

关于摩擦学的思考

张嗣伟 著

清华大学出版社

关于摩擦学的思考

张嗣伟 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书围绕摩擦学学科及其发展这个主题,收录了作者 30 多年来在国内外学术书刊上公开发表的文章和在国内外摩擦学学术会议上发表的报告与讲话。内容包括从宏观和全局论述 30 多年来摩擦学发展的主要特征、面临的机遇和挑战、发展趋势和相应的发展战略。

本书可供摩擦学科研、教学和管理工作者以及研究生阅读参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

关于摩擦学的思考/张嗣伟著.--北京:清华大学出版社,2014
ISBN 978-7-302-37022-2

I. ①关… II. ①张… III. ①摩擦—理论 IV. ①O313.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 143103 号

责任编辑:黎 强
封面设计:常雪影
责任校对:刘玉霞
责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

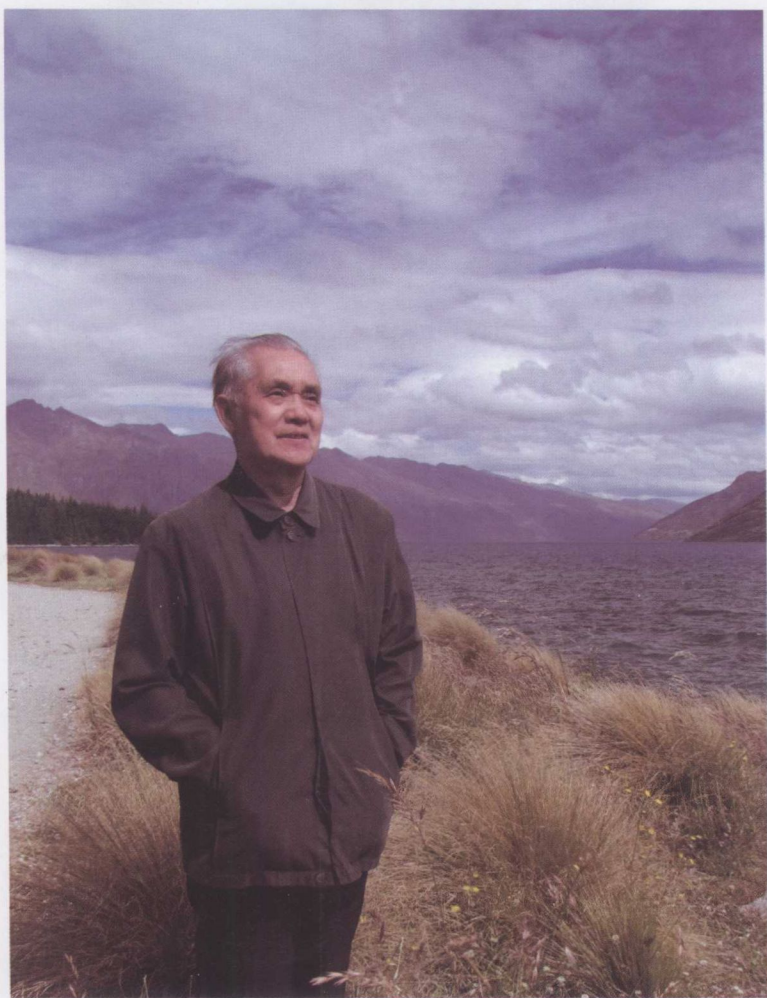
开 本:153mm×235mm 印 张:22 插 页:2 字 数:375 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版

印 次:2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价:88.00 元

产品编号:058125-01



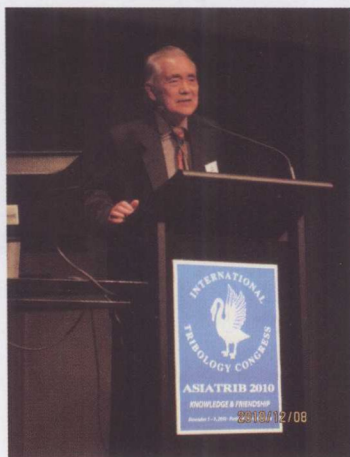
淡泊明志,宁静致远(作者在新西兰,2009年)



在第1届世界摩擦学大会“聚合物体系中的磨损”分会场,与爱尔兰的D. Moore 教授共同担任主席,主持会议并作邀请报告“高分子材料摩擦学的进展”(伦敦,1997年)



主持中美 CTI-STLE 摩擦学学术会议(北京,2002年)



在第4届亚洲摩擦学大会上作特邀报告“绿色摩擦学——通向可持续发展社会之路”(珀斯,2010年)



在 2006 年全国摩擦学学术会议 (纪念摩擦学创立 40 周年) 作大会报告“关于我国摩擦学发展战略的初步思考”(哈尔滨, 2006 年)



在摩擦学前沿研讨会上作总结 (青岛, 2005 年)



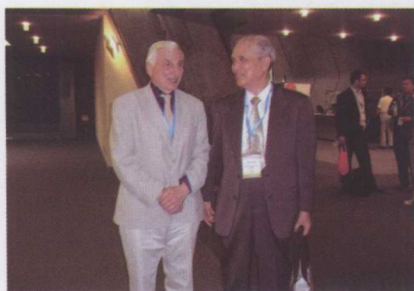
代表中国摩擦学学会代表团向英国工程技术协会理事长 C. Earnshaw 赠送礼品 (伦敦, 2009 年)



在第 5 届中国国际摩擦学学术会议暨第 1 届 IFToMM 国际摩擦学学术会议晚宴上致祝酒辞(北京,2008 年)



在第 5 届世界摩擦学大会前夕召开的国际摩擦学理事会第 21 次工作会议表决通过中国承办第 6 届世界摩擦学大会后,与国际摩擦学理事会主席 H. P. Jost 合影(都灵,2013 年)



参加第 4 届世界摩擦学大会期间与国际摩擦学理事会主席 H. P. Jost 交谈(京都,2009 年)



参加第 11 届全国摩擦学大会期间与中国工程院院士谢友柏交谈(兰州,2013 年)

谨以此书

纪念中国机械工程学会摩擦学分会成立 35 周年

作者简介

张嗣伟 中国石油大学(北京)教授,博士生导师。现任中国机械工程学会摩擦学分会顾问委员会主任,中国机械工程学会荣誉理事,国际摩擦学理事会通讯理事,清华大学摩擦学国家重点实验室咨询专家委员会首席咨询专家,中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室指导委员会副主任,美国 *Advances in Tribology*《摩擦学进展》杂志副主编,中国 *Friction*《摩擦》杂志编委和 *Petroleum Science*《石油科学》杂志顾问编委会编委,《润滑与密封》杂志编委会副主任和《摩擦学学报》顾问。

1935 年出生于江西省赣州市。1955 年于北京石油学院(中国石油大学前身)机械系毕业并留校任教,从事石油机械和摩擦学教学与科研工作 50 年。在此期间,1982—1984 年,曾赴美国 Michigan 大学和 Akron 大学从事摩擦学研究。曾任中国石油大学(北京)校长,中国石油大学(校本部)校务委员会副主任,以及第二、三、四届中国石油和石油化工设备工业协会副理事长和北京石油学会副理事长,第 6 届中国机械工程学会摩擦学分会主任委员,第一、二届亚洲摩擦学理事会副主席,第一届亚洲摩擦学国际指导委员会副主席以及第三、四届世界摩擦学大会和第二、三、四届亚洲摩擦学大会国际顾问委员会委员。

系统地开展了橡胶材料和制动材料摩擦学的研究。在橡胶摩擦学方面,创立了可阐明从非稳态到稳态磨损全过程的磨粒磨损理论和可用于定量分析的能量理论,丰富并发展了橡胶摩擦学的理论。已在国内外出版英文专著 *Wear of Elastomers* 和 *Tribology of Elastomers*,后者已被收入国际摩擦学界著名丛书 *Tribology and Interface Engineering Book Series*。

本世纪初,首次提出绿色摩擦学(green tribology)这个术语,并倡导发展这门关系到节能、减排、保护生态环境、促进自然界和社会可持续发展的新的摩擦学分支学科。在 2009 年和 2013 年召开的第四、五两届世界摩擦学大会上,国际摩擦学理事会主席乔斯特(H. P. Jost)教授在开幕致辞中都充分肯定了作者在这方面的首创和贡献,引起国际摩擦学界的高度关注。

1985年,率先提出应用摩擦学(applied tribology)这个术语,并创建了面向石油工业的应用摩擦学学科和应用摩擦学研究室。创立了石油钻机刹车(制动摩擦)材料筛选的理论和方法,开发了5种制动摩擦材料,并在我国指导开发与推广石油钻机刹车的一项关键新技术,即盘式刹车技术,丰富和发展了制动材料摩擦学的内容。

2009年,获首批中国机械工程学会摩擦学分会摩擦学杰出贡献奖。已在国内外发表论文250多篇,出版中文专著和科技著作5部,高校教材3部,主编英文论文集3部。此外,还应邀撰写了由英国帝国理工学院出版社出版的摩擦学专著 *Polymer Tribology* 第9章“橡胶摩擦学的进展”。

代前言 我的摩擦学情结

学而不思则罔，思而不学则殆。

——《论语·为政》

欲穷千里目，更上一层楼。

——王之涣：《登鹳雀楼》

1955年，我从北京石油学院石油机械系毕业后，即留校任教，从事石油矿场机械专业的教学和科研工作。尽管早在20世纪60年代初，在我参与“石油矿场机械安装与修理”这门课程的教学和编写教材的过程中，就曾经接触到机器零件的磨损及提高其耐磨性的问题，但当时我并没有被这个领域所吸引。

1966年3月，当H. P. Jost在英国创立Tribology时，国内对此尚一无所知。直到1975年，一个偶然的机会把我引入了这个新领域。

1975年夏，我受学校委派，作为学校的唯一代表，参加第一机械工业部和石油工业部联合在兰州召开的“全国钻采机械易损件技术攻关经验交流会”。这次会议实际上是进一步动员和组织有关部门深入开展100项易损件的攻关工作。会议的展览大厅中挂着一幅十分醒目地标明了参加攻关单位名称的全国地图，作为我国第一所石油高等学府，我们学校竟然“榜上无名”。面对这幅地图，我感到惭愧。会议的最后一天，全国各地的代表已认领了绝大部分攻关项目，但“钻机刹车块损坏机理”这项课题却无人问津。

钻机刹车块看起来好像是一个很不起眼的易损件，但在钻井工人眼里，它却是关系到“三条命”（人身安全、设备安全和油井安全）的一个极其重要的关键易损件。当时，国产刹车块的性能差、寿命短、品种不全，打一口三千米的井，至少要用三、四副刹车块，而美国的同类产品打一口七千米的井才用两副，差距实在太太大。曾经在20世纪五六十年代，先后参加过川中和大庆两次油田会战的我，实在坐不住了，一种强烈的责任感和紧迫感油然而

生。我想,我不认领这项攻关项目,何以面对广大钻井工人?!

但是,在当时那个“闭关锁国”的年代,参考资料奇缺,想要攻克这个技术难关,谈何容易?而且,这还意味着,从此我要改变自己已从事近二十年之久的石油井架的研究方向,何况当时我在石油井架领域中已有一定的地位和较高的声誉。几经思考和斟酌,终于在会议的最后一天,我毅然决然地认领了这项我当时完全不熟悉的攻关项目。从此,我将要转到一个陌生的领域,一切从零开始。这种心情,正如我最近在一首词《浪淘沙·八十抒怀》的下半阕中所描述的那样:

中年敢担纲,“摩擦”攻关。

崎岖山径勇登攀。

誓为人先何所求?为国争光。

1979年,中国机械工程学会摩擦学分会(当时称为摩擦、磨损、润滑分会)成立,学校推荐我作为石油行业的代表,到广州参加了成立大会,并被选为第一届理事会理事。从此,我就正式进入了中国摩擦学界。

1982年,我争取到一个出国进修的机会。关于进修的方向,我在出国前,在调查研究的基础上,专门征求了党鸿辛先生的意见,他认为当时国内在橡胶磨损研究方面几乎是空白,建议我从事这方面的研究。因此,第一年我到美国橡胶中心 Akron 的 Akron 大学,在著名的高分子物理学家 A. N. Gent 的高分子科学研究所高分子物理研究室,从事橡胶磨损研究。第二年转到 Michigan 大学机械工程与应用力学系,在著名的摩擦学家 K. C. Ludema 的摩擦学研究室从事橡胶摩擦研究。回国后,1986年,我在华东石油学院(中国石油大学的前身)创建了第一个面向石油行业的应用摩擦学学科和应用摩擦学研究室。我首次提出应用摩擦学(applied tribology)这个新的术语,当时并没有得到国外同行的认同。曾经有一位印度教授问我,什么是 applied tribology?直到2001年,美国出版了 M. M. Khonsori 和 E. R. Booser 的著作 *Applied Tribology—Bearing Design and Lubrication*, 这个名词才被国外同行接受。

为了了解摩擦学的发源地——英国摩擦学界的情况,1987年我专程到英国,在帝国理工学院化学工程与工艺系摩擦学与界面工程教授 B. J. Briscoe 的颗粒工艺与界面工程研究室进行短期学术访问,开展橡胶摩擦与磨损的研究,并考察界面工程的研究情况。从此,高分子材料摩擦学,特别是橡胶摩擦学就成为我在20世纪80年代到90年代这段时期从事摩擦学研究的主要方向。

从 20 世纪 80 年代后期开始,美国摩擦学界的某些人对摩擦学的前途感到悲观,甚至要否定这门学科;一些政府部门纷纷改组或缩减摩擦学机构,大量削减对摩擦学研究的资助。正是在这种背景下,1993 年美国国家科学基金会的 Larsen-Basse 在参加我国第一届摩擦学国际学术研讨会上作报告时,提出警告:摩擦学正处在生死攸关的十字路口,并且预言摩擦学将发展到“表面工程时代”。我对此表示怀疑:难道一个创立还不到 30 年的新学科就会这样快的衰落,甚至消亡吗?我感到有必要对此做出明确的、科学的回答。然而,更使我感到震惊的是在 2000 年,在国外召开的一次国际摩擦学学术会议上,我亲自聆听了一位美国的权威学者的大会报告。他公然宣称:摩擦学是为了改善形象,而人为地组成的一个学科群 (disciplinary group)。也正是他,把摩擦学界定为“只是一种依附于机械系统的重要技术”。我认为这完全是一种似是而非并近似荒诞的主观臆断。为了防止某些“权威”把摩擦学引入歧途,我开始对这样一个关系到这门学科生死存亡的大问题进行深入地思考。我认真地学习了科学学的有关理论,并仔细回顾了摩擦学创立和发展的历史过程。在此基础上,我依据科学发展的动力学原理探讨了摩擦学的发展前景。终于使我对这门学科的性质、特征和内涵以及它在某些国家处于低潮的原因有了更清楚、更深刻的认识。

我的回答是:摩擦学是在某些传统学科的基础上,通过综合、交叉而形成的一门独立的边缘学科。它包括科学与技术这两个层面,它的产生适应了经济与社会发展的需要。因此,它不仅不会衰落、不会消亡,而且还会越来越兴旺。它的研究对象和范围将会超出一般机械领域,向更广阔的非机械领域拓展,从而将会在更广泛的范围内促进其他学科(如能源科学、环境/生态科学、材料科学、地球科学和生命科学等)的发展。与此同时,它也会不断地形成自身的新的学科生长点。

就在这一年,关于上述问题的思考,我以“摩擦学向何处去”为题在“表面工程及摩擦学学术会议”上作大会报告。会下,谢友柏院士建议我整理成文,送去发表。第二年,《中国机械工程》发表了 my 文章《摩擦学向何处去——关于摩擦学学科发展的思考》。

通过这件事,使我深深地认识到:作为一名科技工作者,必须具有战略头脑,才能对科技发展的未来有清醒的认识和准确的判断,只有预见未来,才能更好地把握未来,并创造未来。英国著名的文学家 J. Galsworthy 说得对: If you do not think about the future, you cannot have one(不思考未

来,就不可能有未来)。

因此,进入新世纪以来,我逐渐地把更多的精力用于从宏观上、全局上和战略上对摩擦学及其发展进行深入地思考,特别是对关系到人类生存和社会可持续发展的全球性的大问题。于是在2001年,我首次提出了“绿色摩擦学”(green tribology)。

2002年8月,在我担任了第六届摩擦学分会主任委员之后,我深深地感到,对于摩擦学的发展,特别是对于中国摩擦学的发展,不能只停留在思考阶段,而更应当付诸行动。为此,我在第一次常务理事会上提出了本届任期的两个主要工作目标:第一,走向世界,要在国际摩擦学界占有重要的一席之地;第二,立足国内,大力推动我国摩擦学的工业应用。我在任期内做了几件有益于我国摩擦学发展的工作:(1)倡导和推动召开时隔19年的第二届工业摩擦学大会(2004年);(2)倡导和推动召开纪念摩擦学创立40周年的全国摩擦学学术会议(2006年),并出版了纪念文集《历史的回顾与启示》(2007年);(3)协助谢友柏院士组织十几位院士、专家、教授和摩擦学分会的几十位专家、学者和工程技术人员,完成了中国工程院咨询研究项目《摩擦学科学及工程应用现状与发展战略研究》(2006年1月—2007年10月),并正式出版了调查报告《摩擦学科学及工程应用现状与发展战略研究——摩擦学在工业节能、降耗、减排中地位与作用的调查》(2009年)。这份调查报告不仅受到我国政府有关部门领导的关注,而且在国际摩擦学界产生了较大反响。

上述调查报告在国际上产生的影响,首先,表现在很快促成了2009年国际摩擦学理事会主席P. Jost和英国工程技术协会理事长C. Earnshaw邀请我和锥建斌教授率领的中国摩擦学学会代表团一行5人访问英国。代表团访英的使命,一是纪念“文革”后,英国第一个科技(摩擦学)代表团(团长是Jost)访华、开展中英两国科技交流30周年;二是推动绿色摩擦学的开展。为此,双方确定,这次访英的主题是“绿色摩擦学——节能、节材、改善环境和生命质量”。后来,Jost在2009年9月在日本京都召开的第四届世界摩擦学大会的开幕词(题目是:绿色摩擦学——适应经济和环境需求的领域)中宣布:可以将中国摩擦学代表团访问伦敦的这天(即2009年6月8日——本书作者注)“认为是绿色摩擦学作为一个国际性概念的公认誕生日”。其次,调查报告的国际影响还表现在国际摩擦学理事会主席连续在第四届和第五届(2013年,意大利都灵)两届世界摩擦学大会的开幕词中对上述调查报告给以高度评价。我曾亲身参加了从第一届到第五届的五届

世界摩擦学大会,国际摩擦学理事会主席在大会的开幕词中,如此高度评价一个国家的摩擦学的工作成果是绝无仅有的。而且,他还在这两届世界摩擦学大会的开幕词中突出地提到绿色摩擦学,并将此和我,一个中国学者的名字联系在一起,这也是没有先例的。

2007年我担任了摩擦学分会顾问委员会主任,我没有把它仅仅看作是一种荣誉,而更多地感到身上的责任,这意味着从此我更要高瞻远瞩地考虑我国摩擦学的发展。当时,我认为我国要从摩擦学大国迈向摩擦学强国,至少还存在两点不足之处。一是我国尚无一人获得过国际摩擦学界的最高奖——摩擦学金奖;二是我国还没有举办过在国际摩擦学界影响最大、水平最高、规模最大的世界摩擦学大会。

2005年以来,我曾多次在各种会议上指出“我国至今尚无人问鼎摩擦学金奖”这一严峻的事实。2007年初,我专门写信向Jost了解摩擦学金奖产生的具体过程和有关情况,并向他表示,在摩擦学金奖的获得者中没有中国学者的名字,可能会影响到这个最高奖项的国际性,他对此表示理解,并将会关注此事。2009年,在京都召开第4届世界摩擦学大会的第一天上午,他就主动把我拉出会场,向我了解情况并听取关于中国的摩擦学金奖获得者提名的意见。后来,以中国学者的名义,我和维建斌教授推荐、提名薛群基院士。在Jost的关心和帮助下,经过两年的努力,薛群基院士终于获得了2011年摩擦学金奖,成为第一个获此殊荣的中国学者。

第4届世界摩擦学大会闭幕后,Jost曾多次向我表示,希望中国摩擦学分会申办第6届世界摩擦学大会。我及时向当时任学会主任委员的维建斌教授转达了他的这种愿望,并建议积极响应。第二年,即2010年10月,经分会常务委员会讨论,一致同意申办第6届世界摩擦学大会于2017年在北京召开,并成立了申办工作委员会。随后,向国际摩擦学理事会提出正式申请。2011年8月,维建斌教授和我在北京接待了国际摩擦学理事会审查委员会的成员K. Holmberg教授,他对我们的申办工作进行了考察。2012年,在德国Esslingen召开的国际摩擦学理事会第20次工作会议上,以中国摩擦学分会三届主任委员(维建斌、刘维民、张嗣伟)的名义,由维建斌院士作了申办第6届世界摩擦学大会的申请报告。紧接着,2013年在意大利都灵召开的国际摩擦学理事会第21次工作会议上,经过国际摩擦学理事会到会的27名理事的投票表决,通过了我们的申请,这终于了却了我的一个心愿。

摩擦学把我带进了一个崭新的天地,我为之奉献近40年。这本文集在

一定程度上反映了我几十年来从宏观上对摩擦学思考的心路历程和行动轨迹。谨以此书纪念中国机械工程学会摩擦学分会成立 35 周年。

本书收录了我近 40 年来有关摩擦学学科及其发展的论述,其内容着眼于摩擦学学科的宏观研究与探索。第一篇是国内外学术书刊已公开出版过的文章,第二篇是在国内外摩擦学学术会议上已发表过,但未曾正式出版的报告与讲话的全文,第三篇是在国内外学术书刊上已公开出版,或在摩擦学学术会议上已发表,但尚未正式出版,以及部分还未公开发表过的一般论述。我对过去已公开发表的部分文章在文学上作了订正,本书第二篇和第三篇中的一些报告和文章的题目是这次出版时加上的。

在整理这本文集的过程中,兰惠清博士协助收集了文章的电子版,郭岩宝博士对全书做了大量的编辑、整理工作。为此,谨向他们表示感谢。

本书的出版得到清华大学摩擦学国家重点实验室的资助,特此致谢。

目 录

代前言 我的摩擦学情结	V
-------------------	---

第一篇 学术论著

1 摩擦学向何处去——关于摩擦学学科发展的思考	3
2 摩擦学的进展与展望(一)	11
3 从第一届世界摩擦学大会看当今摩擦学的发展动向	17
4 摩擦学的进展与展望(二)	23
5 关于我国摩擦学发展方向的探讨	30
6 我国摩擦学界面临的挑战与机遇	35
7 工业摩擦学面临的机遇和挑战	40
8 摩擦学科学与工程学的进展与展望	46
9 我国摩擦学科学与工程学的发展战略	61
10 关于我国摩擦学发展战略的初步思考	69
11 摩擦磨损润滑学的系统工程原理与方法结构	77
12 摩擦学研究的对象与内容	86
13 推动社会可持续发展的绿色摩擦学	89
14 关于我国发展绿色摩擦学的思考	95
15 绿色摩擦学的科学与技术内涵及展望	99
16 地质摩擦学——摩擦学在地球科学中的应用与发展	113
17 摩擦学在生命周期评价与设计中的作用	120
18 谈摩擦学在深井钻机中的应用	126
19 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	143
20 摩擦学在国产石油钻采设备技术发展中的作用	154
21 界面工程在石油工程与油田设备技术发展中应用的 展望	159