

hypower

福伊特水电出版— 第 29 期. 2017

p. 12

利用 StreamDiver 激发
小水电潜能

p. 20

福伊特创新 150 载

p. 40

多能互补, 正在崛起的
新理念

水电的创新盛典：
激动人心的新理念如何持续塑造行业未来

启迪未来世代



卷首语



全球范围内，很少有企业在回顾 150 年历史时可以做到不断成长、在世界各地不断有新项目动工并拥有成功的客户关系。在这个不断变革的世界，能够满怀信心憧憬未来的企业更是少之又少。本期 HyPower 一方面立足过去一个半世纪中福伊特水电与客户携手度过的辉煌历程，另一方面则介绍了面向未来的新技术和新趋势，它们将在接下来的几十年中引领我们行业的变革方向：例如以新的方式进行清洁电能储存和生产的风力水力互补混合电站；先进的抽水蓄能电站；电站声学监测以及将环境影响降至最低程度的小水电水轮机。本期杂志将为您打开下一个 150 年的水电创新图景—敬请阅读！

目录

聚焦

04 使用自润滑机械，降低环境污染风险

新闻

06 帮助鱼类通过水轮机

07 创新

汉诺威的发电机实验室

08 重建现实

如何借助仿真实现电站顺利运营

12 小水电创新

利用 StreamDiver 激发小水电潜能

14 战略视角

福伊特水电 CEO 及 CTO 探讨如何通过创新构建福伊特业务



庆祝水电变革，着眼行业未来

17 变革

介绍 Inna Kremza

18 加拿大工程破土动工：新建的皮斯河水电 C 站

20 福伊特水电 150 年历史
自 1867 年成立以来，福伊特水电成长为行业领导者之路

26 变革挑战

国际水电协会的角色演变

29 风采

电站声学监测

30 Reisseck 水电站扩建
位于阿尔卑斯山的高效可持续发电项目

34 全时服务

HyService 水电服务中心成立

36 Frades II

葡萄牙抽水蓄能项目

40 多能互补，更为强大
新型混合能源解决方案

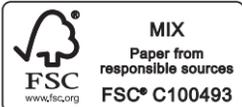
43 水在宇宙
在何处，如何形成，意味着什么

出版人：福伊特集团，ST. PÖLTENER STR. 43, 89522 HEIDENHEIM, GERMANY 总编：KRISTINE ADAMS 主编：GUDRUN KÖPF 编辑：CHRISTINA GARRE, ELKE KLEINKNECHT, SUSANNE SPEISER. 供应商：C3 CREATIVE CODE AND CONTENT GMBH, HEILIGEISTKIRCHPLATZ 1, 10178 BERLIN, GERMANY. WWW.C3.CO

内容责编：KLAUS-PETER HILGER 编辑及作者：LIZ FLETCHER (自由作者)，HAMISH MACKENZIE (自由作者)，GEOFF POULTON (自由作者)，PAUL WHEATLEY (自由作者) 文字编辑：ASA TOMASH 项目管理：CHRISTA KRICK 设计：MICHAEL HELBLE (艺术总监)，REGINA FICHTNER (高级图形设计师) 照片编辑：JULIA FELL. 印刷商：C. MAURER GMBH & CO. KG, SCHUBARTSTRASSE 21, 73312 GEISLINGEN/STEIGE 版权说明：未经编辑事先书面许可，不得复制、重印或传播本出版物之任何部分，也不得以任何形式将其任何内容部分或全部使用到其它著作中。照片来源：封面：ALFONS HAUKE/GETTY IMAGES；第 2, 9, 10, 15, 40, 42 页：THOMAS DASHUBER；第 4, 21-24, 32, 33, 41 页：C3 VISUAL LAB；第 7 页：JAN WALFORD；第 17 页：MICHELLE GIBSON；第 27 页：CLAUDIA MEITERT；第 34 页：PAULO VITALE/KROMO；第 36-38 页：RÜDIGER NEHMZOW；第 39 页：TELMO BANHA；第 43 页：ESA/DLR/FU BERLIN (G. NEUKUM)；所有其它照片来自福伊特。

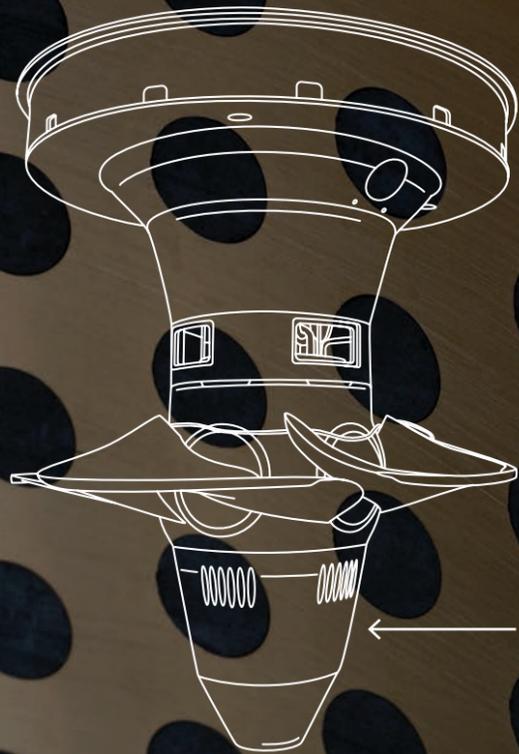
您的反馈：如果您对本期 HyPower 有任何疑问，请通过下列渠道联系我们：
 我们：hypower@voith.com; www.twitter.com/voith_hydro,
 www.youtube.com/c/voith_hydro, www.linkedin.com/company/voith-hydro

LinkedIn YouTube voith.com



Uwe Wehnardt
福伊特水电集团总裁及首席执行官

自润滑滑动轴承



1985

这一年，福伊特开始为轴流式水轮机开发和安装转轮体无油解决方案

整个转轮体内
(例如水轮机的下部)
使用自润滑滑动轴承。

无油运行表现

一般情况下，轴流式水轮机的可调浆叶转轮体内的润滑油能够为运转机构的轴承和滑动部件提供润滑。尽管如此，福伊特在过去的30年里一直致力于开发无油替代方案。在无油转轮体中，自润滑滑动轴承取代了润滑油，从而消除了漏油的风险，将环境保护做到极致，简化维护作业，同时对性能没有任何影响。

新闻

新闻摘要

加装自动化系统，只需最短停运时间

抽水蓄能电站的主要优势是能够提供可靠的电力生产。正因如此，比利时能源供应商 ENGIE Electrabel 公司要求在安装福伊特提供的全新自动化系统时，使安装了 6 台机组的 Coo-Trois-Ponts 抽水蓄能电站保持正常运行。“我们的安排是每次停运一台机组，停运总时长约 8 个星期”，福伊特水电德国总部的服务部负责人 Jürgen Häckel 说。客户也期待看到这套自动化系统所带来的好处。ENGIE Electrabel 公司项目经理 Luc François 高兴地说：“新的自动化技术将保证电站至少可以再安全、可靠和经济地运行 20 年。”

↓
保护
= 意愿
+ 设计

保护鱼类是客户的一个
重要目标

对保护鱼类的可能性
展开前期调研

协作制订最佳解决
方案

实施最佳技术，
改进鱼类通行

2020
新换的三台
水轮机投入
运行的年份

↑

宫代水电站 1 号机组

114

在日本最古老的水电站中安装的福伊特水轮机已经运行的年数

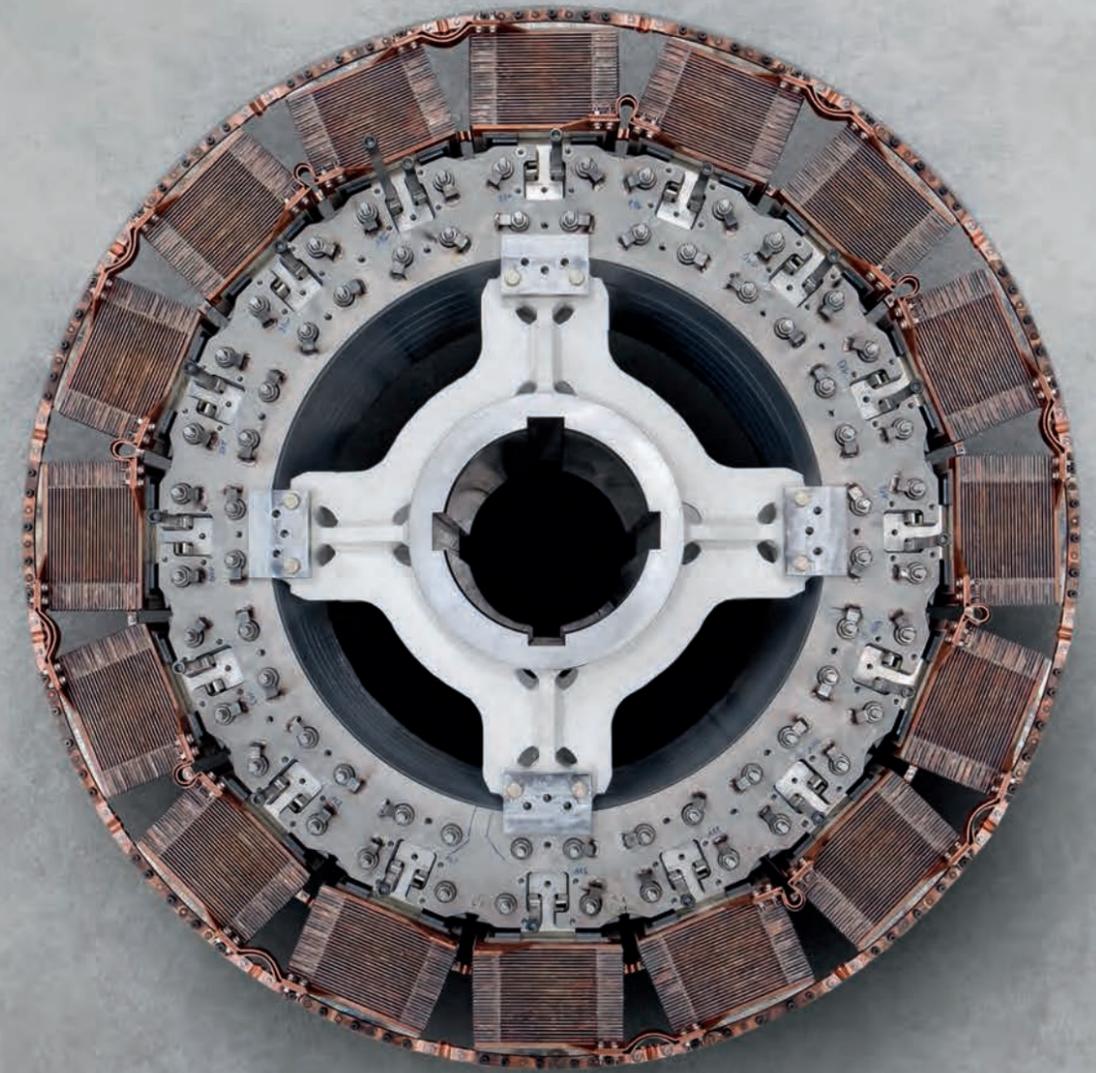
“我相信爱斯哈宝水电站代表着为改进鱼类通行而实施的未来水轮机技术。”

Jason Foust,
福伊特水力工程师

有利于鱼类通行的水轮机设计

对于美国华盛顿州来说，如何降低鱼类通过水电设施向下游洄游时受到的伤害是一件重要的事情。所以，在更换爱斯哈宝水电站闸坝上的水轮机时，就成为了改善鱼类通行的大好机会。由工程师、生物学家和利益相关者所组成的设计团队投入大量精力，通过对水轮机的设计方案进行多次迭代和测试，找出通过哪些方面可以改善鱼类通行条件，包括改造水轮机几何结构，以最大限度地减少对鱼苗的伤害。

爱斯哈宝项目水力工程师 Jason Foust 总结说，“我相信爱斯哈宝水电站代表着为改善鱼类通行而实施的未来水轮机技术。这种理念以及最终的设计工艺可以成功地帮助全球各地的水电站保护鱼类通行。”



p. 07 → p. 16

创新

近距离了解下一代水电技术的演变过程

全新的发电机实验室

福伊特致力于通过战略研发提升产品价值。新一代实验机验证了“超越极限”的水轮机仿真模型和创新设计。自 2016 年 7 月以来，这台装满传感器的机器一直在位于德国汉诺威的莱比锡大学新建的发电机—变流机实验室运行。它提供了一个极好的机会，以此研究在正常、故意错误和极端运行条件下的物理效应。最终，它通过了全面测试，并创建了先进水电解决方案。

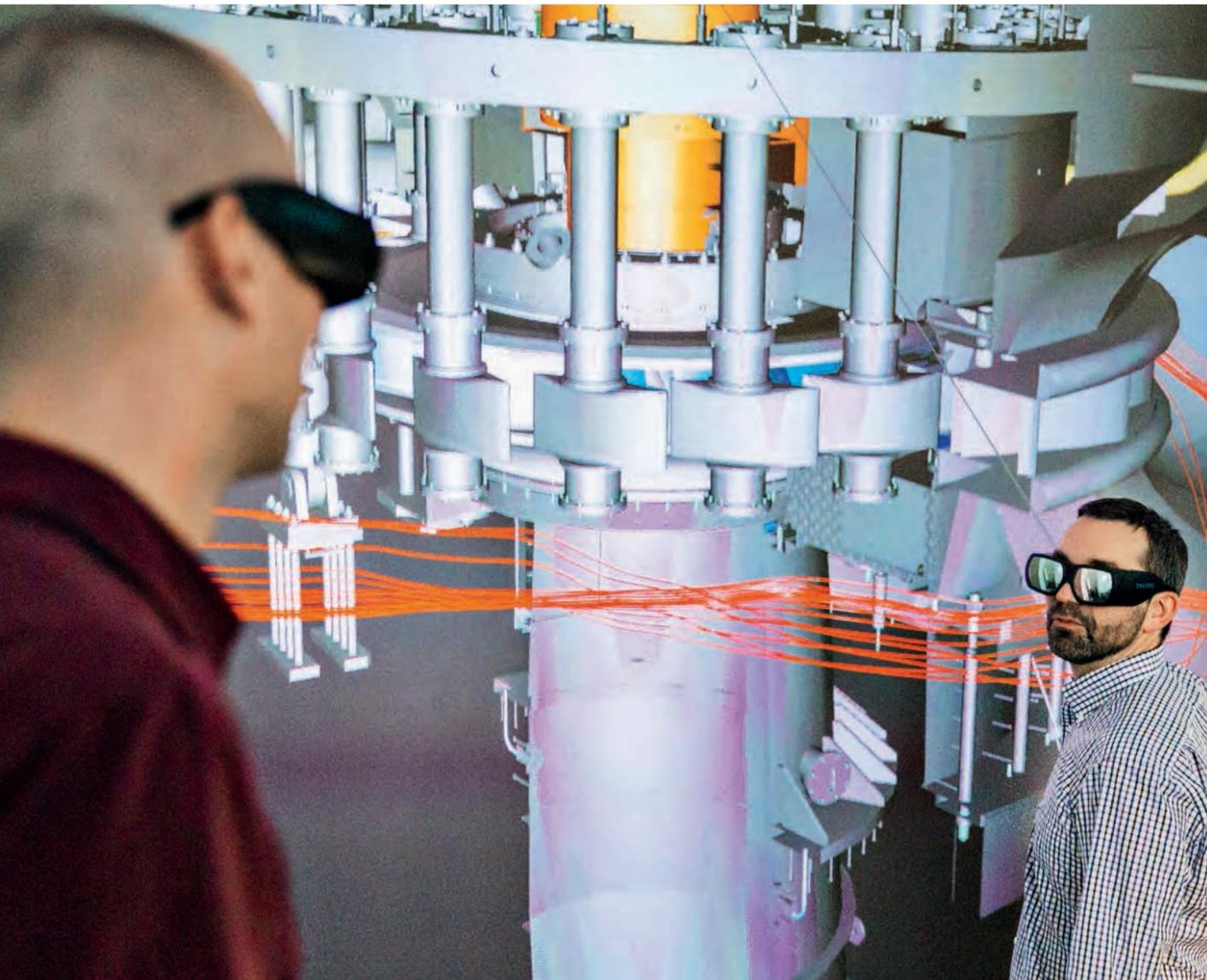
重建

Roland Jester-Zürker 博士是福伊特水电流体动力学部门负责人。他介绍了福伊特专家如何利用计算流体动力学来更好地掌握和提高水轮机和发电机的运行效率。

现实

利用先进的仿真技术，福伊特专家得以更好地掌握不同运行工况下水电设备的运行特性。





福伊特专家使用功能强大的计算机硬件和软件来预测和分析福伊特水电设备内的液体流动。



水轮机内水流

对机械与液体之间的相互作用方式进行预测，可确保水轮机顺利运行。

虚拟试验

有效提升性能、可靠性和效率。

新建水电站的成功运行取决于电站开建之前即已准确预测机械与液体之间的相互作用方式。福伊特水电流体力学部门负责人 Roland Jester-Zürker 博士利用计算流体动力学 (CFD) 来研究和规划最佳的电站设计方案，实现最优的运行表现。

是否可以讲讲什么是 CFD，以及福伊特如何应用它？大致上说，CFD 就是由一个熟练的工程师团队使用功能强大的计算机硬件和软件来预测和分析机械内部的液体流动形式。CFD 使我们能够在设计过程的早期阶段，可靠地研究和评估复杂的物理关系。这个工具帮助我们的产品具备高性能、高可靠性和高效率。我们可以实施虚拟试验，例如几何变异效应、运行性能极限或液体流动压力对部件造成的应力等。由于可以在计算机上进行详细的精确计算，这可以大幅度减少物理模型试验，而这又减少了设计时间，使得整个过程更快，为客户带来更高的成本效益。

那物理模型试验还重要吗？当然。对非设计工况等极端水流条件的数字仿真结果进行验证，对于取得要求的预测精度非常重要。我们与设在海德海姆的 Brunnenmühle 研发中心水力实验室的同事密切配合，团队协作是一大优势——既提升了预测精度，又可加快规划过程，提高产品性能。

所有专家经验都来自福伊特吗？为加快开发进程，我们与外部伙伴协作研发未来产品，例如斯图加特大学流体动力学和水力机械研究所。在他们的支持下，我们最近完成了一项混流式水轮机计算研究，这是同类研究中规模最大的几次之一。这项研究的对象是部分负荷运行及其对尾水管水流的影响。我们的主要目的是拟订一项改进型 CFD 流程，用以提高水流预测的精度。在部分负荷运行时，这种预测是有挑战性的。这是一项庞大的工程，使用了拥有 3 亿多个节点的精密网格模型，动用了 2000 个处理器的并行计算能力。

您是否对发电机进行研究？发电机也同样重要，我们非常看重它。因为发电机是电磁机器，设计中不用时刻考虑流体动力学。相比之下，液体流动更加复杂。不过，我们也建立了一套程序，用来模拟整个发电机内部的空气流动。这样，我们就知道如何正确地冷却发电机，将能量损失减到最低，使热传递做到最优。仿真研究也使我们能够改善机器的整体性能，延长寿命周期，以及使总成本降到最低水平。

CFD 的发展方向是什么，未来会产生哪些变化？CFD 中最重要的假设之一是湍流模型。截至目前，还没有一个统一的湍流模型，但是我们预计利用尺度解析求解方法可以提高预测准确度。提高研究的细化程度包括多物理场模拟也将是近期的一个任务。在更为广泛的层面上，自从我们 30 年前使用 CFD 以来，计算能力已经有了相当大的提升，这使得计算结果更快、更准，从而帮助我们缩短了设计周期。在接下来的几十年里，我们预计计算的精度和速度可以进一步提高。



水流分析

这项分析与斯图加特大学合作开展，探讨了水轮机部分负荷运行如何影响水电站尾水管内的水流形式。

分析中使用超过 2,000 个处理器进行计算，建立了高度精密的网格模型，节点数量多达

3亿

结果：

建立改进型 CFD 流程，提高水流预测的精度。

“CFD 可以使我们在设计过程的早期阶段可靠地研究和评估复杂的物理关系。”

Roland Jester-Zürker 博士
流体力学部门负责人

小水电的大创新

未来，小水电项目将在释放水电潜能方面发挥重要作用。
StreamDiver 可帮助发挥这种潜能，同时又将环境影响降到最低。

全球约 75% 的可利用水电资源尚未开发。但是许多地方并不适宜建设较大规模的水电站。这也是福伊特投资开发 StreamDiver 小水电水轮发电机组的原因之一。这种小水电机组利用 8 米以下的水头，采用标准的模块化设计，输出功率从 30kW 到几十 MW，其安装和运行所带来的环境扰动都非常有限。在 Alte Bleich 新建的 StreamDiver 设施清晰地展示了它的优势。这个小水电站建在布伦兹河上，属于福伊特在德国海登海姆自有厂区的一部分。

福伊特小水电项目经理 Timo Mayer 说，“Alte Bleiche 的 StreamDiver 设施结合使用了一台紧凑型水轮发电机组和慕尼黑理工大学研发的涵洞式水电站概念。整个水电站隐藏在水下，完全不使用润滑油，是全球少数几座既高效，又采用生态友好设计的水电站之一。”

环境影响降到最低

Alte Bleiche 水电站必须全面满足各方面的环保法规要求才能取得开发许可，包括噪声污染、鱼类向下游安全通过和防洪等。正是出于这些考虑，福伊特团队决定修建涵洞，并将 StreamDiver 安装在一座 1980 年代以来已经弃用的小型溢流堰中。除了水下涵道之外，不需增加任何建筑物，也不改变河道的防洪泄流出口。这座水电站的特别创新之处在于它的运行完全不需要液体润滑油。此外，由于设备安装在水面以下，地面上看不到，运行时几乎是寂静无声的。另外，电站的技术控制系统集成在一只小型的标准集装箱内，无需建设主厂房。

维护非常简便

说到这种易于维护的技术时，Timo Mayer 说，“StreamDiver 省掉了复杂的水电设施，因为这种设计不需要考虑冷却水、排水和供油管。所有相关的运行参数和系统状态都可以远程监测。再就是活动部件很少，很少需要人工检查，这样，就可以实现很高程度的预测性维护，从而做到机组可利用率最大化。由于性能高、运行稳、维修间隔长、故障停运时间短和零部件成本低，电站在项目寿命周期内可以取得稳定的发电收入。”



“StreamDiver 采用生态友好设计，隐藏在水下看不见，整台机器完全无润滑油”

Timo Mayer
福伊特小水电项目经理

本项目从设计、制造到组装和安装，每个阶段都得到一批热情的学徒和学生的支持，并最终于 2016 年 12 月竣工，工期仅 8 个月。目前，这座水电站的电能供给福伊特工厂使用。客户可以亲临现场参观电站和专题展示，更多了解运行中的 StreamDiver。



1
StreamDiver 水轮发电机组下放到 Alte Bleiche 水电站的安装位置。

2
StreamDiver 机组可以单台安装使用，也可以成排布置。

3
StreamDiver 隐藏在水下，环境影响最小。



影响小

相对于常规水电，土建环境影响小，造价低

成本低

运行成本和维护成本低廉

不用油

发电机组和整个电站完全无油

噪声小

相对于标准的水电站，噪声水平更低

隐藏式

机器装于水下，没有视觉影响



创新 永不止步

150 年来，新的理念一直引领着福伊特服务客户的脚步。福伊特总裁及首席执行官 Uwe Wehnhardt 和首席技术官 Norbert Riedel 博士讨论未来如何依靠创新确保客户成功。

—— 没有多少企业能够存续 150 年，而且一直兴旺繁荣。为什么福伊特能做到？

Uwe Wehnhardt: 首先，水电行业本身拥有一个长期创新的历史，在这个过程中，福伊特自 1870 年开始在德国开发水轮机并一直担当领导者的角色。到了 1903 年，福伊特就已经开始出口水电设备，包括向位于北美洲尼亚加拉瀑布的一座新建水电站交付当时全球最大的水轮机。与此同时，水电在支持经济增长方面发挥着越来越重要的作用，特别是在二十世纪初的欧洲，以及近期在非洲和亚洲。水电作为一种可再生能源，还有一种独特的能力，即提供基础电力供应，不需依靠刮风和阳光。也是因为这一点，水电行业能够持续增长，经久不衰。

Norbert Riedel 博士: 由于水是一种自然且多变的能源，每座水电站都需要一套定制化技术方案，来适应其具体特

“我们的能力通过与客户长久的伙伴关系得到反映。”

Uwe Wehnhardt
总裁及首席执行官

征。从经济的角度去规划每一千瓦的功率输出是很有必要的，同时我们可以利用自己开发的标准进行电站规划。我们的标准已经在几十年来项目的成功实施中得到验证。建立这些标准需要我们采用最新开发的方法，以及从现有项目中采集大量的参考数据。正因如此，客户能够信任我们经过验证，但又永远不会在其它地方以完全相同的方法实施的技

术方案。我们的行业领导者地位来自于对工程研究和员工团队所做的巨额投入，这使得我们可以将工程技术、专业团队的优异技能和通过实施项目取得的经验结合起来。

Wehnhardt: 另一个重要因素是我们开发的产品和提供的服务达到了相当的深度和广度，这使得福伊特已经成为行业内的全线供应商。我们还可以通过集团内部伙伴——福伊特金融服务 (Voith Financial Services) 提供融资解决方案，这对许多客户都非常重要——尤其是小水电客户。另外，我们把在大型项目取得的经验和研发成果应用到其它业务单元，包括小水电、老项目现代化改造和服务业务。这是一种持续改进的良性循环，使我们能够引领水电行业的水电设备领域。最终，我们在这些领域的的能力反映在与客户长久的伙伴关系中，使得这些客户数十年来对我们的技术专长和创新能力深信不疑。

—— 您认为未来水电会变得更加重要，为什么？

Wehnhardt: 水电是一种清洁、可再生的环境友好能源，碳足迹极轻。所以，水电可以帮助实现去年全球各方共同签署的《巴黎气候变化协定》中的目标。此外，水电还有巨大的潜力，因为还有大约 75% 可利用的水资源尚未得到开

发。另外，由于我们可以用水储存能源，水电还可与其它能源相结合，形成多能互补的混合发电解决方案。

Riedel: 确实，用水电来补充风电和太阳能发电等靠天吃饭的可再生能源是再理想不过了，因为水电可以补偿电力供应的波动，提供可靠的电能。将抽水蓄能与风电或太阳能发电进行互补开发，

可以创造效果非凡的解决方案，提供持续的电能供应。

—— 影响水电技术发展的主要因素有哪些？

Wehnhardt: 数字化是一个极其重要的因素，不论是对于水电本身，还是整个能源行业。数字技术将帮助我们的客户以更高的效率或更低的成本运营他们的



Uwe Wehnhardt, 总裁及首席执行官

Dr. Norbert Riedel, 首席技术官

水电站。此外，我们的数据分析和解析能力将使我们更深入地掌握我们的设备，更容易地识别异常状况，以及帮助客户更有效地利用其水电资产。

Riedel：就是出于这个原因，我们把自动化和监测能力集成到福伊特新成立的数字解决方案事业部，为客户开发新的产品和解决方案。例如，新开发的声学监测服务 HyGuard 利用声音帮助工程师远程识别隐患，以避免故障发生。无论是在新建还是已经投运的水电站，都可以便捷地安装这套系统。系统采用云结构，能够更加有效地查找异常情况。此外，在整个电站采用新的传感器技术，可以提高运行的灵活性和效率，帮助客户实现利润最大化。最后，数字解决方案也能使电站业主利用最佳时机规划和实施维护工作，使机组停运对电站运行的影响达到最小。

—— **福伊特提供哪些解决方案来开发潜在的水力资源？**

Wehnhardt：在这方面，数字化也是推动新老电站业绩最大化的一个主要驱动因素。我们提供定制的数字解决方案，可以提高电站运行效率并延伸运营范围。凭借可靠的数据分析，我们的专家可以为客户提供最好的建议。具体来说，我们在 100MW 以下装机容量的电站看到了巨大潜力，我们在这个方面也可以提供成本高效的解决方案。福伊特在小水电技术领域是公认的领导者，我们把在全球最大水电项目中所学习的经验和所开发的技术悉数应用到了小水电上。

Riedel：确实是这样——小水电技术展现了与大水电一样的复杂性和有效性，但对环境的影响更小。福伊特的 StreamDiver 就是一个榜样。这是一种适应性强、环境友好的紧凑型水轮发电机组，可用于小规模发电，性能稳定而且安装灵活。

Wehnhardt：福伊特通过各种手段实施水电可持续发展知识的传授，例如我们的 HydroSchool 水电学校计划。利比亚的咖啡山水电站就是一个很好的例子。我们在电站现场和海登海姆为这个项目培训了 20 名技术和管理人员，同时又为其提供了最新的技术介绍。在全球范围内，我们已经通过 50 项课程提供了 13,000 小时的培训，帮助来自 100 家公司的 800 名学员提升技能。

—— **福伊特还做了哪些工作来提升水电的未来发展？**

Riedel：能源行业正在经历快速变革，我们客户的要求也是如此——从最佳状态运行到触及极限的灵活运行。仿真技术因为可在保护资源的前提下帮助客户进行提升，从而变得越来越重要。我们的方法是创建一个“数字孪生”电站，针对整个项目寿命周期做出更为精确的规划。数十年来，我们在水电领域一直引领着这种仿真技术的提升。

Wehnhardt：我们的领导者地位取决于研发方面的持续投入。我们建立了精确的路线图，指明我们要走向哪里。在这个征途上，我们最近到达的一个里程碑是与当地的大学合作，于 2016 年启用设立于德国汉诺威的 Geno-Lab 实验室。

Riedel：这是一个范例，展示了我们如何利用全球一体化的研发设施和与全球大学建立的伙伴关系。通过这种协作，使我们能够对材料技术提出新的要求，以及研究在未来如何将我们的技术应用到咸水环境。

Wehnhardt：我们之所以能够为未来

做好准备，另一个重要原因是我们已经能够更好地了解客户的优先需求，以及识别客户的痛点。我们知道客户希望优化和扩展其业务模型的哪个部分，然后利用现代技术，例如设计思考过程，来发现解决方案。通过更加紧密地与客户沟通协调，我们为他们制订有针对性的解决方案，这也充分利用了我们的拓展能力。

“仿真技术可以帮助客户在保护资源的前提下进行提升。”

Dr. Norbert Riedel
首席技术官

p. 17 —————> p. 28

变革

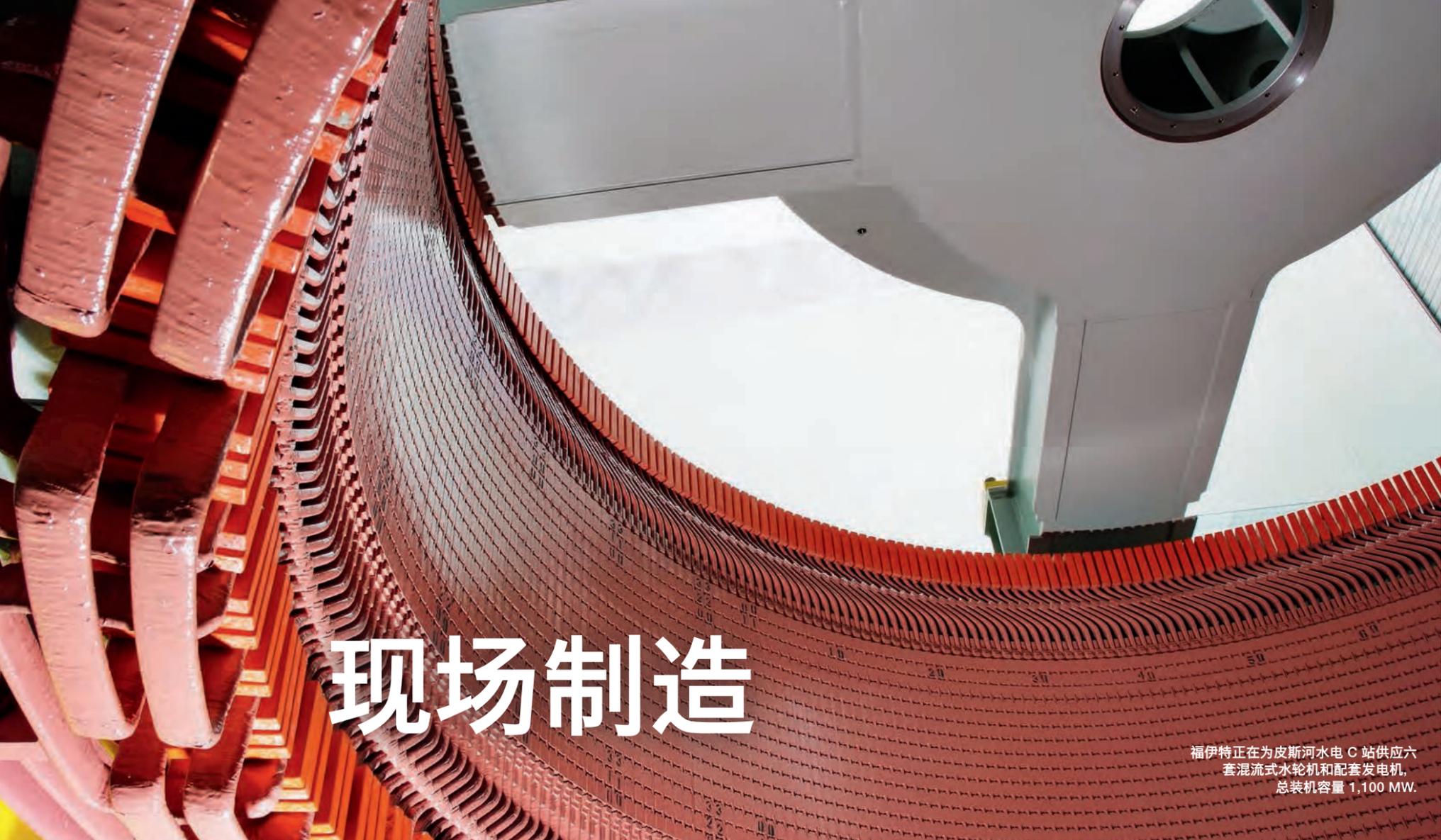
对员工和技术的洞察
正在塑造水电的未来

为全球培训

Inna Kremza 女士 2017 年庆祝了她在福伊特服务满 20 周年。她的主要工作是担任设计部经理，同时牵头从事客户培训。“大约五年前，客户开始要求帮助他们保持和拓展水电技术专长。现在，我在全球范围内为新、老工程师提供培训课程。看到培训为他们带来提升，我非常开心。如果再早一点开始应该会更好。”她说。

Inna Kremza
设计部经理
福伊特水电加拿大米西索加分部





现场制造

福伊特正在为皮斯河水电 C 站供应六套混流式水轮机和配套发电机，总装机容量 1,100 MW。

在加拿大不列颠哥伦比亚省新建的皮斯河水电 C 站，采用创新性的现场制造方法，提高生产效率。

在温哥华与 BC Hydro（不列颠哥伦比亚水电公司）进行首次会议近五年后，2017 年 4 月，由福伊特建设皮斯河水电 C 站的动工仪式最终在不列颠哥伦比亚省举行。这是福伊特在本项



目上实现的最新里程碑，非常令人激动。在此之前，福伊特参与了拥有三家投标商的竞标，并于 2016 年 3 月获授合同，为本项目制造和安装六台混流式水轮机和配套的发电机。这座水电站计划 2024 年投运，装机容量 1,100 MW —— 每年所发电量足够不列颠哥伦比亚省的 450,000 个家庭使用。BC Hydro 水电公司已在皮斯河建成 W.A.C. Bennett 和 Peace Canyon 两座大坝。C 站在这两座水电站的下游，将采用福伊特项目建议书特别提出的两项创新：现场制造和机器人焊接。

深度评估

在长达 18 个月的时间里，各投标商与 BC Hydro 每两月召开一次会议，对皮斯河水电 C 站的参数进行讨论、定义和调整。然后，各投标商提交投标方案，其中包括模型水轮机，需在 BC Hydro 的监督下由瑞士的洛桑联邦高等理工学院（EPFL）独立检测。这是一个高强度的过程。福伊特项目工程师 Sebastian Mogl 回忆说：“评估和检测过程历时一年有余。我们知道，赢得这项合同的关键是在机电设备的成本、运行效率和对土建设计的成本之间达到平衡。最终为 BC Hydro 找到优化的解决方案才是整个过程的目标。”最后，BC Hydro 认为福伊特已经找到了理想的平衡。BC Hydro 总裁及首席执行官杰西卡·麦克唐



2012

召开首次项目介绍会议，进行初步讨论



2013/14

开发水轮机模型



2015

在瑞士对水轮机模型进行独立检测



2016

福伊特被选定供应六套混流式水轮机和配套发电机



2017

现场施工开始，现场加工厂房完工



2018

开始电站主厂房施工



2022

相关设备制造完成



2023

首台福伊特机组投运，2024 年全部六台机组投运

纳评论说，“选择福伊特是因为它拥有相同复杂项目的优秀业绩记录，而且它的投标方案在预算范围内为 BC Hydro 提供了最高价值的设计。”

现场创新

福伊特提供额外价值的一个方式是建设一座现场加工厂。福伊特项目经理 Leila Britel 介绍说，“我们所供水轮机的一些部件非常庞大——这包括尾水肘管和锥管、尾水挡板和蜗壳的焊接件，从制造车间长距离运输到现场难度大、耗时多而且费用高。设立现场加工厂，我们就可以在现场进行组装和焊接。这样就可以减少延误的风险，降低安装和运输成本，如果有变更，也可以更快地实施。”不止如此，这座加工厂还将首次使用机器人焊接技术，提高生产率、保证最高的部件质量和减少返工的风险。

惠及当地社会

另一个重要事项是福伊特与 BC Hydro 和当地社群配合，尽可能减少施工干扰因素，尽最大可能扩大项目为当地民众（包括非原住民）带来就业和经济收益。皮斯河水电 C 站项目将创造数千个工作岗位。在水轮机和发电机工程的高峰期，将有 200 名福伊特雇员在现场，与当地人才并肩工作，确保水电 C 站项目按期于 2024 年投入运行。

历史 ———— 当今

1867
 弗里德里希·福伊特开始接受其父亲创办的产业——这是福伊特 (Voith) 作为一家公司的“正式”开端，当时有 30 名雇员。



在过去的 150 年中，福伊特水电成为整体水电解决方案的全球领导者。创新引领着福伊特发展历程的每一个脚步。在数字化时代，也将如此。



Welcome to the Next 150 Years

→ | www.voith.com/150years-en/index.html

——— 弗里德里希·福伊特 1867 年是否想到他父亲创办的这家公司将会成为全世界最持久的公司之一？或者这个组织在一个半世纪后仍在推动着水电行业的创新？我们不能确定，但是可以说，在每项新技术开发、客户服务、里程碑项目和战略收购中，他带到工作中来的创新精神都闪耀着光芒，数十年经久不息。自公司交付第一台水轮机以来，福伊特一直担当着领导者的角色，以清洁可再生的能源，支持全球的工业发展和经济增长。福伊特经历了两次世界大战和无数次的全球经济兴衰轮回，得以生存的根本就是己之所长：以创新和成效显著的方式提供解决方案，解决客户面临的挑战。因为，创新总有一个现实的目的——由客户的需求来定义。



① 20 世纪初叶：这台混流式水轮机转轮产于 1920 年，用于为芬兰 Kuusankoski 的一家造纸厂提供电力。弗里德里希·福伊特是 1873 年在德国设计和制造混流式水轮机的第一人。



② 21 世纪初叶：这台现代混流式水轮机的转轮于 2014 年交付给布拉茨克水电站。该水电站建于俄罗斯贝加尔湖的唯一出口河道——安加拉河。水轮机转轮直径 5.6 米，重量 73 公吨。

在数字化时代的今天，福伊特正在推动下一阶段的技术变革。不用说，自动化、现代科技和计算机辅助设计已经改变了水轮机的制造方式。但是，福伊特正在做的是将数字化技术应用于水电站设计、施工和营运的方方面面。

例如，现代仿真技术使福伊特能够在电站投运之前准确地预测机器的状态，使客户放心无忧。利用声学监测系统，帮助客户采取主动性维护措施，避免发生故障时造成延误、产生费用和向偏远地点派遣工程人员的潜在风险。

在充分利用数字化技术的同时，福伊特继续进行机械创新，开发环境友好的解决方案，将项目的环境影响降至最低，保护鱼类以及释放小水电潜能。换言之，创新将续写下一个 150 年的福伊特故事——一如既往。

福伊特水电

不断激励持续创新

弗里德里希·福伊特看到德国日益加剧的能源渴求，遂推动公司经营多元化，并于 1870 年代进入水轮机制造行业——这是自然而然的一步，因为那时福伊特的机械式造纸机已经在水车提供动力了。

尼亚加拉大瀑布

1903

弗里德里希·福伊特在奥地利的 St. Pölten 开设福伊特首家外国子公司；开始制造尼亚加拉大瀑布加拿大侧的一家水电站所供 12 台混流式水轮机中的第一台。

1907

收到 Duke Energy 公司首份订单——110 年后仍是福伊特客户。

1870

福伊特制造了公司历史上第一台水轮机——功率 100 马力的 Henschel-Jonval 水轮机。

1902

开始制造首台冲击式水轮机。

1908

弗里德里希·福伊特在德国 Brunnenmühle 建立第一座研发中心，并开始在此处运营其首座抽水蓄能电站。

1873

公司制造和交付第一台混流式水轮机。

1879

完成第一台水轮机调速器的开发。

1900

GN Fenosa 首次向福伊特下订单——117 年后仍是福伊特客户。

1902

开始制造首台冲击式水轮机。

1910

向中国第一座水电站——石龙坝水电站交付水轮机。

1909

收到中国华电集团第一份订单——时隔 108 年，仍是福伊特客户。

1922

福伊特为奥地利 Siebenbrunn 水电站制造首台轴流式水轮机。

1929

收到 E.ON 首个订单——88 年后仍是福伊特客户。

1930

收到 ENEL 首个订单——87 年后仍是福伊特客户。

1932

收到 Vattenfall 首个订单——85 年后仍是福伊特客户。

1929

收到 E.ON 首个订单——88 年后仍是福伊特客户。

1934

福伊特向巴西 Pedreira 的一座水电站交付全球第一台可逆式水泵—水轮机，功率 5.3MW。

1929

福伊特建成大型厂房，用于制造大型水轮机，曾以全球最大的圆盘旋转车床而著称。

1959

收到 Hokuriku Electric Power 公司首个订单——58 年后仍是福伊特客户。

1966

福伊特收到巴西 Estreito 水电站 4 台混流式水轮机订单。

1966

美国加州尤巴郡水利局 (Yuba County Water Agency) 订购两台功率 226,000 马力的冲击式水轮机——当时全球最大。

1964

福伊特在巴西圣保罗开设制造工厂。

1978

福伊特获得为巴西—巴拉圭边境的伊泰普水电站供应 12 台水轮机的合同——这是当时世界上最大的水电站。

1995

福伊特生产了全球第一台设计用于鱼类通过时免受伤害的水轮机。

1997

福伊特收到中国三峡六台 700 MW 水轮机订单。三峡当前仍是世界最大的水电站。

1994

向广州抽水蓄能电站二期交付水轮机。这是当时全球最大的抽水蓄能电站。

1993

福伊特收购意大利水轮机制造商 Riva Hydroart 公司 75% 的股权。

1986

福伊特收购美国市场领导者 Allis-Chalmers 公司的水电业务。

1997

成立合资企业福伊特富士公司，合作方是位于日本川崎的富士电气公司。

2000

福伊特收购加拿大和挪威的制造厂，加强全球市场布局。

2003

德国最大的抽水蓄能电站 Goldisthal 投运，装机容量 1,060 MW。

2000

福伊特与西门子合资成立福伊特水力发电集团 (Voith Hydro Power Generation)，现称福伊特水电集团 (Voith Hydro)。福伊特、西门子和上海电机厂亦合资成立 HEC Shanghai，现称上海福伊特水电设备有限公司。

2013

福伊特成立 VolgaHydro 公司，是一家位于俄罗斯的合资企业；收购加拿大 Vortex Hydrosystems 公司。

2003

德国最大的抽水蓄能电站 Goldisthal 投运，装机容量 1,060 MW。

2013

福伊特成立 VolgaHydro 公司，是一家位于俄罗斯的合资企业；收购加拿大 Vortex Hydrosystems 公司。

2010

福伊特在印度巴罗达 (Vadodara) 设立新的制造厂，生产小水电部件和转子。

2003

德国最大的抽水蓄能电站 Goldisthal 投运，装机容量 1,060 MW。

2006

福伊特收购瑞典 VG Power 公司并在土耳其设立分支机构。

2014

环境友好、低维护需求的紧凑型水轮机发电机组 StreamDiver 赢得“德国创新奖”。

2007

福伊特收购奥地利的 Small Hydro 小水电专业制造商 Kössler。

2007

印度装机容量 520MW (8 台 65MW 福伊特机组) 的 Omkareshwar 水电站投运。

2017

福伊特庆祝成立 150 周年——并且展望下一个里程碑，口号是“欢迎来到下一个 150 年”。

水轮机
水轮机技术创新已经成为福伊特的习惯，福伊特设计、制造和安装混流式、轴流式、水泵式、冲击式和灯泡/竖井贯流式水轮机，已向客户累计提供 40,000 套产品。

发电机
福伊特已经制造系列完整的各种转速的发电机，采用立式和卧式设计，使用空冷或水冷绕组——包括全世界最大和功率最高的水冷式发电机。

抽水蓄能
福伊特水电是抽水蓄能电站的领导者，抽水蓄能存过剩能源，在需要时放水发电，提供可靠的可利用电能。抽水蓄能也是多能互补发电的重要基础。

自动化及数字解决方案
数字化正在将水电自动化推向新的高度。利用福伊特数字解决方案，可以更加深入洞察机器状态，更快识别异常情况，帮助电站运营者有效提升发电效率。

小水电
全球水电资源只有 25% 得到开发利用。福伊特领先的创新性小水电技术正在帮助人们开发水电潜力，大型水电项目经济上不可行或地理上不可行之处，小水电正好可以大显身手。

整体解决方案
福伊特水电不断优化产品组合，满足和超出客户需求，覆盖各种规模和范围的新老水电站的整个寿命周期：从电站设计和施工，到融资和服务。

水电服务HyService
福伊特HyService团队提供快速、优质和主动的维护和修理服务，随时随地，有求必应。因此，客户受益于可靠的发电表现和最大的投资回报。

环境友好的解决方案
福伊特开发的项目方案帮助将水电项目的环境影响降至最低——从减少水污染的水下安装无油式小水电水轮机，到确保鱼类安全通过的水轮机。

迎接变革挑战

福伊特是国际水电协会（IHA）的铂金会员，福伊特水电首席执行官 Uwe Wehnhardt 担任该协会的理事。国际水电协会首席执行官理查德·泰勒在最近召开的世界水电大会上，就水电行业的挑战和机会分享了他的看法。

—— 泰勒先生，您在水电行业任职 30 年了。有哪些方面仍然吸引着您，这个行业面临着哪些挑战？水电包括许许多多的专业，博大精深，涉及地理、技术、财务、环境和社会等方方面面。没有人可以成为全专业的水电专家。我一直在学习，不停寻找新的解决方案。至于挑战，大概就是面对全球技术、政治和经济等方面的快速变化如何站稳脚跟，保持足够的敏感性和灵活性来适应这些变化。我们需要确保水电能够以更具竞争力的方式满足未来的能源和水源需求。

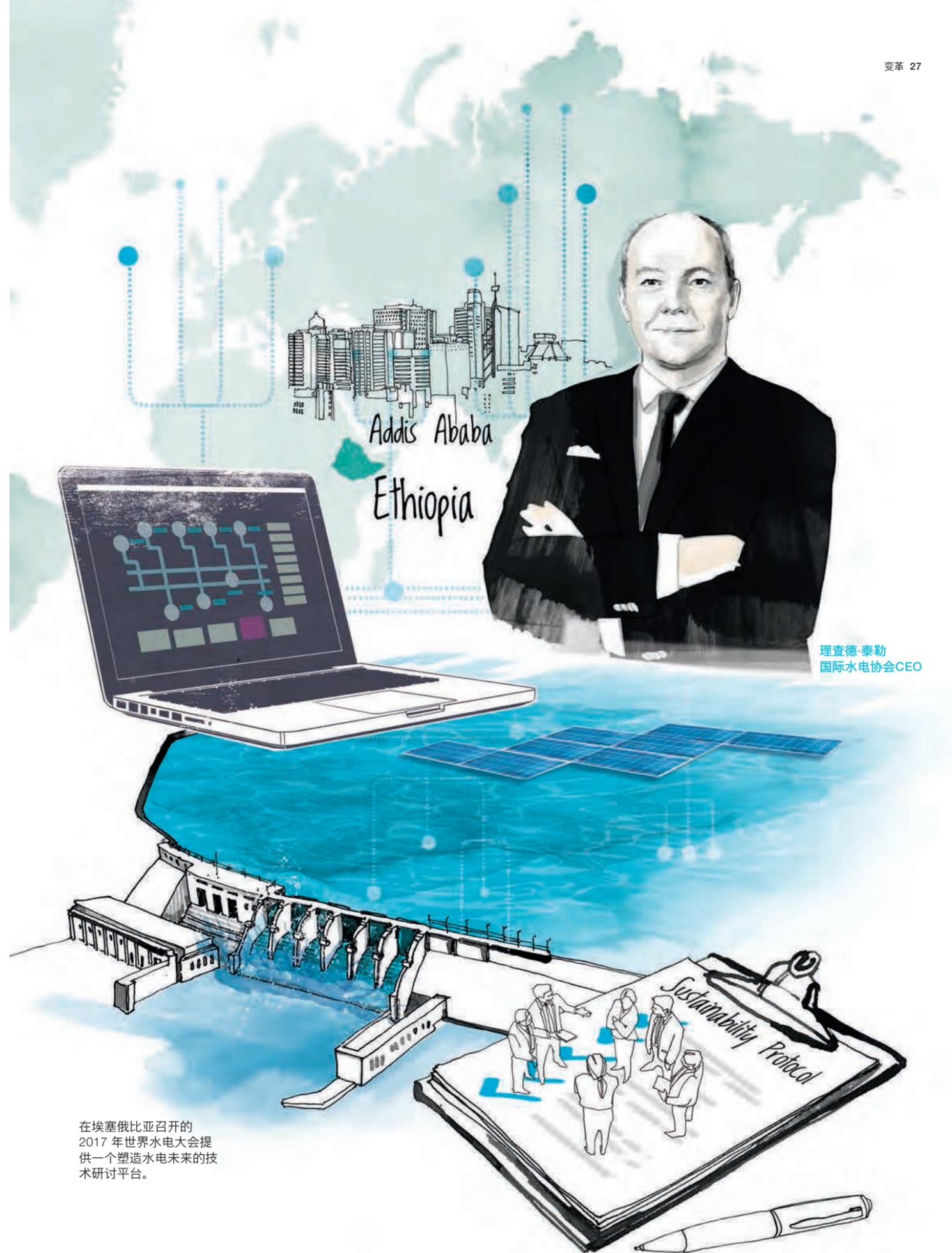
—— 面对新的挑战，国际水电协会怎样调整它的角色？这个组织起初是由有兴趣的会员组成一个团体，在政策领域为水电行业争取更强的话语权。如今，国际水电协会已经跨越 100 多个国家，致力于找出水电知识方面的差距，寻找相应的解决方案，在尽可能广泛的范围内分享行业洞见。我们在越来越大

“国际水电协会是一个优秀的组织，以最好的方式代表着这个行业，其中最主要的原因是其会员的多样性。”

Uwe Wehnhardt,
福伊特水电总裁及首席执行官

的程度成为知识的创造者和传播者，帮助所有利益相关者对其所做的水电相关决策增强信心。

在过去的十年中，我们也已开始与风电、太阳能、地热能和生物能领域的同行组织进行更加紧密的协作。目前，这种协作正在加强，因为要保证可靠的可再生能源供应，不同可再生能源之间的互补开发正在变得越来越重要。在许多国家，当务之急是提高可靠性与质量，而不是仅仅增加装机容量。另外，可再生能源多能互补项目（例如，水电站水库的漂浮式光伏发电）数量不断增加，这也颇不寻常。



理查德·泰勒
国际水电协会CEO

在埃塞俄比亚召开的 2017 年世界水电大会提供一个塑造水电未来的技术研讨平台。

——《水电可持续性评价规范》对于行业发展的重要性？制定该规范的目的就是就水电活动几个主要方面，包括环境、社会、经济和技术表现等，提供定义方法和达成共识。规范中所定义的信息为项目利益相关者提供支持，帮助决策者做出基于全面信息的决定。我们不断审议规范的内容，使其更加有用和高效，惠及各方。例如，我们正与福伊特合作制订一套方法，用于测量相对于气候恢复能力的项目表现。另一个项目是寻找合适的方法，提高收集项目现场信息并提供给决策者的速度。我们还计划增加独立认可评估师的数量，他们的职责是对照规范量测项目数据。我们的目标是确保从事水电项目尽职调查的每家认证公司配备至少一名全职评估师。

——最近的 2017 年世界水电大会在埃塞俄比亚举行。为什么在那里举行，大会有哪些重要事项？2015 年在北京召开的世界水电大会决定此次 2017 年大会在非洲举行。非洲的水电潜力与欧洲相近，但 90% 的资源尚未开发，所以“当地”的兴趣很高。亚的斯亚贝巴是非洲联盟和联合国非洲经济委员会总部所在地，所以埃塞俄比亚是最合理的选择。

说到会议要点，有以下几个方面。首先是发布我们用来计算水电项目温室气体排放量的新工具。这是该领域的一个重要标志。其次是讨论了绿色标签和气候债券倡议对水电行业的意义，这些讨论非常有趣。第三，关于设立水电筹备支持框架的讨论十分重要。这种框架可以为项目所在国和开发者筹备和实施未来项目提供周密的计划，从而大大降低开发者的风险溢价，使项目更加符合系统需求，并在全球联系日益密切的背景下引导未来水电开发建设的方向。

福伊特与国际水电协会：

福伊特是国际水电协会的铂金会员，福伊特水电首席执行官 Uwe Wehnhardt 在该组织担任理事职务



福伊特是 2017 世界水电大会的一家主赞助商，派出两名代表在大会的论坛和分组讨论上发言

首席技术官 Norbert Riedel 博士 (“论坛 4：培育可持续运维之策略”和“可再生能源储存”)

Heike Bergmann, 非洲地区销售资深副总裁：“能力建设及技能不足”

最后，本届大会的主题是“水电更加美好”。为达到这一目标，我们出版了与世界银行共同编制的案例研究。这些案例论证了达成水电最佳范例的过程，以及对照可持续性评估规范进行验证的方法，其中的一些案例鼓舞人心。所有这些方面共同成就了一场令人兴奋的大会，全球共同塑造水电的未来。我谨代表所有会议组织伙伴，利用这一机会肯定和感谢福伊特作为赞助商为举办本届大会所提供的帮助。

风采

体现行业发展状态的技术和方法

声音创新

水电设施体量庞大，结构复杂，因而有时能听到问题，却看不出来。易于安装的 HyGuard™ 声音监测系统利用麦克风来探测水电站各处的异常声响。系统使用特殊算法在云端对采集的声音进行分析，判断是否发生潜在故障。最为可贵的是，这是一个自学习系统，可以不断提高探测异常情况的准确度。



这是一个为期六年的项目，为奥地利一座现有水电设施扩容和提升性能，这标志着抽水蓄能技术达到一个新的高度。



一名福伊特工程师在 Reisseck II 抽水蓄能电站进行水轮机现场检查

为“绿色电池” 充电

Reisseck II 抽蓄电站的
雄伟坝体矗立在奥地利
南部

Reisseck II 抽水蓄能电站位于奥地利卡林西亚州（Carinthia）南部峡谷的 Mölltal，被阿尔卑斯山的美景环抱，其创新性与其雄心一样值得称道。经过为期 6 年的建设，这座新电站在 Malta 和 Reisseck-Kreuzeck 的两个原有电站群之间形成水力连接。这样，阿尔卑斯山的电力生产变得更加高效和可持续，也标志着抽水蓄能水电站的开发达到了一个新的高度。“从技术的角度看，”福伊特 Reisseck II 项目负责人 Martin Nussmüller 说，“我们可以说，它是世界上最现代化的抽水蓄能电站。”

环境优美的基础系统

最初的 Reisseck-Kreuzeck 电站系统建于 1948 至 1961 年，Malta 电站于 1978 年投入运行，这意味着 Reisseck II 抽水蓄能电站不会对环境产生重大改变。事实上，建设期虽然最多只有 250 人参与，但大型设备和地下隧道是必不可少的，地貌已经恢复到宜人的阿尔卑斯风格。“该区域的恢复自然投入约 800 万欧元。”Nussmüller 说。

Reisseck II 抽水蓄能电站现已完工并投入运营，这不但提高了该区域发电系统的效率，也最大程度地保证了环境友好。因此，在项目建设者中间，最让这个项目出名的是它的昵称——“绿色电池”。每当天气条件影响到当地的风电和光伏发电，就到了 Reisseck II 大显身手的时刻，这座抽水蓄能电站会快速启动，提供电力；而当风起或阳光重新灿烂时，它就停机隐退。

“这是世界上最现代化的抽水蓄能电站之一。”

Martin Nussmüller
福伊特 Reisseck II 项目经理



突破设计极限

福伊特利用其创新技术，建设两台水泵水轮机，使电站达到最佳运行状态，在设计和功能方面都突破了极限。“那是一项巨大挑战，” Reisseck II 电站的另一位福伊特项目经理 Anton Huber 说，“我们不得不出乎平时的规范，但是我们最终证明：我们以非常高的标准完成了这个项目。”设计的核心原则是，尽管水轮机比较小，但要提供大功率出力，达到 Verbund Hydro Power GmbH（奥地利能源供应商）在合同中规定的超常效率水准。Huber 补充说，“项目所用的水泵水轮机贴上了‘Grenzleistungsmaschinen’意为‘极限表现机器’）标签。换言之，相对于水轮机的型号来说，水轮机的功率输出已经达到了当前可以实现的极限水平。因此，从效率和技术的角度看，它们都是最前沿的。”

结果：Reisseck II 电站在水泵模式和水轮机模式下都能达到 430 MW 的功率输出，这相当于两个水电站群的总出力增加 40%，由 1,029 MW 增加到 1,459 MW。技术与总体设计的完美体现在可以按当前天气条件几乎立即进行或退出发电。并且，Reisseck II 可以储存能量满足随时之需。

克服困难，按时交付

与地处偏远的其它任何水电站一样，这个项目是一项极为复杂的工程。施工场地高达海拔 1,600 米，又在山体内部挖深达 200 米，这都带来了相当大的挑战，尤其是要把庞大的机器运抵合适的位置。另外，总是难以避免的一个风险是雪崩和森林火灾所导致工期延误。然而，不管发生什么情况，都不能影响项目按时完工。Verbund Hydro Power GmbH 主管水泵水轮机的项目经理 David Giefing 总结说：“在整个项目过程中，我始终感到福伊特是可以信赖的伙伴。遵照我们‘技术方案始终优先’的信条，我们总能一起克服项目中的每一个挑战。”

重要数字

1,459 MW

Reisseck 电站群总装机容量 - 在 Reisseck II 建设之前的 1,029 MW 基础上容量增加 40%。

8 百万欧元

用于 Reisseck II 周边生态植被恢复的开支

全时服务

福伊特水电以全球服务中心策略帮助客户迅速获得当地支持。
下面是巴西的运行机制。

65% 水电占巴西整个能源组合的比例。

2 个 HyService 中心，每个都很重要！

25% 当前在建发电项目中水电所占比例

“福伊特 HyService 中心的理念是努力靠近客户，不论客户在哪，都能获得服务，”拉丁美洲 HyService 负责人 Luiz Fontes 解释说，“过去，长途跋涉前往电站有时会给客户造成延误。解决方法是以 HyService 中心的形式建立数个规模小但效果好的当地服务机构。”

合理设置：HyService 地点

目前，巴西境内有两个 HyService 中心，均成立于 2016 年，由于选址得当，我们可以为整个区域的水电站提供支持。其中一个在 Rondônia 的波多韦柳 (Porto Velho)，位于马德拉河 (Madeira) 水域，距 Jirau 和 Santo Antônio 水电站较近。另一个在托坎廷斯州境内托坎廷斯河上的 Miracema，靠近另外两个主要水电站：Lajeado 水电站和 Peixe Angical 水电站。

几小时内到达现场

Fontes 清楚地知道新中心将扮演的重要角色。“我们客户对福伊特充满了信心和信任，”他说，“客户希望知道，在机器发生故障（当然故障几率很小）的情况

下，即使是非福伊特设备的故障，他们也能够确信福伊特工程师会做出快速反应。我们的服务专家可在几小时内到达所服务区域内的任何一座电站。”

每个服务中心配备一名主管和由技师、工程师和机修工组成的团队，他们精通设备维修和维护。重要的是，驻福伊特圣保罗总部的专家可在需要时随时提供额外的专业支持。

前瞻性支持

除了快速反应，服务专家还定期到访客户电站，提出建议，以及对水轮机、发电机和其它设备进行前瞻性检查。“我们的理念是：既能在紧急情况下应客户之需，为客户提供故障检修，也能提供预防性技术支持，从而为客户节省大量时间和金钱。”

持续扩展

设于巴西的两个水电服务中心已经成为典范，可供未来设立类似机构时借鉴。“我们正在进行评估，拟在巴西和中、南美洲其它国家建设更多的服务中心，” Fontes 说。这种扩展将为 Fontes 和他的同事提供完美的平台，保证全区域客户的设备不停运转。——

福伊特服务工程师正在对当地一座水电站进行检查。



确保电网稳定

在葡萄牙西北部 EDP 所属的 Frades II 水电站，欧洲最大的变速、可逆式水泵水轮机+发电电动机组已投入商业运行。

—— 太阳能和风能在葡萄牙发电装机中占有重要的比例。由于此类资源依赖于天气条件，电网供应波动性太大。所以，采用先进技术在此建设抽水蓄能电站是确保电网稳定的最佳选择。葡萄牙电力公司 EDP Produção 决定采用基于福伊特两台可变速可逆式水泵水轮机加发电电动机的方案时，算是迈出了勇敢的一步，因为当时并没有先例来证明这个方案效果如何。EDP 对福伊特技术的信任现在得到了回报，因为新建的 Frades II 抽水蓄能电站于 2017 年 4 月 1 日成功开始商业运行。

可变速，持续可靠

“该电站的核心设备是一种特殊的异步发电电动机：DFIM，或双馈感应电机”，福伊特水电电气辅机部的 Thomas König 表示。为更详细地解释这种技术的工作原理，他补充说：“常规的同步发电机按 50 Hz 的电网频率以固定速度运转。与之形成对比的是，DFIM 的机械转速可以变化，这形成两个主要优势。首先是，这种新系统可以对电网的有功和无功功率需求做出快速灵活的反应——变更供电功率，从而满足要求。其次，在电压下降时可提供稳定性补偿，减少停电的可能性，即使发生停电，也可使系统更快地恢复运行。这是因为相对于正常电压，当压降幅度远高于





葡萄牙北部Frades II水电站的雄伟坝体

5% 时，Frades II 电站的水轮机和 DFIM 发电电动机仍可保持长达 600 毫秒的稳定运行——这比固定转速发电机组高出4倍。由此可见两者之间的差异：一个是仍然正常运行，另一个是大范围停电。”归根结底，DFIM 技术在水轮机和水泵模式下都可以达到最佳运行状态，而且在任何模式下只要需要，都可迅速投入有功功率和无功功率满足电网故障时的 TSO 角色（输电系统运营商，系 REN 在葡萄牙担当的角色）要求。该技术的另一个重要特点（或许是价值创造方面最突出的）是在抽水模式下可以进行功率变更，在非高峰时段提供电网所需的远程调整功能，这使得 Frades II 成为 Iberia 地区唯一一座无需发出富余功率即可实现调整的电站。

大规模创新

Frades II 项目要求福伊特工程师在多个方面实施创新。例如，发电电动机的转子设计需能克服强大的离心力；变频器需能输出远高于一般水平的电流和电压。与固定转速机组等额功率的一般变频器相比，这种变频器体量更大、更重、功率可达 25 倍之多。由于此型变频器比常规型号反应更快，所以还需要开发一套新的电气保护系统。

现在，所有这些创新都为客户 EDP 带来了重要收益，正如福伊特技术销售与投标管理部负责人 Lars Meier 所解释：“Frades II 采用的变速发电电动机技术提供了更高的灵活性，增加了电站总运行小时数。运行小时数的增加和可利用率的提高意味着更多的电费收入，也就意味着更多的利润。这也是其它同类型电站能够非常迅速地摊销项目投资的重要原因之一。采用这种技术还有另外一个好处，那就是总体运行效率更高。对于客户来说，这确实是一种双赢。”



Frades II

Frades II 电站位于葡萄牙北部布拉加市东北部约 40 公里处。

390 MW

Frades II 抽水蓄能电站每台可变转速水泵-水轮机可转换机组的装机容量

电网压降

电压比正常值显著
低出 5% 以上

必须保持电网稳定，以防止发生客户
大面积停电和断电情形

600 毫秒

DFIM 保持电网稳定运行 600 毫秒



Frades II 水电站正在安装一台异步发电电动机组

这比固定转速机组长四倍。

稳定的电网

EDP Produção 管理委员会成员 António Ferreira da Costa 认可并评论说，“EDP 目前是欧洲大规模应用这一技术的公司，可为此提供令人信服的业绩参考。福伊特已经证明自己能够满足欧洲极为严苛的电网规范要求，并能克服大功率机组所带来的挑战。我们非常满意，电站按计划投运，在投运后的前两个月，我们就已运用了该技术几乎全部的潜力，确保持续的可再生能源发电，满足电能需求。”

未来标杆

自 Frades II 电站投入商业运行以来，至今都是欧洲最大的可变转速机组。由于不管在什么地方，电网的稳定性和电能供应的可靠性都变得越来越重要，Frades II 提供了一个标杆，可供全世界复制。事实上，福伊特已在中国和加拿大就建设类似项目进行磋

商。Meier 总结说，“我们在 Frades II 所使用的技术极其复杂，我们引以为豪的是，我们能够克服所有的电气和机械工程挑战。我们期待着利用这种知识，为其它能源供应商创造类似的收益。”



这种差异相当于一是正常运行，
一是电网断电。”

Thomas König
福伊特水电机电辅助设备部



多能互补，更为强大

Klaus Krüger 博士相信，多能互补混合电站对于更加清洁的未来能源格局至关重要。



福伊特水电电站与生产安全及创新部门负责人 Klaus Krüger 博士解释了多能互补解决方案在生产和储存清洁能源方面将变得日益重要的原因。

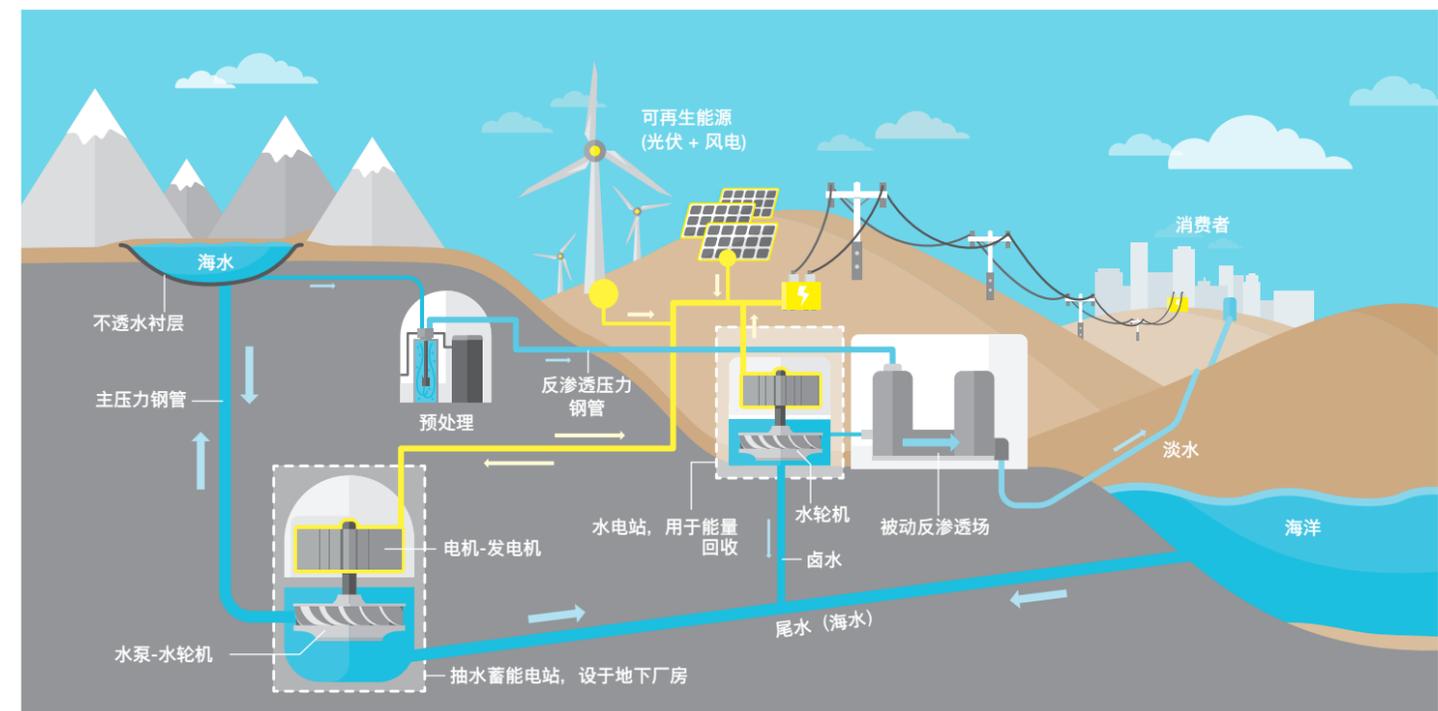
福伊特将海水抽蓄与风力及/或光伏发电和海水淡化相结合，创建了一种高效的方法，同时进行发电、蓄能和饮用水生产。

在德国西南部小城 Gaildorf 的一片森林中，一个独特的可再生能源项目正在建设之中。“Naturstromspeicher”（意为“自然储电站”）包括一座抽水蓄能电站和一座安装4台风机的风电场。每台风机的塔筒基座均充当一座水库。水向下排出时，流经水泵—水轮机发电。如果电网中电力富余，则水轮机切换到水泵模式，将水抽回到风机的塔筒基座。在 Kocher 河边修建下库，在洪水季节也可用作澄清池。

内在的灵活性

2016 年 9 月，福伊特获选为这个开创性的项目供应 3 台混流可逆水泵水轮机。福伊特水电电站与生产安全及创新部门负责人 Klaus Krüger 博士说，装机容量 16 MW 的 Naturstromspeicher 电站使可再生能源接入电网更加容易。他说：“抽水蓄能电站是灵活的大规模储电的有效方案，这对于利用风和光等不稳定的发电资源具有十分重要的意义。

抽水蓄能与风电场相结合，为生产和储存清洁电能提供了一种新的方法。塔筒的蓄水结构加大了风机高度，从而使发电量增加。由于两种发电设施共用检修道路、电网接入系统





“多能互补概念也可以用于小型电网，例如，在海岛上使用。”

Klaus Krüger 博士
福伊特水电站与生产安全及创新部门负责人

和升压站，前期工作和基础设施建设成本，以及环境影响都会减少。Krüger 补充说，“这个电站因为电能储存、3 台变速机组的快速启动和负荷控制能力等特点，能使经营者可以通过不同的能源交易市场获利，如平衡能源、控制功率和现货市场。而且，抽水蓄能电站在能源现货市场价格不景气的情下，还能避免缩减风能发电。”

此外，由于利用风机塔基作为上库，地形因素的限制作用减弱，在更多由公共机构服务的场所修建分散式抽水蓄能电站

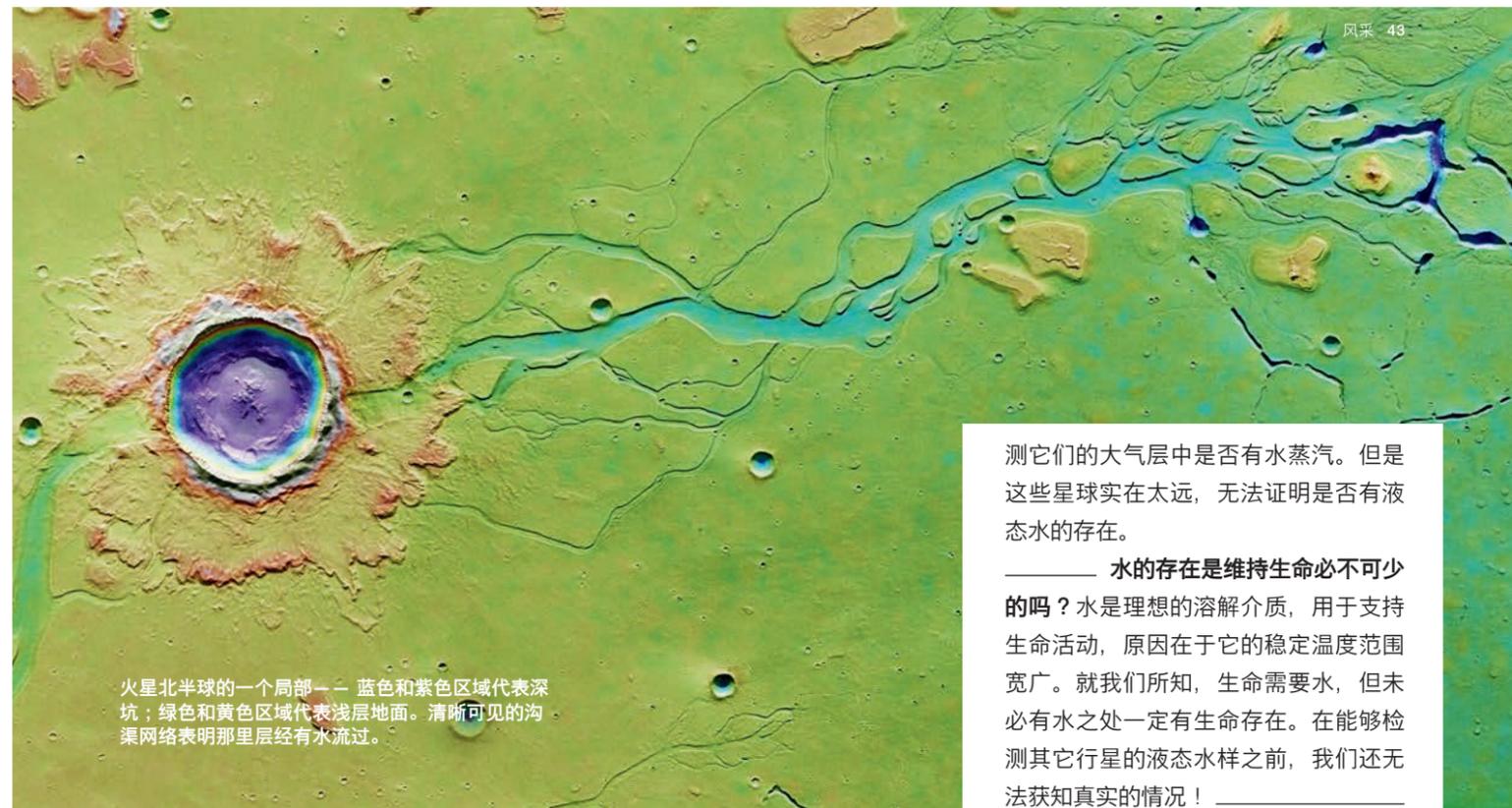
将成为可能。“多能互补概念也可用于小型电网，例如，在海岛上使用，” Krüger 解释说，“这样，甚至可以使用海水代替珍贵的淡水，将海洋作为下库。”

共生的海水应用

将海水用于抽水蓄能电站也带来了其它的一些技术挑战，突出的是设备防腐问题，当然这在技术上是可解决的。Krüger 和他的伙伴正在研究如何经济地实现海水抽蓄的巨大潜力，而产品又不仅限于电能。利用共生方法可以实现这一点。

已有一种令人振奋的共生解决方案可以帮助提供两种重要资源：可再生电能和清洁淡水。在全世界范围内，海水淡化厂采用反渗透（RO）方法通过半透膜将海水转换成饮用水。但这是一种高能耗工艺，需要大量电能，而这种电能往往是由化石燃料电厂生产。我们可以有其它选择，Krüger 说，“将与太阳能或风能互补发电的海水抽水蓄能系统与被动反渗透海水淡化厂结合，可以形成一套环境友好的有效解决方案。海洋可以作为下库，上库则建在近海的山上。常规的反渗透海水淡化厂是利用高压泵和马达加压，使水透过滤膜，被动地运行。与之不同，这种方案的压力来自上库的落差。持续的压力使反渗透海水淡化厂可以全天候运行。”

与水力和风力互补发电一样，这个概念通过共用场地和简化系统而降低工程造价，在运行中实现二氧化碳零排放。这种大规模的抽水蓄能解决方案可将不稳定的风能或太阳能转化成经济、可控的基础发电资源，其品质和可利用率与燃煤电厂和燃气轮机电厂相当。Krüger 总结说：“这可以使电网更加稳定，带来技术性岗位工作机会和无碳化未来的希望。太阳能光伏电池和风机为海水蓄能电站提供电能，与近海被动反渗透海水淡化厂同地建设，可为淡水匮乏的沿海地区提供电力和淡水。”



火星北半球的一个局部——蓝色和紫色区域代表深坑；绿色和黄色区域代表浅层地面。清晰可见的沟渠网络表明那里曾经有水流动过。

测它们的大气层中是否有水蒸汽。但是这些星球实在太远，无法证明是否有液态水的存在。

—— **水的存在是维持生命必不可少的吗？**水是理想的溶解介质，用于支持生命活动，原因在于它的稳定温度范围宽广。就我们所知，生命需要水，但未必有水之处一定有生命存在。在能够检测其它行星的液态水样之前，我们还无法获知真实的情况！

Q & A

问与答

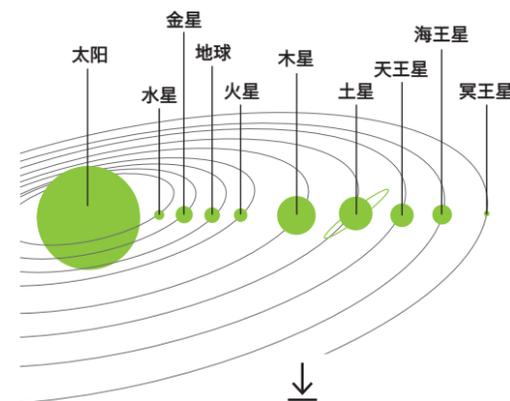
奥地利格拉茨大学
天体物理学教授
Arnold Hanselmeier 博士
阐释宇宙之水面面观。

—— **宇宙之水为何存在？**137 亿年前宇宙大爆炸发生时，只有两种元素存在——氢和氦。所有其它更重的元素，包括氧，都是之后在恒星内通过聚变形成。在某个时刻，氧和氦结合形成水。

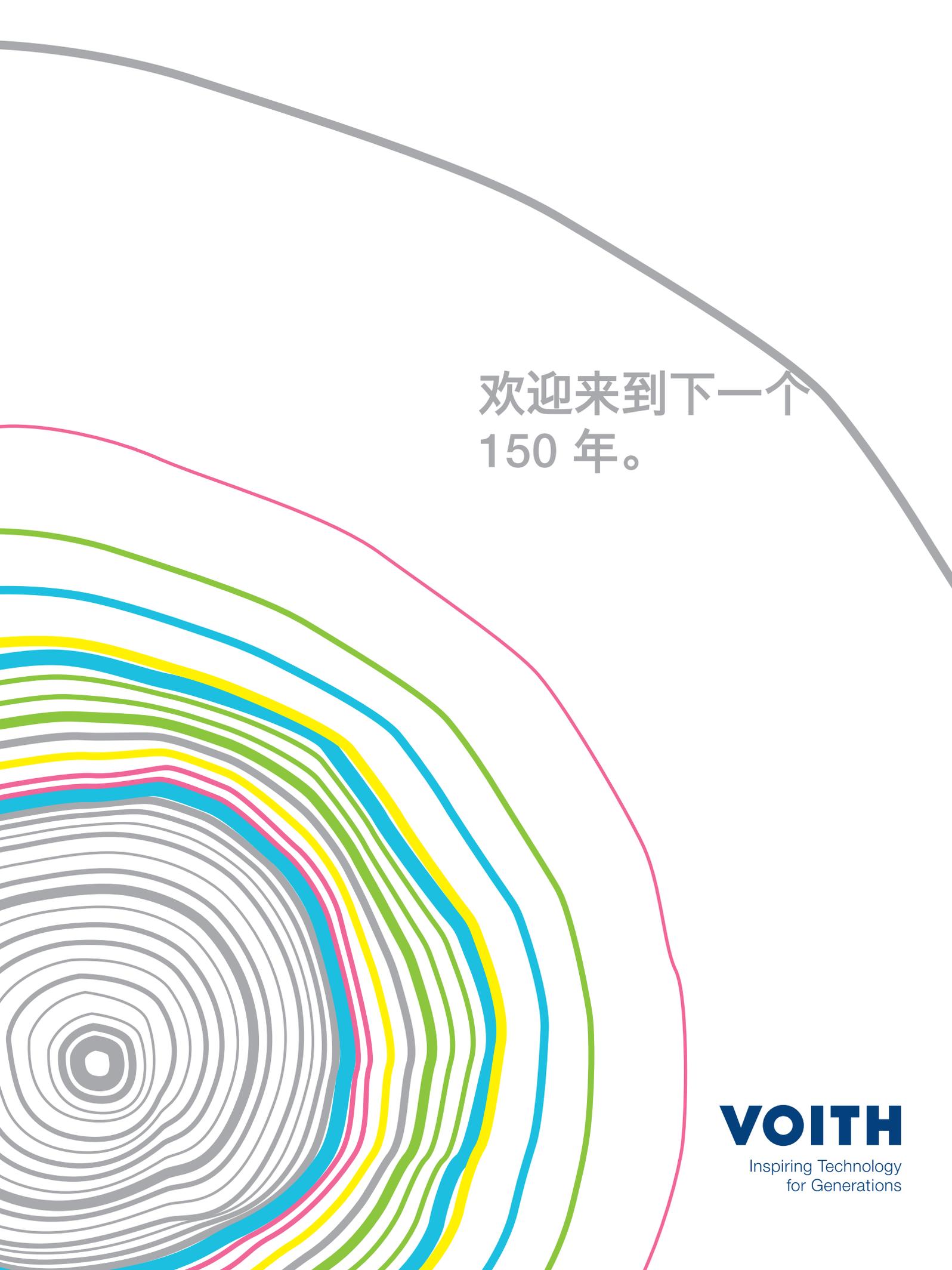
—— **宇宙之水普遍存在吗？**水无处不在：从银河系气体云中发现的蒸汽和水滴，到彗星内的冰，以及行星上的大气层、海洋和冰原。离开恒星距离越远，水就越普遍。

—— **行星上的水是如何形成的？**很可能是在彗星撞击行星表面时，水以冰的形式随之而来。例如，1000 万年的时间足够彗星撞击地球，形成当今地球上所有的水。

—— **太阳系内及之外行星上的水普遍程度如何？**非常普遍。水星上遮蔽的陨石坑中有冰，金星的大气层中有水蒸汽。火星上有大量的表面冰，有证据表明水也曾在此流淌过。木星的行星木卫二欧罗巴（Europa）有一个冰壳，冰以下是液态的咸水海。天王星和海王星也有很厚的冰壳，其所覆盖的也可能是液态的海洋。在其它地方，我们也正在探索许多其它恒星周围可居住的行星，探



行星离太阳越远，蕴含的水分越多。



欢迎来到下一个
150 年。

VOITH
Inspiring Technology
for Generations