VOITH

水力发电技术专业杂志

HyPower

#25 | 2014 年秋季

改造抽水蓄能技术，适应未来发展需求

多功能

档案库

福伊特抽水蓄能技术发展史略

全球专业优势

福伊特水电为全球客户的服务能力

关注我们的推特账号：
https://twitter.com/voith_hydro

出版说明

原版由：
福伊特水电公司
Alexanderstr. 11
89522 Heidenheim, Germany
www.voith.com

主编：
Ute Böhringer-Mai
编辑：Lukas Nemela
电话：+49 7321 37 0
传真：+49 7321 37-7828
邮箱：info.voithhydro@voith.com

合作公司：
布尔达创意集团有限责任公司
www.burdacreative.com

用纸：
HyPower 使用的纸张类型为安娜丝铜。

版权声明：
未得到编辑的明确书面认可，禁止复印、复制或以其他方式传播本刊，禁止将本刊内容用于任何其他目的。

您的反馈：如果您对本期 HYPOWER 有任何意见或疑问，请联系我们：
hypower@voith.com

照片来源：
封面：Rüdiger Nehmzow；第4-5页：Dawin Meckel (2)；第6页：Adriano Gambarini/Duke Energy Brasil collection；Fotolia/Anton Balazh (3)，第8-9页：Rüdiger Nehmzow；第11页：Dawin Meckel；第12-13页：插图：Hokolo 3D (2)；第15页：Naturstromspeicher Ulm GmbH (2)；第16-17页：Dawin Meckel (3)；第19页：Telmo Banha；第20-21页：Eskom Ingula；第22-23页：Shutterstock/2265524729, Rather be Flying!;第26-27页：EnBW；第32页：Dawin Meckel；第37页：Manitoba Hydro；第38-40页：Antonio Carreiro (2)；第41-42：Antonio Carreiro (6)；第44-45页：Herbert Nitsch (3)；第46页：Dawin Mecke；第47页：Fotolia/Anton Balazh (3)

其它所有图片均来自福伊特水电。

抽水蓄能技术，开拓能源新世纪

抽水蓄能是全球业界唯一一个具备工业级规模的蓄能技术。它容量大且效率高，全球 99% 的电能储存由抽水蓄能机组实现，并可有效维持电网稳定。众所周知，风能及太阳能在发电过程中的不稳定性会产生余能损耗问题，但抽水蓄能技术却不存在这一缺陷。

福伊特不断研发改良抽水蓄能技术，并针对客户需求度身定制解决方案，最大程度地体现这一技术快速响应、高度灵活的优势。福伊特研发的可逆式发电机组及变速技术，能对电网中的电能供需变化做出敏锐反应，迅速弥补电力缺口。

一个多世纪以来，抽水蓄能技术在全球的工业生产和社区生活中发挥着重要作用。福伊特早在 1908 年建立了德国首家抽水蓄能电站——布鲁尼穆勒（Brunnenmühle），这让福伊特也当之无愧地成为了行业先驱。历经百年的发展，这里已成为福伊特全球水电研发的中心。

放眼现今局势，可再生能源逐渐获得全球各国政要的重视。相信，结合风能及太阳能的优点以及水电、抽水蓄能的稳定性，可再生能源定可迅速崛起，形成稳定可靠、具有工业级规模的电能供应系统。

本期《HyPower》杂志将深入解读抽水蓄能技术，展示其广泛的用途和强大的功能。

愿您在阅读中获得享受！

谨致问候，

Ute Böhringer-Mai
企业传讯负责人

目录

通过其他优秀杂志更全面地了解福伊特。

固定栏目

2 出版说明
3 编者致辞
6 最新动态
7 热点话题
43 福伊特动态
44 嘉宾视角
46 休息时间

领航篇

8 抽水蓄能，光辉未来
抽水蓄能电站技术成熟、值得信赖、前景光明

绿色能源篇

15 强强组合：风电和抽水蓄能
在新型水电站建设中，水电和风电相互携手

16 隐形电站
这座位于地下的抽水蓄能电站拥有更高的能效和容量

18 技术飞跃
变转速技术给抽水蓄能带来新亮点

20 全球项目
全球合作，通力建设非洲抽水蓄能电站

22 适应与发展
为美国一座长期运行的抽水蓄能水电站延长使用寿命

全线供应商

24 跻身世界之最
福伊特提供水电设备，助力提高中国可再生能源比重

成功的合作关系

26 伊费茨海姆水电站修复行动
“雪中送炭”般的维修工作

28 多功能的小型水电站
凭借上佳口碑和可信度，领航小型水电市场

历史撷英

30 技术先驱
德国第一家抽水蓄能电站

全球专业优势

32 缔造辉煌未来
福伊特水电上海公司二十载风华卓行

35 永不停转的水轮发电机
福伊特的维修和更新服务，帮助加拿大水电站脱胎换骨

38 供电先锋，服务拉美
高层访谈：福伊特在拉美的愿景

41 活在当下：项目与工作
巴西福伊特现场经理的工作掠影

项目目录

47 遍及全球
本期《HyPower》杂志涉及的所有项目一览表

巴西现代化改造项目

巴西 随着福伊特顺利完成对 CHAVANTES 水电站首台发电机组的整修工作，奔流不息的巴拉那帕内马河（PARANAPANEMA RIVER）一如既往为巴西带来源源不断的可靠能源。福伊特还将对该水电站另外三台机组进行现代化改造，该水电站总装机容量为 414 MW，自 1970 年开始便投入运营。杜克能源公司（DUKE ENERGY）旗下的 CHAVANTES 水电站正在经历彻底的现代化改造，包括对三台发电机组（水轮机、发电机、相关机电系统）进行翻新。//

东南亚抽水蓄能电站

泰国 近期，福伊特收到一笔订单，要求扩建泰国拉姆达贡（LAM TA KHONG）抽水蓄能电站，该订单意味着我们向前景广阔的泰国市场迈出了积极一步。拉姆达贡是东南亚首个配备福伊特水电设备的抽水蓄能电站，也是福伊特进入这个新兴水电市场的发展里程碑。该项目由泰国电力局（EGAT）订购，要求为该电站提供全套机电设备，包括两台立式水泵水轮机，容量各为 255 MW 的两台电动发电机，自动化系统，厂房内二次混凝土浇筑工程，水电站机电辅助系统以及现场安装。完成扩建后，拉姆达贡抽水蓄能水电站的容量将提升至 1,000 MW —— 是当前容量的一倍。//

智能、高效的微型水轮机

意大利/日本 微型贯流式水轮机和发电机是福伊特为小型水电市场推出的智能化高效产品，可轻松集成到现有管道系统中。微型贯流式水轮机配备皮带传动的发电机和一台卡普兰水轮机，其管内装有可调节转轮叶片，适合控制流量，工厂、自来水厂、污水处理厂和灌溉渠等单位使用。作为标准化产品，微型贯流式水轮机成本效益高、安装便捷，执行阶段所需工程量和土建工程量达到最小。这是一款经济实惠的迷你型水电解决方案，同时秉承福伊特一贯的优良性能。提供大、中、小三种尺寸供选择，可串行或并行安装以达到所需水头及流量，水头范围为传统的 2-20 米，单个水轮机发电量为 3-250 kW。该水轮机由日本福伊特富士水电开发，曾被意大利福伊特水电改造以满足当地需求。如今，它正悄然成为市场宠儿。//

微型贯流式水轮机：面向小型水电市场的智能解决方案

品质与时间的赛跑

印度 印度最大的抽水蓄能电站塔塔电力公司（TATA POWER），联系了位于印度诺伊达的福伊特水电，请求更换发电机组的定子。本次比拉（BHIRA）抽水蓄能大单的内容，包括对 200 MVA 发电电动机的全新定子进行设计、更新、制造、供应、安装及调试。目前项目正在进行过程中。全新定子预计于 11 个月内交付客户。因为该电站负责大都市孟买的电力供应，因此停工期不得超过 45 天。早在 1911 年，福伊特就首次为塔塔电力公司 KHOPOLI 发电站提供了四台 13 MW 的机组。此后双方走过了一个多世纪的合作历程，建立了牢固而相互信任的合作关系。今天，这座全印度最大的集成电力公司，再次将大单托付给了她最信任的合作伙伴。//

#一周最佳水电图片
扫描下方二维码或访问
twitter.com/Voith_Hydro
掌握福伊特水电最新动态。我们将于每周五分享“一周最佳水电图片”，精彩不容错过！

蓄能技术大比拼

可观、经济、耐用、环保：抽水蓄能在能源系统中发挥着举足轻重的作用，以下数字能让您窥见其巨大潜力。

❶ 比例重

抽水蓄能水电站提供了全球 99% 能源储存的能力——剩余的 1% 来自蓄电池、压缩空气蓄能以及其它蓄能技术。

99%

1%

❷ 全球抽水蓄能水电站的总发电容量为 142,000 MW。

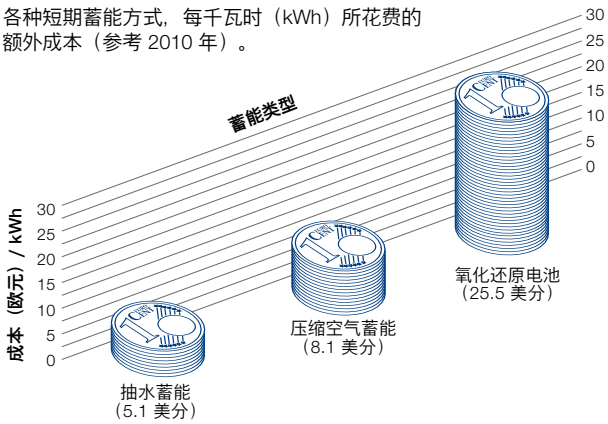
❸ 效率高

抽水蓄能的效率约为储氢技术的两倍。

抽水蓄能	78-82%
压缩空气蓄能	最大 70%
储氢技术	约 40%

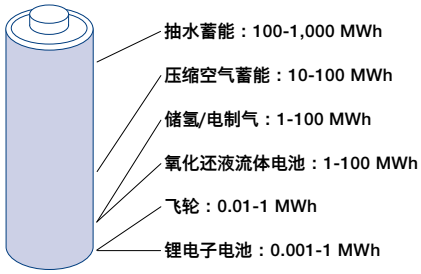
❹ 成本效益高

各种短期蓄能方式，每千瓦时（kWh）所花费的额外成本（参考 2010 年）。



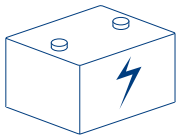
❺ 规模大

抽水蓄能的潜在蓄能容量远远高于其它储能形式。



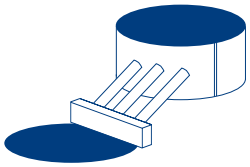
❻ 极度耐用

目前，抽水蓄能水电站的使用寿命比许多蓄能技术的生命周期都要长。



锂电子电池

约 2,000 周期

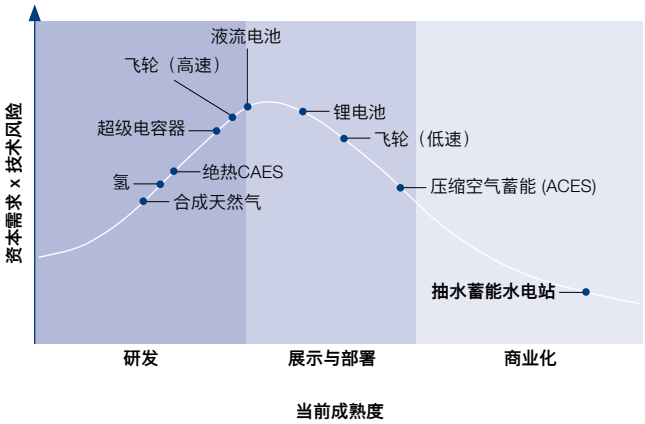


抽水蓄能电站

> 50,000 周期

❼ 技术成熟

在各种适应市场的蓄能技术中，抽水蓄能已成为一项成熟完善且不断创新的商业化技术。



来源：❶❷ 国际能源署（IEA）分析和 EPRI（美国电力研究协会），《电力蓄能技术》报告， EPRI 2010；自主研究 ❸❺ 和 ❻ SRU 2011，Bünger 等人，2009，Oertel 2008；自主数据补充 ❹ DLR/Fraunhofer IWES/IFNE，《从欧洲及全球发展角度制定德国可再生能源部署长期方案与策略》（BMU-Leitstudie），2010。❼ Decourt, B., 和 R. Debarre，《电力储存概况》，法国巴黎斯伦贝谢商业咨询能源协会和 Paksoy, H., 2013；《IEA 蓄能技术路线图》第 16 页“热能储存现状”，2014。

抽水蓄能，光辉未来

抽水蓄能电站不仅是用于短期电能存储，更能够为电网**提供快速、灵活、高效的支持**。随着可持续能源的地位不断提高，抽水蓄能电站的重要性将与日俱增。

福伊特水电研发部主管 Klaus Krüger 以德国为例，向我们讲述了能源的发展史略：二十世纪六、七十年代，煤炭逐渐被石油所取代；而后的三十年间，核能又取代了石油。他说："能源转型在上世纪的德国就曾发生过，但它们只是改变了能源载体，比如煤炭、石油、核能，但供电系统却未发生改变。然而，这一次的能源转型却对会供电系统架构产生前所未有的深远影响。"

▷ 正如 Krüger 所说，以前，由于火电厂和核电厂始终能够提供丰富而持久的电力储备，因此蓄能系统在当时的电网格局中没有发挥重要作用。到目前为止，我们仍使用煤炭、天然气、铀、石油等一次原料来实现蓄能。备足这些原材料之后我才进行发电。Krüger 总结："这是先蓄能，后发电"。但是风能和光伏发电因波动性和不稳定性而无法实施人为控制，所以无法按需发电。然而，抽水蓄能电站可储存风能和光伏发电产生的电能，然后在电网有需求时释放存储的"绿色"电能。从这点来看，抽水蓄能电站的蓄能方式可完全可以替代化石能源储存，同时更能进一步提高可再生能源的比重。因此，本次能源转型改变了"先蓄能、后发电"的传统顺序。

"几年前，我们需要花上两到三分钟才能为电网通电。现如今，我们能够在一分钟内提供最大电力。"

福伊特水电发电机组专家支持部门主管, **Jiri Koutnik**

自 20 世纪初投入使用以来，抽水蓄能仅仅只是补偿峰值负载的蓄能方式。然而，随着风能和太阳能在全球许多国家发挥着日益重要的作用，抽水蓄能高度的灵活性和快速反应的优势逐渐显现，其保障电网稳定性的潜能也备受关注。

风能和太阳能或许比煤炭与核能更为环保，但其发电过程完全"听天由命"，无法实施人为调节，因而显得"缺乏保障"。它们有时可产生大量电能，有时却处于停工状态。

Krüger 解释说："电网依赖于可靠的有效容量。光伏发电的问题在于即使装机容量达到数千兆瓦，其可靠的有效容量也几乎为零。而风力发电的有效容量仅为 1% 左右。"以 2013 年为例，光伏发电受到突如其来的大雾天气影响，导致德国东部地区突然出现 8 GW 的供电缺口。"在这种紧急关头，您需要启用一套快速、灵活的预案，以弥补用电缺口或储存过剩电能，否则电网将无法平稳运行并最终导致供电中断。"

过去，抽水蓄能电站有明确的开启和关闭时间，每天仅需在水泵和水轮机模式之间切换几次便可平衡电网。但随着基础设施的改变，用电量的上升和灵活调控的需求，抽水蓄能电站技术得到进一步发展。福伊特水电发电机组专家支持部门主管 Jiri Koutnik 说："现在我们每天进行七、八次抽水，缩短了每次抽水的时间。因此，机组运行工况转换的速度必须加快，设备本身也必须更加持久耐用"。谈及三机技术机组，Koutnik 这样说道："几年前，我们需要两到三分钟才能为电网通电。现如今，我们在一分钟内就能使电网满负荷运行。"

在抽水蓄能电站的众多优势中，**快速启动无疑是最令人瞩目的**。抽水蓄能电站能够在停电的情况下无电源启动电网（也称"黑启动"）。"水电站的启动过程很简单，只需少许电量打开闸门或阀门并让电机转子磁化即可。然后，水电

1 中国泰安：位于中国、日本、德国的三家福伊特水电公司为该抽水蓄能电站提供设备。
2 奥地利 Reisseck-II：奥地利福伊特为这座位于阿尔卑斯山的水电站提供了两台转轮，福伊特员工正在对其中一台进行检查。

机转子迅速产生大量电力，可重启化石燃料电厂或核电站。”Krueger 如是说。抽水蓄能技术虽已十分成熟，但仍有精益求精的空间。最近，福伊特在变速技术领域取得重大进展。众所周知，风电虽也是可再生能源，但风电场的输出功 ▷

德国及其能源转型计划

德国树立了远大的发展目标：
计划于 2022 年之前逐步淘汰核能。预计到 2050 年，国内 80% 的电力将来自可再生资源。

受福伊特水电委托，亚琛工业大学近期开展了一项研究。结果显示，若使用抽水蓄能，德国到 2050 年可节省的可再生电力达 50 亿千瓦时（TWh）。但正如德国能源署（dena）首席执行官 Stephan Kohler 所言，要实现这一点，德国仍需付出很大努力。“在当前经济结构下，德国不会对抽水蓄能进行重大投资。这是因为抽水蓄能尚未给电网带来充分的利益回馈，对此有必要出台措施，鼓励社会进行高效的能源存储。德国能源署携手福伊特及业内其它杰出合作伙伴推出“抽水蓄能电站——能源转型好搭档”平台，旨在解决相关问题。Kohler 补充道：“我们必须记住，抽水蓄能是一项长期投资。并且，其规划期和施工期长达 10-20 年，摊还期长达 60 年。因此，德国如需大幅扩充抽水蓄能的规模，就必须即刻实施改变。我们要抢占先机，在其它国家竞相发展可再生能源之时，德国的抽水蓄能技术就能引领市场。” //

抽水蓄能水电站相关**链接**

www.pumpspeicher.info
德国能源署平台：抽水蓄能——能源转型好搭档（仅限德国）。

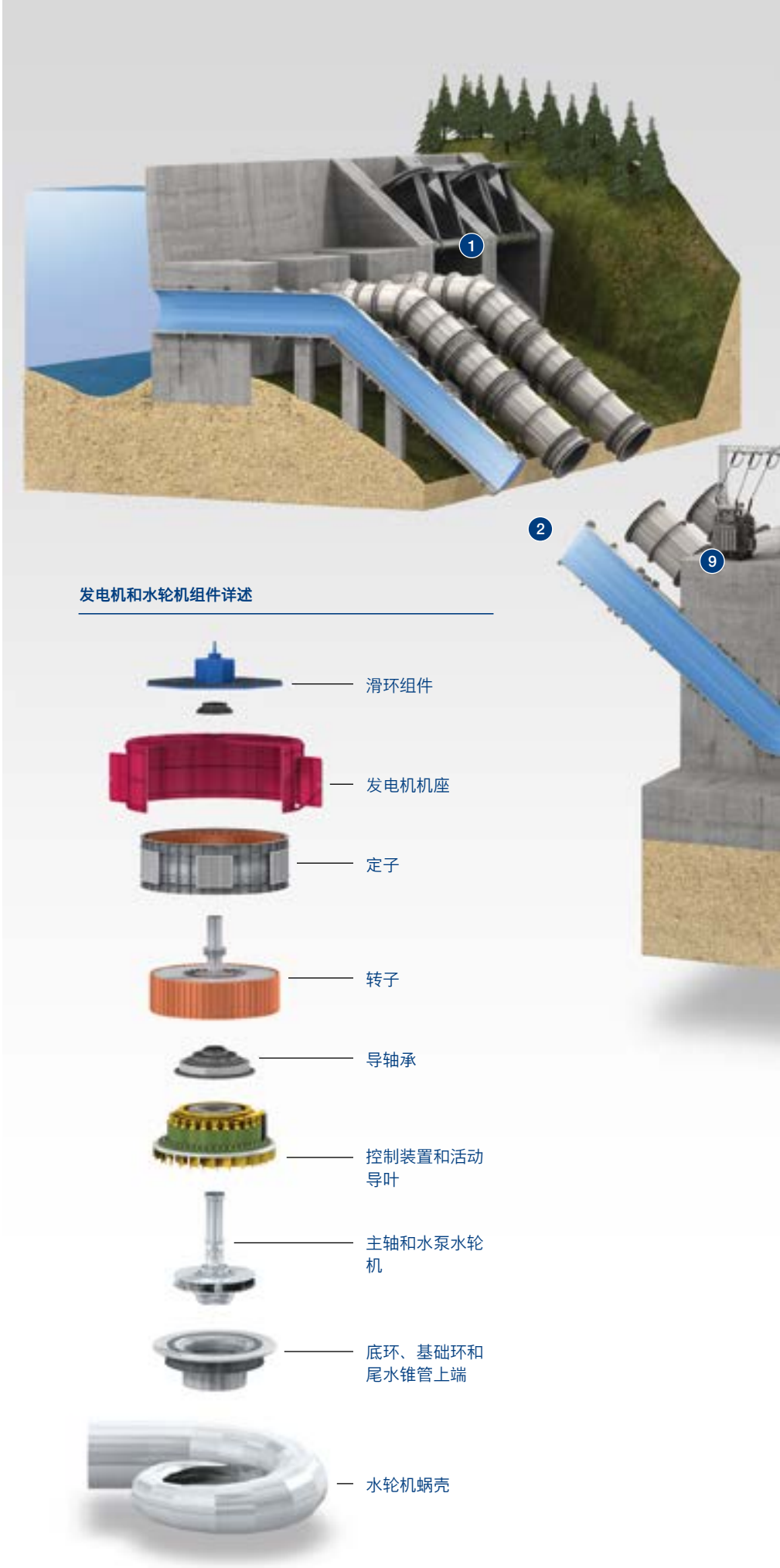
www.wasserkraft.info
如何使用抽水蓄能在能源转型期间及未来为可再生能源提供支持。

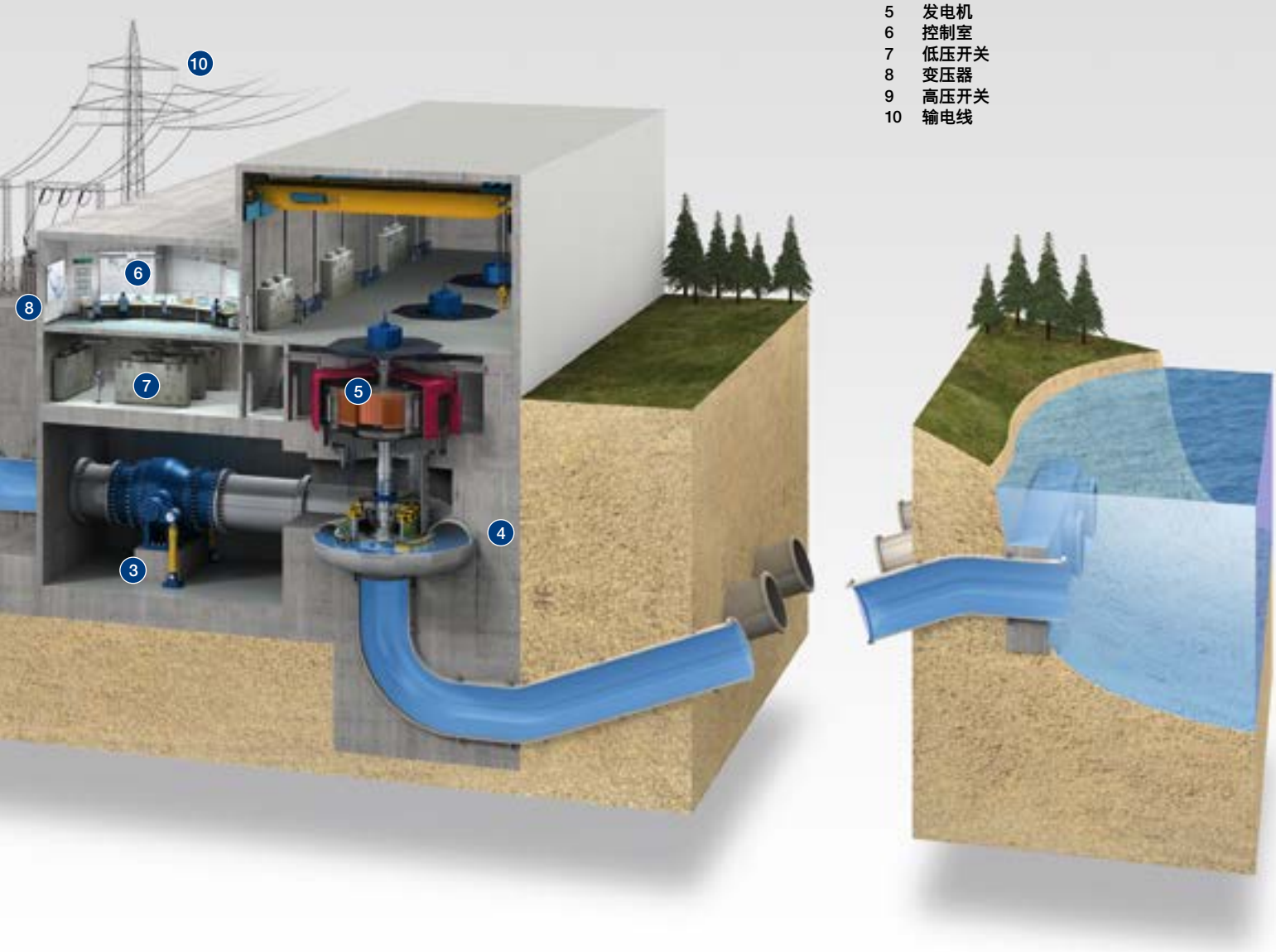
www.voith.com/psp
福伊特水电抽水蓄能产品和服务概览。

▷ 率有着不稳定性的缺点。安装于 Frades II 电站（请参见第 18 页）。福伊特水电公司发电机技术副总裁 Thomas Hildinger 指出：“传统水泵水轮机只能以单一速度运行，而采用双馈异步电动发电机组可改变机组转速，这不仅能加强对电网的控制、使电网更加稳定，更是提高了运行灵活性和电站效率”。

位于奥地利的 Kops II 电站是福伊特水电创新技术的又一典范。 Kops II 抽水蓄能电站采用三机系统，由一台电动发电机组、独立的水轮机和水泵构成。借助福伊特独家开发的液压离合器，只需几秒就能完成水轮机和水泵间的切换。Koutnik 表示：“您也可同时运行水轮机和泵机组，形成水力短路，从而达到调控泵功率的目的。因此，即便使用固定速率发电机，也能大幅提高效率和灵活性，达到类似变速发电机的效果”。数据是最好的证明，Kops II 能够在短短数秒内向电网提供高达 525 MW 的峰值能量，或将电网中 450 MW 电能储存起来。

还是聚焦奥地利，Limberg II 电站采用了我们的可逆固定速率水泵水轮机，支持超大运行范围的范例。两台 240 MW 可逆水泵水轮机这座地处奥地利阿尔卑斯山脉的电站供电，它们可双向运行，而且，根据旋转方向的不同，能够作为水泵或水轮机运行：既节约空间，又节省资金的解决方案。而其中最特殊的功能，就是电站的大水头变幅。在 Limberg II，水轮机或水泵的水头/扬程在 288 和 436 米之间，这是为了满足该水库 8000 万立方米的超大容量。





抽水蓄能水电站的结构剖析

一个典型电站及其所有组成部分的内在构造：

1 总闸门
2 压力水管
3 切断阀
4 水轮机/水泵水轮机
5 发电机
6 控制室
7 低压开关
8 变压器
9 高压开关
10 输电线

Koutnik 表示，并非所有电站都需要对电网进行精准的管理与控制，各国选择抽水蓄能，也是出于不同的考虑：在拥有大量火力发电站和核电站的中国，抽水蓄能可快速应对多变的供电需求；而在停电被视为家常便饭的印度，保证电网的稳定性可谓当务之急，因此福伊特正在升级 Bhira 电站的发电技术。在泰国，福伊特刚刚获得了拉姆达贡 Lam Ta Khong 抽水蓄能电站订购全套机电设备的订单。另外，随着欧洲和美国加大了风能及太阳能的使用力度，未来电网稳定性问题越来越受到重视，Krüger 相信对于抽水储能的需求肯定会不断增加。“很简单，必须增加蓄能容量才能扩大不稳定能源的使用规模，否则工业生产和家庭生活都会遭遇频繁断电的困扰。” //

抽水蓄能访谈

Heike Bergmann 畅谈**抽水蓄能的强大潜能。**

Heike Bergmann，福伊特水电德国海德海姆公司管理委员会成员，多年来一直就职于能源行业。凭借丰富的经验，她确信具备多元化功能的抽水蓄能电站，将推动可再生能源成为能源系统的主流。

今后，能源系统将经历巨大变化，请问您认为抽水蓄能电站将扮演怎样的角色？

在全球很多地区，风能和太阳能等可再生能源的比重不断提高。但是，它们在发电过程中存在波动性，因此能源系统将需要配置更多的抽水蓄能电站以稳定电网。抽水蓄能电站将储能、可靠性和灵活性融于一身，是名副其实的多功能电站。当能量过剩时，它可存储多余的风能和太阳能发电量，防止能源的浪费。即使所有火电厂都停工，抽水蓄能电站依然能以“负值功率”吸收并存储多余电能。数小时后，抽水蓄能电站能够在电网需要之时，迅速将此“绿色”电力输送到电网。因此，风力发电站和太阳能发电站完全无需节流 – 电网也更加稳定。

抽水蓄能电站与火电厂相比，成本如何？

很难直接将矿物能源电站与抽水蓄能电站相比较，因为它们担任不同角色。有人认为，抽水蓄能电站的投资成本分摊为每千瓦 1,350 欧元左右，而燃煤电站则约为每千瓦 1,300 欧元。但是，抽水蓄能电站的生命周期是 60 到 80 年，甚至更久，但传统电站的寿命仅为 30 到 40 年。两相比较，燃煤电站的投资成本大约是抽水蓄能电站的一倍。此外，抽水蓄能电站没有燃料或认证方面的开支。

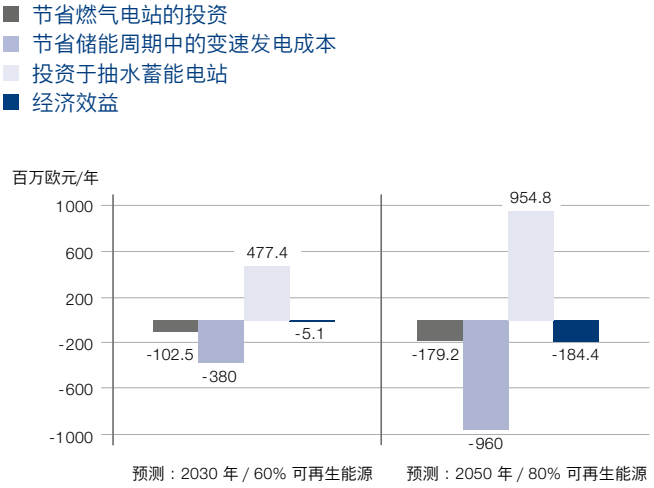
除抽水蓄能外，电池也是一种储能形式，请问您对电池有什么看法？

电池的储能成本远比抽水蓄能昂贵，这种状况在今后仍不会发生改变。锂离子电池的储能成本至少为每千瓦时 600 欧元，而抽水蓄能电站的储能成本则不会超过每千瓦时 50 欧元，如果电站占有地理优势则成本会更低。此外，与抽水蓄能相比，电池能够支持的充电次数也少得多。

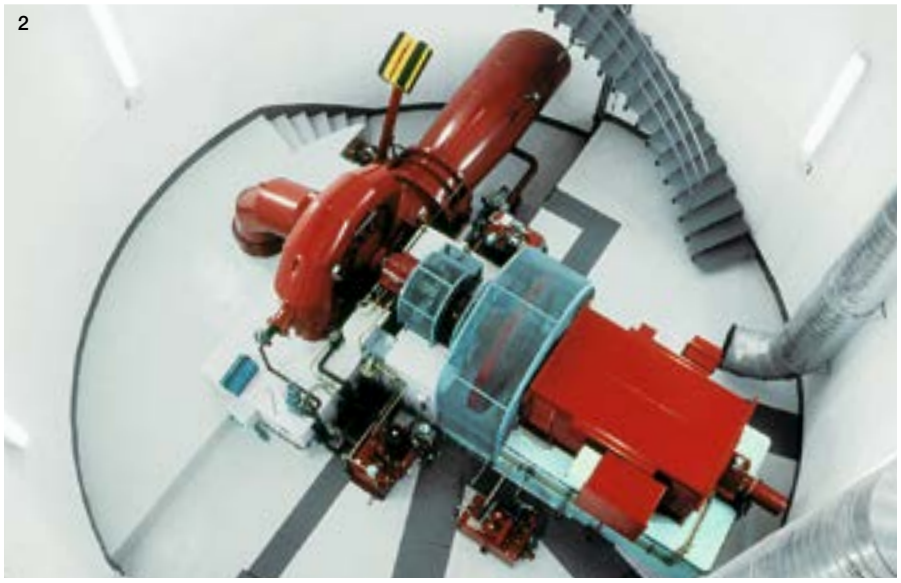
福伊特水电德国分公司已委任亚琛工业大学开展一项研究，分析抽水蓄能电站对于德国“能源转型”的贡献。请问，这项研究取得了怎样的成果？

研究表明，抽水蓄能电站将为德国“能源转型”，亦即能源系统转向可再生能源作出突出贡献。该项调查认为，从现在到 2030 年，如果利用抽水蓄能电站，德国约 70% 的风能和太阳能剩余能量都将得到充分利用，大大节省因发电节流导致的能源损失。按照这一假设，到 2030 年，全部抽水蓄能设施所节省的可再生能源将高达 60 亿千瓦时（TWh），到 2050 年，这一数字可达 176 亿千瓦时（TWh）。抽水蓄能电站是一种高效而经济的模式，可为能源系统注入灵活性，减少可再生能源的浪费，同时也可降低燃气电站的建设需求。不仅如此，抽水蓄能电站的广泛使用可降低燃料成本，提高现有传统电站的利用率，用电价格也将更加趋于稳定。//

每年节约数百万欧元的发电成本



资料来源：德国亚琛工业大学电力系统和电力经济学院：*“通过抽水蓄能支持德国能源转型：提高经济可行性和供电可靠性”*



1 盖尔多夫电站直接将抽水蓄能机组联网到现场的风力发电机组系统中。
2 抽水蓄能电站内部

如需了解更多信息（德国国内），
请访问：www.naturstromspeicher.de

强强组合：风电和抽水蓄能

优秀的可再生能源创新项目，按需利用抽水储能。

在德国巴登-符腾堡州的一座新建电站，抽水蓄能与风能发电完美结合，相得益彰，**成为这一领域首开先河的创举。**

福伊特将为高度创新的盖尔多夫试点项目提供设备，并由擅长自然力储能的德国公司 Naturstromspeicher 主持开展。这个正在建设中的项目，开创性地将风能发电与抽水蓄能相互结合。在盖尔多夫，下游的天然水库为上游四个水库供水，同时，四台风力发电机塔架直接将这四个上游水库纳入本身结构之中。建成后，每台塔架的风机轮毂高 178 米，单台风机发电容量达 5 MW。Naturstromspeicher 的主管 Alexander Schechner 表示，因为风机轮毂高度提高，结合了风能发电与抽水蓄能的双机系统与传统风力发电相比，发电量高出 20%。此外，鉴于可再生能源具有多变性的特点，近年来对于更为灵活高效的储能需求也在不断增长、吸引更多关注。

Schechner 表示，自然环境和物理空间是可再生能源面临的**主要限制**。因此，本项目率先尝试将水库纳入风力发电机结构，标志着电站项目开始着眼于高效合理利用土地资源。生态足迹是能源行业的另一关注重点。Schechner 称，下一个技术阶段将是使用软质聚乙烯塑料制造压力水管，并敷设于现有道路中。“森林中到处是自然形成的小径和布局。普通管道都是笔直穿过，必须砍树为它们让路。但是，我们则在适当的地方将管道弯曲，以顺应自然界本有的格局，减少对于环境的影响。”

Schechner 希望盖尔多夫试点项目可以鼓励人们采用更加多样化、更加灵活的方法来利用可再生能源。比如，小型电站拥有易于安装、便于控制和灵活高等优势。而大型电站则可通过增加发电量以提高成本效率。地理环境可最有力地确定部署哪种类型的项目。Schechner 表示，通过拓宽可选技术范围，水电行业能够增加可再生能源发电量，提高运行效率。//

1

隐形电站

全新抽水蓄能电站 Reisseck II 在阿尔卑斯山脉的环抱之中，拥有出众的**环保储电能力**。

身处崇山峻岭之中，俯视奥地利南部 Mölltal 风景如画的山谷，250 位具有丰富技术经验的专家正在辛勤工作。通过挖掘与爆破，一个错综复杂的地下隧道与洞穴网络已经成形，工作人员正在其中安装现代化的水力发电设备。中央山洞宽 25 米、长 58 米、高 43 米，探照灯下，工程师正在安装机械设备。虽然初看之下，这很像军事堡垒或者詹姆斯•邦德电影中反派人物藏身的地下巢穴，但事实上，它是欧洲最先进、功能最强大的水力发电设施之一，福伊特工程师目前正在安装两台可逆式水泵水轮机，每台输出功率 215 MW。

默尔河谷（Mölltal）是有着悠久历史的水力发电之乡，1948 到 1961 年间，Reisseck-Kreuzeck 电站在此建成。1978 年，马其他发电体系完工，它们各自拥有独立的水库、发电机与独立液压系统。随着 Reisseck II 今年投入

1 在机械设备的控制装置上进行安装作业。
2 福伊特工程师在山洞中讨论接下来的后续事宜。
3 Rottau 电站和 Rottau 水库与 Reisseck-Malta 发电系统相连。

观看 Reisseck 相关视频（德文），网址为：
www.verbund.com/pp/de/pumpspeicherkraftwerk/reisseck-2

运行，奥地利能源供应商 VERBUND 已将上世纪建成的这两个发电系统更新换代，成为适应 21 世纪的新电站。福伊特水电项目经理 Martin Nussmüller 表示："新电站将连接过去的两个独立电站机组。但不必另行新建水库和大坝，另外，现有电站的一部分压力钢管仍可沿用。通过连接这两个机组，只需相对较小的投入，整体发电量就能提高 40% 以上。"

为了最大限度地提高新电站的发电量，VERBUND 需要安装市场上最高效、性能最出众的水轮机。Nussmüller 表示："福伊特水电在模拟水轮机验收试验期间，向我们展示了出色的效率，这也是我们签约福伊特的原因之一。水轮机的转轮虽小却具有超高功率密度，这说明它拥有不凡输出功率。"水轮机蜗壳完全采用不锈钢材料，配备一个基础环和一体式锻造的座环。它们在福伊特水电位于圣帕尔滕的工厂全面组装，作为单一小型机组交货。"福伊特近几年来在奥地利完成了大量抽水蓄能项目，从中积累了丰富的知识与经验，可使我们这个项目受益良多。"

可再生能源之风正在席卷全欧洲。但这并不是建设更多太阳能电站和风电场那么简单，因为绿色能源的发电量可能极不规律，如果不采取其它措施，可能会使电网无法平稳运行。Reisseck II 等抽水蓄能电站能很好地化解这个问题。Nussmüller 表示："这种电站旨在调节电网、补偿能源峰值，为风力发电站和太阳能发电站提供储能，并出色应对不断变化用电需求。"安装的两台水轮机都是可逆的，既能用作水泵，也可用作发电机，储存多余电能或者按需发电。现代化的系统必须能够对电网中发生的变化作出快速响应。"正因为此，该电站的一个特点，就是能够快速响应电网中的负载变化，它能够几乎瞬时储存并释放庞大电量，相当于一个有 200 个风机运行的风电场的发电量。"藉此，电网稳定性大幅提升，奥地利甚至周边国家的消费者能从中受益。

Reisseck II 电站将于2015年并网发电，届时山洞将密封，工程现场也将清理完毕。本项目没有额外新建一座水库和大坝，一条通向电站的全新道路，见证这个隐形的电站如何将上世纪的 Reisseck-Malta 发电系统转变为欧洲最优秀的水电站之一。//

奥地利的水力发电

在奥地利的所有可再生能源发电中，水力发电的比例占约 63%。

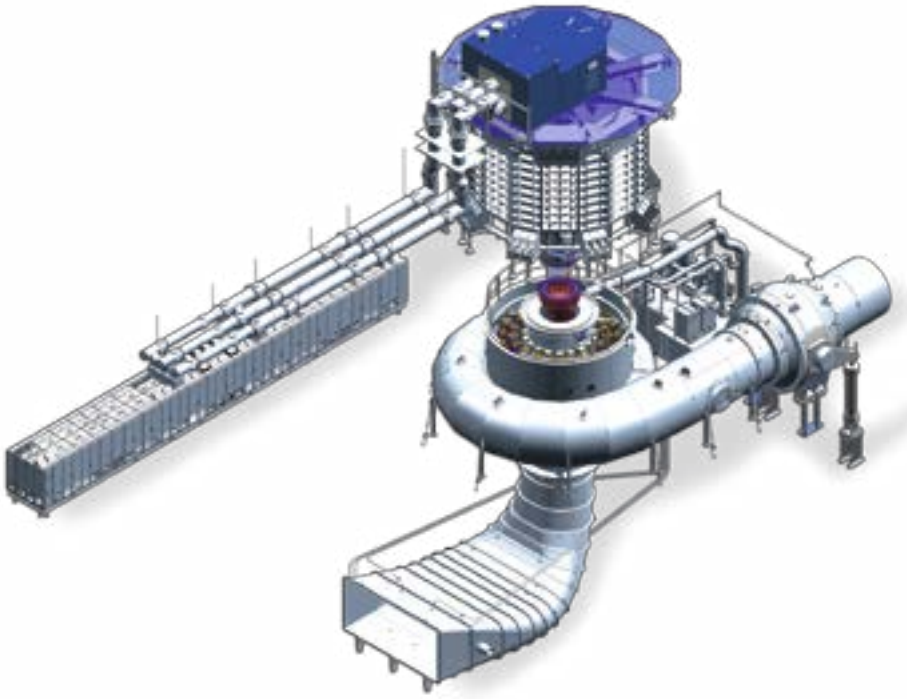
技术飞跃

福伊特为**葡萄牙 Frades II** 电站提供全新可信技术。

一个多世纪以来，**抽水蓄能电站**一直是我们发电领域的重要组成部分。近年来，它们的重要性与日俱增，在向可再生能源的转型过程中扮演关键角色。但是，除了不断提高效率与改进性能外，其中的核心技术并未发生过根本性的改变。而现在，这一切将会不同。福伊特水电的工程师正在葡萄牙西北部的 Frades II 电站安装两台 390 MW 变速可逆式水泵水轮机。这个规模庞大的抽水蓄能电站并非独立存在：它是当前 8 个电站串联系统 Cávado-Rabagão-Homem 的重要成员。

Frades II 是在欧洲建设的第三个此类电站，2015 年并网后，它将成为欧洲最大的变速抽水蓄能电站。未来将是变速技术大行其道的时代。

福伊特水电德国海德海姆公司项目经理 Wieland Mattern 称："**电站的核心部件**是一款特别的异步电动发电机组：DFIM，即双馈感应式电机。与始终以 50 Hz 电网频率、固定速度运行的传统同步电机不同，在全新 DFIM 电机中，电机旋转速度与电网频率不再关联，且可灵活变化。"藉此，电站可从两方面获益。首先：新系统能够快速、灵活地应对电网的实时需求。传统设施在电动机和发电机两个模式下，都只能选择运行或关闭，而新电机能够在给定速度范围内，以任意速度运行，满足电网的当前需求。这种特点是项目投标时的重要砝码，在其它市场中也将越来越得到重视。其次：变速电机能够在电压下降时提高电网稳定性，降低断电风险，与传统的定速水轮机相比，它能在断电之后让系统更快地恢复运行。



变速水轮机提高灵活性： Frades II 机组的 3D 模型。

部署一个如此规模的变速电动发电机组，是一项充满挑战的任务。Mattern 介绍："我们摒弃了同步电动发电机组在转子磁轭上安装凸极的做法，而是采用全新设计，为 Frades 转子采用三相条形绕组，类似于定子中常常采用的绕组。但与定子中的静止绕组不同，转子中的绕组以约 375 rpm 的转速旋转，受高离心力作用。"除此之外，变速发电机的转子由一个功能强大的变频器供电，因而电压与电流都比传统同步电机高出很多。该变频器的功率高出同类型固定速度电机 25 倍，所以体积更大也更沉重。福伊特水电研发中心副总裁 Thomas Hildinger 表示："上述因素让我们有必要对转子设计进行大刀阔斧的改革，因此这

次项目有点类似于新品开发。”不仅如此，福伊特水电还研发了一个全新电气保护系统。“新变频器的速度比传统款快很多，因此必须调整保护系统以满足不断提高的需求。” Thomas Hildinger 特别指出。

通过本次技术创新，新电站可以使电网运行更加稳定可靠。在改善性能的研究过程中，微小的改变也能得到巨大的收益。电力部专家支持中心负责人 Jiri Koutnik 博士解释道：“如果电压下跌额定电压的 5%，普通定速机组能够保持 150 毫秒的稳定，随后就必须与电网断开，重新同步后才能再次连接电网。这大约需要一分钟的时间。而 Frades II 电站中的水轮机则能在 600 毫秒内保持稳定。”乍听之下这似乎并不让人感到惊喜，但这个进步却有着非凡的实用价值。Hildinger 称：“有了这 600 毫秒，电网就能维持正常运作，大规模的停电也许就能避免。”//

葡萄牙水力发电

在葡萄牙的所有可再生能源发电中，水力发电的比例接近 42%。

在预装配车间新开发的半自动堆叠平台上，处理转子轮毂，之后开始层压捆绑。

全球项目

全球合作，鼎力建设**非洲特大型**抽水蓄能电站。

当世界各地的福伊特专家通力合作时，灵感的火花和耀眼的成就会令世人瞩目。夸祖鲁-纳塔尔省地区位于南非东部，邻近雷地史密斯（Ladysmith）小镇，这里烈日高悬，一派开阔的乡村风光，而福伊特专家们的杰作 Ingula 抽水蓄能电站就矗立于此。这是非洲有史以来最大的水电站之一，它的部分结构隐藏于炙热的地面之下。

海德海姆福伊特水电项目经理 Markus Müller 指出，这个工程浩大的项目早在二十世纪八十年代便开始规划。“选址时，我们在考虑了近 20 处地点，最终选择了 Ingula。”三十年后，随着该项目接近尾声，每小时设计发电量为 1,368 MW。正如福伊特富士水电项目副经理 Akihisa Hirata 所述，该抽水蓄能电站将为“整个南非提供源源不断的能源。”

Müller 和 Hirata 的贡献表明国际合作举足轻重，是该项目取得成功的关键。毋庸置疑，福伊特在 Ingula 抽水蓄能电站项目中发挥了广泛作用，有目共睹，福伊特整合了旗下四大公司（德国海德海姆、美国纽约、巴西圣保罗和中国上海）的资源，四大公司分别以各自的方式贡献自己的力量，确保该项目终成正果。例如，海德海姆福伊特水电负责与四台水泵水轮机、主进水阀、监控和数据采集（SCADA）系统以及机电配套设备相关的主要工作。正如 Müller 所言：“这需要将工作分包给福伊特在全球各地的多家分公司。”因此，他将其形容为“名副其实的全球项目”。

另一位重要的合作伙伴是 Hirata 领衔的福伊特分公司——日本福伊特富士水电。在福伊特水电全球网络中，该公司负责建造四台 373 MVA 电动发电机，据 Hirata 所言，这是“有史以来我们所提供的最大的电动发电机。”除

1 风景秀丽的 Ingula 抽水蓄能电站鸟瞰图。
2 全球多个福伊特站点通力合作，确保该电站工作顺利完成。

了携手开展 Ingula 项目外，Müller 和 Hirata 还通过共同参与福伊特水电管理层培训计划增进了解，掌握可在当前及今后项目中一试身手的应用技术。该计划再次证明了福伊特的全球机制及发展理念。

福伊特集团所属公司——位于德国拜罗伊特的福伊特造纸也有幸参与 Ingula 项目。2011 年，该公司应邀为 Ingula 项目提供采暖、通风以及空调系统。

从技术层面而言，这类抽水蓄能电站的运行方式并非首创，但新颖之处在于其能够将夜间或可再生能源产生的多余能量储存在上游的贝德福德水库，并往下游的 Bramhoek 水库排水，以便在需要时为电网供电。借助这种行之有效的技术，Ingula 电站将为南非东部地区的电网稳定做出重大贡献。

Ingula 电站四周自然环境怡人，风景秀丽。在项目施工与规划时，环境问题也纳入考虑范围。专家们将大量工程安置于地下，最大限度地保全了当地的山川风物。

Müller 表示，除电站外，在地表之下完成大量装置和设备的集成工作同样具有重大意义。“与完全矗立于地表之上的电站相比，拥有地下结构的电站对环境的影响要小得多。”我们很欣喜，因为如此庞大的工程项目对整个环境几乎没有影响，而且南非鸟盟（Birdlife South Africa）在内的各种野生动物协会以及专业环保人士共同考察后，证实我们的确严格遵守环保法规。

从最初的规划与准备到如今即将竣工，Ingula 电站项目历时 30 余年。依托来自世界各地、各个领域的大批福伊特员工的专业智慧与技能，Ingula 抽水蓄能电站必将为满足 21 世纪南非迅速增长的能源需求做出杰出贡献。//

南非水电发展一瞥

南非可再生能源总量的 70% 来自水电技术。

适应与发展

为美国一座长期运行的抽水蓄能水电站**延长使用寿命**。

在意义非凡的生日庆典上，有什么礼物会比延年益寿更有价值呢？明年是美国电力公司（AEP）史密斯山工程建成 50 周年，延长其使用寿命正是福伊特献上的一份厚礼。由美国电力公司下属子公司阿巴拉契亚电力公司运营的史密斯山项目是美国弗吉尼亚州罗诺克河上一座具有重要战略价值的抽水蓄能电站。该项目于 1964 年竣工，建有两座水坝和水库。1966 年，水库水位攀升至正常的满库水位，便形成了一个周长 600 英里，占地面积 25,000 英亩的巨大的人工湖。几十年来，电站为当地民生输送了源源不断的电力，而这项工程形成的湖泊和水道景色宜人，备受居民及游客青睐。

运行期长，用途广泛

据美国宾州约克福伊特水电的服务销售经理 Greg Snyder 解释，史密斯山工程是美国开发的首批辅助性抽水蓄能设施之一，旨在配合美国新兴核能工业的发展。为了提高安全系数，通常禁止对核电站进行负荷跟踪。起初，开发史密斯山工程的主要目的是建成一座传统型抽水蓄能发电站。如今，该设施不仅以传统电站的方式配合美国电力公司麾下的核电站及火电站（以煤和天然气为燃料）的发展，还有助于提升太阳能、风能等可再生能源的价值。美国抽水蓄能水电产业起步至今，福伊特已为抽水蓄能水电技术在美国全面发展立

1

下了汗马功劳，多年来福伊特或是直接开办公司，或是兼并收购，逐渐在美国市场崭露头角，其中阿利斯-查默斯公司（Allis-Chalmers）、S. Morgan Smith 公司、西屋电气公司便是典型，福伊特还与西门子成立合资公司。这些公司实力雄厚，特有的专业信息库让福伊特得以对美国水电市场有了全面深入的了解，并吸收整合了原始设备制造商（OEM）相关知识和专业技能。

运行半个世纪之久的史密斯山工程拥有三台抽水蓄能机组和两台常规水轮发电机组（美国其它水电站也有传统机组与抽水蓄能机组并存的现象）。位于约克的福伊特水电（VHY）应邀对该电站的电动发电机进行整修，以延长其使用寿命。同时，加拿大米西索加的福伊特水电还对两台传统发电机的定子线圈进行了重绕。近期，约克福伊特水电对电站的三号机组的转子磁轭热套进行了保养，包括重新校准以延长机组使用寿命。据悉，三号机组的规模在该电站中名列第一。

2

1 史密斯山（Smith Mountain）水电站的两座水坝之一。
2 注入史密斯山的水道成为当地居民的游乐场。

相互信任，毫无保留

Snyder表示："随着各项工作圆满地落下帷幕，电站的所有者、经营者与福伊特之间建立了高度的信任感，相互尊重，坦诚相待。"福伊特不但拥有广泛、卓越的专业知识与技能，而且从不计较工作范围，甘愿付出额外努力以确保客户满意，这得到了美国电力公司的高度赞赏。

美国电力公司能源维护主管 Jim Thrasher 兴致盎然地讲述了福伊特如何解决最初测试阶段涌现的各种难题。他感慨道："福伊特设备性能可靠，服务质量卓越，远高于我们的预期，整个工程项目竣工落成后，不仅超越了合同条款的规定，也大大超出了我们的期望值。"

"我们发现第二台机组原有的转子磁极损坏严重。关于修复该机组的附加成本，福伊特对我们坦诚相告，公开透明，没有丝毫隐瞒。由于工程进度非常紧迫，他们还将我们的迫切要求告知整个团队及所有转包商。福伊特享誉业界的服务品质在史密斯山工程项目中得到了充分验证。"

Thrasher 也自豪地谈及了三台抽水蓄能机组的情况。他说这些机组仍然是原来的机组，没有进行更新——这对于投入运行如此之久的抽水蓄能水电站而言无疑非比寻常。Thrasher 还透露："有人问我们打算何时更新这些机组，我们告诉他们当机组产生严重问题的时候就会着手更新，但至今尚未出现任何问题"。这些机组均由福伊特收购的阿利斯-查默斯公司负责制造。这充分证明：福伊特品质的确经得起时间检验。//

美国水电发展一瞥

美国水电装机容量位居世界第三——在美洲地区仅次于巴西。

跻身世界之最

福伊特提供水电设备，助力**提高中国可再生能源比重。**

中国已开始着手实施一项雄心勃勃的发展计划，旨在大幅提高可再生能源在整个能源结构中所在比例。抽水蓄能将构成这一宏伟计划中不可或缺的一环，为中国实现这一战略目标提供前有力的保障，至 2020 年中国整个能源结构中可再生资源将占 20%。国际能源署预计，到 2020 年中国国家电网抽水蓄能的总装机容量有望达到 54 GW。而目前，中国抽水蓄能的总装机容量只有约 19 GW。

距上海 750 公里之遥的江西洪屏，一座全新的抽水蓄能水电站正在紧锣密鼓地建设中，电站设备由福伊特负责提供，这是中国政府在可再生能源发展征程上迈出的重要一步。洪屏水电站将于 2015 年竣工，初期发展阶段发电量为 1,200 MW。电站全面建设成功后，发电量将翻一番，达到 2,400 MW——足以跻身全球最大的抽水蓄能电站之列。

宏大的工程规模是项目在实施过程中必须面对的一大挑战。此外，为满足客户需求，还需确保水力性能与运行

洪屏项目团队成员及运往洪屏电站的首个岔管。

稳定性之间的平衡。为此，工程师使用计算机模拟技术并进行模拟试验，不忽视任何细节，为该项目制定最佳技术解决方案，电站设备的设计和工程初见端倪。

模型验收试验于 2013 年 7 月顺利完成，成为该项目的重要里程碑：试验结果证明水力效率超出了保证值。这是福伊特以计算流体动力学分析为基础，实施了 100 多项优化措施予以改良之后取得的成果。

福伊特水电工程中心水泵水轮机开发部水力设计工程师 Danijel Anciger 透露："作为全球领先的抽水蓄能电站供应商，我们在洪屏项目的材料和设计方面取得的进展，以及在其它项目上获得的发展（如为葡萄牙 Frades II 级项目中的大型抽水蓄能电站所提供的异步发电机，详情请见第 18 页）进一步稳固了福伊特水电在业界的地位。"Danijel Anciger 还参与了洪屏电站的模型开发。

福伊特已收到中国最大的能源供应商——中国国家电网公司的订单，应邀为洪屏电站提供四台成套抽水蓄能机组，包括四台同步发电机、混流可逆式水泵水轮机、调速器、进水阀、励磁系统、自动化系统和电站辅助系统。每台机组容量为 300 MW。

洪屏项目**取得的进展**包括对数台水泵水轮机和发电电动机进行了优化改良：这些创新技术日后一定会用于福伊特的其他客户，在其它抽水蓄能电站项目中显露锋芒。

Anciger 表示，中国国家电网公司要求机组在水轮机工况启动时十分平稳，这需要量身定制转轮叶片形线。同时，客户对水力效率的要求非常高，以便尽可能从其存储能量中获得最大电力。

Anciger 还说："实现平稳启动往往会对水力效率造成一些损失，但客户希望两者兼得。通过使用精确测量设备并采用快速设计程序，将测量结果迅速反馈到模型设计，对水轮机进行重新设计，从而满足了客户的要求。"针对水泵水轮机的另一种创新方法则是在水泵和水轮机运行模式之间实现最佳平衡。

福伊特对发电电动机进行了优化，改装了发电机轴并将导向轴承的精度从 0.03 毫米提高至 0.015 毫米。上海福伊特水电执行副总裁兼生产总监 Helio Moino 透露，我们放弃了用螺栓连接两根短轴的工艺，而采用一体式单根焊接长轴，这项设计使得不少难题迎刃而解。Moino 负责制造和质量作业，包括生产洪屏电站的部件。

福伊特还使用新材料和空气导管重新设计了磁极。全新磁极采用自通风而非使用风机强制通风，优化了机组的通风系统，从而有助于冷却发电机。上海福伊特水电项目经理潘治斌（Pan Zhibin）称其既对福伊特为洪屏项目打造的全新设计感到骄傲，也为福伊特攻坚克难的能力而感到自豪。"抽水蓄能电站项目十分复杂。使用全新设计和材料对项目进行管理会面临重重挑战。德、中两国福伊特水电工程部、采购部和项目管理部精诚合作，不惧挑战，圆满完成了任务，给我留下了深刻的印象。"

福伊特采用跨领域方法，通过在初期召开项目大会和专家评审会议解决洪屏项目中遇到的技术难题。来自全球各个部门的福伊特专家齐聚上海，成立了水轮机、发电机、自动化系统、电站辅助系统、采购、制造、现场服务、物流、协调等领域的专门小组，展开密切合作。

Moino 表示："中国是推动世界经济增长的第一大国。我们在洪屏项目中大胆运用创新技术制定解决方案，让世人无不认同福伊特在维护中国电网稳定、提供清洁能源方面的重要贡献。" //

中国水电发展一瞥

中国是全球最大的水电市场，其水电装机容量几乎占全球总容量的四分之一。

伊费茨海姆水电站修复行动

福伊特水电带来“雪中送炭”般的维修工作——确保快速修复，避免进一步损伤。

法国阿尔萨斯地区的伊费茨海姆拦河大坝坐落于德、法两国交界处的莱茵河上，建于二十世纪七十年代后期，旨在更好地驾驭莱茵河湍急的河水，同时大坝内安装了径流式水力发电设施，将奔流不息的莱茵河水转化成电能造福万民。1976 年，福伊特为伊费茨海姆水电站的四台 28.3 MW 水轮机提供部件。如今，该水电站已成为德国同类型水电设备中的“巨无霸”。

2013 年 10 月，工程师在现场发现，四台转轮中有一台严重渗水。“当真是‘千里之堤溃于蚁穴’，”海德海姆福伊特水电销售经理 Alois Taglieber 感慨道。“偌大的转轮上即使一个小小的密封件遭受细微的损伤，也会导致大量渗漏。”与客户会面之后，福伊特工程师于去年 12 月开始着手更新受损转轮上的固定部件。

伊费茨海姆水电站的工作条件不甚理想。由于当初的设计原因，电站出入口较为狭小；但单个机器部件体积庞大，转轮室直径便有 5.9 米之巨。此外，由于许多机器部件都包裹在含有石棉的防腐油漆之中，因此安全问题也不容忽视。Taglieber 透露：“我们与客户的合作关系始终十分融洽而密切，确保达到最高安全标准。”最为棘手的是，作业难度无法预估，只有当工程师开始拆卸转轮的庞大部件时，整个工程的作业规模才浮出水面。Taglieber 继续解释：“我们马不停蹄地开展工作，拆卸轴承并执行常规的无损测试。这并非是因为我们觉得存在问题，而是为了确保电站在未来 40 年内能够持续平稳运行。测试结果显示推力轴承、转轮室及传动轴本身均已受到腐蚀，”。为此，我们需要拆除主轴，对其表面进行整修——这对一件重达 30 多吨的设备而言绝非易事。“为了拆除主轴，我们必须

1

1 莱茵河上的伊费茨海姆（Iffezheim）拦河大坝外景。
2 在福伊特车间进行维修的转轮室。
3 福伊特正在维修的机组内部设计

2

3

搭建脚手架和承载架构——置身施工现场宛如身处钢铁丛林”Taglieber 补充道。

得益于福伊特水电专家团队快速、灵活的介入，以及与客户的密切沟通及合作，目前修复工作进展顺利，发电机将于 2015 年 3 月之前恢复运行。伊费茨海姆水电站修复项目有力地证明了福伊特售后业务部门名不虚传，完全有能力提供解决方案避免进一步损伤，排除潜在停机风险，并于短期内全面恢复其运行能力。//

德国水电发展一瞥

德国设定了发展目标：到 2020 年，其 35% 的能源将来自可再生资源——包括水电资源。

多功能的小型水电站

凭借**创新解决方案和声誉卓著的高可靠性**，Kössler 成为小型水电领域的市场领袖。

最近，福伊特子公司 Kössler 成功地开展了两个项目，分别是：德国霍斯塔特水轮机和皮带传动装置升级项目，以及奥地利 Tröpolach 水电站新建项目。它们分别展现了 Kössler 在售后业务（AMB）和新建项目上的非凡表现，**诠释了** Kössler 对卓越品质的重视与保证。

为了给客户带来满意的服务体验，Kössler 将智能化售后服务理念作为核心运营方式。从霍斯塔特升级项目就可窥见其优良的作用。早在 1985 年，Kössler 曾主导霍斯塔特小型水电站建设项目。建成投产后的三十多年来，该电站一直保持高性能运行。由于 Kössler 良好的口碑，该电站在 2014 年初再次邀请 Kössler 负责电站设备升级项目，其中，对Kaplan A 型灯泡式水轮机和皮带传动装置进行升级最为引人注目。

Kössler 的售后服务主管 Kurt Schiep 解释道：“电站的核心——四叶片青铜转轮出现磨损，无法继续以最大功率运行。”该项目工期较短，一月开工，而电站在四月中旬就要再次投入运营。Kössler 派遣维修专家对叶片的外径进行焊补，同时调平转轮室；还插入免维修的箱式导轴套，以彻底检修活动导叶。重新建造的主水轮机引导轴承运行效果相当显著，“不仅如此，电站的输出功率也得到大幅提升”Schiep 如是说。

Schiep 解释道，客户不止是担心三十年前的技术略显过时，他们还将可持续发展能力视为企业理念。“电站升级项目已经竣工，今后三十年都无需升级”。他认为，这对该地区，特别是霍斯塔特镇的能源供应都是大好消息。

风景如画的 Tröpolach 地处奥地利的卡林西亚地区，**坐拥阿尔卑斯山的皑皑白雪，**并与艺术气息浓郁的意大利接壤。纳斯菲尔德滑道是这个滑雪之都的明珠，每年吸引着络绎不绝的游客前来观景和运动。Kössler 销售和规划负责人 Karl Wieder 认为，Tröpolach 的气候和周围环境十分适宜建造小型水电站，尤其

1 Tröpolach 新落成的小型水电站，以 Oselitzenbach 河的水流发电。
2 焕然一新：Kössler 修复了霍斯塔特的四叶转轮。

是“这里降雨充沛，Oselitzenbach 河在此奔流而过。”

为了让电站与优美的自然环境相与为一，Kössler 的设计人员将不同型号的水轮机（PV6i/1080/330）和发电机（PV4c/650/160）相互结合，取长补短。Wieder 表示，虽然它们不是最新设备，“但这是我们首次尝试将这两种型号的设备串联使用”。因此，电站的环保型水力发电量达到 16.5 GWh，足够保障 4,700 多户家庭的用电需求。另外，在这片美轮美奂的自然环境中，保护山川风物是非常重要的，因此本项目对于环保的要求很高。Wieder 表示，这里是冬季运动的胜地，“滑雪器材需消耗大量电能，因此这个电站将使本地区受益。”根据运营商 Kraftwerksgesellschaft Tröpolach GmbH 的计算，Tröpolach 水电站“减少了 6,811 吨的二氧化碳排放，以及 11.9 公斤放射性废弃物，缩小了奥地利的碳足迹”。

Kössler 在小型水电站建设领域积累了 80 多年的项目经验，这从霍斯塔特的升级项目和 Tröpolach 的建设项目中可见一斑。另外，小型水电站需求量庞大，福伊特水电将不断进取，勇攀高峰，为客户提供更为优秀的解决方案。//

技术先驱

德国第一个抽水蓄能电站，以及福伊特水电位于海德海姆的布鲁尼穆勒（Brunnen-mühle）研发中心，共同屹立了一个多世纪。

只有将发明和创意相互融合，才能诞生引领时代的创新技术。通常而言，它们都是开拓精神和敏锐预见，以及实际需求相结合的产物。位于福伊特水电海德海姆公司总部的德国第一个抽水蓄能电站，就很好地体现了这一点。当弗里德里希•福伊特 1908 年开始建设此电站时，一种对于当前高效储能至关重要的技术面世了，对此他功不可没。他可能从未想到，一个世纪后，在大力发展可再生能源发电的浪潮中，抽水储能电站会发挥如此关键的作用：高效存储绿色电能，实现灵活配电和可靠供电，并稳定电网运行。

在建设这个电站时，福伊特的目标是让它带来切实可见、立竿见影的效果。该电站的设计理念是将创新技术与市场需求完美融合——这是福伊特始终秉持的企业理念。该电站的作用是为布鲁尼穆勒（Brunnenmühle）研发中心供应科研所需的电能和水压，使之成为高压水轮机的开发与测试基地。另外，向尼亚加拉大瀑布水电站提供 12 台混流式水轮机的订单，也是促使我们下决心建设这一电站－因为这些混流式水轮机必须具备最高精确度，以提供最佳性能与最大转速。

1908 年夏天，在比布鲁尼穆勒研发中心大约高出 100 米的海德海姆城堡山顶，我们建起了一个蓄水池。这个蓄水池使用多级离心式水泵充水，水源来自附近的水井。这些水泵的电能，则来自 15 公里之外福伊特水电站兼测试中心，通过高压电线输送电能。整个系统的运行原理简单但独具匠心－即便从今天的眼光来看，依然如此。先是通过廉价、过剩的电能（大多数在夜间和周日提供），

布鲁尼穆勒蓄水池

直径：	36 米
深度：	8 米
容量：	8,000 立方米

用水泵将水抽到山上的蓄水池。到了白天，水池的水则奔流而下，泄入布鲁尼穆勒研发中心，带动那里的水轮机发电机组，为研发中心提供科研所需的用水和压力。这个巧妙的设计让水力机械成为了抽水蓄能电站。Brunnenmühle 是福伊特水电的第一个测试机构 – 这是公司历史上的一个重要里程碑。直至今日，它依然是我们的核心技术部门。此外，在位于上海、约克、诺伊达、圣保罗和韦斯特罗斯的能力中心的支持下，它已成为福伊特水电全球研发工作的核心机构。

今天，德国首个抽水蓄能电站的**蓄水池**依然存在，并与水轮机、发电机、水泵以及其它设备一起，被列为历史地标。历史地标的说明这样写道："符腾堡〔海德海姆所在地〕的所有抽水蓄能设施在开发此技术的过程中起着先驱作用，而且这是全球首个抽水蓄能电站"——确立了福伊特在抽水蓄能电站历史中的重要地位。

1908 年时，福伊特可能并未意识到，该电站的运行原理在一个多世纪后仍然如此重要。而现在，抽水蓄能技术已在全球证明，它是最为经济高效的大规模储能解决方案。另外，随着全球电网中，越来越多地使用输出电量持续波动的可再生能源发电，抽水蓄能电站再次焕发新颜，起到更重要的作用。//

1

2

1 开始建设 8 米深的蓄水池。
2 海德海姆地区山顶上已经完工且蓄满水的蓄水池。

缔造辉煌未来

福伊特水电上海公司二十载风华卓行，关注水力发电，开创美好未来。

上海车间中，
工人们正在生
产水轮机。

福源伊始 二十载风华卓行
Together, Moving Forward for a Reliable Future

1910

福伊特提供水轮机和发电机，参与建设了中国第一个水电站——石龙坝水电站。

1994

上海福伊特水电设备有限公司（SHEC）成立——这是一家由福伊特、西门子和上海电气集团共同组建的合资公司。

福伊特为全球最大的抽水储能电站之一的广州二级抽水储能电站，提供了四台发电能力为300 MW 的水泵水轮机和电动发电机。

2004

全世界最大的水电站，三峡大坝水电站，共有三十二台 700 MW 发电机组，其中第一台出自福伊特之手，这也是当时同类机组中规模最大的一台。

2007

福伊特有幸为锦屏二级水电站提供了八台 610 MW 混流式水轮机——这是目前中国的最高水头水轮机。

今年 11 月，**福伊特水电上海公司**（VHS）将迎来二十周年华诞。二十年弹指一挥间，福伊特在中国水力发电和可再生能源发展领域不断开拓创新，与时俱进，令世人瞩目。福伊特与中国的不解之缘始于 1910 年，福伊特为当时大清帝国的第一个水电站——云南石龙坝水电站建造水轮机。

在一个多世纪与中国合作的过程中，福伊特成绩斐然，不胜枚举，为一个又一个里程碑式的项目提供的高品质设备与服务有目共睹，如 1967 年的河北岗南水电站，中国第一个抽水储能项目；以及 1983 年的云南鲁布革水电站，这是中国第一个向外国承包商开放、由世界银行资助的水电站项目。

自从 1994 年与上海电气集团合资成立 VHS 以来，**业务飞速发展**。VHS 凭借卓越的整体实力，源源不断地为中国水力发电行业提供本地化设计、工程与生产，备受业界关注，曾为三峡工程等许多大型项目的主要供应商。VHS 旗下有 600 位员工在各个岗位不辞辛劳地工作，其中 99% 都是中国本土员工，VHS已成为福伊特水电全球第二大生产基地。VHS 管理委员会主席 Martin Andrä 表示，本土化是公司成功的关键。“我们在设计、工程、生产、项目管理和现场服务等所有业务领域，都尽量实现本土化，从而提高了 VHS 在中国和东南亚市场中的竞争力。地缘优势与文化上的相近性大有裨益，让我们从中受益匪浅。”

福伊特水电国际研发中心是一个由全球各地人才中心构成的网络，通过其当地办事处，**VHS 发展专业技术并从中受益**。上海研发中心为员工提供系统化的培训和发展课程，以及全球工作轮调机会。

作为国际化进程的一部分，VHS 为充满挑战的新兴市场开发各类产品。VHS 生产的主进水阀性能卓越，可圈可点，而且在系统工程作业中实现本土化，不仅能够满足亚洲以及非洲市场的需求，而且也可为全球化程度更高的项目供应设备。首席营销官兼执行副总裁汤旭表示，鉴于在中国水力发电市场上的出色表现，以及拥有总部的强大支持为后盾，我们的战略大获成功，“我们敬业、勤奋的本地团队具备良好的水电工程技术背景，能够从老项目中迅速积累经验教训，更好地服务于新项目。”

VHS 确立了作为全能供应商的强大地位，遥遥领先于竞争对手。技术先进、品质非凡的工程设计与生产，使其作为值得信赖的国际供应商而声名卓著。Andrä 表示，在设计、生产、质量和性能保障方面，公司严格遵守福伊特 ▷

2008

福伊特有幸为全球第三大水电站——溪洛渡水电站建造三台水轮发电机组，这也是福伊特有史以来生产的功率最为强大的机组。

2012

福伊特赢得向洪屏水电站供应四台 300 MW 抽水蓄能机组及其辅助设备的合同（请参见第 24 页）。

2014

继在东南亚一举签下多个项目之后，福伊特脱颖而出，为巴基斯坦塔贝拉水电站 IV 期扩建工程提供三台 470 MW 混流式水轮机和发电机、自动化系统以及电站辅助设施 E&M。

▷ 统一制定的各项标准并与福伊特水电遍布全球的分支机构保持合作。邀请福伊特水电体系中的专家定期召开项目会议，有助于确保以最佳方案贯彻落实各个项目。

水力发电为神州大地及其子民创造的福祉绝不仅限于电力供应。在福伊特的技术支持下，三峡大坝竣工后，可以有效调节长江水道的流量从而加强了长江中下游的防洪能力，特别是在地势平坦，易受洪涝的荆江河段防洪能力显著改善，使发生特大洪灾的几率从十年一遇锐减至百年一遇——保护芸芸众生免遭洪灾之苦。

截至 2013 年，中国水电装机容量合计 280 GW——几乎占到全球水电装机总量的 25%，是当之无愧的第一水电大国。而且，中国还蕴藏着惊人的水力发电潜能，令人叹为观止，预计在 400 到 500 GW 之间。中国政府出台的五年计划十分重视可再生能源的开发利用，制订了雄心勃勃的减排目标，力求到 2020 年将二氧化碳排放量减少 45%。 Andrä 总结道，大力促进水电建设是实现这一减排目标最有力的保障。//

长江三峡大坝水电站：全世界最大的水电站。

更新改良初始设备: 福伊特水电成功修复杜波依斯水电站内近一个世纪前的老旧设备

永不停转的水轮发电机

福伊特通过设备**维修和更新**帮助上了年纪的加拿大水电站脱胎换骨，焕发新生。

加拿大是**全球第四大水力发电国**，也是少数几个电力来源主要依靠水力发电的国家之一。加拿大全国约有 500 个水电站和 1,500 台独立发电机组，平均使用寿命约 60 年，已形成一个高度成熟的市场 – 但随着设备日渐老化，设备维修和更新需求量与日俱增。

十多年前福伊特水电便开始凭借其高超的技术与卓越的服务在加拿大全国各地崭露头角，尤其在售后业务（AMB）领域享有盛誉。福伊特水电加拿大公司的总部设在魁北克省布罗萨德，主要为各类水电站、自动化企业和服务企业，提供工程规划、客户服务、业务拓展、项目经营管理等服务。福伊特旗下的加拿大 AMB 水电服务中心，同时负责多匝线圈的技术开发，设在安大略省米西索加的一个现代化工厂内，其子公司 Vortex Hydro 位于魁北克省格兰比，为福伊特提供了有力的技术保障，大大增强了福伊特在辅助机械系统、专业化水电产品及相关咨询领域的实力。

位于曼尼托巴省境内的杜波依斯径流式水电站曾聘请福伊特为其提供售后服务。杜波依斯水电站始建于 1926 年，是温尼伯河上目前仍在运营的历史最为悠久的水电站。其运营商曼尼托巴水电在 2010 年与福伊特签署了一份服务合同，要求福伊特限时完成五台发电机组（其中有的机组已接近百岁“高龄”）的 ▷

1

▷ 维修工作。但是，随着工作的开展，大量“合同范围外”的问题开始涌现。福伊特为这个项目专门准备了现场问题报告，所有与预期不同的状况都记录在案，并针对各个问题提供相应的解决方案及其成本。此外，福伊特工程师运用先进的扫描技术，在云数据库上建立 3D 数据点集，对上游水轮机上冠、下环和叶片进行准确建模，精确重现杜波依斯水电站上世纪 20 年代的设备原貌。

来自福伊特水电米西索加 AMB 中心的 Neal Cumming 认为：“我们提供了极具成本可行性的解决方案，修复了水电站中停运多年的故障设备，让他们再度焕发青春，我们对此甚感自豪。”

恰如其分的人员配备，是杜波依斯水电站项目规划中的另一亮点。在明确了曼尼托巴水电局的需求后，我们建议由福伊特员工和当地员工组成一个混合团队，并交由福伊特现场经理统一指挥。团队中包括两名曼尼托巴水电局的技术人员，他们能够在执行水轮机现场修复的过程中累积宝贵经验。Cumming 表示：“我们跳出了固有思维模式，设身处地为客户思考，从而建立并增强了福伊特水电与曼尼托巴水电局的合作关系。虽然我们面对的是一个从未处理过的新问题，但这种开放的合作态度可促成良好的解决方案，让双方都从中受益。”曼尼托巴水电局始终与福伊特保持伙伴关系，共同改造杜波依斯水电站。最近，水电局对我们之前售后服务表示肯定，并在此基础上提出新的要求，希望对水电站中的 12、13 和 14 号机组进行更新改造。

新上任的福伊特水电加拿大 AMB 业务主管 Michael Secord 说道：“**这正是售后业务的魅力所在。**我们正致力于提供快速响应的服务，希望能够在客户有维护和改造需求时，迅速作出响应。同时，我们力争让客户以最轻松的方式得到我们的服务。”Secord 目前正尝试利用“海量数据”提升维护服务。他希望在加拿大建成一个“以可靠性为导向”新型维护部门，依托完善的日常运营数据展开多项工作，比如对磨损率的精确预测，以及磨损率对输出性能的影响。

2

3

1 GM 什鲁姆电站的水库。
2 在 GM 什鲁姆电站安装一个新顶盖。
3 曼尼托巴杜波依斯水电站的水坝。

现代化改造：迈进新时代

一方面，售后服务业务显得日益重要；而另一方面，加拿大目前服役数十年的水电站越来越多，因此一波现代化改造的潮流正在迅速酝酿。改造和整修过程一般都需通过新的设计，用以提高效率与输出、增强可靠性或降低维护成本。福伊特水电现已为多座水电站提供了优化解决方案，在此领域积累了深厚的经验，加拿大的成功案例尤其丰富，可谓成绩斐然。技术进步可为电站的性能、输出和可靠性带来大幅提升，甚至会带来意外之喜。福伊特一般能将水轮机效率提高至少 3%，输出增益在 15% 到 25% 之间。福伊特水电加拿大业务拓展负责人 Pierre Séguin 称，让我们以魁北克圣莫里斯河上，魁北克电力的拉图克电站为例，福伊特将三台机组的输出提高了 50% 以上。Séguin 深有体会地说："在改造项目中的出色表现，成为了我们与客户之间的强大纽带。"现在，福伊特拥有很多原始设备生产商开发的技术，如西屋发电机以及查默斯水轮机和发电机等。因此，在面对售后问题和整修挑战时，福伊特几乎能为每个项目注入独到的视角和广博的知识。

发现并解决意外问题也是一项重要课题。在整修位于大不列颠哥伦比亚的 GM 什鲁姆电站时（参见图 1 和图 2），我们发现，陈旧的补焊已对原始水轮机转轮的效率造成了影响。我们新设计的转轮和水力分布大幅提高了效率和可靠性，并缩减了流程中的维护成本。

福伊特水电加拿大项目建议书负责人 Laurent Bulota 表示："我们帮助客户评估多种改造方案，让客户在提高未来收入、降低维护成本及即时成本之间取得最佳平衡。这项工作虽然充满挑战，但却能为客户带来丰厚回报……改造完成后，电站可继续运行 50 到 80 年，但我们必须在 10 年内收回成本，而最理想情况是在 5 年内就实现投资回报。"他注意到，在加拿大这个全球第四大水力发电国，资深客户需要高质量、可靠、耐用、先进的解决方案和设备，而这些品质恰恰是福伊特水电的核心优势。//

请访问 **voith.com/hyservice**，了解有关福伊特水电服务业务的更多信息。

加拿大水电发展一瞥

水力发电占加拿大全部可再生能源发电的 90% 左右。

供电先锋，服务拉美

对话福伊特水电拉丁美洲**总裁兼 CEO Marcos Blumer** 以及**首席营销官 Alfredo de Matos** 。

两位先生在出任福伊特水电拉丁美洲 CEO 和 CMO 后，为公司制定了怎样的主要发展目标？

Blumer：我对就任 CEO 的理解是，天天力求上进，服务公司上下，竭尽全力为客户开发最佳解决方案。尽管我们的目标和计划不胜枚举，但这一切只为一个最重要主旨：服务客户，使福伊特水电成为他们的不二选择。为了这个主旨，我们需要从三方面不懈努力：首先，全公司需同心同德，以客户为中心－永远奉行客户至上的原则。其次，力争精简公司构架，优化服务流程，打造一支快速高效的服务团队。与此同时，我们还会创造宜人的工作环境，广招天下英才。

De Matos：在这一主旨的指导下，我们正在积极谋求进一步拓展福伊特在拉美本地市场的份额。同时，我们还希望强化地区网络覆盖，建立更多地区办事处，为本地员工创造更多就业机会，让我们能深入解读、洞悉各种市场需求、规则和进程。当然，这并不意味我们会偏离福伊特全球标准——提供技术领先、品质卓越的最佳解决方案仍是福伊特在全球一贯恪守的不二法则。

那么，拉丁美洲的本地化进程现状如何呢？

De Matos：首先，我们已成功融入本地市场。在拉美这块广袤的土地上，几代福伊特人不辞辛劳，历经风雨，传承了宝贵的财富。五十年，弹指一挥间，今年是福伊特进驻拉丁美洲 50 周年，五十年来，我们茁壮成长，业务早已遍布整个拉美，而不仅限于巴西。过去短短数年间，我们已在哥伦比亚、秘鲁、厄瓜多尔和智利成功地建立了办事处，接下来我们还将在墨西哥和阿根廷设立办事处。

玛瑙斯生产基地在拉丁美洲将扮演怎样的角色？

Blumer：我们在巴西北部新建了玛瑙斯生产基地，与之毗邻的地区我称之为巴西“下一个水力发电前沿阵地”。该地区蕴藏的水力发电潜力十分惊人，总量近 90 GW，但目前仅开发了 14%。此外，玛瑙斯还能够满足拉丁美洲北部地区其它国家的需求。

除了本地化外，你们还希望大力发展哪些业务领域？

De Matos：我们的目标之一就是发展并提升我们的服务业务，特别是综合服务与资产管理方面的服务水平。我们希望客户了解，我们在这个领域拥有丰富经验，能够为其水电站提供全面的服务解决方案。为了进一步改进我们的服务，我们简化了流程，以便能够更迅捷地响应客户的需求。

Blumer：自动化技术领域与一体化服务密切相关。我们目前正致力于提供独立式自动化解决方案，此举已取得显著成效，大幅提升了我们的市场份额。除了新建项目外，我们还会参与现有水电站的现代化更新项目，凭借先进的 HyCon 自动化系统，为一些年代久远的水电站进行数字化改造，与此同时，我们也提供调速器和励磁系统。

De Matos：正如 Blumer 先生指出的那样，自动化也是我们致力于持续创新的一个绝佳实例：为了适应市场需求，我们不仅推出全新产品和服务，而且不断更新已有产品与服务。我们的自动化实验室是福伊特水电在全球配置最为精良的实验室之一，在这里，我们不仅能根据客户的实际需求定制解决方案，而且还会于日后将适用的解决方案推广

Marcos Blumer
这位福伊特水电拉丁美洲总裁兼 CEO 认为，公司结构就像是“倒置的国会结构”：客户位于结构顶端，而 CEO 则处于最底层。他已在福伊特效力 25 个春秋，其中大部分时间就职于造纸事业部，2010 年，他加盟福伊特水电，任首席制造官，负责位于圣保罗和玛瑙斯的生产基地。自孩提时代起，水力发电就在他脑海中留下了不可磨灭的印象，而当他在巴西上大学时，一批德国工程师来到他所在大学进行的演讲，成就了他日后加盟福伊特的机缘。

到全球。

福伊特水电的产品和服务在拉美市场是否已众所周知？

Blumer：近年来，我们已成为名副其实的全产品线供应商。许多客户都知道我们提供一揽子解决方案：自动化、电站辅机、一体化服务、建造作业等。我们密切关注市场趋势，迎合客户需求，以上途径尤为适合大型项目和超大型项目。我们为客户提供“从水到电”的解决方案，从技术层面覆盖从进水口直至电网连接的所有环节。另外，客户也藉此能够获得一站式体验，减少面对的接口企业数量，降低风险。

你们对于拉丁美洲的水电市场和客户结构有何看法？

De Matos：首先，也是最重要的，我们必须意识到，在拉丁美洲每个国家的市场都各不相同。这也是我们采取本地化策略的原因之一。巴西的水电市场中，主流是 200 MW 到 8,000 MW 的超大型项目，通常由政府招标，大型私营电力公司、专业型公司及投资基金参与竞标，都会成为我们的客户。国有企业也在其中扮演重要角色。

那么，拉丁美洲的其它国家情形如何呢？

De Matos：一般来说，其它拉美国家的项目在 80 MW 到 150 MW 之间，签约形式也会因市场而异：例如，在智利，私营企业占主导地位，而在秘鲁和哥伦比亚，市场是半私营化市场，除了国有企业和私营企业参与外，部分项目由政府拍卖竞标。

Blumer：我们拥有庞大的客户群，性质与类型千差万别，因此我们需要随机应变，努力适应，满足他们的不同需求。例如，在巴西，每 MWh 谁的报价最低，谁就能在拍卖中胜出。而另一种竞标方式是按成本进行设计的解决方案：结合客户、土建承包商和福伊特水电的技术经验与专业意见，为客户量身打造最佳解决方案，从而提高项目效率，并使其更快并入电网。凭借我们深厚的技术背景，这种方式完全可行，我认为这将是未来趋势之一。

国际投资是否会越来越起到举足轻重的作用？

Blumer：是的，筹集资金的重要性不言而喻，其受关注的程度未来还将与日俱增——而且，投资是多维向的：例如，中国投资拉丁美洲项目，而同时，巴西企业投资非洲项目。全球融资将成为趋势，我们也需要参与其中。凭借我们遍布全球的业务与广泛的合作，福伊特水电已为此做好了充分的准备，能够为全球各地的客户提供立足于本地的技术经验。

De Matos：在这方面，我们的大客户管理能够发挥重要作用：福伊特水电是一家真正的全球化公司，我们将力主与福伊特旗下活跃于其它市场的运营部门加强合作，不仅为拉丁美洲客户以及他们遍布全球的业务提供有力支持，同时也为活跃于美洲大陆的欧洲大型电力公司提供完美服务。

让我们回到拉丁美洲市场：你们对该地区的未来发展有何展望？

Blumer：总体而言，拉丁美洲拥有充沛的自然水资源，所以现在乃至将来，该地区的水力发电都将蓬勃发展。在该地区，巴西以外的国家所占的水电市场份额将加大，但这并不是因为巴西市场会缩小，而是因为其它国家的水电市场发 ▷

▷ 展将更迅速。哥伦比亚、秘鲁、委内瑞拉和阿根廷在水力发电领域都有巨大潜力，是前景无限的市场。

De Matos：除了各种规模的新项目之外，我们也非常重视老电站改造业务：我们对于综合服务和更新改造寄予厚望，是由于全区许多电站已服务 25 年以上，水力发电设施正趋于老化。客户希望运用最先进的 HyCon 自动化和资产管理解决方案来升级他们的电站，使电站发挥最大潜能，福伊特水电在为客户定制更新改造服务方面积累了丰富经验，成功的范例有帕苏风杜和 AES água Vermelha 电站等项目。

Blumer：在内外因素的共同影响下，市场竞争变得更加激烈，小型水电市场尤其如此。外有跨国企业进驻市场，内有政府法规迫使小型水电站、风能发电及生物能发电相互竞争。如果我们只关注每 MWh 成本，那么小型水电站生命周期长、提高电网稳定性等优势便无从体现。因此，我们需要政府制订法规框架，或对现有法规去繁就简、去芜存菁，以支持水电产业发展。

De Matos：从上述内容中您不难了解，我对福伊特水电的未来发展有着坚定信心。我们拥有丰富的经验和知识结晶，具备独步全球的技术水平以及详尽的应对方案。我们将让市场看到，不论是单个零配件还是一站式解决方案；不论是全新自动化解决方案，还是电站内运营数据的追踪和应用，福伊特都能以全产品线供应，能够满足市场的多变需求。

您稍早提到了法规框架，它们现在是否有利于水力发电？还是仍有待改进？

De Matos：在拉丁美洲的许多国家，能源测量指标和长期政策仍有诸多不明确之处。同时，也有待出台明确的规划和有效的措施，以提升流程审批及环保认证的执行效率。政府若能鼓励投资，加大对更新改造计划的投入，那么电网中的电能将更为充沛。

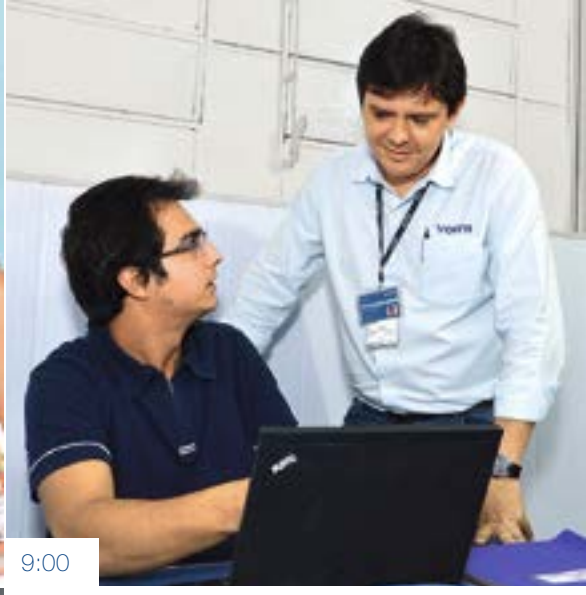
Blumer：更加明确的法律法规和优化的流程，将提高人们对于贝洛蒙特电站等巨型项目的接受度。水力发电对经济和社会发展贡献良多，能使贫困地区人口迅速改善生活、脱贫致富，逐步成长为中产阶级，从而获得教育机会和医疗服务，并最终开创美好未来。

请问两位，从个人角度，你们怎么看待水力发电——以及福伊特水电？

De Matos：我之所以喜爱水力发电，主要是因为其技术先进、解决方案灵活多变、可根据客户情况提供定制化服务，并且与再生利用和可持续发展息息相关。福伊特水电是一个价值体系清晰明确的企业：发展历史悠久辉煌、员工勤奋敬业、致力于客户的成功与满意，以达成客户期望为己任。

Blumer：对我而言，水力发电是一个让人充满干劲与热情的世界。水力发电技术历史悠久，并且从未停止发展的脚步，时至今日仍以一流的清洁性和可靠性倍受重视。福伊特的成就让所有员工感到自豪，他们骄傲地自称为“福伊特人”，这种情况在业界并不多见。我想，公司原则、价值和文化，是使福伊特在过去 150 年历史中不断发展壮大的源泉，也将引领我们迈向更美好的明天。//

Alfredo de Matos
现职福伊特水电的拉丁美洲首席营销官，在其 22 年的 B2B 职业生涯中，主要担任能源领域的管理职位。他的工作足迹遍布世界五大洲，并于 2013 年加盟福伊特。他的目标是推动公司发展，贯彻其“赢得客户、引领市场”的座右铭，意即经营与客户的长期合作关系，并确保福伊特在今后 150 年能持续引领水电市场。



6:00 在 Eric Junior 前往 Água Vermelha 开始一天的工作前，开心地和妻子 Andreia 及儿子Gabriel 共进早餐。

9:00 Eric 非常重视团队沟通，能够虚心接纳各种何意见和灵感。

11:00 和团队成员商议 Água Vermelha 的设备更新改造事宜。

14:00 戴上安全帽与团队成员讨论电站安全事宜。

活在当下：项目与工作

一位福伊特水电 Água Vermelha 项目现场经理的**工作掠影**——感受现场福伊特人员的敬业态度和专业经验。

现在时间是早上 6 点，不管正处在世界上哪一个福伊特电站，Eric Junior 通常这时候在和妻子 Andreia、儿子 Gabriel 共进早餐，然后开始他一天的工作。

Eric 是一位资深福伊特人，曾在福伊特担任过一系列服务领域的职务，目前担任 água Vermelha 水电站项目的现场经理一职，负责管理一个出色团队，为福伊特水电的项目提供现场服务。该电站位于巴西费尔南多波利斯附近，他的妻子 Andreia 表示："生活在费尔南多波利斯非常好，这里的人们乐于助人，谦和有礼。"每当 Eric 被派往福伊特的一个项目就职，Andreia 就和儿子 Gabriel 以及宠物狗 Max 一同前往新地点生活。但是有时生活并非那么容易适应，毕竟巴西幅员辽阔、文化多样（国土面积超过 850 万平方公里，居住人口超过 2 亿），Eric 及其家人因工作调动而迁居多地，包括 Cana Brava、Quebra Queixo、Jumirim、Corumbá IV、Furnas、Baguari 和圣安托尼奥等，因此经历了各种气候与环境，也遇到过形形色色的人与事。

眼下，Eric 一家已在巴西东南部的费尔南多波利斯居住了九个月。Eric 于 água Vermelha 电站担任现场服务协调经理一职，该电站位于格兰德河上，圣保罗州和米纳斯吉拉斯州的交界处，自 1978 年开始运营，其六台发电机组的总发电量为 1,396 MW。Eric 在 2002 年进入公司之前，曾是福伊特的客户。由于因缘际会，他也成为了一名福伊特人。"现场服务大家庭"，是福伊特员工对现场服务团队的昵称。

刚进公司时，Eric 担任调试工程师一职。他认为这帮助他积累了丰富的 ▷

16:00　检查电站中的福伊特自动化面板。
17:00　Eric Junior 在 Água Vermelha 水电站的动力室中。

▷ 技术经验和生活阅历。“在 Cana Brava 项目中，当我第一次有机会参与调试福伊特设备时，激动的心情实在难以言喻。”Eric 说，团队虽小，但工作进展非常顺利，他对充满挑战性的工作留下了深刻的回忆。”

来到 Água Vermelha 电站的 Eric 开始了他一天的工作。一个大型的福伊特标识在左侧隐隐浮现。在这里，大约 170 名员工和供应商轮班工作，他们各司其职，在规划、质保、职业安全、现场管理和技术服务岗位上兢兢业业。他们负责改造发电机、水轮机、水电设备，促进这些设备在整个电站系统中达到机械和电力平衡。

葡萄牙有句谚语说，有的人就像“洪水中的浮木”，特指在路过每个人时，都习惯停下来和对方闲谈几句的人。用这句话形容 Eric 的工作实在是再贴切不过的了。作为福伊特的现场经理，他既是处于领导地位的行为榜样，也是深受团队员工信赖的倾诉对象。“现场服务团队需要知道有人正在聆听他们的意见，这样他们才能顺畅地表达出他们的反馈。这也是为什么我每天花费大量时间在现场走动的原因。总会有人有一些想法，或是有问题需要解答，而我随时作好聆听的准备。”但是，当 Eric 刚刚就任现场经理一职时，同事们颇有一些不满情绪。他开玩笑说：“或许同事们认为，‘如此年轻的小伙子为何能胜任如此重要的协调职务呢？’”随着时间的推移，情况逐渐改观。现在，Eric 的头上添了一些“象征资历”的白发，而且也赢得了团队的信任与尊敬。“无论是与客户的关系，还是与同事的关系，都以信任为基础。在福伊特，信赖高于一切。我经常说，客户的信任来自于他们所获得的产品与服务。因此，福伊特力争每一天都能做到最好，真正履行承诺。”

Eric 以福伊特整体的客户战略为指导，安排和开展工作。“我们希望成为客户的首选。在我们的现场工作中，我们全心投入，致力于达成项目目标，兑现我们的承诺，确保我们提供的最终产品一如既往，具备超高可靠性。另外，我们也一直注重准确了解客户需求，并把握一切机遇，如致力于加速建设流程，或推出能够简化运营与维护的解决方案等，来开发与拓展产品。”

Eric 表示：“**现场工作是最真切地投入到项目运作之中**，结合技术经验与关系技能，为出现的问题找到合适的解决方案。我们的现场经历使我们了解，在缺乏事先预测的情况下，不可贸然启动项目；同样，如果对项目质量没有十足的把握，也不要轻易结束项目。现场有太多需要学习的内容，这是生命中金子般稀有难逢的体验！”

晚上 6 点，夕阳西下，Eric 告别了项目现场的“服务大家庭”。Eric 总结道：“我们是一个团队，为客户和福伊特的双赢而奋斗。我们的责任就是了解并达成客户的期望，并确保我们的项目能够实现最大回报。为此，我们必须凝聚集体的力量，而项目的成功就是对我们的最好报答，也是我们集体的荣誉。”

正说到此，另一位同事叫住了他，Eric 说需要与这位同事探讨一下业务。于是，我们今天对 Eric 的报道也告一段落，而他的工作仍在继续……//

从屏幕到织物

福伊特造纸工程师一直使用计算机模拟技术，为造纸业开发全新高效干网。在造纸过程中，干燥处理流程就需要依靠这些干网，将湿纸传送通过干燥部。

借助计算机模拟研究干燥处理流程后，福伊特造纸工程师开发了 Evaporite 和 EvaporiteHigh 两款性能更为出色的干网。它们更耐用、透气性更高，能够提高干燥效率。丝线交叉点减少，可降低织物在生产过程中出现微孔。这是因为微孔会吸附超细尘埃粒子，影响织物透气性。

为了生产纸质包装，福伊特造纸全新 CleanWeave 产品系列的第一款干网已经开发完毕。实践表明，CleanWeave 的干燥效率和机械效率与传统干网相比，有了显著提升。我们正在开发能够用于生产所有类型纸张的织物，以便对该产品系列进行扩充。//

冷却解决方案

在福伊特工业技术服务的帮助下，一家德国汽车生产商对其上海工厂执行了一项改革计划，包括改善水泵、压缩机站和空调系统等。事实证明，这一举措大幅节约了成本、减少了排放。该计划采用了合理而创新的方式，比如，在夜间冷冻和存放冷却用水，然后在白天生产时供工厂机械设备使用。这是因为夜间是能源价格最低的时段，可以节省大笔资金。另外，在峰值需求和非峰值需求时段，由工厂设施进行变频控制，优化了能源和电力分配。同时，福伊特始终对工厂的能耗数据实施监控，以进一步提高能效。藉此，该客户每年的用煤量可减少 2,843.6 吨，可节约 200,000 欧元左右的电费。//

快速、可靠、高效

福伊特驱动正通过跨部门合作，为某水电站提供设备。在苏格兰抽水蓄能电站 FOYERS，两台水泵水轮机必须在不到 30 秒的时间内，达到满功率运行：这是快速、灵活地应对苏格兰电网波动情况，保护电网稳定性的唯一方式。每台水泵水轮机的供水由一个球形阀控制，它必须能在收到通知后的极短时间内打开，以确保快速改变运行模式。两个液压缸根据功率需求的波动，驱动球形阀。福伊特驱动 H + L HYDRAULIC 的液压动力装置能够快速、可靠地为两个液压缸提供所需石油动力。液压动力装置采用冗余设计，因此保证了超高可用性：如果一个功能相关组件发生故障，无需关闭系统，另一组件便能接替它运行。此外，这个液压动力装置也非常节能，几乎无需安装空间，只需极低冷却输出。运营商可藉此降低运营成本。//

突破极限

自由潜水员 Herbert Nitsch 未携带氧气瓶，下潜至惊人深度。

深吸一口气然后屏息九分钟，这件鲜有人能的本领却是 Herbert Nitsch 的拿手好戏。他以水下屏息九分钟的个人记录傲然于世（更准确的说是九分四秒）。

在十余年的自由潜水运动生涯中，Nitsch 取得的成就远远不止于此。他还在八大公认的自由潜水领域斩获 30 项世界纪录，至今无人能及。

自由潜水这一项近乎艺术的运动，是不借助任何呼吸装置，仅凭下潜深海之前吸入的最后一口空气，计算在水面下所停留的时间。

自由潜水不单是深吸一大口气，然后潜入海中而已。Nitsch 表示放松身体的每一块肌肉，让肌肉处于平静、近乎睡眠的状态，对潜水过程是很有帮助的。在吸气时，他还让喉头盖（即会厌）像活塞似地上下运动，为肺部“填充”更多空气。藉由这项技巧，Nitsch 让肺活量从不可思议的 10 升扩大至令人惊叹的 15 升。一般来说，成年男性所拥有的肺活量为 6 升。Nitsch能达到令人难以置信的屏气时间，则是透过结合扩张隔膜和肺部的特殊训练，增加肺部组织的弹

1

1 在潜水导索及海面上协助人员的帮助下，Herbert Nitsch 潜入蔚蓝深海。
2 自由潜水之前必须做好万全准备。

“精神拥有无限潜能。能激励身体超越极限，变不可能为可能。”
自由潜水员 Herbert Nitsch

性以容纳更多空气，并强化肺部受到深水压力时的压缩性。

Nitsch 在海洋运动中屡获殊荣，很难想象他其实来自奥地利这样的内陆国家，更不可思议的是，他是自学而成的。Nitsch 表示：“因为我不像其他杰出的选手，能够在海中进行规律的训练，所以更需要找到有效的训练方法去补足，就自己发明了结合有氧运动、肌肉训练和屏气训练的方法，而且还是在家里的沙发上进行！”比赛时，Nitsch 都会提前抵达现场，兴奋又利落快速地潜入海底，为比赛做足准备。

自 2010 年开始，Nitsch 全身心投入自由潜水最极致的领域——无极限（No Limit）。无极限潜水和一般自由潜水的差别，在于增加了加重器，并且借助充气气球回到水面。Nitsch 是当前无极限自由潜水世界纪录的保持者：214 米，成绩相当惊人，更因此被称作“潜水之王”。而他的终极目标是潜入水下 1,000 英尺（304.8 米）。

2012 年 6 月 14 日，Nitsch试图实现终极目标，潜到了水下 253.2 米（830.8 英尺），却在下潜途中短暂昏迷，差点没能回到水面，更从此患上严重的 II 型减压病。虽然这项打破记录的成绩没有得到官方认可，但他仍是世界纪录保持人。经历了一段艰难的恢复期之后，Nitsch 重回自由潜水领域，不仅表示像是再次回到了现实世界，更声明自己永不放弃达成终极目标。

在 Nitsch 下潜的瞬间，他的肺部以及人体的本能反应会纷纷袭来，告诉他身体缺氧。因此需要在过程中充分控制和利用所有精力。他这样描述潜水时的状态：“我会让五感消失，心无旁骛，将全副精力用于下潜一事。”

此外，Nitsch 还将环保使命视为自己的第二生命。这种坚定的信仰甚至超越了物质需求。身为一名坚定的海洋环保主义者，及海洋守护者协会（Sea Shepherd Conservation Society）顾问，Nitsch 将环保意识融入日常生活。在他的家乡奥地利维也纳，Nitsch 不会开车，而是选择骑自行车在街道上自由来去，更计划发明一艘无内燃机、利用风能和太阳能发电的环保型远洋快艇。

Nitsch 拒绝屈服于看似存在的极限，更同时致力于资源保护。自由潜水让 Nitsch 明白人的身体和精神都拥有无限潜能，只要有信心，就能实现所有不可能。//

观看自由潜水员 Herbert Nitsch 的精彩视频及了解更多，请登录 **www.herbertnitsch.com**

全面均衡的能源

响应迅速、灵活性强、能力卓著：**福伊特水电首席执行官 Roland Münch 博士**畅谈抽水蓄能的卓越效能和巨大潜力。

Münch 博士，您在乘坐电梯时是否曾因突然停电而被困于电梯内？

我频繁往返于全球各个运营部，经历过数次停电，但庆幸的是从未有过受困于电梯内的遭遇。不过，值得关注的是：一般在发电量和能耗不平衡的国家，尤其是无法长期满足高峰用电需求的国家，停电现象正在与日俱增。水力发电——尤其是抽水蓄能技术——能够稳定电网，缓解高峰用电需求，对于解决这些问题具有重要促进作用。

水力发电如何稳定电网，甚至防止停电？

水力发电是唯一能满足基本负载需求的可再生能源，因此在提供可靠稳定的电源方面发挥着举足轻重的作用。其中，抽水蓄能电站的作用尤为突出：它们可通过提供大量能源，并在短时间内十分灵活地做出响应以满足高峰用电需求。此外，它们还为电网提供各种辅助服务，以提高电源可靠性。这对于日渐依靠风能或太阳能等不稳定的可再生资源发电的电网而言至关重要。

您能否详细描述一下这些辅助服务？

辅助服务旨在支持容量及能源从发电端到用电端的传输，同时保持输电系统可靠运行，其中包括平衡电网频率、电压支持等调控服务。抽水蓄能电站可提供各种类型的均衡能源，以维持电网频率。它们尤其善于以灵活的方式提供无功功率，使电压保持在适当水平，还能实现无电源启动。这意味着即使停电，它们也能够在不依靠电网的情况下重启——从而恢复供电。倘若我真有被困于电梯中的不幸遭遇，我也一定会指望抽水蓄能电站使电梯恢复运行。

根据您所说的，抽水蓄能技术是否能在可再生能源的扩展中发挥重要作用？

抽水蓄能电站能够凭借其为能源系统提供的服务，并通过自身的基本功能（高效储能设施，能储存可再生能源产生的多余电力并在需要时输送到电网）从本质上转变电源系统。经过长期检验，抽水蓄能技术被证明是唯一能以经济有效的方式储存大量能源并应需求快速供电的方法。最重要的是，它的效率高达 80% 以上，令其它发电技术望尘莫及。

新的抽水蓄能电站是否拥有充足的发展空间？

是。全球各地均存在建厂潜力。福伊特发起的一项聚焦德国“能源转型”（向可再生能源转型）的研究显示：仅在德国，所有已列入规划的抽水蓄能项目便可使装机容量提升 8,000 MW——相当于当前容量的一倍。中国也制定了具体的扩展计划并拥有巨大的潜力。到 2030 年，其装机容量也有望翻一番。福伊特同时参与了美国、东南亚、南非和葡萄牙等国家全新抽水蓄能电站的建设和更新工作。凭借多年来从 200 余个抽水蓄能项目中汲取的丰富经验以及广泛的技术组合，我们希望继续引领抽水蓄能技术的扩展和未来发展。如此一来，受困于电梯的事件将不再上演。//

项目目录

本期《HyPower》杂志涉及的所有项目及福伊特的供货范围

欧洲和非洲

欧洲潜在水电装机容量：873 GW
已装机容量：247 GW (30%)

非洲潜在水电装机容量：435 GW
已装机容量：26 GW (6%)

亚太地区

亚太地区潜在水电装机容量：1,754 GW
已装机容量：420 GW (24%)

美洲地区

北美潜在水电装机容量：388 GW
已装机容量：155 GW (40%)

南美潜在水电装机容量：904 GW
已装机容量：162 GW (18%)

1 德国伊费茨海姆水电站项目：维护和修复服务合同，包括为四台 28.3 MW 灯泡式水轮机中的其中一台更新所有固定部件。
2 德国 Hochstadt 水电站项目：Kaplan A 型灯泡式水轮机彻底检修售后业务（AMB）合同，包括对叶片进行焊补，调平转轮室，彻底检修活动导叶，以及重建主水轮机引导轴承。
3 奥地利 Reisseck II 项目：提供两台可逆式水泵水轮机（每台输出功率为 215 MW）和调速器。
4 奥地利 Tröpolach 小型水电站项目：提供两台串联运行的小型水轮机，总容量为 7.9 MW。
5 葡萄牙 Frades II 项目：成套机电设备，包括两台 390 MW 的变速可逆式水泵水轮机和两台异步电动发电机。
6 南非 Ingula 水电站项目：四台电动发电机和 342 MW 的水泵水轮机、自动化系统、机电配套设备。
7 中国洪屏水电站项目：四台 300 MW 的成套抽水蓄能机组，包括发电机和混流可逆式水泵水轮机、调速器、进水阀、励磁系统、自动化系统和电站辅助系统。
8 印度 Bhira 水电站服务项目：包括为 200 MVA 的电动发电机设计、升级、制造、供应、安装和调试全新定子。
9 泰国拉姆达贡水电站项目：提供两台 255 MW 的立式水泵水轮机、电动发电机、自动化系统和机电配套设备。
10 加拿大 Pointe du Bois 水电站项目：维护和修复 75 MW 电站中的数台水轮机。
11 美国史密斯山水电站项目：整修电站发电机，包括提供和重绕定子线圈，对转子磁轭热套进行保养。
12 巴西 Água Vermelha 水电站项目：对总容量为 1,396 MW 的六台机组进行现代化改造，包括对发电机、水轮机、机电辅助系统进行彻底检修，更新多个部件。
13 巴西 Chavantes 水电站项目：对 414 MW 电站中的三台发电机组进行现代化改造，包括水轮机、发电机和机电辅助系统。//

潜在水电装机容量数据基于《2013 年水力发电和水坝年鉴》（Hydropower & Dams Yearbook）。

出版：
福伊特水电公司
Alexanderstr. 11
89522 Heidenheim, Germany
电话：+49 7321 37 0
传真：+49 7321 37-7828
www.voith.com

A Voith and Siemens Company

VOITH
Engineered Reliability