



**VOITH**

水力发电技术专业杂志

# HyPower

#22 | 2013年秋季

通过现代化改造为未来提供  
可靠的保证

## 未来之路

创新解决方案  
深入了解小型水电

绿色能源综合方案  
为什么水电会走在最前沿





## 出版说明

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

Ute Böhlinger-Mai  
主编: Lukas Nemela  
电话: +49 7321 37 0  
传真: +49 7321 37-7828  
电子邮件: info.voithhydro@voith.com

**中文版由:**  
上海福伊特水电设备有限公司  
地址: 上海江川路555号  
电话: 021-2408 9999  
传真: 021-6462 8330

**合作公司:**  
布尔达创意集团股份有限公司  
www.burda-creative-group.de

**用纸:**  
Hypower使用的纸张类型为Respecta Silk,  
这种纸含60%的再生纤维, 由福伊特造纸  
机生产。

**图片来源:**  
第5页: gettyimages/Yuji Sakai;  
第8-10页: Micha Wolfson (3);  
第11页: gettyimages/Adam Gault;  
第27页: laif/Tobias Hauser;  
第28-29页: unit/500gls;  
第30-31页: EDP Energias de Portugal;  
第32页: Erich Meyer;  
第40-41页: Lifesaver (3);  
第43页: gettyimages/Yuji Sakai.  
其他图片均由福伊特水电提供。

所有水电装机容量数据都包含抽水蓄能。  
关于水电潜力的数据表示技术可行的水电潜力。

**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有任何疑问,  
请联系我们: hypower@voith.com



## 将经验和创新结合起来



**经验无可替代。**福伊特水电集团是水电行业唯一拥有140多年历史的企业。福伊特水电集团的经验非常丰富。可以说水电是一种成熟、完善的技术，不过这并不意味着它没有改进的空间。我们的目标是不断强化能力以及终身学习，这不仅涉及到我们的产品，而且也涉及到我们的工作人员。

我们不仅拥有悠久的历史，而且还始终拥有着着眼于未来的眼光，因此能够不断探索技术创新，从而提高效率，最大限度减少水电对我们周围自然环境的影响。这会进一步提升水电作为主要可靠绿色能源的作用。

近年来，长期水电站的现代化改造趋势愈发明显。我们的很多合作方在几十年前的建设阶段就开始对福伊特的专业经验非常信赖，今天，我们的技术知识再次帮助他们步入未来。

水电的未来非常光明。国际能源机构预计：到2050年，水电发电量会翻一倍。在经历水电的长期成功的发展后，我们相信：在未来的日子里，水电会继续为环保型发电做出重要贡献。

在本刊中，我们希望您能深入了解我们的技术能力以及在全球展开的项目工作，以及如何将这些知识和经验传递给下一代。

希望您喜欢本刊内容！

谨致问候

Ute Böhringer-Mai  
企业传讯负责人



通过其他优秀杂志  
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
- 39 福伊特全球视野
- 40 嘉宾视角
- 42 休息时间

**计划表**

- 8 **传递接力棒**  
新任首席技术官Norbert Riedel博士  
和前任Siegbert Etter博士探讨福伊特  
水电集团的创新
- 11 **知识就是力量**  
知识专家Steve Trautman探讨如何  
保留专业经验

**成套设备供应商**

- 12 **新的开端**  
福伊特开展创新性现代化工作

- 18 **延长操作寿命**  
在成熟的加拿大市场的现代化改造

- 19 **展望未来**  
通过在中国和南美的现代化改造挖  
掘潜力

- 22 **隐藏的宝藏**  
提高意大利龙科瓦尔格兰德电站的  
效率

- 24 **纵向发展**  
提高日本的水电输出能力

**全球专业知识**

- 25 **水电文化**  
将过去和当前的水电系统关联起来

- 26 **跨国里程碑**  
建设具有跨国职能的一个小型水电站

**绿色能源组合**

- 28 **水电走在最前沿**  
专访国际能源机构可再生能源部  
的主管Paolo Frankl博士



30 抽水蓄能  
抽水蓄能领域的关键技术进步提升我们电网的灵活性和效率

34 最大限度挖掘潜力  
深入了解新型Stream Diver水轮机

成功的合作

37 新一代产品  
福伊特水电集团的瑞典运行机组采用了最前沿的发电机专业技术

38 安全通道  
提高鱼类安全的一个研究项目



目录

43 全球视野  
方便地查找本期HyPower中提到的福伊特水电项目



在印度-德国城市巡展中，福伊特展馆为印度次大陆展示了公司的多种服务。

## 庆祝印度-德国的合作关系

**印度** 2012年10月，在庆祝德国和印度建交60年的活动中，福伊特公司作为城市合作方出现在德里的印度-德国城市巡展活动中。在印度次大陆举行的此次巡展（梵文中的“博览会”）共走访五个城市，德里是第四个。它展示了德国各个领域的最佳面貌。在整个展会期间，共吸引了140,000多位访客。在公司的展馆内，福伊特让大家深入了解了企业的各种活动，并重点介绍了印度次大陆在快速城市化过程中所面临的挑战。对于福伊特公司来说，印度是一个重要的市场，福伊特从1911年以来就在印度成功开展业务。提供多种相关服务，其中包括为高效基础设施（包括德里地铁使用的部件）、清洁能源、安全供水和资源友好型工厂提供解决方案。

在德里的福伊特展馆，来访者可以通过一个特制的大屏幕观看影片《全球大城市面临的挑战》。这部影片是印度理工学院的学生帮忙录制的，福伊特公司与该学院一直保持着合作关系。

向来访者展示的一个重点内容是一个水电项目的互动式iPad演示节目，其中包括一个关于水电和环境的测验。这个测验为一个校际竞赛奠定了基础，该竞赛共有来自德里及其周边地区的19所一流学校参加。每个学校参赛队伍都有四位14到17岁的成员，获得前三名的参赛队被授予奖品和证书。

在展会期间，福伊特展馆还接待了一个特别的代表团，其团员包括德国经济和技术部部长Philipp Rösler、福伊特公司的总裁兼首席执行官Hubert Lienhard博士、福伊特水电集团的董事会主席Roland Münch博士、西门子公司首席执行官Peter Löscher以及来自商界和政界的很多其它高层人物。//

## 2012年毕尔巴鄂水电大会上的福伊特

**西班牙** 福伊特与来自80个国家的1,300家单位共同参加了在毕尔巴鄂举行的2012年水电大会。该水电交易会每年举行一次，期间举办一系列的展览和讨论，并探讨全球水电和抽水蓄能开发领



域的众多具体计划。来自全欧洲各个公司的福伊特水电专家都参加了此次博览会，公司在会上发表的几篇关于关键技术论文及成功案例介绍，这再一次证明了公司的高科技专业水准。在会议期间，福伊特公司在巴斯克市纳瓦尔河堤的海洋博物馆举办了一次会议晚餐。另外，该活动也是福伊特水电集团全新设计展厅的首次公开亮相。//

## 扩展售后服务

**北美** 福伊特进一步强化了其水电厂综合服务方案，并扩展了原有的售后服务活动，在加拿大创建了一个新公司。在收购了位于魁北克的Vortex水电公司之后，福伊特将充分利用该公司在新型辅助机械系统、专业水电产品和专家咨询服务方面的专业知识。福伊特水电董事会成员兼业务发展总监Kirsten Lange说：“长期提供全面的服务越来越重要，因为这是我们客户所需要的。”Lange在2012年加入董事会，还负责公司的售后业务，其中包括预防性维护、维修、高质量备件和检查等工作。//



## 开发缅甸的水电市场

**缅甸** 一月份，在仰光举行了第一次正式的缅甸电力峰会，此次会议期间，福伊特担任协办方，也是在现场设有自己的展厅的唯一专业水电公司。共有50多位来自当地电力部的代表参加了此次会议，探讨了缅甸能源行业的开发和投资机遇。在缅甸，只有一部分人能够用电，并且还会经常遇到停电。该国的水电发展潜力很大。福伊特水电集团已经在缅甸实施了两个项目：在缅甸最大的水电站项目耶涯中，福伊特水电集团提供了水轮机、发电机和自动化系统；而在Kinda坝项目中，公司早在1986年就提供了两套机组。//

## 在南美成功完成任务

**巴西** 在重要的南美市场，福伊特的水电不断取得成功。在新年来临之际，公司从巴西水电站的现代化改造项目中接到了几份大订单。合同总价值约为1.85亿欧元，在项目中要对Tractebel Energia公司的两座发电厂以及运营商杜克公司的一座发电厂进行现代化改造。在装机1,420-MW的萨尔托圣地亚哥电站中，四台水轮机、发电机、机电设备和自动化技术系统都需要进行全面翻新和整修。在装机226-MW的帕苏丰杜电站中，福伊特将对两台发电机组、自动化系统以及涡轮调速器进行现代化改造。而在沙万特，则将翻新三个发电机组，其中包括水轮机和发电机，以及位于装机414-MW电厂的机电系统。//



Norbert Riedel博士：在1988年加入福伊特之后，开始担任工程师，后来又陆续担任了很多高级职位，其中最新的职位是福伊特水电工程中心的总经理。

# 传递接力棒

在福伊特水电集团工作了30多年之后，首席技术官Siegbert Etter博士正准备退休，并由Norbert Riedel博士接替其工作。我们与他们共同进行了一次访谈，探讨福伊特的技术创新以及进行有效知识传递的重要性。

## 在您在福伊特水电集团任职期间，水电行业最重要的技术进步是什么？

**Etter博士：**从基本原理来看，在过去的30年中并没有发生大幅度的变化。水电是一项非常成熟的技术，福伊特已经在这个领域进行了140多年的工作。不过，有很多小规模的变化也导致行业的整体面貌发生了改变。通过这些发展，提高了功率、功率密度、设备尺寸和出力。以材料发展为例，今天的钢材强度更高，更柔韧，更坚固，耐腐蚀性能更好，整体质量也比过去有了显著提升。不管是在实验室，还是在加工厂，我们积极推动了大量的改造。

**Riedel博士：**在自动化、控制技术数字化、以及仪表和传感器技术领域都发生了翻天覆地的变化。这为实现内部控制功能和缩短响应时间创造了新的机会，使发电厂能够通过提升设备利用率来获取更多利润。另外在电气设备领域也取得了长足的进步，比如在绝缘材料方面，另外采用空冷发电机也实现了更高的效率。

**Etter博士：**环境问题也越来越成为人们关注的焦点：包括无轮毂体，对工作用水进行充气处理，采用相应的叶轮设计或技术来降低伤害鱼类的风险。

### 行业的发展速度或幅度是否超过了您的预期呢？

**Etter博士：**回顾过去，我觉得的确如此。因为水电行业在上世纪八十年代末期开始进行整合，所以推动了很多变化。为水电厂生产全套产品的全面供应商以非常迅猛的速度出现，并且其职能非常全面。对于福伊特来说，在2000年与西门子公司成立了一个具有这种性质的合资企业。在行业整合的过程中，有很多大型和历史悠久的公司都消失了，但是福伊特通过自己的努力继续在业内享有盛名，我们也是目前业内唯一一家历史超过140年的制造商。

### 有什么技术创新真正让您感到吃惊吗，或者还有什么创新是您一直期待但是始终没有实现的？

**Etter博士：**一些创新成果并没有流行起来，比如“贯流式”原理或高压发电机，这些技术没有流行的原因通常是经济而非技术原因。不过我们真的没有看到什么特别让人惊奇的技术，即使是我们预想中的变转速水轮机也是如此。

**Riedel博士：**人们曾经认为模型试验已经过时，但是实际的情况并非如此。实践证明：这种短期假设并不成立，我觉得将来也不会变为现实。虽然计算机技术在不断发展，但是模型试验不会被淘汰。简单来说，它们可以通过独特的方式最大限度降低我们客户的风险。

### 在您在公司任职期间，福伊特水电集团发生了哪些最显著的变化？

**Riedel博士：**发展成为真正全面的供应商，是公司一个巨大的进步。我们在发电机、自动化和发电厂等方面的专业知识逐渐融入到我们的水轮机技术体系中。

**Etter博士：**的确如此。另外通过吸收其他公司的员工，也可以进一步丰富福伊特的知识储备。

### 福伊特水电集团的哪一项技术创新最让您感到骄傲，为什么？

**Etter博士：**海洋能源。在这个领域，我们已经开发了可靠的新型技术，比如水润滑和耐海水部件。在某些方面，我们甚至还能将这种知识反馈到传统的水电系统，必须采用为小型水电厂新开发的StreamDiver [参见第34页]。

### 您觉得近期的水电行业会有哪些重要的技术发展？目前的研究领域有哪些？

**Riedel博士：**我们未来会在材料研究领域继续开发和应用新技术。▷



Etter在1982年加入福伊特，担任水轮机制造工程师，在成为首席技术官之前，任技术部主管。



- ▷ 环境问题将继续推动技术发展，比如Kaplan水轮机使用的无油轮毂体。在发电机方面，我们预计会继续优化绝缘技术和冷却技术，甚至采用性能优良机组来不断提高输出。我们正在密切关注半导体和超导技术的发展情况，以便能在合适的时间为福伊特水电集团引入合适的技术要素。这些努力最终都会使我们有能力更好地满足客户需求，比如提供多种操作模式，提高灵活性，实现更频繁的负载变化，以及让设备按时达到更高的利用率。我们的工程师和技术人员必须认真倾听客户的声音，并对客户的发展方向做出预判，进而根据此类信息推动创新。

#### 您在福伊特水电集团任职期间，知识和经验传递系统都经历了哪些发展？

**Etter博士：**因为我们的业务遍及全球各大水电市场，并且提供多种多样的服务，所以必须在公司内收集、整理和重新传递众多知识。我们在各地的工程师都拥有各地的专业知识，这些知识会汇入公司的信息体系，同时他们也需要随时使用福伊特统一收集的信息。这既是我们所面临的挑战，也是我们的目标：在全球范围内成为各地区全面供应商。

**Riedel博士：**这也是我作为新首席技术官的目标之一，也就是要学习、积累和丰富福伊特的经验，将这些知识不断融入到我们产品之中去。在我的岗位上，还需要管理好各地区之间的知识传递，以确保这些专业知识更贴近全球各地客户的实际需求。

#### 作为新任首席技术官，您还有什么其它目标？

**Riedel博士：**承担挑战者和合作者的双重身份—不断地进行挑战，以推动公司的业绩和创新；同时作为内部和外部合作者来倾听客户和员工的声音，以了解未来的需求，并开发我们相关的技术。为此，我们希望能够创新和冒险之间寻求合适的平衡。必须始终确保水电是一种安全、可靠的可再生能源。

#### 知识和经验的传递是否因为技术开发而变得更加容易，或者因为当今庞大的信息量而变得更加困难？

**Etter博士：**两种说法都有道理。计算机技术无疑降低了很多环节的难度。不过与此同时，复杂性也大大增加了，这是因为我们需要解决处理大量专业知识、接口、文档等方面的需求。

#### 在力争达到最佳效果的过程中，详细的专业知识和经验传递过程有多重要？

**Etter博士：**非常重要，这也是我们必须在公司内培养长期合格接班人的原因，比如Riedel博士。不仅赢得了内部和外部的信任，也需要汇集来自多个领域的经验。另外，在电厂的实际经验也很关键。

**Riedel博士：**没错，有电厂的实际经验，才能真正理解电力系统，并对技术和自然力量充满尊重，并且避免各种风险。

#### 您的前任给您的最佳建议是什么？您又想给继任者什么建议？

**Etter博士：**首先，人的因素至关重要。员工应该在合适的岗位上各司其职—要信任员工的能力，鼓励他们勇敢地面对挑战。作为首席技术官，还要将优秀的年轻人吸引到公司来。在全球范围内，“德国工程”都是一块金字招牌，我们必须充分利用这种吸引力。其次，不要自满，因为在这种情绪的支配下，我们无法虚心听取别人的意见。我们要倾听员工和客户的声音，对于首席技术官而言，这是最重要的。当然，公司的市场地位、非凡的发展历程以及新产品和新员工融入公司的过程都让我感到骄傲，不过根据我在水电行业30多年的体会，有一件事比什么都重要，必须热爱和敬畏水电事业。//



“我的职责是确保我们的专业技术知识贴近全球各地的客户。”

福伊特水电集团新任首席技术官Norbert Riedel博士



# 知识就是力量

知识传递专家Steve Trautman为我们解释：  
各个公司应该如何设法汇集专业知识，  
以免悔之晚矣。

岗位交接规划（为重要岗位招募和培养员工）几乎总是集中在高管层。不过，此类规划还应包含所有掌握关键和独特知识的专家。通过知识传递计划，可以降低损失知识和经验的风险。这种传递的内容远不仅限于在职培训，它包括将关键专业人员的专业经验、智慧和知识传递到同事的头脑里和手中。

科学家和工程师需要实用的知识传递机制。首先要有一个明确的目标，比如：“在星期二之前教她如何分析数据。如果她能回答五个问题，并且用与你类似的方式表述，则说明她已经掌握了方法。”技术导向型员工需要根据自己的常规任务来确定知识传递的重点，并利用相关工具来促进经验和理念的交流。循序渐进的教导方法可能尤为实用。在涉及有

效的知识传递策略时，应考虑如下步骤：

## 对信息进行优先排序

老员工拥有丰富的知识，不过这些知识并不是同等重要的。应该将高风险/高价值专业知识与已经过期或组织内已经大量存在的信息区分开来。

## 各种知识

在知识传递的过程中，必须传递明确知识（如何遵循特定的程序）以及含蓄知识，比如需要留意和倾听什么，必须遵守哪些规则，在某些情况下可以忽略哪些人，要想处理好问题必须认识哪些人，诸如此类。含蓄知识就像“秘密调料”，可以让有经验的人员在其工作岗位上游刃有余。

## 在职传递

让专家放下手里的工作去课堂授无疑是一种人力资源的浪费。知识传递必须融入到正常的工作进程中，否则就无法达到良好的效果。因为总是有很多新手亟待学习很多新的知识，所以在知识传递能够为其创造最佳环境。

## 理解是关键

知识管理（存储知识）并不能解决问题。只有在下一代理解了关键知识之后，才能降低风险。为了达到这个目标，应该综合运用知识管理工具和知识传递方法。

## 可量度的方法

通过拟定条理清晰的计划，确定应该在何时传递哪些知识，可以让繁忙的专家安排好知识传递工作的日程和优先级，并处理好与其它工作的关系。从责任的角度来看，借助可量度计划，管理人员可以记录进度，确保降低知识损失的风险。

不久之前，在一个岗位工作了五年的员工可能还是一个“新手”，因为他的很多同事都已经工作了20到30年，花费五年的时间来入门并不是一件疯狂的事情。不过今天，就业员工也许至少七年就要换一次工作，因此需要更快地熟悉自己的业务。必须借助合适的方法迅速完成知识传递，以满足当今日新月异的人力资源需求。//

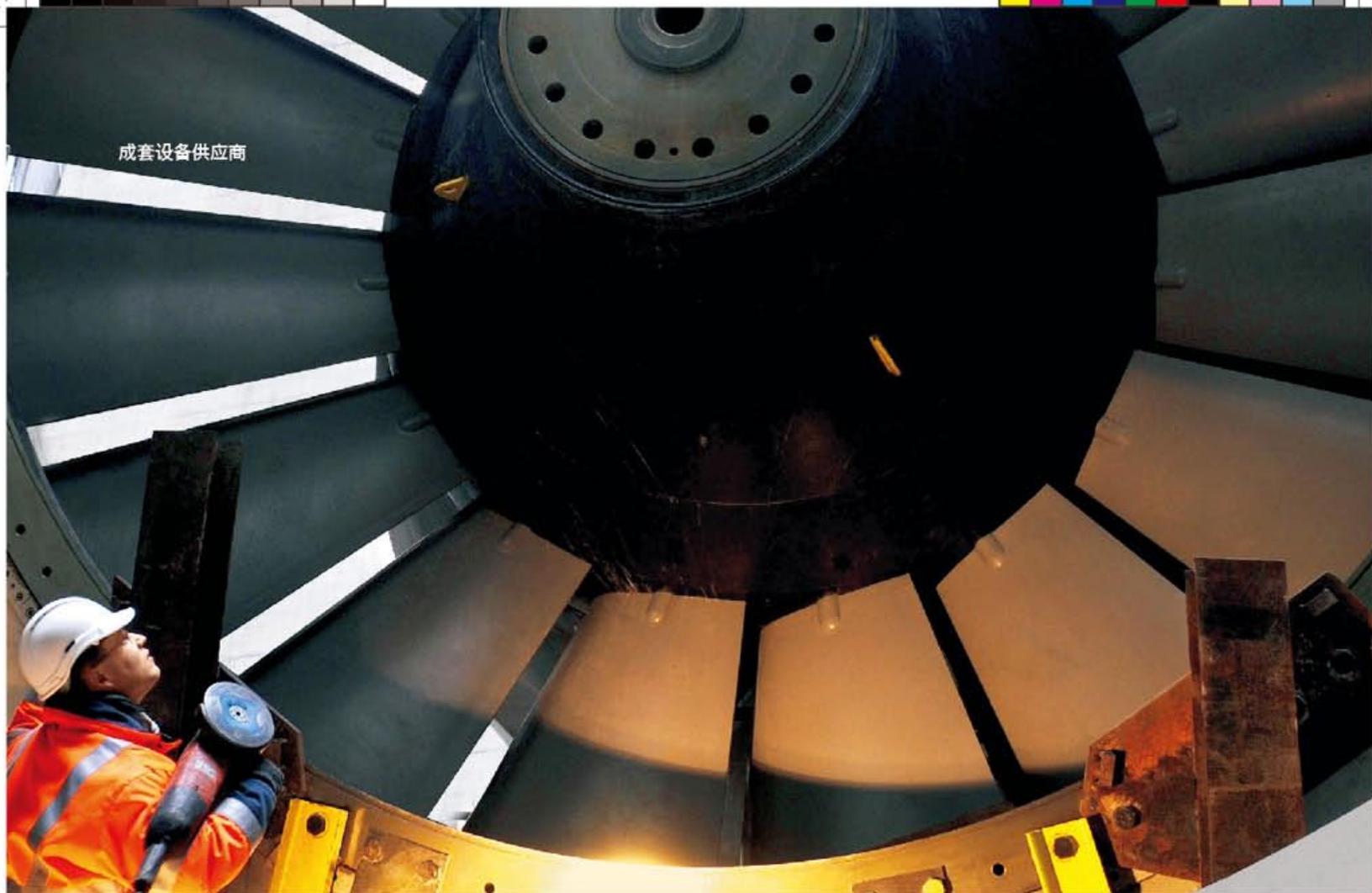


**Steve Trautman**  
Steve Trautman在过去的二十年中一直为微软、耐克和波音公司等客户提供咨询服务，他为各公司的高层管理人员提供实用建议，说明如何有效可靠地进行知识传递。



# 新的开端

福伊特水电集团正在全球范围内帮助其客户充分挖掘水电厂的潜力。通过创新现代化改造工作，可以提高效率，提升输出功率，提高发电厂的环保效益，将其使用寿命延长数十年。



在瑞士-德国边境莱茵费尔登经过全面更新的发电厂设备的导向叶片。

## 福

伊特水电集团美国约克公司的首席工程师Lars Meier说：“在开始进行现代化改造的时候，实际上就是对下一代设备进行投资。”他对推动公司大规模更新和现代化改造业务的必要经济机制有着清醒的认识。这种业务占公司在美国整体水电业务的很大比例，在其它市场也是如此。

福伊特水电集团的服务范围涵盖众多水电领域，为所有类型的水轮机、发电机和自动化系统提供解决方案，这些方案既用小型水电系统，也用于全球最大规模的水电项目。

公司新建和更新或现代化改造项目的比例在各地区有所不同，这也反映了各

地区水电行业发展历史和成熟度各不相同。

按照平均数据，自动化系统每20年更新一次，发电机每30年更新一次，水轮机每40年更新一次。此类业务包含三大类：第一类可以称为“保养”，也就是更换容易磨损的项目和提供备件；第二类是“更新”，也就是让现有设备有“新的开端”，将其使用寿命延长几十年；第三类是“现代化改造”，一般与更新同步进行，不过其目的是通过多种方式改进原始设计方案和设备。

Meier表示：“随着计算流体动力学技术的进步，以及人们更加重视偏离设计水头范围和流体范围内的操作性能，我们能够显著改进各种水轮机的操作性能。”

与此类似，借助磁通量模拟，改进了发电机设计方案。除了这些工具，还对大型项目进行按比例缩小的水轮机模型试验，从而确保福伊特能够提供最先进，同时也是最可靠的设计方案。

通过将更先进的设计方案与制造技术结合起来，可以提高现有设备的效率，而安装新型转轮则可以显著提高流量，从而提高输出功率。此外，改良转轮还可以减少汽蚀问题，降低水轮机的长期维护成本。

不过，对于大多数运营商来说，必须分析多种方案的经济效益，这样才能在支出和收益之间达到最佳平衡。

在俄罗斯的乌格利奇，福伊特水电集团进行了全面的现代化改造工作，将机组的容量提升了将近20%。

## “采用最先进的技术，对于最大限度挖掘水电厂现代化改造的潜力具有重要作用”

福伊特水电约克公司的总工程师 Lars Meier

Meier指出：“与客户展开真正的团队协作是非常重要的。福伊特水电为客户提供最佳技术解决方案而享有声誉。采用最先进的技术，对于最大限度挖掘水电厂现代化改造的潜力具有重要作用。”

对于服务供应商和客户来说，同样面对的最棘手的问题之一就是项目充满了未知的挑战。拆卸已经工作了40多年的内部系统，就像是打开了一个潘多拉的盒子。不管是石棉绝热层还是发电机芯中的热点区，都很难完全保证按照预期

进行。Meier说：“不过，我们总能找到解决问题的方案。”

某种程度上来说，最大的挑战是如何组织好相关工作，将停运时间缩短到最低限度，在对各机组设备进行改造的同时保持发电厂的正常运营，在发现每个新问题之后快速找到解决之道。为此，需要通过独特的方式将专业组织和专业知识结合起来。当然，只要运营商需要福伊特水电的专业技术知识（比如美国的科纳温戈和俄罗斯的乌格利奇），福

伊特公司就会随时为他们提供帮助，通过成熟的项目管理能力和全球制造设施为其服务。

福伊特水电翻修项目所能达到的性能与具体的项目有关，不过，不管是在什么项目中，都能确保提高可靠性，并缩短未来数十年内的维护停运。

在全球范围内，福伊特通过其长期积累的现代化改造经验帮助客户提高效率，延长设备使用寿命，这样的例子有很多，尤其是在像北美或欧洲这样的成熟水电市场。

在成熟的北美水电市场，现代化改造和更新在30多年的水电设备业务中发挥了重要作用。在过去的15年中，这些业务占福伊特在美国年度营业额的70%。▷



### 美国的水电行业

装机容量： 91 GW  
潜在装机容量： 82 GW



### 德国的水电行业

装机容量： 10 GW  
潜在装机容量： 6 GW



### 俄罗斯的水电行业

装机容量： 47 GW  
潜在装机容量： 425 GW

▷ 福伊特最近在美国进行的现代化改造项目的实例：更新和升级位于俄勒冈州邦威水闸和堤坝第一发电站的10台56 MW水轮机，对俄勒冈州科纳温戈水坝进行全面更新，以及对华盛顿州科罗拉多河瓦纳普姆水坝的11台11MW水轮机进行休整。

福伊特在北美市场开展业务已经有很长的历史，所以往往非常熟悉如何对自己或其关联公司（比如艾利斯-查莫斯或西屋公司）制造的设备进行更新或现代化改造。

福伊特水电约克公司的项目经理 Marcel Bos表示：自从这些发电厂建造以来，在材料开发领域有了长足的发展，从而提供了提升效率的潜在优势。比如，对水轮机核心部件几米直径的转轮来说，公差已经小到±五千分之一英寸。用更形象的说法进行对比，一张纸的厚度约为千分之四英寸，比上述公差厚20多倍。

不过，Bos很快就将这归功于此前福伊特工作人员的努力，因为是他们在这几十年前安装了厂房设备。“今天，我们在设计和计算机模拟方面可以做很多工作，但是在进行这种更新工作时，仍然会惊叹于当初没有采用计算机技术情况下这些设备所展现的出色性能。”

Bos强调说：除了出色的技术之外，与客户建立良好的合作关系，也是推动成功的一个重要因素。他指出：“工作不是由我们公司单独完成的，而是一

个协作的过程。如果与客户的关系不好，那么一切都是空谈。保持良好的沟通意义重大，我们必须了解客户的需求并满足这些需求。”

在数千公里以外的瑞士-德国边境处，海登海姆项目经理Björn Reeg毫不犹豫地就上述说法表示认同。他曾经负责对莱茵费尔登的设施进行重建工作，这是当时德国最大的可再生能源投资项目，其中福伊特公司负责提供多个部件。





“工作不是由我们公司单独完成的，  
而是一个协作的过程。  
如果与客户的关系不好，  
那么一切都是空谈。”

福伊特水电集团的工程师 Marcel Bos

通过对发电机进行现代化改造，可以将设备的使用寿命延长几十年。

Reeg非常同意他的美国同事的说法：“在整个项目进行过程中，始终与客户保持信任、可靠的合作关系，是对莱茵费尔登设施成功进行现代化改造的关键因素之一。”

莱茵费尔登最初是在1898年建造的，是在欧洲用来发电的第一个大型水电站。本项目的规模远远超过了“单纯”的现代化改造，整个发电厂都被大规模拆卸，然后采用最先进的环保技术重新建造。Reeg回忆说：“在莱茵费尔登所取得的成就令人惊叹。”

因为采用了四台新型福伊特灯泡式

水轮机，所以发电厂目前的容量达到了100 MW，这几乎相当于原来26 MW的四倍，也就是说，运营商利用莱茵河的发电量几乎可以达到原来的四倍，也就是每年发电6亿kWh。

在俄罗斯伏尔加河乌格利奇水电站项目中，福伊特再次证明自己能够通过现代化改造项目显著提升电厂的输出功率。在项目中更换了发电厂的一个机组，其中包括一个竖直Kaplan水轮机和65 MW功率的发动机、电气和机械设备以及自动化系统。

经过现代化改造之后，机组的输出功率约增加了18%，将装机容量增加了10 MW。

另外让人印象深刻的还有设备尺寸，水轮机转轮本身就重达221吨，直径有9米。福伊特的主设Sebastian Paul说：“这是福伊特第一次为俄罗斯的客户提供全套的水轮发电机组。因为项目取得了全面的成功，所以它肯定不会是在俄罗斯的最后个项目。”

# 1. 延长使用寿命

在成熟的加拿大市场，正在通过现代化改造提升戈登.M.施勒姆电厂的性能。

**加**拿大是另外一个成熟的水电市场。在这个市场，福伊特公司目前正在戈登.M.施勒姆水电厂进行现代化改造。该电厂有10台水轮发电机组，其额定功率为2,730 MW。

一到五号机组最早是在六十年代末期安装的，其额定容量为266 MW。在2008年，运营商加拿大不列颠哥伦比亚水电公司启动了水轮机升级项目，其目标是将每台水轮机的额定功率从266 MW增加到310 MW，从而实现与现代化水轮机设计相关的性能改造（水力效率、汽蚀、稳定性），并解决转轮叶片裂缝的历史问题。

福伊特水电集团和另外一家世界顶级的水轮机供应商与发电厂签约开发模型，每个公司都有一年的时间来设计、分析和测试与现有水轮机流道兼容的新部件。

在开发期结束时，在瑞士联邦理工

学院对每家供应商的设计方案进行了独立测试，由于福伊特实现了最佳技术和经济效益，最终选定福伊特的设计方案。

负责该项目的是福伊特水电蒙特利尔公司，水力设计和模型试验则是由约克的福伊特水电工程中心进行的。共测试了三种不同的转轮方案以及各种型号的活动导叶和固定导叶，以便在固定导叶、活动导叶和转轮之间找到最佳组合形式。在每次迭代模拟中，都首先使用计算流体动力学的稳态和非稳态数值分析方法进行计算，然后在模型上进行试验。

在本项目开始时，确定固定导叶是导致导水机构损失的主要原因。实际测试了多种设计方案，并始终注意到固定导叶是嵌入在混凝土中的，因而无法更换。每种设计方案都保留了大部分固定导叶形状，只有进水边和出水边进行了

修改，增加了钢延伸结构，以便提升水流与活动导叶的对齐效果。新侧门是用马氏体不锈钢铸造的，因此可以比原来的活动导叶薄一些。这样有助于进一步降低导水机构的损失。

最终的转轮设计方案采用了更长的叶片，以增加输出功率，同时实现更好的气蚀保护效果。转轮下环也比原来长一些，因而现场的埋入式部件需要修改。基础环下部在尾水管锥体衬板上部被延长，进行了一些小幅度的土建工程操作，并在坑内制造了基础环和尾水管锥体衬板。

在修改了固定导叶后，因为加工、研磨、装配和焊接需要使用模板准确对齐，所以进一步增加了难度。针对这种水轮机设计方案，在最初建造发电厂设备的时候，就埋入了底环结构，因此所有修改工作都必须在现场进行。

现场工作必须在几周内完成，另外还需要对埋入式部件（基础环、尾水管里衬、底环）进行大量修改，因而现场工作人员马不停蹄地工作，以赶在合约截止日期之前完工。

除了提供新型转轮和活动导叶之外，加拿大不列颠哥伦比亚水电公司还要求使用一些新型部件，比如顶盖、水轮机导轴承、主轴封和活动导叶操作机构。在项目中对水轮机轴和控制环进行了翻修。

经过翻修的第一个机组于2012年秋未被转交给加拿大不列颠哥伦比亚水电公司，而该公司负责的调试工作则在2013年2月底完成。//



## 加拿大水电行业

装机容量: 74 GW  
潜在装机容量: 162 GW



成套设备供应商

在委内瑞拉古里2号水电站的水轮机现代化改造将把五台水轮机的输出功率都提升5.5%。

## II. 展望未来

通过新型现代化改造项目，  
帮助中国和南美挖掘其巨大的水电潜力。



### 委内瑞拉的水电行业

装机容量: 15 GW

潜在装机容量: 58 GW

在过去的几十年中，水电一直为亚洲、南美和其它地区的很多国家提供最廉价、最环保、最可靠的电力资源。其中的很多发电厂目前已经到了需要进行现代化改造的阶段。

福伊特水电集团开发了一系列相关技术，以满足现代化市场需求，并应对传统工程解决方案无法解决的难题。在水电现代化改造和翻新领域最近取得的创新成果中，有一些成果也得益于中德联合研究项目在开发水轮机砂土侵蚀防护技术方面所积累的专业知识。

该项目是为填塞了大量淤泥的黄河开发的，这也是最恶劣的水电运行环境之一。在项目第一步，在位于斯图加特德国马普学会的一个“料浆罐”测试设施内，对可能采用的保护技术进行了全面的评估，以比较多种材料的耐腐蚀性能，然后在中国水利水电科学研究院对其中的最佳方案再次进行了评估，以模拟实际的条件。机组，其额定功率为2,730 MW。 ▶

▶ **借助其丰富的制造经验和相关研发工作**，福伊特水电集团创建了一个采用了若干种表面保护技术的工具包，它称为腐蚀防护表面强化（WISE）系统。

该工具包主要采用了三种解决方案：DIATURB，这是一种基于碳化钨材料的热喷涂应用涂层技术；SOFTURB，一种厚膜高级聚合物涂层；以及TECTURB，它是可更换的耐磨涂层，可以延长水轮机关键部件的使用寿命。

DIATURB涂层为高速氧燃料喷涂的金属陶瓷涂层，具有耐腐蚀保护作用。它们由一些非常高密度的层结构组成，具有出色的粘合强度和耐腐蚀能力。具体的喷漆过程对技术要求很高，正确的喷涂参数至关重要，其中包括喷射速度和距离，通常需要通过机械方法来喷涂。这些涂层可以将水轮机部件的耐磨性能提高三到七倍，其层厚一般小于0.4毫米，因而可以在部件尺寸公差很小的场合使用。

SOFTURB涂层具有出色的耐磨性能，并且成本较低，一部分原因是它们可以通过抹、刷或喷的方式来喷涂，其厚度为1.5到2毫米。与此同时，TECTURB耐磨件则可以喷涂到水轮机上的“热点区”，该涂层比本科更易磨损，从而延长本体的使用寿命。

福伊特公司目前正在最初测试创新技术成果的三门峡应用一些创新技术。公司正在对三门峡的两台50-MW水轮机以及其它部件进行现代化改造，同时还在进行自动化工作。

设备2到4号机组的工作范围包括对整个转轮、侧门和头盖和底环的耐磨板进行现代化改造，并对水轮机部件进行自动化处理。福伊特公司将流通表面采用碳化钨涂层，并将基础环从半球形改为整球形。

福伊特水电集团中国销售总监徐刚表示：在此项目中，将把水轮机原型的最佳效率从91.5%提升到94.35%，将额定效率从89%增加到93.8%，将机组输出从50 MW增加到60 MW。除了确保改进耐腐蚀性能以外，现代化改造还将设备每台机组的年输出



**中国的水电行业**

装机容量: 249 GW  
潜在装机容量: 466 GW

功率提高将近800万kWh。

南美目前的水电装机容量不到技术可行潜在装机容量的四分之一，毫无疑问是开展新建设项目的一个重要市场，与此同时，在很多重要地点，也在开展现代化改造工作。福伊特水电集团目前正参与一个行业联盟项目，对委内瑞拉的古里2号水电站进行现代化改造，这是该国最大的水电站，也是全球第三大水电站（仅次于中国的三峡以及巴西/巴拉圭边境的伊泰普电站）。

福伊特水电集团的古里2号电厂项目经理Telmo Gomes说：古里2号是此类大型电厂中最先进行翻修的，因此也是有史以来最大规模的水电现代化改造项目。

在此项目中，福伊特水电集团负责翻修五个水轮机和10个调速器以及附件，安装新型Francis转轮、头盖和五套新侧门。该项目还要额外安装一个新操作环，并翻修已有的四个操作环，为液压调速器安装10套新螺杆泵，为数字调速器安装10个控制面板。

通过这次大修，将显著提高设备的输出功率。Gomes说：“在我们完成工作后，古里2号发电厂五台机器的最大输出功率都将从730 MW增加到770 MW。”

福伊特在2011年5月完成了第一个机组的翻修，第二个机组目前已经完成了80%，并计划在2013年底重新投入使用。在此之后，Gomes及其团队将开始翻修其它三个水轮机和八个调速器。

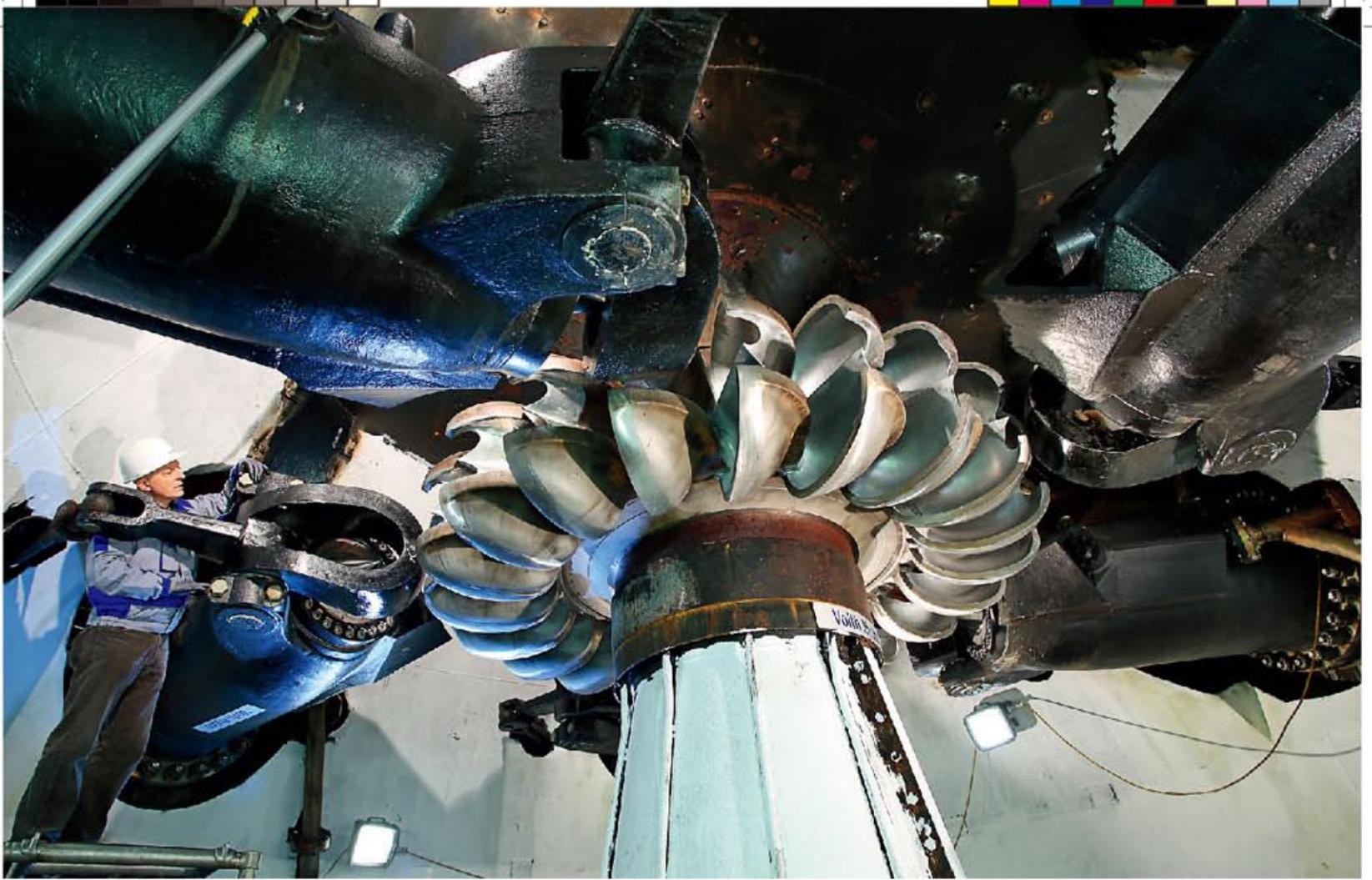
**这种大规模项目中总会面临多种挑战。**在本项目所面临的问题是：如何将设备运送到边远地区的发电厂，以及福伊特如何顺利操作并非自己生产的设备。不过与所有现代化改造项目一样，面临的**最大困难就是时间**。Gomes表示自己和团队始终将时间因素放在心上。“因为古里电厂对委内瑞拉非常重要，所以目前和将来最棘手的问题是：找到最快的解决方案，确保机组能在最短时间内恢复运行状态。”

## 三门峡的现代化改造

- 将水轮机原型的最佳效率从91.5%提高到94.35%
- 将额定效率从89%增加到93.8%
- 将机组输出从50 MW增加到60 MW



- 1和2 SOFTURB聚合物涂层具有出色的耐磨性。它可以通过刷或喷等传统方法喷涂。  
3 三门峡电厂通过改良，将提高效率、输出和耐腐蚀性能。



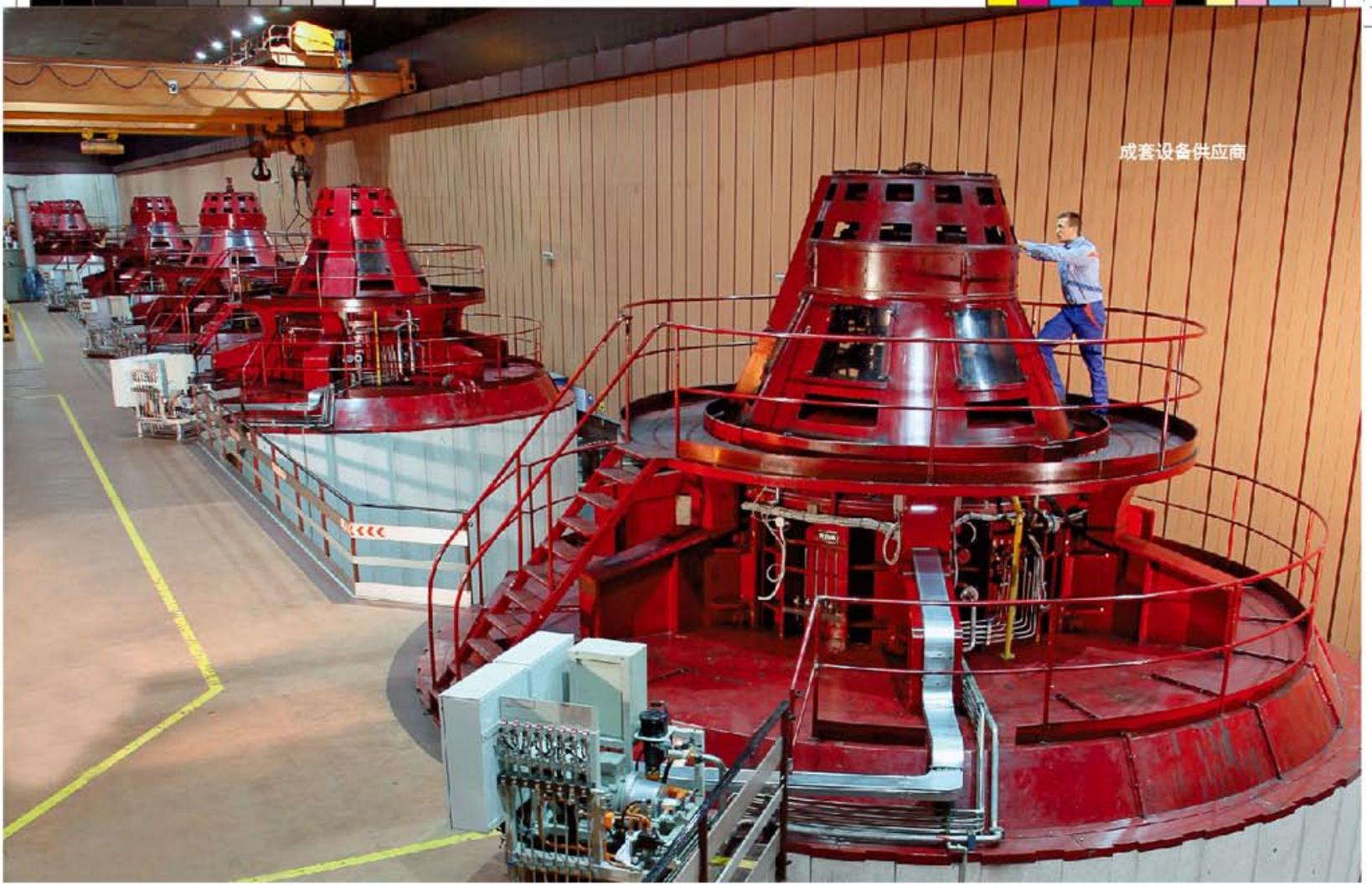
带改良型Tosi喷射器的冲击式转轮，在修改后完全组装完毕，等待调试。

## III. 隐藏的宝藏

伦科瓦尔格兰德水电厂位于阿尔卑斯山脚下的地下厂房，是欧洲最大的水电厂之一，在经过福伊特水电集团的改造之后，目前也是欧洲最现代、最高效的水电厂之一。

伦 科瓦尔格兰德水电厂是一个非常有点的水电厂，它位于意大利北部

风景如画的马乔里湖旁边，设在地下，是技术与生态的完美结合。该发电厂最初是在六十年代建造的，最近进行了大规模的现代化改造，借助多种尖端工程技术，升级为欧洲最高效的水电厂，其输出功率达到1,000 MW。它与国际Musignano-Li-vargo线路共同构成了意大利的主供电恢复线，可以在断电时提供电力。



成套设备供应商

在伦科瓦尔格兰德水电站地下厂房的各台发电机组。

福伊特水电集团意大利技术主管 Vincenzo Marino 解释说：“机组改造需要达到很高的性能和可靠性标准。我们更换了主要机组的调节器，以提高操作容量，另外还采用了合适数量的润滑剂和液压流体。在重新设计了针阀轴滑动装置后，无需再使用以前用来润滑44个 Pelton 喷嘴的润滑脂。现在采用了一种自润滑系统，并在原来的碳钢轴上采用了不锈钢外壳。”虽然这种修改本身很简单，但是因为要对液压系统进行全面大修，所以增加了复杂性。该系统目前的操作压力为最初压力的四倍（从20巴增加到80巴），需要重新设计喷针装置的力平衡系统。

因为最初的泵发电机是由多家制造商提供的，所以无法采用一种统一的方

案。如Marino所述：对于Riva Calzoni公司提供的24个喷嘴来说，任务比较简单，它们已经设置了一个润滑油和弹簧系统，通过水和弹簧的综合作用，可以产生全部闭合推力。在这里，唯一需要进行的修改就是减少内部接力器的推力表面积。

“不过，对于Franco Tosi公司提供的20个喷嘴，就要复杂一些，因为如果要减少内部接力器的推力表面积，需要修改平衡系统，以确保只使用水就可以提供闭合推力，因为最初装置的开启和闭合都使用液压油操作。”



#### 意大利的水电行业

装机容量： 23 GW  
潜在装机容量： 12 GW

在解决了上述困难之后，因为减少了推力表面积，所以新型高压液压系统可以显著降低操作所需的油量。因为喷射器数量较多，所以这样一来可以节省大量成本，其中包括供应和存放成本。

Marino说：“同时我们也不要忘记伦科瓦尔格兰德项目所带来的其它益处。”新型液压系统还具有节能作用。交叠比例阀显著降低了油耗，缩短了泵啮合时间，同时没有影响系统针对调节器控制的响应速度。在调节器中通过一种算法来恢复因为比例阀交叠而产生的死区。

另外，控制机器操作的液压油比矿物油更贵，现在已经具有生物降解功能，这是一种环保型解决方案，对位于马乔里湖畔的整个发电厂来说具有重要意义。

## IV.纵向发展

位于日本丰三发电厂的全球最大立轴灯泡水轮机和发电机将把输出功率增加10%。



### 日本的水电行业

装机容量: 50 GW

潜在装机容量: 16 GW



**在**提高效率的同时，不增加过多的投资：这是所有水电现代化改造项目的共同目标。在这个领域，福伊特水电集团处于前沿地位，通过在日本一个大型电厂采用立轴立轴灯泡水轮机，以及进行电厂增容，展示了如何达到上述目标。这个电厂就是始建于1929年的丰三电厂，目前正在将六个原有的立轴立轴混流式水轮机组（装机容量为56.4 MW）更换为两台高效的立轴立轴灯泡水轮机（装机容量为61.8 MW）。

该项目将把丰三电厂的原有输出功率增加10%，从而巩固福伊特水电集团业务在日本市场的领先地位。对于日本这样一个以水电作为主要可再生能源的国家来说，此项目尤为关键。

需要特别强调的是，在项目中使用了全球最大的立轴灯泡水轮机和发电机，其功率为32MW，并采用了4.4米直径的转轮。丰三电厂的工程师Masahide Masuo解释说：“设备的一个主要技术特点就是采用了几种冷却方法，以避免辅助部件。”他补充说：“在发电机定子和转子中产生的热量会被传递到设备的外封盖上，然后排放到河水中去。在轴承中产生的热量会通过灯泡支架结构内的双壁式油腔来冷却。”

福伊特水电集团已经证明：能够通过一种技术拆除转轮，而不需要拆除发电机和水轮机本身，从而高效地完成上述现代化改造工作——这样就缩短了改造时间。为了在低水头电厂实现高输出功率，最明显的解决方案仍然是安装灯泡式水轮发电机组，这样就不必采用卧式机组所需的线性流道。Masuo说：“这样可以减少电站厂房的平面面积，使厂房本身的结构更加紧凑，并显著降低建设成本。”

将厂房面积减小以后，还可以在地理空间非常局促的场所使用立轴水轮机，比如在上游有大坝的地方。Masuo总结说：“在建设新发电厂和重新开发原有电厂的过程中，必须选择最合适的厂房和水轮机类型。”

这种灯泡式水轮机技术是福伊特公司在五十年代之后开始提供的，新式设计方案的单机输出功率已经超过了80MVA。对于拥有老式发电厂的公司来说，立轴灯泡式水轮发电机组可以提供一种理想的增容方法，提高满载效率和过流能力，并带来诸多优势。对于低水头项目，设计权衡过程很简单：水轮机（比如丰三电厂最近安装的水轮机）可以提高每年的发电量，并降低建筑成本。



- 1 新式小型水电厂每年可以产生约9 GWh的清洁能源。
- 2 一种卡普兰水轮机轴与发电机直接连接的灯泡式机组。

## 水电文化

在芬兰南部的一座中型建筑将传统的水电与最新的前沿技术结合起来。

在芬兰的公用事业单位Suur-Savon Sähkö为要在芬兰南部库萨科斯基大坝安装的一个新水电厂举行招标时，要开展的项目面临着文化和技术领域的挑战。这个新电厂要取代在1932和1940年建造的两座水电厂，这两座水电厂在该地区的电气化历史上发挥了重要作用。为了使该项目得到政府机构的批准，要满足的一个重要要求就是保留原电厂、机械设备和入口结构的历史面貌，同时建立一个以水电为重心的工业博物馆。

项目所面临的主要技术挑战是如何在原有坝结构中安装一个现代水轮机。原来的设备的运行范围很大，并且水力工况也不正常：其典型流量为40m<sup>3</sup>/s，在某些时候可能会下降到6m<sup>3</sup>/s，其水头可能在2到6米之间变化。

另外，Suur-Savon Sähkö希望找到一种经济合理的一揽子方案，以控制好预算。其

它要求还包括：不能中断和干扰正常运行，同时还要防止空蚀。福伊特水电集团子公司Kössler提出的方案与其任何竞争对手都不一样，在该方案中采用了一种特殊设计的卡普兰灯泡式水轮机。卡普兰水轮机在全球各地广泛用于发电，不过一般用于较大的设施。Kössler公司负责斯堪的纳维亚各国投标项目经理Karl Henninger说：“在我们邀请Suur-Savon Sähkö公司到慕尼黑的伊萨尔河参观了一个类似装置后，很快就让他们感到信服。”

Kössler设计主管Gerald Hochleitner解释说：“不过要达到项目参数要求并不是一件容易的事情。要集成水轮机室、灯泡结构和20吨的发电机，同时还要设计好整个冷却系统，这是非常棘手的工作。最终方案是用法兰将同步发电机直接安装在水轮机的延长轴上。”总部在奥地利的Kössler公司提供了水轮机和发电机、所有必要的辅助设备以及附件和备件。公司还

负责运输、安装、监督和调试工作。

虽然2012年1月伊始，芬兰还处在极地气候中，但是项目进展非常顺利，只过了五个月，水电厂就投入运营。虽然这标志着库萨科斯基大坝水电系统进入了一个新时代，不过老式木质结构磨房内的库萨科斯基电厂和电力展厅仍然继续展示着老电厂过去的辉煌。

# 跨国里程碑

福伊特水电集团在哥斯达黎加的库布居奇项目是一个小型水电厂，但是却具有跨国意义。

库布居奇项目设备虽然是在哥斯达黎加安装的，不过却是在巴西、意大利、哥伦比亚和印度制造的。库布居奇项目是由福伊特公司以及本地最大的合作企业之一Coopesca共同调试的，设备在2012年12月投入使用。发电厂装备了两台11.4 MW的卧轴混流式水轮机，由福伊特水电集团巴西公司以及Noida（印度）公司设计，并由福伊特水电集团 Vadodara（印度）公司制造。两台13.8 MVA发电机和蝶阀是由印度和意大利的合作公司提供的，并由米兰的福伊特水电部门负责监督阀门制造。水工部件是由哥斯达黎加合作方提供的。变电站设备则来自西门子哥伦比亚公司和西门子哥斯达黎加公司。最后，机械和电气设备以及自动化系统来自福伊特水电集团巴西公司。

在一个小型水电厂项目中，为什么会牵涉到这么多跨国合作呢？福伊特水电集团巴西公司的库布居奇项目经理Leonardo Penteadó解释说：“在竞争日益激烈的全球小型水电市场，必须充满创造力，才能达到最佳性价比。通过这些来自不同渠道的产品之间实现平衡，我们可以最大限度降低成本，扩展供应链，同时保持高质量水准。”

库布居奇是福伊特水电集团在拉丁美洲第一个采用在印度设计、制造、测试和供货的发电机组的项目，当然肯定不是最后一个。这些产品不仅达到了福伊特水电集团的质量标准，而且印度团队对成本控制得很好。福伊特水电集团印度公司大型水电部门的外联和项目管理与现场服务主管Sumeet Mazumdar表示：印度政府为水电厂出口业务提供了优惠的政策，因而税款和劳动力成本较低，为业务发展创造了足够的动力，这些都助于帮助客户显著降低成本，从而使公司受益。

福伊特水电集团Noida公司的小型水电工程主管Rohit Uberoi指出，从很多方面来看，库布居奇项目都有陡峭的学习曲线：“我们的巴罗达发电厂在2010年开始运营，当时还没有很多熟悉这种项目的工作人员。另外，我们可以部署标准解决方案，不过在库布居奇项目中，使用的发电机是我们刚刚开发的。我们还发现：我们需要改进采购网络，以避免延迟。”



全球合作：水轮机转轮是在巴西和印度设计，并在印度制造的。



位于库布居奇现场的稠密森林。因为地形的原因，所以无法使用调压井，因此必须找到一种新的解决方案。

虽然有这些挑战，但是巴罗达发电厂设法在全球团队的帮助下达到了福伊特水电集团巴西公司的标准。Uberoi解释说：“来自巴西的一位质量经理来到我们发电厂，帮助我们培训员工，以确保我们能达到福伊特标准。我们还与巴西和德国的福伊特水电部门定期进行设计评审，以确保我们都保持一致。我们的团队从库布居奇项目中学习了很多经验，并且能够用于其它项目，其中包括为加拿大的一个水电厂生产水轮机，并设法提前完成任务。”

与地球另外一端同事的合作也需要解决若干难题，其中包括语言和文化差异，以及遥远的距离。虽然如Penteado所述：对于本项目，从某种意义上来说，时区差异实际上也可以成为一种优势：“我们可以在印度团队当地时间的午夜为其发送电子邮件，在第二天我们上班时，就会接到他们的答复信息。这样一来，整个项目就像是每天24小时在不停地运作一样。”

除了协调来自全球各地的输入信息之外，在项目中还必须克服很多棘手的困难。因为地形的原因，所以在项目现场无

法使用调压井，而减压阀也因为成本太高而无法使用。因此，巴西的团队采用了新式方案。他们设计了一种水力解决方案，使水轮机起到减压阀的作用。

Penteadore解释说：“对于这样的一个项目，能参考的资料很少，所以巴西团队不得不进行大量的计算机模拟，以检验可行性，并由德国的福伊特工程师来验证他们提出的方案。这个系统在库布居奇使用效果非常好。实际上，该发电厂已经成为哥斯达黎加能源行业的一个标杆。”进行全面的测试可能需要很多时间，不过仍然在项目开始后不到两年的时间里完成了项目。

库布居奇项目创造的另外一个记录是：它是福伊特水电集团巴西公司开发的第一个“基本”自动化解决方案。Penteado说：“这是一种简化的自动化解决方案，重点关注客户的具体需求。它的经济效益远远高于传统的系统。”因为此项目取得了成功，所以福伊特已经开始在拉丁美洲的另外一个项目中实施这种简化了的自动化方案。库布居奇项目的影响力在不断扩大。



# 水电走在最前沿

国际能源机构可再生能源部门的主管  
Paolo Frankl博士探讨了水电在全球  
绿色能源领域所起的作用。

您认为在绿色能源开发领域，哪些技术会成为最重要的技术？

虽然从整体来看，可再生能源正在变得越来越成熟，不过我们正在急切地为各种可再生能源开发第二代和第三代技术，其中包括基于超高效率电池或超低成本有机电池的第三代光伏设备、可以将生物废弃物直接转化为乙醇的第二代生物燃料、在低得多的温度下使用地热的强化地热系统（可以显著增加地热的潜力）、海洋能源等。一些可再生能源的技术发展速度会比其它能源更快，不过我相信：如果拥有一个良好的政策框架，在关注最先进技术的同时，也强调相关研发，那么所有可再生能源都能在合理的时间内实现技术创新。



在所有上述领域，使能技术都很关键。对于可再生能源，主要有两种使能技术：蓄能和智能电网。它们都有助于提高灵活性，这是提高可再生能源使用能力的关键。未来的电力系统需要能够灵活适应各种能源，其中包括能够非常快速增加和减少的能源，比如水电和天然气。电力系统还需要能够实现灵活性的蓄能系统，比如抽水蓄能和集中太阳能的新技术。电力系统还需要访问智能电网，通过高效和经济的方式将需求与供应联系起来，其中包括涉及跨国能源贸易的广域网系统。

#### 在可再生能源综合方案中，抽水蓄能起到什么样的作用？

抽水蓄能是目前最廉价的大规模蓄电方式。国际能源机构(IEA)对抽水蓄能比较乐观 - 这不仅是因为它对水电很重要，而且也因为这种蓄能方式有助于未来在全球电力系统中整合规模大得多的风能和太阳能。总体来看，新式抽水蓄能系统可能成本较高，不过有一些种类会保持合理的成本，比如在多个能源系统之间使用级联线路的系统。



Paolo Frankl

目前担任可再生能源部门的主管。他在2007年加入国际能源机构。他是罗马大学能源和环境技术、学博士。

**在国际能源机构最近的一份报告中称：水电目前是全球范围内最重要的可再生能源。它将来是否会一直保持这种作用呢？**

水电至少在2050年之前都会是全球范围内最重要的可再生能源，不过其它可再生能源，尤其是太阳能和风能，在绿色能源市场中所占的比例会稳步增加。在各种可再生能源中，水电实际上是一种特殊情况，因为它的技术已经比较成熟。未来水电技术的发展会提高水电系统的可持续能力，减少环境影响，比如采用对鱼类友好的水轮机，并增加抽水蓄能方案，比如开发能使用海水的蓄能系统。小型水电站所用的新技术对很多发展中国家非常重要，这些技术将有助于提升这些国家的能源可靠性。

#### 目前全球可再生能源有哪些重要的趋势？

最近值得关注的趋势就是发展可再生能源的国家越来越多 - 其中有一些国家是首次发展可再生能源，另外还有很多国家制定了远大的可再生能源目标，比如中国。在绿色能源发展领域，新兴经济体的作用越来越重要，比如中国和巴西，另外还有南非、墨西哥和其它一些国家。在2009年成立的国家可再生能源机构就说明了在全球范围内越来越重视可再生能源，该机构已经有了160个成员，其中包括欧盟。

**作为国际能源机构可再生能源部门的主管，您自己的工作重点是什么？**

国际能源机构致力于对各种可再生能源的状态、进展和潜力做出符合实际情况、可靠、客观的描述。我们希望确认绿色能源能够完全融入到全球能源系统中去，具有竞争力，并在能源市场找到属于自己的空间。国际能源机构目前正在努力提醒人们注意：针对化石燃料开发的补贴远远超过了可再生能源。在全球能源市场，我们需要改变目前的游戏规则，更加关注未来旨在开发安全、清洁和成本合理能源的政策。国际能源机构将继续在绿色能源领域确定和推广全球最佳实践。





协调风能和水电，弗拉德斯2号电厂

# 抽水蓄能

在能源需求不断增加的背景下，目前正在通过抽水蓄能技术领域的三项重要开发来提高电网的灵活性和效率。

**在**全球可再生能源综合发电量增加的情况下，人们也更加需要通过可靠、高效的短期蓄能方式来抑制电网内的供电波动。根据德国联邦环境、自然保护与核能安全部在2011年进行的研究，在未来几年中，为了实现负载波动的每小时和每日平衡，德国电网将需要比平衡每周、每月和每年等长期需求更多的能量（参见下页的图表）。福伊特水电集团德国售后业务主管Alexander Schechner解释说：“从长远的角度来看，至少有70%到80%的蓄能业务都属于短期型的”。

幸运的是，目前的抽水蓄能技术已经可以帮助在全球范围内满足高成本效益的电网级蓄能需求。发电厂采用的设计方案可以将能量以水的形式存储起来，然后发电。在这个过程中，首先将水抽运到较高的水库中，然后在需要电力的时候，通过水轮机将水释放到一个较低的水库中。

抽水蓄能技术已经应用了70多年，如今，在各种抽水蓄能应用中，正在通过新型技术来提高其效率，比如变速系统、三机系统、以及多级泵。

到目前为止，抽水蓄能一直被视为

核能和热基荷发电厂的一种理想补充形式，因为这些发电厂减产的成本较高，比如在夜间减产（即使需求发生变化也是如此）。

Schechner说：“因为抽水蓄能电厂可以在几分钟甚至几秒钟的时间内增加或减少输出，所以是一种全能型电厂，它具有支持电网和蓄能的作用，就像神童一样无所不能。”

长期和短期蓄能是不一样的，短期的时间通常为几个小时，最多不超过10个小时。与常见的观点不同，人们对短期蓄能的需求量实际上最大。“生产商需要尽量提高灵活性，以便将蓄能与不断变化的可再生能源结合起来，比如风能和太阳能。”

**葡萄牙政府**正计划增加5,400MW的风电容量。在相关项目中，福伊特公司正在为葡萄牙北部的弗拉德斯2号发电厂提供装备，该发电厂采用了变速抽水蓄能机组，有助于提高本地风电盈利能力和可靠性。

该发电厂装备了两套立轴混流式变速水泵-水轮机组，将于2015年并网，每台机组最大产量为383MW。它将采用两台异步电动-发电机为电网服务。 ▶

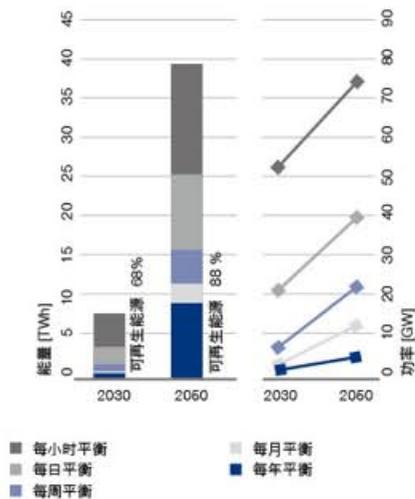


绿色能源组合

德国南部韦尔的上下水库鸟瞰图。

### 抽水蓄能技术能满足

德国电网中越来越大的对短期负载平衡的需求



来源：弗劳恩霍夫研究所

▷ 电网频率变化幅度不能超过 $\pm 0.1$  Hz。如果电机-发电机能够非常迅速地响应，从而为电网提供电力或者从电网吸收电力，则可以实现电网频率的稳定。通过高度灵敏的控制系统来利用电动-发电机飞轮体的动能，就可以在数毫秒的时间内响应。

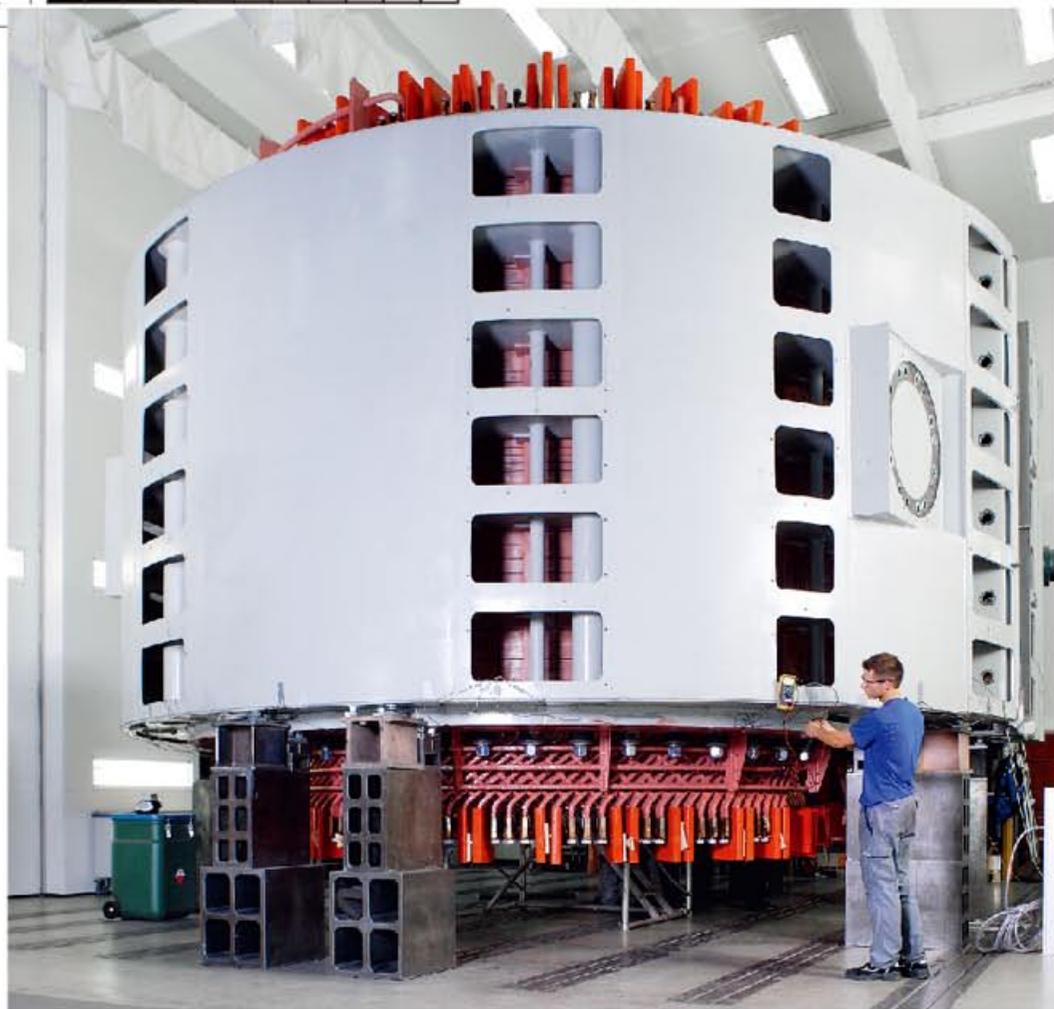
在葡萄牙项目中，目前福伊特公司正在为水泵-水轮机提供变速技术，并通过异步发电机来实现，也就是双重馈给感应电机。

在工业设备中，使用异步发电机来调节泵速度和功率并不是新型技术。机器可以作为具有可变功率的泵-电机设备操作，不受网络频率的影响，另外在部分负载条件下低速发电时，还能优化水轮机的效率。

**在水电厂应用这种理念时，总需要解**

决与其规模较大相关的问题。不过，现在，福伊特水电集团已经为大规模抽水蓄能电厂开发了一种异步电动-发电机，可以让水泵-水轮机改变其旋转速度，因而只使用当前可用的能量，就可以调节水泵容量，从而在水泵和水轮机操作过程中实现电网的高效稳定。

弗拉德斯2号发电厂项目经理 Wieland Mattem 说：“一般情况下，通过同步发电机将水泵-水轮机连接到电网，不能采用泵操作模式来调节 - 它们的抽水功率始终是不变的。在使用可变转速技术之后，使抽水蓄能达到了一个新高度，能够更好地满足未来电网的需求。除了可以将可变功率送入电网之外，与同步水泵-水轮机一样，还可以提供可变功率输出。”



韦尔的一台发电机正在进行现代化改造工作。

Mattern表示：这种技术还有另外两种优势：“异步水泵-水轮机尤其适合电网负载变化中所出现的动态峰值状态，并且可以在水泵和水轮机模式下都达到最优运行效率。”

针对已经使用同步发电机运行的电厂，尤其是小型抽水蓄能电厂，福伊特正在开发一种全容量变频装置解决方案，以实现类似的功能。

在欧洲的其它一些地方，福伊特水电集团也在开发另外一种技术，通过深入开发来提升抽水蓄能发电厂-三机系统的性能。

从其名称可以看出，三机系统共有三部分：其中水轮机，在一端连接到电动-发电机，在另外一端连接到水泵。作为两个分离的水力机器，电动-发电机在两种操作模式下都可以相同的转动方向，从而为电厂运行创造可观的商业

价值。

福伊特水电项目经理Johannes Roest说：“借助这项技术，可以在供电和耗电模式之间达到最高的灵活性”。

福伊特公司为瑞士Lac de l'Hongrin和Lac Léman湖电厂的业主Forces Motrices Hongrin-Lé-man公司提供了两套直轴多级泵机组，并作为该电厂三机机组的一部分（与Pelton水轮机以及电动-发电机一起）。

该项技术最近进一步细化，以使客户能够同时使用水泵和水轮机在水力短回路内高效抽水。Roest说：“三机系统是最灵活的。它们比标准技术成本更高，但是可以让电厂根据运营者的需求来定制设计方案。通过改良应用功能和采用水力回路，可以进一步提高灵活性。

在与瑞士毗邻的德国，在韦尔抽水蓄能电厂，运营商Schluchsewerke公

司最近委托福伊特公司对其四台卧式电动-发电机组进行更新改造，这些设备是全球最大的抽水蓄能设施之一。4x300MVA三机系统已经运行了40多年，其可靠性和灵活性都很高。运营商非常清楚福伊特在该领域的专业经验，所以邀请该公司采用最新的技术进行技术革新。

在抽水蓄能发展过程中，多级技术是最后一环。在这种理念下，使用统一的泵将水抽运到多级的上方水库中。

建造的泵排成一行（位于Lac de l'Hongrin湖，分成5级），这是因为发电厂的位置处于较高的山上，或者说在上方和下方水库之间有较大的落差。它们提高了整体电网效率，因为在可再生能源产量过高的时期，可以使用多级泵来消耗这些过量的能量，在上方湖内储蓄水能，并在需要的时候释放。

通过增强上述三种技术，使抽水蓄能达到前所未有的灵活性和效率。德国西部的市政公用事业网络Trianel正在向福伊特咨询如何建造抽水蓄能发电厂，该集团相信这些电厂将提高效率 and 灵活性。

Trianel项目经理Christoph Schöpfer说：“在德国的综合能源格局向高比例可再生能源过渡的过程中，灵活的供电能力是非常重要的。另外，现在还可以设计相关的抽水蓄能电厂，从而满足生态系统需求。”从一开始，设计人员就尽量降低电厂对环境的影响，并时刻注意让电厂和生物和谐共存。” //

# 最大限度 挖掘潜力

StreamDiver<sup>®</sup>是福伊特公司开发的一种结构紧凑，生态友好的新型水轮机，旨在实现传统水电厂无法实现的功能。



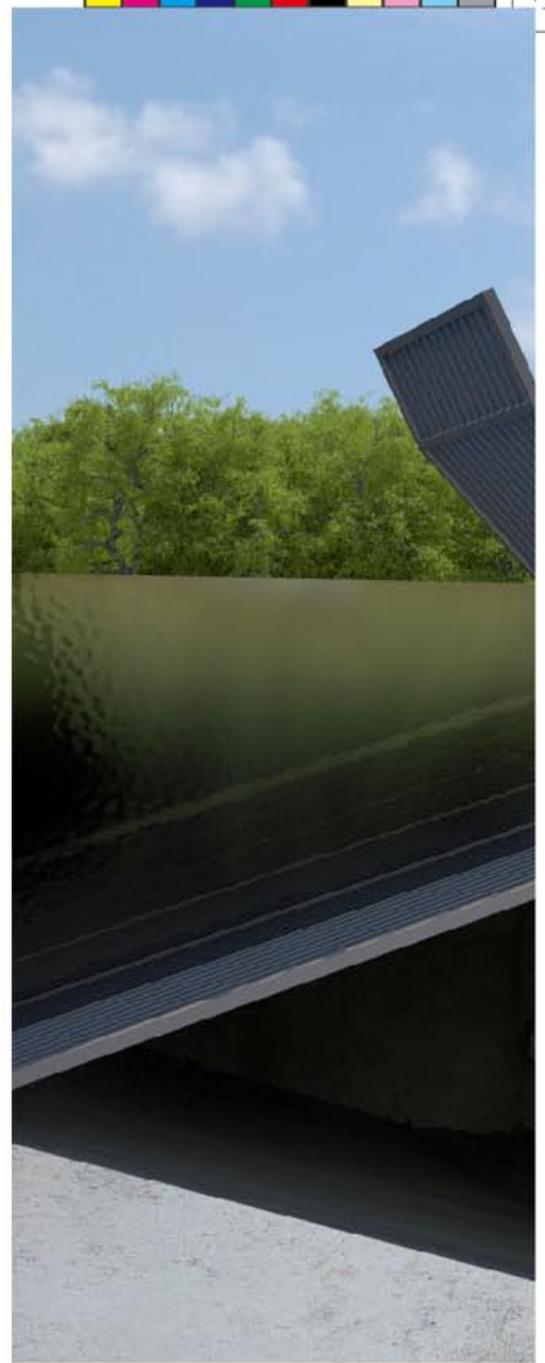
经济问题是开发StreamDiver的一个重要因素。其中一个重要的功能是轴承，它们完全用水来润滑，以避免受油和油脂污染。

目前，在全球的可再生能源产量中，水电的比重最大，每年的发电量达到3,000TWh以上。在过去的60多年中，水电至少占电力供应量的50%。

不过，水电在全球范围内还有很大的发展潜力可以挖掘，尚未充分挖掘的原因通常与经济因素有关，因为在某些地区，无法通过合理的方式开发能源。另外一个常见的障碍是生态因素，因为在某些地区建设大型水电站，可能会对本地环境产生深远的负面影响。

为了充分挖掘这种尚未开发的潜力，福伊特与其子公司Kvaerner合作开发了StreamDiver，这是一种结构紧凑的新型定桨式水轮机，尤其适合实现大型发电厂无法实现的功能。

专利化的StreamDiver是根据海洋能源研究成果开发的，为此前无法实现传统水电厂方案（比如因为自然保护等原因）的场所提供了一种结构紧凑，维护量小的方案。这种小型水轮机所需的制造工作量很小，整个动力传动系统包括水轮机、轴、轴承和发电机，它位于一



个灯泡-水轮机外壳内，不需要采用可见或可操作的发电室。发电机组直接安装在水中，只有动力电缆露出来。另外，灯泡结构内充满了水，可以对其轴承进行全面润滑，从而避免了任何水污染的风险。

水轮机本身设计为一个定桨式水轮机，因此不需要调整转子或定子。可以通过开关各个水轮机或通过调节变速操作以实现流量控制。为了实现关闭功能，还提供了另外一个闸门，它可以同步控制速度，以实现小型水轮机的启动和并网。所有这些设计解决方案都可以实现较低的总体拥有成本。



StreamDiver为传统水电厂提供了一种灵活的替代方案，它可以作为单独的水轮机安装，也可以成套安装，如图所示。

Koerber设计部门主管Gerald Hochleitner表示：StreamDiver采用了小型水电领域的最新技术开发成果，不过其基本理念实际上比较简单。水轮机通过一个闸门将水引入，留住树枝、树叶和其它碎片。水力发电流程的其它环节则由水轮机全面集成的动力传动系统负责。它所采取的设计方案可以最大限度降低维护要求以及意外停运的风险。

从2010年以来一直负责StreamDiver项目的产品经理Jorg Lochschmidt说：StreamDiver具有紧凑的结构和生态友好的特点，因而非常适合已经有拦河坝或

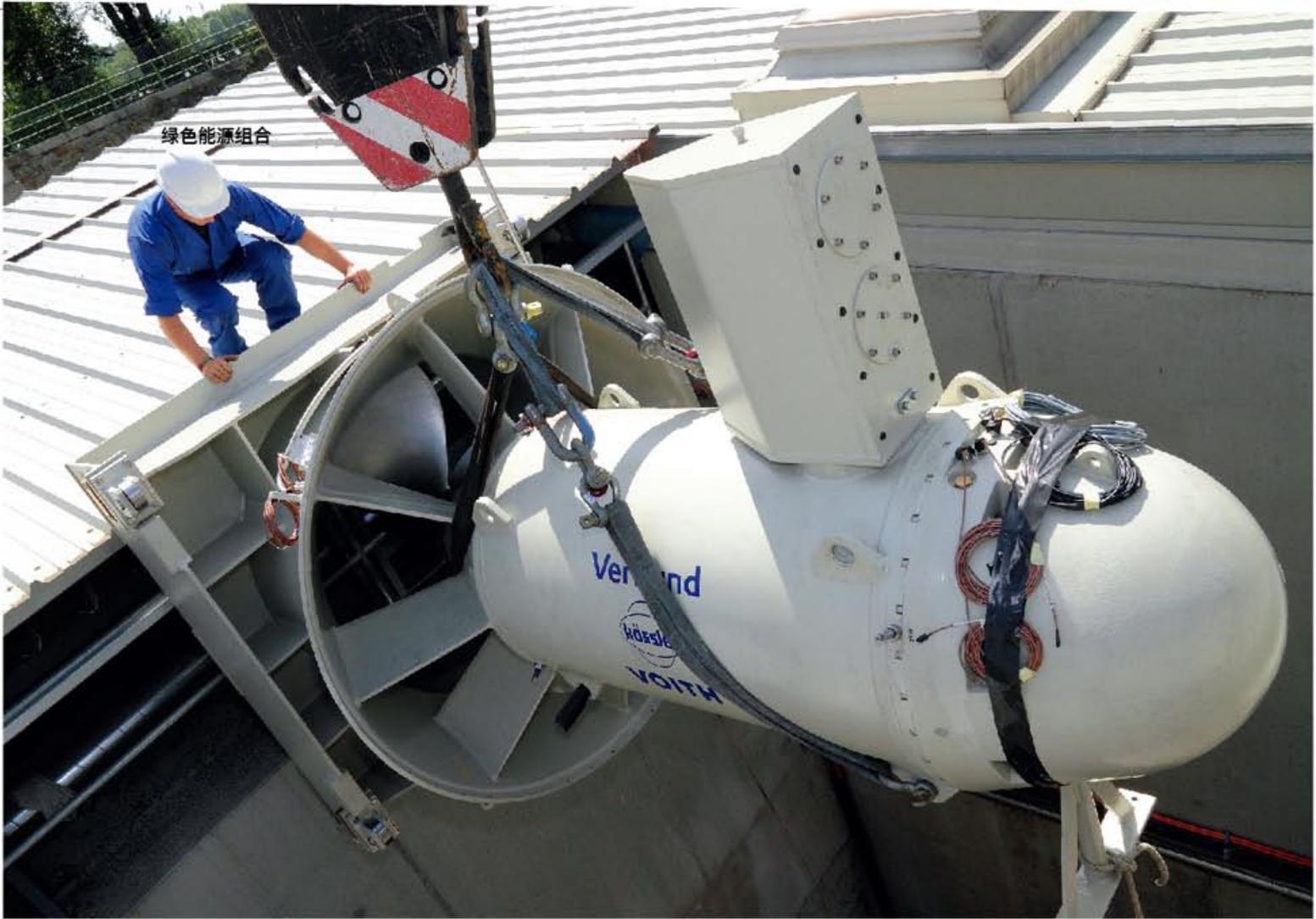
大坝的场所，可以调整小型河床。

生态系统，必须设法绕过这些结构。在采取这些必要的措施以外，再安装一个StreamDiver，可以起到双重作用：在恢复生态功能的同时进行发电，从而实现良好的投资效益。” StreamDiver

对我们来说很特别。传统的水电厂是根据具体的环境和项目建造的，而StreamDiver则是一种具有良好效益的系列产品，可以在全球各地创造大量的应用机会。”

**"StreamDiver是一种可以创造大量机会的系列产品。"**

项目经理 Jorg Lochschmidt



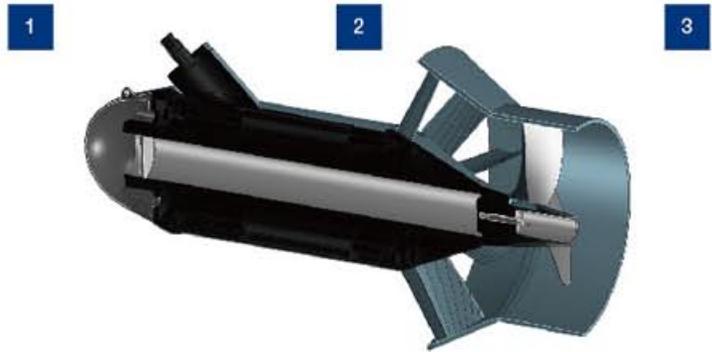
绿色能源组合

因为尺寸小，所以StreamDiver尤其适合已经有基石和建筑的场所，可以调整小型河床。它需要的维护量很少，只需要每五年进行一次技术检查。

▷ 在2011年，与奥地利能源供应商 VERBUND水电公司、Grenzkraftwerke、evn naturkraft以及Wien Energie共同开展了一个试点项目，第一批产品原型目前仍然在海登海姆的福伊特水电集团总部附近使用。最近，在德国联邦环境部的支持以及斯图加特大学的帮助下，启动了另外一项活动，以开发适合StreamDiver的解决方案，从而满足当前严格的生态要求。

仅在德国，新发电理念每年就可以多生产3.5TWh的清洁可再生能源，比目前的全国水电产量多15%，或者足以维持将近30万户家庭一年的需要。

工作原理:



- (1) 在一个过滤闸门实现了稳定的水流速之后，将水送入水轮机（除了填满水的定子）。
- (2) 进入的水接下来通过集成的动力传动系统输送。
- (3) 然后被转化成清洁水能源。

# 新一代

福伊特水电集团的瑞典运营单位采用了非常专业的水电技术，尤其是在发电机制造方面。

有一句谚语说：“只有瑞典有瑞典鹅莓”，意思是这个北欧国家有着自己独特的魅力。多年以来，有很多公司都凭借着在瑞典市场积累的经验逐步走向全球舞台。

不管是从地理还是政治的角度来看，瑞典都是发展水电的理想场所。瑞典有很多山脉，可以创造降水和河流条件，另外也不缺少适合建设水电设施的地方。在经历了七十年代的石油危机之后，瑞典政府开始降低本国对矿物燃料的依赖。为此对核能和可再生能源发电进行了大量投资，目前水电几乎占全国电力的50%。因此，瑞典的水电市场与全球大部分地区不同。福伊特水电集团Västerås公司（VHV）的营销主管Magnus Wenna说：“这是一个成熟的市场，目前已经开发了80%到90%的可开发水电市场。”

VHV原来叫做VG Power AB公司，在大型发电机领域，是斯堪的纳维亚市场的领袖企业。该公司成立于2002年，专门经营大型发电机以及改造和维护水力设施。在2006年，福伊特水电集团成为其大股东，在该年底，进一步扩大其影响力，拥有了该公司100%的股份。

在像瑞典这样成熟的市场中，建设新水电设施的项目比较少见，大多数市场业务都是改造和优化原有设施。该国采用水电的历史比较长，在其1,000多个正在运营的水电设施中，有很多都可以追溯到二十世纪前二十年。在这些老设施中改造和升级发电机设备，可以为运营商创造非常好的机会，使他们无

需建造新设施并影响环境。VHV公司正是在类似的项目中积累了很多专业经验。

VHV公司设计和建造最先进的发电机，以满足新建或现有水电设施的需求，并为水力发电机和水轮机、泵电机和发电机、灯泡式发电机、同步调相机、旋转和静止励磁系统、以及其它部件提供维护支持和全面改造与扩容服务。在2012年10月接任VHV公司总裁和首席执行官的Stefan Borsos说：“我们的服务为运营商带来很多益处，其中包括增加设备使用寿命和输出功率，同时降低服务成本。在建造新发电机设施的机会很罕见的成熟市场，我们通过最佳方案提高设备容量和效率。”

VHV所积累的专业知识将继续作为福伊特全球多种产品的技术基础，其中包括在美国的红石项目以及在挪威、爱尔兰、冰岛、威尔士和瑞士的相关项目。在上述项目以及未来的其它项目中，VHV将提供新型发电机或部件，而本地福伊特水电办事处则将提供水轮机和整体项目管理。这是面向未来的合作，从瑞典走向全球。//



VHV为福伊特水电综合方案带来了若干领域的专业知识，这在美国、挪威、威尔士以及瑞士等国家都可以得到证明。



将在冰港水电站安装便于鱼类通过的转轮，以进行测试。

## 安全通道

借助一项新技术成就，  
使水电设施对本地鱼类更加安全，并提高这种宝贵能源的效率。



一种最小叶片间距转轮Kaplan水轮机的图示

水电给人类创造的**巨大福利**是人类所不可或缺的。不过我们也不应该忘记：河流、小溪和海洋是很多鱼类的天然栖息地。因为水电是一种真正的可持续发展能源，所以福伊特水电工程师始终关注如何通过改进技术设备来改善鱼类的迁徙条件。

在传统的应用中，通过在坝上溢水，在上方水库中收集鱼类，或者在水轮机周围分流鱼类，可以提高向下游迁徙的鱼类的存活率，不过这些方案成本都比较高，会影响到运行效率。

从鱼类的角度来看，主要的威胁来自低压力、高剪切力、快速压力变化、叶片击打以及较差的水流质量。水轮机的内边缘和外边缘如果间距较大，会在间隙处产生泄露漩涡，增加鱼类受到上述有害因素影响概率。

为了提高小型径流应用系统中鱼类存活概率，福伊特与奥尔登研究实验室合作开发和测试了一种新式三叶片转轮技术，它可以减少因为击打、压力和剪切力而导致的鱼类死亡。对于各种鱼类，预计通过奥尔登水轮机通道的幼鱼存活率为98%或更高。

在电力研究院，美国能源部以及业内合作方的支持下，计划将此技术成果推向市场。福伊特水电集团水力工程师 Jason Foust说：“这是一项独特的技术。它在设计方案采用了最新的鱼类通过环境标准。”

在转桨式水轮机领域，福伊特的最小间距转轮（MGR）已经可以为若干种大型机组提供安全的鱼类通道，其中包括位于西北太平洋地区的博纳维尔和瓦纳普姆大坝。在最近与美国陆军工程兵开展的一个合作项目中，也采用了MGR理念，并且将在冰港闸坝进行安装测试。

其目标是确定合适的叶片水轮机形状，通过克服每种导致鱼类死亡的原因，提高鱼类通行能力。Foust解释说：“我们正在与美国陆军工程兵进行合作，以便为Kaplan水轮机开发固定和可调叶片替换转轮。目前正在根据鱼类通行设计标准来开发和评估这些水轮机，并使用在我们实验室测试的新部件。”冰港水电站的鱼类存活率预计会超过以前MGR应用中95%的水平。//



## 在土耳其的 可持续造纸技术

Modern Karton公司是欧洲最大的纸板和包装纸制造商之一。公司委托福伊特造纸公司为其在土耳其乔尔卢的轻型包装纸生产厂提供新式PM 5设备。设备预计在2015年中期启动，并达到1,500米/分的速度。它的线宽将超过8米，包装纸产量可以达到40万吨。对于Modern Karton公司来说，该造纸机将成为一项可持续发展投资，因为它只消耗很少量的淡水。由于在PM 5的送流系统中安装了一种新式剂量系统，所以可以精确协调化学物品的用量。另外，相关软件还可以通过本地语言显示造纸流程中的所有能耗信息，从而达到节约能量和用水的目的。Modern Karton公司还将在工厂所在位置建造一个新的发电厂，以充分利用制造流程所产生的剩余材料，并生产更多的能量。

## 丹麦油库的防火技术

# 3 英里的 地下水管

福伊特工业服务公司为丹麦油库运营商Inter Terminals公司提供了一种新型的自动防火系统。根据相关法规的要求，需要为在六十年代建造的12个油罐安装现代的灭火和冷却系统。福伊特在此项目中共工作了12个月，建造了3英里长的地下水管，并建造了3英里的地上管道系统，在紧急情况下，可以提供灭火泡沫。该项目系统达到了最新的标准，从而为这家丹麦公司提供了最新的人工和自动防火功能。



## 为巴西FPSO设备 提供齿轮

福伊特公司最近获得了一份大宗订单，为客户提供60个Vorecon型变速行星齿轮。这些齿轮将用于大西洋大型盐下系层油田的生产。油田距离里约热内卢大约300公里。运营商系一以巴西石油集团为领导方的联营体。此订单项目将持续执行几年的时间。通过此订单，福伊特驱动集团可以强化在发展中的拉丁美洲和北美自由贸易协定区石油和天然气市场的领袖地位。福伊特已经在巴西积极开展了将近50年的业务，公司还将在圣保罗建造一个新的专用组装大厅和测试场。在对巴西海上油田进行可靠技术和可行商业勘探的过

程中，福伊特技术起到了重要作用。至2017年，该联合体将在该地区安装八个浮动式生产储卸油装置（FPSO），总价值为35亿美元。这些装置将在水下7000米处的盐下系层油田采油。

在开采过程中，需要穿透一个厚度达两公里的盐层，以及一个三公里的岩石层。为了实现这个目标，运营商正在采用一种新型方案：首先，将石油、天然气和水的混合体从油田运送到地表，然后使用特殊容器将三种成分分离开。原油会装船，天然气则被送回到海底油田保存，以备将来使用。过去，大多天然气都会进行燃烧处理，并因此而消耗掉。现在则使用特殊的压缩机来压缩气体，然后将其返回到油田。通过福伊特Vorecon齿轮来控制压缩机的速度，并由电机驱动。因为Vorecon齿轮具有结构紧凑、耐用、可靠性高的特点，所以很适合大西洋上恶劣的环境。福伊特提供的变速行星齿轮已经通过数十年来在石油和天然气行业的可靠操作证明了自己的性能。为巴西盐下系层油田提供的Vorecon齿轮充分利用了此类技术和经验。 //

# 拯救生命

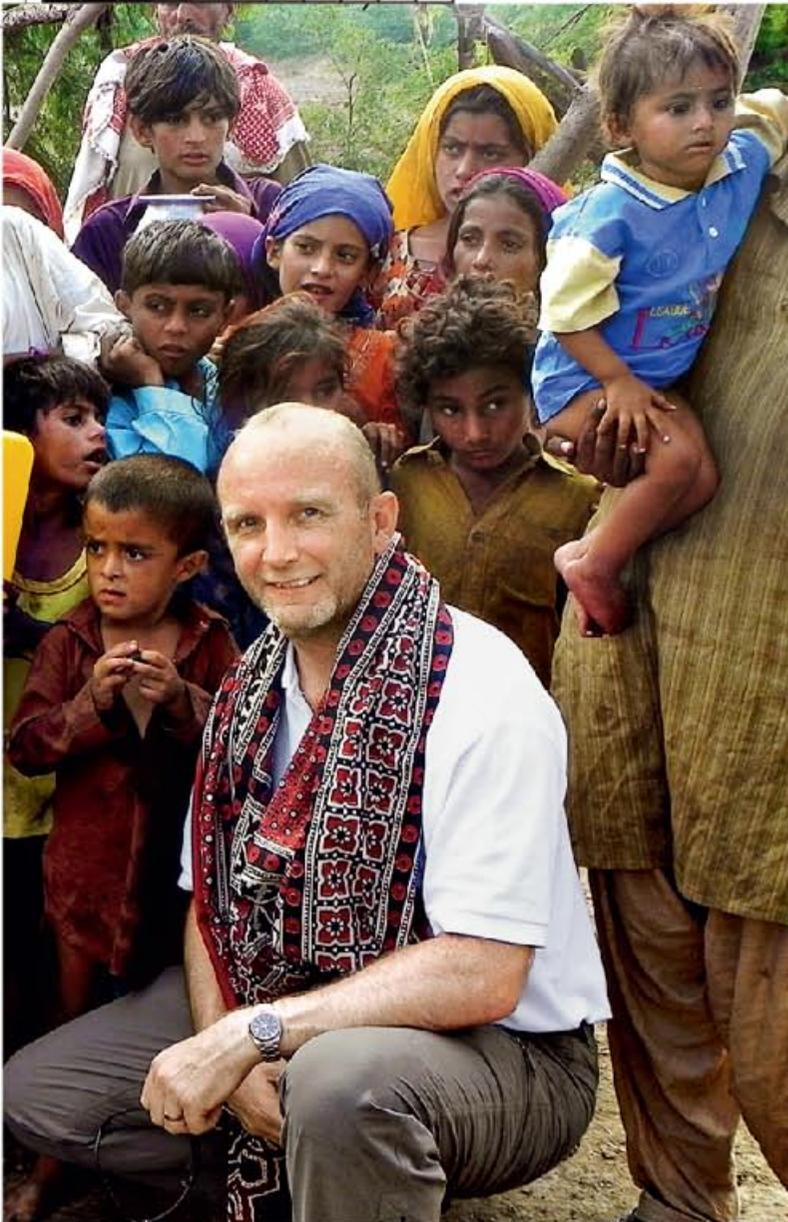
在目睹了近年来最严重的两次自然灾害之后，Michael Pritchard发明了LIFESAVER紧急净水器，该净水器结构简单但设计巧妙，与其名字非常相称。

通过充满创意的方案来解决最棘手的难题，是只有少数人才拥有的智慧。如果有这样一种发明能为受灾者提供急需的饮用水，帮助他们度过生死难关，那么这种发明的意义就更为重大。

在2004年，Michael Pritchard与全球无数人一起在电视中目睹了恐怖的印度洋海啸使20多万人丧生的灾难。当他发现在灾后仍然不断有人因为无法得到干净的饮用水而失去生命以后，感到非常震惊。他回忆说：“我一直在想这是多么荒谬的事情。现在已经是二十一世纪，我们为什么不能为他们提供干净的饮用水呢？”

从此次灾难之后，他开始着手行动，不过直到一年后的卡特琳娜飓风之后，他才最终确定了一种为灾区提供干净饮用水的方法。“我记得当时在想：这是全世界最伟大的力量，也是全球最伟大的经济命脉，但是却不能提供干净的饮用水。”





虽然来自英国的Pritchard并没有传统的科学背景，比如他没有获得过理学博士学位，不过他却拥有大发明家的才智。他构思的清洁水理念很简单，但是充满了创意：他最初制造的LIFESAVER瓶子与很多其它水瓶看起来没有太大区别：它主要用塑料制成，很轻，一只手即可拿住，有一个引用喷嘴和盖帽。实际上，它与大多数水瓶的唯一区别就是其底部是“可按动”的（一个泵），另外带有可以生产清洁水的磁成分。

Pritchard制造清洁水所利用的科学原理是过滤，不过在200纳米“孔”式常规系统的基础上又增加了几步。如果孔尺寸为200纳米，无法阻止各种细菌和病毒穿过。而Pritchard用来生产100%洁净水的方法是使用只有15纳米的孔来过滤脏水，“这种尺寸可以阻止所有生物体穿过。”不过，他面临的困难是：如何产生足够大的压力让液体穿过这些小孔。

他清楚不太可能压缩水，所以决定制造一个带泵的水瓶，用它来压缩空气，继而使空气通过过滤孔，为此，需要确保水而不是空气穿过过滤器。Pritchard开始从自然材料中寻找灵感。他解释说：“某些天然材料会吸收水，而另外一些材料会将水弹开。我意识到：如果我有一个亲水膜，更容易接受水而不是气体，那么气体就不会穿过，这样就可以产生较大的压力。”简而言之，通过压缩空气将脏水压到过滤器15纳米的孔内，留下“脏东西”，将清洁水送到瓶内。

不久以后，Pritchard就在一个18.5升的简便油桶中运用了类似的原理，使用户能够使用更多的清洁饮用水。这些发明成果已经在灾区以及其它难以使用清洁水的地区发挥了积极的作用。每个过滤器在堵塞之前可以生产几千升水，这样一来，在马来西亚、非洲以及各个灾区的村民只需几个简单的塑料瓶泵，就可以将脏水转化为清洁的饮用水。

Pritchard的LIFESAVER产生了重大的影响，它成为英国陆军的标准配置，而牛津饥荒救济委员会则在救灾现场使用这些水瓶和简便油桶。不过，真正的挑战才刚刚开始，正如Pritchard所述：“听上去可能很伟大，不过，我的目标是消除全球水贫困，希望在我的有生之年能实现。” //

- 1 Michael Pritchard的发明已经将干净饮用水送到千家万户。 ...
- 2 ...可以帮助他们最大限度利用自己周围的自然资源。
- 3 LIFESAVER技术为运送大量饮用水提供了一种非常有吸引力的替代方案。

更多信息可参见：[www.lifesaversystems.com](http://www.lifesaversystems.com)



## 休息时间

福伊特水电集团的首席执行官Roland Münch博士介绍自己在水电行业的背景。

**Münch博士，您是不是每天早上打开盥洗室的水龙头时就会开始思考水电问题了？**

老实说不是这样。我非常享受自己在水电行业的工作，并且相信水电作为一种环保、高效的产能方式，具有巨大的优势。不过在早上，我更有可能思考要不要喝一杯咖啡的问题。

**咖啡也是用水做的...**

是的，煮咖啡也需要用电。福伊特140多年来所进行的工作就推动了水电的大规模应用。

**我明白，那么您在早晨打开咖啡机的时候更有可能开始思考水电问题？**

这种情况也很少，不过我们公司的确为生态友好型发电做出了重要贡献，当然我本人是电气工程学博士！

**为什么像您这样的电气工程师会从事水电行业的工作？**

主要是因为发电机和自动化技术。从2000年福伊特和西门子成立合资企业，将其水电业务合并在一起以后，我们就成为真正的全面供应商。福伊特水电集团提供全面的服务，其中包括水轮

机和发电机，也包括全面的电站自动化方案。

**作为历史悠久的水轮机供应商，福伊特的发电机业务具有什么作用？**

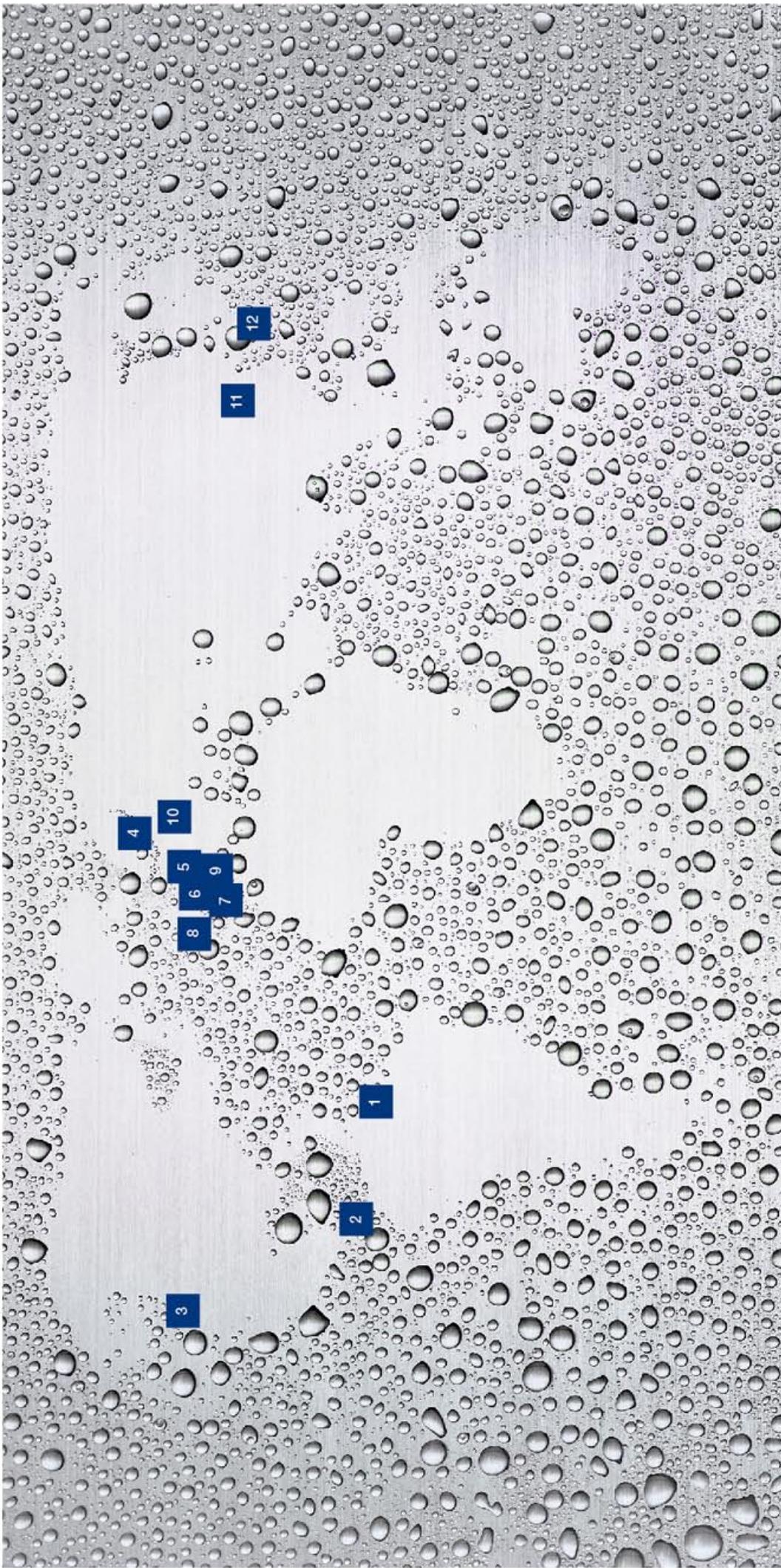
发电机业务也很重要。我们在这两个领域都开展了很长时间的业务，并且都取得了巨大的成功。我们会充分利用在上海、圣保罗以及斯特罗斯等发电车间积累的专业知识。

**发电机目前的输出功率已经非常大了。**

是这样，我们已经快要生产出1,000 MVA容量的发电机，这是非常了不起的成就。

**那么说您本人对此类数字也很着迷？**

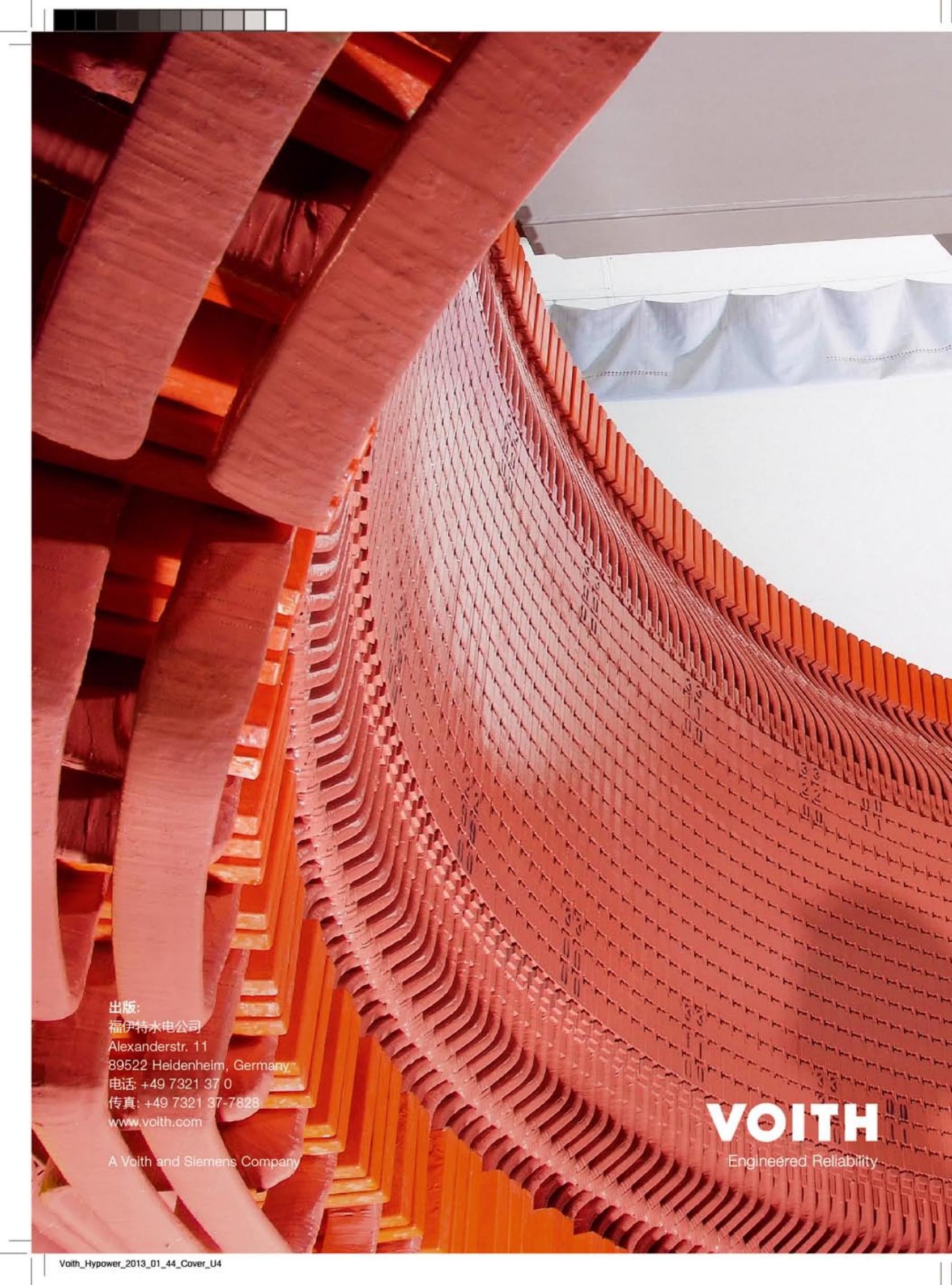
绝对如此，不管是作为工程师还是首席执行官，我都非常看重这些数据。//



# 项目目录

本期中涉及的所有  
发电站与福伊特的  
供货范围

- 1 委内瑞拉古里2号：  
翻新五台Francis水轮机和自  
动化系统，增加输出功率至  
770 MW。
- 2 哥斯达黎加库布居奇：  
提供两台11.4 MW Francis水  
轮机以及自动化系统。
- 3 加拿大戈登.M.施勒姆：  
新和升级5台水轮机，每台水  
轮机增加输出功率310 MW。
- 4 芬兰库萨科斯基：  
提供特殊的灯泡式水轮机和自  
动化系统，增加输出功率至  
1.5 MW的同步发  
电机。
- 5 德国韦尔：  
对四台300 MVA水平发电机  
进行现代化改造，包括翻新  
转子和定子。
- 6 德国/瑞士的莱茵费尔登：  
提供四台新型25 MW Kaplan
- 7 瑞士的Hongrin-Léman湖  
电厂：用于两台120 MW三  
重机组的多级泵设备。
- 8 葡萄牙的弗拉德德斯2号：  
2台变速垂直泵水轮机，每台  
输出容量为383 MW；还有2台  
异步电机-发电机，额定输出为  
419.5 MVA。
- 9 意大利伦科瓦尔格兰德：  
翻新八台水轮机机组，总容  
量为1,000 MW。
- 10 俄罗斯的乌格利奇：  
为一台输出功率为65 MW  
的发电机提供一套新设备，  
其中包括垂直Kaplan灯泡式  
水轮机、发电机、电气和机  
械设备以及自动化系统。
- 11 中国三门峡：  
对两台水轮机进行现代化改造，  
其中包括部件和自动化系统，  
以便将输出增加到60 MW。
- 12 日本丰三：  
翻修发电厂，将六台Francis水  
轮机更换为两台新型垂直灯泡  
式水轮机，并提供输出为61.8  
MW的发电机。



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](http://www.voith.com)

A Voith and Siemens Company

**VOITH**  
Engineered Reliability