

VOITH

水力发电技术专业杂志

HyPower

#28 | 2016

非洲水电动态

潜力无限

成功的伙伴关系
重建还是改造？

全产品线供应商
为何小水电带来大新闻？

出版说明

出版人：
福伊特集团
St. Pöltener Str. 43
89522 Heidenheim
Germany

总编：
Kristine Adams

主编：
Gudrun Köpf

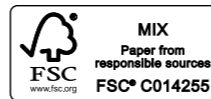
编辑：
Elke Kleinknecht, Susanne Speiser, Dr. Vesna Stirnadel

出版商：
C3 Creative Code and Content GmbH,
Heiligegeistkirchplatz 1, 10178 Berlin, Germany
www.c3.co

纸张：
HyPower用 Respecta Silk品牌的纸张印刷。这种纸张使用福伊特纸机制造。

版权：
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。

✉ **您的反馈：如果您对本期HYPOWER有任何意见或问题，请联系我们：HYPOWER@VOITH.COM**

**图片来源：**

封面：Graeme Williams, Gauteng; Ryan Thomas /AerialShots, Johannesburg: 第 8, 9, 19页; Christian Wesser, Heidenheim: 第16, 17, 18, 29, 35页; Graeme Williams, Gauteng: 第10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23页; Dawin Meckel, Berlin: 第26, 27, 28页; Brian Gartside: 第44, 45页; Kent Kallberg Studios, Vancouver: 第39, 40页; U3: Robert Caputo /Aurora /laif

其它所有图片均来自福伊特集团。



释放巨大的潜力

多元、复杂、有潜力。 用这三个词可以相当准确地概括非洲许多不同的方面——地理、政治、经济和社会。这些词语也适用于非洲的能源生产基础设施。有些非洲国家拥有充足的石油和天然气储量，而有些国家则根本没有；有些国家可以依靠水电满足几乎全部电力需求，而有些国家几乎全部电力都需要从国外进口。而即使拥有资源，也还面临另一个挑战，即如何建立基础设施，将电力可靠地输送至千家万户和工业企业——在近期和当前饱受冲突之苦的国家，这个挑战尤其难以克服。

因此，一个现实情况是：电力供应远不足以满足需求，这种情况在每一个非洲国家的若干地区都存在。事实上，即使在2016年，也有约四分之三的非州人口不能获得可靠稳定的电力。作为水电的先驱者，福伊特正在采取行动改变这种状况。

为开发利用非洲的水电潜力，需要一些必要条件：灵活的金融政策、专业的知识以及客户承诺。福伊特对于以上三个要素拥有丰富的经验。我们与领先的金融机构和保险公司紧密合作，帮助我们的非洲客

户在实际的时间框架内分摊新建或改造水电设施所产生的成本。驻扎在海登海姆总部及全球各地的专家团队准备就绪，不仅生产客户所需的设备，而且也愿意到现场待上数周甚至数月，与客户紧密配合、传授知识、培养技能，以确保电站完工后，可由当地工作人员有效运行。我们也着力提升当地服务能力，以持续提高客户服务水平。

最新一期的《HyPower》杂志讲述了非洲等地的客户及社区如何从最大化地开发水电潜力受益，以及利用最新技术开发水电。祝您阅读愉快！

顺祝商祺！

Uwe Wehnhardt
福伊特水电总裁及首席执行官

通过下列方式访问我们：



https://twitter.com/voith_hydro

LinkedIn

<https://www.linkedin.com/company/voith-hydro>

YouTube

https://www.youtube.com/c/Voith_Hydro



阅读其它富有洞察的出版物，更深入地探索福伊特的博大精深。

领航篇

- 8 **为非洲增加电能**
南非和安哥拉的重大水电项目如何改变当地经济和生活
- 16 **高层访谈**
福伊特水电首席营销官和非洲销售负责人探讨非洲的水电潜力
- 19 **咖啡山水电站的现代化工程**
如何重建利比里亚水电基础设施，支持当地经济快速发展
- 24 **全球化培训，服务当地项目**
福伊特水电在全球范围内提供培训概念，满足客户具体需求

全线供应商

- 26 **小项目带来大效益**
在亚洲，大量的小水电项目成为改善农村电力供应的关键
- 28 **迎接大型水电项目挑战**
用近十年才能建成的水电项目需要特殊技能方能成功

历史撷英

- 30 **真正的幸存者**
莫桑比克卡霍拉巴萨水电站跌宕起伏的历史

全球专业优势

- 32 **抑止水流**
环形闸门的电子控制机制创立了新的精度标准
- 34 **服务非洲**
涉及到维修时，最好使用当地资源。福伊特水电正在建立非洲当地的专家团队
- 成功的伙伴关系**
- 35 **24/7移动式服务**
在欧洲，福伊特HyService Bus随时出动，有求必应
- 36 **电力改变生活**
坦桑尼亚一座修女院及其服务的社群正在受益于小水电

- 39 **一个重要问题：重建还是改造？**
对于陈旧的水电设备，为什么修理改造优于拆除重建？

创新致胜

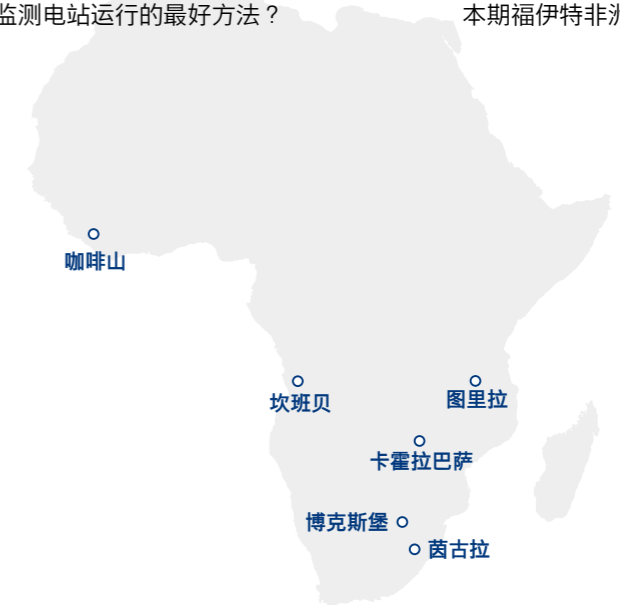
- 42 **安全而好用**
为什么一项新的听音技术成为远程监测电站运行的最好方法？

嘉宾视角

- 44 **创造SAFE WATER BOOK™**
一项令人激动的水过滤创新可为数百万人解决饮用水污染问题
- 47 **福伊特水电典型项目**
本期福伊特非洲水电项目概览

固定栏目

- 03 编者致辞
- 06 最新动态
- 07 热点话题
- 43 福伊特动态
- 46 问高层的5个问题.....



福伊特参加HYDROVISION 2016展会

美国 在最近于明尼苏达州明尼波利斯举办的HydroVision 2016国际展会上, StreamDiver成为演示的焦点。福伊特水电小水电部的一名工程项目经理表示:“水电是应对能源市场挑战的最佳方案之一,我们正在利用我们的技术和专长,取得最高的经济性和性能表现指标,在技术和环境两个方面都是如此。”

此外,福伊特还提交了其他创新技术文档,主题包括:旨在延长发电机寿命的转子磁轭槽沟整形工艺;可改进监测、维护和修理工作的水轮机受损的止推环分析及更换新工艺;可以提升预测精度和改善短期抽水蓄能平衡的新预测方法;以及水力部件先进在线评估程序概述。



1 福伊特展厅
2 客户招待宴会
3 Bob Gallo, Bill Malus和Martin Andrä在HydroVision 2016展会上



福伊特集团Klaus Schädler在项目动工仪式上

新项目破土动工

德国 福伊特水电2016年实施的最激动人心的创新之一是在海登海姆新建一座小水电站(名为“Alte Bleiche”),作为向客户、雇员和公众开放的示范设施。电站装机容量35 kW,将向电网输送电能——足够100个家庭用电。电站从4月份举行的开始动工仪式,计划年底投运。

福伊特学徒参与了设计和制造工作,与慕尼黑科技大学合作,创立了生态友好型设计,妙处在于省略了本需新建的主厂房。福伊特最近在拉丁美洲一系列路演活动中展示了其新开发的StreamDiver发电机组,本电站也将采用。StreamDiver机组设计用于低水头河流电站,安装在水面以下,不释放噪声,将对本地环境的影响降至最低,也使小水电项目具有更高的成本效益。

为乌干达增加电力

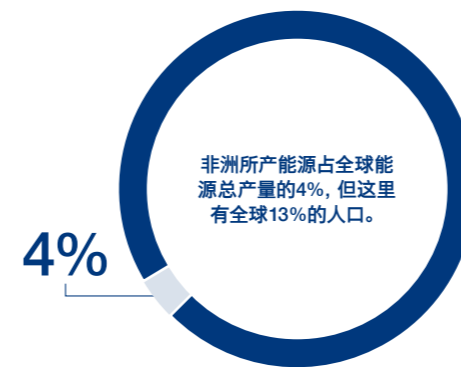
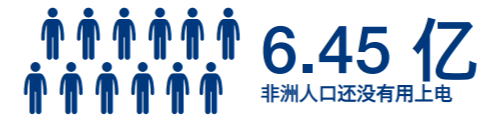
乌干达 福伊特水电获得一项合同,为位于乌干达北部阿丘瓦河上的一座新建水电站提供机电设备成套设计、制造、供货和调试。该水电站安装四台立式混流式水轮机和立式同步发电机,装机容量42 MW。本项目将由福伊特、M/s Berkeley Energy公司和客户AFPE有限公司通力

合作,共同实施。福伊特水电的小水电业务部总经理Klaus Schädler对项目有这样的评价:“我们很高兴能够参与这个支持本地区的可靠电力生产和可持续经济发展的项目。我们期望着将我们的理念变成现实,并且增强在乌干达的可再生能源领域的相关合作。”

推动发展

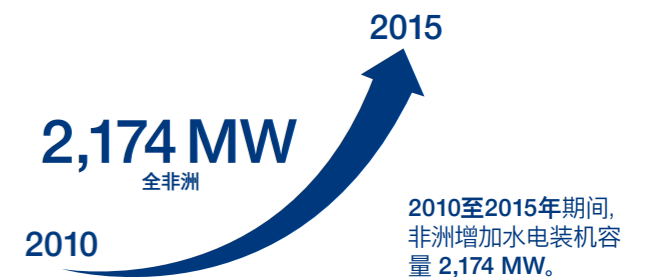
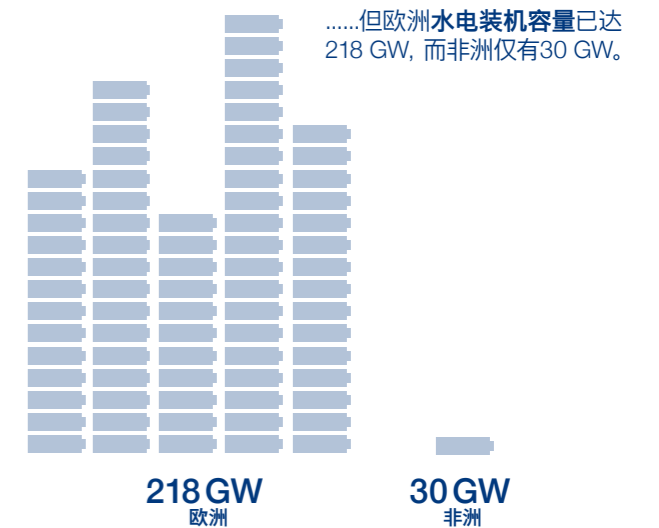
在非洲的许多地方,由于缺少可靠的电力基础设施,经济发展受到阻碍。**要改变这种状态,水电大有可为。**

1 供电覆盖不全



在30多个非洲国家
频繁停电已成为常态。

2 水电潜力巨大



为非洲 增加电能

南非茵古拉（Ingula）抽水蓄能电站和安哥拉坎班贝（Cambambe）水电站的装机成功展示了水电如何改变非洲的经济和生活。

可靠的电力供应为居家和工业企业带来光明和热量（或驱除热量），驱动机械，以及维持学校和医院有效运转。在广袤的非洲大陆上，有许多不同的国家和政治制度，人口居住分散，交通基础设施多变，气候条件和地形特点各不相同，电力的生产和输送面临挑战。

福伊特水电在非洲

福伊特支持许多非洲国家最大化地开发利用水电潜力，已在27个国家开发建设一系列小型和大型水电项目。尽管如此，非洲预计400 GW的水电容量中仅有不足10%得到开发。福伊特正与客户合作，通过诸多途径利用这种机会：新建现代化水电站；对原有基础设施进行改造、维护和修理；传授知识帮助非洲国家独立运行水电站。有两个项目，即南非的茵古拉和安哥拉的坎班贝，可以完美地体现项目所带来的效益。 >



茵古拉水电项目
装机容量：1,368 MW

冬季的布莱姆胡克（Bramhoek）大坝（下坝）

南非茵古拉抽水蓄能电站水库俯视图



1



3



2

- 1 贝德福特 (Bedford) 大坝 (上坝) 的取水结构
- 2 运行人员调整滤油系统
- 3 主厂房1、2号机组侧, 正在安装主厂房顶棚

▷ 茵古拉抽水蓄能电站,
南非

茵古拉抽水蓄能电站位于南非东南部的夸祖鲁-纳塔尔 (KwaZulu-Natal) 山区, 靠近雷迪史密斯 (Ladysmith) 镇, 是非洲最大的抽水蓄能电站。四台安装在地下的水泵/水轮机组总装机容量达1,368 MW。福伊特水电参加南非国家电力公司 (Eskom) 2007年发布的招标, 于2008年9月获得该合同, 提供水泵水轮机、电动发电机、主进水阀以及主要系统。南非政府大约30年前即已开始规划这个项目。本项目对南非的能源供应具有重要作用, 项目经理Markus Müller说, “与非洲大陆上大多数国家一样, 南非遭受着能源短缺, 这阻碍了经济增长。茵古拉项目特别重要, 因为它从2016年开始就可向该国电网供电。”

“这个项目聘用和培训了许多当地人, 电站完工后将由他们负责运行。这是我们所提供服务的一个重要部分。”

Markus Müller
福伊特水电茵古拉项目经理

现场施工工作于2012年3月开始。福伊特在国际合作中负责提供项目所需的机器设备。水泵水轮机由福伊特在德国公司设计, 电动发电机则由设在日本的福伊特富士公司供货。四台水泵水轮机中的第一台于2016年6月中旬交付客户。接下来的两台于8月交付, 而最后一台的交付时间是2016年底。

保持电站冷却

同时, 福伊特履行了2011年获得的第二个合同, 供应电站所需的各种辅助系统, 包括冷却水管路、消防系统和通风系统。后者尤其重要, Markus Müller这样说, “四台机组全部投运后, 将产生大量的热量。由于主厂房在地下, 如果没有一个高效的排热系统, 那热量就不能消散。我们正在安装该系统, 但完成尚需时日, 因为需要四台水轮机投运后, 才能对这个系统进行全面试验。”

客户及社会裨益

这个项目已经接近尾声, Müller回忆着项目成功的历程, 认识到项目在单纯电力生产之外, 还带来许多其它裨益。他说, “这个项目聘用和培训了许多当地人, 电站完工后将由他们负责运行。这是我们所提供服务的一个重要部分。另一个重要事项是我们参与了“南非加速及共同增长计划 (As-giSA)”。这个项目计划的目的是确保外国公司投资帮助当地经济增长, 具体途径是从本地供应商采购商品和服务。此外, 我们还监督新建基础设施的施工, 例如一条高质量道路, 供我们用于从德班港向电站工地运送材料和人员。”不仅如此, 现场周边的区域, 包括对环境敏感的湿地和项目人员临时宿舍用地, 均将恢复原状, 这是项目工作的组成部分。

不过, 发电当然是最终目标。在这个方面, Müller又补充了最后一个特别的细 ▷

▷ 节。“茵古拉工地很特殊的一个方面是，所有机组在移交前的调试过程就已开始发电。由于南非的电力需求非常大，这是我们的客户Eskom所提的一个主要要求。这一点很不寻常，但是我很高兴我们满足了客户的要求。”

工人在坎班贝II站主厂房实施发电机坑测量



坎班贝一期和二期水电站，安哥拉

茵古拉项目与安哥拉坎班贝一期和二期水电站的对比实在是不能再大了。坎班贝一期水电站位于安哥拉首都罗安达以东180公里，原于1963年投运。在2000年代中期，经历30年的内战之后，这座水电站急需修复。原有四台机组中的两台仍然可以运行，一台正在大修，另外一台不能运行了。当时的决定是将四台机组全部更换，将装机容量增加到268MW，并将电站寿命延长几十年。国有供电公司ENE选定福伊特，作为一个国际联合体的主要成员来实施这个项目。福伊特的供货范围是：机电设备及系统供货，包括四台67 MW的混流式水轮发电机组，以及旧设备的所有拆除工程和新设备的安装工程。

采用现代技术，取得最佳表现

为确保取得尽可能好的结果，福伊特决定设计一套先进的水力系统，与混流式水轮机配套，结合使用福伊特数字及液压调速器。为确保在整个施工期内有本地电源可用，水轮机组顺序安装。结合由数字调速器、液压油管路及油泵组件、油压罐、主供油阀、调节阀和液压组件构成的控制系统，福伊特证明其作为全产品线供应商当之无愧。在新的电站设备投入运行时——性能表现优于合同约定——客户非常高兴。事实上，客户确实是非常高兴，所以在2012年，又授予福伊特向坎班贝二期水电站供应设备的合同。

电站扩建，改变一个国家

安哥拉2002年结束内战以来取得了很大进步，但是仍然面临巨大的政治、经济和社会挑战，正如项目经理Patric Kiehlmann所知，“安哥拉拥有丰富的自然资源，包括石油。但是近期油价下跌对经济造成重大影响——政府收入已经减少50%。私有企业非常有限，医疗条件非常落后。因此，急需推动经济发



坎班贝水电站位于安哥拉首都卢安达以东180公里。



1 建设中的坎班贝二期水电站主厂房
2 新发电机安装

展，进而扩大就业和相应提高生活水平。这就是坎班贝二期水电站对国家的未来如此重要的原因。”这座新建的径流式水电站安装四台水轮发电机组，增加700 MW装机容量，使坎班贝一期和二期水电站的总装机容量达到960 MW。这同样是安哥拉计划于2017年将发电装机容量增加到6000 MW的战略的重要组成部分。

专门定制的融资方案及培训

关于选择福伊特作为主要供应商的背后原因，Kiehlmann说，“我们对客户战略的支持态度，以及我们在坎班贝一期项目的实施过程中与ENE建立的良好关系都是重要因素。有吸引力的定制化融资方案、优秀的技术方案以及履行所做的承诺也是极为重要的。”尽

管工期十分紧张，坎班贝二期水电站首台机组还是在2016年7月投运了，预计全站四台机组可在2016年12月全部投运。正如客户所说，“从1号机组开始商业运行之日起，卢安达的限电情况就不复存在了。由于减少了柴油发电机的使用，生态平衡得到显著改善。”

与茵古拉水电站一样，这是一个典型的国际合作项目，发电机从瑞典供货，▷

“我们对客户战略的支持态度，以及我们在坎班贝一期项目的实施过程中与ENE建立的良好关系，都是我们成为主要供应商的重要因素。”

Patric Kiehlmann
福伊特水电坎班贝项目经理



▷ 包括在现场组装的4瓣分瓣定子。与茵古拉水电站相同的另一个方面是有大量的挑战需要克服。Kiehlmann说，“单是材料的进口就花了三个月的时间，要确保其适应热带条件；为外籍雇员办理签证也是巨大挑战。不过，我们与客户一起努力，逐一解决了这些问题。”

坎班贝项目的扩建对于安哥拉的未来具有非常重要的意义。项目施工期内提供了宝

“向人民和工业部门提供可靠而稳定的能源供应是改善生活水平的基本前提。可再生能源对我们至关重要。”

埃伦·约翰逊·瑟利夫
利比里亚总统

帮助改善人们的日常生活。而更好的消息则是，很可能这还不是故事的结尾。安哥拉有潜力实现18 GW的水电装机容量，而大部分水电资源尚未开发。

高层次政治参与

近年来，来自埃塞俄比亚、利比里亚和其它国家的数个高层次代表团赴德国海登海姆访问福伊特集团总部，考察相关的技术和最佳实务。利比里亚总统、诺贝尔和平奖获得者埃伦·约翰逊·瑟利夫2015年访问德国时说，“对于利比里亚和许多其它非洲国家来说，能源供应问题是国家发展战略的一项核心内容。向人民和工业部门提供可靠而稳定的能源供应是改善生活水平的基本前提。可再生能源对我们至关重要。”这说明——已经得到证明——水电未来将在非洲经济发展中扮演一个重要角色。//

贵的就业机会和培训，还规划建造了一座永久性的培训中心。Kiehlmann强调，“我们对安哥拉的承诺是长期的。特别是通过培训，我们将确保项目效益可在未来延续数十年。”

安哥拉在内战结束后面临着种种挑战，但其经济一直强劲增长——2010年之前保持了超过11%的年增长率。坎班贝二期水电站对于帮助这个国家未来维持高增长具有十分重要的意义。不过，最为重要的是，它将



- 1 坎班贝二期水电站主厂房：已安装就位的1号和2号机组的发电机罩
- 2 坎班贝二期水电站水轮机主轴安装
- 3 福伊特水电运行部总经理Damjan Vucko在坎班贝二期水电站
- 4 坎班贝二期水电站机组中间轴安装。下方所见为推力轴承和导水机构



融资发展

水电项目，例如建于茵古拉和坎班贝的水电站，都是资金密集型投资。融资方案将建设成本分摊到一个较长的期间，从而可以减轻当前的财务负担——这对发展中的经济体尤其重要。福伊特金融服务部是福伊特集团的一个部门，与私营商业银行和国家支持的出口信贷保险机构（一般是项目主供应商母国的机构）合作，推出定制的融资方案。我们与德国裕利安宜信用保险公司、奥地利监督银行和日本出口及投资保险公司长期合作，建立了良好的关系，是成功的项目金融支持的基础。

出口及项目融资部总经理Bernd Rieck说：“我们的目标是希望选择福伊特作为供货商的每一个客户找到最佳的融资方案。每个方案都是针对客户需求专门设计，考虑到地方特点、项目情况、客户的财务状况，并利用所谓的‘福伊特资源矩阵(Voith Sourcing Matrix)’对供应链加以分析。”

客户效益

- 获得额外的资金来源
- 还款宽限期长
- 有吸引力的融资条件，优惠利率
- 在整个项目周期内规划融资安全



Heike Bergmann与Martin Andrä展开讨论

机会来临

福伊特正在持续推进其在非洲的销售计划。首席营销官Martin Andrä和非洲销售高级副总裁Heike Bergmann就福伊特水电未来在非洲大陆的销售战略展开讨论。

“我们正在制订新的非洲销售策略，因为我们坚信非洲大陆具有巨大的发展潜力。”

Heike Bergmann
非洲销售高级副总裁



Heike Bergmann,
福伊特水电非洲销售高级副总裁

您的工作重点之一是以更大的力度推进非洲市场的销售，这是出于什么考虑？

Martin Andrä: 我们之所以实施这项新的战略，是因为坚信非洲有广阔的未来前景，而我们需要开发利用这些机会。在撒哈拉沙漠以南，许多国家的经济增长率达到5%甚至更高。这些国家需要可靠的电力供应，来保证进一步的经济和社会发展。

Heike Bergmann: 对此我想再多强调一下。我们正在制订新的非洲战略，因为我们坚信非洲大陆有巨大的发展潜力。我们也要考虑，在一些非洲国家，只有20%至25%的人口能够用上电，而停电又是家常便饭。频繁停电对所有工业造成影响，最终也阻碍经济发展。

您能否大致估计一下，非洲需要多少电厂？

Andrä: 非洲对新电厂的需求非常庞大。通过下面的对比，可以看出我们所指的差距有多大。整个非洲大陆目前的水电装机容量仅相当于挪威一个国家的装机容量。不过，我们

觉得另一个方面也很有趣：在非洲，我们看到的一个趋势是不少国家跳过了与工业化过程相伴的化石燃料发电和核电阶段，直接进入可再生能源发电。非洲有条件实现这种机会。因为目前非洲未开发的水电装机潜力达到300至400 GW。

福伊特为这个市场是否能做些什么？

Bergmann: 是的，绝对能。我随代表团出访非洲的时候，一直看到欧洲公司在非洲建设的电站获得当地很高的评价。欧洲技术可以作为非洲经济发展的推动力，这也包括福伊特，福伊特的水电技术在非洲大陆已经使用大约100年的时间。非洲十分看重我们的产品质量和使用寿命。他们希望使用我们的技术，但也需要提供融资支持。

对技术供应商来讲，这意味着什么？

Andrä: 要在非洲赢得项目，提供融资框架和解决方案是非常重要的。福伊特有一项优势可为客户带来效益，那就是我们能针对项目提供定制化的融资解决方案。我们之所以与



Martin Andrä, 福伊特水电首席营销官

“要在非洲赢得项目，提供融资框架和解决方案是非常重要的。”

Martin Andrä 首席营销官

全世界的私营商业银行和政府出口信贷保险公司合作，原因就在这里。

在非洲的什么地方可以找到福伊特水电的技术？

Bergmann: 有许多非洲水电站使用了福伊特的技术，从埃及的阿斯旺水电站到南非的德拉肯斯贝赫 (Drakensberg) 抽水蓄能电站。具体的例子有吉尔戈尔吉比 (Gilgel Gibe) 水电站 (埃塞俄比亚)、因加 (Inga) 水电站 (刚果民主共和国) 和卡霍拉巴萨 (Cahora Bassa) 水电站 (莫桑比克)。新项目有坎班贝水电站 (安哥拉)、咖啡山 (Mount Coffee) 水电站 (利比里亚) 以及茵古拉抽水蓄能项目 (南非)，这只是其中的一部分。实际上，我们的足迹遍及整个非洲大陆。

您认为这应该归因于哪些因素？

Bergmann: 我们能取得这样的成就，基于优秀的产品和服务，以及我们在电站投运后仍然与客户保持协作。我们为电站运行人员提供深入的培训，而我们自己也有包括持续维护设施的服务网络。

Andrä: 我们一直在为我们的电站提供培训方案和课程，而这帮助我们在非洲建立了非常良好的声誉。当前，我们希望利用我们的新理念为客户增值，针对客户的具体需求提供客户化的解决方案。我们已经建立全球网络，能够集成使用来自欧洲、巴西、印度和中国的系统部件，并提供融资解决方案。因此，不论其水电站的位置在哪里，规模有多大，我们都能够为任何运营商提供技术、培训、服务和融资领域的合理解决方案。//



咖啡山水电站的现代化工程

一项宏大的水电站现代化改造项目正在帮助利比里亚在连年内战之后改善电力基础设施。

数字化时代终于到达利比里亚的咖啡山水电站，这要感谢福伊特在这一历史性项目中所起到的关键作用，也要感谢其它国际公司所做的努力。咖啡山水电站曾经是西非诸国最大的水电站，但在内战 (1989 - 2003年) 中遭受严重破坏。由于电气和机械部件遭到盗抢，水电站几近损毁殆尽，只有大坝和压力钢管还算完整。这种情况对利比里亚的经济和社会发展造成严重影响，它使得利比里亚首都2006年以来不得不依赖于昂贵的非再生的柴油发电来满足其能源需求。

互相信任是前提条件

基于对福伊特在非洲大陆长期经营和丰富经验的信任，利比里亚电力公司 (LEC) 于2013年选择由福伊特修复这座径流式水电站，主

位于圣保罗河上的大坝主体正在施工，右侧为主厂房。



- 1 利比里亚咖啡山水电站水库
- 2 当地社群将受益良多
- 3 咖啡山水电站主厂房的安装工程
- 4 福伊特水电现场服务工程师Julia Holder



咖啡山水电站场区位于利比里亚首都蒙罗维亚附近。

► 要工程包括四台依次安装的新混流式水轮发电机组及配套控制系统、一台95吨的行车、以及辅助电气及机械设备。这些工程已经接近尾声，电站计划于2016年底投入运行。

本工程由利比里亚和挪威政府、欧洲投资银行、德国发展银行以及隶属美国政府的千禧挑战集团提供融资，4台现代化机组预计可将功率输出增至88 MW，相对于1960年代的装机容量增加33%。因此，超过100万蒙罗维亚人口将可以用上可靠的清洁可再生能源。

克服严峻挑战

然而，修复工程障碍不少。例如，十扇溢洪闸门在内战中遭到损毁，状况堪忧。闸门的操作机构已经毁坏，主厂房浸水。保持主厂房干燥是必须的，这意味着要把这些闸门重新打开，创造条件砌筑围堰，防止河水流入主厂房。项目经理Harry Kathirvel说，这项令人望而却步的工作是重建工程的一个重大里程碑。他说：“应客户的要求，福伊特接下了在不损坏土建结构和部件的前提下打开溢洪闸门的艰巨任务。所有十扇闸门均提前打开。”

水电站与蒙罗维亚港之间距离约25公里，中间道路状况恶劣，为敏感设备的运输带来挑战。不仅如此，4月至10月的大雨加大了工程难度。这意味着对于若干设备系统，福伊特要把设计和制造提前足够

“应客户的要求，福伊特接下了在不损坏土建结构和部件的前提下打开溢洪闸门的艰巨任务。所有十孔闸门均提前打开。”

Harry Kathirvel
福伊特水电项目经理

多的时间，使得本地运输工作能在旱季完成。针对所有这些挑战，福伊特制订了充分而周密的工作计划，整个供应链交付过程最终得到完美执行，没有遇到其他阻碍。

道路勘察和主厂房行车运输模拟

关于95吨主厂房行车的本地运输，必须解决的一个重大障碍是Bailey大桥。由于锈蚀严重，其结构完整性存疑，而且也不确定桥梁能否承受这么重的荷载。而且，现有的一座备用大桥正在重修，不能使用。为避免主厂房行车设备发生任何问题，福伊特实施了详尽的道路勘察，利用虚拟货物在桥上做了模拟运输。基于模拟结果，对这座桥梁进行了大量测量和计算，确保其能承担这项任务。

得到总统赞许

福伊特在非洲的长期业务经营可以回溯到1950年代，这一因素在项目伊始帮助建立了信任。福伊特与客户LEC一起，采用了凝聚力强、充满活力的单一团队模式。

此外，即使发生意料之外的事件，例如2014年埃博拉病毒蔓延，以及后来团队中爆发性流行疟疾，都没有影响电站重建工作如期完成。现场经理Franz Bayrle表示，“这一年，仅在我的团队就发生了



35例疟疾。但是，来自利比里亚、巴基斯坦、印度尼西亚、德国、挪威和瑞典的文化多元化团队仍然很好地完成了工作任务。我对他们非常满意。他们都很好地配合了工作计划。”他们的工作表现甚至得到利比里亚总统埃伦·约翰逊·瑟利夫的赞许。瑟利夫总统，她也是诺贝尔和平奖获得者，在去年访问福伊特集团海登海姆总部时说，“我很高兴地看到福伊特和LEC已经找到一条安全且现实的方法来共同推进这个项目，尽管近期受到埃博拉疫情的影响。通过实施这个工程，福伊特正在帮助利比里亚在发展经济和抗击国家贫困的战役中向前”

“福伊特正在支持利比里亚在发展经济和抗击国家贫困的战役中向前迈出重要的一步。”

Ellen Johnson Sirleaf
利比里亚总统



1 咖啡山水电站主厂房正在施工
2 车床操作员正在福伊特现场车间工作
3 对发电机进行最后调整

▷ 迈出重要的一步：通过修复咖啡山水电站，这是正在重建的利比里亚能源供应网络中的主要设施之一。”

这个项目另一个有趣的方面是女性工程师做出了贡献，而在这个行业里，女性通常参与较少。现场服务工程师Julia Holder说，“咖啡山项目确实拥有一个良好的团队工作氛围，所有员工都很友好，互相帮助。我、两位挪威工程师、还有许多本地员工虽然都是女性，但还真的不是问题。我们有很好的团队精神，一直都是互相支持。”

迈向成功的最后几步

这座现代化的水电站在建成后，将使用福伊特的自动化系统，包括一台数字调速器和先进的控制系统。培训训练人员的工作已经开始，首批LEC新雇员正在接受电站营运和维护工作培训，2016年秋季将赴海登海姆接受进一步的指导。在那里，他们将进一步熟悉设计软件，对咖啡山水电站的范围、机械和操作获得更深入的认识。与此同时，庞大的水电站厂房正在进行最后的收尾。得益于福伊特及其项目伙伴的努力，这个项目将会承担瑟利夫总统赋予的使命：提升利比里亚电力供应的可靠性和上网电量。//

持续合作

GIZ支持德国政府和其它组织在非洲和全球实施发电项目

德国国际合作机构（GIZ）能源部支持德国联邦经济合作与发展部和其它组织在120多个迅速发展的国家识别、资助和实施新的能源生产项目。据GIZ能源部技术合作主管Jens Burgtorf介绍，利用诸如水电的可再生能源发电项目倍受关注。

近几年，发展中国家的能源项目变化趋势是怎样的？

“当前，我们的客户希望开发无二氧化碳排放的综合性发电理念。这是一种显著而且非常积极的变化，但是这也带来挑战。具体说，有的可再生能源，例如光伏发电和风电是不可预测的。如果没有阳光或者风速，那就发不出电来。”

这种情况下，水电的重要性有多高？

“水电的优势是稳定。抽水蓄能电站格外重要，因为它蓄存电能，填补光电和风电出现的缺口。换言之，水电可以作为核心的稳定电源，也可以作为光电和风电的重要补充。”

这方面与非洲有多深的联系，有什么挑战？

“水电对非洲具有非常显著的意义，因为非洲大陆幅员辽阔，而电网基础设施却又支离破碎，尤其是在农村地区。对于每个项目，保护和提升相关社群的生计，并且确保有足够的水源用于多种目的是非常重要的。我们与所有相关方紧密配合，确保能做到这一点。”

在您看来，水电在非洲的未来是什么样的？

“为远离大型人口中心的人们供电，并且利用现有基础设施的地方性小水电项目将扮演重要角色，因为这类电站将资本投资要求降至最低。而且，这类电站还可以更快建成，所以人们可以更快地受益于所发电能。”

全球化培训， 服务当地项目

福伊特致力向当地雇员传递深入的技术知识和技能，以此保证水电站成功运行，代代相传——在非洲和全世界。

非洲只有不足三分之一的人口能够用上电，这清楚地表明，整个非洲大陆迫切需要建立高效的电厂。但是，即使最现代化的水电站也不能自行运行，它需要由熟练的员工队伍来管理和维护。福伊特向拥有和运行电站的非洲公司和政府提供培训，出发点就在这里。福伊特的水电学校（Hydro-School）帮助水电站长久生产可靠电能而这是经济和社会发展的决定性因素。

采取灵活措施，加快项目进程

每个项目都有所不同——非洲的情况与全球其他地方一致。正因如此，福伊特水电学校提供多种培训选项。水电站运营商可以选定一批培训模块，作为其新建或改造项目的一部分。或者，福伊特工程师注意到员工发生操作失误影响到他们正在更换的部件时，可以提出举办额外的课程，使现场工程师跟上步伐。对于从零开始设计和安装的全新电

站，福伊特可以提供更加详细和深入的培训，包括所使用的每一种技术，其工作原理，其在整个系统中的作用，以及如何正确地运行和维护这些部件。许多组织选择更多培训，确保他们能够从电站取得最高价值和最可靠的服务。

市场成熟水平决定着需求

除了技术方面，福伊特水电学校还按市场成熟水平对自己的培训内容进行相应调整。北美和欧洲是成熟市场，主要业务是对老旧电站进行更新改造，那里二战后生育高峰期出生的工程师接近退休，使得知识传输变得非常重要。我们向这些市场提供公共课程，效果良好，由多个客户参加相同的培训。中国市场相对年轻——有运行25年的水电站，“当初的”工程师仍然在位，为年轻的工程师提供积极的培训。在这里，电站运营商可以为员工订购课程，由福伊特课题专家将他们的知识提升。相对而言，非洲则是一个全新市



客户员工在安哥拉坎班贝二期水电站参加培训课程

场，缺乏有经验的工程师。“在这些情况下，利用我们的培训，可以确保培养一支有技能的员工队伍”，福伊特客户教育及培训经理谢丽·费拉里表示，“我们经常针对电站运营商、员工、项目、甚至所用的具体设备，设计完全定制化的培训课程。”

咖啡山：挑战得以克服

利比里亚的咖啡山水电站项目是一个典型案例。这座水电站建于1960年代，靠近首都蒙罗维亚。但是，两场内战使得这座水电站遭到严重破坏。2006年以来，利比里亚依赖昂贵的柴油发电机组供电。福伊特承担了修复这座水电站的任务，预计2016年末可投入运行。福伊特编制了专门的课程，电站投运之前，利比里亚工程师要完成这些课程。利比里亚总统埃伦·约翰逊·瑟利夫以及她的能源部长帕特里克·森德罗2015年5月访问福伊特总部时，对此表示了极大兴趣。“我们期待着咖啡山的工程师今年秋天来海登海姆的水电

学校培训中心，”谢丽·费拉里说，“这个项目是一个范例，它可以证明水电站的可靠发电与熟练的工程师相结合，是如何加强像利比里亚这样的国家的经济和社会结构。”

更多非洲项目接踵而至

安哥拉坎班贝二期水电站和刚果民主共和国因加一期水电站实施后，福伊特水电学校也将提供培训服务。谢丽·费拉里补充说，“与技术培训并行，我们也可提供指导。在最近于莫桑比克实施的一项磁极更换工程中，我们只是‘旁边提示’当地工程师，为他们提供一些建议和技巧。这正体现了福伊特水电学校的精妙之处——培训总是切中每个客户的真实需求。一个鞋码不会合所有的脚！”//

小项目带来大效益

小水电经常是**唯一的可行和经济选择**——而且它可以带来显著的效益。



1 在印度瓦多达拉制造小型水轮机
2 本地技师检验水轮机质量



项目	容量
Dakpsi 2B	2 x 7 MW
Dak Ter-1	2 x 1.8 MW + 10% COL
Dak Ter-2	2 x 1.7 MW + 10% COL
Thanh Thuy-1	2 x 6 MW + 10% COL
Alin B1 水电项目	2 x 23 MW + 10% COL
Son Tra 1A	2 x 18 MW
Son Tra 1B	2 x 18 MW
Kurhed	2 x 2.25 MW + 10% COL
Behna	2 x 2.5 MW + 10% COL
Gullu	2 x 12 MW + 10% COL
Lake Mainit 项目	3 x 8.333 MW + 10% COL
Asiga	2 x 4 MW
Semangka	2 x 28.3 MW + 10% COL

越南是印度支那半岛的一个沿海国家，是东南亚发展最快的经济体之一。该国的无数条河流构成重要的运输通道，全国可航运水道总长超过17,700公里。越南的水电理论年发电量约300,000 GWh，其中有100,000 GWh是经济可行的。但是，直到最近，装机容量仅为15,211 MW，尚有巨大的增长空间。

小水电在越南取得成功

根据2015年12月公布的最新《2030可再生能源发展战略》，越南政府已将可再生能源列为优先发展方向，并计划将年水力发电量从2015年的56 TWh增加到2020年的90 TWh。设于印度西北部瓦多达拉

(Vadodara)的福伊特水电私营有限公司于2011年进入越南市场，正在支持这个国家新建和升级其水电基础设施，该市场的特点是有大量规模相对较小的水电站。无数已经投运的项目和目前正在实施的其它项目可以反映这项承诺。

Dak Ter-1水电站位于Tu Mo Rong区，是福伊特在越南兴建的第一个项目。合同范围包括水轮机和发电机、自动化系统、电气辅助设备和机械辅助设备的供货，以及项目安装和调试监理。水轮机的系统和部件设计由福伊特本地工程中心实施，在印度瓦多达拉制造。这是利用成本高效的标准小水电自动化方案所实施的第一个示范项目。这个方

案集数字调速器、控制系统以及励磁和保护系统于一体，是一个集成化解决方案。本项目的两台机组于2015年2月交付客户。这个项目带来了第三个项目，即Dakpsi 2B水电站，业主正在向福伊特水电签署合同。

同时，Dak Ter-2水电站合同于2013年10月签署，该站与Dak Ter-1水电站构成梯级，规模相近。工程于2014年4月开工。自2015年9月投运以来，Dak Ter-1和Dak Ter-2水电站的表现均达到客户的高度认可。

Thanh Thuy-1水电站合同于2015年5月签署，本项目采用双喷嘴冲击式水轮发电机组，合同包括从水到网的全部供货范围。

Thanh Thuy-1水电股份有限公司选择福伊特在开工日后14个月内在海防港交付全部电站设备，此后实施调试投运。

2016年3月，在历经艰苦的招投标程序后，福伊特被授予Alin B1水电项目合同。本项目位于阿雷县 (A Luoi) 和丰田县 (Phong Dien)，是福伊特在越南成功获得的第7个项目，与Truong Phu水电股份有限公司合作开发。

最后，另一项最近实现的里程碑是于2016年4月获得的Son Tra 1项目合同。本项目位于广义省 (Quang Ngai) 广义市西北，位于Dak Se Lo河上。合同范围包括梯

级布置的Son Tra 1A和Son Tra 1B两个水电站的主厂房全套设备。本项目正由30-4广义股份有限公司开发。

服务于亚洲所有国家

设于瓦多达拉的福伊特制造厂服务于印度、尼泊尔、不丹、印度尼西亚、老挝和菲律宾。

例如，2016年4月，福伊特将位于印度喜马偕尔邦的Kurhed项目投入运行；而位于Behna和Gullu的项目也将于2016年底投运。

同时，菲律宾Lake Mainit项目正于棉兰老岛东北部建设。福伊特也为同样位于棉兰老岛的Asiga项目提供了机电设备。

在印度尼西亚，福伊特正在向Semangka项目供应设备，并且承担水轮机部件安装工程。该项目拟于2017年投运。

很重要的一点是，福伊特在本地区的所有活动都实现了紧密的客户关系，客户与福伊特高级经理定期举行面对面的会议。这显示公司对所有规模的水电项目都持有相同的承诺。//



1



2

迎接大型水电项目挑战

- 1 位于中国金沙江溪洛渡的世界第三大水电站的地下厂房。该水电站安装18台发电机组，总装机容量13.86 GW，福伊特提供其中的3套发电机组。
- 2 福伊特员工对设备进行检查，确保达到最高质量。

当今，大型水电项目集成了来自全世界的设备部件。对速度、质量和成本效益进行优化是一项艰苦的平衡工作。



“优秀的变革管理技能以及对意外事件的快速反应是非常重要的，因为不可预测性是确定的。”

Björn Reeg
福伊特水电项目管理部总经理

针对一个大型水电项目编制投标书本身就是一项大工程，这要求耐心、细致以及投入。据福伊特水电项目管理部总经理Björn Reeg介绍，第一步通常是构造电站的规模原型。“缩小版帮助我们优化并实现所要求的性能和效率。”团队对项目的技术可行性进行评估，在效率、寿命和性能之间找到正确的平衡。

对于Reeg和他的团队来说，参与需要10年才能完成的项目是稀松平常的事。“评估过程需要花费大量时间，因为有许多因素需要考虑——国家及其法规、电站位置和运输要求，以及所有的技术和客户相关情况。我参与的时间最长的项目是西班牙伊维尔德罗拉公司（Iberdrola）的拉莫拉（La Muela）二期水电站——时间长达8年！即使在此之后，尽管因为我们不能控制的原因有所延期，客户对项目还是非常高兴。我对此倍感自豪。”

“我觉得遵循四项主要标准以保证一个大型项目的成功，”Reeg说。“与客户建立良好的关系可能是最为重要的——离开这条，每件事情都会变得难办。”优秀的变革管理技能，以及对突发事件快速反应的能力都是重要的，因为不可预测是一种常态。第三，领导技能，特别是多国和多文化团队的协调和管理，也是重要的。当然，质量也非常关键——这是我们声誉的根基。

紧密协作

加拿大不列颠哥伦比亚水电公司（BC Hydro）位于和平江上Site C的一个大型电站是将这种理论转换为现实的一个良好例证。“我们建立了一个团队，专门编制这个项目的投标书，”福伊特水电蒙特利尔公司的招投标部总经理Laurent Bulota说，“客户标准中有几项

属于软要素，例如客户推荐书和详细方法。”工作团队实施了好几项模拟，优化机组性能、河道石方挖掘量以及混凝土方量之间的平衡。整个投标程序耗时三年，最终于2016年3月签署合同。“不列颠哥伦比亚水电公司向我们授予合同的时候，他们感谢我们的紧密合作。”Bulota补充说。这个过程真像是一场马拉松比赛，不过我们最终获胜了。

成功的坚实基础

在世界的另一边，另一个大型项目正在成形，它的成功也有赖于紧密的合作。乌东德水电站的装机规模在中国是第四大，将要安

装的水轮发电机组的输出功率是全球最大之一。福伊特水电上海公司的乌东德项目经理张敏与Björn Reeg和Laurent Bulota拥有相同的体验：“我们之所以能够赢得这个项目，原因就在于我们与客户建立了良好的关系，以及我们在整个福伊特集团内部获得的全球性的技术支持。”

事实上，在大型水电项目上取得成功的诀窍都是相似的，不管项目在哪里。张民总结说：“这个项目进展已经非常顺利，而我们也全力为客户取得最好结果。努力、自信和团队协作，这就是在大型项目上取胜的秘诀。”//



位于西班牙的伊维尔德罗拉公司拉莫拉二期水电站耗时八年才最终建成



1970年代后期，被内战毁坏之前，赞比西河上壮观的大坝。

真正的幸存者

“Cabora Bassa” — 需用最美妙的语言来描述的名字：**赞比西河上一座164米高的大坝**；长达250米的蓄水湖；莫桑比克与南非之间1,500公里长的高压输电线路；2,075 MW的输出功率。

在赞比西河上建设一座水电站的招标书1967年11月发出时，莫桑比克还是一个殖民地。葡萄牙“海外领土部”计划将“卡鲍拉巴萨（Cabora Bassa）”建设成非洲南部最大的水电站。5台水轮机所生产的电力大部分将用于出售给南非。为此，在水电站与比勒陀利亚（Pretoria）之间要建设一条1,500公里长的高压输电线路。

1969年11月，也就是招标进程开始大约2年后，这一地下水电站合同授予一个国际联合体，全部由德国公司组成，包括西门子、福伊特、AEG、BBC和建筑公司Hochtief。福伊特为卡鲍拉巴萨提供5台混流式水轮机。在海登海姆制造水轮机的同时，莫桑比克也在修建大型道路和桥梁，以便机械和设备可以运输到建设工地。在高原上，为螺旋桨飞机建设了跑道并配备了新的电信和电传系统。

宏伟目标与批评之声

卡霍拉巴萨建设工地位于一条峡谷的尽头，该峡谷长18公里、宽250米、深700米。宏伟目标是建设水库和水电站。赞比西河上有320公里长的可航行水域，用于运输自然资源，如煤、铁、钛、锰、铬和铝矾土。伴随本项目计划，同时建设一个灌溉系统，供广大的农业地区使用，规划了总共15,000 km²的区域用于栽种用于出口的水果。由此产生的收入将用于促进经济发展。

然而，针对此项目，当地也有不同意见和抗议活动。莫桑比克自由运动组织“莫桑比克解放阵线（Frelimo）”自1964年开始，一直在为从葡萄牙政治独立而战斗，该组织批评这一项目，欧洲的各种学生运动组织也是如此。他们争论的是卡鲍拉巴萨只会为南非种族隔离政权

和葡萄牙独裁者带来利益。在建设和安装过程中，这个国家始终处于内战和暴动之中，当时居住着3,000多名工程师和建筑工人的建设工地和营地只能由军队把守。

技术创新降低成本

与此同时，工程师们正在攻克技术难题。他们的主厂房平台与高出其上600米的Songo高原之间建设一条6公里长的架空线路，将电站连接到三相升压站和换流站。在这里将220 kV三相电流转换成533 kV直流进行传输。为此，开发了一项新的技术：高压直流输电。利用这一新技术，工程师们将传输成本降低到一半。

没有带来和平的独立

1974年4月，葡萄牙发生的“康乃馨革命”结束了卡埃塔诺（Caetano）的独裁统治，为殖民地独立铺平了道路。1975年莫桑比克独立，

Frelimo成为执政党，开始支持电站建设。1,224 MW装机容量的第一期扩建工程按计划完成，水电站于1977年3月26日开始商业运行。1979年6月，最后一期扩建工程完成。历经10年的建设，卡鲍拉巴萨终于按期建成。

然而，赞比西河流域的政治混乱并没有结束。此时，南非种族隔离政权支持的游击运动“莫桑比克全国抵抗组织”（Renamo）开始与马克思列宁主义的Frelimo政府对抗。随之而来的是长达16年的血腥内战。约900,000人失去生命，170万人逃亡国外。Renamo仍然一再破坏卡鲍拉巴萨的基础设施，使之最终成为废墟。直到1997年，内战结束，卡霍拉巴萨（英文名称改为当前的Cahora Bassa）才得以修复并重新运行。//

技术数据

5台福伊特混流式水轮机，单机容量415 MW；
水轮机转轮直径：7 m

大坝：
高度：164 m
坝基处宽度：23 m
水面处宽度：4 m

水头：103.5 M

5台发电机，单机容量480 MVA；
发电机转子直径：13 m

地下主厂房：
长度：220 m
高度：57 m
宽度：29 m



- 1 在位于海登海姆的工厂为卡鲍拉巴萨水电站制造水轮机
- 2 当地工人的努力对于电站的按计划完工十分重要
- 3 建设期中，为方便到达大坝，新修了公路和隧道



抑止水流

通过对环形闸门的运动进行电子控制，福伊特确保在需要时，可以更加有效地抑止流经大型水轮机的水流

逾20年来，福伊特一直在成功地制造和安装环形闸门，用于抑止流经大型混流式水轮机的水流。福伊特当时也实现了一项重大创新——对闸门开闭机构实施电子控制。

重要的止水能力

某些情况下，例如机组停运期间或紧急停机时，必须把进入混流式水轮机的水流切断。导水机构和导叶执行调节和阻断的功能，但为了减少泄漏以及应对导水机构故障，需要采用附加的阻水装置——通常是球阀或蝶阀。不过，在超大型混流式水轮机上安装这种阀门是不现实的，因为阀体太大太重，运输和安装都十分困难。球阀直径不能超过3米，原因就在这里。此外，蝶阀虽然可以更大一些，但是在打开时，会影响水的流动，造成水轮机效率的降低。这个问题的解决方案就是：筒阀，这是一种外形紧凑的钢筒，重量更轻，更易于运输，而且可以现场组装。打开时允许水流自由流经水轮机，闭合时又能形成有效密封，消除导水机构的泄漏，进而消除泄漏水流造成的腐蚀。这样，水轮机就可以发挥全效，而在筒阀闭合时又能防止能量损失，为电站业主节约成本。

严峻的工程挑战

筒阀及其操作机构的设计和安装是一种真正的挑战，水轮机开发方法部总经理Alexander Jung博士解释说，“开闭筒阀时，需要平衡闸门上下游的压力。要充分了解流经环形闸门的水流的速度与压力之间的关系，以及水流在经过筒阀时形成的动态和静态力量，才能正确计算闸门与壳体之间空隙的大小，以

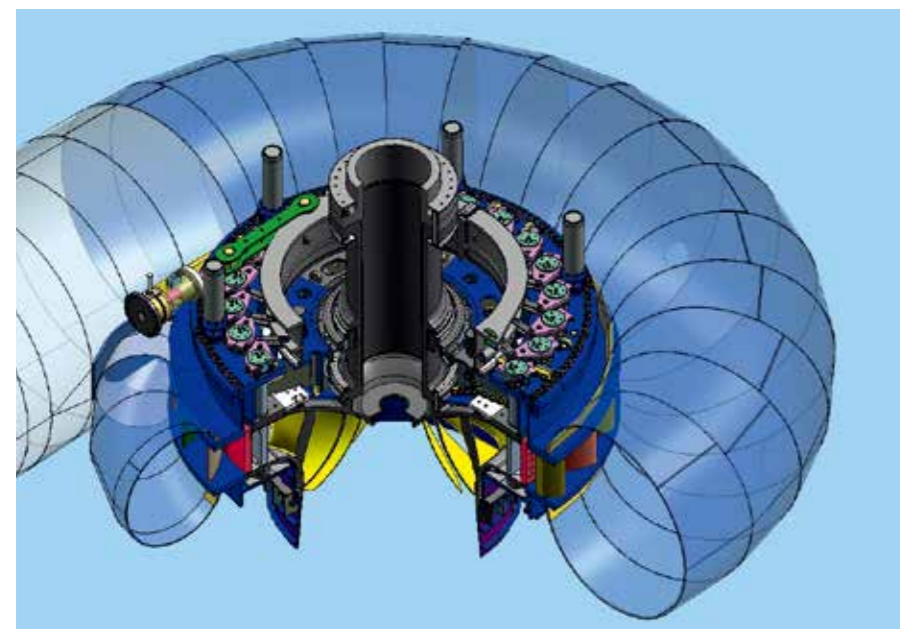
及不同部件设计承受的力量。达到最大的可靠性和可控性是非常重要的。”

精密的电子控制

过去，采用机械方式控制环形闸门的运动，用一根链条连接几根控制轴，确保这些控制轴的转动速度保持一致。但是，这种控制方法欠佳，福伊特水轮机基础工程部总经理Thomas Neidhardt解释说，“这种机械控制系统的制造需要大量人工，造价昂贵，而且达不到客户所希望的可靠性。因此，我们开发了一种电子系统，来控制偶数和奇数的油驱伺服电机，由电机来控制环形闸门的起落。客户决定采用环形闸门，就是选择了一种更高效、更精密而且更可靠的解决方案。”

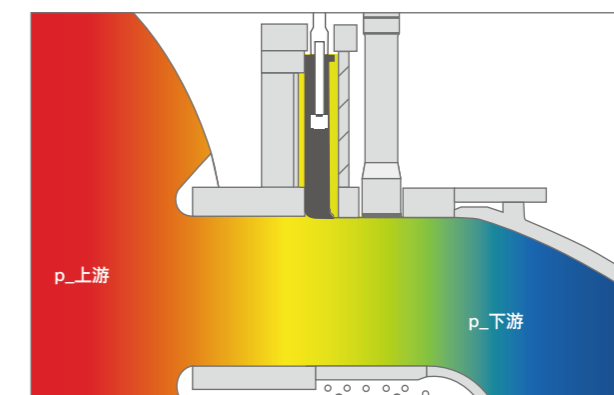
来自中国的强劲需求

这种采用电子控制的系统在位于中国河南省济源市的小浪底水电站得到首次应用。随后，在中国另外六座大型水电站上进一步优化和使用。其中，在溪洛渡水电站使用的最大筒阀直径达到10米。“我们的中国客户要求达到最高标准，要求筒阀在全流量工况下，甚至在导水机构失效的情况下，要能容易地完全闭合。这就是他们选择福伊特电子控制式筒阀的原因。他们说，以前从来没有见到哪种产品如此精密。”Neidhardt确认说。//

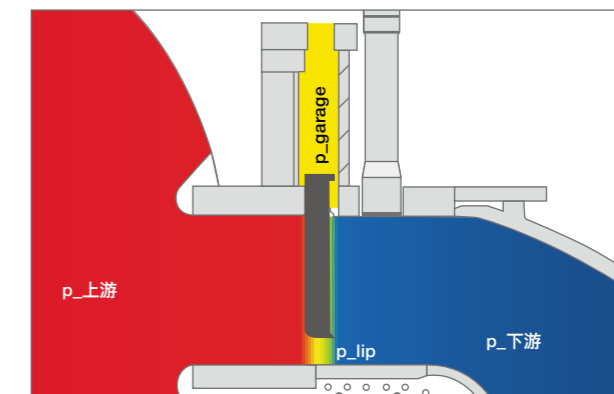


筒阀（图中红色部件）为大型混流式水轮机提供了一种有用的辅助功能，在这个位置使用球阀或蝶阀都太大了。

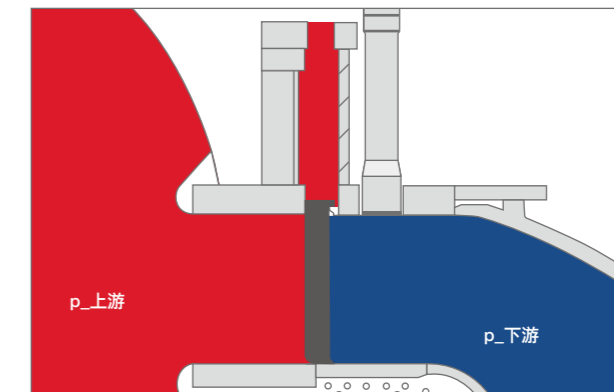
环形闸门压力分配示意图¹



筒阀由电子控制的伺服马达驱动，从闸壳体中下放。闸门上游和下游的压力必须均衡。



筒阀壳体（闸套）内的压力取决于空隙的设计和大小（通过调节泄漏流量对压力参数实施控制）

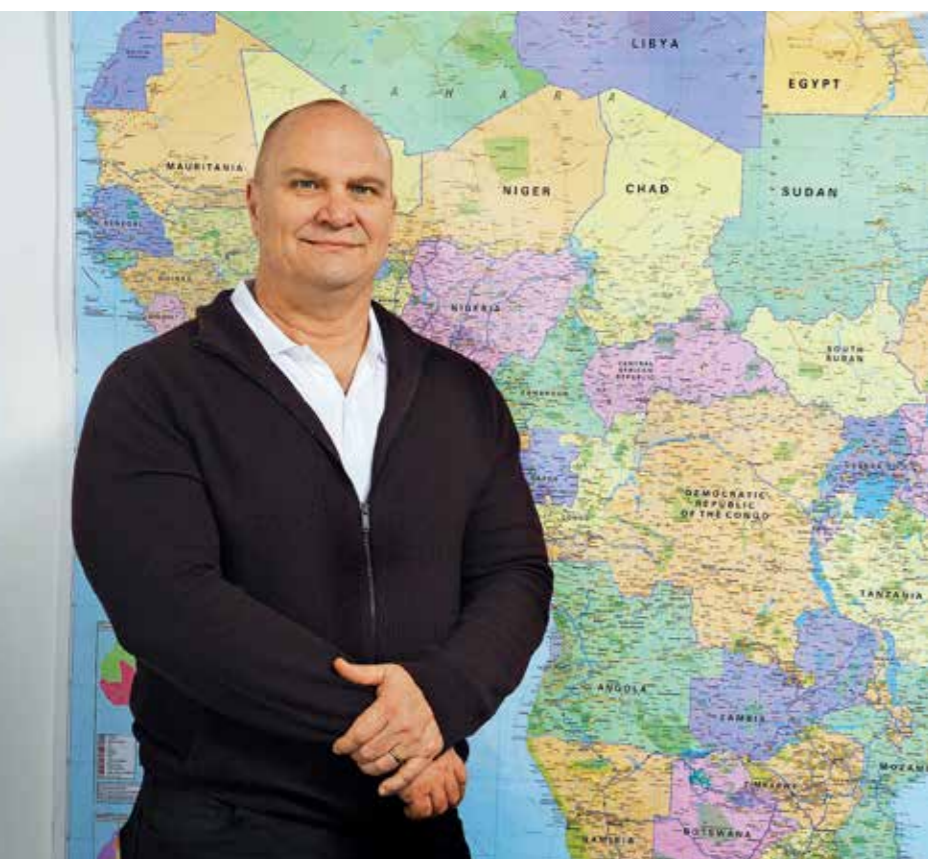


筒阀闭合时，下游形成强烈的吸力。闸门密封件的设计型式和精密位置可以避免泄漏和闸门意外打开。

¹ 简单示意图

服务于非洲

福伊特正在投资建设非洲服务队伍，以便为非洲大陆的水电客户提供快速支持。



Randal Enns, 福伊特水电南非公司总经理

来自加拿大曼尼托巴省温尼伯的Randal Enns在为非洲水电项目工作时取得了宝贵的经验。2016年1月被任命为福伊特水电南非公司总经理，其目前最重要的任务之一是建设一支服务团队，服务于整个非洲大陆的小型水电设施。“当然，有几个国家我们无法覆盖，因为安全和安保问题，或仅仅因为非洲最北端的一些国家距离欧洲比我们更近。不过，今年的明确目标是确保福伊特可以依靠本地团队尽可能多地满足客户的服务需求，” Enns说。

到2016年底，Enns的团队将包括2名服务工程师和2名销售工程师。他解释说：“我们的主要任务是与客户建立联系，这些客户未来将依赖福伊特位于约翰内斯堡专家团队。”

“我们与查塔努加 (Chattanooga) 分部一起工作了一段时间，他们帮助我们计划我们可能需要什么设备，”Enns解释说。“我们正在努力做的是预测未来几年我们需要解决哪些问题，并使设备准备充足。”这意味着在2016年剩下的日子里，我们要购买“机加工工具”，用以加工在整修工作中所需要的典型部件，以及工人所需要的工具。

这种准备可以确保福伊特的非洲客户能够从福伊特的能力扩展中不断受益。Enns总结说：“随着时间的推移，我们将改进我们提供和落实最佳方案为客户服务的能力，并根据客户提出的要求提供有针对性的服务。”//



HyService Bus满载工具，带着使用工具的专家，随时出发帮助全欧的福伊特客户。

24/7 移动式服务

借助服务车 (HyService Bus) 创意，当西欧的客户出现问题时，福伊特水电可以马上做出反应。将水电维修服务所需要的所有工具和仪器放在改装的奔驰厢式货车内是售后部工程师Florian Philipp的点子。每一种用具都合理有序地放置，并且方便Philipp和他的4名同事取用，以确保他们能够最快地开始工作。一有电话打来，Philipp或另

一位同事即做好准备冲进货车，即刻出发。自2015年夏季采用这种方法以来，已经行驶40,000公里，HyService Bus已执行了福伊特在该地区所有客户的紧急服务需求。这种方式非常成功，所以已经订购了另一台服务车，现在，Florian Philipp需要知道的只是：下次去哪儿？//



1 位于图里拉的径流式电站
2 新机器投入运行之日

电力改变生活

赞助修建的小水电项目为圣艾格尼丝本笃会姐妹和她们所服务的社群带来了新的生活。



图里拉 (Tulila) 水电站位于坦桑尼亚西南部的松盖阿市 (Songea)

对于居住在工业化国家的许多人来说，很难想象无法随时用电的日常生活会是怎样的。即使在2016年，仍有成千上万人的生活中没有稳定的电力供应。进入21世纪之前，对于坦桑尼亚西南部鲁伍马县的吉波尔修女院的370名圣艾格尼丝本笃会姐妹来说，这是真实生活的写照。更让人吃惊的是，她们愿意为当地人口的健康、教育和社会服务而奉献——不需要任何回报。

小开端

大约15年前，瑞士捐助者Robert Fuchs利用自己的基金在该修道院建设一个400 kW的小水电站，为这里的姐妹提供稳定的电源。事实证明，供给的电源还不能满足需求。

Fuchs 去世后，他的女儿询问他们的家族朋友，也是水电专家和私人投资者的Albert Koch，希望他看一下现场，并提供充分利用电站的方法。之后的变化超出了参与其中的所有人的预料。

大构想

当Albert Koch抵达吉波尔时，修道院姐妹已经购置一台玉米磨机，这样她们就能充分利用所获得的电力。但是受到她们奉献精神 and 无偿劳动意愿的鼓舞，Albert Koch决定调研能否建设一座更大规模的电站，改变她们的经济状况和当地人的生活水平。在与 Yoela Luambano修女（她满怀热情地承担了该项目的许多职责）进行协商后，可以明确的

“电站建成前，电力供应不稳定。现在，每个人的生活都是如此便利。”

Yoela Luambano修女
坦桑尼亚吉波尔修女院圣艾格尼丝本笃会姐妹

是，如果能够找到合适的位置，她可以向政府取得第二个电站的用水权，经过几次失败后，她们在距修道院几小时车程的地方找到了目标——图里拉地区的一条瀑布流。

位置确定后，下一个难题是资金。幸运的是，国营供电公司Tanesco 正在计划从外部购买电力补充主电网。Koch个人投资几百万美元，由瑞士瑞信银行提供贷款，由瑞士出口风险保险公司（SERV）保险，这个项目很快就成为可能。

建设启动

所有资金和许可证都已到位，这座以堆土坝和围堰为特点的径流式水电站可以开工了。该电站有3台双调节轴流式水轮机和电

气机械设备，所有设备均由福伊特位于奥地利的子公司Kössler提供。

另外，参与项目规划的瑞士咨询公司AF-Consult（前身为 ITECO）也负责项目的实施管理，直至投运。建设工地所处的偏远位置带来许多挑战，Kössler项目经理Karl Henninger这样记忆：“不同阶段需要对人员的抵达和货物的运输进行安排。所有部件都是从汉堡船运到达累斯萨拉姆（Dar es Salaam），然后用货车运到工地。安装团队先到达累斯萨拉姆，然后再飞到鲁伍马省首府松盖阿，最后乘吉普车到达工地。”事实上，整个建设阶段是一个团队共同努力的阶段，修女姐妹们在进口和海关手续和后勤协调方面提供了支持，并为到访的欧洲专家 >

重大问题： 重建还是改造？

▷ 提供食物和住宿帮助。她们甚至实施爆破作业，因为有一名修女是一位专业的爆破工程师。

从安装到调试

初期安装两台水轮发电机组，分别于2014年9月和10月运抵现场，装机容量为5 MW（2

x 2.5 MW），同时还预留了安装第三台机组的空间，在确定有电力需求时再行安装。这个电站的一个重要特点是其具有独立运行的能力。它必须服务于地方电网以覆盖周围农村范围。在电网崩溃时——时有发生——水轮机必须以停运的情况下以最低出力持续运行。Karl Henninger在评论应对这种挑战的

解决方案时说：“我们的建设工程师已经针对独立运行采取措施，包括使用大量的机械离心块、一套成熟的控制系统和一台电子负载调节器。”

生活得以永久改变

尽管存在各种挑战，安装工作于2015年1月开始，感谢所有项目参与者的完美协作，夏末就已发出第一度电。目前，两台已安装的机组年总发电量达到36 GWh，其中有20 GWh得以消耗，这也是暂时不安装第三台机组的原因。虽然电量没有全部使用，但是图里拉电站已改变了该地区人民的生活质量，尤其是鲁伍马省首府松盖阿完全改观。Yoela修女评价说：“在建设电站之前，电力极不稳定，松盖阿根本不是一个有吸引力的地方。人们不得不采用半天工作的方式，医院的外科手术有时需要拖上几天才能进行。现在医生的工作效率可以更高，我们有了新设备，如可帮助诊断的X光机。稳定的照明也使当地的孩子可以随时学习，而不是只能在白天读书。现在，每个人的生活都很便利。”

好消息层出不穷。修女Yoela满怀希望，她和姐妹们不久即可从将剩余电量卖给Tanesco中获得收益。而且，她正在与Albert Koch讨论，计划帮助坦桑尼亚其它修道院带来类似的转变。//

- 1 项目完工时欣喜的当地团队人员。
- 2 在这种偏远地区，建设工作是一项挑战。



1



2



BC Hydro公司拉斯肯水电站主厂房
加拿大，不列颠哥伦比亚省

选择改造而不是重建一座水电站——即使是几十年的老电站——可以为水电公司带来巨大收益。

改造设备而不是重建可以降低项目成本，缩短停运时间，而又能改进性能。即使设备已经运行60或80年，许多部件仍然可以升级和再利用。作为公认的专家，福伊特正在为加拿大的两个此类项目服务。

魁北克水电公司（Hydro-Québec）的Rapides-des-Quinze水电站：认真筹划

魁北克水电公司成立于1944年，在魁北克省共经营63座水电站，有些电站自1920年代即开始运行，Rapides-des-Quinze便是其中之一，建于1923年，分别于1949和1954年扩建第5和第6台机组，这便是福伊特工程师的工作对象。每项工作都有时间限制，但设备服役已有60多年，需要进行重大升级改造。

▷

“我们提议再利用[原有部件]，这样可为客户节省相关成本。”

Pierre-Alexandre Proulx
福伊特拉斯肯项目经理

▷ 第一步，由客户主导，分析每个主要部件的状态，选择更换还是整修。工作团队发现尽管70%的部件需要更换，发电机状态仍然良好。直径4.1米，17个转轮叶片，转速105.88 rpm的水轮机寿命已满，需要完全更换。高压水泵也处于相同状态。事实上，所有水轮机部件，除了主轴及其密封可以整修使用外，其余全都需要换新。

工程进度要求紧迫

福伊特专业人员对需要整修的部件进行了深度检查，以评估应采取怎样的措施，以及如何实施。随后，工作人员提出一个优化的水力学方案，需要更换一些水轮机部件，而不是像原计划的那样进行整修。福伊特专业人员一旦收到替换部件，即可将新部件与其它整修部件组合，迅速地将机组安装起来。

“由于招标书对现场安装计划的进度要求很苛刻，福伊特建议采用20/6两班制工作。这是福伊特赢得这一项目时的一个很大的不同之处。”福伊特负责该团队的项目经理 Wan-drille de Saint Louvent说。“魁北克水电公司对此很高兴，因为这满足了他们自己的生产要求。”

魁北克水电公司：低成本，高性能

Rapides-des-Quinze项目目前进入最后冲刺。首台机组2016年9月投入运行，第二台计划于2017年3月停运进行整修。“第二机组部件的完成将更快一些，因为将进行的整修工作和拟使用的新部件与第一台机组相同——所以已经积累的经验可以使项目进度加快。”Wandrille de Saint Louvent补充说。

魁北克水电公司的主要收益包括两台机组改造后性能提高8%，同时减少日常维护成本与工作量。

Ruskin：唯有福伊特提议进行整修

在不列颠哥伦比亚省（British Columbia），不列颠哥伦比亚水电公司正在与福伊特合作整修其拉斯肯（Ruskin）水电站主厂房。拉斯肯水电站建于1930年，比福伊特在魁北克省改造的Rapides-des-Quinze电站的扩建机组还早，而且自建成之后，几乎没有进行过升级。该电站的三台机组均需大修，包括换用新的水轮机转轮、导叶及其操作系统、定子（机座、铁芯和绕组），以及对转子进行改造。拉斯肯项目最大的挑战之一是主厂房非常小，这使得机组拆卸和再组装非常复杂。而不列颠哥伦比亚水电公司更偏向于改造而不是更换，福



1 拉斯肯电站主厂房十分狭窄——对于拆卸和组装都是一个很大的挑战
2 福伊特工程师在项目之初即进行了深度检查

伊特是建议重新使用转子机座而不是更换的唯一供应商。“我们可以看到并不是每个部件都损坏，所以提议再利用，为客户节省成本，”福伊特项目经理Pierre-Alexandre Proulx说。

与客户密切合作

第一步，福伊特与不列颠哥伦比亚水电公司的团队密切合作，于2012年对其中的一台机组进行了深度检查。福伊特针对设备的每个部件向不列颠哥伦比亚水电公司提供了详细报告，并提出相应的更换或改造建议。据此，不列颠哥伦比亚水电公司可以界定项目的准确范围。第二阶段始于2013年，工作内容是对三台机组的部件分别进行设计、制造、供货和安装。尽管主厂房空间有限，而且机组间距较小，在本刊出版之际，首台机组已准备进行最后调试，第二台机组

计划于2016年10月中旬投入运行。第三台机组计划于2017年初投入运行。

有竞争力的定价——但也体现价值

“我们的投标方案是有竞争力的，但显然，我们也不是最便宜的，”Pierre-Alexandre Proulx强调说。“对于不列颠哥伦比亚水电公司来说，增值才是关键。”

对于可能没有考虑到这一点的水电公司来说，这两个项目展示了改造的诸多好处——哪怕是非常老的机组。福伊特已经完成了许多此类项目，从而成为该领域的引领者，进一步为客户降低成本和风险。//



一台水轮机的导水机构从加拿大魁北克省Rapides-des-Quinze电站的主厂房移出。



用于声音监测的操作人员工作站

安全而好用

预计在不久的将来，无人值守水电站将能获得第一手的远程支持，而这要感谢福伊特的一项创新：声音监测。

用眼观察水电站运行情况对福伊特水电的所有客户来说都是十分重要的。然而，用耳倾听更为重要，因为机械故障往往可以先被听到，然后才能看到。但问题是，派技术人员在整个电站探听异常情况既耗时，又昂贵，而且还是间歇性的——尤其是电站地处偏远的情况。

倾听是关键

Rudolf Münch 是HyGuard的主要开发者之一。他利用机械师评估汽车的方法做比喻，对他和他同事采用的方法进行描述。“技工通过听单来发现大约50%的潜在故障。HyGuard就是将这个原理应用于水电站。”

HyGuard技术的工作基础是安装在偏远

无人值守电站重要位置的一系列传感器。系统记录声音，操作员——可能位于几百公里之外——可以对任何异常噪音进行评估。例如，如果任何一个传感器发出警报，操作员可以做出快速评估，并马上将录音发送给在世界任何地点的专家，由其进行分析。

自学习系统

目前，该系统已经非常智能化——但并不仅限于此。“第二部分，”Münch说，“如果相同问题再次出现，系统即可根据先前故障时的声音把问题识别出系统具有“自学习”能力。

“声音有着不同属性。对于水电站的旋转机械，大量不同的频率中隐藏着大量信息”，Münch解释说。“应用程序检查识别出各种

频率的共通模式，如相配或不配。系统记住这些模式，而且不断习得新的模式。此后，应用程序将各种模式加以对比，发现异常情况。”

已经规划示范项目

在德国的一座水电站已经完成首轮测试，包括一次性完成数天的麦克风录音。下一阶段是在一个位于德国的示范电站永久性安装这种系统。专家在通过这个示范项目取得足够的经验之后，就可以在全世界推广这种技术，包括作为我们新服务理念的一部分，应用在非洲的偏远电站。Münch总结说，“那里地处偏远，道路状况复杂，远程监测是最佳选择。”//

福伊特全球

来自福伊特集团各部门的最新资讯。

数字化解决方案事业部

日期：2016年4月1日。 **事件：**新的福伊特集团数字化解决方案事业部正式启动运营。其职责是整合集团在自动化和数字化领域的所有知识，为福伊特当前服务的领域及其它全新领域开发出新的数字化业务模型。福伊特数字化解决方案事业部总裁兼首席执行官 Roland Münch博士对未来满怀激情：“我期待在一个优秀团队内工作，经验丰富的同事正在将新的集团分部变成福伊特重要支柱。”//



潮流设计

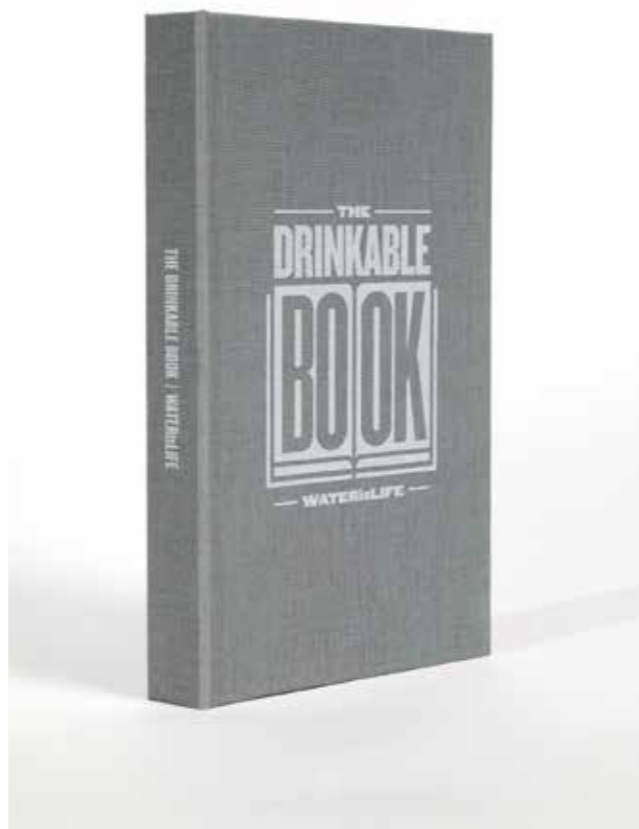
芬特（Fendt）拖拉机制造商在其最新1000 Vario系列的拖拉机中使用了一项新的冷却技术——以福伊特设计的高性能风扇为动力。凭借高达500的马力，Fendt 1000 Vario系列成为世界上最大功率的标准拖拉机，大功率会产生许多热量。福伊特风扇安装在冷却装置的前端，发动机从设备外面吸入较高密度的冷气，并通过高气动效率进一步压缩，从而增加与进气配置有关的压力，形成高达7m³/s巨大气流，进而增强冷却能力——而这一切使用的能量仅为标准风扇所用能量的一半。与公司的液力扭转减振器一道，福伊特技术正在对芬特最新最大拖拉机的工作效率和寿命发挥重要作用。//



造纸：新一代

福伊特造纸近期在汉堡举行的福伊特造纸客户专题讨论会上谈到了热点话题。在“变革——造纸4.0时代”主旨下，18位发言者阐述了新技术带来的机会，使纸张的生产可以带来更多的利润和更强竞争力。福伊特造纸的管理委员会主席Bertram Staudenmaier先生就如何最大化使用这些机会涉及的主要方面发表了看法：“我们与客户建立稳固的伙伴关系共享成果。”会议还详细讨论了下列内容：改善性能方面的创新、改革现有生产方法、通过现代服务方式保障效率和供给、数字化对造纸业的影响等。“我们面临着令人激动的目标和现实的挑战，我们将携手前进，共同应对。”Bertram Staudenmaier先生总结说。//

创造安全饮水书™



每张滤纸上都印有使用方法。一个四口之家每周大约需要1张滤纸。



材料与环境化学家Theresa Dankovich博士创造了一种以纸为媒质的水过滤器，以书本的形式呈现，这一成果可使成千上万的人获得安全的饮用水。

Dankovich博士开始其研究工作时，更多是以材料化学家的角色，而不是环境化学家的角色。在其攻读PhD博士学位期间，她加入了“森蒂纳尔生物活性纸网络，该网络与加拿大高校合作，研究如何增加纸的价值。这些潜在增值包括，例如，利用纸张作为一种病原体试纸或用于消除农业径流中的毒素。但Dankovich博士有一种独特的视角，正如她自己所解释的：“我的关注点是水过滤纸在抗菌方面的应用。项目始于2008年。”

安全饮水书™已经诞生

多年来，Dankovich博士在试验中采用不同类型的纸和含有银纳米粒子的杀菌剂，制成过滤纸，消除水源中的细菌。其实验室试验持续证明过滤纸可以100%消除水样中的细菌。2012年从麦吉尔大学毕业后，Dankovich博士于2013年进入弗吉尼亚大学从事博士后研究，在那里首次实施现场试验。

试验案例：南非

“2013年，我们带着有点像橙色圆饼的过滤纸到南非的多个天然水源。我们从多个地方采集水样，在过滤前后检验细菌数量。然后在加纳、孟加拉国和洪都拉斯重复进行试验。我们得到了我们想要的结果。那时，我知道我们拥有了一种有潜力挽救生命的产品。”重要的是，Dankovich博士在每个社区不断了解他们的需求、他们会如何使用这种产品，因为不同国家的消费和习俗有很大不同。这种认知对其将这一成果转化成一种有潜力的切实可行的商业产品——安全饮水书™提供了重要的帮助。

一本可用文字拯救生命的书

安全饮水书™将多张“纸页”装订在一起，每页可以单独撕下，过滤100

公升水，每10分钟可以过滤2公升。“按常规消耗量来算，每页滤纸可以为一个四口之家过滤一周所需的全部饮水量。每页滤纸上还印刷了为什么要过滤饮用水，以及如何用这本书进行过滤的相关内容。”Dankovich博士说。

在成千上万的人口无法得到清洁饮用水的世界，这个简单的创意显然有很大的潜力可用于预防疾病、拯救生命。重要的是，对于洁净饮用水尤为稀缺的发展中国家来说，过滤纸的价格是可以负担得起的。Dankovich博士解释说，“我们正在样机上生产这种纸，每张纸的生产成本仅为10-20美分。一旦达到更大规模，预计成本会显著降低。”

商业推广计划于2016年展开

2016年，Dankovich博士组建了一个宾西法尼亚公益公司Folia Water，将安全饮水书™推向市场。目前正在南非展开一个试验项目，随后将在洪都拉斯推广类似项目，Dankovich博士在此与当地医生合作。“我们正在与非赢利机构，如“Water is Life”，展开合作，扩大宣传，并制定了一个赞助计划，人们可以购买纸书捐赠给需要的团体。在开始之前，目前的工作都是围绕着提高认知，送出样本，收到反馈等方面，预计商业推广在明年初展开，”她补充说。

当下剩余的唯一挑战是达到所有相关法规要求。Dankovich博士有信心很快达到要求——不仅仅是因为她看到全球对这种产品的巨大需求。“我希望用5年的时间，把安全饮水书™推广到全球，包括印度和中国的偏远地区，那里的人口对于清洁饮用水的需求如此巨大。”这种雄心壮志，值得世人关注。//

<http://www.foliawater.com>



Theresa Dankovich博士是公益公司 Folia Water 的联合创始人、董事长和首席科学家，致力于“安全用水指南™”新技术的制定与传播，“安全饮水书™”利用银纳米粒子过滤自然水源中的细菌，使之成为可安全饮用的水，并就用水安全提供教育文字。



问高层的五个问题.....

Tobias Keitel博士
新任福伊特水电首席营运官

1 在您就任首席营运官之后，对水电业务有了怎样的新视角，您此前的水电经验对您有着怎样的帮助？

无论负责多少个项目，项目经营的基本原则不会改变，这方面的经验对我肯定大有帮助。新的角色给予我更加全球化的视角，因为现在我负责不同事业部的所有项目，所以我更加清楚各个市场之间的不同。美国肯定是现代化改造业务的引领者，我们在该领域也有着极强的优势。在中国和加拿大，电站的绝对规模和市场容量相当可观。

2 您认为这个行业的最大挑战是什么？

能源是我们时代的最重要事务之一。未来几十年全球面临的一个挑战将是如何在生产更多电量的同时，将CO2排放保持在较低水平。这与第二个重大挑战紧密相关：即如何在不稳定的太阳能和风能日益增加的情况下，维持电网稳定。水电为这两个问题提供了很好的解决方案。

我认为发展水电的一个前提条件是改变水电站的冲突性形象。一方面，水电是被肯定的，因为能源来自可再生资源。另一方面，水电站建设受到抵制，反对者认为水电并不是100%可再生。我希望与我们的客户一起，为水电创建一个更加正面的公共形象。

3 是什么原因让您对水电报以热情？

我们的建设工地场面宏伟，并常常有着美丽的环境。作为一名工程师，参与这些项目是令人着迷的，从事于创造明确价值的行业工作是一件有意义的事情：水电站利用可再生资源提供清洁的可持续电力。

4 您最喜欢福伊特的哪个方面？

过去几年中我们所创造的历史和引以为豪的成绩。我们是一个市场领导者，可以解决任何技术问题。我也喜欢福伊特这种中等规模的公司，在此工作多年的员工之间有着强烈的纽带关系，形成一种愉快的工作环境和稳固的基础。

5 本期的主题是非洲。您与非洲大陆有什么联系吗？

去年我深度参与了茵古拉项目，这是在南非的一个抽水蓄能电站，我们与客户一道，经过长期而艰苦的努力，将其打造成一个传奇式的成功项目。那是一种美妙的感觉。//

Tobias Keitel 博士主修工业工程专业，持有MBA学位。曾就职于波士顿咨询集团和MAN Ferrostaal AG，于2011年作为项目经理加入福伊特水电。2016年1月被任命为福伊特水电首席营运官之前曾任职于多个管理岗位。

本期呈现的福伊特水电项目

在整个非洲，福伊特正在引领水电项目，帮助地方政府和社群推动经济增长和社会进步。



帮助利比亚重建经多年内战重创的电力基础设施。> 第19页

咖啡山



扩大安哥拉的水电装机容量，支持当地经济的快速发展。> 第12页

坎班贝



帮助坦桑尼亚一座修女院自行发电，并改善社群生活。> 第36页

图里拉



莫桑比克一座水电站的坎坷历史 > 第30页

卡霍拉巴萨

博克斯堡



投资组建当地服务团队，服务于非洲许多国家。> 第34页

茵古拉



在南非通过一座抽水蓄能电站改善电力供应的稳定性。> 第8页

客户杂志，原版由：
福伊特水电集团
Alexanderstr. 11
89522 Heidenheim
Germany
www.voithhydro.com

A Voith and Siemens Company



VOITH
Engineered Reliability