



风电存量机组电控系统维护方案

目录 Contents



公司简介	03
风电存量机组电控系统维护现状	04
禾望优势	05
原则	06
风电变流器整机替换维护方案	07
国外品牌风电变流器局部改造维护方案	15
全功率变流器待机节能改造	24
风电机组主控升级改造解决方案	25
风电变桨系统改造解决方案	27
偏航系统替换方案	33
光伏逆变器替换方案	34
SVG、SVC维护方案	35
监控系统维护方案	38
风电场功率协调控制解决方案	40
风电机组移动式并网测试装置	41
HSVG无功补偿解决方案	42
变桨控制系统	43
风力发电变流器（低压三电平系统）	46
组串式逆变器	48
储能变流器	49

公司简介

深圳市禾望电气股份有限公司（股票代码603063）专注于新能源和电气传动产品的研发、生产、销售和服务，主要产品包括风力发电产品、光伏发电产品和工业传动产品等，拥有完整的大功率电力电子装置及监控系统的自主开发及测试平台。公司通过技术和服务上的创新，不断为客户创造价值，现已成为国内新能源领域最具竞争力的电气企业之一。

在新能源领域，禾望产品系列覆盖国内850kW~24MW风电变流器、5kW~3.125MW光伏逆变器及1.0MW~6.25MW箱逆变一体机等主流机型；在储能领域，禾望提供整套的储能系统解决方案，覆盖发电侧、电网侧、用户侧等多种不同应用场景；在工业传动领域，禾望提供0.4kW~60MW的传动成套解决方案，可广泛应用于冶金、石油、矿山、船舶、化工及其他各种工业应用场合；在电能质量改善和治理领域，禾望为您提供单机30kvar~100Mvar的SVG产品，已广泛应用于区域电网、风电、光伏、石化、煤炭、钢铁、油田和轨道交通等多个领域和行业；在新能源汽车行业，禾望提供多种电驱产品、系统集成解决方案和服务，为城市交通提供清洁动力。

针对风电后市场的运维服务，禾望推出了风电机组电控系统一体化解决方案，主要包括主控、变桨、变流系统的改造服务、关键部件的国产化替代、电气部件维修等业务，并且提供SVG、AGC、AVC、高穿、调频等整体特性解决方案。

【荣誉】



国家科学技术进步奖



CNAS认可实验室资质



国家级高新技术企业

【质量体系】



质量管理体系



环境管理体系



职业健康安全管理体系

总部及研发基地：深圳

制造基地：深圳、苏州、东莞、盐城

营销服务中心：北京、上海

服务基地：华南、华东、西南、西北、华北、东北片区等16个服务基地和遍布全国的服务点



风电存量机组电控系统维护现状

随着我国近十年风电装机的大发展，目前我国已成为全球最大的风能装机大国，在机组早期发展过程中，机组电控系统或核心控制部件大多数依靠进口。近几年国产电控部件在整体性能、质量、服务上已全面超越国外品牌，随着风机逐渐出质保、机组的老龄化以及国家标准对风电机组并网要求的提高，针对机组控制性能优化、电网调度或适应性要求、国产化替代降成本，从市场实际需求和最有性价比出发，禾望推出了机组电控系统维护解决方案，下面针对机组电控部分中两个核心部件（变流器、变桨系统）分别介绍：

■ 作为机组中核心能量转换部件，随着国外品牌和部分国内品牌变流器退出市场，存量机组变流器面临着更多的问题：

- 没有响应及时的售后服务，部分进口部件采购周期长，价格昂贵
- 类似高穿等标准升级后，没有性价比高的技改方案，国内技术支持能力差
- 环境适应性差，部分进口机组在部分沿海区域或西北高温区域故障率高
- 电网适应性差，部分风电机组在某些区域由于电网适应性差频繁脱网，给电力安全生产造成重大隐患

■ 当前不少风电场配置的老旧型号变桨系统，经过多年的运行，面临如下诸多问题：

- 变桨系统故障率高，尤其是配置铅酸电池、直流电机、特殊型号驱动器的变桨
- 涉网性能不达标，普遍不满足电网高穿要求，有些变桨甚至不满足电网低穿要求
- 针对老旧型号的进口品牌关键器件，备件的采购成本高且周期长
- 面对整机出保或者厂家退出市场，有些变桨系统产品维护缺失
- 变桨主动安全保护措施不足，导致风电机组存在安全风险。

■ 禾望整体风场维护方案中，部分其他可供选择的产品：

- 应用于无功补偿设备SVC改造的SVG产品
- 基于独立硬件平台的风场功率协调控制系统——HPPM
- 风场智能化运维监控平台hopeView和hopeFarm
- 变流器高穿性能提升等局部改造方案
- 电控部件维修服务和机组电控部分精细化维护
- 风电机组移动式并网测试装置



禾望优势

■ 专注与专业

- 基于对风电行业机组电控系统近15年的经验积累及深刻了解，禾望具备对全风电场电控系统整体改造的能力，并提出完善的维护方案，涉及主控、变流器、变桨系统等。

■ 业绩与经验

- 禾望拥有一支由客服、研发组成的工作经验超过15年、专门从事风机电控系统问题解决的专业团队。
- 截止2021年7月，累计完成8000多台风机改造。

■ 售后与服务

- 在深圳、北京、兰州、昆明、张北等地设有常驻服务机构及备件库，及时响应、快速处理。
- 引进ERP及CRM系统，强化跟踪服务、规范流程、确保问题彻底解决。

■ 在全国拥有

- 16个大型备件库
- 400多个小型备件库
- 150多名一线运维工程师



原则

禾望电气针对市场实际需求，推出了一系列风电机组电控系统维护方案。在机组控制性能优化、电网调度和电网适应性要求、国产化降成本等各方面取得了不俗的成绩。



一系列解决方案



此外，我们还提供

应用于无功补偿设备SVC改造的SVG产品
基于独立硬件平台的风场功率协调控制系统——HPPM
风场智能化运维监控平台——hopeView和hopeFarm
电控部件维修服务和机组电控部分精细化维护

整机替换维护方案

对于某些整机故障率高、不满足当前的电网标准，通过局部替换改造无法解决问题，且后续备件补充困难、售后服务无保障、维护成本昂贵的变流器，禾望电气推出整机替换改造方案。

禾望电气提供690V、1.0MW~5.0MW双馈变流器，690V、850kW~6.0MW全功率变流器的整机替换改造方案，根据运行海拔、工作环境、原机型冷却方式、安装空间等多种因素，采用对应的机型进行替换。



方案特点

- 备货周期有保障
- 故障率大幅度降低
- 良好的售后服务保障
- 满足当前电网最新标准
- 模块化设计，可维护性好
- 现场施工量小，改造时间短
- 完善的监控系统，实时监控、故障智能诊断分析
- 机型齐全，覆盖690V双馈、全功率几乎所有机型

■ 整机替换维护方案

◎ 改造维护案例

整机替换维护案例

时间：2016.9

地点：河北海兴风电场

改造原因：国外A品牌变流器是早期风电市场使用较多的一款变流器，其集成度高，体积小，前期运行稳定，出保后，随着运行年限增加，故障率也急剧增高；并且随着国家电网新标准的更新，其适应性越来越差。随之而来出现一系列问题：集成度高，维护不方便，故障信息不透明；功率模块损坏的同时伴随其它器件的损坏，损失重大；且备件价格昂贵，维护成本逐年增加。

改造方案：整机替换

效果：故障率大大降低；电网适应性提高；备件采购问题解决；满足故障电压穿越要求；具备完善的监控系统；环境适应性差问题解决；良好的售后服务有保障；模块化设计，可维护性强。



5MW海上风电变流器改造案例

时间：2016.4

地点：江苏如东海上风电场

改造原因：国产化替代

改造方案：将原来5MW海上风电变流器（6个1MW变流器柜组成）替换为禾望的5MW海上风电变流器（2个2.5MW变流器柜组成），并进行配电整改。

效果：运行稳定，故障率低，可利用率高。



国内D品牌整机替换维护案例

时间：2016.12

地点：广东徐闻前山风电场

改造原因：风场原使用国内D品牌变流器，现场变流器故障率偏高，电网适应性不符合标准，维护成本逐年增加。

改造方案：使用禾望2.0MW全功率变流器进行整机替换，运行稳定。

■ 紧凑型双馈变流器维护方案

针对二级拓扑结构的变流器，功率模块损坏严重，而原并网柜运行正常；禾望电气采用保留原并网柜，更换功率柜的解决思路，推出一款紧凑型无并网柜变流器；紧凑型无并网柜变流器配合原变流器的并网柜，重新组成一台新的变流器。

◎ 紧凑型无并网柜变流器

紧凑型无并网柜变流器由配电柜、功率柜组成，二者集成于一个柜体，柜体体积小、结构紧凑，宽度仅为1.3米，深度为0.6米；适用于对空间要求较为苛刻的场合。

■ 方案特点

- 可靠性高
- 环境适应性强
- 电网适应性强
- 满足故障电压穿越标准
- 方案成熟，大量应用
- 最大限度降低改造成本
- 最大限度利用原变流器可用部件
- 结构紧凑，柜体尺寸小，兼容性好



紧凑型双馈变流器维护方案

维护案例

紧凑型双馈变流器维护案例

时间：2016.9

地点：辽宁锦州芳山风电场

改造原因：机组引进、生产、安装较早，不适应国家电网最新要求，不具备低电压穿越功能，且后续维护困难，需对主要电控系统进行改造。

改造方案：保留原机组变流器并网柜，用禾望紧凑型无并网柜变流器替换掉原变流器功率柜，恢复变流器与主控直接的电气接口，并在逻辑上兼容。

效果：改造后满足低电压穿越标准和电网适应性标准，可寻求专家远程协助，良好的售后服务保障，变流器具备更好的保护能力；具备故障智能诊断、分析功能；可远程监控运行状态、参数信息。

国外A品牌紧凑型双馈变流器维护案例

时间：2019.10

地点：黑龙江大庆龙江风电场

改造原因：现场国外A品牌变流器不适应国家电网最新要求，不具备低电压穿越功能，且后续维护困难；需对主要电控系统进行改造。

改造方案：保留原机组变流器并网柜，用禾望紧凑型无并网柜变流器替换掉原变流器功率柜，恢复变流器与主控直接的电气接口，并在逻辑上兼容。



PM系列变流器维护方案

HW3000核心控制组件维护方案

针对PM3000系列变流器，禾望电气因地制宜地提出了变流器核心控制组件改造方案及功率模块+核心控制组件解决方案。

核心控制组件改造，适用于功率模块本身设计并没有重大缺陷，故障率较低；而控制系统故障率高，控制器硬件落后，控制性能差不能满足并网要求，控制器备件采购困难等情况。

禾望电气HW3000核心控制组件在结构、电气接口上能够与原变流器核心控制组件完美兼容；HW3000核心控制组件实现信号调理、控制信号产生和通讯，保证功率模块运行的可靠与安全，对于复杂电网条件具备很强的适应能力。



HW3000核心组件的组成：

名称	功能
接口板 (I/O板)	将网侧、机侧的电流/电压信号、外围接口信号等电信号送入检测板
检测板	主要用于读取、比较并判断上述电信号，然后与DSP控制板进行信号交换，并输出信号至主控
核心控制板	进行信号分析、控制与命令处理

HW3000核心控制组件的特点

- 内部单板叠层安装，空间利用率高
- 采用卧式端子，接线方便、不易损坏
- 高压检测、码盘、DI/DO等信号在接口板上实现，单板高、低压信号相互间隔离，故障率更低
- 不锈钢金属结构：很好地屏蔽对外界信号干扰，抗干扰能力强，在搬运、安装过程中起到很好地保护作用

PM系列变流器维护方案

维护案例

HW3000控制组件维护案例一

时间：2018.10

地点：黑龙江和平风电场

改造原因：原有HR3000W变流器单板故障率高，频繁误报故障，电网适应性差，备件采购费用昂贵、维护成本高，故对其进行国产化改造。

改造方案：更换核心控制组件，增加定子接触器及检测回路。更换后稳定可靠运行。

HW3000控制组件维护案例二

时间：2019.10

地点：新疆哈密苦水风电场

改造原因：原有HR3000W变流器单板故障率高，频繁误报故障，电网适应性差，备件采购费用昂贵、维护成本高，故对其进行国产化改造。

改造方案：更换核心控制组件，更换禾望主动Crowbar组件，增加定子电流互感器，更改并网接触器控制回路，更换后稳定可靠运行。

HW3000水冷功率模块替换改造方案

功率模块替换改造适用于功率模块本身存在一定缺陷或故障率较高的情况；单通过控制组件改造无法解决问题，需要配合功率模块替换改造。

禾望电气研制出HW3000水冷功率模块和HW1500水冷功率模块，两款功率模块分别用于替换PM3000水冷功率模块、PM1000系列（含PM1000、GT系列）水冷功率模块。

HW系列与PM系列水冷功率模块在结构尺寸、电气接口、水冷系统等方面做到完全兼容。



(HW3000水冷功率模块)



(HW1500水冷功率模块)

此外，HW3000水冷功率模块配合禾望电气主动Crowbar组件，在电网电压骤降的情况下，Crowbar组件抑制机侧模块过电流和直流母线过电压，实现对变流器的保护，在电网跌落时实现低电压穿越功能。

HW1500水冷功率模块配合禾望电气“主动Crowbar组件”或“主动Crowbar组件+ Chopper组件”，满足低电压穿越要求；Crowbar组件抑制机侧模块过电流和直流母线过电压，实现对变流器的保护，在电网跌落时实现低电压穿越功能；Chopper组件在直流母线过压时对机组提供电气保护。

方案	方案描述	改造设备	改造对象
方案一	核心控制组件改造方案	HW3000核心控制组件	针对PM3000系列
方案二	功率模块+核心控制组件改造方案	HW3000水冷功率模块+ HW3000核心控制组件	
方案三	功率模块+核心控制组件改造方案	HW1500水冷功率模块	针对PM1000系列 (含PM1000和GT系列)

维护案例

PM3000系列变流器维护案例

时间：2015.6

地点：黑龙江齐齐哈尔富裕风电场

改造原因：原有PM3000W变流器单板故障率高，频繁误报故障，电网适应性差，备件采购费用昂贵、维护成本高，故将其进行国产化替代。

改造方案：更换功率模块，更换核心控制组件。更换后稳定可靠运行。



(更换功率模块)



(增加核心控制组件)

HW3100模块及控制组件替换改造方案

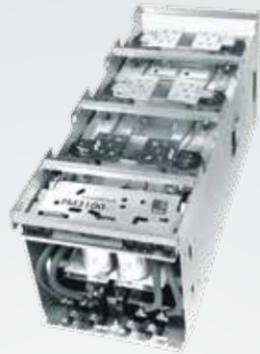
PM3100W沿用PM3000W之前的模块设计，同样沿袭了PM3000W模块设计的相关缺陷。

- 单板设计缺陷，集成度高，散热不好，检测板故障率高
- 模块安规存在问题，不满足IEC62477-1:2012要求
- 网侧主功率回路没有配备熔断丝，模块IGBT损坏风险高
- 驱动板原理设计上存在缺陷，容易误报IGBT欠饱和故障
- 核心控制板集成度高，散热不好，故障率高
- 由于美国PM退出国内风电市场，无原厂运维、备件采购困难
- 国内故障模块运维多为坏件拆散拼凑处理，维修效果无保障
- 因此后期的运维及备件将会成为非常棘手的问题，**国产化替代非常有必要**

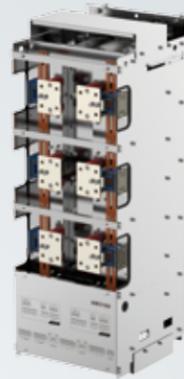
PM系列变流器维护方案

使用HW3100模块整体替换

- 安装尺寸兼容
- 对外接口兼容
- 散热效果更好
- 模块性能更优
- 母线电容更大
- 模块重量更轻
- 环境适应能力更强



PM3100模块



HW3100模块

方案特点

- 采用禾望整机上批量使用的驱动板、辅助驱动板及IGBT，产品性能经过大批量、各种环境条件验证，可靠性有保证
- 采用更新工艺的IGBT，IGBT耐高温更高、性能更优
- 采用禾望标准化控制平台，PUCM控制模块，该控制模块经过风电、传动等产品大量验证，产品可靠，后期可扩展性强
- 新增±15V电源组件和28346核心控制组件，满足变流器软硬件支持需求
- 替换掉原变流器PLC控制模块，兼容原变流器柜内器件控制。改造时间短
- 在网侧电感和PM3100模块之间串入1000A熔丝，保护模块IGBT
- 在滤波回路熔丝后端新增投切接触器和霍尔传感器，优化变流器网侧保护逻辑和电网适应性

改造案例

HW3100模块及控制组件替换改造方案案例

时间：2019.9

地点：内蒙古赤峰克什克腾旗书声风电场

改造原因：原有PM3100变流器单板故障率高，备件采购困难、维护成本高，电网适应性差，故对其进行国产化改造。

改造方案：更换核心控制组件，HW3100模块整体替换PM3100模块，对PM变流器配电拓扑进行改造调整。改造后稳定可靠运行。



国外K品牌变流器维护方案

高穿改造方案

市场上早期广泛使用国外品牌国外K品牌变流器，不具备故障电压穿越能力，如今运行故障率较高，备件采购极为困难，售后服务跟不上，维护成本相对较高；为此，禾望电气提供“核心控制组件+主动Crowbar组件”的解决方案。

将原控制系统替换成禾望电气的核心控制系统，拆除原被动Crowbar组件，换上禾望电气主动Crowbar组件。

核心控制组件

禾望电气的核心控制组件与原控制组件外接口完全兼容



改造前：国外K品牌变流器控制单板



改造后：禾望控制系统单板

方案特点

- 改造后变流器满足《GB/T36995-2018风力发电机组故障电压穿越能力测试规程》对高电压穿越的要求
- 对变流器原有器件进行评估，保证变流器运行稳定
- 改造工期短，减少风机停机时间

改造案例

国外K品牌高穿改造案例

时间：2018.9

地点：甘肃瓜州干河口第二风电场

改造原因：现场国外K品牌变流器不具备高穿能力，电网适应性差，故对其进行高穿改造。

改造方案：将原控制系统替换成禾望电气的核心控制系统，拆除原被动Crowbar组件，换上禾望电气主动Crowbar组件。对改造好的变流器进行升级和调试，并完成变流器测试、并网工作。



国外K品牌变流器维护方案

◎ 滤波回路改造方案

国外K品牌变流器滤波回路的进线接到主接触器的前端，经过160A熔丝之后，连接到投切接触器，经过保险到滤波电容。滤波回路的熔丝和接触器放置在配电柜中控制盒的后面。据现场反馈，国外K品牌变流器滤波回路熔丝及下端线缆烧坏的情况相当普遍，且发生的频率比较高，对于备件的需求相当大。

针对目前滤波回路容易烧的情况进行改造，禾望提供如下改造方案：

- 将滤波回路从主接触器前端移到定子侧，并网接触器后端。
- 删除滤波回路电容投切接触器，减少发热源，同时避免接触器本身接触阻抗过大导致本身过热烧坏问题。
- 将滤波回路熔丝由+1S2柜移到+1S3柜，+1S2柜原滤波回路熔丝位置完全没有风，更改后+1S3柜并网接触器前方位置有风扇强迫风冷。
- 将原国外S品牌熔丝底座与熔丝更换为禾望整机上批量使用的国外A品牌熔丝底座与相应匹配的熔丝。该熔丝底座散热性能好，使用量大，备件采购方便。
- 新增电流互感器，同时升级软件代码，实时监测滤波回路电流，优化保护机制。

注：未改造过的国外K品牌变流器，需要同时更换核心控制组件。

■ 方案特点

- 有效降低滤波回路的熔丝底座及线缆的温升，防止滤波回路熔丝及其线缆出现过热烧毁的情况
- 对滤波回路的电流进行实时检测，降低滤波回路的过流风险

◎ 改造案例

滤波回路改造案例一

时间：2020.5

地点：内蒙古白云鄂博茂名风电场

改造原因：国外K品牌变流器滤波回路熔丝及下端线缆烧坏的情况相当普遍，且发生的频率比较高，对于备件的需求相当大，所以进行滤波回路改造。

改造方案：将原滤波回路改装至定子铜牌；加装滤波回路保护熔丝以及滤波电容电流检测；对改造好的变流器进行升级和调试，并完成变流器测试、并网工作。

滤波回路改造案例二

地点：河南三门峡清源风电场

改造原因：国外K品牌变流器滤波回路熔丝及下端线缆烧坏的情况相当普遍，且发生的频率比较高，对于备件的需求相当大，所以进行滤波回路改造。

改造方案：将原滤波回路改装至定子铜牌；加装滤波回路保护熔丝以及滤波电容电流检测；刷新控制板程序，并完成变流器测试、并网工作。



◎ 低温启机改造方案

国外K品牌变流器在冬季环境温度过低时，频繁报变流器未就绪，并伴有UPS故障（UPS的使用环境温度一般是0°C~40°C，而现场实际的环境温度可能低于0°C，这样导致UPS经常出现低温失效），需要自身加热较长时间才能正常启机运行，为提高风机利用率及提升风机发电量，禾望可提供风机变流器低温改造方案。

在UPS处增加加热膜、温度继电器、断路器，当温度继电器检测到环境温度低于10度，加热膜开始对UPS加热，当温度高于温度继电器的回差时（温度传感器回差大概是4~7°C），停止加热，如此循环，保证UPS的温度维持在可工作范围内。

将变流器软件升级，更改参数配置，开放低温启机功能。

对变流器软件、硬件进行改造后，在风机不断电以及原有加热装置正常工作的情况下，保证任何时候都能随时启机，不会报出变流器的加热或未就绪等故障。

◎ 改造案例

国外K品牌低温启机改造案例一

时间：2016.3

地点：内蒙古武川李汉梁风电场

改造原因：现场变流器在冬季环境温度过低时，频繁报变流器未就绪，并伴有UPS故障，需要自身加热较长时间才能正常启机运行，为提高风机利用率及提升风机发电量，禾望可提供风机变流器低温改造方案。

改造方案：在原来的基础上增加温度继电器和断路器，在UPS下方增加加热膜。将变流器软件升级，更改参数配置，开放低温启机功能。

经济效益：加热时间从两小时缩短到20分钟之内。



国外K品牌低温启机改造案例二

时间：2020.4

地点：宁夏吴忠红寺堡风电场

改造原因：现场变流器在冬季环境温度过低时，频繁报变流器未就绪，并伴有UPS故障，需要自身加热较长时间才能正常启机运行，为提高风机利用率及提升风机发电量，禾望可提供风机变流器低温改造方案。

改造方案：在原来的基础上增加温度继电器和断路器，在UPS下方增加加热膜。将变流器软件升级，更改参数配置，开放低温启机功能，提高风机利用率及提升风机发电量。



国外K品牌变流器维护方案

功率模块替代方案

禾望此功率模块针对国外K品牌系列变流器的功率模块备件需求做相关设计，适用于国外K品牌变流器的功率模块替换需求，结构上完全兼容。

禾望变流器在市场上运行稳定，特别是功率模块部分极少有失效或者过温等故障发生。禾望变流器良好的性能及运行稳定性，是基于禾望十几年来一直不断地高强度研发投入，累计研发投入近8.5亿元。



科孚德功率模块替代案例

时间：2018.5

地点：甘肃玉门马鬃山风电场

改造原因：现场采用的国外K品牌双馈变流器，是国内风电市场早期使用较多的一款变流器，前期运行情况较稳定，但随着使用时间的推移该供应商逐渐退出中国风电市场，逐渐暴露备件采购周期长、价格高，造成运维时间长、运维成本高的问题。

改造方案：针对这些问题，禾望凭借多年的变流器设计、生产经验开发了一款模块可以无缝替换科孚德功率模块。在马鬃山现场实现了无缝替换，替换后一直稳定运行至今。



国外A品牌变流器改造方案

国外A品牌的1.5MW双馈变流器为早期风电市场使用较多的一款变流器，设备集成度高，体积小，前期运行情况较稳定。但是随着使用年限的增加，逐渐暴露出以下亟待解决的问题，给业主带来很大困扰。

- IGBT失效、低穿组件失效、变流器过热等一系列问题
- 随着新风电并网标准的出台，早期国外A品牌变流器控制上无法满足电网标准要求
- 禾望电气基于以上问题，兼顾不同客户的实际需求提出了：更换核心部件进行高穿改造方案与IGBT功率模块改造方案。

高穿改造方案：解决不能满足电网标准的问题

禾望从节约改造成本角度考虑，可以采用局部替换方案：更换变流器核心控制组件，更改软件控制策略，使变流器满足高穿需求；同时需要评估变流器上的其他器件是否满足高穿要求，更换不满足高穿要求的器件。

IGBT功率模块改造方案：解决IGBT过热、失效率高的问题

由于国外A品牌功率模块设计问题，IGBT驱动板及IGBT极易损坏，禾望电气根据国外A品牌双馈变流器实际运行情况，采用最新款IGBT，结合禾望设计的IGBT辅助板和驱动板，对其功率模块的IGBT进行更换改造，改造后的变流器运行稳定性更高。改造更换下来的IGBT以及其他驱动板、风扇控制板可以用作备件。

该更新升级方案可以使原旧变流器重新焕发生机，提高运行稳定性，降低运维费用。

高穿改造方案

核心控制组件改造

为适应高电压穿越对变流器控制软件更改需求，需要将国外A品牌的控制单板换成禾望电气的控制单板，为了适配原国外A品牌变流器机侧、网侧功率模块驱动板，需更换为禾望驱动转接板。

增加Chopper组件

拆除原有源Crowbar，增加Chopper组件，确保高低穿母线电压平稳，保护变流器硬件。

优化滤波组件

由于国外A品牌变流器只有一个54uf干式电容，运行一定年限之后风险很大，改造时需优化滤波电容。

优化软启回路

由于国外A品牌变流器软启回路没有整流桥，借用IGBT内置二极管整流，预充电电流经过LCL模块，会产生一个持续的电容电流，增加预充电电阻的功耗，因此优化软启回路。

其他器件改造

如果变流器内部有其他不满足高穿要求的器件，需要更换为耐压等级更高的器件，具体需要根据器件清单评估。

注：变流器与主控通讯协议需要更新，需要客户提供通讯协议文件。

国外A品牌变流器改造方案

■ 方案特点

- 具备高电压穿越能力
- 核心控制部分采用禾望产品，功率模块、并网断路器等高价值器件依旧保留使用
- 全面的故障保护和强大的故障诊断能力
- 友好的人机界面，全中文显示

◎ 改造案例

高穿改造案例一

时间：2019.12

地点：甘肃酒泉瓜州安北风电场

改造原因：国外A品牌变流器不具备高穿能力，电网适应性差，故对其进行高穿改造。

改造方案：在将核心控制组件替换为禾望控制组件；增加Chopper组件，确保高低穿母线电压平稳，保护变流器硬件；优化滤波组件，优化软启回路。



◎ 国外A品牌变流器IGBT功率模块改造方案

国外A品牌风冷双馈变流器结构紧凑、功率密度高，应用于风电行业时，工作环境（风沙、潮湿、高原）相对恶劣，随着变流器运行年限的增长，暴露出IGBT运行温度高，门极驱动板频繁损坏，控制失效等问题。

■ 门极驱动板损坏及IGBT失效

其IGBT与驱动板集成在一起，导致IGBT本体运行温度高、散热差，同时元器件设计裕量严重不足，几个问题叠加在一起，导致门极驱动板损坏情况频发、大概率导致IGBT失效，严重的甚至导致整个模块损坏。

■ 功率模块过热

由于塔筒内部变流器散热通风不良、功率模块设计紧凑，导致变流器极易过温。并且随变流器运行年限增长，IGBT导热硅脂干涸、风道堵塞等原因影响IGBT散热，导致变流器频报过热故障，严重影响机组发电。

基于国外A品牌变流器功率模块问题现状，结合禾望在风电变流器功率模块及驱动板开发方面的技术积累，禾望采用“分离式驱动板与辅助驱动板+原模块IGBT分离”的方案，该方案完美兼容国外A品牌功率模块结构及电气特性。

- 原模块内IGBT最高结温150°C，更新的新款IGBT最高结温175°C，IGBT耐高温和工作寿命更长
- 原模块散热硅脂导热系数为1.0W/m.K，并且经过多年运行后老化严重，改造后的散热硅脂导热系数为4.5W/m.K，结合新款IGBT散热能力更好
- 原模块IGBT驱动板过度集成，散热差，全部采用小贴片封装，设计裕量不足，工作时间久后易报故障，改造后，采用驱动板+辅助驱动板方案，设计降额充足，设计方案可靠
- 原风扇采用PWM变频供电， dU/dt 极大，易损坏风扇及变频板；改造后，采用400Vac电源供电，无 dU/dt 冲击，延长风扇寿命，无需变频板

■ 方案特点

- 更高的过温能力
- 更优的驱动设计
- 更强的散热能力
- 更合理的风扇供电方式

◎ 改造案例

案例一

时间：2020.4

地点：云南丽江宁蒗牦牛坪风电场

改造原因：国外A品牌变流器原IGBT与驱动板集成在一起导致IGBT运行温度高，门极驱动板频繁损坏，控制失效等问题，为达到降低机组故障率、减少备件损耗量的目的，进行IGBT改造。

改造方案：禾望采用“分离式驱动板与辅助驱动板+原模块IGBT分离”方案，开发出了完全兼容国外A品牌功率模块结构特性及适应原IGBT电气特性的驱动板。对原IGBT进行散热优化，更换高导热率硅脂，提高散热效率。



国外S品牌变流器维护方案

控制组件、模块维护方案

禾望电气针对该品牌1.25MW、1.5MW、2.0MW不同机型的变流器提出不同的改造方案，主要有：

- 1.25MW机型：更换核心控制组件+增加并网接触器
- 1.5MW机型：更换核心控制组件+增加chopper组件
- 2.0MW机型：更换核心控制组件+更换功率模块

针对不同机型、不同风场存在的不同问题，禾望电气提供性价比最高的解决方案，同时针对1.25MW和1.5MW机型进行功率模块改造。针对功率模块备件短缺、采购昂贵的问题，禾望电气还提供功率模块国产化替代方案。

增加并网接触器

增加并网接触器后，减少原并网断路器动作次数，延长断路器寿命。



替换功率模块

将原功率模块更换后，变流器整体运行更加稳定，并能保证后续备件采购更加便利、服务更加及时。



更换核心控制组件

禾望电气核心控制组件与国外S品牌变流器控制组件对外接口完全兼容。



方案特点

- 方案因地制宜、性价比高
- 控制组件、功率模块的兼容性极好
- 改造后变流器整体运行更稳定、备件和服务问题也得到解决
- 改造后效果非常明显，完美解决频繁脱网、并网断路器寿命减少和控制盒故障率高的问题

国外S品牌变流器控制组件、模块维护案例一

时间：2019.11

地点：山西平鲁败虎堡风电场

改造原因：现场1.25MW国外S品牌变流器存在电网电压丢失、IGBT温度等一些数据变流器检测不到等问题；过流故障，滤波回路电容烧毁较多，被动crowbar保护不到位总有IGBT过流/烧坏；变流器有时会报出三相电流不平衡故障，存在安全隐患。

改造方案：更换控制盒及 X6 光电转接板；更改断路器、接触器控制及反馈电缆；增加 hopeGate 远程监控系统。



国外S品牌变流器控制组件、模块维护案例二

时间：2019.11

地点：云南大理州洱源罗平山风电场

改造原因：现场1.25MW国外S品牌变流器存在电网电压丢失、IGBT温度等一些数据变流器检测不到等问题；过流故障，滤波回路电容烧毁较多，被动crowbar保护不到位总有IGBT过流/烧坏；变流器有时会报出三相电流不平衡故障，存在安全隐患。

改造方案：使用禾望控制组件替换原有控制组件、更换功率模块、增加定子接触器，对滤波电容，软启组件进行改造，解决检测问题，降低过流故障、电容烧毁故障、电流不平衡故障发生几率，增加hopeGate组件，具备远程监控能力。监控及故障诊断能力，降低平均修复时间，应客户要求，对24V电源系统进行升级。



全功率变流器待机节能改造

全功率机组在风小待机时，为了延长变流器网侧断路器的使用寿命，网侧断路器不分闸，变流器滤波电容直接挂在电网上，一台全功率2MW变流器产生450KVar左右的无功，为了使得变流器上网无功功率为0，就需要将变流器网侧功率模块开启，一直处于调制状态，无形中增加了机组耗电量。为了减少待机时候的电量损耗，可以通过增加网侧滤波电容投切接触器来实现。

改造方案

- 硬件上在电容滤波回路前增加电容投切接触器。改造后在待机的情况下，断路器不分闸，断开投切接触器将电容切出，同时变流器网侧不再开启。
- 同时为了避免造成再次合闸时冲击过大，在电容上加装放电电阻，脱离电网时为电容放电。
- 控制上对软件进行升级，加入电容投切相关功能，优化控制逻辑。



改造前



改造后

改造效果

- 改造后的整机系统，在小风待机的情况下单台每小时可以为用户节约**17KW·h**，为用户带来较大的收益。
- 采用电容投切后，网侧主断路器也无需脱开，可以有效减少主断路器的动作次数，**延长断路器使用寿命**，**切除的电容组使用寿命也会延长**，从而**有效降低维护和备件成本**。

风电机组主控升级改造解决方案

早期的风电机组主控系统部分存在：不满足高低电压穿越要求、不具备功率快速调节控制能力、发电效率有优化空间、机组载荷控制欠佳、软件功能缺陷、可维护性差等问题。为此，禾望电气提供如下主控系统改造方案。

	原系统配置	技改方案
方案一	采用通用风电PLC配置	主控软件优化升级
方案二	硬件平台老旧，非通用型PLC，升级扩展、可维护性差。	替换主控PLC及相关硬件 升级主控软件 升级风电场网络拓扑 升级风电机组SCADA

禾望主控功能特点

- 自主知识产权，基于自主开发的风电BASIS代码库和控制策略，在发电效率提升和载荷控制方面性能优越
- 微风变桨策略，在低风速下自动调节变桨角度，最大限度跟踪最佳Cp，风能利用率高
- 动态转矩最优控制，根据实时空气密度，调整最优转矩控制相关参数，保证实时跟踪最佳Cp
- 智能偏航策略，先进的解缆和对风策略，最佳平衡对风精度和频率，提高机组捕风能力
- 暴风控制策略，在过大风速段，保证机组安全的前提下，通过降低机组功率，延长发电时间，提高发电量
- 复杂工况优化控制，在低温、高温、小风工况等复杂工况，优化控制策略，保障机组安全，延长发电时间
- 机组柔性控制，塔筒共振区避振、大风转速抑制、变桨速率柔性调节等
- 涉网控制策略，包括低穿、高穿控制，一次调频快速调节控制，机组惯量响应控制
- 完善的状态码、保护逻辑和用户权限管理，最大限度保障机组安全



风电机组主控升级改造解决方案

改造案例

主控系统改造案例一

时间：2016.8

地点：宁夏吴忠红寺堡风电场

改造原因：机组原WP3100主控制器规格老旧，备件采购维护条件差；系统不具备机组涉网控制功能，软硬件升级困难且成本高；原操作屏及Gateway监控软件数据不够丰富，通讯速率较慢；风电场网络采用串口模块组成的单环网系统，速率慢，网络稳定性较差；主控算法在机组载荷、发电效率控制以及保护逻辑上有待优化。

改造方案：使用巴合曼PLC替换WP3100控制器，并优化升级主控软件，降低载荷，提升发电效率；使用宽温多彩触摸屏替换原WP3050操作屏；在机舱柜和塔基柜加装工业交换机，替换原IC500模块；使用风电场机组间预留光纤，将原单环网改造成双环网，在集控室增加中心交换机组网；配置禾望hopeFarm风电场SCADA软件替换原Gateway软件。



主控系统改造案例二

时间：2017.8

地点：努古斯台景观风电场

改造原因：机组为中科风电机组，控制平台为国外B品牌CX系列PLC，不具备电网高穿控制功能；主控不具备AGC、AVC控制接口和有功无功调节控制功能；主控控制策略简单、发电效率及载荷控制欠佳；主控技术支持不足，机组运维效率差。

改造方案：在原国外B品牌PLC平台上升级主控软件，使其具备高穿控制以及AGC/AVC接入功能；主控系统增加刹车延时继电器，优化刹车投入逻辑，降低机组载荷；根据机组运行工况，优化主控有功控制策略；更换菜单更清晰、数据更丰富的操作触摸屏；使用禾望hopeFarm监控软件替换原SCADA。



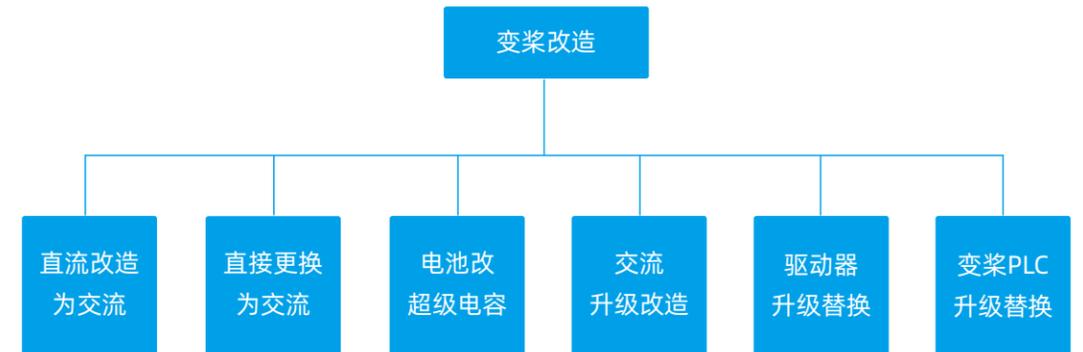
变桨控制系统维护方案

当前不少风电场配置的老旧型号变桨系统，经过多年的运行，面临如下诸多问题：

- 变桨系统故障率高，尤其是配置铅酸电池、直流电机、特殊型号驱动器的变桨
- 涉网性能不达标，普遍不满足电网高穿要求，有些变桨甚至不满足电网低穿要求
- 针对老旧型号的进口品牌关键器件，备件的采购成本高且周期长
- 面对整机出保，或者厂家退出市场，有些变桨系统产品维护缺失
- 变桨主动安全保护措施不足，导致风电机组存在安全风险

针对上述问题，禾望电气提供满足不同应用场景的技改解决方案，具体包括如下几种改造需求：

- 在不更换柜体条件下，实现直流变桨的交流改造
- 将包含柜体的原直流变桨系统整体更换升级为交流变桨系统
- 交流变桨系统升级改造
- 更换铅酸电池后备电源为超级电容后备电源
- 变桨驱动器升级替换
- 变桨PLC升级替换



直流变桨系统交流改造解决方案

早期投运的风电场中机组多配置直流变桨系统，据统计，直流变桨系统故障占风电机组总故障的20%以上，其中编码器、变桨电机、变桨电池及充电器、驱动器、变桨PLC、外围接触器是直流变桨系统故障的主要故障点。

同时，在造成风电机组烧机、倒机等重大安全事故中，由于变桨系统无法收桨造成的占到极大的比例。因此，变桨系统的安全稳定，对风电机组长期安全稳定运行，保证机组可利用率，提升发电量有着至关重要的作用。

变桨问题

- 铅酸电池低温性能差，无均衡和故障保护单元，故障率高，电网失电条件下的紧急收桨有安全风险
- 直流电机及内置编码器故障率高，电机碳刷需要定期维护
- 直流驱动器不满足涉网高电压穿越要求
- 直流变桨系统电气设计复杂，回路耦合繁琐，器件数量多，故障率高且维护不方便
- 直流变桨安全收桨功能不够完善，往往需要经过滑环的主控指令执行收桨，有较大安全风险
- 直流变桨在投入运行多年后，随着电子元器件的老化，系统故障率升高，维护成本随之升高

禾望解决方案

- 不采用拆卸轮毂的改造方案，根据相关尺寸条件,可选择保留或整体替换变桨柜体
- 使用禾望PMD100集成式交流驱动器替换原直流驱动器
- 保留变桨与主控的交互接口与通讯协议
- 使用永磁同步电机替换原直流电机，IP等级高,免维护
- 使用超级电容模组替换原铅酸电池模组
- 优化变桨系统安全回路设计，软硬件上保证变桨自主同步安全收桨功能
- 增加维护模式下的手动变桨互锁功能，同时只允许一个桨叶处于非安全位置的操作中

改造价值

- 提升风电机组的安全性
- 大幅降低风机变桨系统的故障率，减小风机停机时间和运维成本
- 满足当前最新的风电场电网高穿及电网低穿技术要求
- 大幅度减少风电场变桨备件的采购成本和周期
- 改造替换下来的原直流系统物料可以作为未改造机组的变桨备件

改造案例

直流变桨系统交流改造案例一

时间：2020.08

地点：内蒙古乌兰察布市兴和县兴和风电场

改造原因：在役900KW风机采用早期的EWT直流变桨系统，其电气回路设计复杂，使用大量的继电器、接触器以及未封装的PCB控制板，系统内部故障点多，维护性差；变桨系统故障频发，尤其在冬天低温情况下，铅酸电池及PCB控制板损耗较大，经常出现无备件可用的情况。

改造方案：重新设计并替换原系统控制柜，通过机舱吊装孔搬运；使用集成式交流驱动器替换直流驱动器充电器、检测板等器件；增加电网高压、低压穿越功能；使用超级电容替换铅酸电池；使用交流变桨电机替换直流变桨电机；优化变桨维护功能、增加变桨内部安全链、变桨自检测功能，提升操作及机组运行的安全性；保持变桨与主控通讯接口与协议不变。



直流变桨系统交流改造案例二

时间：2020.5

地点：河北张家口市蔚县空中草原风电场

改造原因：风电场机组所配置直流变桨系统品牌包括LUST、SSB、能健，器件规格型号较多，经过多年运行，存在故障率高，备件成本高，维护困难等问题；部分柜间重载连接器及柜体有一定程度损坏。

改造方案：以禾望集成式交流变桨驱动器为核心，配置永磁同步变桨电机、超级电容、通用PLC，替换原直流驱动器、直流电机、铅酸电池、原变桨控制器、充电器等器件；保留原变桨柜体，采用底板整体安装的方式开展施工；优化变桨维护功能、增加变桨内部安全链、变桨自检测功能、变桨高低穿功能等，提升变桨涉网性能及维护运行的安全性；保留变桨与主控原485通讯接口及协议不变。



直流变桨系统交流改造解决方案

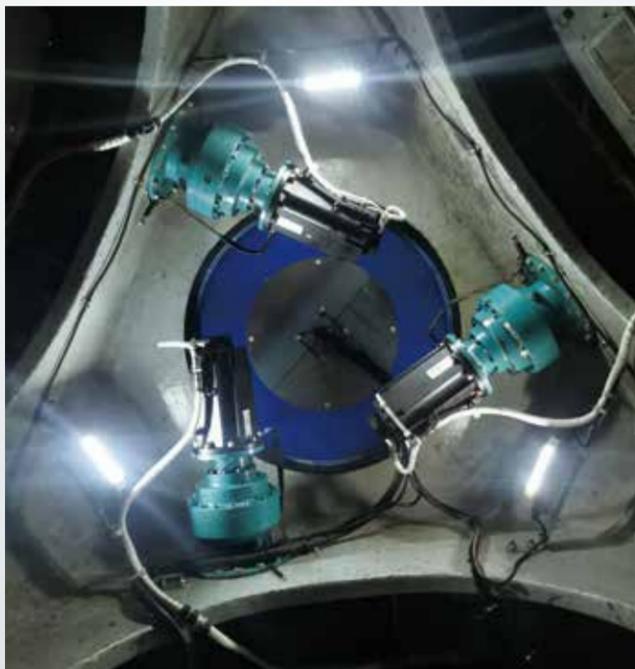
交流变桨改造案例

时间：2020.5

地点：内蒙古乌兰察布凉城风电场

改造原因：风电场机组原变桨系统为LUST交流变桨系统，系统电压偏低，温升高；故障点较多且触发较频繁，维护性较差，备件损耗较大。为提高风机的可利用效率，保障风机的安全稳定运行，本次对变桨系统进行整体性方案改造。

改造方案：将LUST变桨系统更换为禾望集成式变桨系统。LUST变桨驱动器替换为禾望PMD100集成式驱动器，低压异步变桨电机替换为永磁同步电机，超级电容模组更换为新模组，拆除电容充电器；拆除原系统中变桨PLC，冗余编码器由连接至变桨PLC更换为连接至变桨驱动器；保留原变桨柜体，采用底板整体安装的方式开展施工；增加超级电容容量在线监测功能、变桨维护安全闭锁功能、安全链防短路功能、变桨自保护功能等，提升系统安全性；保留原变桨柜体，采用底板整体安装的方式开展施工。



变桨铅酸电池后备电源改造解决方案

早期风力发电变桨后备电源多配置铅酸电池模组，在电网失电或紧急收桨时给变桨系统提供电源。但从现场的运维反馈来看，铅酸电池模组与风电机组运行所需的恶劣环境适应性、高可靠性以及高安全性的要求有着较大的差距。

对投运的风电机组的铅酸电池组进行技术改造，以提升变桨系统的安全性和可靠性，降低风电场运维成本，有着极大的经济意义。

铅酸电池的主要问题

- 铅酸电池的温度适应性差，低温下的充放电性能急剧衰减，影响变桨系统的可靠性和安全性
- 铅酸电池模组无均衡管理和故障保护单元，内部单体易出现过充欠充情况，影响模组的使用寿命
- 铅酸电池充放电为非线性，无法直接检测其储能的可放电能量，电池收桨有一定的安全风险
- 风电场使用的铅酸电池寿命一般为2-3年左右，需要定期更换和维护

禾望解决方案

- 使用超级电容模组替代铅酸电池，放电能量满足收桨安全系数要求
- 超级电容模组配置均压管理和故障反馈，安装尺寸与铅酸电池保持一致
- 使用超级电容充电器替换原电池充电器，增加断线保护功能
- 调整超级电容电压检测模块欠压设定值
- 将超级电容模组故障反馈及充电器故障反馈信号接入驱动器或变桨PLC中

改造价值

- 超级电容模组具备-40°C~60°C的运行温度范围，可靠性高
- 充电器和超级电容模组故障反馈完善，有效降低了后备电源的安全风险
- 超级电容模组内置均压管理单元，单体的运行状态可控，模组寿命达到8年以上
- 超级电容模组充电效率高，时间短，提高了变桨系统整体的可用性

改造案例

变桨电池改超级电容案例

时间：2019.8

地点：内蒙古红牧风电场

改造原因：红牧风电场机组变桨原后备电源为铅酸电池组。存在铅酸电池故障率高，每年因故障需要更换的电池数量较大，维护成本比较高，因此决定将铅酸电池技改升级为超级电容。

改造方案：每轴配置3组超级电容模组，满足变桨2次以上收桨能量，且模组自带过压、过温、反极性故障报警功能；原变桨系统电池充电采用一充三循环充电的方式，改造后将充电方式改为一充一，电池充电器替换为超级电容充电器；超级电容充电器具有智能充电管理功能，能对超级电容故障进行监控，并进行有效保护，保留原系统电池柜体。



变桨PLC改造解决方案

变桨PLC改造案例

时间: 2019.8

地点: 内蒙古突泉县风电场

改造原因: 风电场现场机组原变桨系统由国内厂家提供，所配置变桨PLC为L&B、S品牌等品牌，存在故障率较高，控制逻辑不统一，模块备件采购及管理不便，功能扩展升级难以实现，维护成本高等问题。

改造方案: 采用行业通用的巴合曼PLC替换原L&B及S品牌PLC，统一变桨控制平台；增加硬件看门狗回路，变桨PLC失效时可硬件触发变桨收桨；增加风机转速监测和主控通讯故障判断功能；升级变桨PLC软件，优化变桨控制及故障保护逻辑，增加故障时自主收桨等主动安全功能，保持变桨与主控通讯接口及协议不变。



偏航系统替换方案

目前风机偏航系统中大多使用软启动器或者工频直接启动偏航电机，使用接触器变换相序进行电机正反转控制，启动电流大，启动时电机保护装置经常发生跳闸故障，电机和机械装置都会受到较大的冲击，影响使用寿命，增加维护成本。

禾望电气推荐使用HV300变流器对风机偏航系统进行驱动控制。



方案优势

- 可以实现电机的无级调速，启动电流小，启动过程平滑，对风机偏航电机及机械系统（如偏航轴承和齿轮）冲击小，系统的机械故障率小、寿命长
- 能够很容易地控制电机的正反转，无需任何机械开关，系统可靠性高
- 内置制动单元，减小系统安装空间
- 电网适应能力强
- 环境适应能力强，适应范围覆盖风电机组的应用环境
- 可配合主控实现快速的对风和偏航微调，进一步提升发电量

应用案例

偏航系统应用案例

时间: 2018.9

地点: 广西贺州富川长广风电场

应用现场: 风场风力发电机组偏航驱动变流器采用HV300变流器。

效果: 稳定可靠运行；电网适应性好；驱动器适应性更好，故障率大大降低；备件及服务有保证。



光伏逆变器替换方案

因目前很多国外品牌逆变器使用时间长，售后没有保障，故障不能及时处理，备件采购难，设备体积大，功能不齐全，散热效果差，影响使用寿命，增加维护成本。

根据现场机型，禾望电气推荐使用集中式逆变器进行替换。

方案优势

- 逆变器数量少，体积小，可以集中安装，便于管理
- 逆变器元器件数量少，故障点少，可靠性高
- 谐波含量少，直流分量少，电能质量高
- 电网适应能力强，输入电压范围大
- 环境适应能力强，适应范围覆盖光伏逆变器的应用环境
- 逆变器集成度高，功率密度大，成本低
- 逆变器各种保护功能齐全，电站安全性高
- 具有功率调节功能和高低电压穿越功能，电网调节性好

替换案例

光伏逆变器替换案例

时间：2018.8

地点：青海德令哈光伏电站

改造原因：国外S品牌逆变器已经使用了较长的时间，每年因故障需要更换的备件数量较大，投入的人力、物力较大，由此造成的直接和间接损失较大，因此业主决定将国外S品牌逆变器替换为禾望HPSP0500逆变器。

改造方案：将集装箱内S品牌逆变器拆除，直接替换为禾望HPSP0500逆变器。替换后集装箱内逆变器分布均匀，空隙大，散热好，适应性更好，稳定可靠运行，故障率大大降低；同时可根据光照自启，降低人力投入及维护成本。



SVG、SVC维护方案

无功补偿是电力系统的必备装置。电力系统中有功率和无功率同时存在，无功功率不是无用功率，其是电气设备能够做功的必备条件。因此，通过安装并联电容器等装置对电力系统中所需要无功功率进行补偿，以实现改善电压质量、降低线损、线路和变压器的增容、降低企业用电成本的目的。

然而，市场现有SVG、SVC部分存在一些问题。如故障率高、不具备低电压穿越、高电压穿越功能、电网不平衡适应性差、校正功能差等问题，无法满足新能源行业的要求。

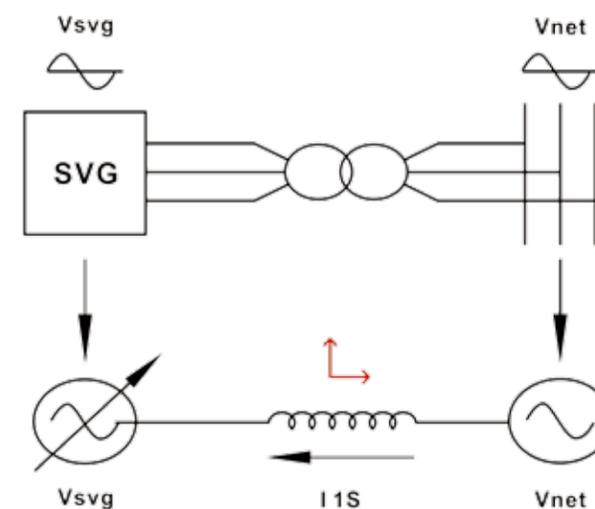
针对上述存在的问题，禾望电气主要推出下面三种改造方案：

方案	方案描述	改造设备
方案一	SVG改造SVC	/
方案二	局部替换改造	功率模块+主控制器（10kV）/ 功率模块+主控制器+变压器（35kV）
方案三	整体替换	10kV直挂式SVG/ 35kV降压式SVG+变压器

方案一：SVG替换SVC

SVG相对于SVC各方面更有优势，在无功控制能力、无功补偿响应速度、同等补偿效果所需容量、占地面积、损耗与输出无功的关系等方面，SVG均优于SVC；SVC容易和系统发生谐振，导致电容损毁，而SVG受控有源设备，补偿不受系统阻抗影响，投切也更加方便；而且近年来，随着技术的不断成熟，SVG在价格上与SVC相当，SVG的容量和电压水平已经可以覆盖国内各行业的需要。

SVG基本原理就是将自换相桥式电路通过变压器或者电抗器并联在电网上，适当地调节桥式电路交流侧输出电压的幅值和相位，或者直接控制其交流侧电流就可以使该电路吸收或者发出满足要求的无功电流，实现动态无功补偿的目的。



(SVG原理示意图)

SVG、SVC维护方案

SVG基于电流源型逆变器的补偿装置实现了无功补偿方式质的飞跃。不再采用大容量的电容、电感器件，而是通过大功率电力电子器件的高频开关实现无功能量的变换。从技术上讲，SVG较传统的无功补偿装置有如下优势：

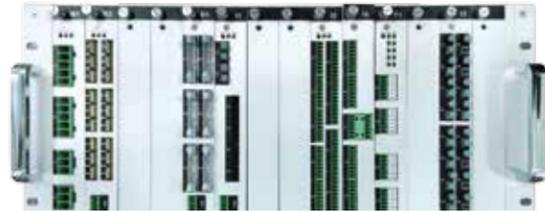
- 谐波含量低
- 响应速度快
- 运行范围更宽
- 补偿功能多样化
- 电压闪变抑制能力更强

方案二：局部替换改造

保留原SVG柜体、柜内变压器，将柜内功率模块及主控制用禾望产品进行替换。

方案特点

- 备货周期短
- 改造成本相对低
- 良好的售后服务保障
- 改造后故障率大幅度降低
- 友好的人机界面，全中文显示
- 现场施工工作量少，改造周期短
- 功率模块体积小，与原柜体良好兼容
- 满足现行低穿、高穿和电网适应性标准
- 最大限度利用原设备可用部件，避免资源浪费



方案三：整体替换

将原SVG整个柜体用禾望电气SVG产品替换。

方案特点

- 良好的售后服务保障
- 体积小，安装、运输便利
- 正面维护设计，可维护性高
- 友好的人机界面，全中文显示
- 满足最新的低穿、高穿和电网适应性标准
- 采用瞬时无功控制理论，响应时间小于5ms
- 采用链式冗余拓扑方案，极大提高系统稳定性

改造案例

SVG整机替换改造案例

时间：2020.6

地点：云南大理州巍山沙帽山风电场

改造原因：原有SVG设备环境适应性差，故障率比较高，不满足电网要求，电网适应性差。

改造方案：整机替换。原SVG装置拆除，新SVG设备安装、调试等，装置的补偿调节功能满足技术要求；具备负荷、无功、功率因素、稳压等多种无功补偿模式。



监控系统维护方案

变流器作为发电设备中核心的智能电气设备，其所采集和控制的相关参数非常丰富，涵盖了电网、变流器、电机等主要部件，而且实时性强。禾望hopeView网络监控系统主要监控变流器设备，实现信息实时上传、远程监控、设备运行管理、设备维护、故障智能诊断与分析、远程协助等功能。

hopeView网络监控系统，可根据用户需求，分别实现对单个风场内所有变流器集中监控或者对多个风场的所有变流器远程集中监控，具体部署方案如下：

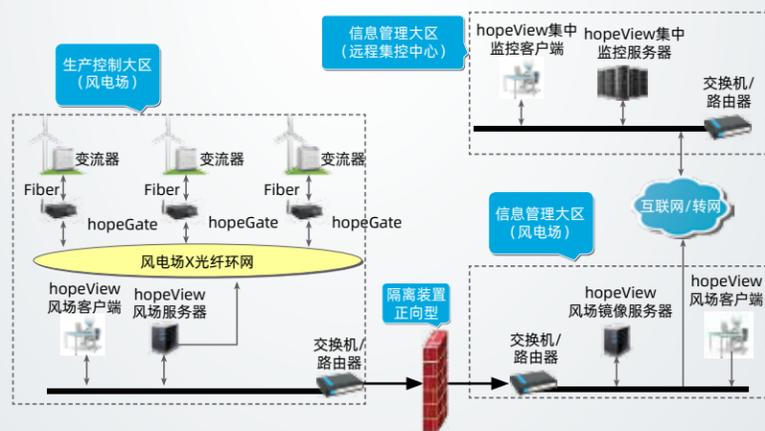
hopeView网络监控系统单个风场部署方案

每台变流器配置一台hopeGate智能维护采集器，hopeGate智能维护采集器一端连接变流器，另一端接入风电场环网。



hopeView网络监控系统多个风场远程集控部署方案

hopeView网络监控系统也可经网络安全隔离之后通过集团专网或互联网VPN将多个风场的数据同步到集团服务器，实现在多个风场变流器的远程监控和故障诊断。



方案特点

- 良好的售后服务保障
- 能够根据客户需求和现场情况部署单场站/多场站监控系统
- 必要时能够修改变流器内部配置参数，实现对变流器问题的快速处理
- 能够支持NTP协议，在具有GPS时间服务器的场合下，实现所有变流器的GPS时间同步
- 能够使用专家智能诊断系统，对事件记录、故障录波等信息进行精确分析和定位故障原因
- 能够将故障及时上报至云系统，现场运维人员、值班客服专家、技术专家可将在线协同诊断，迅速排除故障
- 能够方便的查看所有变流器的运行状态，及单台设备的详细参数、事件记录、故障录波文件，并进行故障统计

监控系统案例

时间：2019.6

地点：辽宁康平张强风电场

改造原因：原有监控设备功能有限，不满足现场使用需求。

改造方案：风电机组禾望hopeView远程监控系统由单台机组的hopeGate智能维护采集器、中控室的hopeView变流器网络监控系统软件及监控电脑、服务器等部分组成。以实现机组变流器故障数据远程获取分析、机组叶片不平衡的检测。全套hopeView远程监控系统应具有稳定、实时、准确反馈变流器运行数据的等功能；具备大数据量的采集监控功能，不但支持关键运行参数的监控，还提供全面的参数监控、高级的诊断、调试服务功能；具备大数据的管理和分析功能，支持高达100万条的事件记录和录波文件存储，可通过波形分析还原故障现场，具备自动故障统计功能以及自动报表生成系统；系统中内含叶片不平衡诊断系统，无需外加其他硬件设备即可实现叶片不平衡检测功能。



风电场功率协调控制解决方案

风电场功率协调控制解决方案

当前问题

- 当前的AGC、AVC设备数据采集、控制及通讯周期长，无法快速响应风电场电网侧的动态变化
- AGC和风电机组群控系统都没有配置有效的一次调频闭环控制
- AVC仅控制集电电路上SVG设备，没有发挥风电机组无功能力，场站内无功损耗较大
- 整机厂家的风电机组群控系统多继承于SCADA或独立安装于电脑中，采用非实时性操作系统，实时性差、可靠性低，其通讯速率、控制调节响应等方面都不满足涉网控制要求
- AGC、AVC以及风电机组群控系统为各自独立的控制软件，在实现快速调频调压的有效措施上缺乏有效一致性

禾望解决方案

- 禾望hopePower风电场功率协调控制系统，综合考量和解决电网调度需求及风电场电力主动支撑要求
- hopePower内置AGC、AVC、一次调频、风电机组群有功及无功控制策略
- hopePower配置高精度电网测量模块，接入并网点PT、CT信号，20ms采样周期实时检测风电场并网点的有功、无功、电压、频率等关键信息
- hopePower配置与电网调度、AGC、AVC设备的通讯接口，满足不同现场对改造拓扑的多样性需求
- hopePower接入各风电机组主控、SVG/SVC等设备，协调控制风电场有功和无功
- hopePower接入风电场综自设备数据，实现场内线路平衡和故障闭锁保护

改造价值

- 在hopePower内，AGC、AVC、一次调频等功能可独立开启关闭，满足风电场不同时段内的运行工况要求
- 多样控制模式选择：手动/自动，AGC优先/一次调频优先，电压控制/无功控制/功率因数控制，SVG无功优先/风电机组无功优先/比例分配/自动分配等
- 支持接入hopePower系统的不同风电场按考核经济效益最大化分配各个风电场有功
- hopePower控制精度高，可实现有功输出压线运行，最大化风电场经济效益
- 风电场功率变化率和波动阈值可根据各个地区不同的标准要求进行配置，可避免被电网考核

改造案例

时间：2018.11

地点：内蒙古通辽代力吉风电场

改造原因：代力吉风电场现有功率管理系统组成成分复杂，从硬件、控制到监控等方面，都有明显缺陷，已不满足当前电网涉网性要求。

改造方案：采用禾望独立一体式功率管理系统，通过系统具备的多种接口，可方便地接入风电场现有设备系统构架。实现智能集群式的有功、无功控制功能；一次调频功能；无功调压功能。



风电机组移动式并网测试装置

产品介绍

禾望电气自主研发的多功能电网模拟装置不仅可以精确模拟不同电压、不同频率的三相三线制电网系统及其动态扰动特性，用于对风力发电系统、光伏发电系统、储能系统等被测设备进行电压偏差、频率偏差、三相电压不平衡、电压闪变、电网谐波等电网适应性测试；而且能够真实模拟各类电网的高电压和低电压等故障特性，包括对称和不对称变化的故障状态，用于对风力发电系统、光伏发电系统、储能系统等被测设备进行高电压穿越测试和低电压穿越测试。

多功能电网模拟装置可用于如下测试

电网适应性测试

- 电压适应性测试
- 三相电压不平衡适应性测试
- 闪变适应性测试
- 谐波电压适应性测试



故障穿越测试

- 连锁故障穿越测试
- 低电压穿越测试
- 高电压穿越测试



性能特点

- 支持多功能一体化应用，装置可同时具备电网扰动发生功能和电网故障模拟功能
- 宽频域输出，可支持60Hz被测设备的并网测试
- 具有简便、直观的人机操作界面，可提升测试效率 32位DSP实时智能控制，电压波形及变化率控制精度高，稳态、动态特性优良
- 具有隔离式抗冲击能力，特别适用于弱电网条件下的故障穿越测试
- 三相电压独立控制，充分模拟各种电网电压偏差、频率偏差及不平衡、闪变、谐波等特性

注：本系列产品可提供定制与租赁服务。

HSVG无功补偿解决方案

产品特点

■ 响应时间快

动态无功响应时间小于5ms

■ 高低电压穿越

电压跌落或升高时可不脱网连续运行，满足GBT36995-2018要求，0低穿，1.35高穿

■ 电网适应性强

有效应对弱、差、冲击性负载电网，频率适应45-66Hz，THDu耐受10%

■ 多种解决方案

不同电压等级、冷却和安装方式的全方位解决方案，适应高海拔、高温、高湿、低温、盐雾等各种应用环境

■ 谐波动态补偿

有效补偿2~13次谐波

■ 双向连续补偿

从感性无功到容性无功可自动平滑调节，效率高达99.2%，功率因数-1~1连续补偿

■ 自动分相补偿

三相四线自动校正三相不平衡无功，稳定电网电压

■ 不平衡校正

不平衡电流校正，达到稳态平衡，不平衡耐受8%，负序最大电流占比正序可达20%



产品卖点

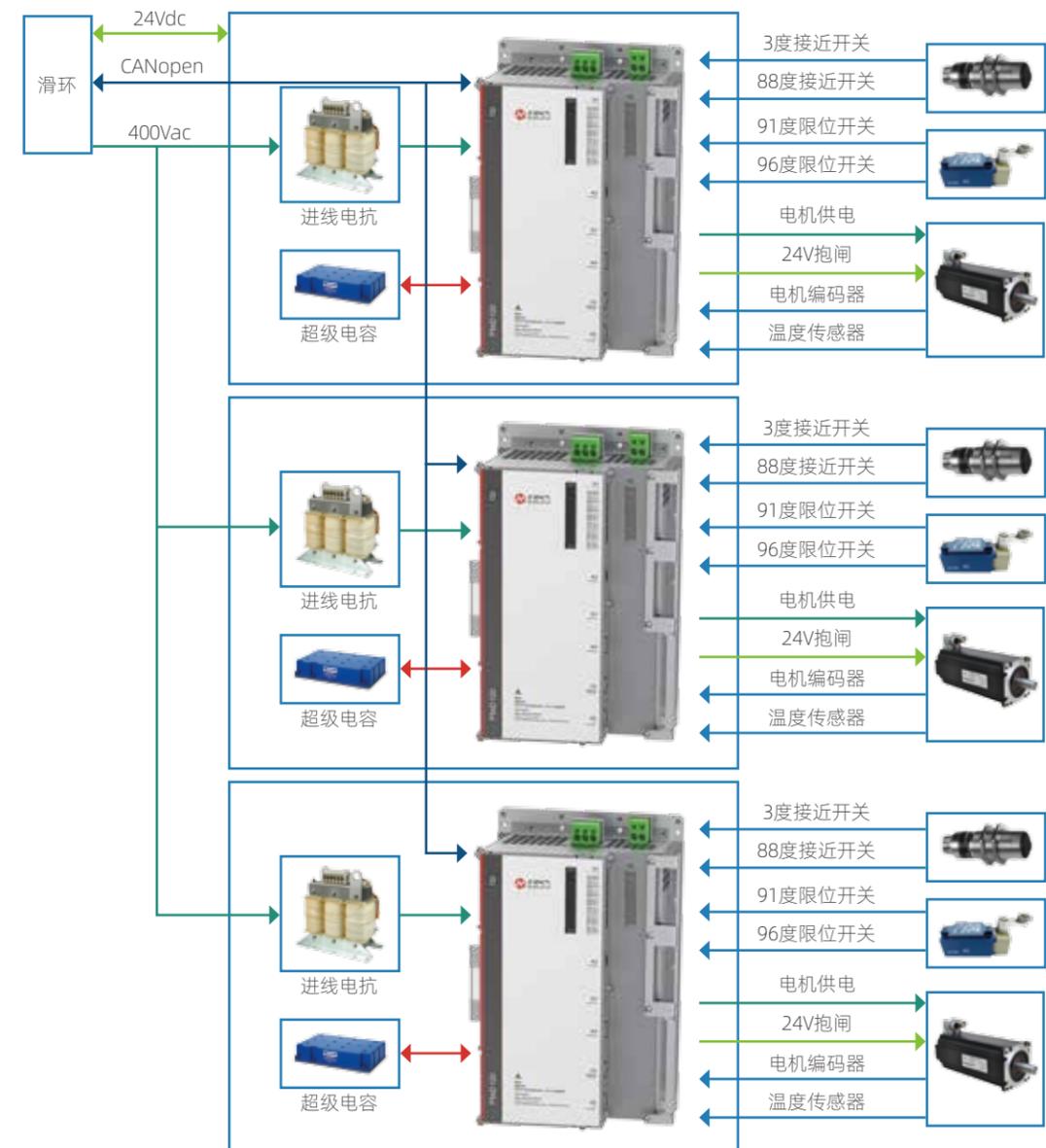
- 禾望“AI加持”的智能4.0 HSVG相对行业其他家占地面积小功率密度更高，具有更高的效率和可靠性
- 同平台于现场3万多台应用的风电变流器光伏逆变器，具有更好的电网适应性和环境适应性
- 同风电光伏的服务平台，服务网点多人员备件双备份，现场问题响应快解决及时
- 新能源场站变流器、逆变器和SVG联动技术，补偿更精益，投入产出比更高
- 认证报告齐全，拥有武高所、中国电科院、电能北京PCCC等的认证报告
- 大量应用于风电场、光伏电站、供电局、煤矿、港口、钢厂和油气田
- 配备hopeView智能监控系统，系统运维更快捷简单

变桨控制系统

PMC变桨控制系统

基于PMD100，采用定制的永磁同步电机、超级电容模组或锂电池模组。

禾望电气提供的PMC变桨控制系统具备架构简洁，安全性及可靠性高、维护方便等特点。



变桨控制系统

定制永磁同步电机

性能特点

- 精度高
- 体积小
- 响应快
- 重量轻
- 发热小
- 易维护更换
- 可靠性高



锂电池解决方案

基于高可靠性的锂电池单体和BMS系统，禾望电气PBM125-2000锂电池模组具备如下特点：



放电电流大

长期-60A，峰值-200A

储存容量大

10%的浅放可满足单次收桨能量需求

性价比高

在大功率机组尤其是海上风电机组具有对超级电容的良好可代替性

温度适应性好

在加热条件下-40℃~+60℃范围内可靠运行

PMD100集成式变桨驱动器

禾望电气PMD100集成式变桨驱动器包含了电机控制、CodeSys应用编程、24Vdc电源、后备电源充放电、电机高低压抱闸、各类IO信号接口等配置。驱动器可满足最大12MW功率等级风电机组的变桨驱动需求。



高集成度

驱动器集成了整流逆变、24Vdc电源、超级电容充放电、低压抱闸、高压抱闸、开放式编程平台、丰富的IO接口、制动组件等单元模块

大容量辅助电源输出

内置13.5A的24Vdc电源，对外提供额定3A的供电电压，可满足变桨润滑泵的供电需求

强电网适应性强

正常运行的工作电压范围320~540Vac，工作频率范围45Hz~66Hz在170%Un的浪涌冲击下可安全收桨，且能保护驱动器内部器件避免损坏

丰富的后备电源解决方案

驱动器内置了超级电容及锂电池管理软件模块，用户可以轻松完成对所配置的后备电源进行充电、放电以及状态进行管理

超级电容高精度检测

采用高精度的电流电压测量以及先进的能量算法，能够在线完成超级电容容量检测

支持双驱动器并联功能

通过驱动器内的快速总线，两个PMD100驱动器可以并联驱动单个电机或双电机，满足8MW~12MW风电机组的变桨驱动需求

开放及安全的控制平台

基于ARM+DSP架构的控制平台，提供给用户足够的自由度进行应用控制编程，同时DSP层的程序又能保证在异常情况下对安全收桨的管控，保障风电机组的安全

灵活配置用户需求

- 可提供自然冷却散热部件或风冷散热部件
- 可提供对外CANOpen/Profibus/Ethercat通讯接口
- 可提供制动电阻的内置或外置的选项配置

风力发电变流器（低压三电平系统）

900V/1140V 三电平风力发电全功率变流器

■ 单机三电平全功率变流器

功率范围3.X~5.5MW



■ 双机并联大功率三电平全功率变流器

功率范围7MW~11MW



950V/1140V 三电平风力发电双馈变流器

■ 三电平双馈变流器

单机功率3.X MW



客户价值

■ 采用900V/1140V系统，提升系统电压、降低电流。



■ 变流器效率超过98%，有效提高机组发电效率。

核心优势

■ 稳定可靠

采用成熟IGBT三电平拓扑，且大部分器件与两电平兼容，设备可利用率、可靠性有保障。

■ 降本增效

系统电流降低超过20%，系统损耗大幅减少，机组成本有效降低，实现超低LCOE。

■ 智能运维

支持远程智能运维，故障提前预警，精细化故障诊断，专家远程协作运维。



组串式逆变器

户用小功率

5K/6K/8K

- 双路MPPT设计，发电量更高
- 支持手机APP，可查看逆变器状态信息
- 全部采用自然冷却
- 高功率密度，体积小，重量轻，外观精美



商用大功率

36K/40K/50K/60K/70K/75K/100K/110K

- 兼容20A及以下电池板规格接入
- 支持手机APP，可查看逆变器状态信息
- 支持铝线接入，节省交流线缆成本
- 高功率密度，体积小，重量轻，易安装维护



1500V大功率

hopeSunHV 225KTL

- 12路MPPT，发电量更高
- 支持大功率双面组件
- 支持铝线接入，节省交流线缆成本
- 支持PLC电力载波通讯，节省通讯线缆及施工成本



储能变流器

组串式储能变流器

hopePCS 050/060/080

- 独立电池簇控制，提高电池利用率
- 各组独立，维护范围小，提高设备利用率
- 多机交流直接并联
- 低噪音，小于60dB，用户友好
- IP65防护等级，适用范围广
- 易安装维护，无需叉车、吊车等特殊工具



1500V储能变流器

hopePCS 2400/2750/3150/3450

- 三电平技术，最高效率可达99%
- 交、直流电压高，降低损耗，提升发电量
- 高度集成，体积小，占地面积少，功率密度高
- IP55防护等级，户外放置，有效降低成本
- 大功率并网，减少子系统数量，调度及控制容易
- 交直流熔断器保护



户外储能一体机

hopeQESS

- 占地面积小，集成度高
- 支持1.5倍过载1min
- IP65防护等级，可户外放置
- 支持并网削峰填谷和离网输出等功能
- 噪音低，小于70dB
- 产品外观设计友好，贴近生活
- 模块化设计，可配置多台满足不同应用场合
- 整机电池容量可调，满足客户的定制需求



办公地址：深圳市南山区西丽官龙第二工业区11栋
邮 编：518055
客服热线：400-8828-705
电 话：+86-755-86026786（总部）
+86-10-82193180（北办）
网 址：www.hopewind.com

© 2021禾望电气股份有限公司版权所有。
保留一切权利。 V4.0.2

若产品尺寸及参数有变化以最新实物为准

