的发现,而是可以以多种形式为人类的幸福作贡献<sup>[13]</sup>。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Cahan D. An Institute for an Empire :The Physikallisch-Technische Reichsanstalt 1871—1918. New York : Cambridge University Press , 1989. 26
- [ 2 ] Buchheim G. NTM , 1977 , 14 : 16
- [ 3 ] Helmholtz v H. Vortrage und Reden. Berlin : Braunschweig , 1896. Vol. 1 , 180—182
- [ 4 ] Helmholtz v H. Denkschrift ueber die bisherige Tätigkeit der Reichsanstalt. Cited from Pernet. Ueber die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. 10—11
- [ 5 ] Hagen E. Zeitschrift für Instrumentenkunde , 1894 , 14 : 261
- [ 6 ] Helmholtz v H. Elektrotechnische Zeitschrift. 1881 , 2 : 482
- [ 7 ] Lummer O , Kurlbaum F. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1894. 231—238
- [ 8 ] Helmholtz v H. Zeitschrift für Instrumentenkunde , 1893 , 13 : 301
- [ 9 ] Verzeichniss der Veröffentlichungen aus der Physikallisch-Technischen Reichsanstalt 1887 bis 1900. Berlin : 1901. 17—19
- [ 10 ] A National Physical Laboratory . Nature , 1897 , 55 : 385
- [ 11 ] Pritchett S H. Science , 1902 , 15 : 282
- [ 12 ] Scientific Notes and News . Science , 1902 , 16 : 437
- [ 13 ] Koenisberger L. Welby F A trans. Hermann von Helmholtz. London : The Clarendon Press , 1906. iv

## 封 面 说 明

等待发射的神舟飞船和长征 2F 型运载火箭在酒泉发射基地的发射塔架边。顶部为宇航员紧急救生用逃逸塔,整流罩内为神舟飞船(包括返回舱、留轨舱、推进舱和附加段)。长征 2F 型火箭带有 4 个助推器。火箭和飞船的总高度为 57.3m,最大整流罩直径 3.8m,火箭第一和第二级的直径为 3.35m,起飞质量 490t。

(中国科学院物理研究所 聂玉昕)