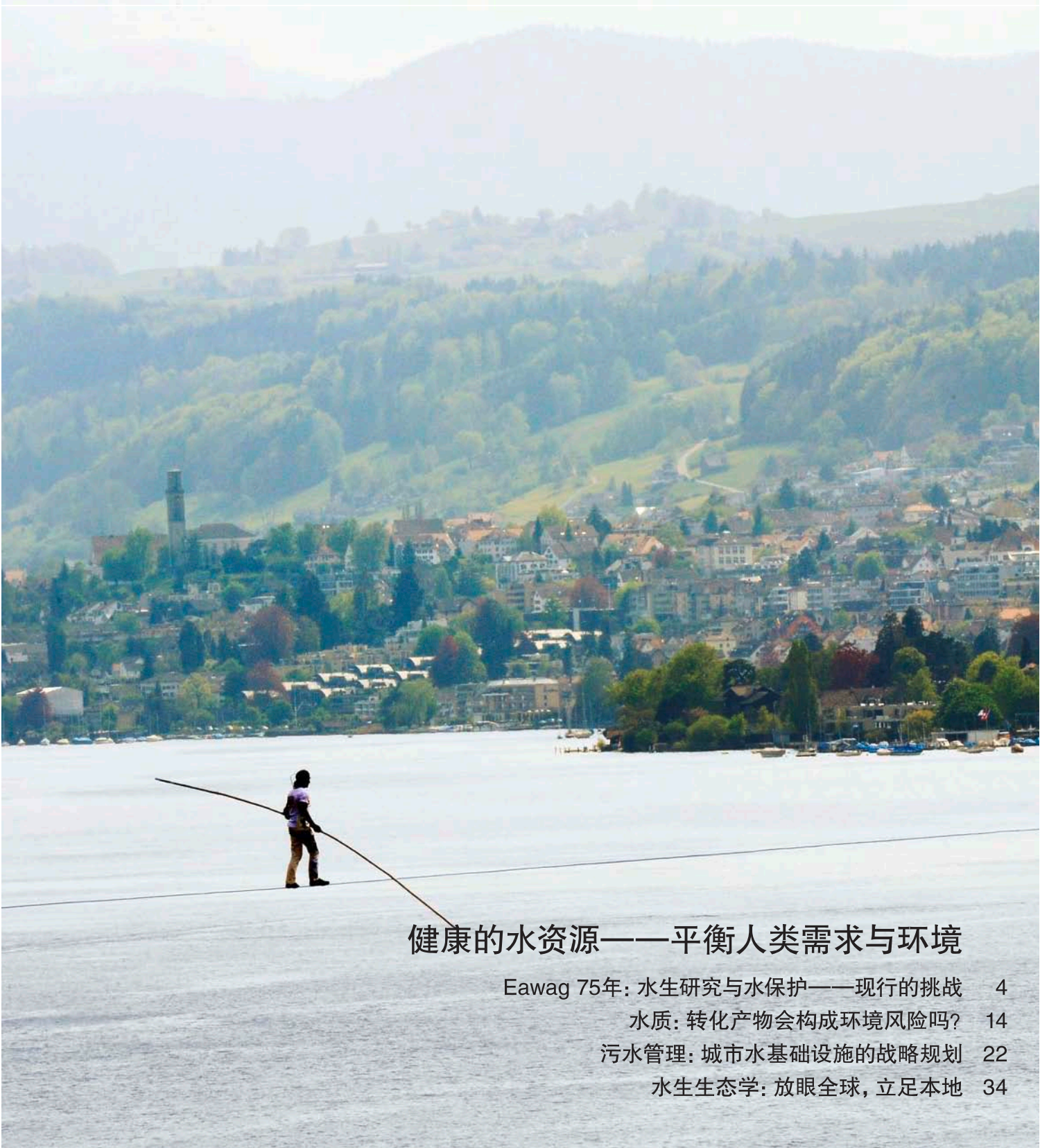


新闻



健康的水资源——平衡人类需求与环境

Eawag 75年：水生研究与水保护——现行的挑战 4

水质：转化产物会构成环境风险吗？ 14

污水管理：城市水基础设施的战略规划 22

水生生态学：放眼全球，立足本地 34



Rik Eggen, 分子生物学家,
Eawag副所长, 并在苏黎世联
邦理工学院讲学

75年走钢丝

说到水, 瑞士可谓得天独厚。即使是在今年春季降水量异常低的时候, 这个国家也不缺水。此外, 瑞士通常非常认真地履行其欧洲“水塔”的职责。其水资源和基础设施始终如一的成功管理证明了这一点。但即使是示范性的水管理方法也不可避免地会带来水生环境和景观的退化(有时是重大的退化)。

全世界对水资源的压力日益增加。无论哪个部门——供水、工业、农业、航运、发电或旅游——我们“多选择社会”不同行动者的这种资源利用需求没有减弱的迹象。与此同时, 人们在努力保护或恢复剩余的水生生境; 最终(无论它们会多么正当有理), 这些也是来自我们社会组成部分的需求。

这些竞争性愿望——适度的可持续的水利用与充分的水保护、发电与水生生态系统服务的保护——需要被权衡, 必须确定重点: 一项名符其实的平衡行动! 研究也面临重大挑战, 因为它有责任向决策者提供充分的科学知识和可靠的决策基础。

迄今为止, Eawag已成功地为此奋斗了75年。本期新闻的主题之一是, 最初的苏黎世联邦理工学院污水处理和饮用水供给咨询中心是如何成为世界领先的水生研究机构之一的。Eawag历史中不变物之一肯定是想通过高质量、跨学科的科学工作帮助解决实际问题。这有时也涉及不同学科之间或基础研究与应用科学之间的平衡。鉴于其咨询和培训活动, Eawag作为一个重要的专家合作伙伴已被专业人士所重视。

本杂志旨在让读者了解当前Eawag研究人员专注的问题, 换言之, 当前与未来与水相关的问题。饮用水的监测与分析、城市水管理基础设施、污水管理方面的清洁技术、发展中国家的环境卫生或水生环境中的演化生态学, 无论主题可能是什么, 这些文章首先反映社会对水资源关注的各种兴趣, 其次, 反映对以Eawag综合方法为特征的水系统看法的多样性。这一方法的结果常常是开拓性理念和不断创新的技术。

即使是在瑞士这一水塔, 水资源的健康与安全也不能被视为理所当然。未来的挑战是实现各种有时相互矛盾的需求之间明智的平衡。尖端的综合研究可有助于确保为健康的社会提供水和为健康的生态系统保护水。

目 次

Eawag 75年

4 水生研究与水保护: 现行的挑战



75年来,水资源保护依然是一个现行的挑战,这不仅需要改进污水处理和饮用水处理方法,而且还需要早期察觉问题并加以预防。

水 质

14 转化产物会构成环境风险吗?

不仅母化合物而且转化产物可能都与生态毒性有关。Eawag研发的化学和生物分析方法能帮助评估这类环境风险。

18 饮用水微生物学: 从了解到应用



水质可能会因病原体污染而受到不利影响。新方法允许改善饮用水的监测,以及更好地了解十分重要的微生物过程。

污水管理

22 城市水基础设施的战略规划

瑞士饮用水供给和污水管理基础设施的可持续的战略规划,必须考虑未来的需求和不确定性。合理的解决办法试图使整个生命圈的利益最佳化,而且适应当地条件。

26 改善环境卫生的联合努力



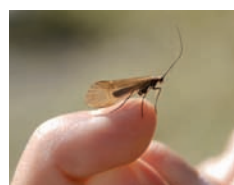
发展中国家痢疾和婴儿高死亡率的主要原因之一是环境卫生差。改善必须要适应当地条件,并依靠应用研究与非政府组织、当地社区和当局之间的密切合作。

30 用于未来污水处理的清洁技术

环境无害化污水处理技术还应开发污水本身所含的资源。开拓性新方法包括尿源头分离以及营养素回收用作尿基肥料。

水生生态

34 放眼全球,立足本地



在努力恢复淡水生境和保持它们为子孙后代提供的生态系统服务的过程中,保护和加强地方种群是非常重要的,因为地方级出现的过程是生态系统运作的基础。

38 瞬息万变的世界中水的未来

只有最大限度减少人类水资源利用的不利影响,才能保障水环境所提供的广泛的生态系统服务。

简 讯

42 无动物实验的生态毒理学研究

42 微型潜艇在日内瓦湖潜航

44 微污染物的评价

eawag
水生研究

出 版: 瑞士联邦水生科学与技术研究所
EAWAG, P.O. Box 611, 8600 Duebendorf, Switzerland
电 话: +41 (0) 58 765 5511
传 真: +41 (0) 58 765 5028
网 址: <http://www.eawag.ch>

编 辑: Andres Jordi
出版情况: 每年2期, 以英、德、法、中4种文字出版

中文版翻译出版: UNEP-Infoterra中国国家联络点
北京市2871信箱 邮 编: 100085
电 话: (010) 62920727 62849120
传 真: (010) 62923563
电子邮件: nfpkszh@rcees.ac.cn
网 址: <http://www.rcees.ac.cn>
ISSN 1440-5289

水生研究与水保护：现行的挑战

Eawag的历史反映了日益综合的水保护方法：它已不仅仅涉及污水和饮用水处理方法的改进，而且还有问题的早期发现和预防；不仅仅是突发事件的管理，而且是了解基本过程的努力；不仅仅是国家重点，而且是国际视角。即使是在75年的研究、教育和咨询之后，水资源的保护依然是一个现行的挑战。

在20世纪初，不断增长的城市地区未处理或仅机械性处理的污水的排放以及工业废水的排放，意味着瑞士河流和湖泊的环境变得日益可怕。尤其是渔民开始抗议这种状况，要求联邦当局采取对付水污染的行动。

瑞士缺乏污水专家 在第二次世界大战之前，瑞士专门研究污水处理厂规划和建设的专业人士很少。少数专家来自德国。所以，1936年1月1日，联邦委员会建立了联邦理工学院污水处理与饮用水供给咨询中心。卫生研究所（由Willy von Gonzenbach领导的；见第5页专栏）和水力工

程试验站（建于1930年，由Eugen Meyer-Peter任负责人）构成了这一新机构的基础。它最初雇用一名化学家、一名工程师和一名生物学家。

除了向州当局和镇当局提供咨询服务之外，它集中在污水系统领域的研究与教育以及水质监测方面，以判断新系统的有效性。早在1938年，该咨询中心在位于Werdhölzli的苏黎世城市污水处理厂的旁边建了一个试验站，在那里，可以研发处理办法，并进行地表水自净能力方面的研究。该试验站于1950年搬到附近的Tüffenwies站，2001年又搬到Dübendorf站。Eawag的早期研究不仅涉及

Eawag实验室和实验装置：河水样品中放射性活性的测定（左）以及在不需要化学品或泵的情况下试验一种用于去除饮用水中病毒和细菌的塑料膜（右）



Stefan Kubli

污水生物处理,而且还涉及饮用水消毒方法,这些方法可以提供替代氯化的方法,例如涉及到臭氧、银或紫外线辐射的方法。

综合方法的开端 1946年,该咨询中心(当时雇用24个人)成为一个完全成熟的研究所,称之为Eawag(即联邦给水、污水处理和水污染控制研究所)。靠在生物系和化学系旁边,建立了地下水水质系和市政工程系。首任主任是Ulrich A. Corti(一位化学家和积极的鸟类学家),他一直服务到1952年。虽然Eawag集中在州级和镇级实际污水处理需求方面。但Corti已在研制长期的生态概念,并撰写作为生境的地表水的功能方面的文章。不过,这项工作的价值在之后很久才被认识。

涉足政治 1952年,在苏黎世理工学院教授水生物学和湖泊学以及孢子植物学的Otto Jaag被任命为Eawag所长。Jaag早已对关于水污染控制的一个法规条款的提出表示深深的个人支持。该条款1953年通过了民众投票,不少于81.4%的民众赞成。公众对水保护的高度支持很大程度是由于Otto Jaag对这一事业的促进。

他的主张没有错,因为第二次世界大战后能源和资源消耗的不断增长,对天然水留下了深远的影响。环境保护机构尚不存在。1960年,仅10%的人口与集中的污水处理厂有关。河岸被用作倾倒场,湖中游泳常常是被禁止的。Jaag认识到《水保护法》老掉牙,迫切要求修订(特别是在关于补贴的更积极的政策方面)。1962年通过了一个修订案(带有关于补贴的新条款),1971年的一部新法为污水网络和处理基础设施的扩建铺平了道路。如今,瑞士大约97%的污水都在现代处理厂中得到处理。

仅污水处理厂是不够的 在新的水保护规定(不只是基于Eawag所进行的工作)被一个“条例”(1975年)和一项“法规”(1991年)采纳之后,产生了一个类似的“实施真空”,这要求精心利用水资源以及生态合适的剩余流量。虽然联邦层面认识到污水处理厂和合理的清洁水本身不足以达到综合水保护,但定量性保护措施(包括河流恢复)以及增加剩余流量的努力进展缓慢。

随着2011年初开始实施的最新修订的《水保护法》,现在应改变这一状况了。现有更多的资金,法律要求各

瑞士水保护的一面镜子

Eawag的建立具有一个复杂的史前背景,它反映了瑞士水保护的发展过程。19世纪末,关于疾病起源和扩散的知识激增。1894年,Robert Koch(他发现了结核杆菌)的一位学生Otto Roth在苏黎世联邦理工学院建立了卫生与细菌学研究所。那时,主要关注的是“保护工作场所的工人免受环境危害、事故以及急性或慢性中毒之害”。但1920年从Roth那里接班的Willy von Gonzenbach认识到湖泊和河流污染对环境和人类健康所构成的风险。还有,1887年,瑞士科学学会建立了一个湖沼学委员会来研究湖泊,包括它们的功能和动植物。

在瑞士,通过引放泉水和地下水以及采用包括砂滤以及1910年开始的氯消毒在内的处理步骤,防止了流行病的出现。但总管供水和新的环境卫生基础设计导致水消费量的激增,处置问题变得更为严重。存储桶中分散的粪便收集逐渐被水输送的污水系统所取代。虽然这几乎解决了城市地区的卫生问题,但由于污水未经处理或最多经机械处理后就排入河流,所以它也加重了地表水体可见的污染。

州让河流有更多的空间以便尽可能地近自然地发展以及确保防洪。在这方面,Eawag也提供了科学基础、论据和方法,通过一些研究项目:综合水管理(如Rhöne/Thur, 2005年)、河流评价方法(从1981年起的“模块化逐步程序”)或减轻面源污染。

合同研究和咨询 直到20世纪60年代,Eawag的很多工作是为第三方而进行的,尤其是为各州和各市区。1970年,大约340万瑞士法郎总支出中37%来自合同工作。Jaag在其年度报告中常常抱怨说,员工们被这种承诺弄得捉襟见肘:“关于研究所的活动范围,可以指出,今年所有员工再次被连续拉伸到极限,的确他们中的一些人已努力通过必要的照顾来按期完成他们的任务。”

到2010年，“杂项收入”仅占大约6 000万瑞士法郎总开支中的一小部分。现在只有当Eawag对相关研究问题感兴趣时，才会承接合同工作。与此同时，大约1 500万瑞士法郎的研究项目资金是通过第二方和第三方来源（如欧盟研究规划或基金）获得的。

对发展中国家的承诺 在Jaag的领导下，除了耗时的合同工作之外，当然也开展基础研究，例如关于湖泊富营养化、地下水中的化学和生物过程或生物处理厂的尺寸计算。1960年，科学活动得到进一步加强，当时，Eawag从卢塞恩科学学会接收了位于卡斯坦宁堡的水生物学实验室（见第7页专栏）。1968年，在Eawag还建立了世界卫生组织国际废物处置咨询中心；1992年，这一中心成为发展中国家水与环境卫生室（Sandec）。

1970年，在各种未成功的规划努力和大量来来往往的行动之后——Eawag的员工在苏黎世校园多达7个不同的地方以及在卡斯坦宁堡中心和Tüffenwies试验站工作——一座新的办公和实验楼在Dübendorf落成。该研究

所当时有8个室，110名雇员。生物学室、化学室、地质学室和市政工程室得到了下列一些室的补充：湖泊学室（1952年）、固体废物室（1955年）、放射学室（1956年）和渔业科学室（1969年）。也是在1970年，Eawag成为苏黎世理工学院的一个附属研究所；1993年，它作为瑞士联邦水生科学与技术研究所获得了独立（在理工院校园内）。

与苏黎世理工学院的紧密关系 尽管Eawag的新地位是一个附属研究所，但Werner Stumm（化学家，1970年成为所长）试图与理工学院和其他高等教育机构建立更紧密的关系。1979年，他在城市水管理和水污染控制室启动了研究生课程，1987年，他帮助制定了环境科学课程。Stumm通过积极招募新一代科学家来重新鼓舞该研究所。

这群年轻的科学家包括物理学家Dieter Imboden，他现在是国家研究委员会的主席。Imboden——像Ueli BUNDI（见第10页的采访）一样——认识到作为1970年后Eawag关键性成功因素之一是这一事实：它集中在多学科了解

实验系统：在苏黎世Tüffenwies现场（左），带有用于河流生物自净的人工渠道，以及在Dübendorf试验站（右），用于旨在提高污水处理厂除氮和降低能耗的污泥处理



Stefan Kubli



1940



2010

Monika Estermann

在被Eawag接管之前位于卡斯坦宁堡的湖畔实验室（左）以及用于演化生物学长期实验的微宇宙系统（右）

卡斯坦宁堡：从湖畔实验室到生态学、演化和生物地球化学中心

1916年，在私方施主的支持下，卢塞恩科学学会在卢塞恩湖的卡斯坦宁堡建立了水生物学实验室。这一单位中的主要人物是物理学家Fritz Schwyzer和高校教师Hans Bachmann（他曾是瑞士科学学会水生物学委员会主席，一直到1940年为止）。这个小实验室被来自瑞士和国外的专家们用来研究卢塞恩湖和其他水体的化学、浮游生物、水生植物和鱼类。

1920年，在卡斯坦宁堡工作的基础上，创办了《Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie》，1989年，它被更名为《水生科学》——如今在Eawag重大资助下依然在出版的一本著名杂志。自1960年以来，湖泊学研究中心（FZL）一直由Eawag经营。现有设施是通过1968年购买“Seeheim”地产扩建的，1976年建造了一座新楼。如今，100多人在卡斯坦宁堡工作，FZL已成为生态学、演化和生物地球化

学中心（CEEB）。

“KB”（内部对其的称谓）的研究一直集中在卢塞恩湖和瑞士其他湖泊的化学、物理和生物过程方面。主要研究营养物磷和氮的重要性以及湖泊富营养化的转化过程。浮游生物、沉积物和土壤生物的调研，证明了20世纪60年代和70年代该湖逐步退化以及在采用环形污水系统和处理厂除磷之后该湖的恢复。多学科项目研究了复杂的环境系统的功能，如人工混合对于湖泊修复所具有的好处，或重金属的影响。

在渔业生物学方面，重点已从产量最大化的湖泊管理转向努力保护各种天然水体的物种和生物多样性。重点不再放在鱼类的急性死亡（像20世纪70年代那样），而是放在物种和生态系统对变化的环境的适应以及演化过程中物种的增减方面。

系统和过程，而不是让研究问题被特定的问题所支配。这一方法得到了数学模型的支持，由于功能日益强大的IT系统，这类模型允许对湖泊内部混合过程进行更为准确的分析和预测。

Imboden还提到Eawag杰出的分析能力，这常常使它

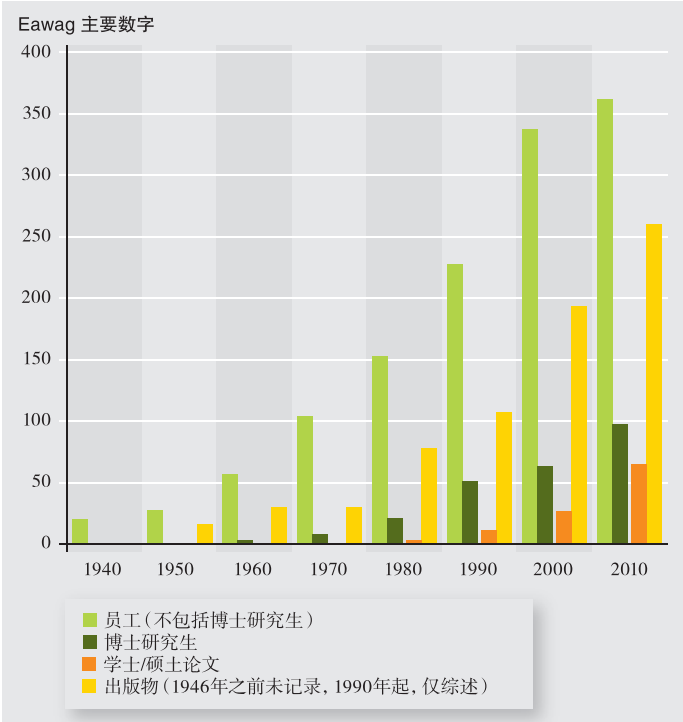
能发现和解释新物质引起的问题。Stumm任所长期间的另一个特点是日益增加的国际化，它为Eawag员工开辟了全世界的职业机会。这种不断扩大的国际网络还促进了Eawag自身专门知识较少领域的研究协作，如农业中水的有效利用、气候变化的影响或工业污水的处理。

基于Eawag的教授
(都是苏黎世理工教授, 除非另有注明, 副教授见第13页)

	在Eawag服务期	教 授
Willy von Gonzenbach	1936–1945	环境卫生与细菌学
Eugen Meyer-Peter	1936–1945	水力工程
Otto Jaag	1952–1970	水生物学、污水处理和水污染控制
Arnold Hörler	1954–1968	下水道、污水处理与卫生工程
Karl Wuhrmann	1946–1980	微生物学
Rudolf Braun	1955–1983	废物管理
Kurt Grob	1974–1985	高分辨气相色谱 (苏黎世 Kantans-schule)
Werner Stumm	1952–1992	水污染控制
Heinz Ambühl	1952–1994	水生物学 (副教授)
Jürg Hoigné	1974–1995	水生化学
Richard Heierli	1968–1970	环境卫生工程 (副教授)
Geoffrey Hamer	1980–1992	技术生物学
Peter Baccini	1974–2004	资源与废物管理
James Ward	1995–2002	水生生态学
Dieter Imboden	1988–1999	环境物理学
René Schwarzenbach	1977–2004	环境化学
Alexander Zehnder	1992–2004	环境生物技术
Willi Gujer	1992–2011	城市水管理
Bernhard Wehrli	自1988年以来	水生化学
Urs von Gunten	自1989年以来	饮用水处理 (EPFL) 和副教授 (ETHZ)
Jukka Jokela	自2005年以来	水生生态学
Ole Seehausen	自2005年以来	水生生态学和演化 (伯尔尼大学)
Martin Ackermann	自2006年以来	分子微生物生态学 (副教授)
Janet Hering	自2007年以来	环境生物地球化学 (苏黎世理工) 环境化学 (EPFL)
Eberhard Morgenroth	自2009年以来	城市水管理

除了固体废物之外, Eawag开始对不容易被监测的其他污染源感兴趣, 例如道路和屋顶径流、混合下水道溢流排放或农药。

更多参与社会和行业 1992年, 生物化学家Alexander Zehnder成为Eawag所长。认识到对环境的压力大多是由社会过程决定的, 他建立了一个人类生态学小组, 来补充该所的科学和工程活动。了解和控制社会过程的能力对于向更加环境无害化的生活方式和经济活动转变是非常重要的。因此, 2005年, 在公用事业部内建立了一个



总共458人 (包括26名实习生) 现占据413个相当于全职的岗位; 妇女的比例为48.4%

创新研究室 (Cirus)。在Zehnder的领导下, 促进了可持续性和跨学科方法, 与来自政府、私方和学术界的伙伴合作, 执行了许多重大项目。这些项目包括“绿色水电” (环境无害化水电, 2000年完成) “Fischnetz” (降低瑞士的渔业产量, 2003年), “Rhône/Thur” (可持续的河流管理, 2005年) 以及“Novaquatis” (尿源头分离, 2006年)。

当2004年夏天Zehnder被任命为理工学院董事会主席时, 其副手Ueli Bundi (一位乡村工程师) 成为所长和过渡性的负责人。Bundi特别强调Eawag在填补学术研究与实践之间空白方面所发挥的作用。2004年, 与瑞士渔业协会和联邦环境部合作, Eawag成立了瑞士渔业咨询中心 (FIBER)。2007年, 启动了“21世纪水议程”倡议, 以促进瑞士水问题更综合的解决办法。Bundi还支持新的应用生态毒理学中心的筹备工作。与Roland Schertenleib 和来自Bob Gysin & Partner的建筑师小组一起, Bundi是Eawag/Empa大楼Forum Chriesbach之父之一, 该大楼赢得了几项创新设计奖和可持续奖。

尖端研究与应用之间没有矛盾 自从Janet Hering 2007年被任命为所长以来, 她已加强了Eawag与洛桑理工



1940



2010

在卢塞恩湖采集浮游生物样品（左）作为Eawag制定的河流评价程序组成部分在调查Sense河上的结构多样性（右）

学院和苏黎世理工的合作。作为理工学院董事会代表4个研究所的一名成员（直到2010年），她认识到，如果Eawag不想被大得多的技术研究所超越，那么它擅长于研究（以及与水专业人士紧密的联系）是多么的重要。演化水生生态学、微污染物和转化产物的分析和生态毒理学，以及从污水中去除这些物质，都是Eawag理想地去填补的空白。

微污染物实例还证明，尖端研究与实际应用概念能够而且的确必须同时得到贯彻应用。因此，Eawag的工作为2010年制定《水保护条例》修正案奠定了基础，它规定选定的污水处理厂要去除微污染物。

清洁技术：一种合适的志向 就清洁技术而言，Eawag对水资源的安全（为了人类健康）和天然水体的保护（为了生态系统健康）的承诺正在变得日益重要。例如，目前的污水处理项目不再仅仅是尽可能去除所有的污染物和营养物，而要达到这一目标：最大限度减少能耗和排放，同时要回收宝贵的资源（见第30页文章）。

此外，Eawag项目总是试图确保一个问题的解决不产生新的问题。例如，当20世纪80年代考虑在洗涤剂中禁用磷酸盐时，Eawag的研究人员评估了磷酸盐的替代物

EDTA和NTA。其他例证有：努力避免饮用水消毒中使用潜在有害的氯胺，以及最近用被动采样器或计算机模型来替代生态毒理方面的动物实验。

这种开创性研究结果总是能够被注入咨询活动，因为私方常常缺乏必要的专长、设备、时间和财政资源。近年来，随着应用生态毒理学中心（与EPFL一起）的发展和扩大以及饮用水能力中心（CCDW）的建立，这些活动得到了进一步加强。

○○○

Further information:

www.eawag.ch/about/75jahre/index_EN

Bryner A., Nast M. (2011): Eawag: past, present and future 1936–2011 (trilingual brochure), Eawag.

Archive of annual reports from 1946 at: www.lib4ri.ch/institutional-bibliography/eawag/eawag-annual-reports.html

Perret P. (2001): Beitrag zur Geschichte der Gewässerforschung in der Schweiz, <http://chy.scnatweb.ch/downloads/GeschichteGewasserforschungCH.pdf>

Mitteilungen der Eawag Nr. 22, 1986 (50th anniversary publication).

Boller M. (2005): Eawag – Forschung im Dienste des Wassers (anniversary 1946–2006 publication), Gas, Wasser, Abwasser (GWA) 3, 191–202.

Müller R. (1997): Ein Blick zurück – Das Eawag-Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum, Eawag.

提供论据和解释大局观

农村工程师Ueli Bundi多年来对Eawag的发展和声望做出了重要贡献。1972年，他加入了世界卫生组织国际废物处理咨询中心（基于Eawag的机构）。从1990年起，他是Eawag理事会成员，2000年起任副所长，2004—2006年任临时所长。Ueli Bundi目前是国家研究规划“可持续水管理”指导委员会成员，他在这里作了回顾。

采访人：Andri Bryner

Ueli，你在Eawag 35年以上。那么，你带什么去了这一荒岛？该岛一点也不荒！我在Eawag交了很多朋友，这些朋友关系是基于对水的共同爱好。现在，那有点个人的了，但它是我们总是力图保持一个有助于高积极性和高质量创新工作的环境的原因之一。

当Werner Stumm 1970年成为所长时，大事记谈论“一个新时代”开始。这是真的吗？Stumm从未怀疑过其前任Otto Jaag所取得的成绩。但他认识到新想法的时机已成熟。他要求一种更理智的水保护方法以及一种新的Eawag作用的理念。他把这一研究所看作是天然水体的科学方面有力的代言人，并促进日益国际化和在高等教育方面的更多参与。

Jaag所长、Stumm所长和Zehnder所长是决定性改变Eawag的最好的人吗？Eawag有幸拥有一系列杰出的、长期服务的所长。这是一个关键性的成功因素，但同样重要的是，多年来，有大量干劲十足的员工。出版物反映了科学影响，通过实际应用，获得专业人士的认可。在支撑方面，更难以计量。我不知道Stumm在没有其副手Hannes Wasmer的情况下如何才能经营Eawag。或尝试和想象如果没有有效的IT系统，Eawag如今可能会在何处。没有Arianne Maniglia的努力，育儿中心就决不会得到成功的发展。我们培训活动的质量和连续性以及环境概念归功于Güttinger。这些只是几个例子，这一清单可以继续下去。

你自己科学事业的个人亮点是什么？我想提及20世

研究所是学科间和跨学科项目的理想设置

纪80年代成立的学科间的河流生态学小组，它使我们能很早就致力于定量水保护。那是1992年《水保护法》修订以及后来我们河流与湖泊现状合理评估的重要的初步工作。或者跨学科的瑞士氮平衡项目，来自学术和研究机构的科学家小组，与FOEN、FOAG和瑞士农民联盟的顾问和代表一起，大约在1995年，为国家氮战略奠定了一个基础。它还以很多热情和毅力来确保新的Forum Chriesbach大楼成为可持续性的一个典范。它发送出一个明确的信号：作为一个环境研究所，Eawag实践着它所宣扬的东西。

Eawag在某些方面一直是没有什么结果的吗？我不会说“没有结果”，不过有些项目我们领悟了艰难的方法。我们需要几种努力来发展我们的社会科学和生态毒理学活动。或20世纪90年代初，我们研究重点的重新确定，当时，人们对学科间合作和跨学科合作寄予很高的期望。如今，你不得不完全诚实地说，那些大型项目（如Töss综合水资源管理）不是那么成功。



为什么这些交叉项目如此难以操控？我们低估了网络化项目的复杂性。另外，研究人员必须在他们自己特定的学科留下深远影响。科学资助机制仍然主要是单学科的。不过，Eawag已学会更专业地设立跨学科项目。这已给后来的一些项目带来了好处，例如“绿色电力”或“Fischnetz”（降低渔业产业）。最重要的是，门已经打开：过去常常分割的，比如说河流工程与水保护之间，我们现在有了建设性的合作，例如，通过位于洛桑理工的水力建设实验室。研究所是学科间项目和跨学科项目的一种理想的设置，这意味着它们在这一领域拥有一种特殊的责任。

还有什么发生了变化？我想强调的很多积极的变化之一是大量增加了妇女的存在。在过去，水生研究是男人一统天下。现在回想起到处都允许吸烟的那些日子几乎可笑。因为大部分“技术委员会”成员都是吸烟者，所有禁烟的提议都被拒绝了。这在如今是不可想象的。

你如何解释Eawag的成功？这当然由于集中于水、连续性和一贯优秀的人。自Stumm时期以来，中心任务就一直是了解过程，而不是陷入个别“某一地方的”问题。与高等教育机构紧密的关系带来了提高的科学声誉以及能利用有希望的年轻研究人员。第三个因素是国际一体化。Stumm和Zehnder（以及他们的网络）的全球名望为Eawag的科学家打开了所有一流研究所的大门。

我想说，另一个成功的因素是，强调综合水保护与资源利用理念。我们的“Gewässerschutz 2000”项目早在1980年就已完成。因为在1972年人们就已认识到充分的水污染控制不仅仅需要建造污水处理厂。

在这项研究公布30年后，这些目标现已实现了吗？瑞士水保护已取得重大进展，例如，在湖泊富营养化、工业方面的工程措施或基于流域的方法等方面。但很多进展被新物质的增长和出现所抵消。30多年来，化学品领域的集中点一直是纯科学方法；需要越来越大的努力来检测物质及其生态毒理影响。缺乏用于避免问题出现的令人信服的预防理念。伦理考虑应在化学品的生产和使用方面发挥更大的作用。人们现在认为，可以通过“管道末

水保护方面的很多进展
被新物质的增长和出现
所抵消



端”措施来控制这类问题，就化学品来说，在污水处理厂对其加以去除。

这种解决办法错在何处？我并不是说污水处理措施不必要。而是我们必须认真避免产生这种印象：“问题解决了——这是我们需要做的一切”。即便是最现代化的处理厂也决不可能去除所有污染物。此外，化学品和重金属通过各种途径（不仅仅通过污水）进入环境。

无数人拥有不充分的环境卫生，且无法获得饮用水。与此同时，Eawag正在分析纳米级的微污染物浓度。该研究所在解决真正的水问题吗？对于我来说，这一问题不会产生。首先，通过Sandec，Eawag正在积极寻求发展中国家和经济转型国家水问题的解决办法。其次，水化学是Eawag的传统强项，这一强项应该保持。事实上，瑞士其他领域的专长也集中在Eawag，尤其是水生生态学和水处理。

人们常常提到Otto Jaag在政治界成功的努力。Eawag现在不关政治吗？我们总是积极地影响决策；简单地说明需要何种重大的转向以及如何才能实现。例如，通过我们1974年关于格赖芬湖磷污染发展的研究。我们因作出这样的陈述而立即受到攻击——当局和专业协会觉得我们是“干涉”。如今，已经与政府建立了紧密的联系，与其他水利益相关方的联系得到了改善。这种现行的“能力建设”比其他任何东西都重要。不管特定的用户集团的兴趣可能是什么，Eawag都必须解释大局观：什么样的生态服务依赖于水，水如何影响社会以及我们为什么总是依赖于水资源的某些质量，例如，为了清洁的饮用水、为了农业或为了多种生境和吸引人的景观。从历史上看，这种高层次的科学努力一直是Eawag生存的原因和正当理由的核心。

○○○

日益认识一种宝贵资源的价值

Janet Hering自2007年以来一直是Eawag所长和苏黎世理工学院环境生物地球化学教授, 2010年以来, 她还是洛桑理工学院的环境化学教授。她在这里解释了Eawag正在如何实现“为人类福利供水以及为生态系统健康保护水”这一目标。

采访人: Andri Bryner

Janet, 你担任Eawag所长已有4年多。迄今为止, 你已做了哪些改变? 当我决定来Eawag时, 非常吸引我的是, 不需要任何重大改变。Eawag杰出的研究和设施得到了全世界的认可。由于运行水平已经这么高, 所以我已能集中在这个问题上: 如何才能战略性地将我们的努力导向增加最佳协同作用, 提高我们对水生系统的基本了解以及解决社会中关键性的问题。希望我所鼓励的这种讨论将使Eawag及我们的研究人员能确定重点和相应地支配他们的资源。

由于我们的研究人员, 尤其是高级研究人员, 是Eawag成功的主要驱动者, 我特别高兴的是, 我们继续通过苏黎世理工学院和洛桑理工学院吸引杰出的人才作为联合教授以及作为Eawag研究室负责人。我们还吸引了高素质人才来领导我们的支撑部门, 该部门对于我们事业成功是至关重要的。我还想提及应用生态毒理学中心(与洛桑理工的一项联合努力)。该中心是受议会委托建立的, 我认为, 通过与我们的洛桑理工同事的合作, 我们已非常成功地履行这一委托。

外部环境已发生了什么样的变化? 像任何研究所一样, Eawag必须对外部变化作出反应来保持它的成功。不过, 一些变化也是机会。特别是存在着越来越多国际合作的机会, 例如在欧盟规划中与新成员国的合作。范围更广的机会使得确定重点变得更为重要。我们还必须注意保持我们国家的集中点。遗憾的是, 在与欧盟契约不断增加的同时, 官僚主义程度也增加了。虽然我强力支持问责制, 并期望从我们Eawag的同事开始, 我认为这应相嵌在

共同目标和动机而不是控制范围内。

你看到了什么问题? 明显缺乏对Eawag竞争优势的认识以及不愿意充分利用这些优势, 使我最感困惑不解。

与我们多数国家的同事不同, Eawag的研究人员不需要根据可用的外部资金来限制他们的研究日程表。虽然外部资金肯定是一项考虑, 但我们也有资源来制定我们自己的日程表。这可能比被一个外部资助机构接受更具创新性、更为学科间和跨学科和更为雄心勃勃。

作为一个美国人, 你现在适应瑞士的环境吗? 我觉得我已开始了解瑞士的研究和教育体制及其基础前提。我认识到个人网络在该系统中的重要性, 我已开始在这里发展我自己的网络。当然, 在这方面我也必须依靠我Eawag的同事, 尤其是依靠理事会成员和研究室负责人。

我希望我已能有效地代表Eawag, 不过, 我认识到, 对于我的同事来说, 我的方法有时是异乎寻常的。

瑞士的湖泊和河流现在是清洁的。对Eawag仍然存在需求吗? 过去了30多年所进行的研究已大大扩展了我们的水生系统的知识。幸运的是, 已经能解决很多问题(如地表水的富营养化), 至少是在工业化国家。但在瑞士仍有很多问题未得到解决: 土著鱼种群为何在消失? 什么是处理污水的最佳战略或恢复接近自然河流环境的最佳措施? 我们正特别集中在水中微污染物的影响上。

更紧迫的是发展中国家和新生国家干旱地区所面临



的问题，那里的人民直接遭受缺水和水质低劣之苦。由于环境的日益退化，已不再能充分提供水生生态系统服务，所以渔业或河流的自净能力遭受破坏。这既是一种挑战，也是一种研究机遇，因为它能够大大改善人们的生活质量。

作为所长，你可以做什么来促进这些目标的实现？
作为所长，我有权领导一大批致力于解决这些问题的才华横溢的研究人员和专业人员。我通过设法确保他们的研究环境得到保持和增强来支持他们的努力。另外，我希望进一步扩大我们的国家级和国际级合作。像中国或印度一类快速发展的国家为应用瑞士研究成果和出口技术提供了极好的机会。Eawag的研究人员长期以来一直被政府和行业评价为专家。我们已通过Ecotox中心和饮用水能力中心来提高我们的声誉。

在瑞士水保护方面，仍有很多需要我们与水专业人士合作解决的问题

基于Eawag的副教授、助理教授和研究教授
(全职教授见第8页)

	领 域	机 构
Flavio Anselmetti	沉积学	苏黎世理工
Jürg Beer	生物地球化学与污染动力学	苏黎世理工
Rik Eggen	环境毒理学	苏黎世理工
Thomas Egli	环境微生物学	苏黎世理工
Juliane Hollender	环境化学	苏黎世理工亚琛RWTH
Rolf Kipfer	水资源与饮用水	苏黎世理工
Hans-Joachim Mosler	社会心理学与环境心理学	苏黎世大学
Peter Reichert	系统分析与模型	苏黎世理工
Kristin Schirmer	环境毒理学	洛桑理工，加拿大滑铁卢大学
Mario Schirmer	水文地质学	Neuchâtel大学
Hans-Ruedi Siegrist	过程工程	苏黎世理工
Laura Sigg	环境毒理学	苏黎世理工
Bernhard Truffer	公用事业部门的创新研究	伯尔尼大学
Christoph Vorburger	演化生态学	SNSF (苏黎世理工)
Urs von Gunten	水资源与饮用水	苏黎世理工(+洛桑理工 全职教授职位)
Lenny Winkel	环境无机地球化学	SNSF (苏黎世理工)
Alfred Wüest	水生物理学	苏黎世理工

科学知识如何才能转化成专业实践？ 这主要通过研究人员直接与专业人员（水供应商、污水处理厂操作者、工程师或化学品与设备制造商）合作来完成。例如对于发明和副产品，我们拥有处理专利的内部接触点。不过，知识转移也通过教育来进行，而且，很多Eawag员工参与教学（在苏黎世理工、洛桑理工、州立大学或应用科学大学）。自2008年以来，我们已实施了针对来自发展中国家博士研究生的培训规划。我们定期组织公共活动，如“Eawag信息日”以及发行出版物。最后但非最不重要的是，Eawag将其专门知识贡献给立法过程，例如关于化学品限制问题的方法。

目前，你正在制定2012–2016年Eawag战略计划。哪些是关键性的要素？ 我们想保持和依靠现有研究、教学和咨询方面的力量（完全跨越从学科到学科间与跨学科项目范围）。另一个目标是扩大理工学院校园内的合作和与州立大学的合作，继续发展国际伙伴关系以及确保我们拥有最佳的可能条件，这样一来，Eawag就能保持对国内和国际杰出科学家的吸引力。我们还打算进一步发展我们与专业人员的合作，尤其是通过培训和咨询，就像应用生态毒理学中心或饮用水能力中心情况那样。在自然科学、社会科学和工程科学方面，我们目的在于为满足人类对水需求奠定基础，与此同时，保护水生环境及其必不可少的服务，换言之，为人类福利提供水以及为生态系统健康保护水。

你如何看待水的未来？ 整个历史上，人类对水的直接需求一直被社会所认可，但我们只是最近才体会到水环境所提供的生态系统服务。我对此是有信心的，即在未来，我们将日益认识到这一资源的价值以及保护它的重要性。我们必须促进技术创新以及社会适应，以便在不危及人类福利的情况下降低与人类活动有关的水环境压力。我希望Eawag仍将位于这一关键努力的前列。 ○○○



Kristin Schirmer, 生物学家, 环境毒理学室负责人

转化产物会构成环境风险吗?

技术过程和自然过程如紫外线辐射会导致水环境中化学物质的转化。但结果环境风险降低了吗? 凭借转化过程知识以及采用化学分析方法和生物分析方法, Eawag正在研发解答这一问题的方法。

氧化过程和光化学过程在天然水体中或水处理过程中有机化合物降解方面起关键性作用。但一般情况下, 这类化合物不会立即分解成二氧化碳和水(即被矿化); 而是产生由各种转化产物组成的混合物。但人们通常很少知道或不知道这些转化产物的本性或对环境的潜在风险。

在Eawag环境化学室Kathrin Fenner为联合作者的一篇文章中^[1], 分析了现有关于若干农药和相关转化产物存在、行为和毒性的数据。该研究表明, 可能会比母化合物更经常地碰到转化产物, 而且这些转化产物常常更持久。另外, 转化产物一般移动性更强, 换言之, 它们通常不太可能附着于有机物如沉积物。最后一点是, 转化产物的毒性常常低于母化合物。

暴露驱动评价法 不过, 某些转化产物的毒性可能比母化合物高10倍或甚至100倍。双氯芬酸(常常存在于地表水中的一种阻燃剂)的氧化产物就是这种情况。当双氯芬酸暴露于阳光时形成的一种产物混合物, 导致藻类再生抑制的程度要比双氯芬酸本身高几倍^[2]。因此, 转化产物无疑会对水环境中化学品总负荷产生影响, 因此, 需要认真评价。但鉴于可能的一系列反应和由此而产生的产物混合物的复杂性, 如何才能确定实际上是否会产生(生态毒性)关注的物质呢?

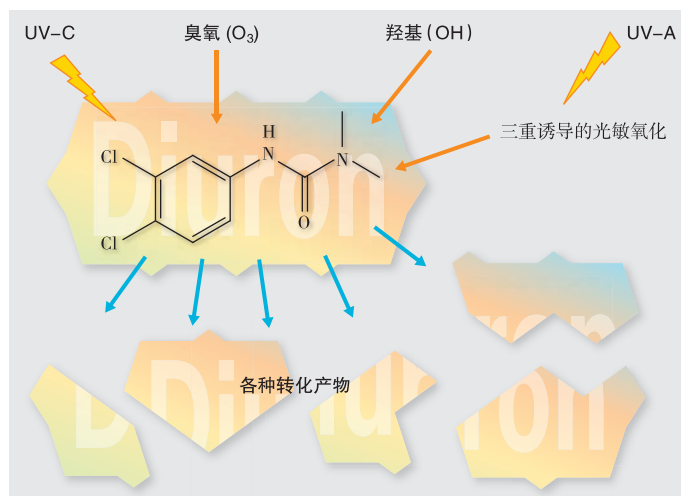
两种方法可用于转化产物的环境风险评价, 它们基于确定这种风险的两个组分: 暴露与效应。只有当生物实际暴露于环境中的转化产物(暴露)以及这些产物在这些生物中产生了反应(效应), 才会产生环境风险。在评价暴

露时, 要考虑的问题是“生成了什么样的转化产物?”以及“环境中可察觉的浓度为多少?”另一方面, 通过研究转化产物相对于母化合物的毒性, 来评价效应的关联性。

因此根据评价的重点, 所采用的这种方法可以被称为暴露驱动或效应驱动。在这两种情形中, 暴露与效应紧密相连, 但在攻击线和所获信息的详细程度方面存在差异^[3]。

暴露驱动评价法旨在通过化学分析确定环境样品中的转化产物。如果分析数据表明存在相关浓度的转化产物, 那么将通过分级分离和其他分析对它们进行确认。理想的是, 已有可用于这些确认转化产物(或至少结构类似的化合物)的生物效应分布图。但在多数情况下, 预计尚

图 1 用于4种转化过程的效应驱动评价法(这里的敌草隆代表各种母化合物)



不存在这类信息。所以效应数据必须通过将分离出的或新合成的转化产物进行生物试验来获得。

效应驱动评价法 效应驱动评价是基于生物试验所确定的母化合物和转化过程产生的混合物的毒性潜力。如果在转化过程中，混合物的毒性潜力按母化合物消失的比例下降，那么就可以假定毒性是受母化合物支配的，这些转化产物不适合用于环境风险评估。只有当这种混合物的毒性大于母化合物的预期毒性时，才需要采取进一步的步骤来确定毒理活性物质。例如，这可能包括分组分离和生物分析与化学分析的结合^[4]。

显然，暴露驱动评价法要求作出重大努力，不过，这些努力确实可以详细提供转化产物的身分和毒性。相比之下，效应驱动方法更为实用而且花费与耗时较少，因为只有当效应不同于母化合物的预期效应时，才研究转化产物的身分和毒性，通过这两种方法，如果化学与生物分析是有效的，那么就需要缩小可能的转化产物的清单。因此，关于预期转化产物身分和生物作用方式的基于知识和计算机支持的预测就是必要的^[5,6]。

四步法 鉴于大量相关物质以及可能的氧化转化过程和光化学转化过程，Eawag研究人员环境毒理室的Nadine Bramaz和Kristin Schirmer以及水资源与饮用水室的Hana Mestankova, Urs von Gunten和Silvio Canonica，与澳大利亚国家环境毒理学研究中心（Entox）的Beate Escher合作，正在采用效应驱动评价法。他们特别集中于特定的生物影响，如酶活性或光合作用的抑制^[7]。这种特定的效应一般出现在物质浓度大大低于所谓的基线毒性（包括与细胞膜的非特异性相互作用）。通过效应驱动法，研究了下列4种不同的转化过程的毒性演化（图1）：紫外线辐射的直接光转化、三重诱导的光敏氧化（基于溶解有机物的光激发）、羟基所致氧化以及臭氧所致转化。

例如，研究人员使用效应驱动法来研究除草剂敌草隆对单细胞绿藻 *Pseudokirchneriella subcapitata* 的效应。敌草隆是植物光合作用和生长的一种特定的抑制剂。由于其在生态毒理方面的相关性和易于处理，所以科学家选择这种绿藻作为一种典型的光合活性生物。

效应驱动法可以分为4步（图2）。首先，确定母化合物的效应浓度（在这一实例中，即敌草隆对光合作用和

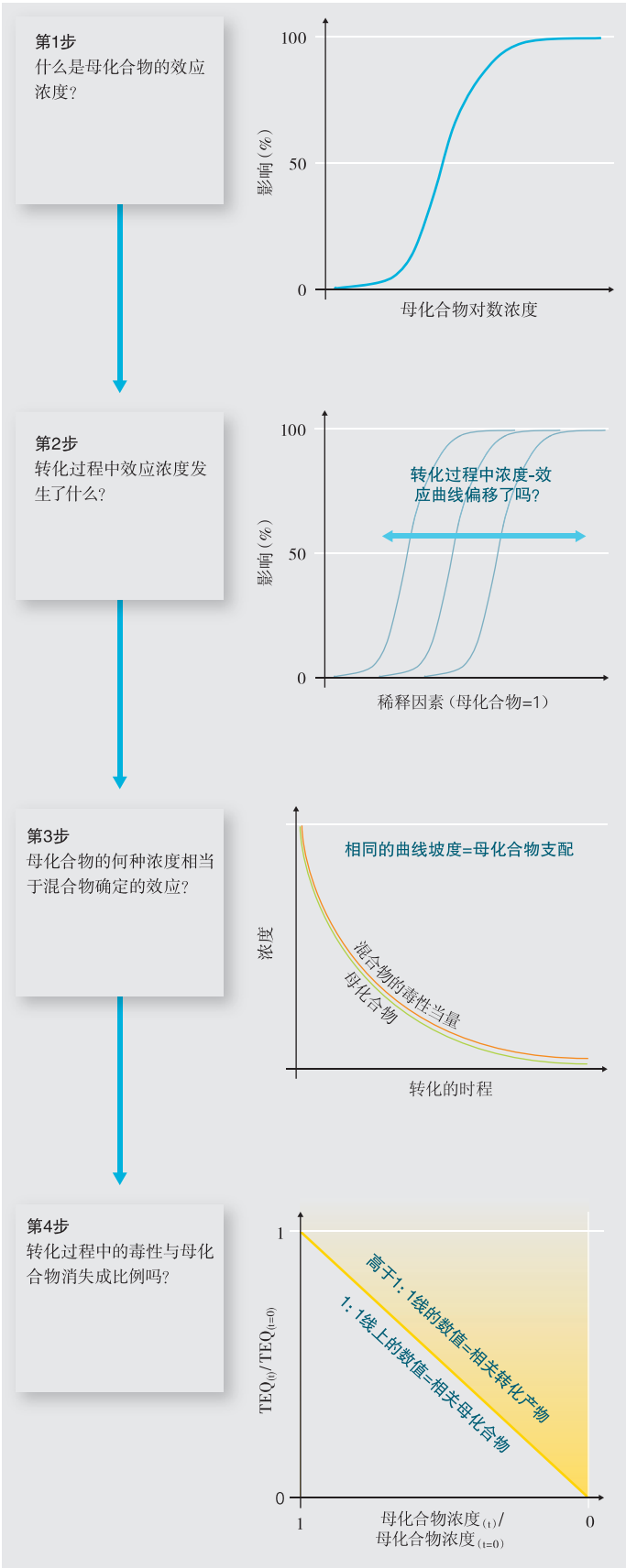


图 2 效应驱动评价法可以分为4个步骤

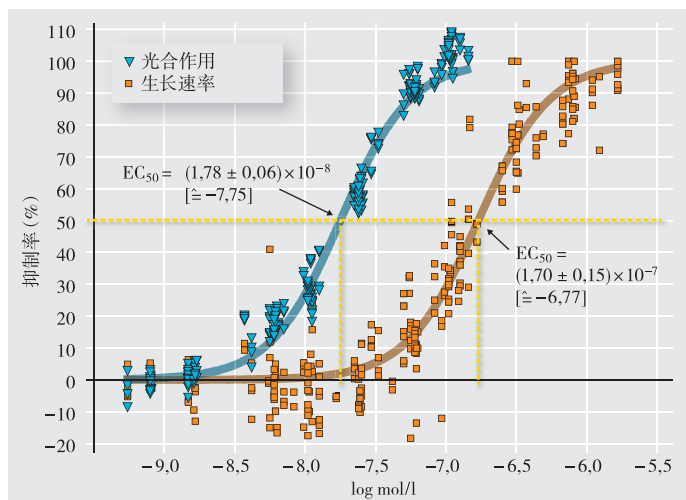


Nadine Bramaz与Hana Meslankova讨论微量滴定板中母化合物与转化产物混合物的毒性结果。背景是用于确定该混合物中母化合物浓度的光谱系统

藻类生长的抑制)。接着,这些浓度作为评价混合物的一种参考(见第3步)。2 h暴露后使*Pseudokirchneriella subcapitata*光合作用的量子产量下降5%的敌草隆浓度(EC_{50})为 $1.78 \pm 0.06 \times 10^{-8}$ mol/L;对于24 h藻类生长率的抑制, EC_{50} 为 $1.7 \pm 0.15 \times 10^{-7}$ mol/L(图3)。

在第2步中,对转化过程——在这里,是图1所示的4种(光)氧化过程——进行了研究。这包括确定所产生的

图3 藻类联合试验确定的绿藻*Pseudokirchneriella subcapitata*光合作用与生长速率的浓度-效应关系^[7, 8]



混合物(敌草隆及其转化产物)在不同时间点的影响。图4a显示当敌草隆被直接光转化降解时光合作用抑制的浓度-效应关系是如何演变的。由于不再能将浓度指派给特定的化合物,所以 EC_{50} 被表示为稀释因素(敌草隆初始浓度的稀释因素=1)。这一数字表明,浓度-效应曲线随着光降解的增加而向较高的浓度方向偏移;因此,光系统的抑制逐步降低。

转化产物是相关的吗? 在第3步中,为了让混合物的效应与母化合物的效应进行比较,采用毒性当量浓度(TEQs)概念^[8,9]。这涉及到用给定混合物的 EC_{50} 除参考化合物(即敌草隆)的 EC_{50} ;所产生的敌草隆当量浓度(DEQ)表明,观察到混合物效应的敌草隆浓度是相当的。如果混合物的毒性仅由参考化合物来决定,那么,通过生物确定的DEQs就应随化学定量的敌草隆浓度而演变。实际上,通过敌草隆的直接光转化观察到这种模式(图4b)。

在第4步中,来自生物测定的随时间的DEQs与DEQ初始值的比率,是依据分析定量的敌草隆浓度与敌草隆初始浓度之比标绘的。如果混合物的生物效应仅由敌草隆来确定的话,那么预计DEQs将按比例(1:1)随敌草隆浓度的降低而降低。如果转化产物的混合物的毒性比参考化合物更大,那么,数值将显然位于1:1线之上(图2,第4步)。正如图4c所示,前者是敌草隆直接光转化的情形。因此,光合作用的藻类生长速率抑制是由敌草隆的作用所控制的。可以得出这一结论:对这一组合和这一试验系统来说,不需要在转化产物的生态毒理学评价方面开展进一步研究。所研究的其他了解(光)氧化过程获得了类似的研究结果。

确认和进一步发展 鉴于预计环境中出现的转化产物混合物的多样性和复杂性,生态毒理风险和逐步评价看来可能是可取的。我们建议将上面所描述的方法用作有效的第1步,以确定转化产物是否显示出比其母化合物更大的毒性,或确定是否能仅在母化合物的基础上评价生态毒理学风险。

我们目前正在采用这种方法来研究三氯生(一种抗菌剂)和奥司他韦(抗病毒药达菲的活性成分)(光)氧化降解所形成的转化产物。在另一个得到美国水研究基金

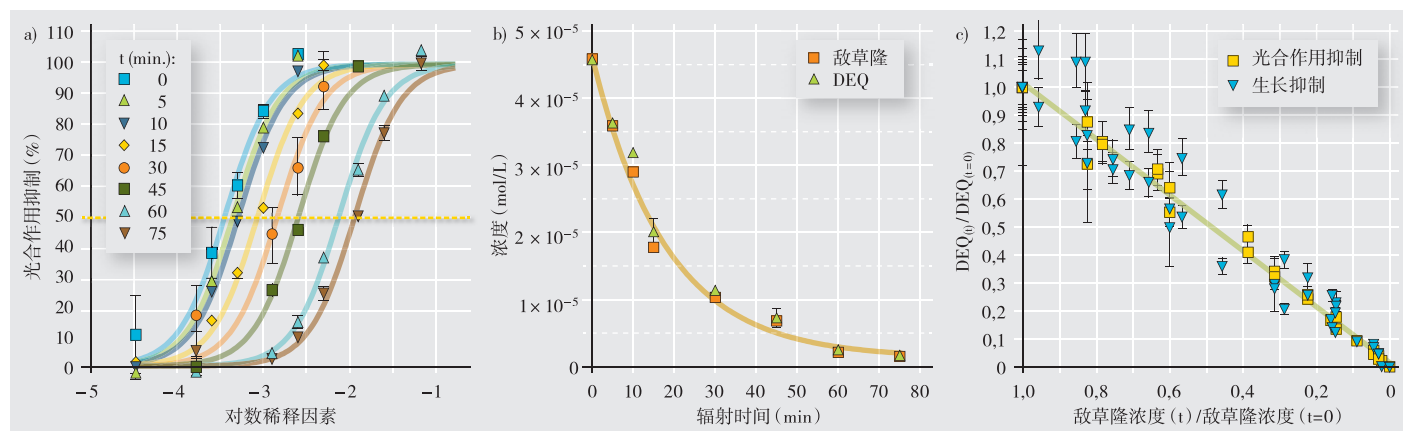


图 4 所观察到的敌草隆和通过敌草隆直接光转化而形成的转化产物对绿藻 *Pseudokirchneriella subcapitata* 的效应
a) 敌草隆 (50 $\mu\text{mol/L}$) 的直接光转化产生转化产物混合物, 这类混合物对光合作用的抑制随辐射时间的增加而降低。
b) 敌草隆当量浓度 (DEQ) 随辐射期间的敌草隆浓度的下降而下降。
c) 生物效应 (光合作用和生长速率的抑制) 是与任何给定点的敌草隆浓度成比例的, 这表明它们主要是由转化产物混合物中的敌草隆引起的。

会支持的项目中, 我们正在与科罗拉多大学的同事们一起研究美国环保局饮用水重点污染物清单中所包括的一些物质。这些研究将对关于饮用水和水环境保护的 (光) 氧化转化过程的限制和机会基于科学的评价作出贡献。与此同时, 它们将有助于证实和进一步发展所描述的这些方法。在确定无法直接通过母化合物化学结构或通过已知的生物作用方法预测的可能的毒性效应方面存在最大的挑战。

○○○

- [1] Boxall A.B.A., Sinclair C.J., Fenner K., Kolpin D., Maund S.J. (2004): When synthetic chemicals degrade in the environment. *Environmental Science & Technology* 38, 368A–375A.
- [2] Schmitt-Jansen M., Bartels P., Adler N., Altenburger R. (2007): Phytotoxicity assessment of diclofenac and its phototransformation products. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 387, 1389–1396.
- [3] Escher B.I., Fenner K. (2011): Recent advances in environmental risk assessment of transformation products. *Environmental Science & Technology* 45, 3835–3847.
- [4] Brack W. (2003): Effect-directed analysis: A promising tool for the identification of organic toxicants in complex mixtures? *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 377, 397–407.
- [5] Kern S., Fenner K., Singer H.P., Schwarzenbach R.P., Hollender J. (2009): Identification of transformation products of organic contaminants in natural waters by computer-aided prediction and high-resolution mass spectrometry. *Environmental Science & Technology* 43, 7039–7046.
- [6] Escher B.I., Baumgartner R., Lienert J., Fenner K. (2009): Predicting the ecotoxicological effects of transformation products, in: *Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 2, Reaction and Processes, ABA, Springer, Berlin/Heidelberg.
- [7] Mestankova H., Escher B., Schirmer K., von Gunten U., Canonica S. (2011): Evolution of algal toxicity during (photo)oxidative degradation of diuron. *Aquatic Toxicology* 101 (2), 466–473.
- [8] Escher B.I., Bramaz N., Müller J.F., Quayle P., Rutishauser S., Vermeirssen E. (2008): Toxic equivalent concentrations (TEQs) for baseline toxicity and specific modes of action as a tool to improve evaluation of ecotoxicity tests on environmental samples. *Journal of Environmental Monitoring* 10, 612–621.
- [9] Villeneuve D.L., Blankenship A.L., Giesy J.P. (2000): Derivation and application of relative potency estimates based on in-vitro bioassays. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19, 2835–2843.



Frederik Hammes, 环境微生物学家, 在环境微生物学室的饮用水微生物学和生态生理学组工作

饮用水微生物学：从了解到应用

优质饮用水含有各种天然存在的微生物。实际上, 微生物过程在饮用水处理中发挥重要作用。但水质可能会受到病原菌污染的不利影响。新方法使得能改善饮用水的监测以及更好地了解十分重要的微生物过程。

虽然细菌是饮用水的一种天然成分, 但消费者一般对这些看不见的和大多不知道的生物持负面感觉。这至少部分是因为实际上某些水源细菌是致病的。例如, 近年来, 海地和津巴布韦已有数千人死于细菌 *Vibrio cholerae* 所引起的一种疾病——痢疾。另外, 无控的细菌生长会影响饮用水的味道、气味或颜色, 并导致混浊。

但饮用水中绝大多数微生物是完全无害的。微生物过程的确是饮用水处理的一个必不可少的功能组分。例如, 很多处理厂采用生物过滤 (如颗粒活性炭过滤或缓慢的砂滤) 来去除水中有害的有机化合物^[1]。

生物稳定性 所以更全面地了解饮用水中的微生物多样性、生态学和相关的过程, 将会有助于改善处理和分配系统的管理, 从而有助于为消费者提供更安全的最终产品。最终目标不仅是生产优质饮用水, 而且要确保到达消费者水龙头的水保持这种质量。为了防止配水网络中输送和滞留期间细菌过度再生长, 在一些国家, 添加氯或二氧化氯作为消毒剂。然而, 这可能会产生不理想的后果, 因为除了使病原菌失活之外, 氯还会与饮用水中的有机物反应, 生成各种有毒副产物^[2]。

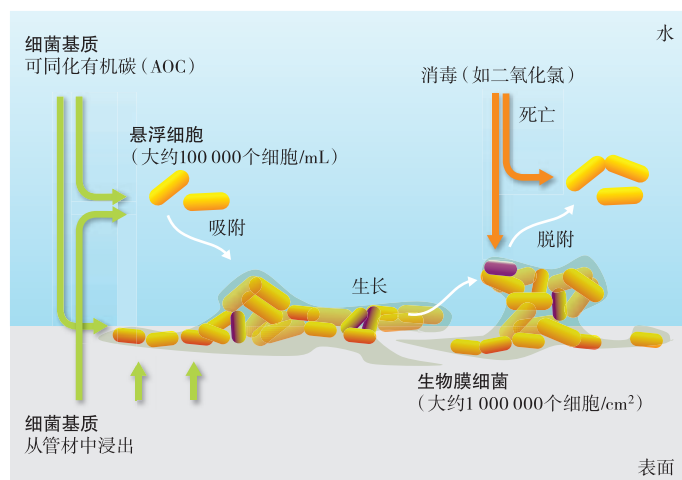
瑞士以及众多其他欧洲国家如德国、奥地利和荷兰, 希望尽可能避免使用其他化学品, 而且和氯化一起已依靠很多配水系统中的生物稳定水的生产。这一方法包括科学知识、工程应用和经验的组合。目的是通过控制养分水平防止配水系统中的细菌生长, 因为生长速率依赖于

可用有机碳 (如糖、氨基酸或有机酸) 形式的基质。不同微生物对可用基质的竞争也制约个别物种的再生, 从而有助于动态平衡 (图1)。

如果要可靠地监测饮用水的微生物质量, 那么就需要确定诸如可用基质和细菌生物量一类参数的分析方法。

确定病原菌的生长潜力 可用养分的测定是一种评估饮用水细菌生长潜力的可靠的方法。由于有机碳通常是生长限制性基质, 所以几乎所有水厂都日常测量溶解有机

图1 配水系统中的细菌动态。细菌主要利用可同化有机碳 (AOC), 即容易被微生物消耗用于生长的一小部分溶解有机碳。因此, AOC被认为是决定饮用水细菌总数和微生物稳定性的关键性参数



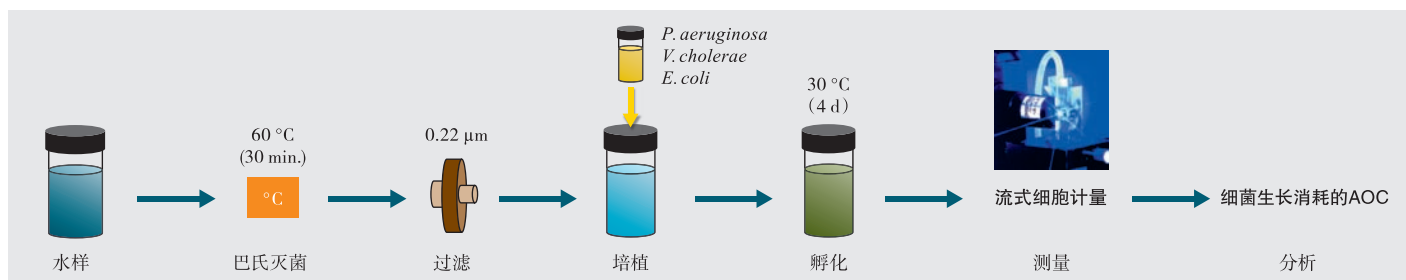


图 2 PGP分析的基本步骤 (引自参考文献[4])

碳 (DOC) 的浓度。DOC 浓度范围为 0.5~2 mg/L 的饮用水看来好像是“清洁的”。实际上，微生物仅利用 1%~10% 的 DOC。因此这部分被称之为可同化有机碳 (AOC) 是饮用水处理中的关键性参数^[3]。即使痕量有机碳也会导致有害的细菌增长——少至 0.001 mg 有机碳足以产生 1000 万个细菌细胞。

除了检测 AOC 浓度之外，重要的是从卫生角度来判断生物可用基质。因此，Eawag 已研发一种方法专门用来

评价致病细菌生长所借助的一小部分 AOC^[4]。这是基于不同细菌具有极为不同的营养物喜好和能力这种现实。采用病原菌生长潜力 (PGP) 分析，可以直接确定水样是否能和在何种程度上能支持特选细菌如 *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* 或 *Pseudomonas aeruginosa* 的生长 (图 2)。

正如大量关于地表水和污水样品的试验所示，这种方法的使用不局限于饮用水。图 3 显示了与处理过的污水相比，饮用水处理过程中，病原菌和土著菌生长潜力方

尚未完全了解饮用水系统中重要的微生物过程。照片：饮用水生物过滤器的生物膜中的微生物多样性



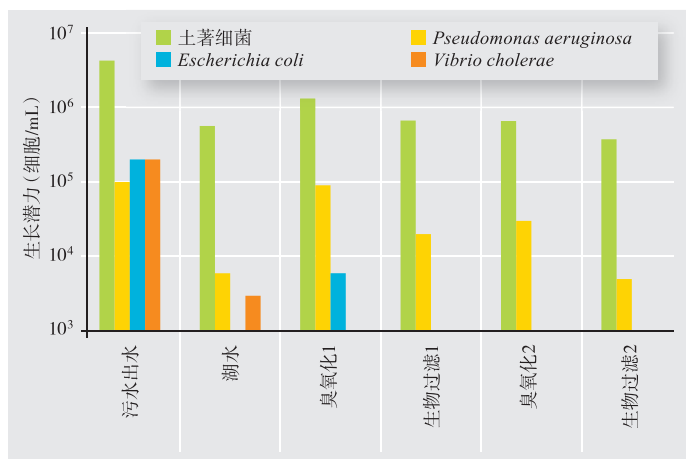


图3 与污水出水数值相比较的、饮用水处理期间病原菌和土著细菌的生长潜力

面的变化。在这里，生物过滤大大减少了PGP——*Pseudomonas aeruginosa* 仅保留了较少的生长潜力——由于可用的有机碳基质被生物滤器土著细菌消耗了。

PGP分析不仅能评价水源的质量和评估处理技术的结果。它还可以研究特定细菌的营养物需求以及病原菌与土著细菌对可用资源的竞争。

计算完整细胞和受损细胞 1 mL处理过的饮用水一般含有2万~20万个细菌细胞（取决于水源和处理形式）。饮用水中细菌细胞浓度方面的准确信息具有科学相关性和实际相关性：细胞浓度变化表明水中存在微生物过程，这些过程可能会影响其质量。

补充PGP分析的是允许直接测量细胞浓度的方法。细胞浓度的增加可以证明AOC的消耗。这类测量特别适合于评价分配过程中饮用水的微生物稳定性。

过去几年中，Eawag已研制了涉及流式细胞计量术和腺苷三磷酸（ATP）测量的分析方法，这些方法可以取代基于培养的常规方法，因为它们更为迅速和准确^[5, 6]。这两种补充方法可用来描述大范围水样的微生物质量，包括地下水、饮用水、瓶装水、地表水和污水（图4）。

消毒过程（如臭氧化或氯化）的评估需要用于确定活细胞浓度的方法。

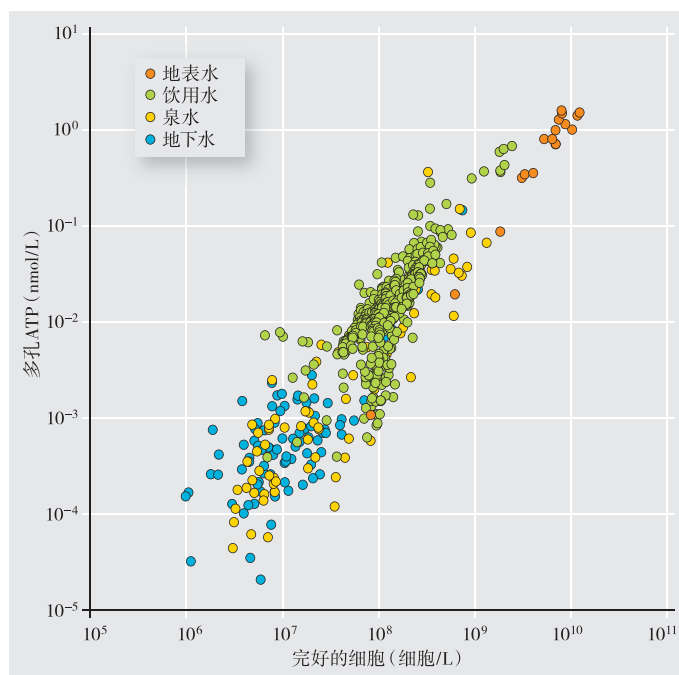
当与一种着色法结合时，流式细胞计量术还能提供关于饮用水中微生物活性或生存性的信息。Maaïke Ramseier在其博士论文中采用这种方法来测量许多氧化剂

（臭氧、氯、二氧化氯、一氯胺、高铁酸和高锰酸盐）的消毒效果^[7]。氧化剂会导致细菌细胞壁的严重破坏，而且因为膜受损细胞会被碘化丙锭选择性染色，所以当随后进行流式细胞计量时，可以将它们与完好无损的细胞区别开来。在用二氧化氯处理的自来水样品中（图5），随时间（暴露）而变的细菌破坏清晰可见。

通过观察特定的多孔特征（在这种情况下膜完整性），流式细胞计量法不仅证明消毒过程的功效，而且还部分解释了基础机理。因此，流式细胞计量术与着色法一起，为科学家提供了一种用于研究和阐明细菌消毒动态的分析手段。

这一方法还使水公司能在现场直接评价消毒过程，从而可以在运行故障或水质变化情况下采取应急反应。区别受损细胞和完好细胞的这种能力允许对使用氯化的配水系统进行监测：因为这种消毒工序在处理点伤害所有细胞，这类系统中完好细胞的存在是细菌生长的明显迹象——化学网络保护的失败。这在瑞士关系很大，在瑞士，越来越多的水厂正在考虑从化学保护转向生物稳定性。

图4 各种水样中细菌细胞数（通过流式细胞计量术确定的）与ATP浓度之间的关系。根据来源水样呈现出特有的ATP浓度和细菌数（数据引自[6]和Stefan Koetzsch）



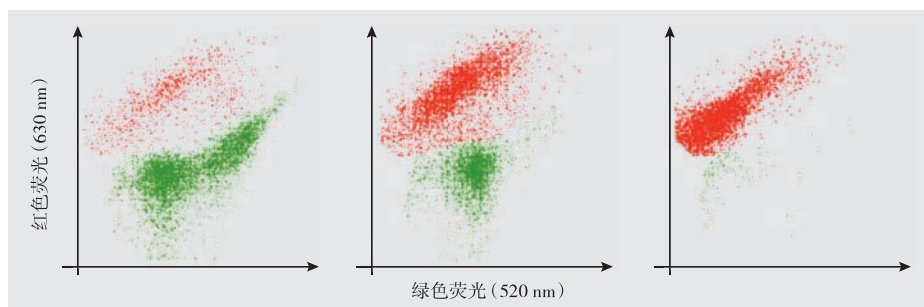


图 5 流式细胞计量分析被用来区分水中受损细菌细胞与完好的细菌细胞：被碘化丙啶着色的细胞是受损的，那些绿色的（未专门着色的）则是完好的细胞。随着曝露的增加受损从左至右不断增加（引自参考文献[7]）

这一方法已成功用于巴塞尔、苏黎世、里加和阿姆斯特丹等城市的实例研究，所有这些水公司现在都将这一方法的变更方法用于研究或监测目的。

更好地了解机理 微生物界的多样性已得到确证：有52个得到认可的细菌门类，估计有100万–1000万个细菌物种，包括广泛的物理特性、营养需求和生理状态^[8]。虽然很多这种多样性被推测已有很多年，但用于详细检测和表征微生物的手段依然有限。

不过，最近高通量测序方法方面的发展，使得现已能通过小水样确认出无数生物。在Eawag与伊里诺伊大学进行的一项研究中，一种被称为焦磷酸测序的技术被用来分析非氯化饮用水的微生物多样性。这种方法使得可以通过对细菌的16S rRNA基因测序来深入分析样品中微生物群落的结构。因此，我们能确定不同类群的微生物以及它们的相对丰度。

这项研究的第一个实用成果——除细菌名称的长列表之外——是微生物群落分析可用作确定配水系统中饮用水稳定性的一种手段^[3]。它可以检测细菌生长或污染所致的微小变化，以及确定负有责任的特定生物。优质饮用水从生产点到消费点在细胞浓度和微生物群落成方面基本保持稳定。

详细了解饮用水处理系统中的微生物群落，将会导致对它们功能价值的了解。目前，虽然我们知道生物过滤是运行良好的过程，但它们在活性介质（细菌）的组成和特性方面基本上是“黑箱”环境。预计更深入地了解微生物群落将有助于这类生物过滤器的最佳设计和运行。

未来，由于全球人口增长所导致的水需求不断增加，将会对水资源施加更大的压力，环境变化（如气候变化）也将增加对水质监测和控制的需求。为了迎接这些挑战，认

真规划以及更好地了解配水系统中的微生物过程将是非常重要的。

大量饮用水微生物方法的研发提高了我们对这些人造环境中微生物行为的了解。这些方法及其应用所产生的知识，又为水公司提供了进一步改进处理过程和确保优质饮用水的可持续供应所需要的手段。 ○○○

- [1] Hammes F., Berger C., Köster O., Egli T. (2010): Assessing biological stability of drinking water without disinfectant residuals: A case-study of the Zurich water supply system. *Journal of Water Supply: Research and Technology, Aqua* 59 (1), 31–40.
- [2] Sedlak D.L., von Gunten U. (2011): The chlorine dilemma. *Science* 331, 42–43.
- [3] Lautenschlager K., Boon N., Wang Y., Egli T., Hammes F. (2010): Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. *Water Research* 44 (17), 4868–4877.
- [4] Vital M., Stucki D., Egli T., Hammes F. (2010): Evaluating the growth potential of pathogenic bacteria in water. *Applied and Environmental Microbiology* 76 (19), 6477–6484.
- [5] Hammes F., Vital M., Stucki D., Lautenschlager K., Egli T. (2009): Advances in microbiological methods for drinking water analysis: Flow cytometry, assimilable organic carbon and pathogen growth potential. *TECHNEAU: Safe drinking water from source to tap*. IWA Publishing, Alliance House, London.
- [6] Hammes F., Goldschmidt F., Vital M., Wang Y., Egli T. (2010): Measurement and interpretation of microbial adenosine tri-phosphate (ATP) in aquatic environments. *Water Research* 44 (13), 3915–3923.
- [7] Ramseier M.K., von Gunten U., Freihofer P., Hammes F. (2011): Kinetics of membrane damage to high (HNA) and low (LNA) nucleic acid bacterial clusters in drinking water by ozone, chlorine, chlorine dioxide, monochloramine, ferrate(VI), and permanganate. *Water Research* 45 (3), 1490–1500.
- [8] Schloss P.D., Handelsman J. (2004): Status of the microbial census. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 68, 686–691.

城市水基础设施的战略规划



Max Maurer, 化学与过程工程师, 城市水管理室负责人, 苏黎世理工学院讲学者, 瑞士水协会 (VSA) 执行委员会成员

瑞士饮用水供给和污水管理基础设施的可持续战略规划, 必须考虑未来的需求和不确定性。好的解决办法不是旨在尽可能降低成本, 而是力图使整个寿命期间的利益最佳化, 并且适应于当地的条件。不存在对于全国来说“一个尺寸适合所有”的解决办法。

瑞士的饮用水供给和污水管理系统是其公共部门保障的关键性要素。由于多年来的定向投资, 该国现有安全有效的全国水基础设施, 可提供优质服务。仅污水管理部门就包括一个总长度约为87 000 km的下水道网络、759个集中处理厂和3500个小型处理厂以及大约30 000个预处理设施。估计瑞士供水和污水管理基础设施的重置价值为2180亿瑞士法郎, 这不包括每年大约80亿瑞士法郎的经常性的估算费用^[1]。

当今规划未来 为了确保供水和污水管理部门可用资源在长期过程中得到经济有效的配置, 如今需要开始规划未来, 在城市管理的发展方面采取战略决策。为了达到这一目标, 需要确认对城市水管理系统会产生重大影响的运行因素和政治因素。尤其是需要尽可能评价战略规划中不可避免涉及到的所有不确定性, 需要以透明的方式将它们纳入决策中。在这方面, 研究人员拥有特殊的责任使合适的方法用于未来现实方案的制定以及新方法的评估。

例如, 为了成本估算目的, 重要的是需要弄清一个系统是否显示出规模经济 (或不经济), 换言之, 随着规模的增加, 它是否变得花钱较少 (或更多)。还要研究的是规划过程考虑到的不确定性的费用。

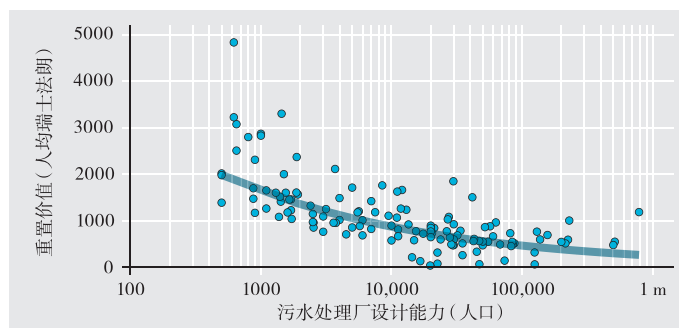
大型厂真的花钱较少吗? 乍看, 污水处理厂和饮用水处理厂似乎显示出明显的规模经济: 当一个厂的规模扩大一倍时, 成本仅增加60%–70%。因此, 大厂看来花钱较少。计算表明, 设计为10万人服务的瑞士污水处理厂的

人均重置费, 平均要比服务于1000人的污水处理厂低65% (图1)。其他国家的污水处理厂和饮用水处理系统也能证明可比较的规模经济^[3]。规模经济所致的费用减少是目前用于支持将污水处理厂纳入集中系统的主要论据之一。

不过, 大型系统需要大型下水道网。整体加以考虑的话, 这类系统仍能显示出规模经济吗? 为了回答这一问题, 我们研制了一个数学模型, 该模型以来自联邦统计局土地利用统计资料的住区数据为基础, 代表瑞士混合下水道基础设施的尺寸^[4]。在这一模型中, 人口与建筑密度以及集水区域规模被用来估算一个下水道网的长度和重置价。另外, 这一模型可用来确定影响混合下水道系统建设费用的最重要的定量因素。

3个因素基本上是相关的: 管道直径、不渗水地表的面积以及人口与建筑物密度。较大的住区拥有更广泛的下水道网, 需要较大的管道直径, 这又会转过来增加建设费

图1 瑞士污水处理厂重置价值中所见的规模经济性。这里显示了随128个厂设计能力而变的以人均瑞士法郎表示的重置价值。当设计能力增加时, 人均费用减少^[2]





在供水和污水管理部门，目前努力集中在保护现有基础设施的价值方面。但也需要用于评估未来需求的手段

用。另外，它们一般拥有较高比例的不透水地表，即较低的径流系数。这意味着更多的暴雨水必经通过下水道网来排放，从而导致设计能力增加和较高的费用。不过，费用将会随着较高的人口与建筑密度而被降低，因为它们被分配到大量居民中去了。

没有明显的规模的经济性 虽然管道直径与不透水地表面积显然与规模的不经济性有关——费用随尺寸增加而不成比例地增加——但人口与建筑密度显示出规模的经济性。在瑞士，这些不同的因素抵消，换言之，从统计角度看，大型住区的重置价并非较低（或较高）。所以总的说来，瑞士下水道网没有显示出规模的经济性（图2）。

由于污水处理厂的建设费用仅占下水道网建设费用的10%–20%，所以可以得出这一结论：就瑞士污水管理系统总的来说（下水道与污水处理厂），不存在明显的规模经济性：大型系统的建设费用可能（但不一定）会较低。这意味着将污水管理指派给少量集中化的工厂不一定导致较低的费用。所以新系统的计划需要一种灵活的方法。

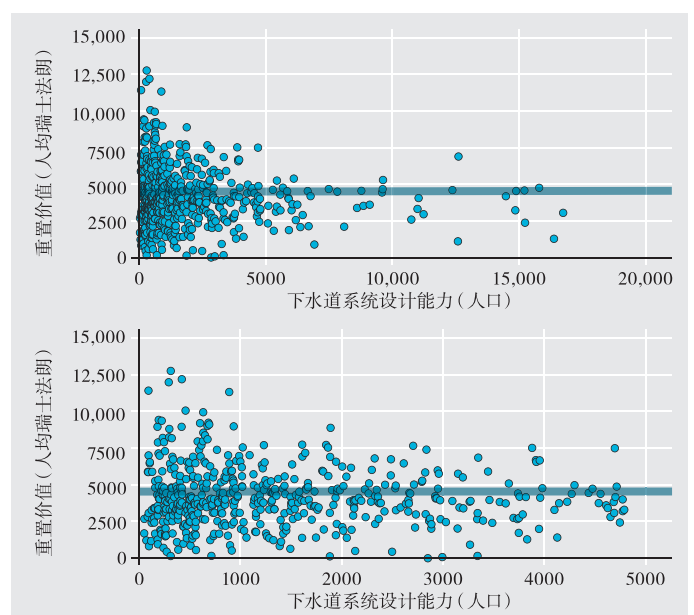
尤其是这类计划需要考虑未来住区结构（如扩展性发展或增长）的可能的方案。未来前景不确定的居住分散的地区尤其属不成比例的成本密集型。在这种地区，分散的污水处理系统可能是一种理想的选择。

考虑费用估算中的不确定性 基础设施代表一种长期投资，它也需要满足未来的需求。例如，处理厂是在未来30年需求发展预测基础上设计和建造的。通过通常使用的决定性规划方法，假设需求将按一定速度增长，按下列这种方法来确定能力：工厂的利用在该厂寿命结束时将为100%，即它将能在整个寿命期内满足设计要求。

但显然未来的任何分析都含有不确定性。结果一个厂实际上可能在达到其寿命结束之前无法满足要求，或可能根本达不到预计的能力利用。这里相关的不仅是生产费用（总的工厂建设费用），而且还有整个运行期中产生的人均费用。

采用我们小组研发的一种方法，可以用货币方式对规划不确定性的影响进行定量^[5]。通过这一方法，我们可以模拟所有可能的需求发展和计算各种情形中每一用户的费用。另外，不同权重被附加于各种方案发生的可能性。图3给出的假设实例证明当考虑到不确定性时预计需求可能变化的程度。

图 2 瑞士住区混合下水道的重置价值。人均费用没有随设计能力的增加而下降，即不存在规模的经济性^[2]



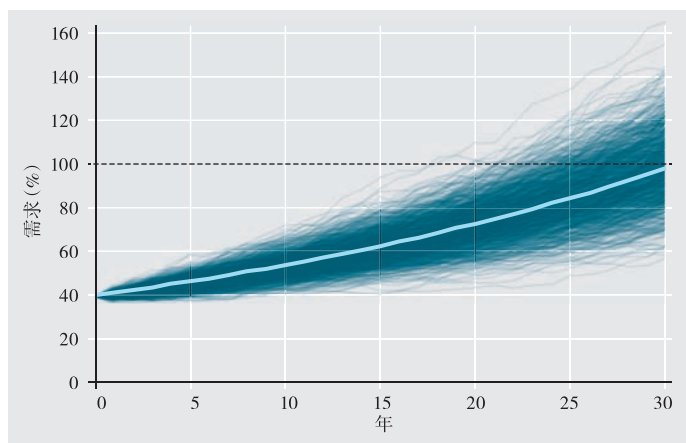
根据我们的模型, 每个用户的费用主要由增长速率和需求的不确定性所决定: 例如, 超负荷程度越大和持续时间越长, 该厂服务寿命期内的平均能力利用就越低。在图3中, 平均负荷为66%。与一个不必考虑增长的解决办法相比, 寿命费用要比在实际需求基础上要求的寿命费用高34%。

我们的方法还能评估大大高于预计的费用的可能性。在图3所示的实例中, 80%的情形中费用将会高34%以上, 在10%的情形中费用将会高49%以上(在该图中是看不到的)。这类费用的参考值总是被作为该厂满负荷运行和没有任何不确定性情况下每个用户的平均建设费用。

从这种角度看, 能够以模数方式适应增长需求的灵活的解决办法, 现在可以证明是优越的, 而且可能最终比一种既不考虑需求增长也不考虑不确定性的常规费用比较法花钱要少。

地区基础设施预见 为了确保水基础设施的可持续发展, 投资决策需要基于一种综合规划过程。不是集中于尽可能降低建设费用, 良好的方法将寻求使整个寿命期内的效益最佳化。为了支持这种规划过程, Eawag正在参与由瑞士国家科学基金会发起的两项国家科学规划——“建设环境的可持续发展”(NRP 54)以及“可持续的水管理”(NRP 61)。

图3 考虑到不确定性的情况下, 一种假设情景中的预计需求。粗曲线代表根据定数基础的预计工厂每年3%的利用率增长。因此工厂利用率30年后达到100%。如果需求始终保持低于这一曲线, 那么该厂就规模过大了, 而且费用会高于预计。相反, 工厂能力在寿命结束之前被超过了, 那么该厂就是规模不足; 那么费用也会高于预计。细曲线代表考虑不确定性的各种可能的发展情况^[5]



在“地区基础设计预见”(RIP)中——现已完成的一个作为NRP 54组成部分的项目——我们与关键的决策者们合作制定了一个城市水管理地区发展战略^[6]。我们确定了一些应指导更详细决策的重要的指示物。RIF主要包括两个中心要素:

►未来情景: 为那些影响城市水管理部门的最重要的因素假设多种发展。它们代表不同经济条件下(从极迅速增长到严重衰退)的未来, 并为各种可用的选择的评估提供一个基础。

►可用的选择方案: 在系统观察的帮助下, 为当地饮用水供给和污水管理的发展研究可能的选择方案。这些包括技术方面的和组织方面的, 如增加集水区规模或将集中式处理系统和分散式处理系统加以比较。

在决策者目标的基础上, 现在可以对未来所有情景的各种选择方案进行独立评估。这使得能够选择一种既受决策者们青睐又在未来各种情景方面尽可能健全的方案。

例如, 在涉及伯尔尼州Kiesen和Aare河谷的实例研究中, 证明污水处理应采取一种“肩并肩”的战略, 以该地区污水处理厂协会组织合并的方式。所选择的这一战略为决策者们在未来所有情景方面产生了中到高的可取性, 因此证明是最健全的选择方案。所有其他方案至少在一种情景中得分低和呈现出较低的耐久性。

可持续的水基础设施规划 “可持续的水基础设施规划”(SWIP)项目(NRP 61的组成部分), 对特定方案和管理方法的效应进行量化, 并将这些效应与所有利益相关方的目标进行比较。例如, 维修上更大的花销可能会减少裂管的风险, 从而预防服务的中断。然后, 产生的问题是利益相关方是否准备进行更大的投资, 或者他们是否愿意接受更频繁的中断。

通过在许多社区进行的实例研究, 这一规划过程将被最佳化, 将为供水和污水管理基础设施研制特定的规划措施。该项目寻求对经济(预计费用)、环境(生态系统影响)和社会(利益相关方价值)方面加以平衡。

特别注意到这一现实: 瑞士很多社区缺乏基础设施方面的准确数据, 而且无法肯定地预测未来的发展。SWIP基于现有的规划文件, 例如“污水总管理计划”(GEP)或“供水总计划”(GWP), 这些计划确定社区基



Mönchaltorf污水处理厂(苏黎世州)是SWIP项目中所涉及的处理厂之一,该项目旨在使规划过程最佳化以及为不同社区的供水和污水管理基础设施制定特定的规划措施

基础设施方面的不足,并提出投资计划。

与地区RIF和SWIP方法一起,我们目前正在研究国家层面的趋势和知识空白。根据初步的“供水2025”研究,未来瑞士的饮用水供给安全是有保证的。不过,该报告确认需要进一步研究,例如关于气候变化对原水水质的影响以及可持续的供水系统的结构性需求。Eawag网站上可获得相关出版物和建议^[7]。“污水管理2025”研究工作将于2011年秋完成,该报告也将在网上公布。

不存在“一个尺寸适合所有”的解决办法 虽然实际努力目前集中在保护现有基础设施价值上,但需要有一些方法来促进对未来需求的评估。这一点对于长期保持瑞士城市水管理服务以及使其最佳化是至关重要的。

关于未来所用技术和系统的决策需要一个良好的基础。将一些全新的理念如分散式系统纳入这种评估过程也是重要的和可行的。由于技术进步,分散法尤其是未来一种有吸引力的选择方案^[8]。第30页的文章更详细地介绍了这些系统。

与几乎只要求技术专长的单纯的保值不同,可持续的战略规划必须考虑根本性的问题以及所有利益相关方的需要。污水处理的职责是否应指派给相邻的社区,或一

个社区企业是否应转成股份制公司(AG),是战略规划过程中产生的典型的组织性问题。例如,在Klettgau地区(沙夫豪森州)的实例研究中,原先产生的问题是如何扩大污水处理;但后来考虑了其他一些方案,包括与德国一个相邻的污水处理厂合并以及污水处理的完全分散化。

总之,瑞士城市水管理部门的战略规划需要将两个不同的问题结合起来:现有结构如何才能得到进一步发展以及这种发展应朝什么方向进行?迄今为止的结果清楚地表明,不存在一个适合于瑞士全国的“一个尺寸适合所有”的解决办法。相反,所需要的是最适合于当地条件的解决办法。

○○○

- [1] Schalcher H.-R., Boesch H.-J., Bertschy K., Sommer H., Matter D., Gerum J., Jakob M. (2011): Was kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft und wer bezahlt dafür? VDF Hochschulverlag, Zürich.
- [2] Maurer M., Herlyn A. (2006): Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Schlussbericht für das Bundesamt für Umwelt.
- [3] Maurer M. (2009): Specific net present value – An improved method for assessing modularisation costs in water services with growing demand. Water Research 43 (8), 2121–2130.
- [4] Maurer M., Wolfram M., Herlyn A. (2010): Factors affecting economies of scale in combined sewer systems. Water Science and Technology 62 (1), 36–41.
- [5] Hug T., Dominguez D., Maurer M. (2010): The cost of uncertainty and the value of flexibility in water and wastewater infrastructure planning. Proceedings 1st WEF-IWA Cities of the future conference, Boston, 487–500.
- [6] Störmer E., Klinke A., Maurer M., Ruef A., Truffer B. (2008): Regional infrastructure foresight. Partizipative Strategieentwicklung für eine nachhaltige regionale Abwasserwirtschaft. GWA 88 (11), 843–850.
- [7] www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/infrastrukturen/uebersichtsstudie_2025/index_EN
- [8] Bauchrowitz M. (2010): Decentralized systems – future model for wastewater treatment? Eawag News 68e, 17–21.



Christian Zurbrugg, 地质学家, 发展中国家水与环境卫生室 (Sandec) 负责人, 洛桑理工学院讲学者

改善环境卫生的联合努力

发展中国家痢疾和婴儿高死亡率的主要原因之一是环境卫生差。这一领域应用研究的挑战是研制适合于当地条件的技术方法和规划方法。这只能通过与非政府组织、当地社区和当局的紧密合作来实现。

当国际公共卫生专家的注意力大部分集中在艾滋病、疟疾和血吸虫病上时, 一种可能看似无害的情况——痢疾每年实际导致全世界幼童的死亡数要多于上述这3种病的总和。不过, 通过可靠的环境卫生和安全的饮用水, 每年可以防止大约240万人死亡。当痢疾与随后的营养不良和其他归咎于营养不良的疾病相关联时, 这类死亡主要出现在儿童中^[1]。

粪便的安全处置和卫生的改善, 将是防止病原菌和相关的腹泻疾病扩散的有效方法 (图1)。所以对于全球大部分人口而言, 环境卫生是污水管理部门的优先考虑。

规划, 不仅为社会 随着2000年《千年宣言》的通过, 联合国成员国发起了一项全球与贫困作斗争倡议。在环境可持续性领域, “千年发展目标”之一是, 到2015年, 使无法可持续地获得安全饮用水和基本环境卫生的人口比例下降一半。

虽然这一目标容易制定, 但实现是一个极为复杂的问题。预计到2050年世界人口将增加到90多亿, 城市人口增长速率差不多是总人口增长速率的2倍, 发展中国家和经济转型国家城市中贫民窟居民的比例平均为30%—50%, 所以需要创新性的方法——不仅在所选择的技术方面, 而且还要在规划、财政、实施和可持续运行方面。这方面的应用研究需要做出重大努力, 以当地适用的解决办法来支持实践者和决策者。

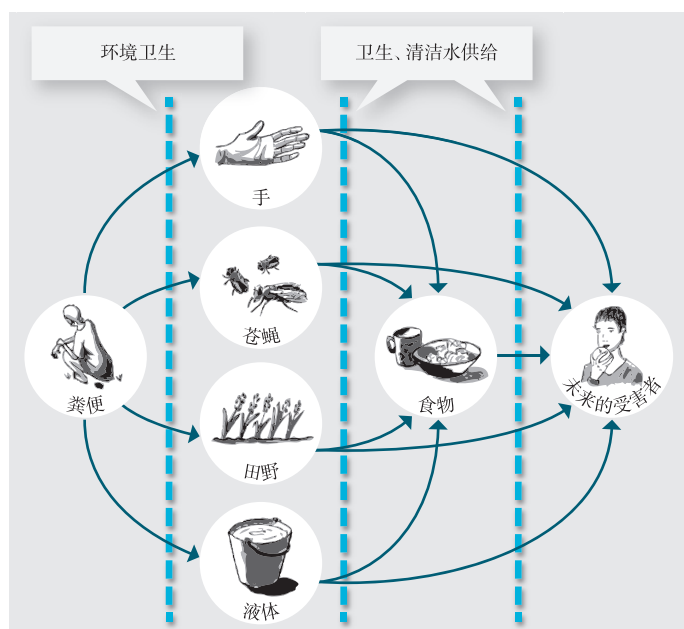
当发展中国家设计城市污水系统时, 规划者和工程技术人员一般决定何种基础设施和服务应该是可用的。所提出的技术方法常常是一个基于欧洲模式的带有污水处理厂的下水道网, 它不考虑当地需求和可能性。在多数情

况下, 公众不参与规划过程, 而是作为当局提供的一个系统的被动的接受者。

然而, 对于发展中国家人员不足、资金不足的城市污水管理组织来说, 很少能操作一个欧洲式下水道网并确保其日常维护。另外, 这样一种网络无法足够快地扩展以赶上城市的增速, 主管道和处理厂迟早会产生能力问题。当水成为一种稀缺和昂贵的商品以及当根本无法确保供水的长期获得时, 会发生什么样的情况呢? 在这类情况下, 一个水运污水系统将很快会崩溃。

如果不顾这类困难仍要向城市各个区提供可靠的污水服务, 那么就需要设想更灵活的方法 (有当地社区和小

图1 粪便疾病传播途径与防护屏障。改善的环境卫生可以预防源头传播, 而清洁水供给和改善的卫生可以减少传染病的传播





老挝首都万象一个低收入区——Hatsady Tai的居民正在修建新的污水基础设施



企业参与)。联合国第一个“国际饮用水安全与卫生十年（1981-1990）”已表明，用户参与规划和发展对于基础设施方案的长期成功通常是非常重要的^[2]。

参与式规划法 根据这一背景，几年前，Eawag一个研究项目研制了一种将各家各户置于规划过程中心的方法。主要想法是社区的直接参与为所有权和责任的集体意义奠定了基础，从而促进可持续的解决。与地方组织和当局合作，Christoph Lüthi及其同事，试图借助于在肯尼亚、坦桑尼亚、老挝、尼泊尔和哥斯达黎加几个城市地区的试验性研究，来证实这一方法。

例如，Hatsady Tai是靠近万象（老挝首都）中心的一个典型的低收入住区：很多建筑物非法建在公共土地上，14.5%的居民遭受痢疾之苦，主要是由于环境卫生条件差所致。与公共工程与运输研究所（一个政府机构）和地方社区的代表一起，我们的研究小组花了18个月，制定了改善Hatsady环境卫生的总体计划。这一过程包括目前环境卫生服务和用户优先考虑的评估、改善环境卫生的方案的确立、可能的解决办法的联合评估以及废物管理计划的制定。

实施过程花了另外4个月。现有的粪坑被改造和改为沉降室，以改善固体的去除效果。这些沉降室与一个无固体下水道系统连接，液体废物在化粪池中经过厌氧处理。

一个私人服务提供者承担粪便污泥管理的职责（从粪坑收集，供城市废物处理厂的集中处理）。

除了污水管理措施外，重要的是改善这一平坦低洼地区的雨水排放和固体废物收集。特别是，该项目促进家庭废物分类以及不同类型废物的分别收集。

Hatsady Tai的居民在整个这一规划过程中发挥了积极的作用。多数人参加了会议和听证会，3户家庭让出它们的部分土地用于社区化粪池建设。许多家庭还接受它们房地产的改变，以便于排水道的建设。

社区的多数人积极参与改善Hatsady Tai环境卫生的规划过程



由于这一项目, Hatsady Tai的环境卫生得到大大改善。例如, 由于新雨水排水系统的修建, 洪涝已变得少了, 而且现在很少在街道内焚烧城市废物。因此, 烟公害和呼吸障碍已减少。但最重要的是, 当地社区已通过这一经历认识到, 不是仅仅依靠当局的良好意愿, 而是要通过自身的成功行动才能改善其环境的质量^[3]。

在各种试验项目所获经验的基础上, 现已为发展中国家的决策者们制定了规划指南:《社区领导的城市环境卫生》提供了一整套方法, 其中有规划过程中每一步骤的详细指导。特别注意到低收入地区, 那里环境卫生的改善依然是一项高度复杂的任务。

分散化解决办法的好处 在亚洲和非洲的很多大城市, 与下水道网相连的家庭不到20%。较小的城镇一般完全缺乏下水道系统^[4]。不过, 几乎所有城市家庭都有就地卫生设计: 坑式厕所或化粪池用于液体/固体分离。这些

由于新的雨水排水系统, 现在Hatsady Tai洪涝变得不常见了



设施被定期排空, 然后对粪便污泥进行处置。这类设施应纳入污水管理计划。

正如在塞内加尔进行的一项研究所示, 在发展中国家, 分散化的处置设施通常也提供经济好处。对于达卡来说, 来自Eawag和Cheikh Anta Diop大学(达卡)的研究人员, 将常规的下水道网和集中式污水处理厂的费用与分散式粪便污泥收集和集中处理的费用相比较: 前者的投资费用是后者的11倍。即使是维护费用集中式系统也要高2倍。为了运行这样一种系统, 政府废物处置当局征收所有人都付得起的污水费(包括那些未与下水道网相连的家庭)。如果污水费仅由实际已与下水道网连接的家庭来支付, 那么, 收入只能支付20%的运行费用。

不过, 即便分散式粪便污泥管理花费低得多, 但这一系统目前也无法以补偿费用的这种方式在达卡得到实施。在很多情况下, 粪便污泥是由私人公司采用真空罐车来收集的。但鉴于居民的有限收入, 所收的费定得很低, 这些费很少能补偿掏空和运输费用。所以为了降低费用, 公司常常以一种有害环境的方式处置粪便污泥——在田野、倾倒场或河中。

粪便污泥——一种宝贵的资源 虽然粪便污泥处置是全世界一种常见的做法, 但致力于这一主题的污水研究少得惊人。活性污泥处置装置(已得到广泛研究)或适应于发展中国家废物稳定塘的迅速超载, 当它们不得不处理大量高度浓缩的粪便污泥时, 它们不适合用于这一产物的进一步处理。

十年来, Eawag一直与发展中国家和经济转型国家的大学和研究所合作, 努力研制合适的粪便污泥处理技术。在加纳、塞内加尔、喀麦隆、泰国和越南, 已深入试验和研究了各种系统, 例如沉降池、混合堆肥以及种植或非种植干燥床。最后这种方法看来特别有希望, 但合适的方法只能根据当地角度来确定。

除了凸显粪便污泥处理方面的过程工程挑战之外, 这些研究已证明应更多地注意粪便污泥作为一种潜在的资源。鉴于城郊集约化农业典型的养料耗尽土壤, 很可能存在对这种有机物和养分的需求。如果粪便污泥处理的产物具有商业可行性, 环境卫生也可能变得对当地企业有吸引力, 它们又会转过来促进污水处理的扩大。

在这方面已采取了一些步骤。例如在喀麦隆Yaoundé



创造价值：生长在粪便污泥上的羚羊草可以作为饲料植物出售

的一个项目中，Eawag的研究人员与Yaoundé大学的同仁已证明，土著的羚羊草 (*Echinochloa pyramidalis*) 可以在种植污泥干燥床上生长。羚羊草作为一种饲料植物在牧民中是受欢迎的，因为它在养分含量方面要优于野草^[5]。

通过粪便污泥为当地企业创造价值的另一个有希望的方法源自一个最初关注有机固体废物的项目。通过在哥斯达黎加的一个中试处理装置，Sandec的Stefan Diener证明，可以采用黑水虻 (*Hermetia illucens*) 的幼虫来处理有机废物。这种幼虫迅速降解这种有机物，通过进食发育成预蛹。由40%蛋白质和30%脂肪组成的这种预蛹是鱼粉的一种可持续的替代物，目前被用于动物饲养业。另外，它们容易收获，由于它们一旦达到预蛹阶段就会从废物中爬出。因为鱼粉价格已大涨，所以这种产品可能会成为一种越来越有吸引力的收入来源^[6]。

Eawag和位于曼谷的亚洲理工学院进行的初步研究表明，当使用干燥的粪便污泥时，这一方法也是有效的。给幼虫喂食来自化粪池的按不同比例与市场废物混合的脱水污泥（含水率为63%）。虽然采用较高比例的粪便污泥的情况下，幼虫生长得不太快，而且获得的重量较轻，但它们发育得很好，而且大大有助于粪便污泥的减量。现在，进一步的研究将调查这些幼虫是否能和如何杀死污泥中的病原菌。

填补研究与实践之间的空白 环境卫生领域的研究正在日益研发特别适合于发展中国家使用的替代性方法。但当地的利益相关方——企业家、专家、规划者以及城市当局的决策者——也需要能接受这一知识，这样它才能适应和应用于当地特定的情况。

这种知识转让不是一件易事，Eawag首先要设法让当地利益相关方尽量参与项目的早期阶段，其次，要设法借助于短片、手册或学习材料以及通常的科学出版物来接触实践者和政策制定者。不是直接与当地利益相关方对话，与相关国家中的关键性组织或与国际非政府组织或开发机构合伙，常常是有用的。这些机构包括瑞士开发与合作署 (SDC)，它不仅拥有支持研究的长期历史，而且还将研究结果纳入其自己的项目，或通过其当地的合作办公室传播这些研究成果。这意味着，研究可以充当创新与实践之间的十分重要的接合部，通过研发新的方法，在改善环境卫生和对付贫困方面发挥其作用。

○○○

[1] Bartram J., Cairncross S. (2010): Hygiene, sanitation, and water – forgotten foundations of health. PLoS Medicine 7 (11), e1000367, doi: 10.1371/journal.pmed.1000367.

[2] Lewis W.J., Foster S.S.D., Read G.H., Schertenleib R. (1981): The need for an integrated approach to water supply and sanitation in developing countries, Science of the Total Environment 21 (Nov), 53–59.

[3] Lüthi C., Morel A., Kohler P., Tilley E. (2009): People's choice first. A 4-country comparative validation of the HCES planning approach for environmental sanitation. NCCR North-South Dialogue, No. 22.

[4] Strauss M., Larmie S.A., Heinss U., Montangero A. (2000): Treating faecal sludges in ponds, Water Science and Technology, 42 (10–11), 283–290.

[5] Kengne I.M., Amougou A., Soh E.K., Tsama V., Ngoutane M.M., Dodane P.H., Koné D. (2008): Effects of faecal sludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitch. and Chase and *Cyperus papyrus* L. Ecological Engineering 34 (3), 233–242.

[6] Diener S., Zurbrugg C., Tockner K. (2009): Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. Waste Management & Research 27 (6), 603–610.

用于未来污水处理的清洁技术

在污水处理中, 环境无害化和资源节约型技术还应开发污水本身所含的资源, 全新的一些方法如尿源头分离和养分回收用于尿基肥料, 指出了未来之路, 它超出了常规下水道和污水处理厂的范畴。



Tove A. Larsen, 化学工程师, 在城市水管理室工作, 与Judith Lienert 一起, 是Novaquatis项目的联合负责人

联邦委员会的《瑞士清洁技术总计划》旨在促进有助于保护自然资源与环境的技术。除了缓解对环境的压力之外, 该倡议是为了加强创新能力和该国的出口产业。在研究方面, 该总计划要求扩大清洁技术知识基础, 改进高等教育机构与产业之间的知识和技术转移 (<http://www.cleantech.admin.ch/cleantech>)。

Eawag长期以来一直关注资源节约型污水处理以及采取何种方式以及何处存在这类技术市场的问题。我们现已开始研发这种技术, 并寻找商业化产业伙伴。

城市水管理中的资源 近年来, 全球资源问题在很大程度上一直影响着Eawag在以资源为导向的城市水管理领域的研究, 因为相对来说, 瑞士的饮用水供给和污水处理系统是高水平的, 其地表水质量极佳。不过, 在解决全球问题方面, 目标一直是寻找费用较低并能为瑞士提供更多好处的解决办法^[1]。

《清洁技术总计划》中涉及到的关键性想法, 如资源的可持续利用、有效的过程、有限的环境影响以及成本高效益, 也适用于城市水管理部门。但与商品生产相比, 对环境可持续技术的要求更为复杂: 目的不仅是要最大限度利用污水处理中的资源以及成本高效益, 而且还要开

采污水中所含的资源以及保护自然资源如接受水体和大气(图1)。遗憾的是, 迄今为止, 多数方法一直仅集中在污水系统的一个部分, 而忽视了其他方面。然而所需要的是从这种部门思考法转向一种全面的方法, 它包括所有方面和资源的最佳化。只有到那时, 我们才能宣称正在研发可持续的技术。

不充分的养分去除 常规的“管道末端”法是基于: 来自家庭和工业的混合污水通过下水道网排放, 接着在集中的工厂中处理。近年来, 人们已发现了与这一方法相关的众多问题。例如, 这一领域大量的污水研究一直关注污水处理厂(WWTPs)的养分去除, 目的是为了避开地表水因氮和磷的排放而出现的富营养化。但最近一项研究表明, 从全球角度看, 氮和磷的去除努力是不充分的, 实际上只有很少一部分这些养分从污水中被去除(图2)。未来几十年中, 情况可能会依然如此。虽然作者估计2000年至2050年污水处理厂去除养分的能力将会增加3倍, 但这根本不足以应付人口增长和饮食改变所致的对污水养分输入的增加。模型计算表明, 这一期间来自污水的氮和磷的排放量将几乎翻番。建造污水处理厂和下水道网是费钱和耗时之举——而且实际上常常是不可能的, 尤其是在快速扩展的城市地区。

图 1 在研发可持续的城市水管理技术过程中, 需要考虑各种资源

在污水中 水 能源 养分等	在污水处理中 能源 化学品等
自然的 接受水体 土壤 大气等	人为的 资金 机构 可接受性等

未来缺水增加 《清洁技术总计划》设想, 由于气候变化, 未来很多资源可能会短缺。淡水尤其如此。例如, 根据气候情况, 专家们预计, 到2020年, 全世界将会有32亿-46亿人受到严重的水压力的影响(每人每年可获得水量 $<1000 \text{ m}^3$), 到2050年, 总数将增至49亿-69亿^[3]。相比



尿分流干厕：经进一步仔细查看，这种用于南非德班设施的创新技术是唯一可见的



eThekweni Water Services

之下，目前大约有16亿人生活在这些不安全的条件下，而目前瑞士每人每年可获得6500 m³水。

专家们已在讨论如何才能迎接缺水挑战。来自澳大利亚的一项指导性研究检查了能源利用在2030年供水方面的意义^[4]。假如借助于海水淡化或污水回用一类技术来满足人口增长所产生的水需求的增加，那么供水部门的主要能源使用量可能会增加（最坏情况下5倍）到每人200多瓦。这一发展当然不会与例如苏黎世市所采用的2000瓦社会景象相容。

因此增加水的效率看来是必要的。如果澳大利亚目前的水消费水平减半（从每人每天300 L减至150 L），那么现有的水资源到2030年时仍会足够。初步的经验表明，这类减少是可能的。工业用户和居民用户（也包括瑞士的这些用户）在增加水效率方面正在取得重大进展。

缺水带来的腐蚀 不过，正像工业化国家所实践的那样，常规污水管理需要大量水。例如，下水道中需要最低限度的水流，以便能将污水中的物质可靠地输送到污水

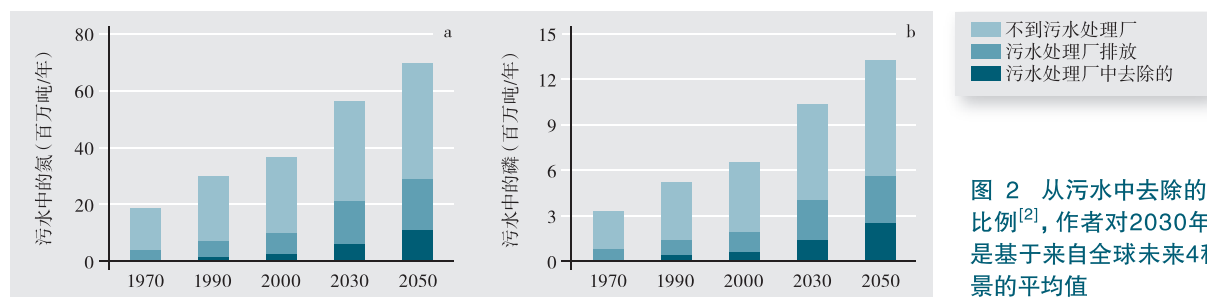


图 2 从污水中去除的氮(a)和磷(b)的比例^[2]，作者对2030年和2050年的预测是基于来自全球未来4种社会经济发展情景的平均值



在实验室中，过程工程师Kai Udert正在检验各种用于从尿中去除养分和污染物的反应器

处理厂。

亚利桑那州莫尼克斯的经历提供了一幅当下水道网水流不足时可能发生的令人震惊的画面^[5]。在那里，由于缺水，将水从下水道转用于开垦，从而使固体累积在该系统中。结果，浓缩的污水变得厌氧，导致硫化氢的形成，就像加压的管线中也会发生情况那样。这种气态硫化氢与干下水道壁上的氧气反应，生成硫酸，从而导致大范围的腐蚀破坏。

如今，为了确保下水道即便在低水位时也能保持功能以及防止腐蚀破坏，有时向污水中添加硝酸盐。不过，除了增加运行费用之外，硝酸盐的投加只会加剧来自污水和农业源的已经高度的氮污染所致的有害影响，无意中造成了新的问题（例如污水处理厂的脱氮过程）^[6]。

因此，产生了这样一个问题：在可能变得缺水的一些地区，建造下水道网是否有意义，假如它因缺水而根本无法适当发挥作用的话。

从尿到肥料 现有什么替代方法吗？通过 Novaquatis 项目，Eawag 相当长时间以来一直在争取全新的污水处理概念，旨在解决各种资源短缺问题^[7]。这些概念基于污水流的源头分离（见专栏）。通过这种方法，要比用混合污水、管道末端系统更容易整合资源节约型过程（如用于回收养分或减少水使用量）。

随着向一个得到公认的系统的所有根本性转变，这些新想法被广泛接受将需要时日。目前，对这些技术的需求主要存在于资源已经短缺以及根据西欧方法的水力输送污水系统不是一种合适选择的地区，例如南非德班的一些郊区。

在这方面，基于通过 Novaquatis 的获得的经验，Eawag 正在与当地服务提供商（eThekweni 水与卫生）以及 KwaZulu-Natal 大学合作，开展 VUNA 养分收获项目研究（www.eawag.ch/vuna）。在德班地区，大量、迅速增长的居民没有与带有集中污水处理厂的下水道网相连。对于这部分人来说，未来的污水管理将要涉及带有尿源头分离的干厕。另外，在小型反应器中从尿中提取养分氮、磷和钾，并将它们用来生产肥料。目前，尿渗进未使用的地面，从而威胁到来自附近一个湖泊的供水的安全。

由 VUNA 项目负责人 Kai Udert 研发的这种处理包括生物氮化（尿中部分铵被氧化成硝酸盐），接着是蒸发。这一过程的产物是由硝酸铵和其他活性肥料组分（磷和钾）组成的尿基肥料。虽然这一项目只是不久前才开始的，但这一点已经很清楚：这一技术一般在实验室见效，它可以用来生产肥料。该系统如何才能付诸于实践，这将会在适当的时候变得很明显。

这一过程已具有合理的能源平衡，尽管在它能与大规模处理厂竞争之前仍有最佳化空间（见表1）。不过，虽然这类装置的费用在贫穷地区可能是过分高昂的，但太阳能可以很好地被用来满足小规模分散式系统的能源需求。

尿源头分离用于养分回收

从技术上看，尿源头分离是一个简单的概念：例如，通过一个特殊的“非混合”厕所，可以分排和收集尿。因为尿是污水中多数养分的源头，所以单独的尿处理可以取代污水处理厂整个养分去除过程。另外，通过一种浓缩液，可以对养分处理进而生产肥料，这有助养分循环。Eawag 的 Novaquatis 项目详细研究了这一技术的机遇与风险。

www.novaquatis.eawag.ch

	氮 (N)	磷 (P)	N + P
肥料的能量值	-5.2	-0.34	-5.5
用于污水处理（大型处理厂）的能量	-5.2	-0.57	-5.8
用于硝化（小反应器）的能量	2.1		9.0
用于蒸发的能量（85%的能量回收）			20.0
总计（瓦/人）			17.7

表 1 尿的氮硝化和蒸发的能量平衡（主要能源，单位：瓦/人）。假定每人每天产生带有10 g氮和1 g 磷的1.5 L尿^[8]。节能以负数来表示

成功取决于成本-效益 但这一方法的成本-效益最终决定是否实际采用这一技术。鉴于这一原因，VUNA研究人员正在研究从尿中回收的养分是否为使用和维护这一卫生设施提供重要的经济刺激。例如，在粗略估计基础上，从尿中回收的养分的货币值最初看来是低的，但它与发展中国家污水处理费用相比是重要的（表2）。不过，这一估计受到许多不确定性的影响。首先，全球市场价格存在很大差异：虽然过去十年开始时价格是稳定的和很低，但近年来，价格已出现重大波动，主要反映了需求的增长。另外，呈硝酸铵状态的氮的价格要比氨态氮贵1倍。其次，鉴于缺乏非洲养分排泄方面的数据，所以不得不使用欧洲的数据。

从技术角度，VUNA项目的努力目前集中在产品的安全方面。根据慕尼黑Fraunhofer研究的分析，这种肥料产品具有与纯硝酸铵相类似的品质（热不稳定）。氯化钠残留和有机污染进一步降低了其稳定性。由于尿基肥料含有不到28%的氮，所以实际上它可能已符合瑞士和欧盟的法规。不管怎样，Eawag正在设法通过去除这一产品中的有机物质和氯化钠，来进一步改善其热稳定性。这还可以使这种肥料更容易贮存以及防止药品残留和氯化钠在农业中可能的有害影响。

表 2 尿中养分氮、磷、钾货币值的粗略估计（非洲每人每天美分）。假定每人每天排泄的尿中含有10 g氮、1 g磷和2.5 g钾；零售价是全球市场价的2.7倍（依据参考文献[9]）

	2000年（低）	2011年（Q1）	2008年（峰值）
氮 (N)	0.97	2.3	5.8
磷 (P)	0.16	0.58	1.0
钾 (K)	0.14	0.51	1.1
总计（美分）	1.3	3.4	7.9

已经就硝化和蒸发与有兴趣开发和生产合适反应器的公司建立了联系。这表明，尿源头分离和相关的养分回收的潜力，实际上现在也在被（缓慢但肯定）人们所认识。目前特别相关是那些对创新性污水管理解决办法需求最大的国际市场。但在某点上，这种方法在瑞士也可能会被认真思考。在这个国家，我们同时也等待更成熟的NoMix厕所，这种厕所可能会让中试项目在私人住家大规模地进行。一个具体的开发项目现正在环境卫生产业中进行。

[1] Larsen T.A., Gujer W. (1999): Tackling problems at the source – even in the household, Eawag News 48e, 6–7.

[2] Van Drecht G., Bouwman A.F., Harrison J., Knoop J.M. (2009): Global nitrogen and phosphate in urban wastewater for the period 1970 to 2050. Global Biogeochemical Cycle 23, GB0A03, doi:10.1029/2009GB003458.

[3] Alcamo J., Flörke M., Märker M. (2007): Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. Hydrological Sciences Journal 52 (2), 247–275.

[4] Kenway S.J., Priestley A., Cook S., Seo S., Inman M., Gregory A., Hall M. (2008): Energy use in the provision and consumption of urban water in Australia and New Zealand. Water for a healthy country national research flagship, CSIRO Australia and Water Services Association of Australia.

[5] Ablin R.L., Kinshella P. (2004): DUDE, where’s my pipe – Accelerated corrosion rate threatens Phoenix sewers. In Proceedings of the ASCE Pipeline Division Specialty Congress – Pipeline Engineering and Construction, 843–850.

[6] Larsen T.A. (in press): Redesigning wastewater infrastructure to improve resource efficiency. Water Science and Technology.

[7] Larsen T.A., Lienert J. (2007): NoMix unter der Lupe. Eawag News 63d, 4–7.

[8] Maurer M., Schwegler P., Larsen T.A. (2003): Nutrients in urine: Energetic aspects of removal and recovery. Water Science and Technology 48 (1), 37–46.

[9] Hofstetter A. (2010): Life cycle assessment of processes for nitrogen removal and recovery from source separated urine. Masterarbeit Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETHZ.

[9] Gregory D.I., Bumb B.L. (2006): Factors affecting supply of fertilizer in Sub-Saharan Africa. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington.



Jukka Jokela, Eawag理事会成员, 苏黎世联邦理工水生生态学教授
联合作者: Kirstin Kopp

放眼全球, 立足本地

当今水环境科学面临的主要挑战是, 恢复淡水生态系统, 以便为子孙后代保持它们所提供的服务。在这些努力中, 地方种群是至关重要的, 因为发生在地方一级的过程是生态系统功能的基础。

淡水属全世界最濒危的生态系统之列。在瑞士也是如此, 那里的河流改道、集约化的土地使用和环境污染, 已将地表水体的特性改变到天然淡水生态系统实际上已消失的程度。其他一些压力与气候变化有关, 气候变化可能会带来平均温度上升、季节性缺水 and 更频繁的极端天气事件。

多样性=可适应性 关于淡水生境的保护和提高, 对水生生态学家们产生了下列主要问题: 生态系统可以在何种程度上适应和补偿环境变化? 恢复和管理措施在何种空间尺度上是有效的? 恢复和复原之间的时滞是多长? 有限的管理资源的分配重点是什么? 为了回答这些问题, 我们需要特别了解种群层级的地方过程。这些对于生态系统的功能发挥是极为重要的, 因为所有相关的生态过程和演化过程都在地方种群范围内进行。种群被定义为一群在一起繁殖的个体。虽然常常难以看到一个种群结束和另一个种群开始, 但生态遗传学方法在这里可能是有帮助的。

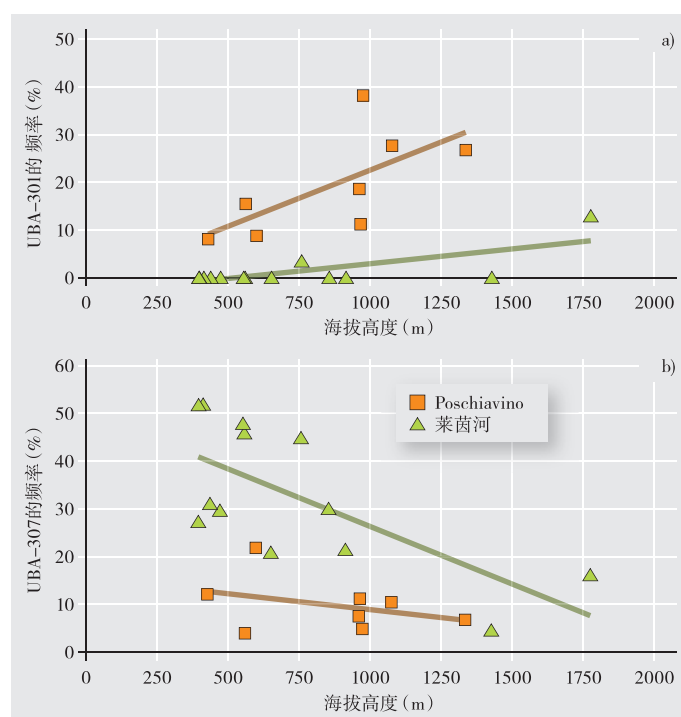
生态差异和遗传差异在某种程度上可有助于适应不断改变的环境条件以及经受住应激。因此, 它们有助于保护生态系统稳定性以及确保生态系统服务的提供。为此, 地方多样性的保持应成为当代保护生物学的核心考虑。这种方法拒绝生态系统保护成为一种保护过去的努力, 而是要促进能支持对新条件适应的演化动力学。

鱼类对海拔高度的适应 在测量瑞士几组淡水生物遗传种群结构过程中, Eawag的研究人员已发现, 种群能显示出高度的遗传差异, 即使是在短距离情况下。换言之,

之, 对于很多关键生物来说, 瑞士拥有重要的地域种, 直到最近之前, 人们一直不知道很多这种差异。

遗传漂变 (见词汇表) 和自然选择是两种演化机制, 它们能导致地方种群在遗传组成方面的差异。另外, 小空间尺度上变化的环境条件和生态相互作用, 可能会导致局部适应。局部适应的一个显著的实例来自Eawag科学家最近对瑞士褐鳟鱼 (*Salmo trutta*) 所进行的研究^[1]。高海拔种群被发现拥有遗传性变型 (低海拔种群中缺乏这种

图1 瑞士两个流域褐鳟鱼种群中的海拔高度适应。随着海拔高度的上升, 遗传性变型UBA-301的频率增加 (a), 而遗传性变型UBA-307的频率则下降 (b)





格劳宾登州的Val Roseg是高山石蛾 (*Allogamus uncatus*) 一个典型的生境。种群生活在高山河源的暂时溪流或永久性溪流中

变型), 这看来有利于在高海拔地区生活。在瑞士的几个集水区检测到这种变型, 这表明, 褐鳟鱼已适应与海拔高度相关的环境参数(图1)。

这一实例表明, 局部环境可能会产生新的和独特的局部遗传变异。所以恢复努力应设法保护这类变异是非常重要的, 因为这是适应环境变化所需要的。在放养措施中也应考虑地方种群的遗传差异。

现代遗传技术已使得生物学家们能发现这类隐蔽的生物多样性。当我们获得越来越多关于地方种群中差异的知识时, 这类局部适应的实例可能会变得更为常见。这一信息应被用来改善保护措施中的管理协议。

得到种群网支持的重新建群 各种物种由很多不同程度关联的地方种群组成, 形成网络, 迁徙动物在这类网络中交流。例如, 相同流域内的鱼类种群更有可能属于同一种群网, 而不是属于另一流域的种群网。这类种群网被称为集合种群。

Lisa Shama, Karen Kubow和Chris Robinson研究了常见高山石蛾 (*Allogamus uncatus*) 的集合种群^[2, 3]。这些石蛾占据高山河源溪流中的小流动水塘。这种物种作为幼虫越冬, 在秋天成为带翅成虫之前, 经过几个幼体蜕期, 积极疏散成为可能。每个山谷可能在溪流的永久性河段和暂时河段拥有几十个或多或少独立的种群。在详细的遗传研究中, 研究人员检查了格劳宾登州和瓦莱州几个山谷中种群网的长期历史和短期历史, 目的是为了弄清2003年酷热夏季的影响, 当时甚至连永久性溪流也干涸了。一个演化过程中仅发生缓慢变化的基因区的分析表明了不同山谷中5个强烈分歧的石蛾群(图2)。这些集合种群的地理型式和遗传特征表明, 在最后冰季的冰川后退之后, 这些山谷被来自不同冰川避难所的个体所定居, 从而产生了不同山谷的截然不同的遗传个性^[2]。

为了重建更近的种群统计史, 研究人员还采用了遗传标记, 这些遗传标记可提供比保守基因区更高分辨率的最近事件。这些数据提供2003年异常热夏季之前集合

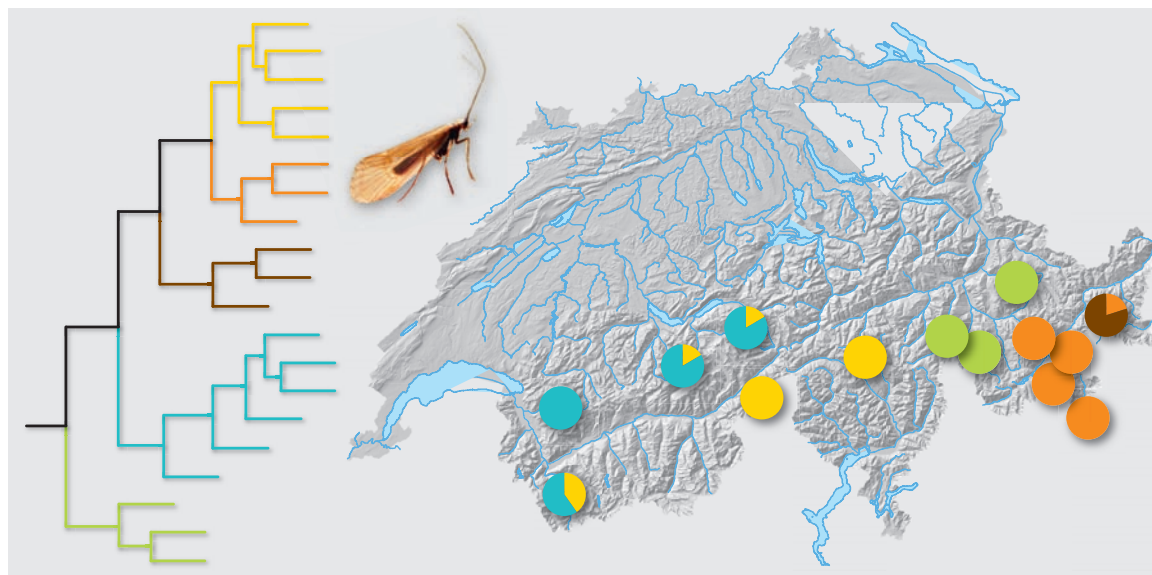


图 2 在一个受保护的基因区的基础上高山石蛾 (*Allogamus uncatus*) 中的遗传趋异。5个群体的地理分布表明, 这些山谷已由不同的冰川避难所被集群。树型图代表这些种群的遗传相关性, 饼形图表示所发现的不同遗传变型的比例

种群之间当代基因流的明确证据, 尽管所检查的一些山谷远隔165 km。但这种型式在2003年大旱之后发生了巨大的变化: 很多集合种群的原种大部分已遭毁灭, 只有少量个体生存下来。这样一种种群规模的大减被称之为种群瓶颈: 由于这么多个体丧失, 2003年夏季之后, 多数种群级的遗传多样丧失了。通过遗传漂变的增强, 现在这些集合种群显示出较少的遗传多样性和各自之间明显的差异^[3]。但当研究小组对山谷中的种群加以比较时, 他们发现不管是栖居在永久性溪流中还是暂时溪流中的地方种群都很相似, 这表明, 在每年夏季干旱时期种群经常灭绝的临时生境小区被局部重新群集^[3]。地方种群灭绝是自然生态系统中正常动态的一部分, 但人类影响已使这类灭绝事件变得更频繁和更引人注目。

在高山山谷的永久性溪流或暂时溪流中发现常见的高山石蛾 (*Allogamus uncatus*), 那里或多或少独立的种群的局部灭绝是常事



所需要的合适生境网 集合种群的生存决定性地取决于相连的地方种群。这些确保了灭绝和灾难性事件之后短期生境的重新集群。由于气候变化这类事件可能会变得更为常见, 我们也可以预计种群瓶颈会不断地侵蚀遗传多样性。能使地方种群和集合种群适应环境变化的重要的遗传潜力可能会因此而丧失。

地方种群退化与整个集合种群实际崩溃之间不可避免地存在一个时滞。所以当种群合适的生境小区变得更稀少和景观更破碎时, 需要采取有效的保护措施。我们不能依靠少数生境小区。恢复应该旨在提供一个充分的合适生境网, 因为稳定的和能恢复原状的集合种群取决于地方种群的数目、它们的关联性和足够的种群规模。所以管理和恢复努力应集中在关键种健康的集合种群上。这有希望成为保证可持续的生态系统功能和服务的成本最低的方法。

连接种群——管理中的双刃剑 连通性常随种群之间的距离和独立性而变。与那些被瀑布、物理结构或长距离分开的种群相比, 地理接近或连接很好的种群交换更多的迁移动物和拥有更多的基因流。所以独立的或边远的种群可能呈现遗传趋异, 并且可能拥有宝贵的新异。例如, 在规划恢复项目时, 应该设法避免这些种群相连。改善连通性可以通过增加迁移来挽救衰落的种群, 但它也可能会向入侵物种或甚至疾病扩散敞开大门。

通过比较褐鳟鱼和莱茵河流域常见的淡水端足目动

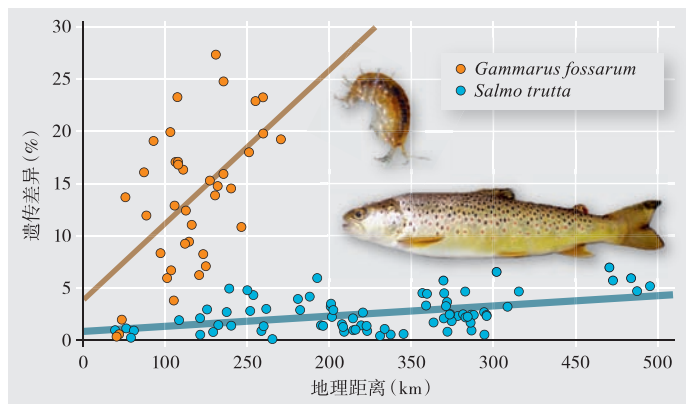


图 3 褐鳟鱼 (*Salmo trutta*) 和常见淡水端足目动物 (*Gammarus fossarum*) 连通性与遗传差异之间的关系。数据点表明种群之间成对遗传差异, 依据相同种群之间的地理距离作图。端足目种群显示出更大的遗传差异, 因为种群之间的基因流程度低

物 *Gammarus fossarum*, 可以说明连通性与遗传趋异之间的关系: 高迁移性鳟鱼的地方种群显示了高度连通性。为此, 这些种群中的遗传差异不十分明显。但鳟鱼种群显示出地理距离与遗传距离之间清楚的相关性。这表明, 基因流受到某种程度的抑制, 并仍产生局部趋异的种群^[1]。就迁移性较差的 *Gammarus fossarum* 来说, 地理距离与遗传距离之间的关系要强得多。尽管地理距离小, 但其种群在遗传方面极度不同^[4], 这表明非常有限的基因流以及局部基因适应性较高的潜力 (图3)。

这些对于恢复措施是重要的发现。例如, 我们对保持能生存的鳟鱼种群感兴趣, 而且通过聚集来对它们加以管理。但根据聚集个体的来源, 聚集可能会增加基因流或使地方变种均一化。就 *Gammarus* 来说, 我们想保持地方品种, 应避免 *Gammarus* 种群故意的易位。实际上, 积极的生境恢复项目应设法改善地区集合种群的生存性。 *Gammarus* 的捕食者——褐鳟鱼也可能会通过这类恢复措施而受益, 然后, 聚集可能会变得不需要。

更精确的规划 理想的是, 应以最大限度增加地方遗传多样性潜力的方式来规划地区恢复项目。这最好通过绘制地方种群的遗传结构图来实现, 这种结构图显示出哪里的集合种群需要得到支持以及哪里的生境小区需要恢复或创建。通过这种数据, 可以避免距离更远的种群的遗传新异被不想要的基因流所稀释。因此, 恢复是通过创建新生境来改善地方种群与同时保持遗传不同种群

术语表

生态过程:	生物彼此相互作用以及与其环境的相互作用
演化过程:	在微演化意义上, 由于基因流、遗传漂变、突变和天然选择、种群中等位基因频率的世代变化
基因流:	基因从一个种群扩散到另一个种群
遗传漂变:	等位基因频率的随机变化, 尤其是在小种群, 不是由于天然选择所致
冰川残遗种保护区:	在上一冰期被迫后退的先前广泛分布物种的隔离的残余种群的位置
关键物种:	对其环境产生不成比例的影响 (相对于其生物量而言) 以及在保持和确定生态系统方面发挥关键作用的物种
局部适应性:	通过对特殊环境条件具有高适合度的性状的自然选择的演化 (生物的或非生物的)
种群瓶颈:	种群规模大减, 导致遗传多样性丧失

间天然隔离之间的一种平衡动作。

在淡水方面, 恢复生态学传统上一直集中在恢复生境异质性以及改善天然水文和生境连接性上。地方种群价值方面新的侧重点不反对这种典型的恢复原则, 但要求在规划何处和如何采用恢复时更为精确。恢复目标在生物方面应证明是正确的, 目标是那些在生态系统中发挥重要功能作用以及带有遗传新异的关键物种。这也要求实践者一方有很多新的技术。

○○○

- [1] Keller I., Taverna A., Seehausen O. (2011): Evidence of neutral and adaptive genetic divergence between European trout populations sampled along altitudinal gradients. *Molecular Ecology* 20, 1888–1904, doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05067.x.
- [2] Kubow K.B., Robinson C.T., Shama L.N.S., Jokela J. (2010): Spatial scaling in the phylogeography of an alpine caddisfly, *Allogamus uncutus*, within the central European Alps. *Journal of the North American Benthological Society* 29 (3), 1089–1099.
- [3] Shama L.N.S., Kubow K.B., Jokela J., Robinson C.T. (2011): Bottlenecks drive temporal and spatial genetic changes in metapopulations of alpine caddisfly metapopulations, (submitted).
- [4] Westram A.M. (2011): Evolutionary Ecology of cryptic amphipod species. PhD-Dissertation 19650, ETH Zurich, Switzerland.

瞬息万变的世界中水的未来

社会既依赖于水的直接利用(供水、灌溉农业、废物同化、水电和航运),也依赖于水环境提供的生态系统服务。确保这些生态系统服务的提供,将要求以最大限度减少对水环境不利影响的方式来满足人类对水的直接需求。

瑞士拥有水基础设施和水资源成功管理的长期历史。由于欧洲几条大河的河源在瑞士阿尔卑斯山脉,所以其地表水体(包括它们的水质)的管理对于瑞士可能具有重要的国际影响。另外,严重依赖于水电以及防洪需要已导致瑞士水环境的广泛改变。

将需要在一个新的意义上做出未来瑞士水管理的决策:它不仅要包括过去在基础设施方面的投资,而且还要包括不断改变的条件和社会价值。历史视角和全球视角

古老的水基础设施: 在瓦莱州,一些距今已有1000多年的传统的灌溉渠(被称之为Suonen或bisses)如今仍在使用



Keystone



Eawag所长Janet Hering的技术专长是使污染水可饮用以及痕量金属的生物地质化学行为。她拥有苏黎世理工和洛桑理工学院的教授职位

共同提供了一个框架,用于检查瑞士未来水资源和基础设施管理方面所面临的挑战。

公民社会的一个核心职责 水资源和水基础设施在整个历史上一直是公民社会的一个核心职责。几乎在每个大洲都能发现很多水基础设施古迹(可追溯到数千年前),这就是水在维持社会中的至关重要的证据。在整个欧洲,罗马沟渠、澡堂和厕所遗迹分布广泛。在瑞士,一个当地灌溉渠系统(德语称之为“Suonen”,法语称之为“bisses”)如今在瓦莱州仍在使用;最早使用这一技术可以追溯到公元900年。

社会从水的直接使用和水环境获得很多好处。水对于健康和卫生的重要性曾被古代文明所认识,而且最近已被给予联合国人权地位。水和水环境还支撑陆地生态系统(包括雨浇农业和灌溉农业)以及水生生态系统(包括渔业)。水为社会提供运输和发电手段以及美学和娱乐好处。

很多这些直接好处只能通过基础设施(从最简单的渠道到大坝)的建设来开发。这种基础设施代表社会一方巨大的投资(见第22页的文章)。很多这种基础设施还通过设计或必要性大大改变水环境先存在的条件,例如在河流流量和结构方面。在瑞士,主要的水基础设施的早期开发(十九世纪初)与防洪以及农业土地开垦和住区土地开垦有关。

水环境的改变 引水和水流条件的改变属为满足人类直接需求的水基础设施和水资源分配的最有害的后

果。咸海（位于乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦边境）的生态破坏是数十年灌溉农业引水的结果。在一些国家，大河如美国的科罗拉多河不再能到达它们天然的河口，从而导致这些生态系统崩溃。

在瑞士，水道的主要改变包括河流的渠化和建坝。瑞士沿河有大约88 000个超过0.5 m高的人造堤堰，在苏黎世州，每公里河流约有11个人造堤堰。瑞士整个65 300 km河网中，大约15 800 km（占24%）的形态状况不令人满意^[1]。这一组中低海拔大河的代表性不成比例，本组包括50%低于600 m的河流和48%宽度超5 m的河流。很多高山河流受到1400水电取水所致剩余流量不足或水电站下游水峰的影响。另外，河流与其天然泛滩被隔开了。2003年，制定了瑞士河流管理指导原则，这些指导原则确定了水道对足够空间、水流量和水质的需求，但这对于水基础设施已就位的地方一直意义不大。

瑞士水道的改变以及其他国家水道更重大的改变，只产生了局部规模或地区规模的影响。从历史上看，这些一直是人类活动对水环境影响的规模，但如今需要一个全球视角。

全球变化与未来的挑战 随着2007年《政府间气候变化委员会（IPCC）第4份评价报告》的公布，全球气候变化对地区和国家尺度上的水文系统的潜在影响已得到越来越多的关注^[2]。预计瑞士年均降水量不会变化，但季节

形态方面预计的变化可能会导致更干旱的夏季和更潮湿的冬季（图1）。预计冬季降水量增加连同降水从雪转为雨，可能还会导致洪涝危险的增加。瑞士高山冰川后退被确认，1850—2000年间，分布区范围丧失大约50%。

据估计，世界差不多1/5的人口处于物理缺水，其定义为75%以上的可再生水资源的消费性使用以满足人类需求^[3]。更多的人面临因营养不良和与环境卫生差有关的疾病以及安全饮用水缺乏所致的经济性缺水。虽然《千年发展目标》旨在到2015年使无法获得安全饮用水和基本环境卫生的人数减半，但据认为，环境卫生目标可能无法实现（见第26页文章）。

国际水与发展问题要求基于人道主义理由的反应。不过，也将存在与发展中国家和新生国家供水和废物处理相关的新概念和新技术开发的机会。在干旱和半干旱气候地区，缺水限制了依靠水来输送污水的集中式污水处理系统的可行性。分散式处理提供了一个用水较少的替代方法，它还具有能从源头分离废物流中回收养分的额外好处（见第30页文章）。

随着全球气候变化、人口增长以及消费方式变化越来越大的压力，历史的过去不再能为未来提供一个可靠的指南。将需要有新战略来管理水资源以及规划和建设水基础设施，为的是使未来环境条件和社会条件方面的变化以及环境系统反应方面的不确定性能得到调节。

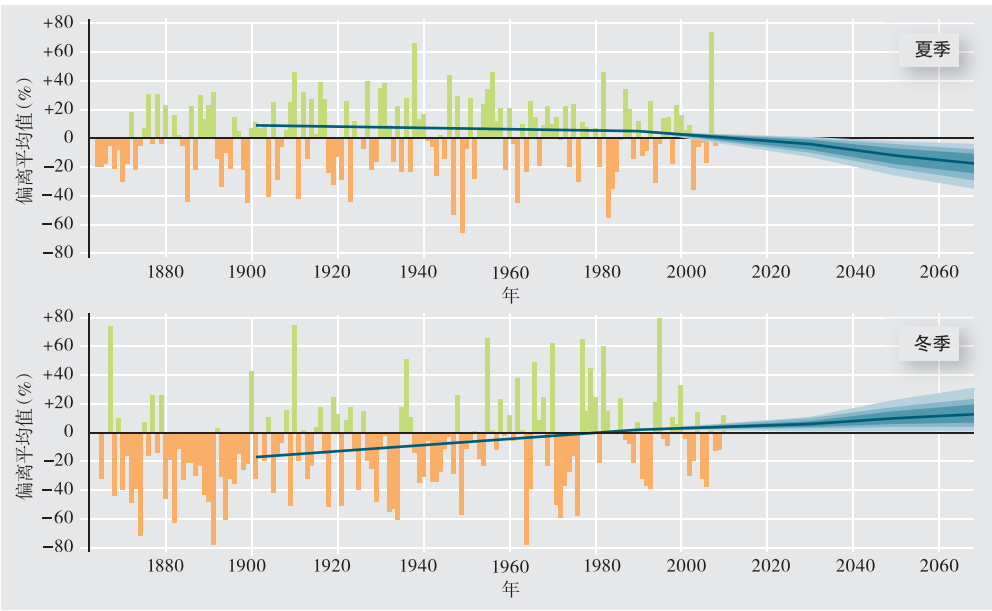


图 1 预计在气候变化影响下瑞士的降水量。该图显示了1864–2010年期间的平均降雨量以及1961–1990年平均值相比较的一直到2070年期间的景象。与过去相比，预计冬季降雨量将会较高，夏季降雨量较低（引自瑞士气象局/苏黎世理工）

水管理方面的发展 未来瑞士的水相关问题将会比过去更复杂,因此,它们的管理将需要更大的综合能力和适应能力。未来管理决策受到过去基础设施投资的影响(见第22页文章)。水基础设施具有长寿命(大概约为80年),在这一期间,各种外部条件可能会演变。图2通过对1850—2010年期间水库蓄水能力建设与人口变化和联邦主要法规时机选择加以比较,来说明这一点。

水电生产的生态影响是恰当的例子。具有巨大蓄水能力的大坝的建造必然导致洪泛区河边生境的损失(如图3所示)。因此,这类损失是建造大坝的社会决策中的部分折衷。在过去这类损失被认为是可接受的;Rossens大坝(其蓄水面积如图3所示)建成于1947年,它形成了表面积为960公顷的Gruyère湖。相比之下,20世纪80年代后期,一个可能会淹没Greina高原的大坝项目被禁止,部分是因为公民保护河岸生境的强烈努力(www.greina-stiftung.ch/)。1991年,《联邦水保护法》提出了2012年各州应履行的最低剩余流量要求,但进展一直很缓慢。缺乏关于对减少能源生产的补偿的透明度,一直是实施生态流量制度的一个重要障碍。该法2010年修正案已为河流恢复以及减缓水峰和河流破碎的环境影响分配了联邦资金。

综合和适应性管理之需 未来水资源和水基础设施方面的很多问题,将涉及到社会目标的明确的平衡。其他

问题如地表水和地下水中微污染物的出现,可以通过各种不同的措施来解决(见第14页文章)。与此同时,目前的科学认知常常无法明确预测管理选择办法的成果。例如,要想了解从亚细胞级到生态系统级整个尺度中影响的扩散以及生物多样性与生态系统功能恢复力的关系,需要基础科学方面的进展(见第34页的文章)。另外,必须明确解决科学预测方面的不确定性,假如这类预测是为了支持社会决策的话。

在问题定义和构想阶段,一个大的跨部门的视角可以扩大措施或方法的投资组合,它可用来实现社会目标。相应地,已通过利益相关方平台“21世纪水”(www.wa21.ch/index.php?page=311)提出了一个关于流域规模的综合方法,它符合国际水资源综合管理协议^[5]。不过,当问题定义过程进行时,需要对合适的综合程度进行重实效的评估。如果资源在部门之间不能重新定向,那么跨部门的综合规划就没有什么好处。另外,实现的协同效应应大于处理增加的复杂性的额外费用。

在为新的基础设施投资或管理战略制定具体计划时,目标的明确制定和构成对于增加透明度和清楚地区分目标与实现这些目标可能要采取的措施,都是有用的。从可供选择的措施的不确定结果以及社会价值的演化可能导致后期实现特定目标的客观需要变化和可能性来看,这种区分特别重要。选择具有更大适应能力的措施,还提供了一种防止成果不确定性和社会价值变化的手段。

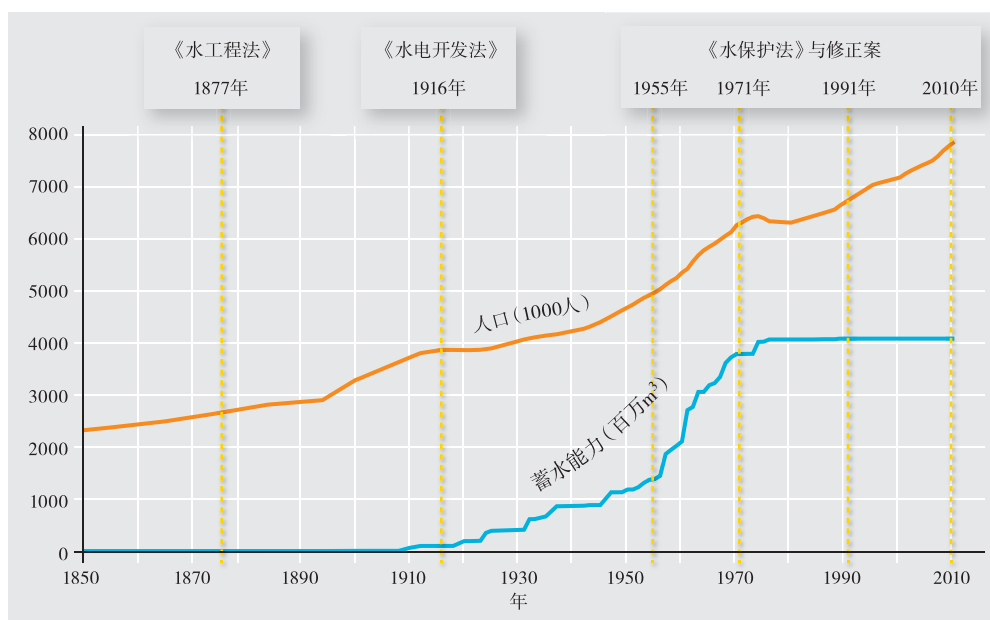


图2 与瑞士人口增长和水库蓄水能力增长相比较的联邦主要法规的制定时间。《水保护法》前两个修正案(1955年和1971年)是关于污染控制(定性的水保护),1991年修正案还规定了剩余流量的最低要求(定量性水保护)。2010年修正案旨在促进河流恢复和水峰减缓(来源:Wikipedia, www.swissdams.ch)

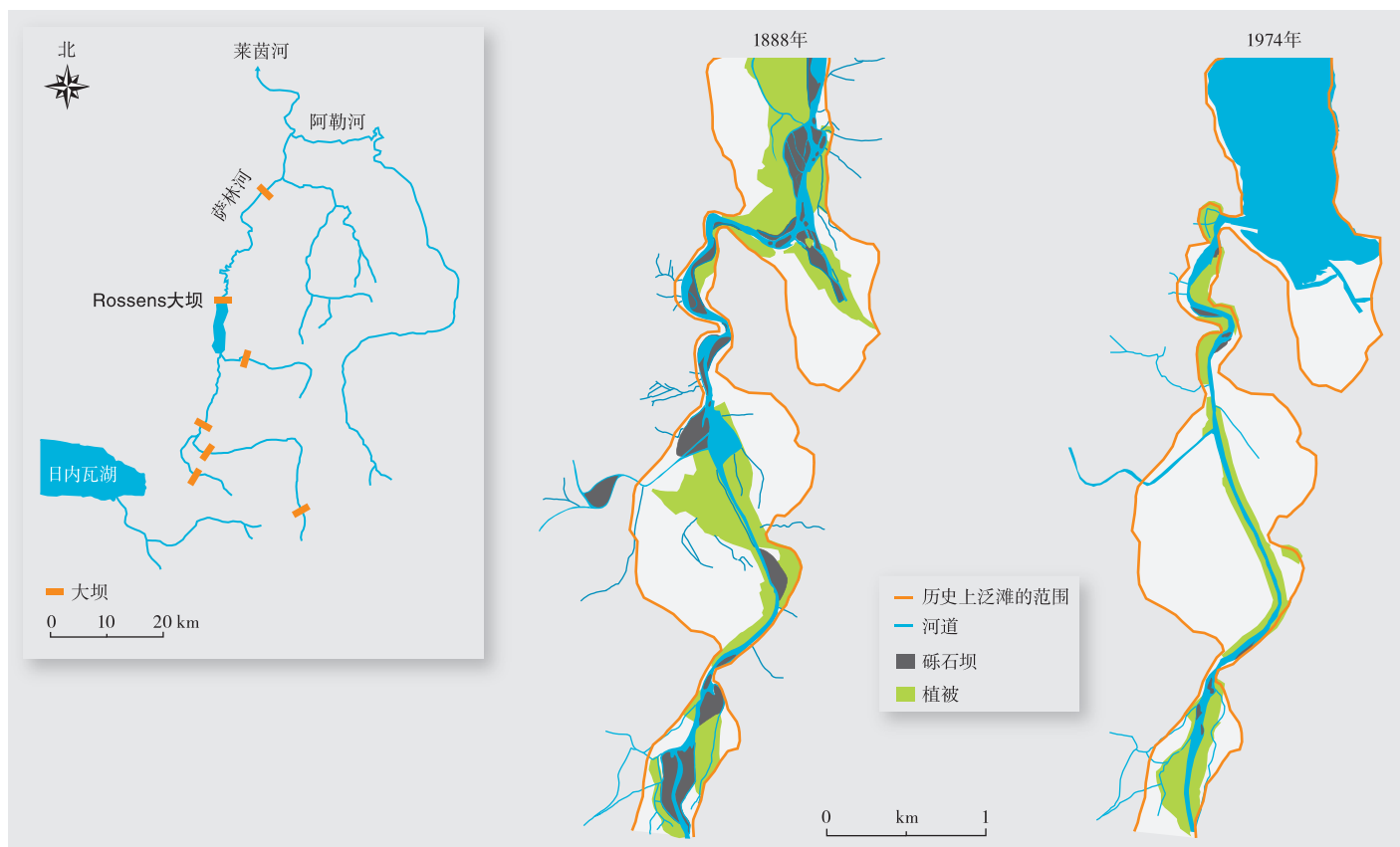


图3 费里堡州Rossens大坝建成后泛滩地形的演化^[4]

基于决策理论的框架已被用于河流恢复方面^[6]，并正在被进一步发展，以体现范围更广的综合。

展望 多年来，这一点已很清楚：人类对水的直接利用会对水环境产生极为有害的影响。但人们在较近时期才认识到水环境所提供的生态系统服务以及保护这些服务的需要。与水相关问题的社会决策，需要得到可允许可靠预测的科学认识支持的明确的目标平衡。在瑞士，目前和未来必须要解决的问题包括：生物多样性保护、入侵物种的控制以及微污染物和水电的生态影响的缓解。瑞士还可以用其在水基础设施和水资源管理方面的经验，来造福人民和保护发展中国家和新生国家的环境。与此同时，瑞士可以从通过这些努力将新概念和新技术带入实践的机会中获益。

○○○

- [1] Notter B., Aschwanden H., Klauser H., Staub E., von Blücher U. (2005): Ecomorphological Status of Swiss Rivers: Interim Evaluation Based on Data from 18 Cantons, <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/status/03979/index.html?lang=en>
- [2] OcCC (2008): Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OcCC – Advisory Body on Climate Change, Bern, <http://proclimweb.scnat.ch/portal/ressources/524.pdf>
- [3] Molden D. (2007): Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in Agriculture. Earthscan, London.
- [4] Guex D., Weber G., Musy A., Gobat J.-M. (2003): Evolution of a Swiss alpine floodplain over the last 150 years – Hydrological and pedological considerations. International Conference «Toward natural flood reduction strategies», Warschau, <http://levis.sggw.waw.pl/ecoflood/contents/articles/PS/html/Guex.pdf>.
- [5] Jönch-Clausen T. (2004): Integrated water resources management (IWRM) and water efficiency plans by 2005 – Why, what, and how? TEC Background Papers (10), Global Water Partnership, Stockholm.
- [6] Reichert P., Borsuk M., Hostmann M., Schweizer S., Spoerri C., Tockner K., Truffer, B. (2007): Concepts of decision support for river rehabilitation. Environmental Modelling & Software 22, 188–201.

Willi Gujer退休

苏黎世联邦理工前城市水管理教授和Eawag理事会成员Willi Gujer, 2011年1月退休。1976—1994年, 他曾是Eawag工程科学室的负责人。从1992年起, 他还担任城市水管理教授, 并承担苏黎世联邦理工各种管理角色。



Gujer是欧洲污水处理技术研发方面的关键人物。他还特别重视城市水管理专家的培训。他对高等教育的承诺得到公认: 2006年, 他获得联邦理工学生会的“金猫头鹰”, 2008年, 获“瑞士最佳教学奖”。2011年10月21日, 将在Dübendorf的Empa学院为他举行座谈会。

www.eawag.ch/medien/veranstaltungen/2011021

木材生产甲烷技术

由木材生产甲烷——合成天然气(Bio-SNG)——为确定的能源技术提供了一种战略补充。正如Eawag一项研究所显示, 这一过程可以在瑞士一定条件下进行。例如, 该研究建议, 生物合成天然气应位于大型木材加工厂附近, 以减少木材运输和能源的成本。它还指出, 存在着基于木材的不同能源技术之间的竞争。由于基于木材的能源工厂的寿命为15—20年, 所以这种新的Bio-SNG技术可能会输掉。只有当另一个工厂需要被取代时, 才可能建一个Bio-SNG工厂。联系: steffen.wirth@eawag.ch

微型潜艇在日内瓦湖潜航

自5月底以来, 两艘俄罗斯“和平号”潜艇一直在日内瓦湖的Le Boauveret附近运行。在今后几个月中, 它们将被一个国际研究小组(由洛桑理工学院领导)用来探索该湖的深处。Eawag负责4个项目, 重点是Rhône三角洲。在这里, 沉积物积累了几千年, 形成了水下峡谷。Eawag的研究人员将使用这些小型潜艇来研究这些沉积物的行为, 湖床地形的稳定性以及沉积物-水交换过程。例如, 从水下峡谷斜坡采集水平沉积芯, 可能提供三角洲陡坡稳定性方面的信息。湖泊中大规模沉积物滑坡可能会造成毁灭性海啸式波涛, 不过, 它们也能解释该三角洲之外湖床上或湖床中的结构, 并造成被扰动物质的广泛弥散。



无动物实验的生态毒理学研究

Eawag最近已成为EUR-OECOTOX (欧洲一个致力于替换和减少生态毒理学中动物实验的网络) 成员。EUROECOTOX得到欧洲委员会第7框架计划环境研究规划的资助。



www.euroecotox.eu

Janet Hering 的第二个任期

应联邦理工学院董事会的请求, Janet Hering 已被联邦委员会再次任命为Eawag所长, 其第二个任期到2014年止。自2007年初以来, Hering一直担任瑞士联邦水生科学与技术研究所所长, 并自2010年5月以来拥有苏黎世联邦理工学院和洛桑理工学院双教授职位。与Eawag理事会一



起, Hering目前正在完成2012—2016年战略规划工作。将要解决的关键问题是, 如何在保护水生环境和必要的生态系统服务的同时满足人类的水需求。照片: 联邦理工学院董事会主席Fritz Schiesser, Janet Hering和苏黎世联邦理工学院院长Ralph Eichler, 在标志其续聘的招待会上。

空气吹脱法获气候奖

Eawag在“Kloten/Opfikon污水处理厂的空气吹脱回收氮的项目”已获得来自苏黎世保险公司的一个奖。这一项目——由Kloten/Opfikon污水处理厂和Marc Böhler领导的一个小组实施, 得到苏黎世州废物、水、能源和大气局(AWEL)的财政支持——曾在苏黎世气候奖纪念会上获得过特别创新奖。过程工程室的这一项目——涉及Marc Böhler (左)、Hansruedi Siegrist (不在照片上)、Sandra Büttner 和其他同事——在很多方面具有开拓性。通过空气吹脱法, 可以从污泥液中回收氮作为硫酸铵化肥, 从而实际关闭氮循环。此外, 污泥的进一步预处理减少了这一过程的能源消耗。Kloten/Opfikon污水处理厂项目是该方法第一次大规模在瑞士实施。还需要研究的是在Eawag总



部收集的源头分离尿的联合处理, 目的是展示一种将尿加工成商品的合算的和节能的方法。

www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/luftstrippung

Ecotox 中心的新负责人

2010年9月, Inge Werner担任了Eawag EPFL Ecotox中心负责人, 从1996年起, Werner——她拥有美国和德国双重国籍——在加州大学戴维斯兽医学院进行环境研究, 并担任副教授。过去5年中, 她曾是那里水生毒理学实验



室(ATL)的主任。ATL是一个国家认证的实验室, 研究整个加州的地表水水质和水生生态系统。拥有动物学博士学位的Werner, 与州和地方当局合作开展了众多水生生态毒理学方面的应用项目研究。

www.oekotoxzentrum.ch

简 讯

新出版物

2011年4月, 出版了一本三种语言(英文、法文和德文)的小册子, 以纪念Eawag75周年——《Eawag: 过去、



现在和未来》。在其六个章节中, 它提供了关于Eawag水生研究的信息和引人入胜的叙述。作为所长, Janet在编者按中指出: Eawag的优势一直包括学习过去、立足现在和规划未来。可以通过info@eawag.ch免费索要该小册子。也可以从网上获得: www.eawag.ch/75jahre

Laura Sigg 和 Werner Stumm 的《Aquatische Chemie》第5版现已问世(vdf-Hochschulverlag, ISBN: 9783825284633)。这本教科书涵盖水化学和水溶液化学原理及其在自然水体和其他水生系统中的应用。因此, 它为了了解自然水体中以及工程污水和饮用水处理系统中的化学过程奠定了基础。



新出版的还有由René Schwarzenbach联合编著的《为了气候, 谁负责未来?》(Lars Müller出版社, ISBN: 978-3-03778-245-3) 这本有插图的读本采用报告文学、案例研究和引人注目的图像序列, 来阐明气候变化。除了讨论地球史和气候史以及气候驱动器(太阳能、温室气体和全球变暖)之外, 它还论及气候变化的后果以及旨在对付它的政治战略。



微污染物的评价

瑞土地表水质量受到来自城市污水的微污染物的不利影响。代表联邦环境部, Eawag和Ecotox中心现已编制了一个指南, 旨在帮助政治决策者们规划控制微污染物的进一步研究或措施。《城市污水中有机微污染物评价概念》(德文), 提供了下列方面的详细指导: 污染水体的确认、水质评价、污染物来源的确定和可能措施的评估。



www.eawag.ch/forschung/uchem

日程表

课 程

2011年7月4-15日, Eawag Kaslanienbaum
博士夏季学校: 作为环境变化档案的沉积物

2011年9月6-7日, Eawag Dübendorf
Evolutionsökologie im Gewässerschutz (用德语)

2011年9月29-30日, Eawag Dübendorf
Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern mit Schwerpunkt hormonaktive Substanzen (用德语)

2011年10月6-7日, Eawag Dübendorf
Erfolgreiche Revitalisierung von Fließgewässern (用德语)

2011年11月2-4日, Emmetten
VSA课程: Mikroverunreinigungen und Aspekte zu Energie und Stickstoff (用德语)

2011年11月16-17日, Eawag Dübendorf
Bewertung von Oberflächengewässern: Konzepte und Implementation (用德语)

2011年12月7-8日, Eawag Dübendorf
发展中国家环境卫生规划方法

有向导的旅游

2011年9月22日, Eawag Kastanienbaum
卡斯坦宁堡现场的公共旅游

事 件

2011年9月11-15日, 苏黎世理工
环境化学中新出现的问题: 从基础研究到实施

2011年10月21日, Eawag Dübendorf
为Willi Gujer教授召开的研讨会

2011年11月3日, Landhaus Solothurn
第4届 ChloroNet 大会

进一步信息: www.eawag.ch/veranstaltungen

尿项目获盖茨基金支持

Bill&Melinda盖茨基金会正在提供300万瑞士法郎赠款, 以支持Eawag和南非德班eThekweni水与环境卫生联合实施的一个项目。重点是尿的单独收集, 以促进改善环境卫生和回收养分(氮、磷和钾)的创新式方法。该项目的Eawag经理是过程工程室的Kai Udert。 www.eawag.ch/vuna

Eawag出版物

Eawag研究人员的所有出版物的数据库(包括文章摘要), 可从网上获得: www.lib4ri.ch/institutional-bibliography/eawag.html

可以免费下载开放获取的出版物。如有任何需求, 请联系: info@lib4ri.ch