

第一篇 学术论著

摩擦学向何处去 ——关于摩擦学学科发展的思考

1 问题的提出

从 1966 年 Jost 在其著名的报告中^[1]提出建立摩擦学这门新学科以来,已经过去了 30 多年。在这期间,摩擦学取得了重大发展,尤其是在 80 年代,世界各国有关的期刊和学会纷纷改名,有关的国际学术会议也明显增多,国内外研究摩擦学的机构也像雨后春笋一样的涌现。然而,进入 90 年代以后,对于摩擦学的发展前景,国外出现了某些悲观的看法,甚至在一定程度上持否定的态度,如美国国家自然科学基金会的 Larsen-Basse 认为摩擦学正处在生死关头(转引自文献[2]),还有人认为摩擦学不是一门独立的学科。于是一些摩擦学实验室更名,研究人员改行。摩擦学这个术语也从美国国家自然科学基金会的项目和计划中消失了(转引自文献[2])。

一门新学科的发展往往是曲折的,摩擦学当然也不例外。其实,1966 年在英国建立摩擦学时,就没有立即得到其他国家有关学者的承认。在相当长的一段时间里,美国和日本的学者仍坚持采用“润滑”这个术语。直到 80 年代,他们才接受摩擦学这个词,将有关期刊改名。由此可见,在摩擦学建立之初,就已潜伏着摩擦学是不是一门新学科的危机,只不过后来暂时被各国对工业和国民经济各部门调查出的有关经济损失的惊人数字所掩盖罢了。

2 原因分析

在国际摩擦学界,关于摩擦学是不是一门独立的学科以及它是什么性质的学科的最新观点是 2000 年 1 月在德国 Ostfilderm 举行的第 12 届摩擦

学国际研讨会上提出的。在大会上, Jost 提出了摩擦学是“多学科”(multi-disciplinary subject) 的观点^[3], 显然, 从他 1966 年创立摩擦学之初认为摩擦学是一门边缘学科的观点^[1]退了一步; 而 Winer 则认为摩擦学是为了改善形象, 人为地组成的“学科群”(disciplinary group), 并认为它只是依附于机械系统的一种必需的重要技术。他还预测: 在下一个千年, 在没有需要解决摩擦学问题的新的机械系统出现的情况下, 摩擦学的研究就会衰落^[4]。实质上, 他们都在不同程度上否认摩擦学是一门独立的学科。

由上可见, 产生上述问题的根本原因在于 Jost 所领导的委员会当初在创立这门学科时, 对建立这门学科的依据缺乏深入而全面的认识。他们的出发点只是为了避免在工业和国民经济中造成巨大损失, 而没有真正认识到学科自身发展的客观规律, 没有用科学学的理论进行分析论证。因此, 他们给摩擦学下了一个非常笼统的定义, 即摩擦学是研究作相对运动的相互作用表面的科学与技术及其有关的实践^[1]。而且在这个定义中, 也没有明确这门新学科的性质。因为从科学学的观点看, “科学技术”(Science and Technology), 是指由许多具体学科和各种技术组成的一个有机的整体的统称。

因此, 问题的症结是: 摩擦学是不是一门独立的学科? 它是一门什么性质的学科?

3 摩擦学是一门独立的学科

3.1 摩擦学的形成

根据科学学的理论^[5], 一门学科的出现或发展是科学研究集体活动的结果, 而这种活动是在一定的规范指导和约束下进行的, 一门新学科的形成一般要经历以下两个时期:

1. 前科学时期 此时, 人们的研究活动还处于分散的状态, 没有形成统一规范的科学共同体, 因此, 还不能称之为科学。

2. 常规科学时期 此时, 该学科领域的研究已建立一致公认的科学规范。所谓规范, 是指具备以下两个特点的科学成就: (1) 这些科学成就是足以空前地把坚定的拥护者吸引过来, 使他们不再进行科学活动中的各种形式的竞争; (2) 这些科学成就已为一批新组合起来的科学工作者留下了各种待解决的问题。

20 世纪 80 年代初, Dowson 根据摩擦学的发展历史, 提出了摩擦学发展

的周期为 40 年的论点^[6],按照这个周期,可作出摩擦学发展的周期律(图 1)。

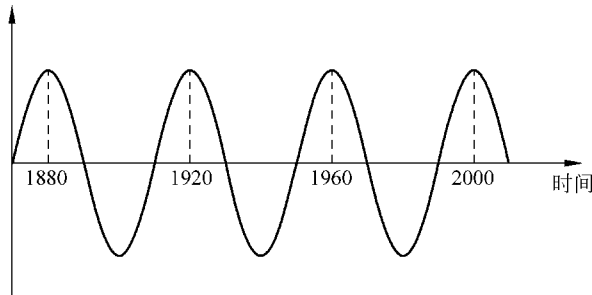


图 1 摩擦学发展的周期律

通常认为摩擦学孕育于 19 世纪 80 年代,即此时摩擦学的研究与开发开始和现代机器与现代工艺技术相联系。在此期间,初步建立了一些摩擦学原理,其中包括 Hertz 关于弹性应力和接触应力的理论(1882 年);Petrov(俄)和 Beechum Tow(英)揭示了工作良好的径向轴承存在液体膜的现象(1882 年),以及 Reynolds 建立的科学的润滑理论(1884 年)等。30 多年以后,Hardy 发现并研究了边界润滑现象(1920 年)。再过 40 多年以后,创立了 Tribology 这个新术语,正式建立了摩擦学学科(1966 年),Rabinowz 认为:Tribology 这个术语统一了我们的学科领域,并提高了我们的地位^[6]。

通过简要地回顾摩擦学形成和发展的过程,并根据上述科学学关于学科形成的理论,可以认为摩擦学是一门独立的边缘科学。

3.2 摩擦学的定义与研究对象^[7]

摩擦学是研究发生在作相对运动的相互作用的表面(界面)上的各种现象产生、变化和发展的规律及其应用的一门技术科学。它的研究对象是表面(界面)上发生的各种现象,而这种现象的产生只是由于相对运动而引起的表面之间以及表面与环境之间的相互作用,这种相互作用不仅包括力学的和物理学的作用,还包括化学、热力学、力化学和摩擦化学的作用。

3.3 摩擦学的性质与基本框架

一门学科的研究对象和研究内容及其所担负的任务决定了该学科的性质。

按照摩擦学在自然科学整体中的作用和地位,它应属于技术科学,尽管它具有很强的应用背景,但它并不属于可直接应用于生产和生活的技术和工艺性质的应用科学。

从学科性质上看,摩擦学具有以下三个特点^[8]:

(1) 摩擦学是一门在某些传统学科的基础上综合发展起来的边缘学科。摩擦、磨损和润滑涉及极其广泛的科学技术领域,包括力学、物理学、化学、热力学、传热学、表面科学和机械工程以及材料科学与工程等多种学科。

(2) 摩擦学是一门具有很强的应用背景的横断学科。摩擦学的产生主要是以节约资源、节省能源、提高效益等近代实用性很强的课题为背景,然而它的应用背景却已远远超出了机械行业甚至工业和交通运输业的领域,因而产生了生物摩擦学、地质摩擦学和生态摩擦学等新的学科分支。

(3) 摩擦学是一门学科边界还没有完全界定的新兴学科。随着摩擦学和一些先进的技术和方法相结合,并不断地向其他学科渗透,从而不断地形成新的学科分支,如摩擦化学、摩擦学设计以及陶瓷摩擦学,高分子材料摩擦学、空间摩擦学、核反应系统摩擦学、计算摩擦学和纳米摩擦学等。

综上所述,摩擦学的基本框架可以表示为一个以摩擦学的学科基础、研究内容及其应用目标组成的三维结构图(图2)^[9]。

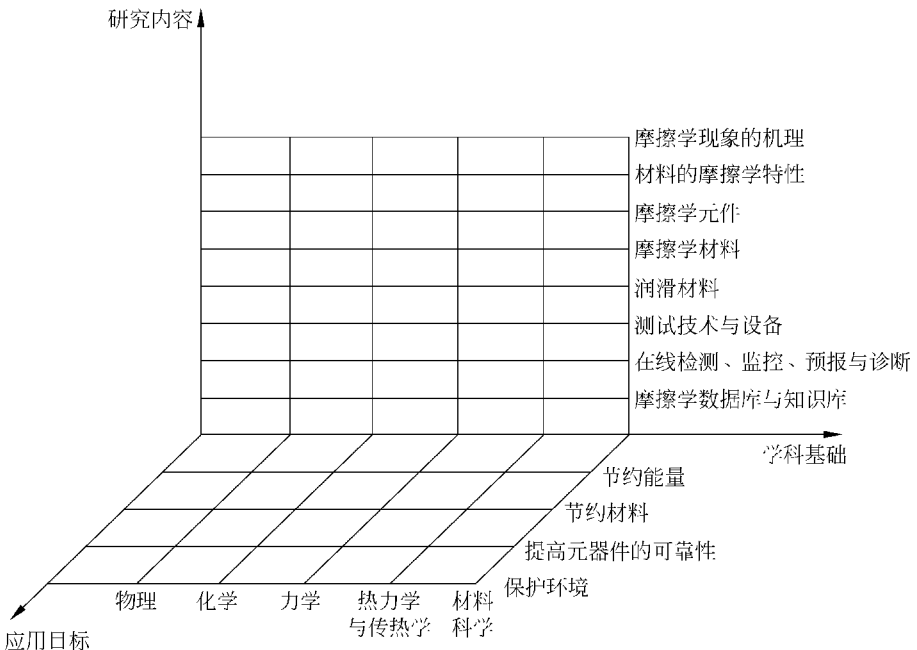


图2 摩擦学的基本框架

关于摩擦学的方法体系和概念体系,谢友柏已作了详细的论述^[2]。

3.4 摩擦学与表面工程

20世纪80年代,表面工程刚建立时,人们将它看成是摩擦学的一个新的学科分支。然而,随着这门学科的迅速发展,90年代,又出现了以Larsen-Basse为代表的一种观点,认为摩擦学将发展到“表面工程时代”(转引自文献[2])。显然,这些看法都是值得商榷的。

表面工程与摩擦学有着十分密切的关系,但却具有各自不同的研究对象与研究内容,并担负着不同的任务。表面工程是研究改善零件的表面性能,提高其表面质量,以延长其使用寿命的各种物理的、化学的或机械的工艺方法的一门应用科学。与摩擦学相类似,它也是在某些传统学科的基础上迅速发展起来的一门交叉学科,它涉及材料学、冶金学、化学、电子学和近代物理学等多种学科。而且,它本身还在不断发展,是近十几年来发展最快的新兴学科之一^[7]。

由上可见,摩擦学与表面工程是相互联系,相互渗透的一对关系十分密切的学科。但它们之间并不存在相互包含的关系,而且也不存在一门学科取代另一门学科的可能性,它们之间的关系是技术科学与应用科学之间的关系,它们是自然科学整体中的相互依存、相互促进的两个不同层次的学科。

4 摩擦学的发展

4.1 科学发展的动力学

从自然科学的发展规律看,其发展的推动力主要有以下两方面。

(1) 社会的需要是自然科学发展的主要动力

如果一门科学的发展对社会有益,它就会比较快的发展。正如恩格斯在谈到科学技术的发展规律时所指出的:“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”^[10]。

(2) 人类对未知问题的求知欲是自然科学发展的另一种重要动力

社会的需要并不是自然科学发展的唯一推动力量,只要一门科学存在尚未解决的问题,这门科学就一定会继续发展下去,正如希尔伯特所说:“只要一门科学分支能提出大量的问题,它就充满着生命力,而问题的缺乏则预示着独立发展的衰亡或中止”(转引自文献[11])。因此,一门真正的独

立的学科也会通过不断地提出和解决基本的科学问题而获得发展。

然而,目前国外的摩擦学研究,存在一种过分强调社会需要或工业应用的倾向(尤其在美国和德国),虽然,这有利于将摩擦学的发展与社会的发展紧密结合起来,可更快更多地产生经济效益,从而容易得到企业的资助。但这样往往会忽视摩擦学本身的一些重大的基本科学问题的解决,从而使某些科研成果缺乏超前性,以至会影响摩擦学的发展。

综上所述,应该说摩擦学面临着很好的发展机遇和广阔的发展前景。

4.2 摩擦学的展望(预测)

(1) 总的发展趋势

a. 摩擦学研究的视野将越来越多的超出机械领域,并与新兴学科和高新技术实现大跨度的交叉与综合,形成新的学科生长点。

b. 基本科学问题的研究将从宏观向微观和宇观两头拓展。

c. 主要的研究方法将从面向现象与面向摩擦学元件的简化的定性描述向面向摩擦学系统的系统分析与定量化发展。

(2) 主要发展方向

a. 机械领域以提高可靠性为目标,研究极端条件下机器设备的摩擦学问题和微机电系统与磁记录系统的摩擦学问题,以及减少和防止机器设备产生环境公害(如振动、噪声、油污染,摩擦学材料的再生利用等)的摩擦学问题。

b. 非机械领域包括生物摩擦学(含仿生摩擦学)、计算摩擦学、地质摩擦学和生态摩擦学等。

c. 重要的科学问题如纳米薄膜、微动损伤和超滑态(Super lubricity)或超低摩擦(ULF)以及零磨损等。

显然,对任何科学领域发展的预测都是要冒风险的,而且往往是挂一漏万,但是“没有把握的预测,总比不作预测要好”^[12]。因为,对于一个具有战略头脑的科技工作者,必须对科学的未来走向有尽可能准确的判断,“一切预测实际上都是在创造未来”^[13]。

4.3 中国的摩擦学向何处去

自从1979年我国成立摩擦学分会以来,我国摩擦学的发展并没有像国外那样发生大的起伏,其原因可能是我国摩擦学界的科技工作者并没有只重视工业应用的经济效益,而同时也在为推动学科发展开展基础性研究工

作,因而摩擦学在我国没有像国外那样,一时成为工业和国民经济各部门的热点,而后又受到冷落。但是,我国摩擦学研究存在的主要问题是:研究力量分散,整体水平不高,突破性的成果不多,在国外的影响不大。为了改变这种状态,建议采取以下对策:

(1) 走出误区,拓宽视野,理清思路

要彻底转变摩擦学只是依附于机械领域的观念,并要努力冲破这种观念的束缚,应站在更高的高度,以更广阔的视角,善于发掘信息、材料、环境、资源、海洋、能源和生命等新兴学科中的摩擦学问题,开展超前性的研究。

(2) 明确发展目标

要选准方向,突出重点,明确目标,形成特色。力争在 21 世纪的下半叶使我国的摩擦学研究在科学理论、技术方法和研究思路的创新等方面对我国的经济与社会的可持续发展以及国际摩擦学界做出重大贡献。

(3) 制订战略措施

a. 抓住学科发展中有带动性并对经济社会发展有重大影响或指导作用的科学问题(如超薄膜润滑、微动损伤等),集中优势,重点突破。

b. 实现学科间大跨度的综合与交叉。

c. 广泛引入高新技术和先进方法。

d. 充分发挥国家队(有关的国家重点实验室)的核心作用。要吸引全国以至国外优秀的摩擦学家来参加工作,开展深入广泛的合作研究。要努力把国家重点实验室办成像英国的卡文迪什实验室和美国的贝尔实验室那样开放性的高水平的研究集体。

5 结束语

遵循学科发展的客观规律,适应社会与经济发展的需要,结合国情,走自己的路,这就是我国摩擦学发展的道路。

摩擦、磨损和润滑是自然界(包括人体)普遍存在的现象,大到宇宙,小到分子、原子,只要有相对运动的界面,这些现象都会产生。因此,可以推断,随着时间的推移,摩擦学必将会在更广泛的范围内促进其他学科(如天体物理,地球科学,核子物理,医学工程,运动力学等)的发展,从而对社会与经济的发展做出重大贡献,这一点一旦被人们所充分认识,摩擦学必将进入一个崭新的发展阶段。

参 考 文 献

- [1] Jost, P. Lubrication (Tribology)—A Report on the Present Position and Industry's Needs, Dept. of Education and Science, HMSO, London, 1996(译文参见[英]J. 霍林. 上海交通大学摩擦学研究室译. 摩擦学原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981, 374-402).
- [2] 谢友柏. 摩擦学面临的挑战及对策[J]. 中国机械工程, 1995, 6(1): 6-9.
- [3] Jost, H. P. A message from professor H. Peter Jost CBE President—International Tribology Council, Proc. Tribology 2000-Plus[C], Bartz W. J. (ed), Technische Akademie Esslingen, 2000, 1: 1.
- [4] Winer, W. O. and Gwaltney, E. C., Trends and directions for tribology research and development in the coming years, Proc. Tribology 2000-Plus[C], Bartz, W. J. (ed), Technische Akademie Esslingen, 2000, 1: 3-8.
- [5] 库恩·T. S., 李宝恒、纪树立译. 科学革命的结构[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980, 8-28.
- [6] Dowson, D. 九十年代及其以后的摩擦学, 林子光等编译, 八十年代摩擦学[M]. 北京: 航空工业出版社, 1988, 300-303.
- [7] 张嗣伟. 基础摩擦学[M]. 东营: 石油大学出版社, 2001, 1-3, 163.
- [8] 张嗣伟. 摩擦学的进展与展望[J]. 摩擦学学报, 1994, 14(1): 84-88.
- [9] 张嗣伟. 摩擦学在我国油田设备使用管理与技术改造中应用的展望[J]. 石油矿场机械, 1987, 16(1): 6-13.
- [10] 恩格斯. 恩格斯致符·博尔吉乌斯(1894年1月25日), 见中共中央马克思、恩格斯、列宁、斯大林著作编译局. 马克思、恩格斯选集(第四卷)[M]. 北京: 人民出版社, 1972, 505-508.
- [11] 陈运泰, 孙枢, 吴忠良. 跨世纪的中国地球科学[N]. 中国科学报, 1998年11月9日, 第5版.
- [12] Tabor, D. 八十年代摩擦学的状况和发展趋向——认识和预测. 见: 林子光编译. 八十年代摩擦学[M]. 北京: 航空工业出版社, 1988, 1-13.
- [13] 董志壁. 开创中国科学的创新时代[N]. 科技时报, 2000年5月26日, 第3版.

[本文曾发表在《中国机械工程》, 2001, 12(2): 235-238]