



联合国教科文组织报告

工程：

发展的问题挑战和机遇

Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development

世界工程组织联合会 (WFEO)

国际工程与技术科学院理事会 (CAETS) 编

国际咨询工程师联合会 (FIDIC)



清华大学工程教育研究中心

王孙禺 雷 环 张志辉 译



中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press



联合国教科文组织报告

工 程： 发展的问题挑战和机遇

Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development

世界工程组织联合会 (WFEO)
国际工程与技术科学院理事会 (CAETS) 编
国际咨询工程师联合会 (FIDIC)



清华大学工程教育研究中心
王孙禺 雷 环 张志辉 译



中央编译出版社
Central Compilation & Translation Press

图书在版编目(CIP)数据

工程:发展的问题、挑战和机遇 / 世界工程组织联合会,国际工程技术科学院理事会,国际咨询工程师联合会编;王孙禺,雷环,张志辉译. —北京:中央编译出版社,2012.7

ISBN 978-7-5117-1465-7

I. ①工… II. ①世… ②国… ③国… ④王… ⑤雷…
⑥张… III. ①工程技术—研究报告 IV. ①TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 168745 号

工程:发展的问题、挑战和机遇

责任编辑:董巍

责任印制:尹珺

出版发行:中央编译出版社

地址:北京西城区车公庄大街乙5号鸿儒大厦B座(100044)

电话:(010)52612345(总编室)(010)52612365(编辑室)

(010)66161011(团购部)(010)52612332(网络销售)

(010)66130345(发行部)(010)66509618(读者服务部)

网址:www.cctpbook.com

经销:全国新华书店

印刷:北京天正元印务有限公司

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:720千字

印张:35.25

版次:2012年12月第1版第1次印刷

定价:95.00元



本社常年法律顾问:北京大成律师事务所首席顾问律师 鲁哈达

凡有印装质量问题,本社负责调换,电话:010-66509618

序

余寿文^①

工程在中国发展的历史长河中,有着举足轻重的作用。翻开中国五千年的文明史,智慧的中国人取得了很多辉煌的工程技术成就,创造了灿烂的物质文明和精神文明。只因长期的封建统治,在近代,中国的工程发展落后了。在新中国成立之后,特别是改革开放以来,中国的发展融入了世界现代文明的潮流中。在世界工程技术前沿,中国的工程科技不断取得新的成就、新的进展。在空间与海洋技术、超级计算机、土建与交通工程、现代化工、新型能源、量子信息、纳米技术等领域,都有中国工程科技人员的贡献。与此同时,他们也肩负着应对社会与经济领域中种种挑战的使命和责任。在中国快速发展的进程中,仍还存在一些能源、环境、食品安全与医疗保健的问题;中国还有一部分人生活在贫困地区;自然灾害仍然威胁着人民的生命财产安全。在解决这些问题并建设全面小康社会的过程中,工程师们和有志于工程的年轻人担负着新的责任。

欣闻联合国教科文组织(UNESCO)的报告《工程:发展中的问题、挑战和机遇》出版,这是一个很好的题目,也是第一部以全球的眼光关注工程的报告。文章的撰写者来自世界上各类型的不同国家,有发达的国家,也有发展中的国家。这使得读者能从更广阔的视野来了解世界的、而不只是部分国家的关于工程的发展、挑战和机遇这一论题的研究成果。而对于中国这一最大的发展中国家的读者来说,无疑更有裨益:使读者们深入了解与思考世界工程的发展、中国近年来工程的发展的动因与面临的机遇与挑战。UNESCO投入了很大的精力完成报告,给全世界读者带来丰富的信息。

UNESCO的这部报告,首先是一本普及读物,让更多的读者了解工程的历史与发展。正如报告中反复提到的那样,当今社会对工程、特别是现代工程的理解和认识非常贫乏,不少国家都出现了年轻人对工程兴趣下降、大学工科专业招生减少、工程师短缺等问题。报告用许多生动的例子告诉人们工程师在做什么,工程为我们的社会贡献了什么,力图还“工程”一个客观、全面的形象。我们需要更多这样可读性很强而且覆盖面广、视野宽阔的报告,吸引全社会关注工程。

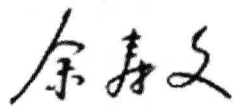
^① 余寿文,国际工程教育学会联盟(IFEEs)副主席、国际断裂大会副主席;中国高教学会工程教育委员会副理事长、清华大学工程教育研究中心学术委员会主任;原中国工程院教育委员会委员、原清华大学副校长。

这部报告有着重要的学术意义。它融会了世界各地的学者、研究者、管理者的观点,既有全球视野的广度,也有具体问题的深度。报告阐释了工程在“发展”这个全世界关注的主题中的重要性,对工程行业、工程教育以及工程师个体都有深入的研究,其视角和方法值得读者借鉴。报告中有很多关于数据和指标的讨论,这对我们科学分析工程师的数量与结构、工程教育和工程师的评价等问题的历史发展与面临的机遇与挑战有重要的意义。中国正在进行工程师体系与工程教育的改革,对这些问题的深入研究,无疑能给改革提供更多的理论支持,使我们能用历史发展的眼光,从更宽广的事业和更深入探究的角度来推进我们的工程发展与工程教育改革。

对宏观决策者来说,这部报告也是很好的参考。报告认为工程是解决人类当前所面临的减少贫困、气候变化、可持续发展等全球性问题的关键,这些问题是每个国家的政府和个人都应该关注并努力做出贡献的。中国政府一向重视并努力解决这些问题。本书著者汇集国际名家,但对中国工程教育与工程发展方面的介绍尚嫌不足;也期盼今后在这方面有所补足。这也是对国内这方面研究与著述提出的一个新的任务。

清华大学工程教育中心王孙禺教授等学者付诸心血将报告翻译成中文,让更多中国的读者也能够分享报告的精髓。工程教育中心长期以来十分关注国外工程与工程教育研究的发展,近年来搜集、翻译了许多国内外的重要报告,为工程教育研究奠定了良好的基础。这部报告中译本的出版,是他们努力学习、长期积累的又一成果。希望他们再接再厉,在工程教育研究上取得更多的成绩。

需要特别说明的是,这部报告中文版的出版得到了联合国教科文组织的大力支持。UNESCO 基础和工程科学部工程主任、本工程报告的主创、总编辑和协调人 Tony Marjoram 先生为中文版撰写了序言。在此表示衷心的感谢。



中译本序

Tony Marjoram^①

联合国教科文组织(UNESCO)的报告《工程:发展中的问题、挑战和机遇》首先被翻译为中文,这是再合适不过的。工程和工程师在中国的发展中有特别重要的意义——不管是在过去还是现在,未来也无疑是这样的。我很荣幸为中文版撰写编者序。本书是首部全球范围的关于工程的报告,重点关注工程在发展中的作用,现在已成为 UNESCO 的旗舰刊物之一,有非常好的销量和下载次数。

UNESCO 工程报告的想法最早出现在 2000 年左右,一部分原因是 1993 年出版的 UNESCO 科学报告中缺乏工程的内容。虽然科学报告在 1996 年、1998 年、2005 年和 2010 年相继出版了续集,这一问题仍然没有得到解决。2007 年工程报告的计划正式出炉并获得批准,编委会首先梳理了大纲,分出许多章节,然后开始寻找可能的撰稿人。在预算很少的前提下,报告的撰写工作正式启动。来自 40 个国家的 120 多位撰稿者,同意义务为报告撰稿,以作为对报告的支持。2008 年世界工程师大会上,首次宣布了报告的进展,2010 年 10 月在 UNESCO 首发。

长期以来,工程在中国的发展中都发挥了重要的作用。中国早期的发明包括铸铁和铁犁、马镫、火药、印刷术、磁罗盘和发条擒纵装置,其中有许多以前都被认为是西方的发明。中国在过去二十多年中的发展是非常惊人的,很大程度上是由于解决问题的方法和工程的应用。中国最近的成就包括工业、基础设施、交通、通信、航空航天以及世界一流大学的发展和相关研究。这些都表明,中国已成为世界的新工厂。

李约瑟在 1954 年出版的《中国的科学与文明》中,对科学、工程和技术在中国的作用进行了研究。李约瑟也是说服 UNESCO 将科学纳入组织职权的人,并在 1946 年成为 UNESCO 自然科学部的第一任领导。冷战期间,他于 1948 年离任,但仍然关注科学和工程的合作。李约瑟第一个提出了“为什么中国早期在工程、科学和技术上取得了很多成就,后来却被西方国家超越”的问题。

中国的工程所面临的问题与其他许多国家都是相似的:将工程应用到社会和经济发

① UNESCO 基础和工程科学部工程主任(2001-2011 年度),UNESCO 工程报告的主创、总编辑和协调人

展中、减少贫困、可持续发展、减缓和适应气候变化、年轻人对工程兴趣下降和招生减少、工程师短缺以及促进能力建设的工程教育新方法。报告指出,这些挑战是相互关联的——如果年轻人看到工程在可持续性中的重要性和更有趣的教学方法,比如基于问题和项目的学习,他们就能够被吸引。挑战也可以带来机会。

随着中国的快速发展,李约瑟的问题已经成为历史,甚至应该反过来问:中国如何超越了西方?答案显然与工程、科学和技术的最新成就以及工程和工程师解决问题的方法有关。中国独特之处在于有许多领导人有工程背景,这对中国近期的发展无疑起到了重要的作用。过去 200 多年的五次技术创新浪潮,凸显出全球可持续发展的必要性和联合国可持续发展大会(里约+20)的重要性,而第六次技术创新浪潮所面临的主要挑战是可持续工程和绿色技术的发展。

我们希望 UNESCO 工程报告的中译本能够续写原版的辉煌,这将鼓励其他语种的译本和报告的后续版本。

Tony Marjoram

序 言

Irina Bokova, UNESCO 总干事

这份关于工程 and 发展的报告具有里程碑式的意义,是联合国教科文组织、甚至任何国际组织出版的第一部关于这一话题的报告。

这份报告汇集了世界各国 120 多位专家翔实而富有洞察力的深刻见解,从新的视角审视了工程师在发展中的重要作用。

自从人类发明了轮子,工程的进步就紧密地围绕着人类社会的发展。特别是在过去的 150 年里,工程和技术极大地改变了我们所生活的世界,延长了人类的预期寿命,提高了人类的生活质量。

然而,工程所带来的健康、住房、营养、交通、通信等诸多改善在世界范围内的分布却并不均匀。很多人还没有干净的饮用水和适宜的公共卫生环境,还无法享受医疗中心的服务,甚至还需要每天沿着崎岖的小路步行数千米去工作或学习。

展望 2015 年,联合国的“八项千年发展目标”的最后期限越来越近,我们必须充分发挥工程对世界发展的影响力。

普及小学教育的目标需要修建更多新的学校和公路;改善产妇的保健条件的目标需要更多更好的医疗设施;而环境可持续发展的目标则需要更好地控制污染,发展清洁技术并改善农作方式。

因此,工程值得我们大力关注,它对世界发展的贡献应该得到我们充分的肯定。

如果工程师的角色能够更为大众所认识和理解,这一职业将吸引更多的人。现在和将来,我们应该确保有足够多关心世界发展问题的有志青年进入这个领域。据预测,仅仅是撒哈拉以南的非洲地区,要实现清洁饮用水和公共卫生的联合国千年发展目标,就至少需要 250 万工程师和技术人员。

当前的经济危机也为工程带来了机遇和挑战。危机将导致教育投入的减少,继而降低工科学生接受训练的机会。但是,各国领导人已经意识到加大对工程、科学和技术投入的重要性,因为此时,加大对基础设施和技术的投资,可以减缓气候变化、提供可再生能源,这些方面将对经济复苏和可持续发展提供途径。

工程往往是科学默默无闻的合作伙伴。我希望联合国教科文组织这份关于工程的第一份报告《工程：发展的问题、挑战和机遇》，将有助于改变这种状况。

/line Bonus

前言

Gretchen Kalonji, UNESCO 自然科学部助理总干事

工程在解决全球社会所面临的大规模紧迫挑战中的关键作用得到了广泛的认可。这些大规模的挑战包括:提供人们负担得起的卫生保健;解决能源、交通和气候变化等一系列相互关联的问题;为人类提供公平获取信息的机会;干净的饮用水;减少自然和人为灾害;保护环境和自然资源管理。因此,动员工程界更有效地为社会,特别是为发展中国家,提供有益的、实实在在的产品和服务是一个极其重要的国际责任。

工程作为人类的努力,本身也面临着许多其他的挑战,包括吸引和留住我们更多的青年,尤其是妇女;加强教育事业;与自然和社会科学、艺术建立更有效的跨学科合作;将我们的工作重点放在加强创新、创业和创造就业机会上;提高公众对工程的了解和支持。本报告是 UNESCO 第一本关于工程的报告,试图为国际社会更好地理解工程所面临的问题、挑战和机遇做出贡献,特别关注我们的学科对可持续发展的贡献。

这个报告是 UNESCO 所出版的最有成本效益的报告之一,几乎完全依靠国际工程界的自愿奉献。我想首先感谢一百多名撰稿者。我还想称赞协调和编辑团队所做的工作——Tony Marjoram, Andrew Lamb, Francoise Lee, Cornelia Hauke 以及 Christina Rafaela Garcia, 还有 UNESCO 基础科学和工程科学部主任 Maciej Nalecz 的支持。我也想衷心感谢我们的合作伙伴——世界工程组织联合会的 Tahani Youssef, Barry Grear 和他们的同事们,国际咨询工程师联合会的 Peter Boswell, John Boyd 和他们的同事们,国际工程与技术科学院理事会理事会的 Bill Salmon, Gerard van Oortmerssen 和他们的同事们。我还要感谢编辑顾问委员会的成员,特别是 Kamel Ayadi 主席,他们的帮助使报告得以顺利完成。

这份报告是继 UNESCO 的四本科学报告之后的又一力作,这四本科学报告的第一本出版于 1998 年。虽然工程被认为是广义“科学”的一个组成部分,但在这些报告中并不突出。这就使国际工程界一直呼吁对工程开展一项国际性研究,特别是工程在国际发展中的作用。此报告有助于满足这样的研究需求。正如总干事所指出的工程社, UNESCO 中的未来也因为“国际工程计划”的提出而变得更加光明,这一计划已经在 2009 年 10 月最近召开的一次执行委员会和大会上获得批准。

正如这份报告所指出的那样,由于工程的普遍性,它确实是一个深刻和多样的话题。我们试图竭尽所能覆盖工程的广度和深度,虽然我们面临很多制约因素,Tony Marjoram 和他的团队做出了非常出色的工作。我们希望该报告对全社会都能起到积极的作用,我们将继续与合作伙伴一起努力设计后续的活动。

摘要

关于工程的议程

这是第一本由联合国教科文组织编写的关于工程的报告,甚至也是第一本关于全球工程的报告。这份报告聚焦发展的问题,涉及了很多文献中所提出的急需关注的问题和研究空白。报告由负责科技(并涵盖工程)的跨政府机构——联合国教科文组织,与个体的工程师以及主要国际工程组织——世界工程组织联合会(WFEO)、国际工程与技术科学院理事会(CAETS)和国际咨询工程师联合会(FIDIC)联合完成。报告邀请了众多杰出的工程师和优秀的工程机构撰稿,并得到他们的热情回应。他们对这项开创性工作表现出无限的热情,并出于对工程界的责任,完全自愿无偿地为报告提供了大量的文字、照片和宝贵的时间。

本报告为工程在发展中的作用,特别是其中的问题、挑战和机遇,提供了一个展示和讨论的平台。总的来说,全球性的问题及挑战包括:减少贫困,促进社会和经济的可持续发展以及实现联合国千年发展计划的其他目标;全球化;架起数字化桥梁,拓宽科技知识应用的领域。目前急需解决的问题及面临的挑战包括:减缓和适应气候变化,尽快实现低碳生活;自20世纪30年代以来最严重的经济衰退和危机;增加对基础设施和工程能力及其相关研究的投入。与此同时,许多国家开始担心年轻一代,特别是年轻女性,对工程科学和技术的兴趣明显减弱,这些领域的招生人数也明显下降。这种情形将对发展能力有何影响,特别是对于深受人才流失影响的发展中国家。

该报告阐述了以下几个方面的重要性:

1. 拓展公众和政策对于工程的认识及理解,强调其作为创新和社会经济发展动力的作用;
2. 推广工程的知识,特别是当前迫切需要关于工程的统计数据和指标(比如一个国家究竟需要并且已经拥有的工程师的类型及数量——这已经超出了本报告的研究范围);
3. 改革工程教育及其课程和教学方法,强调课程和教学方法与工程学科的相关性,培养学生解决问题的能力;
4. 更为有效的创新,并将工程和技术应用于全球性的问题和挑战,例如减少贫困,可

持续发展与气候变化——特别是目前急需的绿色工程和低碳技术。

这份报告指出,很多针对这些问题、机遇和挑战的可能性解决方案是相通的。例如,一个显著的发现表明,当年轻人、大众和政策制定者看到相关信息和指标显示工程、创新与技术是解决全球性问题方案的一部分的时候,他们对工程的注意力及兴趣就有显著提升。我们迫切需要工程界与大众和私人机构合作,提升工程的影响力,这不仅是为了工程本身,也是为了全世界。这份报告就是国际社会对这种需要的回应。

声 明

世界工程组织联合会(WFEO)

Barry J. Grear, 世界工程组织联合会主席(2007 ~ 2009)

这份报告提供了一个重要的契机。作为第一份关于工程的国际性报告,它使国际工程组织有机会得以向世界展示工程对于世界所发挥的重大作用及贡献。

这份报告探讨了工程在发展中所面临的主要问题和挑战——工程的发展以及工程在国际发展中的重要角色。

报告所提出的问题、观点及诸多成功案例,为政府的政策制定者、工程组织、国际发展组织、工程从业者以及公众了解工程学科的未来、能力需求、工程技术教育以及工程应用前景提供了一系列有价值的信息。

我祝贺并感谢所有为此报告做出贡献的人,特别是本报告的编辑 Tony Marjoram 博士,他在联合国教科文组织中的工作,一直鼓励着工程领域。

世界工程组织联合会是由一些区域性工程组织发起成立的一个国际性非政府组织,2008 年我们庆祝了她的四十周年庆。世界工程组织联合会将超过 90 个国家和地区的工程组织联合起来,代表了全世界大约 1500 万工程师。我们非常荣幸能参与联合国教科文组织第一份关于工程学科的报告。

国际工程与技术科学院理事会(CAETS)

Gerard van Oortmerssen, 国际工程技术

科学院理事会主席(2008)

国际工程与技术科学院理事会深刻认识到振兴工程职业的重要性。

科技发展创造了我们的现代社会,而工程师承担着推动科技发展的责任。他们致力于基础设施建设、工业生产、农业机械化、现代化交通系统以及科技创新,例如大众传媒、计算机和通信系统。科技开发保持着持续的稳步上升,特别是在信息和通信技术、纳米

技术和生物技术等新兴领域。这些发展是令人兴奋的,同时也需要更先进的工程技术能力并得到社会的认可。技术创新创造了财富,改善了我们的生活使其更为舒适。

但这些只是对一部分人而言,并不是对所有人。

经济发展和社会繁荣在全世界范围内的分布并不均衡。联合国千年发展目标的实现需要工程师的巨大努力,但同时也需要他们的创造力,因为发展中国家通常需要新的行为方式或者对传统技术进行重新发掘。

此外,工程师们也面临着新的挑战。我们的社会面临着诸多问题,这些问题在一定程度上是由社会发展造成的,而工程师们则致力于解决这些问题:自然资源枯竭、环境问题和气候变化。这些问题要求高素质的工程师通过高效的生产过程和运输系统、新的可持续能源、高效利用物质材料、回收再利用废旧物资等诸多途径提出解决方案。

全球人口的持续增长导致对工程技术人才的需求不断增加。与此同时,工程的性质也在发生着改变。工程一直以来都是多学科交叉的,它将物理、化学、材料和创意设计、发明、创新等结合起来,并且它所涉及的领域越来越宽广。工程师们越来越多地意识到社会和环境对科技的影响,因此他们必需在复合型的团队中工作,实现与社会的互动及合作。

令人遗憾的是,在这种对于全能型工程师的需求日益增长的背景下,许多国家的年青一代对于工程学科的兴趣正在日益衰退。政府和公众对于工程的重要性及其不断变化的物质的认识应该得到提高。

国际工程技术科学院理事会非常支持联合国教科文组织对于工程自身发展及其对社会发展的现状、问题及挑战的探索。

国际咨询工程师联合会(FIDIC)

John Boyd,国际咨询工程师联合主席(2007~2009)

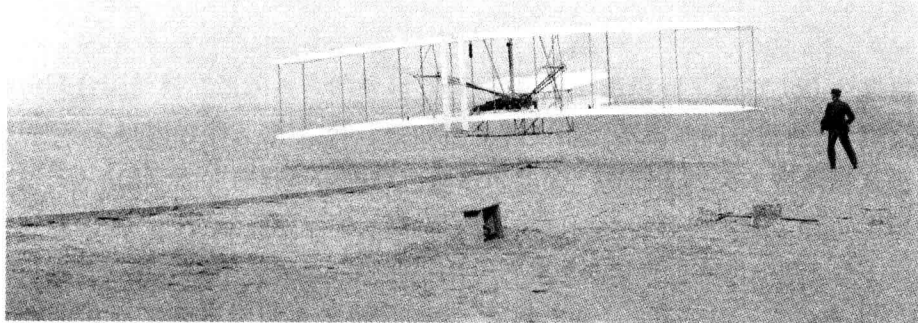
国际咨询工程师联合会是一个代表全球工程咨询业务的国际性组织。这份报告中所提及的问题是引导我们工业、行业以及社会发展不断走向成功的关键,我们非常荣幸能参与这份报告的筹备工作。它在一个至关重要的时机出现。工程职业在发达国家中正在逐渐地减少,我们的服务例如工程咨询行业已经逐渐被忽略。具有讽刺意义的是,这种情况恰恰出现在我们的社会前所未有地急需工程创新的时期,在某种程度上是我们自己造成了这一问题。

从根本上说,可持续发展、减少贫困和气候变化问题是工程的问题。我们不得不拓展我们的设计理念,超越传统的日程和成本安排。同时,我们也必须广泛地关注社会需求,比如如何减少水、能源和材料的消耗,如何尊重人权及文化权利以及如何寻求人类健康及社会安全。这种安全及健康不仅应体现在工程实施过程中,更需要体现在其后续影

响上。

这一挑战需要真正的工程创新。引领创新需要我们超越原有的舒适区域,参与到社会论辩中去,捍卫我们的价值观,无论其是否受到欢迎。

这是我们面临的挑战,同时也是我们的机遇。



© Wikimedia commons 莱特兄弟的第一架动力飞机,1903 年

致 谢

这份联合国教科文组织报告的缘起、起草和最终定稿得到了超过 150 个来自工程领域、公众或私人机构的个人、组织和学校的推动和支持。没有他们自愿而慷慨的援助、承诺和支持,这一国际性的首份报告的产生是不可能的。我们谨代表工程学科及更广泛的工程界对他们热心的贡献表示感谢,同时也祝贺他们使这份报告填补了有关工程学科在社会及经济可持续发展中的重要作用的空白。首先感谢世界工程组织联合会(WFEO)执行委员会和世界工程组织联合会的同事们,包括 Bill Rourke, Peter Greenwood 和 Barry Grear,他们在 2005 年提出了撰写一份国际性的工程学科报告的想法;感谢世界工程组织联合会 2006 ~ 2007 年度主席 Kamel Ayadi,他于 2006 年向联合国教科文组织提交了撰写工程学科报告的方案;感谢联合国教科文组织前任总干事 Ko · chiro Matsuura,他批准了该方案并推动报告的编写工作于 2006 年 10 月启动;感谢世界工程组织联合会 2008 ~ 2009 年度主席 Barry Grear 及 2010 年度主席 Maria Prieto - Laffargue,他们对这份报告给予了积极的支持;感谢联合国教科文组织总干事 Irina Bokova,她强调了工程学科在社会及经济的可持续发展中所承担的重要角色。

报告的撰写工作最初邀请了国际工程与技术科学院理事会(CAETS)的 Bill Salmon、国际咨询工程师联合会(FIDIC)的 Peter Boswell 和他们的同事参与我们的讨论。国际工程与技术科学院理事会和国际咨询工程师联合会作为本报告的合作机构给予了极大的支持,我们在此表示衷心的感谢。在随后的工作中,我们成立了一个顾问编辑委员会。委员会成员来自世界各地的工程学组织,他们为确定报告的结构和形式提供了各种咨询。顾问编辑委员会的副主席包括时任联合国教科文组织自然科学助理总干事的 Walter Erdelen, Kamel Ayadi,国际咨询工程师联合会(FIDIC)的 Peter Boswell,国际工程技术科学院理事会的 George Bugliarello, Brian Figaji, Monique Frize, Willi Fuchs, Issié Yvonne Gueye, Charlie Hargroves, Yumio Ishii, Paul Jowitt, Andrew Lamb, Eriabu Lugujjo, Najat Rochdi, Bill Salmon 以及 Luiz Scavarda, Mohammed Sheya, Vladimir Yackovlev, Tahani Youssef, Miguel Angel Yadarola, Zhong Yixin, Lidia Żakowska。在此我们对他们以及其他被邀请的专家们对报告的帮助和贡献表示感谢。

本报告的文章均通过征稿,由作者无偿提供。我们对以下撰稿者的大力支持表示高度