



中国地质调查成果
CGS 2015-017



地下水氯代烃污染羽原位修复

Hans F. Stroo C. Herb Ward 主编

张二勇 钱永 李亚松 费宇红 译



地质出版社





中国地质调查“全国地下水污染调查评价综合
研究（编码 1212010634611）”项目资助

地下水氯代烃污染羽原位修复

Hans F. Stroo C. Herb Ward 主编

张二勇 钱 永 李亚松 费宇红 译

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 摘 要

本书系统阐述了地下氯代烃溶剂污染物的来源和化学性质, 污染羽的调查和数值模拟方法; 详细介绍了地下水氯代烃溶剂污染羽的原位物理、化学和生物修复技术及其修复效应与成本; 对每种修复方法都辅以典型污染场地修复案例, 说明其修复工艺设计、工程背景和实施方案。

本书可供从事地下水有机污染场地调查及其修复等工作的相关科研人员参考, 也可作为相关领域大专院校的教学参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地下水氯代烃污染羽原位修复 / (美) 斯图
(Stroo, H. F.) 等主编; 张二勇等译. —北京: 地质
出版社, 2015. 3

书名原文: In situ remediation of chlorinated solvent plumes
ISBN 978 - 7 - 116 - 09184 - 9

I. ①地… II. ①斯… ②张… III. ①氯代烃 - 地下
水污染 - 修复 - 研究 IV. ①X523. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 057126 号

Translation from English language edition:

In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes

by Hans F. Stroo and C. Herb Ward

Copyright© 2010 Springer New York

Springer New York is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

Dixiashui Lüdaiting Wuranyu Yuanwei Xiufu

责任编辑: 祁向雷 高岩松

责任校对: 王 瑛

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)66554642 (邮购部); (010)66554692 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010)66554686

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 43.75

字 数: 1060 千字

印 数: 1—1000 册

图 字: 01 - 2015 - 0762

版 次: 2015 年 3 月北京第 1 版

印 次: 2015 年 3 月北京第 1 次印刷

定 价: 300.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 09184 - 9

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

地下水氯代烃污染羽原位修复

翻译：张二勇 钱 永 李亚松 费宇红

主编：Hans F. Stroo C. Herb Ward

作者：Bruce C. Alleman Philip B. Bedient Robert C. Borden
Paul M. Bradley Richard A. Brown Cristin L. Bruce
Francis H. Chapelle Robert M. Cohen David M. Cwiertny
Michael Duchene Rachel Farnum Stephen C. Geiger
David Gilbert Robert W. Gillham James M. Gossett
Lai Gui Mark Harkness Bruce M. Henry
Paul C. Johnson Richard L. Johnson David W. Major
Perry L. McCarty James W. Mercer Charles J. Newell
Michael R. Noel Robert D. Norris Matthew Petersen
Hanadi S. Rifai Tom Sale Michelle M. Scherer
Thomas J. Simpkin Jennifer Son Hans F. Stroo
Benoit Van Aken John Vogan C. Herb Ward
John T. Wilson

美国战略环境研究与发展计划 (SERDP) 和环境安全技术 认证计划 (ESTCP) 修复技术系列专著

编著: C. Herb Ward, Rice University

战略环境研究与发展计划 (SERDP) 和环境安全技术认证计划 (ESTCP) 组织众多顶尖专家学者编撰了污染修复系列专著, 本书主要对土壤和地下水氯代烃溶剂污染羽场地修复和技术进行了详尽论述。近期将要出版的其他专著包括:

- 试剂投放和地下混合: 原位修复的过程和设计原理 (Delivery and Mixing in the Subsurface: Processes and Design Principles for In Situ Remediation)
- 地下水污染修复的生物强化技术 (Bioaugmentation for Groundwater Remediation)
- 地下水污染修复的原位化学氧化技术 (In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation)
- 氯代烃溶剂污染源区修复 (Chlorinated Solvent Source Zone Remediation)
- 污染沉积物的识别和修复 (Characterization and Remediation of Contaminated Sediments)
- 土壤和地下水中军火污染组分的修复 (Remediation of Munition Constituents in Soil and Groundwater)



美国国防部战略环境研究与发展计划 (SERDP)

901 North Stuart Street, Suite 303

Arlington, VA 22203



美国国防部环境安全技术认证计划 (ESTCP)

901 North Stuart Street, Suite 303

Arlington, VA 22203

译者序

随着工业化程度提高，周围环境中的有机污染物不断增多，对环境和人类健康的危害也日益显现，相对于三氯和重金属污染物，地下水中的有机污染物常难以察觉、危害极大，可随水流动形成污染羽，修复难度大、周期长、需要投入巨额经费。

氯代烃类有机化合物是有机污染物的典型类型，在机械、化工、医药、服装和电子原器件清洗等行业广泛应用，是地下水中的常见污染组分。氯代烃溶剂难降解、易挥发、毒性大，是地下水中最难治理污染物之一。据统计，在美国超级基金场地中，四氯乙烯是排行第四的常见有机污染物。美国在 2007 年 1689 个国家优先治理的污染场地中，有 924 个场地含有四氯乙烯，1022 个场地存在三氯乙烯污染。我国地下水污染调查显示，37 项必测有机组分中氯代烃类有机污染组分的检出率和超标率均位居前列，是我国地下水中的主要污染组分之一。

本书译者近年来主持和参加了多项国家有关部门，特别是中国地质调查局组织实施的区域和场地尺度土壤与地下水污染调查、评价与修复，深感我国有机污染形势严峻，地下水污染调查修复任重道远，为此我们广泛检索和查阅了国内外地下水污染调查修复的相关资料，重点研读了具有 30 多年污染修复实践和经验教训的美英等国著作，经国外多年从事地下水污染修复专家的推荐，考虑到氯代烃有机污染物分布的普遍性和修复的艰巨性，反复斟酌思考，选择《地下水氯代烃污染羽原位修复 (In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes)》一书进行翻译。希望本书能对我国地下水污染调查修复提供参考和帮助。

《地下水氯代烃污染羽原位修复 (In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes)》一书是由美国战略环境研究与发展计划 (SERDP) 和环境安全技术认证计划 (ESTCP) 资助编写的，书中对美国地下水氯代烃溶剂污染的修复历史、技术以及最新研究现状进行了详细叙述和总结，并列举了大量修复实例，本书由该领域的顶尖专家编写，且由多个专家详细审阅，这些专家长期从事地下水污染修复，具有深厚理论功底和丰富实践经验。因此，本书具有重要实用和参考价值。

然而，正如书中提到的那样，“要想获得更好的修复技术，就必须首先科学了解污染场地的地下状况，掌握污染场地的化学、物理和生物过程，并结合工程实践逐步

获得污染修复的先进技术”。我国污染场地修复也应在实践基础上，不断深化研究，逐步摸索出适合我国国情的污染调查修复技术方法。

本书是译者在两年多的时间里，利用业余时间陆续翻译完成的，从查阅筛选确定书籍，到翻译成稿，中间经历了多次讨论和协商，翻译过程中逐字逐句进行推敲，深感翻译是一项艰苦的工作！对译者的英文理解能力和专业能力都是一次切实的考验！因时间较紧，且地下水污染修复在我国还处于发展阶段，再加上能力有限，对书中部分内容的理解难免有所偏差，翻译中也难免有错漏之处，衷心希望读者多多指正！

本书分为 21 章，序言由张二勇、乔凡翻译；第 1 章至第 7 章由张二勇翻译；第 8 章至第 14 章由钱永翻译；第 15 章至第 21 章由李亚松翻译；附录由乔凡、钱永翻译；费宇红审校。张二勇、费宇红进行了统稿。高岩松对本书进行了编辑校正，唐宏才为本书翻译提供了大量帮助，韩占涛为译书选题提供了重要信息，美国纽约市立大学郑焰教授对本书的翻译给予了指导和帮助。李海涛、尹力河、蒋小伟、田夏、吴国庆、王春晓、郭云彤、郭抒燕、何欣、董佩瑾、刘文娜参与了本书的图表翻译校对。

感谢本书的编者在我们翻译过程中给予的无私指导和帮助，使我们能顺利完成翻译工作！感谢为我们翻译本书提供帮助的各位同行！

感谢中国地质调查局文冬光、郝爱兵、吴爱民、李铁锋、姜义，中国地质科学院水文地质环境地质研究所石建省、张兆吉、张永波、申建梅对本书翻译的关怀和指导。感谢林良俊、石菊松、胡秋韵、曹佳文、王璜对本书的帮助。

本书的翻译出版得到了中国地质调查局的支持和帮助，得到了地质大调查项目（1212010634611）、国家自然科学基金项目（41402230、41402235）、公益性行业专项（200901104）和环境保护部地下水基础调查项目（20110302）的资助，在此致以诚挚的谢意！

译者

2014 年 11 月 16 日

作者序

20世纪70年代末80年代初，美国开始关注历史上有毒化学品处置的遗留问题。随着1980年《综合环境响应、赔偿和责任法》（CERCLA）（即超级基金法）的诞生，污染场地修复上升到了国家法律层面。美国国防部（DoD）作为美国最大的工业机构，也意识到了其历史遗留的大量污染场地问题，如美国陆军、海军、空军和海军陆战队装备、驻扎区、生产场地、船坞和仓库导致了大面积的土壤、地下水和沉积物污染。因此美国国防部早在20世纪70年代中期就启动了军事基地污染场地修复计划，而1980年开始实施的超级基金则主要关注历史上被私营企业遗弃或者忽略的严重污染场地。1984年美国国防部开始执行国防部环境修复计划（DERP），对有关污染场地进行评价和修复。两年后，美国国会将国防部环境修复计划（DERP）提升为国家法律，并指导国防部开展创新性污染修复技术的研究、开发和示范。

正如1994年美国国家研究委员会的报告——《危险废物场地分级的修复法律》中提到的那样，早期对用现有技术开展污染场地修复的费用和适宜性评估明显过于乐观。初步估计在1980年，每个污染场地的修复投入大概仅需360万美元，全国仅有大约400个场地需要修复。国防部对污染场地修复费用的早期预计也很乐观。1985年，国防部估计大约有400~800个场地需要修复，所需修复费用大概是50~100亿美元。10年后，已经投入了超过120亿美元用于污染场地的环境修复。经重新评估，所有场地的修复费用涨到了200亿美元以上，需修复场地的数量也超过了2万个。到2007年，在经过10年时间、花费超过200亿美元之后，国防部再次评估发现还需要花费超过130亿美元用于已知污染场地的修复和清除。为什么会低估污染场地修复治理的费用呢？所有的评估都是根据实际情况开展的，修复技术也是现成的，也足以解决当前污染修复问题，修复人员也具备足够的科学和工程知识，拥有相应的修复装备和技术，而且修复人员对于污染组分也有充分认识。那么低估的原因究竟何在呢？

不久，人们就意识到是因为用来修复地下水和土壤中燃油、氯代烃溶剂以及重质非水相液体污染物的技术非常缺乏。1994年，美国国家研究委员会撰写的“地下水污染清洁方案”文件中明确指出，美国在过去15年中开展的地下水清洁工作是失败的，通常采用的抽出处理技术效率很低。美国国防部也明确提出需要更好的清洁技术以修

复污染场地。然而要想获得更好的技术，就必须首先科学了解地下相关状况，掌握污染场地的相关化学、物理和生物过程，并结合工程实践逐步获得污染修复的先进技术。于是美国国防部组成了两个研究机构用于研究、开发和试验污染修复的高效技术和设备，这两个研究机构就是上面提到的战略环境研究与发展计划（SERDP）和环境安全技术认证计划（ESTCP）。

战略环境研究与发展计划（SERDP）是1991年依据国防授权法案建立的，之后成为美国国防部、能源局和环保署的合作机构。它的使命是“通过支持基础性和应用性的技术研究和开发，处理国防部和能源局所面临的环境问题，增强并满足国防部和能源局履行环境职责的能力。”创建战略环境研究与发展计划（SERDP）的出发点就是为了提升国家能力，加强技术储备，以应对国防部面临的环境挑战。因此战略环境研究与发展计划（SERDP）也就是美国国防部的环境研究和开发计划。为了应对美国陆军、海军、空军和海军陆战队所面临的最高级别的环境修复问题，战略环境研究与发展计划（SERDP）主要关注跨行业需求，并致力于解决国防部面临的高风险、高回报且极难处理的环境问题。战略环境研究与发展计划（SERDP）允许跨行业跨领域的投资，投资范围包括基础性研究、应用性研究和探索性试验。该计划的投资理念就是支持能够影响近期环境问题的基础性和应用性关键技术研究。

环境安全技术认证计划（ESTCP）创建于1995年，是美国国防部的合作组织，负责美国国防部的技术示范和认证。环境安全技术认证计划（ESTCP）是对应用于美国国防部最高优先级别环境需求的技术进行认证、示范和转化。该计划旨在通过美国国防部场地污染修复和技术装备示范，鼓励和促进创新、高效的环境技术研发和应用。这些新的技术通过提升效率、降低风险和节约成本会给投资者带来巨大的回报。污染修复的经费投入和国防部环境保护行为的影响十分重要。创新性技术减少了环境修复的经费投入，在增强军事设施的同时也减少了国防部对环境的影响。环境安全技术认证计划（ESTCP）的战略是挑选出经过国防部门实验室认证、应用前景广泛、以国防部的设施作为实验平台的技术。环境安全技术认证计划（ESTCP）通过支持严格的实验和创新性环境技术评价等方式，为最新污染修复技术提供认证经费和性能资料。通过以上实验，使新的修复技术被终端用户和管理机构认可并接受。

战略环境研究与发展计划（SERDP）和环境安全技术认证计划（ESTCP）实施以来的14~18年里，在创新、高效的环境修复技术研发方面取得了大量成果，以前一些很难修复的环境问题，自从有了新的技术后，也变的容易了。然而，即使这样，如果美国工程咨询委员会不了解或者没有看到过这些技术的设计、花费和市场前景以及实际应用，那么新技术也很难得到推广应用。

为促进和完成技术转移，战略环境研究与发展计划（SERDP）和环境安全技术认证计划（ESTCP）开始资助编写修复技术系列专著，这些专著由每个领域的顶尖专家编写。每一卷都将提供相关工艺设计和工程背景材料，这些背景材料是受过高级培训的专业人员或有5年以上从业经历的专业人员所需要的。系列专著的第一卷是“地下水中高氯酸盐的原位生物修复”，作为当前急需开展的高氯酸盐修复的技术指南。本书是第二卷，书名是“地下水氯代烃污染羽原位修复”，氯代烃溶剂是当前发达地区面临的最难治理的污染物之一，书中对修复地下水中这一污染物的物理、化学和生物技术进行了详细叙述。本系列专著的其它卷将围绕重质非水相氯代烃溶剂污染源区修复、改善生物修复过程的生物强化技术、用于改善污染物地下修复的试剂投放和混合策略与技术、地下水污染处理的化学氧化技术和污染沉积物的修复等内容进行编写。另外还会就新研发且验证有效的修复技术编写补充卷。

本书对过去10到15年氯代烃溶剂污染羽修复的重点研究内容、研发和试验进行了综述，适用于决策者、污染修复工程人员和从事污染修复系统设计、施工的水文地质学家，以及正在进行修复研究的专业人员，我们衷心希望本书能够促进污染修复技术的有效应用和研发。本书主要包括以下几章：

- 地下水氯代烃溶剂污染修复综述（第1章）。
- 氯代烃溶剂的化学性质（第2章）。
- 氯代烃溶剂的生物降解（第3章）。
- 影响氯代烃溶剂修复的非生物作用（第4章）。
- 氯代烃溶剂污染的修复工程设计及实施（第5章）。
- 氯代烃溶剂污染羽修复模拟（第6章）。
- 氯代烃溶剂污染羽调查及其修复效应（第7~8章）。
- 污染修复技术简介，包括每种技术的优缺点及修复技术的筛选过程（第9章）。
- 当前应用于氯代烃溶剂污染羽治理的多种物理、化学和生物修复技术的详细综述，包括：生物处理技术，如监测自然衰减法、生物刺激和生物添加（第10~13章）；物理-化学技术，例如曝气法、化学氧化和还原法；可渗透反应墙（包括零价铁反应墙和鲜为人知的电解反应墙）（第14~17章）；井中处理技术（第18章）和植物修复技术（第19章）。

最后的章节重点分析影响修复技术的最重要因素，即经费问题。并且认为应该采取更高效节约的技术应对可能需要花费几十亿美元才能修复的环境污染问题。第20章主要是关于地下水氯代烃污染修复技术适用性评价所需的费用。每种技术的费用都

是在参考了几个典型污染场地后得出的，在其它场地修复时，通过对比相关技术费用来做出选择。第 21 章是关于最新修复技术研发的重要未知因素和不确定因素，这些最新技术包括正在快速发展的分子生物修复技术。第 21 章也是在广泛咨询有关专家的基础上编写的，以指导当前和今后氯代烃溶剂污染修复研究项目。

本书的每一章都被一个或多个专家详细审阅过，本书的编辑和每章的作者合力编写了这本文字流畅的最新专著，就是期望能够为氯代烃溶剂的地下水污染修复决策、污染修复从业者和致力于推进修复新技术研发的专家学者提供重要参考。

战略环境研究与发展计划 (SERDP) 和环境安全技术认证计划 (ESTCP) 致力于创新技术研发，以减少因军事行为和工业开发导致的土壤、地下水和沉积物污染修复的花费，这两项计划也坚持致力于技术传播，以确保这些计划的投资不但能为美国国防部节约经费，还能够为美国的污染修复节约经费。在编写这本专著过程中，我们希望为污染修复团体和个人提供氯代烃溶剂污染修复的最新技术和方法。

Jeffrey A. Marqusee,

Ph. D. , Executive Director, SERDP and ESTCP

Andrea Leeson,

Ph. D. , Environmental Restoration Program Manager, SERDP and ESTCP

译者简介

张二勇，男，(1978 ~)

工学博士，中国地质调查局高级工程师，从事水文地质调查研究。主持和参加编制国家行业规范 1 部，中国地质调查局水文地质调查规范 3 部。主持出版中国北方 11 个平原盆地地下水资源及其环境问题调查系列专著，发表论文 20 篇，其中 SCI 检索 6 篇。2013 年获得中国地质调查局地质调查成果奖一等奖。

钱永，男，(1980 ~)

中国地质科学院水文地质环境地质研究所助理研究员，河北省地下水污染机理与修复重点实验室副主任。主要研究领域为地下水资源与环境、水土有机污染与修复，目前正在深入开展土壤与地下水中挥发性有机污染 (VOCs) 的气相抽提 - 电加热联合修复方法研究。先后主持和参加国家自然科学基金项目 (41402230)、地质调查项目、省部级公益项目、973 专题项目等 20 余项，发表学术论文 30 余篇。

李亚松，男，(1983 ~)

中国地质科学院水文地质环境地质研究所助理研究员。主要研究领域为区域地下水有机污染、农业区地下水污染防控等方面的研究。先后主持完成和参加国家自然科学基金项目 (41402235)、地质调查项目、省部级公益项目 20 余项，发表论文近 30 篇，SCI 和 EI 检索 6 篇。

费宇红，女，(1960 ~)

工学博士，研究生导师，中国地质科学院水文地质环境地质研究所二级研究员。从事水资源调查评价与研究 30 多年，负责和参加完成多项国家和部级科技项目；近年来参与负责完成了“华北平原地下水污染调查评价”和“氯代烃污染场地调查评估”等国土资源大调查项目。对人类活动影响下区域地下水资源及环境变化方面有着深入研究，对华北平原水资源问题有着独到的见解和认识。发表论文近 70 篇，SCI 和 EI 检索十余篇；出版专著 5 部，获省部级科技成果奖 20 项。

主编介绍

Hans F. Stroo

Stroo 博士长期担任水文地质领域技术顾问，为大量的私人 and 公共整治工程提供技术咨询，并担任 SERDP 和 ESTCP 项目技术顾问达 10 年之久。

Stroo 博士获得俄勒冈州立大学生物和土壤科学专业学士学位，西弗吉尼亚大学土壤科学专业硕士学位，康奈尔大学土壤科学专业博士学位（重点研究土壤微生物学）。

Stroo 博士以前是 RETEC 的修复技术骨干。拥有超过 20 年的污染土壤和地下水修复评估经验，特别是在原位生物修复使用和发展方面。

Stroo 博士曾是 SERDP、其他政府机构和私人公司的专家审查组成员。最近，他在地下水中的氯化溶剂和 DNAPL 源区整治项目担任 SERDP 研讨会主席。他是 SERDP 著作的原位修复地下水中的高氯酸盐的编辑作者。

C. Herb Ward

Ward 博士在莱斯大学的乔治·布朗工学院工程担任福伊特小组主席。他也是土木与环境工程、生态学和进化生物学教授。

Ward 博士获得新墨西哥州立大学学士和康奈尔大学硕士，德克萨斯大学公共卫生学院博士。他是美国环境工程师学会注册的专业工程师，德克萨斯委员会认证的环境工程师。

Ward 博士曾在莱斯大学任教 43 年，在那里担任环境科学与工程、土木与环境工程系系主任，并是该大学能源与环境系统研究所的创始主任。他还担任美国环境保护局（ES-EPA）主办的国家中心地下水研究和国防部主办的高级应用技术（环境方面）设施开发（AATDF）主要负责人。

Ward 博士曾是任美国科学顾问委员会成员，担任 SERDP 科学咨询委员会主席。他创办和主编了国际环境毒理学和化学科学杂志（Environmental Toxicology and Chemistry）。

Ward 博士获得弗雷德里克乔治的杰出贡献勋章（Frederick George Pohland Medal），主要是因为他在桥接环境研究、教育和实践做出的杰出贡献，2006 年获得布朗和考德威尔终身成就奖（Brown and Galdwell Lifetime Achievement Award），2007 年获得水环境联合会颁发的杰克爱德华勋章（Jack Edward Mckee Medal），该奖表明获奖人在地下水修复方面做出了杰出贡献。

作者介绍

Bruce C. Alleman

Alleman 博士是俄亥俄州哥伦布市 Brown and Caldwell 公司的总工程师，他不仅负责政府及私人企业的修复项目，同时也是这些公司的技术顾问。

Alleman 博士毕业于亚利桑那大学，相继取得了水文学学士学位以及土木与环境工程专业的硕士和博士学位。26 年来，他致力于开展污染土壤、地下水、沉积物以及市政和工业废水生物和非生物处理研究。曾担任 SERDP/ESTCP 项目的主要负责人和副负责人，并且是 GCWS（地下水原位修复技术）和 RABITT（原位还原厌氧生物处理技术）的主要作者。

Philip B. Bedient

Bedient 博士是莱斯大学土木与环境工程系的赫尔曼布朗教授。他长期致力于地表水和地下水水文和洪水预报系统方面的研究。是 *Hydrology and Floodplain Analysis* 和 *Groundwater Contamination* 这两本书的第一作者，在美国有超过 75 所大学将前者作为教科书。1988 年被授予环境科学专业的 shell 杰出讲座奖，目前在 SSPEED 中心指导暴雨预报、教育和灾害疏散等工作。

Bedient 博士曾就读于佛罗里达大学，并相继获得物理学学士、环境工程硕士和环境工程科学的博士学位。

Robert C. Borden

Borden 博士从 1986 年起就担任北卡罗来纳州立大学土木工程专业教授。也是 Solutions - IES 公司的首席工程师。他主要研究地下有害物质的自然和人工增强修复。

Borden 博士相继取得弗吉尼亚大学土木与环境工程学士和硕士学位及莱斯大学环境科学与工程专业博士学位。

他的研究包括地表水和地下水水文学、地表水污染迁移、原位修复和数学模型开发。目前他主要开展乳化油修复氯代烃溶剂、高氯酸盐、铬和酸性矿水污染修复问题。在 Solutions - IES 公司 Borden 博士参与和主持了大量项目，其中包括传统的修复方案，如原位生物修复、原位化学氧化修复、监测自然衰减修复和专家鉴定等。

Paul M. Bradley

Bradley 博士从 1988 年起就在美国地质调查局从事生态研究工作。他在佐治亚理工大学取得了学士和硕士学位，在南卡罗莱纳大学获得博士学位。他的研究方向为地表水及地

下水污染和原始环境中的微生物生态。他在这个领域发表了超过 115 篇科学论文。

Richard A. Brown

Brown 博士在 1999 年加入 ERM，并被任命为技术发展部总监。负责生物修复、化学氧化、臭氧氧化修复、原位金属固定及原位化学还原修复等修复技术的研发和应用。他还负责土壤及地下水处理新技术的评估。

他获得哈佛大学化学专业学士学位、康奈尔大学无机分析化学硕士学位及有机金属化学博士学位。Brown 博士一直从事调查和修复复合污染场地新技术的研发，如木材加工、煤气化、矿山开采和一些超级基金场地。目前，他已获得 20 项美国专利，原位臭氧氧化难降解有机物的两个附加专利，其中两项专利是关于过硫酸钠的原位化学氧化。Brown 博士发表了超过 100 篇的专业论文。

Cristin L. Bruce

Bruce 博士是德克萨斯州休斯敦市 Shell Global Solutions 公司的区域技术保证负责人。她的主要研究领域是污染物的分析与迁移。她获得了赖斯大学的化学学士学位和环境微生物学的硕士学位及亚利桑那州立大学土木与环境工程的博士学位。她还在亚利桑那州立大学完成了三年环境工程专业的博士后研究。

Bruce 博士主要从事创新技术研发和发展以及中小规模场地的评估、处理系统的优化设计与施工。

Francis H. Chapelle

Chapelle 博士从 1979 年起就在美国地质调查局从事水文学方面的研究。他相继获得了马里兰大学音乐学士学位和地质硕士学位、乔治华盛顿大学的硕士和博士学位。他的研究方向是受污染和原始状态下微生物对地下水的化学性质影响途径。他发表了超过 120 篇科学论文和一本教科书（Ground Water Microbiology and Geochemistry, John Wiley & Sons, 2001）

Robert M. Cohen

Cohen 博士是弗吉尼亚州北部 GeoTrans 股份有限公司的一名水文地质学家。他相继获得了迪金森大学地质学学士学位和宾夕法尼亚州立大学地质学硕士学位。从 1982 年就职于 GeoTrans 股份有限公司起，Cohen 先生主持了诸多项目，包括环境污染和修复和地下水供水开发。他与人合作撰写了关于场地特征和管理的一些指导性文件，包括 1993 年重质非水相液体的地质评估和 1997 年常规泵与处理系统的设计指导。

David M. Cwiertny

Cwiertny 博士是加州大学河滨分校的化学与环境工程专业教授。他主要从事水处理和环境整治技术和策略开发，包括地下水净化铁基还原剂应用。Cwiertny 博士相继获得了加州大学伯克利分校的环境工程科学学士学位和约翰霍普金斯大学环境工程博士学位。他还获得了爱荷华大学的土木与环境工程学院和化学学院联合任命的博士后奖学金。

Michael Duchene

Duchene 先生在污染场地评估和修复领域有 15 年的工作经验。Duchene 先生相继获得了滑铁卢大学土木工程学士和硕士学位。1999 年，加入 EnviroMetal Technologies 有限公司，他从事了数年地下水修复系统的设计和操作。作为公司的高级工程师，他负责管理工程设计、安装和渗透反应格栅的长期运行。他还参与创新施工方法的开发和评估，以及渗透反应格栅运行中化学和水文地质性能参数的解译。

Duchene 先生与人合作出版了几本和渗透反应格栅技术相关的书籍，包括州际科技与监管理事会指导手册和 *Permeable Reactive Barriers: Lessons Learned/New Directions* (2005)，并担任州际科技与监管理事会的培训讲师。

Rachel Farnum

Farnum 女士是纽约 Niskayuna 通用电气全球研究中心的环境工程师。她相继获得了伦斯勒理工学院环境工程学士学位、哥伦比亚大学地球与环境工程硕士学位。Farnum 女士还是纽约州的专业工程师。

Farnum 女士从 2002 年起就职于通用电气全球研究中心。她的工作包括修复和土壤蒸气入侵的实验室可行性研究和咨询支持。并因此而参加了美国材料与试验协会 E50.02.06 工作组开发标准房产交易蒸气入侵标准 (E2600-08)，参加了科技与监管理事会蒸气入侵团队。

Stephen C. Geiger

Geiger 博士是弗吉尼亚州阿林顿市 AECOM 环境部门的环境科学家。他相继获得了葛底斯堡大学生物学学士学位、罗格斯大学土壤科学硕士学位和德州农工大学土壤化学博士学位。

Geiger 博士拥有超过 24 年的咨询与研究开发经验，专门从事项目管理以及金属和有机物在土壤和沉积物的生物利用，还从事环境化学，地质化学和植物修复等方面的研究与开发。他还从事人体健康及生态风险评估和环境数据统计分析等相关工作。他还是州际科技与监管理事会和污染的沉淀物学术团体成员，提供战略环境研究与发展计划和 ESTCP 中植物修复问题的建议。

David Gilbert

Gilbert 博士 2002 ~ 2008 年间在科罗拉多州立大学土木与环境工程学院从事研究工作。他的研究方向污染地下水的电化学氧化还原原位处理，以及水库缺氧沉积物污染物释放的化学热力学方式。他相继获取地质学学士学位、环境工程专业硕士学位和水文学博士学位。另外，Gilbert 博士有地下水和地表水行业十年工作经验。不幸的是，Gilbert 博士在 2008 年去世了。

Robert W. Gillham

Gillham 博士担任滑铁卢大学地球与环境科学学院水文地质学教授超过 30 年了。他

的主要研究方向包括物理水文地质、污染物迁移过程和地下水修复。Gillham 博士发表了超过 130 篇出版物。他已经培养了 66 名硕士和 23 名博士。Gillham 博士目前是滑铁卢大学卓越的名誉教授。

James M. Gossett

Gossett 博士自 1976 年起一直担任康奈尔大学土木与环境工程学院教授。他主要进行微生物学研究，包括生物降解以及微生物动力学复杂的相互作用影响因素。自 1984 年以来，他一直专注于生物降解氯代烃有机溶剂。

Gossett 博士相继取得了斯坦福大学化学工程学士学位、土木与环境工程专业硕士和博士学位。他在 1976 年加入康奈尔学院，是北大西洋公约组织（北约）的一员（1987 ~ 1992），参与污染土地和地下水修复技术的试验研究，并担任西北太平洋国家实验室（PNNL）子公司的科学家（1996 ~ 1999）。

Gossett 博士的研究成果经常被媒体报道，包括华盛顿邮报、纽约时报、新闻日报、费加罗报、美国科学探索、化学与工程新闻与土木工程。他还经常出现在许多广播媒体的报道中，包括英国广播公司国际频道的采访、RTL（德国电视网）、美国有线电视新闻网以及美国有线电视新闻网科学科技周的周刊杂志。

Lai Gui

Gui 博士是一位环境科学家，主要从事利用渗透性反应格栅，利用强化的化学生物降解技术处理环境污染物方面的研究。Gui 博士在滑铁卢大学担任了十年的教授，然后加入加拿大渥太华的有害生物管理卫生监管机构，现任科学鉴定负责人。

Mark Harkness

Harkness 先生是纽约 Niskayuna 美国通用电气公司全球研发中心的修复工程师，他的职务是项目经理，负责为制定土壤和地下水污染修复方案提供咨询服务。

Harkness 先生相继获得了伦斯勒理工学院学士和硕士学位。在美国通用电气公司全球研发中心的 21 年中，他主要负责研发多氯联苯、石油烃和氯代烃溶剂的新型修复方案。他的专长是地下水中氯代烃溶剂被动生物修复系统设计。他曾作为修复技术发展论坛生物修复联盟指导委员会的成员，在生物修复领域发表和出版了大量的论文和专著。

Bruce M. Henry

Henry 先生是科罗拉多州丹佛市 Parsons Infrastructure & Technology Group 的项目经理和首席地质学家。他在污染土壤和地下水调查修复方面有 16 年的经验，并曾在油气勘查领域工作。Henry 先生相继获得科罗拉多大学的地质学学士和硕士学位。他是怀俄明州注册的专业地质学家。

Henry 先生为地下水中碳氢化合物和氯代烃溶剂原位修复项目提供管理和技术指导。他曾为美国空军制定氯代烃溶剂增强原位生物修复技术方案，是 *Practices of Enhanced Bioremediation of Chlorinated Solvents* 和 *the Technical Protocol for Enhanced Anaerobic Bioremediation using Permeable Mulch Biowalls and Bioreactors* 的主要作者。Henry 先生还为私人 and 公