

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

传动与控制技术 风力发电机组

The Drive & Control Company



运动永不休止： 传动与控制技术

在全世界范围内，风力发电占总发电量的比例越来越大。然而，这些风力发电机组的制造商所面临的挑战也日趋严峻。风力发电场的规模越来越大，甚至必须在北极、沙漠和近海地区等极端环境下工作。作为电-液驱动和传动系统制造商，力士乐已成为风力发电机组领域最具竞争力的合作伙伴和全面供应商。

广泛的产品供应范围

无论采用传统的传动轴-齿轮箱-发电机系统解决方案，还是采用直接驱动方案，力士乐都能为各类风力发电机组配备合适的齿轮箱系统。在机械传动技术领域，力士乐研发并生产制造各类齿轮箱，以满足风力发电机组装置的需求。高效的发电机齿轮箱能将转子的低转速转变为发电机输入端的高转速，高精度的偏航驱动装置可以连续持久地跟踪风向，结构紧凑的变桨驱动装置可用于桨叶的调整。

作为传动技术领域的领先供应商，我们也为风力发电技术提供完整的系统解决方案。产品供应的范围，包括高动态性能的液压变桨调节系统、高可靠度的传动系制动器、以及偏航驱动装置制动器。



博世力士乐 4
您的传动与控制公司

浆叶调整 6

电动浆叶调整 6

电-液浆叶调整 8

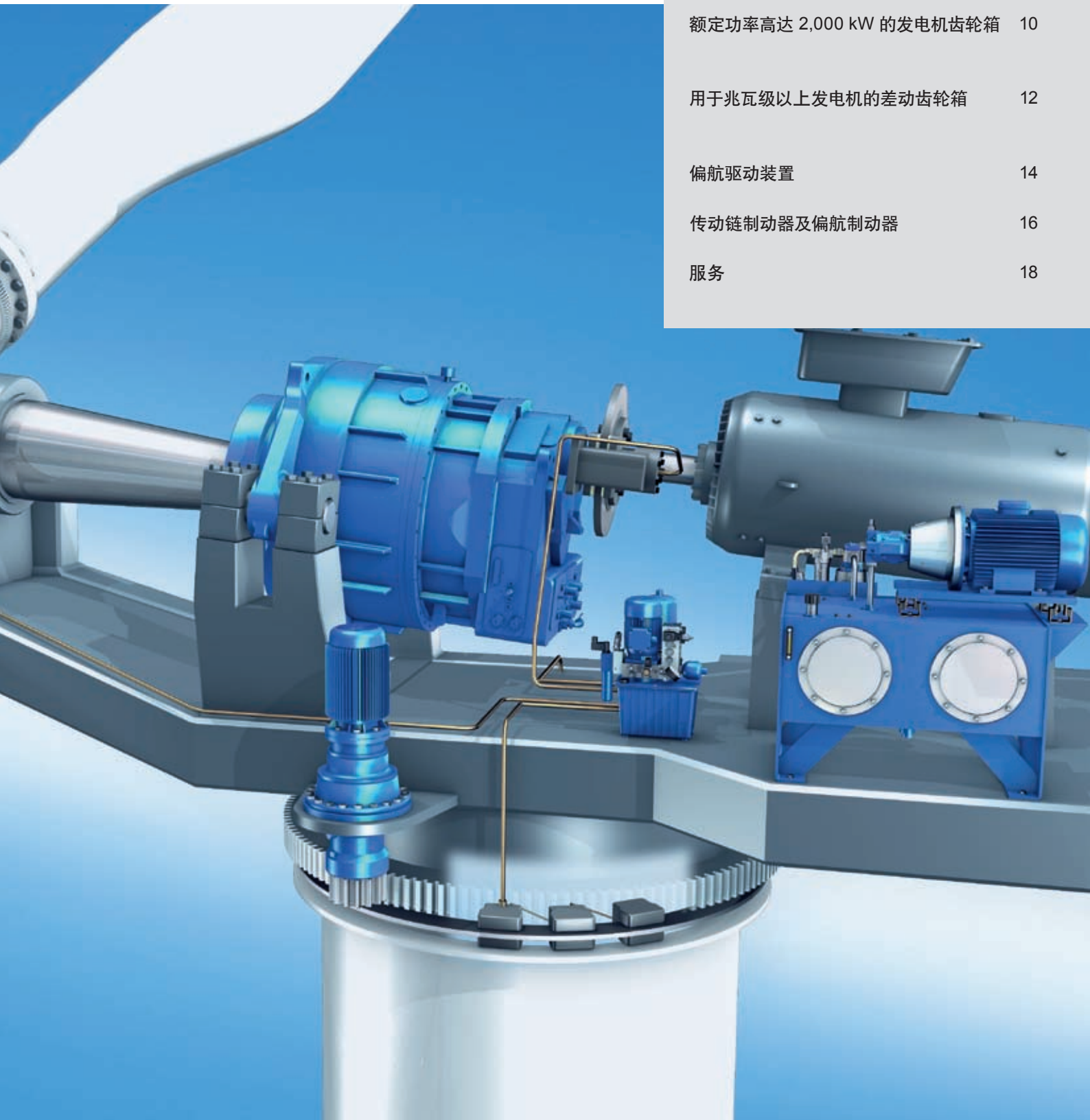
额定功率高达 2,000 kW 的发电机齿轮箱 10

用于兆瓦级以上发电机的差动齿轮箱 12

偏航驱动装置 14

传动链制动器及偏航制动器 16

服务 18



永不止步： 力士乐的成长之路

风力发电机组中应用的驱动系统，必须满足许多特殊的要求。除因气候原因产生的应力以外，设计师与工程师还必须确保风力发电机组能够满足各种风力载荷、更高的功率输出、结构紧凑的安装空间、以及装置重量轻便等技术要求。

经验与专业知识

力士乐生产传动系统组件已有百年历史。早在九十年代初，我们就已生产出 3.2 兆瓦级的风电机组齿轮箱，并因此而成为早期参与风机技术研发的企业。通过与著名大学的长期合作，并在减摩轴承制造商的支持下，我们的产品得到了持续不断的改进和完善。在风力发电产品部，更是汇集了力士乐公司的专业知识和技术专长。作为风力发电机组制造商的优秀合作伙伴，公司还不断强化在风力发电产品领域的优势地位。

营销和设计方面的竞争力

行业专用的传动系统解决方案，其重要性正在不断增大。力士乐非常关注这一发展趋势，并建立了多个市场导向型的应用研发中心。可再生能源和产品方面的专家们正随时待命；他们不仅熟悉传动技术和液压技术，而且还十分了解具体的应用要求。因此，力士乐能够为每一个风力发电机组项目提供客户定制的个性化解决方案。

为客户提供个性化的工程技术服务，已成为力士乐的强项之一。其优势在于，客户可以分享到力士乐在行星轮系、液压元件和创新能源领域几十年所积累的经验结晶，以及力士乐在工程、制造与测试领域的专业技术。在生产制造每一个复杂元件之前，力士乐就已完成了精确的 FEM 计算。

仿真

力士乐从齿轮箱的设计开始，就已保证了齿轮箱具有最高的安全性和可靠性。在设计与研发方面，力士乐的资深工程师都使用先进的计算机软件来实现齿轮箱组件的设计与优化。



对于样机的测量, 力士乐积累了多年的行业经验。例如, 我们在这一领域中进行空气噪音、结构噪音、以及扭矩和负载的测量。

自始至终的优异性能

我们知道, 产品质量在很大程度上取决于对供应商的正确选择。因此, 力士乐所有的供应商都必须满足由力士乐制定的高质量标准。质量意味着从一开始就做正确的事: 从机加工到热处理和装配, 还包括检测、喷涂和发货等环节。在此, 我们采用了DIN EN ISO 9001:2000质量管理体系, 它是保障产品长期符合高质量标准的基础。不仅如此, 力士乐关心的另一个领域是环境保护。多年来, 力士乐在一直执行 DIN EN ISO 14001 的环境保护管理体系。

现代热处理方法对传动装置及零件质量具有决定性的影响。力士乐在热处理技术方面积累的丰富经验, 对于确保齿轮箱满足最高的质量标准(比如: 强度、承受载荷能力、致密性及使用寿命)具有重要意义。

在齿轮箱组件及轮齿的生产制造方面, 力士乐也已积累了几十年的切削和研磨专业技术经验, 并且还在不断地发展完善, 这是确保产品最佳质量的基础。力士乐在先进加工设备方面进行了全面而系统的投资, 也确保了产品质量及经济效益。力士乐生产的所有元件在发货前, 都在试验台上经过了严格的质量标准检测。在力士乐的生产设备中, 发电机齿轮箱都要经过名义载荷最高达 5MW 的满负荷测试。其它各种专用的测试条件, 都必须满足客户要求规范。依靠先进的软件测试技术, 可以记录设备的温度及噪音特性。

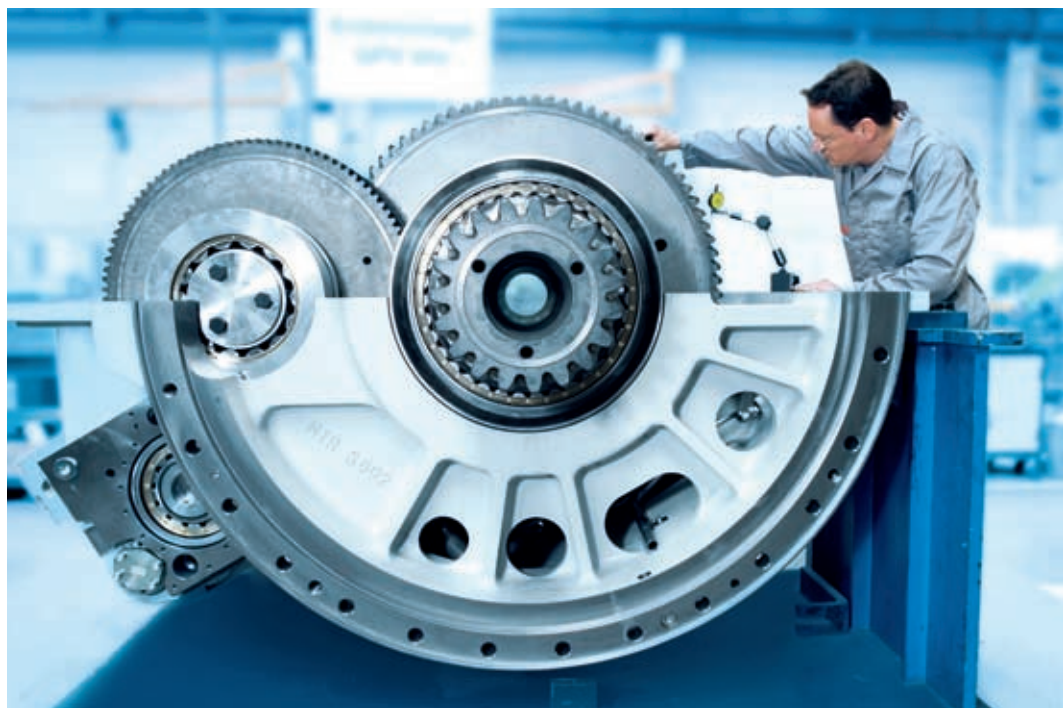


热处理



研磨

REDULUS GPV 装配



实时跟踪风向：电动桨叶调整

在海拔 100 米的高度，风力十分强劲。结构紧凑的变桨驱动装置可随时驱动叶片，以确保叶片总是处于最佳的受风位置。

除了可靠性要求以外，位置的精确性极为重要。以液压或电机为动力的变桨驱动装置，则可以满足这些技术要求。

MOBILEX GFB 型变桨驱动装置

力士乐可以提供全系列的 MOBILEX GFB 型行星齿轮箱，以满足各种大小尺寸的风力发电机组的需求。这一方面，我们可以汲取 40 年来在回转齿轮箱制造方面的经验，开发电动变桨驱动装置。



MOBILEX GFB 型变桨驱动装置的技术特性：

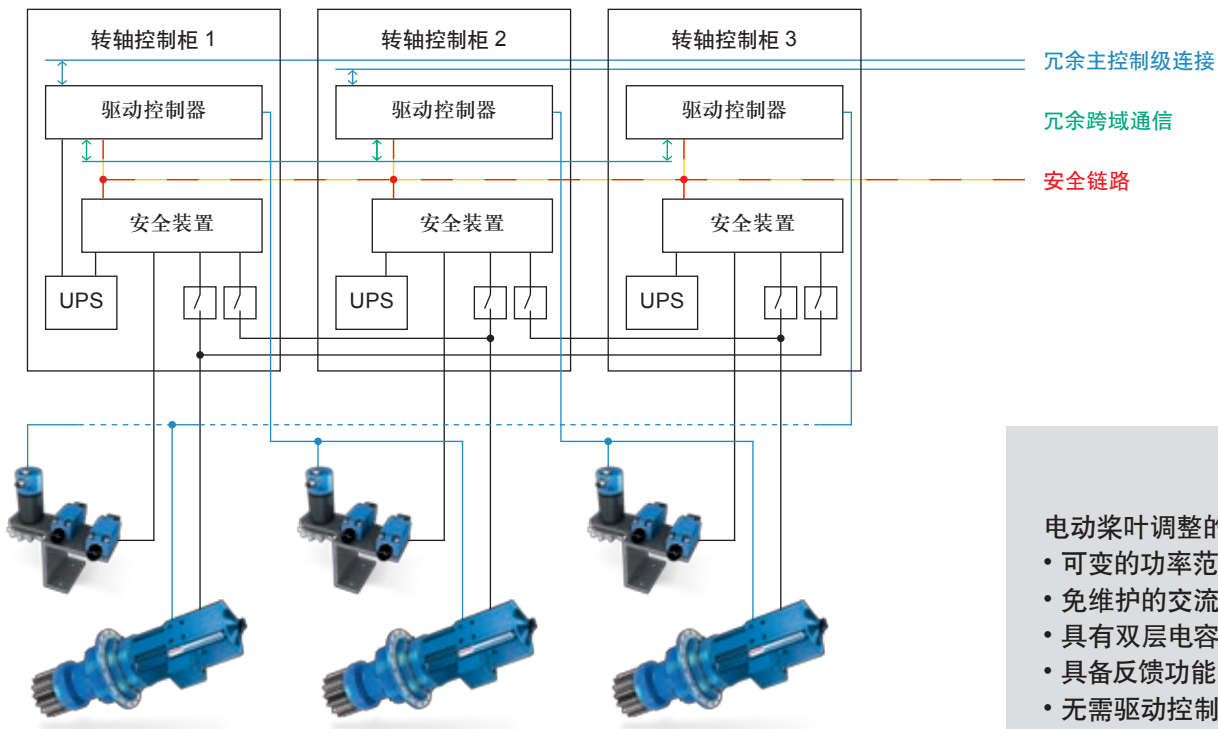
- 输出扭矩从 3 至 28 kNm
- 传动比在 60 至 200 之间
- 紧凑型、空间集约型两级乃至三级行星齿轮箱
- 可选的锥齿轮系
- 坚固耐用的抗磨轴承
- 可配备电机附件
- 安装简易
- 更换润滑油方便
- 运行噪音低

这些结构紧凑的驱动装置，包括配备有输出小齿轮和电机的一套行星轮系。由于电机驱动的变桨驱动装置随着传动轴心不停地旋转，因此必须配有专用的密封系统。如果安装条件受限，输入端就必须采用锥齿轮轮系。

力士乐变桨系统的结构

在开发电动桨叶调整系统时，最首要考虑的问题，是保证其最大的可靠性和稳定性。通过改变叶片的控制和监控方式、并在主控级和驱动控制器之间进行冗余数据交换，即可达到上述要求。

因而在必要时，某台驱动控制器的功能就可由其邻近的驱动控制器代为执行，确保风力发电机组仍能有效发电。



电动桨叶调整的技术特性:

- 可变的功率范围
- 免维护的交流电机
- 具有双层电容的UPS
- 具备反馈功能的驱动控制器
- 无需驱动控制器的应急操作功能
- 每根转轴都配备独立的能源管理系统
- 在线系统诊断功能

强大的，灵活的： 电-液桨叶调整



即插即用(PnP)

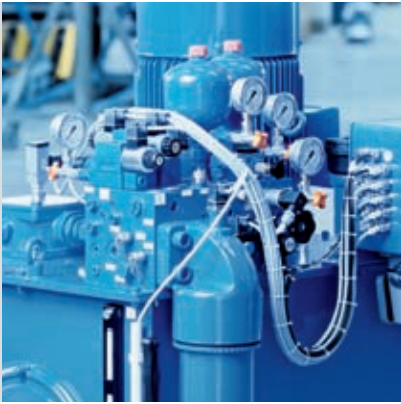
装配完成后，所有的变桨驱动装置都必须在试验台上进行适当的功能测试，并由力士乐员工确保各种电气模块都已实现合理的匹配。这样，就可以在设备运抵后确保立即进行安装和运行。因此，复杂的信号匹配及电气参数的调整过程都可以省略——即插即用。

自动防故障装置的特性

通过在各个液压元件之间建立逻辑连接器，实现了每一台变桨驱动装置的自动防故障功能。这一功能由于基于纯机械原理，因而具有极高的可靠性。而如果机构运行的复杂性上升，则液压蓄能器所驱动的转子叶片不需外部控制作用就能进入安全的末端位置。

液压变桨控制系统

每一套系统中的液压变桨驱动装置，都具有期望的各种特性：强大的驱动力、紧凑型结构、分布式信息指令、高动态性能以及长使用寿命和高可靠性。



分布式智能控制

内置处理器和存储器的比例阀，能完成从简单的开环控制到复杂的闭环反馈控制等各种控制功能，从而减小对主控系统和总线系统的控制负担。

液压能供给

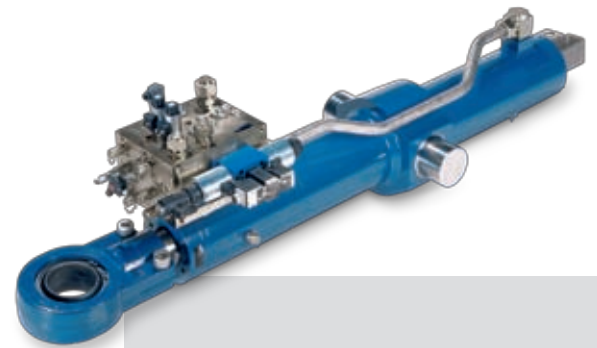
没有压力就不会产生动作。即使最智能化的液压系统也需要压力来进行驱动。由于液压油无固定的形状，所以液压设备可在最小的安装空间内使用。

力士乐生产的高品质液压元件，必须配备高纯度的液压油和精细过滤器，以及保持最佳操作温度的冷却器和加热器，这是保证液压元件长使用寿命的前提条件。

使用带液压蓄能器的液压控制式变量柱塞泵，可以输出很高的驱动力且占空间小，能源利用率高。

分散布置

液压系统中的独立功能模块无需排列布置。使用柔性联接器连接各独立模块，可以使得整个液压系统最优化地集成在风力发电机组中。



电-液变桨控制系统的技术特性：

- 精确的可控性
- 高度集成
- 紧凑型设计
- 可靠的自动防故障功能
- 集成的安全功能
- 简单试运行
- 长使用寿命
- 高保证的环境兼容性
- 柔性化布置
- 所有通用模拟量和数字量接口

安静而可靠的 REDULUS GPV 型发电机齿轮箱

在丹麦的沿海地区，北海面上有一处风力发电场。这里风力强劲，西南风可达 8 蒲福级。恶劣的气候条件，要求风力发电机组具有高强度的发电机齿轮箱。

发电机齿轮箱是风力发电机组传动系的核心元件。轿车齿轮箱的设计寿命为 2000 小时，而发电机齿轮箱的可靠运行时间为 20 年，也即 175,000 小时运行时间。

这就是 REDULUS GPV 的魅力。日复一日，永不停息！

海上风力发电场





紧凑型设计的 REDULUS GPV 型发电机齿轮箱，由一个行星轮系和两个平行轴螺旋齿轮系组成，它已在多种额定功率达 2MW 的风力发电机组中得到应用。同时，力士乐也开发为客户专门定制的解决方案，以尽量满足不同风电机组配置的需求。齿轮箱内的外齿轮采用表面硬化处理工艺，而内齿轮的齿部采用渗氮硬化处理工艺。

力士乐在热处理技术领域中的丰富经验，对确保齿轮箱能够满足最高质量标准(如：强度、承受载荷能力、致密性及使用寿命)具有重要意义。当然，我们也意识到客户希望齿轮箱具有良好的低噪音特性。早在40年前，力士乐就为巡洋舰生产制造大型低噪音齿轮箱。从当时帮助乘客实现良好睡眠的低噪音齿轮箱技术直至发展到今天的静音发电机齿轮箱技术。除设计要求外，高精度的齿形研磨处理工艺也使得噪音被控制在机舱内，而不外泄。



用于600到2000 KW之间风电机组的REDULUS GPV的技术特性：

- 传动比范围：50-120
- 客户定制的个性化解决方案
- 满足力士乐设计标准，确保产品最长使用寿命
- 由于采用一个行星轮系和两个平行轴螺旋齿轮系的组合，故结构紧凑
- 齿轮的外齿采用表面硬化处理工艺
- 螺旋齿行星齿轮系
- 内齿轮的齿部采用渗氮硬化处理工艺
- 高强度抗磨轴承
- 行星轮系轴承采用注射润滑，及可选冷却系统
- 传动轴和空心输入轴通过收缩盘连接
- 压力与温度监控传感器
- 低噪音特性

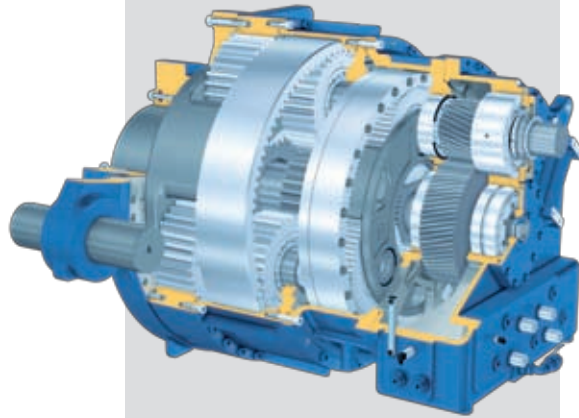
结构紧凑的 REDULUS GPV-D 型差动齿轮箱： 用于兆瓦级以上



设计工程师正面临更多的挑战，他们不得不紧跟兆瓦级以上风力发电机技术的发展步伐。对研发人员新的要求是，必须能够开发出更紧凑的齿轮箱，且尺寸、重量应越小越好。通过使用多重功率分流的设计方案，新型 REDULUS GPV-D 差动齿轮箱可以满足这些要求。

这与传统的兆瓦级以上发电机齿轮箱相比差别很大。此设备的输入级，并不是仅限为一级由4个或更多行星轮组成的行星轮系，相反，REDULUS GPV-D 包括两个输入级，每个输入级包含三个行星轮，而这两个行星轮系的太阳轮则按照设定的最佳耦合匹配关系各自输出功率。





差动设计的功能原理

行星轮系的第一级实现功率分配。通过传动轴转动，部分功率直接从行星架传递到第一级行星轮系，其余功率作为无损耦合功率被传递到第二级行星轮系旋转的内齿圈上。功率分配的百分比由三级行星轮系固定的齿轮齿数比决定。

第一级行星轮系太阳轮的速度与差动行星轮系行星架的速度一致。而且，第二级行星轮系太阳轮的速度与差动行星轮系内齿圈的速度一致。内齿圈和差动行星轮系行星架的速度共同产生一个太阳轮累积速度，从而实现功率合流。

REDULUS GPV-D 的主要优点

在于其相对小巧的直径尺寸，且总长尺寸增加很少。与当前正在服役的传统齿轮箱相比，它使风力发电机组的重量指标性能提高了15%，且并不影响其可靠性。在此，零部件外形尺寸的减小对重量指标性能起到了关键作用：如差动行星齿轮传动系统结合外啮合平行轴齿轮系的应用、选用抗磨轴承、及采用与1.5-2MW级齿轮箱相似尺寸的REDULUS GPV-D专用行星架等。客户通过使用力士乐批量生产的高可靠度和高品质的产品，以保障自身利益。



用于2300KW风力发电机组的 REDULUS GPV-D 的技术特性：

- 传动比范围：70-150
- 用户定制的个性化解决方案
- 满足力士乐设计标准，确保产品最长使用寿命
- 带两级行星轮系、一个差动轮系和一个平行轴齿轮系的差动设计概念。
- 齿轮的外齿采用表面硬化处理工艺
- 内齿轮的齿部采用渗氮硬化处理工艺
- 高强度抗磨轴承
- 润滑油系统对所有轮齿啮合点和轴承进行循环供油润滑，及可选冷却系统
- 压力与温度监控传感器
- 低噪音特性
- 由于采用模块化设计，维护简易



持续跟踪风向 MOBILEX GFB 型偏航驱动装置

施勒苏益格-荷尔斯泰因州，位于北海和波罗的海之间。除去那些无风的日子，即使在阳光灿烂的日子里，风力发电机组也可以运行。如果风向从西北向北变化 8 度，则传感器将会把感测到的信号传输到控制系统，控制偏航驱动装置将机舱定位到合适的位置。独立驱动系统的精度与性能是决定因素。坚固且动力强劲的MOBILEX GFB 型偏航驱动装置可以完美实现这一切。





自1968年以来，行星轮系齿轮箱就已列入力士乐的产品供应范围。到了80年代，力士乐的工程技术人员从起重机械的齿轮箱中汲取技术经验，并开始研发能够满足机舱偏航控制的驱动装置。无论型号大小，力士乐都可以为各类风力发电机提供全系列的MOBILEXGFB型产品。MOBILEXGFB产品输出扭矩在8kNm 到 150kNm 之间，而 4 级行星齿轮系的传动比在 700:1 到 2000:1 之间。

偏航驱动装置由4级行星轮系组成，并配备有电机和输出小齿轮。4级行星轮系可提供大的传动比以实现高精确度的传动。过去，必须通过增加机舱尺寸来容纳大规格齿轮箱而获得足够的输出扭矩。现在，则通过在偏航轴承周围布置数个驱动器来实现。必要时，还可以在偏航控制系统内安装10个以上的齿轮箱。



MOBILEX GFB 型偏航驱动装置的技术特性：

- 输出扭矩范围：8 至 150 kNm
- 传动比范围：700 至 2000
- 紧凑型，4级行星轮系
- 高强度抗磨轴承
- 配有电机
- 易于安装
- 润滑油更换方便
- 低噪音运行特性

刚柔并济 传动链制动器及偏航制动器

如果要对风力发电机组进行检查，在工程师进入机舱前必须先停机。实际上，风力发电机组必须停在预定位置。另外维护人员必须能够进入风机的轮毂位置。这就要求转子必须安全可靠的锁定在安全位置。

与过去相比，现在完成这一过程则更加简单。电-液压制动器可将转子停在所需位置，并且自动与转子制动销配合。

这样一来，力士乐的员工可以完成任何他们须要完成的工作：如进行检查。

柔性制动，安全锁定

在风力发电组传动系中必须设置独立的制动器，在其制动时会在发电机齿轮箱上产生巨大的制动扭矩。如果在机组停机维修时也依靠它来维持制动状态，则会产生额外应力和不必要的磨损。由于这个原因，力士乐将系统紧急制动操作和维护制动操作分开。当转子停止在预定位置时，转子被定位销锁定，传动链制动器此时可以打开。从而，制动器可释放负载，否则负载将作用在传动

系上，而影响整个风力发电机组的使用寿命。

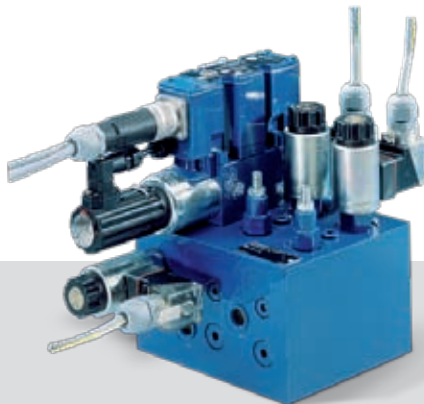
时刻对着风向

当风向发生改变时，整个机舱必须转动到一个新的位置。因此，必须将偏航驱动装置的制动器产生的夹紧压力减小到打滑压力，整个机舱才能在偏航驱动装置的作用下转动。只要机舱转动到新的位置，夹

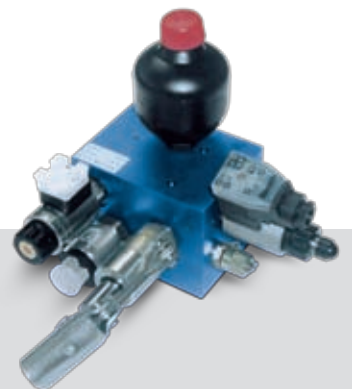
紧压力就会恢复到原来的值，并使偏航驱动装置卸载。如果使用比例阀来调节打滑压力，则可以大大降低磨损。



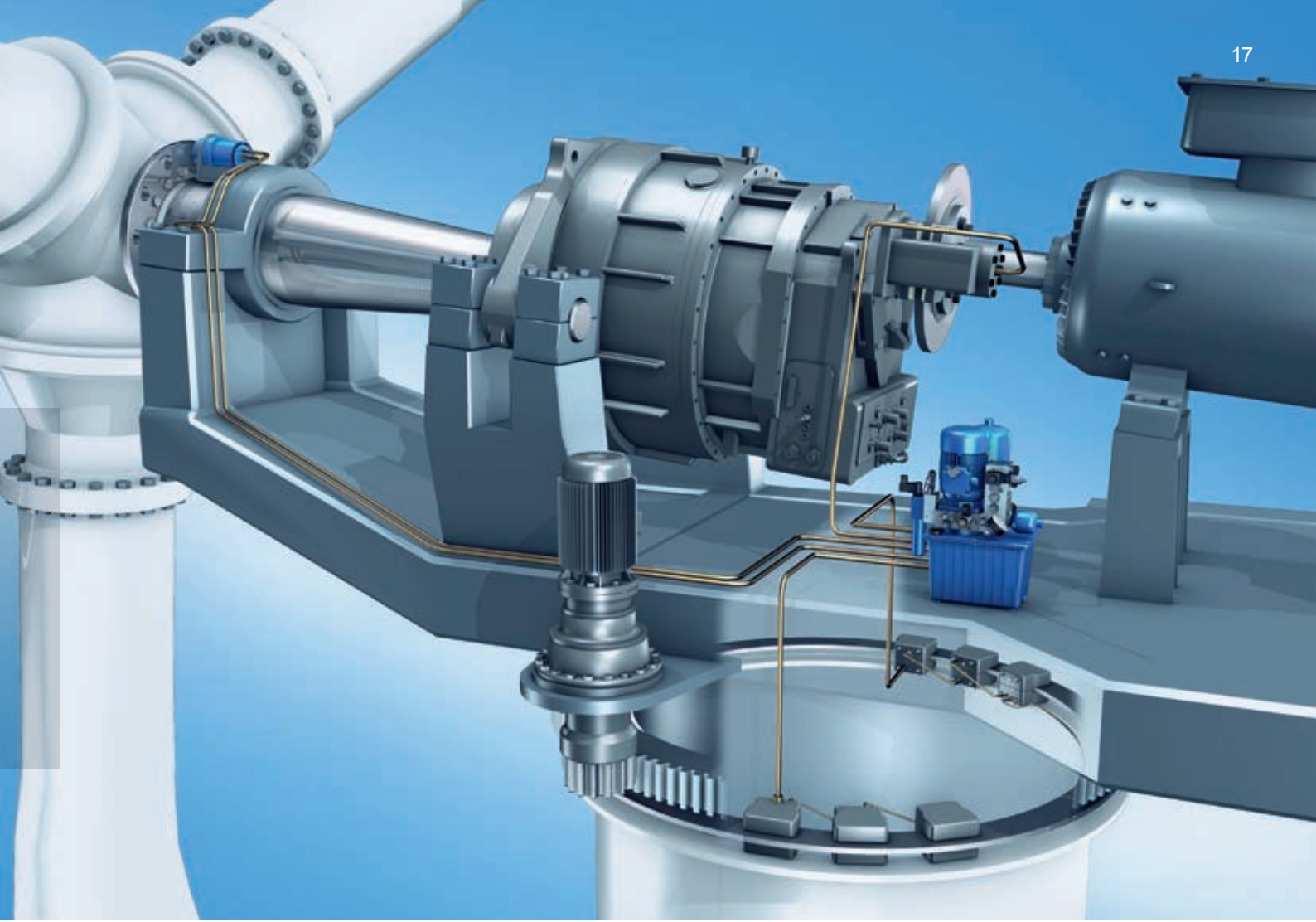
舱内液压站
控制各种制动功能



控制模块
能以精确的速度与扭矩，是实现制动控制功能



控制模块
能以特性曲线方式控制的软制动



出于安全目的的机械锁紧

如果工作人员打算进入轮毂或登上轮毂进行操作，则必须对转子进行机械锁定，以确保工作人员安全。为此，在转子轴和机架的相应位置设置锁定孔和锁定销，通过锁定销插入孔内来实现机械锁定。这一过程

如果采用人工操作，则需要 2 至 3 人才能完成。而现在，可以借助电气控制系统自动操作完成。



压力控制阀，电动作用方式

电-液制动控制的技术特性：

- 精确的开/闭环控制
- 紧凑型设计
- 完整的安全功能
- 试运行简单
- 环境兼容性好
- 专门为此应用而设计的常规操作时间
- 基于模块化设计理念的客户定制解决方案
- 驱动额定功率：0.18 至 4.0 kW
- 体积流量：1.2 至 14.8 升/分钟
- 油箱容积：1 至 60升
- 油箱：钢质结构、铝制结构或塑料结构

无论何时、何地、何种原因： 力士乐都将为您提供最佳服务

我们承诺：如果风力发电机组设备出现任何问题，力士乐的服务团队就会迅速到位，为您提供专业化的服务援助。“架设风力发电机组并获取能量”，是所有风力发电场业主的目标。力士乐不仅欣赏他们，而且会尽一切可能尽快帮助他们实现这一目标。

力士乐的服务团队遍及全球 80 多个国家，每天 24 小时的全天候待命，随时为客户提供服务保障。请您相信：力士乐卓越的服务品质和服务能力。我们的服务领域，包括现场支持、故障分析到故障维修。

对于力士乐的任何一个部件，我们的资深专家及服务人员都乐意地帮助您解决问题。如果您需要寻求力士乐专家的帮助请登录：

www.boschrexroth.com





主齿轮箱的内窥镜检查



齿轮箱检查及早期故障诊断

对齿轮箱进行定期检修，可以改善风力发电机组的利用率及运行效率。在风电组早期故障检测方面，力士乐的资深工程师具有丰富的经验。他们使用可靠的检测软件，并借助于先进设备和系统进行测试和检查。

维修

力士乐具有全面而丰富的齿轮箱设计知识，可以确保齿轮箱的维修完美无缺，并具有最高的性价比。依据自主版权的设计图纸，我们可以对齿轮箱内的零件进行检修或翻新加工，也可对轮齿进行重新研磨。在发货前，经过维修的齿轮箱必须通过我们试验台的测试。测试依据严格的质量标准，并出具相应的测试报告。

备件

力士乐的服务特点：速度快、能力强、效率高及遍布全球的物流配送。力士乐为现有产品提供具有OEM品质的原装备件、修理包及升级装备，甚至涵盖已经停产的早期产品。

您的传动与控制公司

力士乐是独一无二的。在世界市场范围内，没有第二家产品品牌能够为客户提供有关传动与控制技术全系列专业化集成产品。这就是为什么力士乐能够成为全世界范围内提供传动技术、控制和传动解决方案的最好公司，并通过不断迎接新的挑战以成为行业发展标准。在全世界超过80个国家，我们的员工总数达30,000名。这些要感谢力士乐与合作伙伴的精诚合作、以及客户至上的理念而建立起来的基础。

博世力士乐公司已有超过200年的历史。作为罗伯特·博世公司(Robert Bosch GmbH)的全资子公司，我们是全球领先的传动与控制技术的代表。所有这些都是我们经营的动力和义务。这就是博世力士乐，世界上独一无二的传动与控制公司。

电子传动与控制技术

液压

线性传动与
组装技术

气动

服务



经过研磨的螺旋齿行星轮——具有力士乐品质的原装备件

博世力士乐中国

中国上海市浦东大道1号
中国船舶大厦4楼
邮编:200120
电话:(86-21) 3866 6000
传真:(86-21) 3866 6111

博世力士乐中国

大连代表处

中国大连市西岗区新开路99号
珠江国际大厦2005室
邮编:116011
电话:(86-411) 8368 2602
传真:(86-411) 8368 2702

博世力士乐中国

广州代表处

中国广州市开发区科学城光谱西路
TCL文化产业园办公楼4楼A室
邮编:510663
电话:(86-20) 3229 9551
传真:(86-20) 3229 9528

博世力士乐中国

成都代表处

中国成都市顺城大街308号
冠城广场21楼B-C座
邮编:610017
电话:(86-28) 8652 7550
传真:(86-28) 8652 7123

博世力士乐中国

香港办事处

香港九龙长沙湾长顺街19号
杨耀松第六工业大厦1楼
电话:(852) 2262 5100
传真:(852) 2786 0733

博世力士乐中国

北京代表处

中国北京市经济开发区
永昌南路6号
邮编:100176
电话:(86-10) 6782 7000
传真:(86-10) 6782 7020