

SCHORCH

啸驰电气大功率高压变频与智慧储变 综合节能解决方案白皮书

大功率变频·储变一体化·EMC 节能运营
综合技术与落地实践

发 布：啸驰电气股份有限公司

版 本：V1.0

发布时间：2026.6

版权声明：本白皮书为啸驰电气股份有限公司
官方正式技术服务文档，未经企业
书面许可，禁止摘抄、复制、商用
传播

目录

- 1 啸驰电气大功率高压变频与智慧储变综合节能解决方案白皮书摘要..... 1
- 第一章 企业介绍..... 1
- 第一章 行业共性用能痛点与节能改造需求..... 2
- 第三章 两大核心节能产品系统介绍..... 2
 - 基本主力产品：大功率高压变频驱动系统..... 2
 - 1、系统介绍..... 2
 - 2、变频器组成..... 3
 - 3、变频系统拓扑结构与波形特性..... 5
 - 4、功率变换模块..... 6
 - 5、功率单元结构..... 7
 - 6、控制系统..... 7
 - 7、啸驰变频系统特色功能..... 7
 - 8、技术参数表..... 20.
 - 创新发力产品：SCH-WED 储变一体智慧能源驱动系统..... 21
 - 1、综合介绍..... 21
 - 2、功能特点 21
 - 3、技术参数..... 22
 - 4、应用场景的介绍..... 22
- 第四章 啸驰生产制造支持系统介绍..... 25
 - 1、防静电功率单元生产线..... 26
 - 2、整机组装生产线..... 27
 - 3、质量检测方法..... 27
 - 4、质量保障方案..... 30
- 第五章 售后支持系统介绍..... 31
 - 1、全国服务网络..... 31
 - 2、投标人现场技术服务 32
 - 3、关于培训 33
 - 4、质保期务..... 33
- 第六章 分行业综合节电落地解决方案..... 34
- 第七章 项目全流程节电服务落地体系..... 35
- 第八章 节能改造真实经济与环保量化成效..... 35
- 第九章 技术迭代与节能服务长期规划..... 36

啸驰电气大功率高压变频与智慧储变综合节能解决方案 白 皮 书

摘要:

在国家“双碳”战略、工业能效改造、峰谷电价价差持续拉大、企业压降用电成本的大背景下，国内冶金、矿山、水务、造纸等高耗能行业普遍存在大功率电机恒速节流耗电、电网波动易停机、突发停电造成巨额生产损失、改造一次性投入压力大等多重痛点。

啸驰电气依托二十余年深耕重载传动与工业节能的核心技术团队，打造大功率高压变频成套设备 + SCH-WED 储变一体智慧能源驱动系统双核心产品矩阵，区别于传统仅销售硬件的设备厂商，公司以综合节电服务商为核心定位，提供方案设计、成套制造、工程施工、运维托管、EMC 合同能源管理全链条闭环服务。

本白皮书结合全国上百个落地改造项目实测数据、第三方节能审计报告，系统介绍企业技术体系、全场景节能解决方案、多元合作模式、真实落地运营成效，为各类工业企业提供可落地、可核算、零资金压力的节能降碳整体方案。

适用对象:

冶金、矿山、化工、发电、油气、水泥、造纸、市政污水等高耗能工业企业，园区综合能源服务商、EPC 总包单位、产业园区管委会、节能投资机构。

第一章 企业介绍

一、企业基本情况

啸驰电气股份有限公司成立于 2020 年 10 月，总部坐落四川省遂宁市安居经开区，分两期布局现代化生产基地：一期占地 42 亩，建筑面积 17000 m²，专业量产 200kW—30000kW 风冷、水冷、四象限高压变频成套设备，覆盖国内超大功率重载电机配套需求；二期规划占地 60 亩，建筑面积 26000 m²，专注研发生产储变一体智慧储能驱动系统，规划年产成套设备 2000 套。

企业核心技术、管理团队拥有 20 余年冶金、大功率变频、工业节能项目深耕实操经验，引进国际先进电力电子控制理念，自主研发核心控制板卡，拥有发明专利 10 项、实用新型专利 22 项、软件著作权 1 项；全系列产品通过 TUV ISO9001、能源 / 环境 / 职业健康管理体系、CE、IEC 国际认证，全部取得国家电控设备权威型式试验报告，具备全套工程、节能服务资质。

公司获评国家高新技术企业、四川省专精特新中小企业、四川省瞪羚企业，综合产能、技术储备、项目落地业绩、全流程节能服务能力稳居国内大功率变频行业第一梯队，5000kW 以上超大功率重载变频细分领域具备领先技术与落地优势。

二、核心定位:

行业内多数厂商仅单一生产或销售变频器，无前期能耗诊断、项目落地施工、后期长期运营、零投入节能合作能力；啸驰构建“设备智造 + 节能服务”双业务体系，打造完整 ESCO 节能服务商能力：

1 前置能源审计团队：可上门对厂区风机、水泵、压缩机、抽油机、反应釜等大功率负载开展全周期能耗测算，出具量化节能评估报告；

2 全流程项目落地团队：自有工程、调试、售后队伍，承接勘测、设计、供货、安装、调试、验收一体化 EPC 总包；

3 长效运维服务体系：7×24 小时远程云智控+驻厂/定期预防性巡检，保障设备长期稳定运行、节能效果不衰减；

4 成熟 EMC 节能投资运营团队：自有节能投资资金，可为企业全额垫付改造费用，零前期投入，按节约电费收益分成；

5 全行业项目运营经验：覆盖钢铁、火电、化工、水泥、油气、市政污水、造纸等数十个行业，积累数百套长期运营改造项目，具备大量第三方认证节电数据、项目结算审计案例。

三、四大合作服务模式

1 设备直销模式：企业自主采购高压变频器、储变一体设备，我方提供交付、安装指导、培训服务；

2 EPC 工程总承包：啸全权负责能源勘测、方案定制、成套设备、现场施工、系统调试、验收交付一站式落地；

3 EMC 合同能源管理

啸驰全额出资完成整套节能改造，企业无需投入一分钱；改造后按双方约定比例分享每月节约电费，合同期满所有设备无偿划归企业；全程负责设备运维、故障维修，节能效果不达承诺由啸驰承担差额补偿；

4 老旧设备升级运维托管：针对厂区老旧变频、低效驱动系统，提供整机替换、配件更换、年度长效运维托管服务，持续保障厂区能效水平。

第二章 行业共性用能痛点与节能改造需求

大功率高压电机是冶金、矿山、化工、水泥、油气等行业的“心脏”，实际使用中普遍存在以下痛点：

1、能耗浪费严重：风机、水泵、压缩机采用工频挡板 / 阀门节流，大量电能以热能、水力损耗形式浪费，行业普遍节电空间 20%~40%；

2、连续生产停机风险高：电网电压波动、短时闪断极易造成设备跳闸，冶金、化工、造纸、污水等行业一旦停机，会出现物料报废、生化系统崩溃、环保超标巨额损失；

3、高峰用电成本高：工业企业 24 小时连续生产，峰谷电价差值大，变压器高峰需量电费支出居高不下；

4、重载设备启动冲击大：大功率电机工频启动电流达额定 5-7 倍，冲击变压器，加速电机、减速机机械损耗，维修成本高昂；

5、改造资金压力大：单套大功率变频、储能设备投入高，企业短期内难以拿出专项资金实施节能技改；

6、改造后期无专业运维：设备交付后厂家售后响应慢，设备老化后节能效果逐年下滑，无法长期稳定降本。

第三章 两大核心节能产品系统介绍

基本主力产品：大功率高压变频驱动系统

SCHORCH 系列高压变频器是啸驰电气股份有限公司自主研发的核心产品，拥有完全独立知识产权。该产品基于业内先进的 H 桥级联拓扑结构，采用直接高-高电压源型设计，通过多级功率单元串联实现高压输出，具备整机效率高、损耗低、结构紧凑等优势。设备采用一体化集成设计，用户仅需接入电源线及控制信号线即可投入运行；其功率单元支持全模块化配置，便于在整机内部进行任意替换与维护。

在产品出厂前，每台设备均须经过不低于 8 小时的满载、满压连续运行测试，确保其可靠性与稳定性。本产品以高可靠性、长使用寿命为核心特点，主要技术优势如下：

1、系统介绍

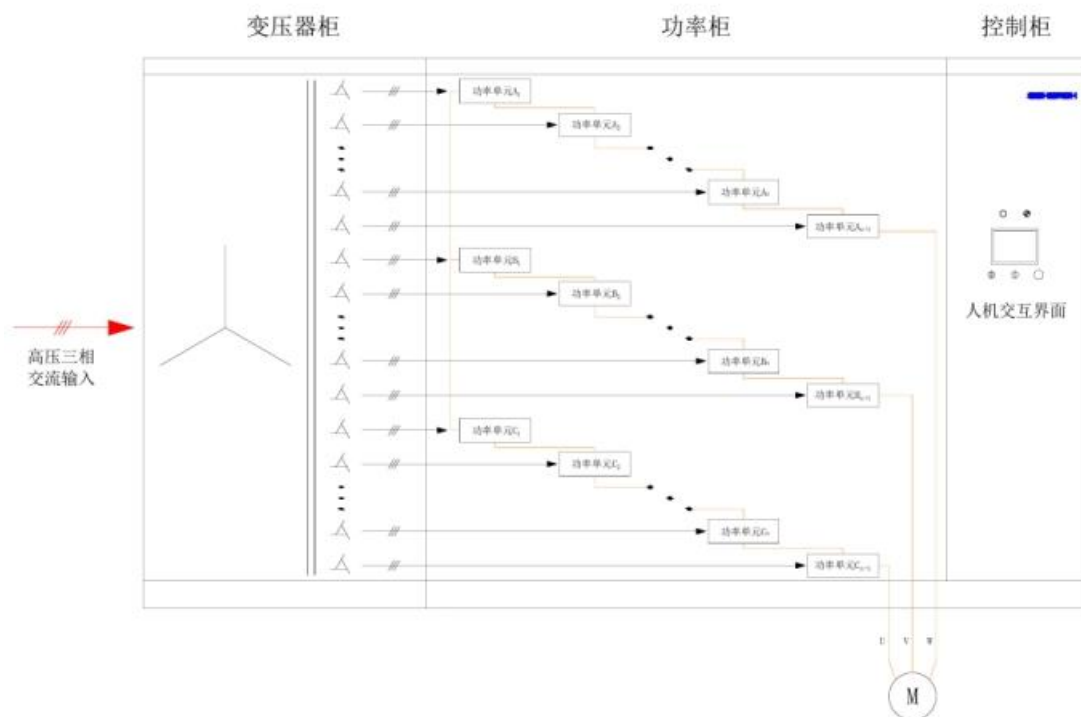
SCHORCH 系列高压变频器采用级联 H 桥多电平拓扑结构，其输出电压由多个低压功率单元经串联叠加而成，从而实现高压直接输出。每相由 9 个功率单元串联构成。通过先进的多脉冲整流与 PWM 调制技术，系统可实现 0 - 10kV 范围内线电压的连续、平滑调节，输出波形接近正弦，谐波含量低，对电机及电网友好。

在可靠性设计方面，即便单相同时出现 1 个功率单元故障，系统仍可通过旁路与自动容错控制

策略维持正常运行，实现不停机连续生产，极大提升了系统可用性与维护便利性。

此外，变频器具备自适应电网波动能力。当输入电压在一定范围内波动时，其闭环控制算法可实时调整调制策略，确保在额定频率下输出电压稳定维持于 10kV，有效克服电网偏差，保障负载稳定运行。该特性特别适用于电压波动频繁的工业场合，显著增强了系统的供电适应性与运行可靠性。

变频系统组成示意图（见下图）：



2、变频器组成

2.1 主电路拓扑结构

主电路采用多级功率变换架构，核心由移相变压器、功率单元柜、控制柜、旁路柜及预充电柜等组成。

移相变压器：采用多绕组移相设计，将一次侧高压分解为多组相互隔离的二次侧低压，为各功率单元提供独立供电。该结构可有效消除输入电流谐波，使装置在无需外置功率因数补偿装置的情况下，实现接近单位功率因数的电网侧运行。

功率单元柜：由多个以 IGBT 为开关器件的低压功率模块串联构成。每相通过级联叠加方式，合成高电压等级、低谐波畸变的高质量正弦波输出电压。

控制柜：集中实现全系统的数字化闭环控制，包括调制策略、状态监测与保护逻辑，保障系统稳定可靠运行。

旁路柜(选配)：在单元故障时提供冗余通路，支持系统持续运行，提高可用性。

预充电柜（选配）：用于限制系统上电过程中的冲击电流，实现母线电压平滑建立，保护功率器件免受电压电流应力冲击。

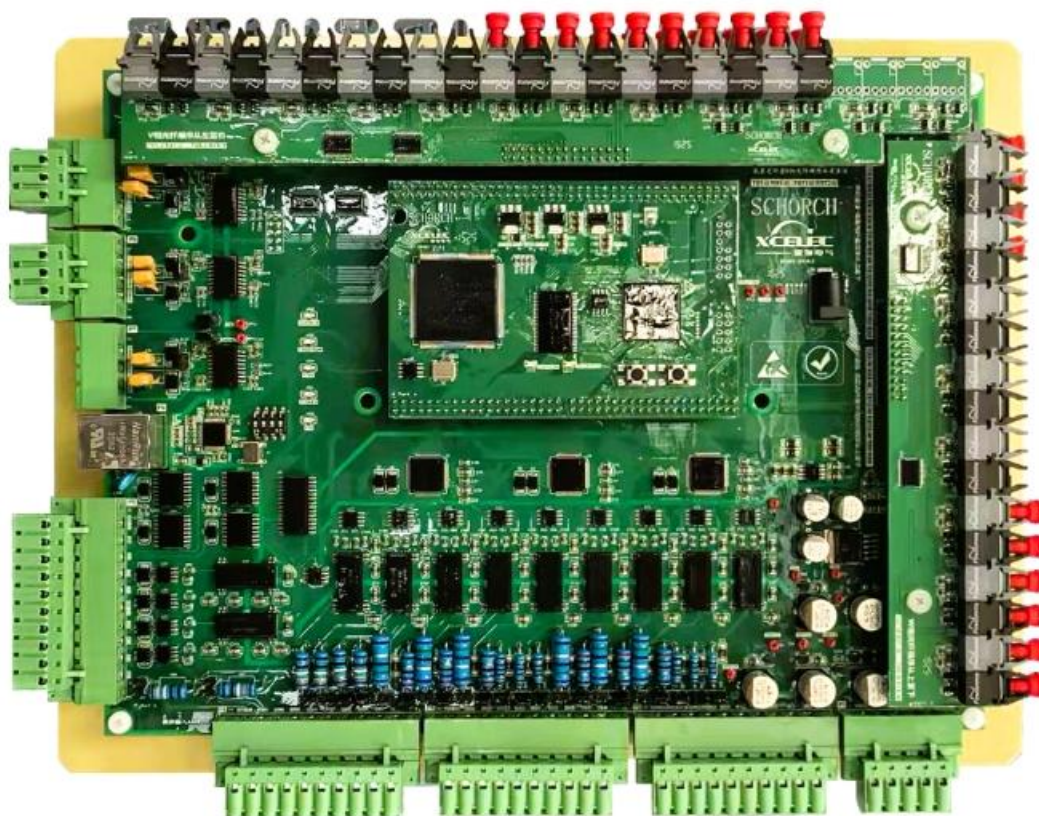
电抗器（选配）：减小工、变频切换时的冲击电流，使切换过程更平滑

变频器整机图：



2.2 控制与监控系统

中央控制系统：基于高速数字信号处理器（DSP）和可编程门阵列（FPGA）构建，采用全数字化控制，精确执行 SPWM 脉宽调制算法，确保输出电压与频率的高精度、动态响应。主控板卡：



人机交互界面：配备 7 寸高亮度彩色触摸屏，提供全中文图形化操作界面，用于参数设置、运行状态实时监控、故障诊断与历史数据查询。

2.3 通信与集成平台

内部通信：控制系统与各功率单元之间采用光纤通信技术，实现了强电气隔离，彻底杜绝了电磁干扰，确保了控制指令与状态反馈的高速、可靠传输。

外部接口：提供标准的工业以太网、Profibus-DP、Modbus 等通信接口，支持与工厂 DCS、PLC 等上位系统无缝集成，可实现远程集中监控、网络化控制及智能运维。

2.4 散热与结构设计

高效散热系统：根据功率单元布局，优化设计强制风冷风道，确保关键发热元件（IGBT、整流桥）的均匀散热，保障设备在高温环境下长期满载运行的稳定性。

柜体结构：采用模块化、紧凑型一体化设计，功率单元、控制单元、变压器分区明确，便于安装、维护与扩展。

变频器将上述系统有机整合，实现了高效率、低谐波、高功率因数与卓越的可靠性，其整体技术性能达到国际同期先进水平。模块化与冗余设计理念的贯彻，使其能够灵活适应多样化的工业应用场景与严苛的运行环境。

3、变频系统拓扑结构与波形特性

本系统采用功率单元级联多电平拓扑结构。通过串联多个低压功率单元，在输出侧合成高电压等级的阶梯正弦 PWM 波。

3.1 输出电压波形优势

该波形具备优异的高正弦度特性，其电压阶跃变化率（ du/dt ）极低，具备以下核心优势：

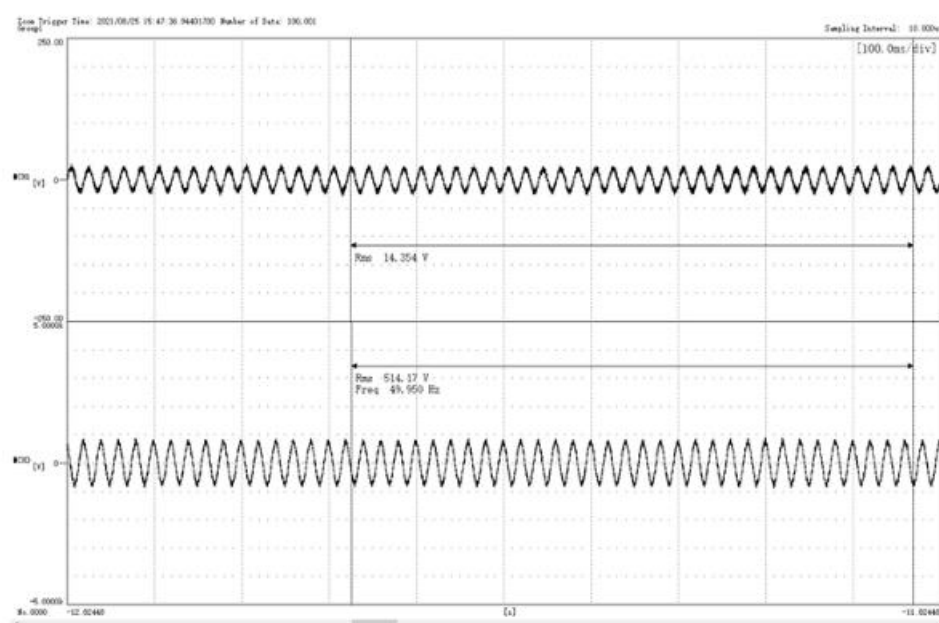
保护设备绝缘：显著降低对电动机绕组及输出电缆的绝缘应力，延长设备使用寿命。

简化系统配置：无需额外加装输出滤波装置，即可支持长距离电缆传输。

优化电机运行：电机无需因谐波影响而降额使用，同时大幅降低谐波损耗，有效消除由谐波转矩引起的机械振动与噪音，减轻轴承及传动部件的机械应力。

下图分别为实测的高压变频器输出电压波形与输出电流波形：

试验过程中装置运行正常，输出电压、电流波形如下：



注：CH3 为输出电压波形，变比为 1V/20V；

CH1 为输出电流波形，变比为 1V/2A。

3.2 功率单元控制板（驱动板）功能

每个功率单元均配置专用的智能驱动控制板，作为连接中央控制器与功率 IGBT 的关键接口，其核心功能包括：

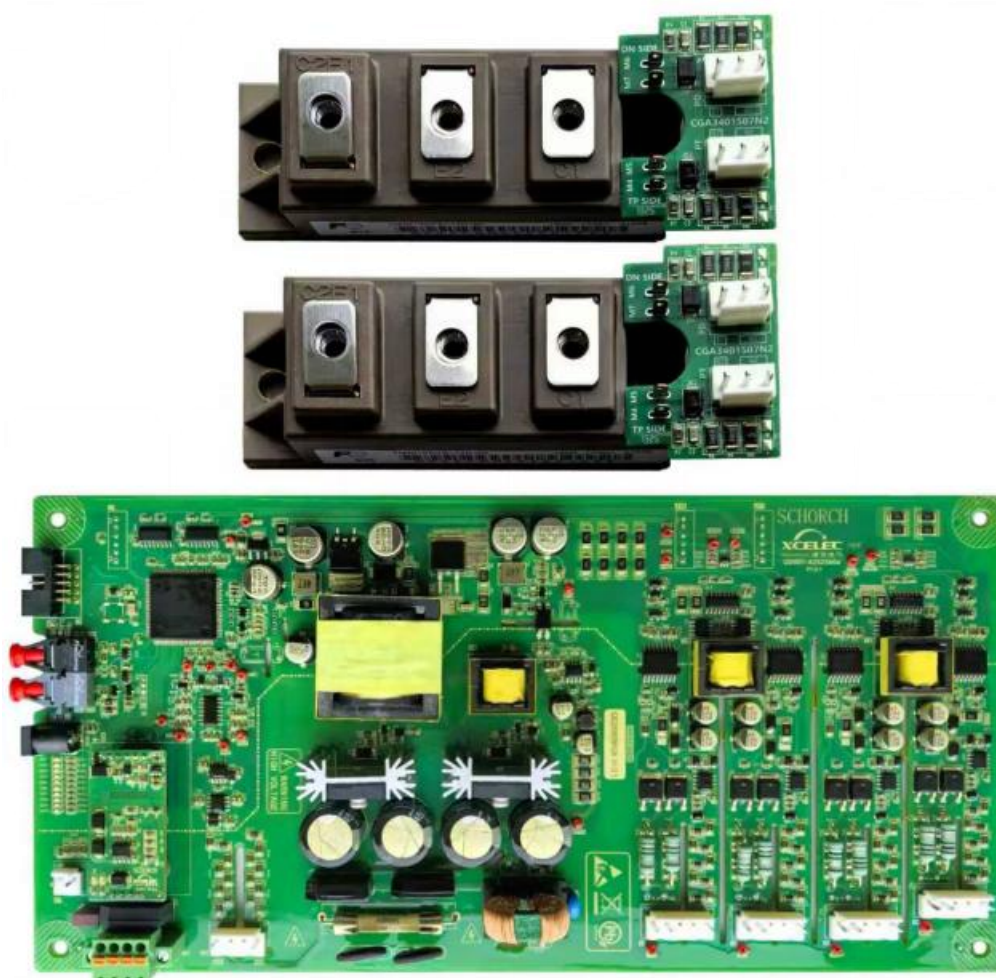
指令执行：接收并执行来自中央控制器的 PWM 调制指令，生成精确的 IGBT 驱动脉冲。

状态监测与保护：实时监测并反馈本单元的关键状态参数，包括直流母线电压、各 IGBT 管态、过压/欠压、过温及短路故障等，实现单元级的实时诊断与快速保护。

功率单元控制板示意图如下：



功率单元板卡：



4、功率变换模块

功率变换模块是变频器的核心执行单元，由若干标准化、模块化的功率单元组合构成。该模块承担系统主电路的能量变换功能，实现输入电源电压与频率的精准调控。

各功率单元采用统一设计，结构相同、功能一致，具备良好的互换性与通用性。所有功率单元以串联方式连接成星形拓扑，共同构建成驱动高压电动机的三相变频电源系统。系统通过中央控制器的协调调度，对各功率单元进行集中或分布式控制，最终合成所需频率与幅值的输出电压，从而完成对高压电动机的调速控制。

5、功率单元结构

功率单元作为功率变换的基础模块，采用交-直-交电压源型变频拓扑，集成了以下关键功能电路：

整流电路：采用三相全桥不控整流，将输入侧三相交流电转换为脉动直流电。

直流支撑与滤波电路：通过大容量电容器组对整流输出进行滤波与储能，形成稳定的直流母线电压。

逆变电路：基于 IGBT 构成单相 H 桥结构，通过正弦脉宽调制技术，将直流电转换为幅值与频率可调的单相交流输出。

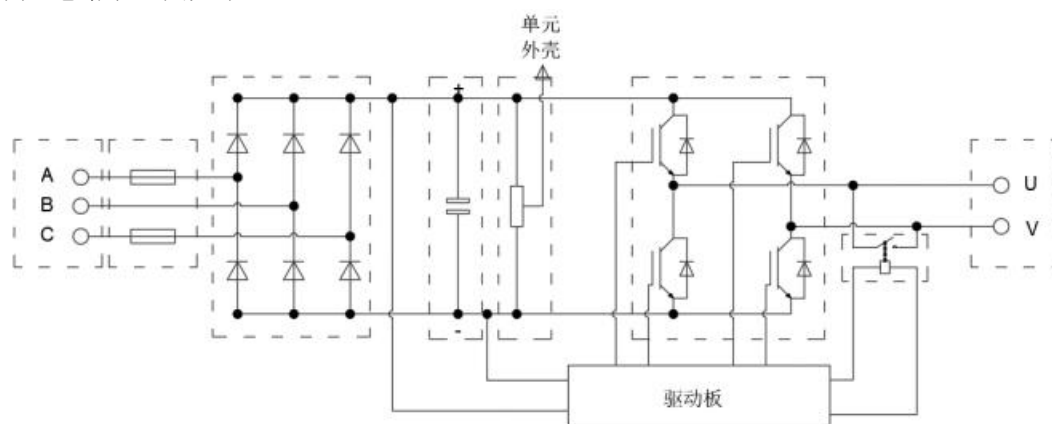
控制与驱动电路：负责接收上级控制指令，生成 PWM 驱动信号，实现 IGBT 的可靠开通与关断。

监测与保护电路：包括电压、电流、温度等故障检测功能，确保单元运行安全。

通信接口电路：实现与系统控制器之间的状态反馈与指令接收。

状态指示电路：提供本地工作状态与故障的视觉指示。

单元电路示意图如下：



通过上述多电路协同工作，每个功率单元独立完成从三相输入到单相可控交流输出的完整变换过程，为系统级的多单元串联合成输出奠定基础。

6、控制系统

控制系统是啸驰电气股份有限公司自主研发的高性能全数字信号处理平台，采用模块化硬件与可编程逻辑协同架构，负责整个变频调速系统的实时监测、运算与控制。系统主要由以下核心电路板构成，各板卡功能明确、协同工作：

主控板：作为系统核心处理器，集成了光纤通信板与模拟量采集板的功能。它负责通过光纤与各功率单元进行高速、隔离的数据交换，实时采集模拟量信号，执行控制算法与系统调度，并依据预设参数与实时数据生成全局控制指令。

数字板：专门负责数字量信号的采集、编码与预处理，与主控板协同完成系统状态的全数字化感知。

电源板：为各控制板卡及外围电路提供稳定、隔离的多路直流工作电源，确保控制系统供电可靠。

电压检测板：实时采样并调理主回路关键点电压信号，提供高精度的电压监测与保护判断依据。

单元驱动板：接收主控板下发的 PWM 指令，经隔离放大后驱动 IGBT 功率器件，并具备硬件保护功能，确保功率单元安全可靠运行。

温控板：独立负责系统关键部位的温度监测与散热管理，确保设备在安全温度范围内稳定运行。

7、啸驰变频系统特色功能

7.1 单元冗余技术 (N+X)

单元冗余技术是高压变频调速系统提升可靠性与可用性的关键设计，采用典型的 N+X 冗余架构。在该架构中，“N”代表满足系统额定输出所需的最小功率单元数量，“X”代表额外配置的备用功率单元数量，X 最大值为 8。

工作原理与运行方式

系统正常工作时，所有功率单元（包括备用单元）均处于带电待机状态，控制算法动态均衡各单元负载，确保系统稳定运行。当某个功率单元发生故障时，系统可自动将其隔离，在此过程中输出不受影响，从而实现在线热冗余，保障系统持续运行。

主要技术特点

在线热备用：备用单元实时处于使用状态，故障切换迅速，不影响系统输出性能。

故障隔离与无缝切换：系统自动检测故障并完成功率路径切换，无需人工干预或停机。

维护需停机操作：故障单元更换需在系统停机后进行，不支持在线插拔更换。

提升系统容错能力：降低了因单点故障导致系统停机的风险，适用于多数工业场合对运行连续性的基本要求。

7.2 变频器管家系统

变频器管家系统是为本系统为实现智能化运维与集中管控而设计的关键数字化功能。通过该功能，用户可在远程监控中心或授权终端上实时掌握变频系统的运行状态，实现设备透明化管理与预测性维护。

监测内容：

实时运行数据：包括输入/输出电压、电流、频率、功率等电气参数。

设备状态信息：变频器运行模式、启停状态、控制方式、故障与报警记录等。

功率单元数据：各单元直流母线电压、输出状态、健康状况。

系统健康指标：关键器件温度、风扇状态、累计运行时间等。

过程与性能参数：电机转速、转矩、能耗统计及系统效率。

技术实现方式：

通信接口：内置工业级 4G 通信模组，支持全网通移动网络，具备高抗干扰性与通信稳定性。

数据协议：采用加密传输协议 MQTT，确保数据在公共网络中的安全性与完整性。

软件平台：集成至我司现有云平台，亦支持电脑浏览器与移动端微信小程序。

功能特点与价值：

实时可视化监控：提供图形化人机界面，支持数据报表、拓扑状态图等多维度展示。

预警与报警管理：可设定阈值，实现异常状态的提前预警与分级报警，支持短信通知方式。

历史数据存储与分析：长期存储运行数据，支持故障回溯、能效分析与报表生成，为优化运行与维护决策提供依据。

远程调试与维护支持：授权情况下，技术支持人员可远程查看运行数据、分析故障原因，指导现场维护，减少停机时间。

安全与权限管理：支持多级用户权限控制、操作日志审计与通信加密，确保系统访问安全。

该功能显著提升了系统可维护性、运行透明度与管理效率，是实现设备联网、智能运维与工业互联网应用的重要基础。

备注：根据用户需求接入。

运维云平台主界面如下：



7.3 控制供电系统

为保障高压变频器控制系统的供电可靠性，本设备采用双路独立电源互为热备用的供电方案，有效避免因单路电源故障导致的系统停机风险，显著提升运行连续性。

供电架构

第一路电源：取自用户现场低压配电系统，规格为三相四线制 380V AC，容量不低于 10kVA；可按用户需求增加 UPS 供电。

第二路电源：取自变频器配套变压器二次侧，经隔离与稳压处理后作为备用控制电源。

切换机制：两路电源通过智能切换模块并联接入，实时互为热备份，无切换延时，实现无缝供电。

系统特点与优势

无扰动切换：任一电源故障时，系统自动由另一路电源持续供电，全程无电压暂降、无中断，不影响变频器运行。

长期稳定运行：当外部交流控制电源完全失电时，系统仍可依靠变压器二次侧电源长期工作。

全直流内部供电：控制电源输入后经整流、滤波及 DC/DC 转换，系统内部关键电路采用多级直流稳压供电，抗干扰能力强，电压稳定性高。

高可靠性设计：双路电源均经过电气隔离与过压/过流保护，系统具备完善的电源监测与故障告警功能。

有效避免因控制电源失电导致的非计划停机，大幅提高系统可用性，并降低对现场 UPS 等外部备用电源的依赖。

7.4 旋转中启动

旋转中启动功能是专为旋转中电机设计的无冲击平稳启动技术，可在不切断电源的情况下实现电机从当前转速到目标转速的平滑过渡。该功能分为正向旋转启动与反向旋转两种工作模式，适用于电机预先被负载或其它设备带动旋转的工况。

7.4.1 正向飞车启动

适用场景：电机处于正向旋转状态，需由变频器接管并加速至目标频率。

工作过程：变频器首先输出较低电压，从额定频率开始逐步降频搜索，通过 DSP 矢量控制算法实时检测并跟踪电机实际转速。捕获当前转速后，系统逐步提升输出电压与频率，平滑牵引电机至设定目标频率，完成无冲击启动。

优势：大幅降低启动电流与机械冲击，保护电机及传动设备；实现快速、平稳的转速跟踪与同步，提升启动效率与系统响应。

7.4.2 反向飞车启动

适用场景：电机被负载或其它设备反向拖动，需切换至正向运行。

工作过程：变频器识别电机反向旋转状态，逐步调节输出频率与电压，使电磁转矩平稳抵消反向转速。

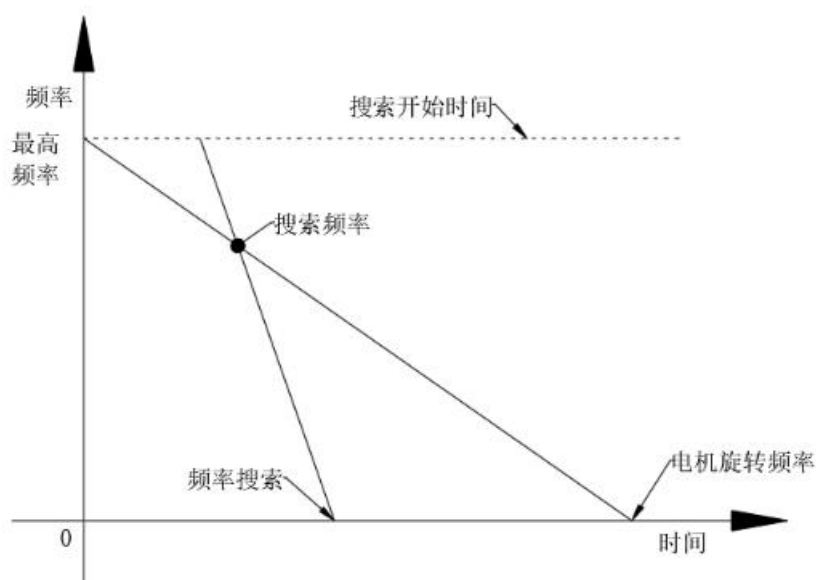
优势：无冲击完成反向至正向的转向切换，避免转矩突变对设备造成损伤。

7.4.3 核心技术支撑

DSP 矢量控制：实现高精度转速辨识与动态转矩控制，确保飞车过程平稳、快速、可靠。

自适应调压调频策略：根据实时转速差与负载情况动态调整输出，兼顾平滑性与响应速度。显著减少启动过程中的机械与电气应力，提升设备寿命与系统可靠性。

旋转启动示意图：



7.5 高功率密度设计

通过整机结构优化与系统级散热方案创新，实现了设备在有限空间内的高效布局与可靠散热。该设计显著提升空间利用率，降低设备占地需求，节约基建投资与安装运维成本。

主要设计特点：

结构紧凑化布局：采用模块化集成设计，优化内部电气与散热路径，减少设备整体占地面积与体积。

高效通风冷却系统：依据热仿真与流体动力学分析，合理配置强迫风道与散热器，确保关键功率器件温升受控，提升系统散热效率与运行稳定性。

简化安装接口：对外连接与内部模块接口标准化、集成化，降低现场装配复杂度与施工周期。

维护便捷性设计：支持前维护（模块抽出式结构），便于日常检查、部件更换与故障排查。

工程价值：

节省安装空间：降低对配电室或设备间的面积与层高要求，节约土建与场地成本。

提升部署灵活性：适应空间受限或改造项目中的紧凑安装条件。

降低全周期成本：减少运输、安装、维护所需工时与资源投入，提高系统经济性与可维护性。

在确保系统性能与可靠性的同时，实现设备小型化、集成化与工程友好性的统一。

7.6 全封闭功率单元设计

功率单元采用全封闭式结构，具备优异的密封防护与热管理能力，可有效抵御粉尘、湿气、腐蚀性气体等外界环境影响，显著提升单元在严苛工业环境下的长期运行安全性与可靠性。

7.6.1 主要设计特点

高防护等级外壳：采用密封壳体设计，阻止灰尘、水分及污染物进入，延长单元使用寿命。

高效密闭散热系统：单元内部集成独立风道与散热器，通过密封式强迫风冷，确保关键器件温升可控。

增强绝缘与隔离设计：内部电气部件采用高耐压、耐高温绝缘材料，并设置安全间距与隔离屏

障，提高抗过电压与抗干扰能力。

环境适应性优化：单元结构耐受宽温、高湿、盐雾及振动等恶劣条件，适用于矿山、冶金、化工、沿海等多类严酷现场。

7.6.2 技术与运维优势

提升系统安全性：全封闭设计杜绝外部导电介质接触，降低短路、拉弧等电气风险。

增强环境适应性：适用于多尘、潮湿、腐蚀性等传统设计难以长期稳定工作的场合。

简化现场安装与维护：单元整体防护性好，降低了对现场环境洁净度的要求，减少因环境因素导致的维护频次。

延长维护周期：在相同运行条件下，全封闭结构可显著延缓内部积尘与器件老化，提高系统可用性与全生命周期经济性。对设备可靠性要求严苛的工业现场，是提升高压变频系统整体环境耐受能力与长期运行稳定性的关键技术措施。

单元外形示意图：



7.7 直流支撑电容配置说明

配置方案：

标准配置：我司高压变频器功率单元的直流支撑环节，默认选用高耐压金属化聚丙烯薄膜电容器（干式自愈型）。

可选配置：为满足不同客户需求，亦可按客户指定要求，配置传统铝电解电容器方案。

选用薄膜电容的技术依据

低电感设计需求：薄膜电容极低的等效串联电感（ESL）特性，能够更好地匹配 IGBT 对换流回路低电感的要求，显著降低开关过程中的电压过冲与器件应力，从而大幅减少 IGBT 因换流引发的损坏风险，提升系统整体可靠性。

长寿命与免维护：所采用的新型无极性金属化聚丙烯自愈式安全薄膜电容，在整个设计寿命周期内无需维护，具备自愈能力，局部缺陷可自动恢复，确保长期稳定运行。

综合性能优越：薄膜电容在电压耐受、电流承载、温度与频率稳定性等方面均显著优于铝电解电容，全面克服了后者在容量偏差大、电压等级低、电流能力弱、损耗高及频率特性差等方面的固有缺陷。

特性	铝电解电容	金属薄膜电容
介质材料	氧化铝薄膜+电解液（或固态聚合物）	塑料薄膜（如聚酯、聚丙烯、聚苯硫醚等）+金属电极
电极材料	铝箔（阳极经蚀刻形成氧化层，阴极多为电解液）	真空蒸镀或沉积的金属层（铝、锌等）
极性	通常有极性（需注意正负极方向）	无极性（可任意方向安装）
容量范围	较大（ μF ~ F 级）	较小（pF ~ μF 级，一般 $\leq 100 \mu\text{F}$ ）
额定电压	中等偏高（常见 16V~500V）	范围宽（低至数 V，高至 kV 级）
ESR（等效串联电阻）	较高（尤其低频时）	很低（高频特性好）
频率特性	高频性能较差（适合低频滤波、储能）	高频性能优异（适合高频电路、谐振）
温度稳定性	较差（容量随温度变化明显，寿命受温度影响大）	很好（尤其聚丙烯等类型温度系数低）
损耗角正切	较大	很小
寿命与可靠性	有限寿命（电解液会干涸，寿命通常几年~十几年）	寿命很长（无电解液，老化慢）
体积	小体积大容量（比容高）	同等容量下体积通常更大
价格	低廉（单位容量成本低）	较高（尤其高精度、高性能类型）
主要应用场景	电源滤波、低频耦合/旁路、储能、直流稳压	高频电路、模拟信号、定时/谐振、滤波、脉冲应用
缺点	漏电流大，寿命有限，温度敏感性高，有极性限制	容量体积比低，大容量成本高
优点	成本低，容量体积比高，适合中大容量需求	高稳定性，低损耗，无极性，高频特性好，寿命长

7.8 模拟量输出功能

7.8.1 输出配置

本变频器配备 4 路独立隔离的 4~20mA 模拟量输出通道，可实时输出以下关键运行参数：

输出电压/输出电流/输出功率/输出频率

7.8.2 量程可配置

每路模拟量输出的最大量程均可通过人机界面（触摸屏）进行设定，用户可根据后端仪表、PLC 或 DCS 的量程要求灵活调整，确保信号匹配，无需外加信号调理器件。

7.8.3 输出精度与稳定性

在变频器规定的运行环境温度范围内，模拟量输出精度满足工业级测量要求：

输出误差： $\leq \pm 0.25\% \text{ FS}$ （满量程）

信号波动范围： $-0.25\% \sim +0.25\%$

温度影响：在全工作温度范围内，输出精度仍可保持上述指标，具备良好的温度稳定性。

7.8.4 功能特点

通道独立隔离：各输出通道之间以及通道与主电路之间均采取电气隔离，避免信号干扰，提高系统抗扰度。

线性度与响应速度：输出信号与被测参数呈线性关系，响应时间快，满足实时监控与控制需求。

故障安全状态可设：支持模拟量输出断线、超限等异常状态的预设值输出功能，便于系统诊断与安全处理。

为用户提供标准、可靠的过程信号接口，便于接入现有监控系统、进行数据记录、连锁控制或远程显示，是实现系统集成与自动化管控的重要环节。

7.9 矢量控制技术

矢量控制是基于电机动态数学模型的高性能控制策略，通过将定子电流分解为独立的励磁分量与转矩分量，并分别进行闭环调节，实现精准的转矩与速度控制。根据是否采用速度传感器，该技术分为无速度反馈与有速度反馈两种实现方式。

7.9.1 无速度反馈矢量控制（开环矢量控制）

基本原理：系统不依赖外部速度传感器，通过电机模型及定子电气量估算转速与磁链，实现转矩与速度的闭环控制。

关键技术：

磁链与转速观测：基于电机电压、电流模型，通过磁链观测器实时估算转子磁链位置与转速。
电流解耦控制：在估算的同步旋转坐标系下，实现励磁电流与转矩电流的解耦与独立调节。

闭环调节：采用电流内环与速度外环（基于观测转速）的双闭环结构，实现精准转矩控制与速度跟随。

特点：

优势：无传感器设计，节省编码器成本，减少安装维护复杂度；全速域控制能力，支持低速高转矩运行。

不足：动态响应较有传感器方案略低，受观测精度影响；依赖电机参数，需参数自整定与在线补偿。

7.9.2 有速度反馈矢量控制（闭环矢量控制）

基本原理：系统通过速度传感器（如编码器、旋转变压器等）直接检测电机转速与转子位置，实现高精度的转矩与速度控制。

关键技术：

位置与速度检测：传感器实时测量转子位置与转速，提供高精度反馈信号。

坐标变换与解耦：基于实测转子位置进行 Clarke 变换与 Park 变换，实现电流的精确解耦。

双闭环控制：采用电流内环与速度/位置外环的闭环结构，实现快速动态响应与稳态高精度。

特点：

高精度与高动态响应：速度控制精度可达 $\pm 0.01\%$ ，转矩响应时间可至毫秒级，支持精准定位与快速转矩调节。

超低速稳定运行：可在接近零速下稳定输出额定转矩，且转速波动小。

弱磁与高速扩展：在基速以上通过弱磁控制实现恒功率运行，拓宽调速范围。

抗扰能力强：对负载突变与外部干扰具有优秀的抑制能力。

7.9.3 技术对比与选型建议

对比维度	无速度反馈矢量控制	有速度反馈矢量控制
反馈装置	无需编码器	需安装编码器或旋变
动态响应	较有传感器略慢	极快，转矩响应可达毫秒级
低速性能	较好，但超低速时可能波动	极好，接近零速仍可平稳高转矩输出
控制精度	较高，受模型与参数影响	极高，速度精度可达 $\pm 0.01\%$
安装与维护	简单，成本低	较复杂，需传感器及布线
环境适应性	适用于恶劣环境（免传感器）	对传感器安装环境有一定要求
典型应用	风机、泵类、通用机械	起重机、机床、高速设备、同步控制

7.10 闭环控制功能

闭环控制是指通过传感器实时检测被控物理量（如压力、流量、温度等），并将其转换为标准信号（如 4-20mA）反馈至变频调速装置，系统依据设定值与反馈值的偏差自动调节输出频率，使被控量稳定在目标范围内的控制方式。

7.10.1 控制原理

信号采集：传感器将实际工况参数转换为 4-20mA 模拟信号，并传送至变频器模拟量输入端口。

偏差计算：变频器内部控制器将设定值与实时反馈值进行比较，得到偏差信号。

自动调节：基于偏差大小及变化趋势，通过比例-积分-微分（PID）算法动态调整输出频率与电压，驱动电机改变转速，从而实现对过程变量的精准控制。

稳态维持：当被控量达到设定值并稳定后，变频器持续微调输出，以抑制外部扰动，维持系统长期稳定运行。

7.10.2 典型应用示例（水压闭环控制）

参数设定：在变频器人机界面上直接设定目标水压值。

运行过程：

压力传感器实时检测管网水压，并反馈 4-20mA 信号至变频器。

变频器比较实际水压与设定值，通过内置 PID 算法计算出所需的频率调整量。

自动调节电机转速，进而改变水泵输出流量与压力，使水压持续稳定在设定范围内。

特点说明：该功能可根据现场工艺要求，灵活设置 PID 参数、调节响应速度与控制精度，适应不同动态特性的系统需求。

7.10.3 功能优势

高精度稳定控制：实现过程变量的自动跟踪与稳定，减少人工干预。

快速动态响应：对负载变化或工艺扰动具备良好的抑制能力。

节能优化运行：避免阀门、挡板等节流装置的能量损耗，按需调节电机转速。

适应复杂工艺：支持多回路、cascade 等高级闭环配置，满足多样化控制需求。

闭环控制功能是提升系统自动化水平、实现精准工艺控制与节能运行的关键技术，尤其适用于

对过程稳定性与连续性要求较高的工业场合。

7.11 系统旁路

系统旁路功能是在变频器发生故障或需维护时，将电动机切换至工频电网继续运行的备用运行方案。该功能旨在保障关键设备的连续运转，最小化因变频器故障导致的非计划停机。

7.11.1 旁路类型

手动旁路：需人工进行开关切换或机械操作，切换时间较长。适用于无备用设备或对运行连续性要求不高的场合，也可作为定期维护时的切换手段。

自动旁路：当变频器故障时，系统可自动切换至工频运行，切换过程通常在秒级完成。适用于对连续生产要求严格的场合，如供水、通风、生产线主传动等。

7.11.2) 运行与控制方式

切换触发：系统检测到严重故障（如过流、过压、单元故障等）后，自动断开变频器输出，并闭合旁路开关，将电机接入电网工频运行。

安全限制：急停与外部故障系统不能自动切换到工频运行。

7.11.3 策略配置：

故障旁路允许：故障发生后自动切换至工频运行，保障系统连续运转。

故障旁路禁止：故障后变频器自由停车，电机停止运行，适用于允许停机检修的场合。

7.11.4 技术特点

高可靠性设计：旁路电路与变频主回路电气隔离，切换过程安全可靠。

快速无扰切换：支持变频与工频之间的平稳过渡，适用于敏感负载。

灵活的策略配置：用户可根据工艺重要性选择旁路模式与响应方式。

维护便捷性：可在旁路状态下对变频器进行不断电检修，提高系统可维护性。

7.12) 预充电与输入隔离变压器防浪涌措施

在大功率变频系统中，输入隔离变压器合闸过程中的浪涌冲击是影响电网稳定与设备安全的关键因素。为此，系统采用专业化的预充电及防浪涌设计方案，以抑制励磁涌流，确保平稳上电。

7.12.1 励磁涌流的成因与影响

当变压器空载合闸或电网电压恢复时，由于铁芯中残余磁通与投入电压相位不匹配，可能导致铁芯深度饱和。此时，线圈中将出现幅值极高的瞬态冲击电流，即励磁涌流。

其特性包括：

幅值极大：可达变压器额定电流的 6-8 倍；

衰减缓慢：持续数个周波至数秒；

危害显著：易导致继电保护误动、电网电压骤降、断路器跳闸等异常，对系统并网运行及上游电网设备构成干扰。

特别是大容量变压器，为提升能效常采用较高工作磁密设计，进一步加剧了合闸饱和与涌流风险。

7.12.2 低压反充电预充磁方案

为根本性抑制合闸涌流，本系统采用低压反充电预充磁技术：

原理：在高压主电源投入前，先通过 380V 低压电源对变压器进行预先励磁，使其铁芯建立稳定的工作磁通，消除剩磁与电压相位的不匹配。

实施：预充电回路经限流电阻与可控开关接入变压器低压侧；待变压器磁路稳定后，无缝切换至高压主电源供电。

7.12.3 效果：

涌流抑制效果显著：可将合闸冲击电流限制在额定电流的 1.5 倍以内；

电网冲击小：避免电压骤降与谐波污染，符合严苛的并网规范；

系统可靠性高：延长断路器、接触器等开关器件使用寿命；

适用于频繁启停场合：支持快速重启与故障恢复。

7.13 异步并网切换功能

异步并网切换指在变频运行过程中，将电动机从变频驱动转移至工频电网运行的过程。该功能主要用于需临时或定期切换至工频运行的场合，**适用于小功率电机系统**，并需配合自动切换柜实现。

7.13.1 切换流程

频率同步：变频器逐步调节输出频率至 50Hz，使电机转速与工频电网同步。

输出断开：频率到达 50Hz 后，变频器停止输出并断开输出侧开关。

旁路投入：闭合旁路开关，将电机接入工频电网（输出开关与旁路开关不同时处于合闸状态）。

系统切换完成：电机转由电网直接供电，变频器进入待机或停机状态。

7.13.2 技术特点

快速切换时间：全过程通常在数秒内完成，适用于不允许长时间中断的运行场合。

自动化程度高：可基于预设条件或远程指令自动完成切换，减少人工干预。

安全互锁设计：确保变频输出与工频电源不同时接通，杜绝电气短路风险。

7.13.3 注意事项

该功能主要适用于小功率电机，大功率系统需额外考虑电网容量、冲击电流及保护配合等问题。

切换过程中需确保电机负载特性允许短时断电或轻载切换，避免对工艺造成影响。

7.14 同步并网切换功能

同步并网切换功能为人工计划操作下，实现高压变频系统向工频电网的平稳过渡。该模式适用于计划性检修、定期维护、运行模式切换或作为高压电机变频软启动场景，可在系统有故障预警或是无故障预警时，通过人工指令完成变频至工频的带载转换。

7.14.1 系统配置

输出侧串联限流电抗器，配置电抗器旁路开关及工频并网开关；

配备同步检测单元，实时监测变频输出与电网的电压、频率及相位；

控制系统由人工指令触发、同步过程由系统自动执行无需人工干预。

7.14.2 工作流程

人工触发切换：操作人员在控制界面或远程监控系统下发“同步并网”指令。

电抗器接入：变频器控制电抗器旁路开关分闸，将电抗器串入输出回路。

同步调节：变频器带电机及电抗器运行至 50Hz，并动态调节输出电压幅值、频率与相位，使其与电网参数完全匹配。

并网合闸：当检测到变频输出与工频电网达到同步条件时，自动闭合工频旁路开关，实现变频与电网并联共同带载运行。

变频器平稳退出：经短时共同拖动后，变频器断开输出开关，电机转为完全由工频电网供电，变频器进入停机或待检修状态。

7.14.3 技术特点

人工计划可控：支持在系统正常运行时，按维护计划或工艺需求主动切换。

无冲击同步：通过高精度同步控制算法，实现电流与转矩平滑过渡。

安全互锁完备：具备严格的电气与逻辑连锁，防止误操作及设备冲突。

在保障系统平稳过渡的同时，为高压电机提供了柔性启动与并网解决方案，显著降低启动电流对电网的冲击，延长电机与机械设备寿命。该功能进一步拓展了系统的应用灵活性，为计划性维护与运行模式优化提供了可靠支持，有助于实现系统的高可用性与运维经济性。

7.15 控制系统核心处理器配置

为保障高压变频调速系统在复杂工况下的实时性、精度与可靠性，本公司控制系统核心采用美国德州仪器（TI）TMS320F28335 系列高性能浮点 DSP 芯片，在运算能力、控制精度及功能扩展性方面显著优于业内常见的定点 DSP 方案。

7.15.1 芯片选型对比

对比维度	本公司采用： TMS320F28335（浮点 DSP）	行业普遍方案： 24 系列等（定点 DSP）
处理架构	32 位浮点处理器，支持高精度数学运算	定点处理器，运算精度较低
主频速度	150MHz	通常低于 100MHz
ADC 精度	12 位 16 通道，转换更快更精确	多为 10-12 位，通道数与速度一般
PWM 输出	18 路 PWM，含 6 路高精度 HRPWM	PWM 路数及精度普遍较低
存储容量	更大存储空间，支持复杂算法与数据缓存	存储资源有限
综合性能	较前代产品性能提升约 50%	性能相对常规，升级空间有限

7.15.2TMS320F28335 DSP 主要技术特性

高性能浮点内核：支持单精度浮点运算，满足复杂控制算法（如矢量控制、实时观测器）对计算精度的严苛要求。

高速处理能力：150MHz 主频，指令周期短，确保控制系统实时响应。

高精度 PWM 与 ADC：

配备 6 路高分辨率 PWM（HRPWM），可实现纳秒级调制度控制，提升输出波形质量；

12 位 16 通道 ADC，采样转换速度快，为电流、电压检测提供精准数据来源。

丰富外设集成：

6 通道 DMA，减轻 CPU 负担，提高数据吞吐效率；

支持多种通信接口（SCI、SPI、CAN 等），便于系统扩展与联网。

大容量存储：片内 Flash 与 RAM 空间充足，可承载大型程序与实时数据缓存。

7.15.3 带来的功能提升

控制精度与动态响应：浮点运算配合高分辨率 PWM 与 ADC，实现更精准的电压、电流闭环控制，提升系统调速精度与转矩响应速度。

先进算法支持：可运行矢量控制、参数辨识、模型预测等复杂算法，增强系统在多变负载与恶劣环境下的适应能力。

实时监测与录波功能：支持瞬时曲线采集、运行趋势记录及故障录波，具备强大的数据记录与分析能力，为运维诊断与性能优化提供依据。

系统可靠性与扩展性：芯片具备较强的抗干扰性与温度适应性，外设资源丰富，便于未来功能

7.15.4 升级与通信扩展。

本公司在控制系统硬件平台上坚持高性能、高可靠性的技术路线。该芯片不仅显著提升了系统的实时控制精度、动态性能与功能丰富度，也为实现智能化运维、高端工艺适配及长期稳定运行奠定了坚实的硬件基础。

7.16 自主开发的功率单元驱动板

当前国内多数高压变频器制造商受限于研发能力与核心技术积累，普遍采用外购标准化驱动板的集成方案。该方式虽能降低开发门槛，但也导致整机厂商在技术演进、系统优化与缺陷修复等方面严重受制于上游供应商，难以实现产品性能的深度定制与持续提升。

本公司坚持核心技术自主研发路线，功率单元驱动板及其配套主控系统均为完全自主开发设计，实现了从硬件到软件的全链路技术自主可控。

7.17 防尘滤网在线更换

本系统采用特殊的滤网结构设计，允许设备在不停机的情况下对防尘滤网进行更换，大大减少了因滤网清洁或更换导致的停机时间，更适合需连续运行的现场环境。

主要特点：

不停机维护：无需中断设备运行即可更换滤网。

便捷操作：滤网采用快装设计，支持单人快速插拔更换。

安全可靠：更换过程中保持系统密封，避免灰尘进入设备内部。

该功能特别适用于粉尘较多的工业现场，在保证设备散热与内部清洁的同时，最大限度保障生产的连续性。

7.18 内部通讯采用光纤连接

本公司采用飞尔康（FiberCom）工业级光纤通信方案，并实施强弱电分离布局，确保信号传输稳定可靠，系统抗干扰能力强。

7.18.1 光纤通信

选用飞尔康工业级光纤及接口器件，具备宽温、抗振、抗干扰等特性，适应严苛工业环境。光纤链路实现电气隔离，有效避免电磁干扰，支持高速、可靠的数据传输。

7.18.2 强弱电隔离

控制柜内强电（功率）与弱电（控制）线路分区布置，保持安全间距。

弱电线路采取屏蔽与隔离保护，防止强电干扰或瞬态冲击损坏控制单元。

确保了通信的稳定性与系统的安全性，适用于高干扰工业场合，保障设备长期可靠运行。

7.19 完整的保护功能

为确保高压变频器安全稳定运行，并保护其连接的电机与电网，系统设计了全方位的保护机制，涵盖输入侧、输出侧、装置自身及电机保护。

7.19.1 输入侧保护：

保护功能	具体数据/整定值	说明
过压保护	电压波动范围：-10% ~ +10% 额定电压内满载运行；直流母线过压阈值：1250V 以上时停止	输入电压超出允许范围时动作，保护变频器输入回路
欠压保护	电压波动范围：-10% ~ 10% 额定电压内满载运行；直流母线欠压阈值：500V 以下时停止	电网电压跌落至设定值以下时保护
缺相保护	输入缺相保护	检测输入缺相故障，防止三相不平衡运行
过流保护	输入侧过流通常由上级断路器或熔断器执行，推荐额定电流为变频器额定电流的 1.2~1.5 倍	防止输入电流超过允许值
接地故障保护	检测输入端是否有接地现象	检测输入侧接地故障，防止损坏设备

7.19.2 输出侧保护：

保护功能	具体数据/整定值	说明
过流保护	输出电流达到电机额定电 150%时，允许 3 秒钟，超过则立即停机；达到 200%时，立即保护停机	瞬时过流快速切断，保护功率器件和电机
过载保护	额定输出电流 120%可运行 60 秒	反时限特性，允许短时过

		载但限制长时间过载
短路保护	动作时间要求<50ms，避免器件热损坏	输出短路时快速切断，保护变频器和电缆
缺相保护	检测变频器输出是否缺相	检测输出侧缺相故障，防止电机单相运行
欠压保护	与输入侧欠压联动，输出能力不足时保护	电压跌落时自动限频或降频运行

7.19.3 装置自身保护：

保护功能	具体数据/整定值	说明
过热保护	功率单元过热保护定值：80℃	散热片温度继电器检测，防止功率器件过热损坏
过温保护	运行环境温度要求：-5~40℃；存储温度：-20~60℃	环境温度超限报警或停机
风扇故障保护	检测冷却风机运行状态，异常时报警	防止散热失效导致装置过热
功率单元故障保护	包括光纤通讯故障、单元旁路、波形异常检测等	单元级故障检测与自动旁路，保障系统持续运行
运行中开柜门故障保护	柜门位置开关检测，运行状态下柜门打开时：立即停机并发出声光报警；并切断高压合闸回路	防止运行中误开门造成电弧伤害或触电事故，保障操作人员安全

8、技术参数表

名称	技术参数
使用标准	GB/T12668
型式及型号	高-高、单元级串式
供货商及产地	啸驰电气股份有限公司*四川省遂宁市
安装型式（靠墙/不靠墙）	室内不靠墙
输入电压/允许变化范围	三相 6KV/10KV±10%
控制电压/波动范围	AC 380V 三相五线制/±10%
输出电压/输出电流	0-6KV/10KV 0-额定电流
额定输入频率/允许变化范围	50HZ±10%
额定输出频率	0-50HZ（可设定，最大 120HZ）
输出波形	电流谐波总畸变率优于 GB/T14549、IEEE std 519 及 IEC61800.4 标准，无需滤波器

整机效率功率因数	强迫风冷>97.5%，大功率水冷变频系统效率大于98%
谐波	<4%
控制方式	V/F、矢量控制
电机类型	同步机、异步机
控制芯片	DSP、FPGA
频率分辨率	0.01HZ
PID 功能	内置 PID 调节器，参数可设定
附属功能	双路供电，故障自诊断功能
控制功能	飞车启动、多机功率平衡、工变频无扰互切、变频启动、自动限流、低压穿越、反向飞车等等
高压隔离	光纤隔离
通讯协议	modbus 协议
触摸屏显示	输入电压、输入电流、输出电压、输出电流、输出频率、输出转速等。
界面语言	中文
保护功能	变频器过流、短路、接地、过压、欠压、缺相、超温、冷却风机异常、通讯异常等 无功功率补偿装置(20%~100%转数范围)
保护等级	IP30 (IP31/IP42 可定制)
补偿装置	无功功率补偿装置(20%~100%转数范围)
变频器结构	一体化设计，模块化设计，整体运输
可靠性指标（平均无故障工作时间/	100000H
噪声等级	<65db
冷却方式	强制风冷、水冷
冷却系统故障对变频器的影响	散热性能下降、变频器温度上升
功率单元故障对变频器出力的影响	旁路 1 个功率单元，总功率下降 2%
过载能力	120%过载 2min、170%过载立即保护
盘前维护或盘后维护	盘前维护
是否有输出滤波器	无输出滤波器
需定期更换的元件	无需要定期更换的元件
柜体颜色	7036 微机灰或定制
设备使用寿命	100000H

创新发力产品：SCH-WED 储变一体智慧能源驱动系统

1、综合介绍：

行业稀缺集变频驱动 + 大容量磷酸铁锂储能一体化成套设备，一台设备替代变频器 + 储能柜 + 安全稳压装置多套分立设备，实现节电、变频、安全三大核心价值。嘶驰电气研发的 SCH-WED 储变一体智慧能源驱动系统，填补了这个空白，标志着变频驱动正式迈入“储变一体化”时代

智慧能源驱动系统以工业级能量枢纽架构为核心，融合数字孪生驱动的智能控制矩阵与毫秒级响应的柔性储能网络，重新定义能源系统的智慧边界。这套集储能与驱动于一体的超融合系统，以颠覆性技术重构工业能效生态，让能源流成为可预测、可调度、可恢复的智能生命体。

2、功能特点：

2.1 电网峰谷电能管理

系统设备通过智能控制模块精准识别电网峰谷信号，在低谷时段启动储能电池充电，采用恒流-恒压两段式控制策略，确保电池组高效率完成能量存储。高峰时段，电池通过逆变设备向系统负载释放电能，与变频设备协同工作，实现“谷电存储-峰电利用”的高效能源循环模式，有效降低用户用电成本。

2.2 电机节能驱动控制

针对水泵、风机类负载的工况特性，智慧控制系统可根据实时工况变化，自动精准地调整驱动单元输出频率/转矩，维持工艺参数（压力、温度、流量、液位）稳定，满足生产实际需求的同时，最大限度降低能源消耗，提高能源利用效率。

2.3 应急供电保障

在化工、油田、生物制药、电子制造、钢铁、医院、数据中心等不允许停电的特殊行业，系统构建双重检测机制。当检测到市电中断时，智慧控制系统将启动应急供电程序，内置独立储能策略引擎，停电瞬间触发应急供电预案，实施毫秒级应急供电切换，依托储能单元构建“电力安全岛”，为故障处理争取黄金抢修时间，保障生产过程的连续性和安全性。

2.4 平抑电网大幅波动

在供电不稳定的地区和特殊场所，本设备尤其适用。当检测到电网电压下降，输入功率不足以驱动负载时，智慧控制系统将启动平抑电网波动预案，储能引擎自动执行电能释放策略，补充电网输入功率的不足，保证负载设备的平稳运行，从而克服电网的大幅波动。

2.5 多路驱动输出

根据用户实际需求，系统可以配置多路驱动输出。配置双驱动单元输出，以适应工矿企业水泵一用一备的特点而设置的。水泵切换时，备用泵驱动单元先启动，当频率达到一定值时，运行主泵缓慢降频退出直至停止。如果配置泵出口压力检测，则智慧控制系统将根据压力值自主控制主、备二台泵频率升降，直至完成主泵和备用泵的无扰动切换，确保工艺管道压力稳定。

2.6 远程数据监控

通过设备物联网或通信端口，与远程监控中心建立数据链路，监控中心工程师根据设备运行数据建立“故障预警-维护计划-效果评估”闭环，从“事后维修”转向“主动维护”。

3、技术参数：

项目	技术参数
输入电源	三相 380V $\pm$ 10%，50Hz $\pm$ 5%
输出电源/电流	电压：0-420V(可调) 电流：0~额定电流
输出频率	0-50Hz（可设定，最大 120 Hz）
频率分辨率	0.01Hz（数字设定）
输出功率	0-300KW（按照负载电机功率选择不同功率等级）
驱动电机	异步电机、永磁同步电机
网侧总谐波 TDH	TDH<5，优于国标 GB/T14549-1993
储能容量/冷却	容量：260KWH（标配），其它容量可定制。电池：磷酸铁锂。 冷却：水冷
停电运行时间	标配电池容量和满电情况下，75KW 电机可以运行 3 小时
停电切换时间	市电切换到电池供电时间<50ms
充放电周期	充放电时间周期自由设置，满足各地“谷-峰”充放电要求
整机效率	>94%

整机功率因数	≥0.99
驱动控制	V/F 控制，矢量控制
PID 功能	支持闭环 PID 控制
过载能力	过载 150% 1min
保护功能	过压、欠压、过流、缺相、过载、接地、短路、超温、风冷异常保护。
预励磁	启动时进行电机预励磁，可以有效改善电机启动过程中的力矩特性。
人机界面	显示电网参数、储能参数、驱动单元输出参数以及设备的设定参数
通信协议	TCP/IP、Modbus TCP、MQTT 等多种通信协议
防护等级	IP54
使用场所	室内，无爆炸性和腐蚀性气体
环境温湿度	-25℃~+40℃，湿度<95%无凝露
海拔高度	1000 米以内（超出海拔范围可以定制）
存储温度	-40℃~+70℃
外形尺寸	宽 x 高 x 深=2006x2307x1438(mm) 标准机型
整机重量	约 2980Kg

4、应用场景的介绍（以控制水泵为例介绍）

4.1 一用一备应用

一用一备指的是一台水泵在运行，另一台水泵作备用。选型时，可以选择单驱动，配置 2 个电源输出。从 1#泵控制柜引出电源给智慧能源驱动系统供电，线路供电能力除了电机本身功率以外，还应考虑电池的充电功率，标配电池柜 260KWH，其充电功率不小于 30KW。

系统可以选择 1#泵或 2#泵作为运行泵。备用泵切换时，控制系统将启动电池放电（不增加线路额外供电负荷），备用泵启动并提升频率，运行泵降低频率，保持管路压力稳定，顺滑切换。如果订购了带有闭环控制的智慧能源驱动系统，系统将自动完成切换过程。在备用泵切换时，应注意电池容量足够支持切换过程。

智慧能源驱动系统设有旁路接触器（可选项），当设备出现严重故障导致停机，面板上设有旁路切换按钮，人工启动旁路，通过原有控制柜启动泵运行。

4.2 二用一备的应用

二用一备的应用场景选型时，可以选择双驱动，配置 2 个电源输出。设备需要单独供电，供电电源功率应大于 1#泵、2#泵和电池充电功率的总和。其中电池的充电功率，标配电池柜 260KWH，其充电功率不小于 30KW。

智慧能源驱动系统适用于二用一备这种应用场景，1#泵和 2#泵可以同时运行，并单独控制其启停、变频等操作，而备用泵切换由人工进行。

智慧能源驱动系统设有 2 个旁路接触器（可选项），当设备出现严重故障导致停机，面板上设有旁路切换按钮，人工启动旁路，通过原有控制柜启动泵运行。

4.3 闭环控制应用

智慧能源驱动系统预留二个闭环控制通道，可以采用不同的组合来实现闭环控制。

单闭环控制：适用于一用一备场合，无论哪一台水泵运行，都能实现闭环控制。在主管道上安装一台压力变送器，4-20mA 模拟信号送到智慧能源驱动系统，设备将根据主管道的压力变化，自动进行电机运行频率的 PID 调节，既能达到工艺管道压力稳定，又能达到最佳的节能效果。

双闭环控制，适合于双驱动应用，二条管路压力都需控制的场合。在实际用于中，应根据现场实际需求灵活应用闭环控制。比如风机控制，可以采用温度或风量来控制风机频率，以达到温度或风量满足工艺要求。

4.4 太阳能供电的油田抽油机应用

智慧能源驱动系统内置储能单元系统，可以存储太阳能或风能发出的电能，实现电能的自给自足，达到电网电能的零消耗，在油田荒漠野外的抽油机上特别适用。除此之外还有以下优点：

软启动节能：传统抽油机电机直接启动时，启动电流是额定电流的 5-7 倍，不仅消耗大量瞬时电能，还会对电网和设备造成冲击。通过驱动单元启动，使启动电流控制在额定电流的 1.2 倍以内，大幅减少启动阶段的能量损耗。

功率因数优化：异步电机在轻载时功率因数较低（通常 0.5-0.7），无功损耗大。驱动单元可通过补偿无功功率，将功率因数提升至 0.98 以上，减少电网传输中的无功损耗，提高电能利用效率。

减少机械磨损：变频调速能使抽油机运行更平稳，避免传统定速运行时的刚性冲击（如冲程换向瞬间的机械应力），降低抽油杆、减速器、电机等部件的磨损速度，减少设备维护频率和更换成本，间接实现“节能”。

闭环控制：抽油机的负载并非恒定，油井的供液能力（如原油黏度、井底压力、含气量等）会随开采进程而发生变化，导致抽油机的“有功负载”（真正用于提油的功率）与“无功负载”（空耗功率）比例波动。智慧能源驱动系统可以采集计量分离器、涡轮流量计的信号，当油井的供液能力不足时，自动调整抽油机频率，避免电能浪费，以达到最佳的节能效果。

节能效果：变频技术通过“按需调速”“优化启动”“提升功率因数”等方式，精准匹配抽油机的动态负载需求，从根本上解决了传统定速运行的能耗浪费问题，是油田抽油机节能改造的成熟且高效的技术方案。根据油田应用案例，抽油机变频改造后的节能率通常可以达到 20%-40%。

新能源应用：设备接入太阳能以后，白天用不完的电能储存到电池里，晚上电池放电，提供抽油机动力。当太阳能电池板发电功率足够大的情况下，抽油机甚至都不需要电网供电。

第四章 啸驰生产制造支持系统介绍

啸驰电气股份有限公司拥有全面专业化的变频研发与制造基地。该基地建有高标准 10KV 专用变电站，充分保障电力供应的稳定与可靠；同时配备全流程变频功率单元生产线，涵盖精密装配及严格工艺检测等环节，确保产品核心部件的高品质制造。

为保障产品性能与可靠性，基地内设有变频功率单元满载测试中心，可对单元模块进行长时间满负荷运行验证；并建有专业变频功率单元老化测试平台，模拟使用现场温度环境，全面测试产品在额定工况下的耐受性与稳定性。此外，大型变频整机满载测试中心可完成整机系统的综合性能测试与工况模拟，确保出厂产品符合高标准的质量要求。

整个生产基地集研发、生产、测试于一体，形成了从核心部件到整机系统的完整闭环验证能力，为产品可靠性与高性能提供了坚实保障。



啸驰电气 10000m² 变频生产基地——制造车间一角

1、防静电功率单元生产线

公司以科学的工艺设计和严格的过程管控，构建了适用于非封闭车间环境的精密制造体系，在确保高效生产的同时，全方位保障功率单元的卓越品质与可靠性。

1.1 局部环境控制与分级防护

生产线采用区域化分级环境管控方案。在非封闭车间内，针对核心装配区域设立独立的全封闭恒温恒湿工作单元，并建立局部万级洁净作业区，辅以完整的防静电（ESD）地面及工作台系统。该设计为 IGBT 模块、整流桥、电容等关键器件在存储、开封及组装环节提供了精准可控的微环境，有效隔离外部环境干扰，确保装配质量的一致性。

1.2 精益化产线设计与物料管理

产线布局遵循产品工艺流程，进行模块化、柔性化设计，实现工序高效衔接。全面推行“三定管理”（定点、定容、定量），物料、工具及工装实现可视化管理与智能配送。关键工位配备可升降装配平台，最大程度实现重物搬运与精密操作的机械化，在提升效率的同时，有效避免因人工操作疲劳导致的装配误差与质量风险，保障人员作业安全。

1.3 关键工艺标准化控制体系

a、动态静电防护管理

建立适应开放环境的动态 ESD 管控体系。作业人员须穿戴防静电装备，完成静电泄放与身份核验后方可上岗。工作区域设置电离风机与接地监控点，实现对静电水平的持续中和与动态管理，确保对静电敏感器件的全方位防护。

b、量化装配力矩控制

对功率器件安装等关键工序实施全过程力矩管控与数据追溯。采用定扭螺丝刀、数显扭力扳手，所有紧固操作均按预设工艺参数执行，确保连接可靠性，杜绝因力矩不当导致的器件损伤或接触失效。

c、精细化热管理工艺

为优化散热界面性能，我们采用高导热绝缘材料并定制专用涂覆工装。依据功率器件芯片布局，通过精密钢实现导热介质的标准化涂覆，严格控制厚度与均匀性，确保热阻最小化，保障器件在高负载条件下的长期稳定运行。

4) 全过程质量追溯与信息化管理

全线集成 MES 系统，实现从物料入库到成品测试的全流程数据绑定与电子化追溯。在开放车

间环境下，通过信息化手段强化过程合规性与质量一致性管控，为持续改进提供可靠依据。

2、整机组装生产线

整机组装严格遵循标准化、模块化的作业流程，并对电气连接、热管理、系统集成等核心环节建立了专项工艺控制体系。并对核心环节实施专项工艺控制：

2.1 系统级静电防护管理

在整机组装区域建立系统性静电防护（ESD）保护区。所有参与装配的人员须全程穿戴防静电工作服、鞋，工作台面与地垫符合国际 ESD 标准（如 ANSI/ESD S20.20）。对敏感模块的搬运与安装，使用防静电包装与专用工具，确保在系统集成过程中，IGBT 驱动板、控制单元等精密电子部件免受静电损伤。

2.2 关键连接力矩量化控制

对主回路母排连接、功率单元安装螺栓、变压器端子等高电流承载连接点，实施全过程量化力矩管控。作业中使用经定期校准的高精度扭矩扳手、定扭电动力矩工具及扭矩校验仪，确保每一处电气连接的机械强度与接触电阻均符合设计要求，杜绝因连接松动导致的过热或故障风险。

2.3 整体散热与风道优化装配

针对大容量变频器散热需求，车间执行严格的散热系统装配工艺。包括：规范安装冷却风机与滤网，确保风量与风压达标；精确组装散热器与风道，保证密封性与气流分布均匀；对需要涂覆导热材料的部位，采用定制工装或定量涂覆设备，确保界面接触热阻最小化。装配完成后，使用热成像仪进行抽检，验证整体散热效能。

2.4 标准化电气接线与信号测试

电气接线实行“一线一码一签”的标准化管控，所有线缆均配有永久性标识。接线过程遵循工艺图纸，使用专用压接与布线工具，确保接线牢固、走向规范、信号屏蔽良好。在通电前，完成对所有控制信号、反馈回路及光纤通讯的连续性测试与绝缘测试，为后续系统调试奠定可靠基础。

2.5 系统化集成与出厂验证

整机组装完成后，产品将直接接入车间内的整机满载测试中心，进行包括但不限于：空载运行、带载温升、满功率输出、电网适应性及保护功能验证在内的全工况闭环测试。该流程确保每一台出厂的高压变频器，其性能、效率及可靠性均 100% 满足设计规范与客户工况要求

3、质量检测方法

3.1 功率单元空载测试

空载测试是专用于功率单元装配完成后的电气性能验证设备，旨在实现全自动化空载测试，有效拦截不合格品流入下道工序。该测试通过自动测试线夹连接功率单元测试点，操作人员触发运行后，系统依次执行自检、耐压测试、缺相检测、过压与欠压保护校验、空载输出特性测量等测试项目。所有测试数据实时采集并自动上传至计算机存储，形成可追溯的测试记录，确保测试过程高效、可靠且数据完整可查。

功率单元测试台：



3.2 功率单元满载测试

功率单元满载测试用于验证其各输出电流工况下的运行稳定性。根据工艺要求，测试分为三个阶段依次进行：首先以 100%额定电流输出带载运行 30 分钟，随后提升至 110%额定电流输出带载 25 分钟，最后在 120%额定电流输出下带载 5 分钟（过载量与测试时间根据客户需要进行设置）。测试过程中若出现故障，系统将通过监控界面实时报警并安排维修；如发生批量不良情况，则由研发人员介入进行根本原因分析与解决。

功率单元满载测试台：



3.3 功率单元老化测试

功率单元需在 40℃ 高温及额定电压条件下连续空载运行 8 小时，进行老化筛选试验。该试验旨在识别早期失效的元器件及组装过程中的作业不良现象。老化过程中，若在 8 小时内出现故障，系统将通过监控界面实时显示报警信息，并安排及时维修；若出现批量不良情况，则需研发人员介入分析并解决问题。

完成上述步骤后，单元进入暂存区，随后进行功率单元高低温老化试验。试验通过后，再进行单元带载电流测试。

在变频功率单元组装完成后，需通过单元测试台对其各项技术指标进行检测，确保符合设计要求。

为进一步提升设备可靠性，防止元器件在焊接及整机组装过程中可能产生的非正常损坏或隐性故障，啸驰电气公司对功率单元整机实施带电状态下的高低温老化试验。所有检验项目均严格依据检验工艺文件执行。

功率单元老化测试台：



3.4 整机电气绝缘与耐压强度综合测试

整机组装全部完成后，设备将进入关键的电气安全与绝缘性能验证阶段。该阶段将对变频器整机系统执行全面的耐压强度测试，其测试范围覆盖所有主回路：移相变压器、功率单元模块、内部高压线路的绝缘结构与布局，以及功率单元支撑架、绝缘走线架等关键绝缘材料。

测试严格依据国际电工标准（如 IEC 61800-5-1），在规定时间内施加 28KV 工频交流测试电压，通过检测是否存在击穿、闪络、局部放电或泄漏电流超标等现象，系统评估整个电气回路在长期高电场工作环境下的绝缘可靠性和结构安全性。该测试不仅验证了各组件自身的绝缘强度，更确认了其在整机集成状态下，受线路分布、电磁场叠加及热应力综合影响后的耐受能力，是保障产品在全生命周期内安全稳定运行的核心质量管控环节。

3.5 整机耐压可靠性测试

整机装配完成后，产品将进入系统级的耐压可靠性测试环节。该测试以严格模拟实际电网波动工况为核心，重点验证设备在输入电压偏差达额定值 $\pm 10\%$ 的边界条件下，能否持续稳定输出符合设计要求的额定电压与电流，确保其在严苛供电环境中仍保持卓越的电压适应性与输出精度。同时，通过该测试同步对主回路绝缘结构、功率模块及关键电气部件的整体耐压性能进行系统性检测，全面评估各器件在长期高电场应力下的绝缘强度与安全裕度，从而保障整机在满载运行工况下的长期电气安全性与运行可靠性。

3.6 整机带载与过载能力验证测试

耐压测试顺利通过后，整机随即转入满流输出与带载能力综合测试阶段。该测试旨在系统验证设备在不同负载条件下的动态响应性能、持续带载能力及设计过载裕度。

测试将模拟从额定负载至短时过载（通常为额定电流的 110%-120%，持续规定时间）的阶梯式加载过程，实时监测并记录输出电流波形、总谐波失真（THD）、效率变化及关键功率器件（如

IGBT、整流桥、散热器）的温升曲线。通过该测试，可精确评估变频器在持续满载运行时的稳定性、瞬时过载时的电流响应能力及散热系统的有效性，确保产品在实际工况中具备可靠的负载适应性与抗冲击性能。

4、质量保障方案

为确保产品在全生命周期内实现卓越性能和可靠运行，本公司构建了贯穿供应链、生产制造、测试验证的全方位质量保障体系。该体系覆盖从物料管理到整机交付的每一个关键环节，通过标准化流程、精细化工艺和数字化管控，持续为客户提供高质量、高可靠性的产品。

4.1 智能仓储与精益物流管理

公司采用基于信息化管理的智能立体仓储系统，所有货位均设有唯一识别编码，并与企业资源计划（ERP）系统深度集成。物料入库时系统根据预设规则自动分配存储货位，出库时可通过系统实时查询并导航至相应位置，显著减少人工查找时间、降低差错率。仓库采用多层立体结构设计，在有限空间内实现物料的高密度有序存储，有效提高空间利用率，支持物料的集中化、可视化管理，为生产提供高效稳定的物料支持。

4.2 供应链协同与库存优化

公司与核心供应商建立了深度协同的供应链管理新模式，全面推行供应商管理库存与准时生产机制。目前物料占比超过 80%，这一模式大幅降低了原材料库存水平和资金占用，同时减少了仓储管理人员配置。通过供应链信息实时共享和精准配送，确保物料供应与生产节奏高度匹配，既提升了库存周转效率，又增强了生产计划的柔性。

4.3 关键器件全流程防护体系

针对 IGBT、整流桥等对静电、温湿度极为敏感的功率器件，公司建立了从存储、转运到安装的全流程防护体系。器件存储环境严格控制温湿度，采用防静电包装和专用存储设备。在安装环节，作业人员必须佩戴防静电装备，使用经过校准的专业力矩工具进行标准化安装，确保安装受力均匀可靠。所有焊接、组装作业均在防静电工作区内完成，器件周转全程使用防静电专用容器，最大限度降低静电损伤风险。

4.4 专业化生产环境控制

功率单元生产车间采用恒温恒湿设计，温度控制在 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度维持在 40-60%RH，为 IGBT、PCB 等精密电子器件提供理想的生产环境。车间地面铺设防静电地板，建立完善的接地系统，每季度进行接地电阻测试，确保静电防护系统持续有效运行。

4.5 多层次静电防护管理系统

公司建立了包括人员管理、设备防护和环境控制在内的多层次静电防护体系。所有人员进入防静电区域前必须通过静电检测门禁系统，检测合格后方可进入。关键工位配备离子风机，持续中和作业过程中产生的静电荷。操作人员全程佩戴实时监测的防静电手环，确保人体静电被有效导除，构建全方位的静电安全屏障。

4.6 精密热界面处理工艺

针对功率器件散热需求，公司制定了严格的导热界面处理标准。采用高导热系数的专业硅脂材料，并开发了基于网版印刷的精密涂覆工艺。每款功率器件都配备专用涂覆网版，确保硅脂厚度均匀、覆盖完整。该工艺实现了作业标准化，降低了对操作人员经验的依赖，保证不同批次产品散热性能的高度一致性。

4.7 科学化力矩控制标准

功率器件安装采用科学的力矩控制工艺。实施“分步紧固、对角施力”的操作规范，先使用较低力矩进行预紧，再用设定力矩完成最终紧固。所有力矩工具均建立校准档案，每周由专业人员进行校验，确保力矩精度符合工艺要求。安装完成后进行力矩抽检，保证每个连接点的可靠性和散热效能。

4.8 数字化生产过程管理

通过制造执行系统（MES）实现生产全过程的数字化管理。系统实时监控生产进度，通过可视化看板动态展示生产状态，异常情况自动报警并推送至相关负责人。建立完善的产品追溯体系，所

有关键物料信息通过条码系统记录，支持从原材料到成品的全流程追溯。系统自动生成各类质量报表，为持续改进提供数据支撑。

4.9 人性化生产线设计

生产线采用模块化、柔性化设计，充分考虑人机工程学原理。物料区、工具区和作业区合理布局，减少不必要的物料搬运和人员移动。生产线配置专业的防静电设备和人体工程学工装，既保障产品质量，又提升作业舒适度和效率。

4.10 功率单元多层次测试验证

功率单元完成装配后，需经过严格的多层次测试验证。包括基本电气参数测试、功能性能测试、局部放电测试以及热循环测试。所有测试数据自动采集并录入 MES 系统，形成完整的单元测试档案。测试不合格的单元自动进入返修流程，确保只有完全合格的单元才能进入下一生产环节。

4.11 整机系统化装配控制

整机装配在专业化的总装车间进行，采用模块化装配工艺。关键工序如功率单元安装、母排连接、控制系统集成等均制定详细的作业指导书。装配过程中严格执行力矩控制、绝缘检测和接地验证，每个装配步骤都有质量检查点，确保整机结构的可靠性和安全性。

l) 整机全方位性能验证

整机装配完成后，需经过全面的性能验证测试。包括但不限于：空载测试、满载温升测试、效率测试、保护功能测试、电磁兼容测试以及环境适应性测试。测试过程模拟实际运行工况，验证整机在各种条件下的性能表现。所有测试结果详细记录，形成完整的出厂测试报告，作为产品质量的重要依据。

通过实施上述全流程质量保障方案，公司建立了从物料到整机、从生产到测试的完整质量控制体系，确保每一台出厂产品都符合最高的质量标准和客户期望，为产品的长期可靠运行提供坚实保障。

第五章 售后支持系统介绍

1、全国服务网络

为全面构建高效、便捷的客户服务网络，我司持续推动本地化技术支持体系建设，目前已在以下十一个城市设立直属办事处：

办事处所在地	常驻人员数	核心备件库存
遂宁市安居区	3 人	生产基地
成都市锦江区	6 人	研发中心
北京市朝阳区	3 人	标准化备品备件库
唐山市迁西县	2 人	标准化备品备件库
石家庄市平山县	5 人	全系列产品备件库
揭阳市榕城区	4 人	全系列产品备件库
英德市桥头镇	2 人	标准化备品备件库
攀枝花市东区	2 人	专项备品备件库
连云港灌南县	3 人	标准化备品备件库
沈阳市和平区	2 人	标准化备品备件库

每个办事处均配备经验丰富的专职技术工程师团队，并设有标准化备品备件库，储备常用及关键零部件，确保快速响应、及时供应。我们坚持以客户为中心，依托本地化服务节点，为客户提供全方位、近距离的技术保障：

快速现场响应：工程师可就近赶赴现场，及时处理设备故障，最大限度减少停机时间；
定期巡检优化：提供设备定期检查、性能评估与运行优化服务，预防潜在问题，提升设备使用效率；

专业技术支持：随时为您解答技术疑问，提供操作指导、维护建议及相关培训；

备件即时供应：依托本地备件库，实现常用备件快速更换，缩短维修周期；

个性化服务方案：可根据客户实际运营需求，定制专项维护计划与技术支持方案。

我们始终致力于通过完善的服务网络和专业团队，为客户设备的稳定、高效、长期运行提供坚实保障。如需服务或咨询，敬请随时联系离您最近的办事处，我们将竭诚为您提供最优质、最及时的支持。

2、现场技术服务

我方现场服务人员的目的是使所供设备安全、正常投运。我方派遣合格的现场服务人员。在合作中提供包括服务人月数的现场服务计划表。如果此人月数不能满足工程需要，我方要追加人月数，且不发生费用。

现场服务计划表

序号	技术服务内容	计划人数	时间	派出人员构成		备 注
				职称	人数	
1	变频器与现场接口设计	2	1 天	工程师	2	
2	变频器与现场就位安装技术指导	1	1 天	工程师	1	
3	变频器现场调试	1	2 天	工程师	1	
4	变频器试运行监护	1	3 天	工程师	1	
5	培训技术人员	1	2 天	工程师	1	

2.1 我方现场服务人员具有下列资质：

遵守法纪，遵守现场的各项规章制度，遵守电业安全工作规程；

有强烈的责任感和事业心，按时到位；

了解合同设备的设计，熟悉其结构，有相同或相近机组的现场工作经验，能够正确地进行现场指导；

身体健康，适应现场工作的条件。我方须更换不合格的我方现场服务人员。

2.2 我方现场服务人员的职责

我方现场服务人员的任务主要包括设备催交、货物的开箱检验、设备质量问题的处理、指导安装和调试、参加试运和性能验收试验。

在安装和调试前，我方技术服务人员应向招标方技术交底，讲解和示范将要进行的程序和方法。对重要工序（见下表），我方技术人员要对施工情况进行确认和签证，否则招标方不能进行下一道工序。经我方确认和签证的工序如因我方技术服务人员指导错误而发生问题，我方负全部责任。

我方提供的生产、调试重要工序表

序号	工序名称	时间 (天)	工序主要内容	备注
1	变频器内部组装	25	变频器软启设备整套设备内部器件的安装与接线，功率单元的组装与调试、整机调试	变频器到现场的电缆、控制线和信号线由招标方负责，投标方人员完成变频器柜内设备的安装和接线

2	控制系统调试	2	检测变频器控制系统是否正常	招标方具备控制电源送电条件
3	主回路调试	2	整机空载、带载调试	具备高压送电条件
4	变频器试运行	3	变频器 72 小时连续带载试运行	保证设备具备运行条件

我方现场服务人员应有权全权处理现场出现的一切技术和商务问题。如现场发生质量问题，我方现场人员要在招标方规定的时间内处理解决。如我方委托招标方进行处理，我方现场服务人员要出委托书并承担相应的经济责任。

我方对其现场服务人员的一切行为负全部责任。

我方现场服务人员的正常来去和更换事先与招标方协商。

3、关于培训

为使合同设备能正常安装和运行，我方提供相应的技术培训。培训内容应与工程进度相一致。

培训计划和内容由我方在投标文件中列出。

序号	培训内容	计划人月数	培训教师构成		地点	备注
			职称	人数		
1	重点培训	2 人 2 天	工程师	1	具体商定	
2	普及培训	2 人 3 天	工程师	1	具体商定	

培训的时间、人数、地点等具体内容由招标方和我方双方商定。

我方为招标方培训人员提供设备、场地、资料等培训条件，并提供食宿和交通方便。

4、质保期务

4.1 质保期限

整机及全部部件：自验收投运之日起 12 个月或自发货之日起 18 个月，二者以先到为准。关键器件（功率单元、主控板、驱动板、冷却风机）同整机期限，不设缩短条款。

4.2 质保范围

在正常使用条件下，因设计、材料、制造工艺缺陷导致的性能下降或故障。质保期内出现的所有故障部件，免费维修或更换全新件。现场诊断、调试、参数恢复、固件升级不收取人工及差旅费。

4.3 不适用质保的情形

未按《高压变频器装置安装手册》、《高压变频器装置调试手册》进行搬运、安装、接线、运行及维护。超过额定参数运行（过压、过流、过载、环境温度 $>40^{\circ}\text{C}$ 、海拔 $>1000\text{ m}$ 未降额）。用户擅自改装、拆卸、更换非原厂配件或私自调整内部参数。不可抗力（地震、洪水、雷击、火灾、战争、化学腐蚀、小动物侵入）。

4.4 服务响应时效

故障等级	定义	响应时限	到场时限	解决时限
A 级（停机）	整机跳闸导致生产中断	30 min 内电话指导	省内 12 h，省外 24 h	48 h 内恢复运行
B 级（降额）	可旁路运行但性能下降	1 h 内电话指导	48 h 内到场	72 h 内排除
C 级（报警）	仅报警无停机风险	4 h 内给出方案	预约 5 天内	按约定执行

注：到场时间自用户书面确认可以进场起算；需吊装的情况用户负责完成安全条件。

4.5 质保期内例行服务

4.5.1 开机调试：设备到场后 7 天内工程师到场，完成全套调试、带载试运行 4 h，交付《调试报告》。

4.5.2 首次巡检：投运 30±5 天，免费上门检测变频器温升、记录运行参数等。

4.5.3 半年度保养：每运行 2500 h 或 6 个月（先到为准）进行一次深度保养：功率单元电容容量测试、均压电阻阻值测量；控制板防尘清洗、风扇转速测试、光纤功率检测；出具《保养记录表》，用户签字存档。

4.5.4 年度固件升级：质保期内若有新版控制软件，工程师免费上门升级并备份参数。

4.5.5 备件保障：专用备件库：在设备生产地、全国六大区域中心库各储备≥整机数量 10% 的关键模块，确保 4 h 内出库。先行替换：故障功率单元重量<35 kg 的，采用“先寄后修”模式：收到故障件同时发出良品，用户零等待。备件条码追溯：所有更换部件均贴有唯一序列号，质保期自更换之日起重新计算 12 个月。

4.5.6 技术支持通道：7×24 h 400 技术支持热线：400-888-0997；专用服务邮箱：mar@schorch-convert.com。

4.5.7 文档与培训：随机提供纸质及电子版《高压变频器装置安装手册》、《高压变频器装置调试手册》等。调试期间现场培训≥2 人次、时长≥4 h，内容：日常操作、故障读取、更换单元步骤。质保期内用户可申请一次免费工厂深度培训（差旅用户自理），含功率单元拆解、电容测试实操。

第六章 分行业综合节电落地解决方案

啸驰电气依托全国数百个长期运营改造项目积累，针对各行业工况、生产特性，定制成套节能方案，配套 EMC 等节电服务模式落地。

1、冶金行业（烧结、炼铁、炼钢、热轧、制氧）

核心负载：高炉鼓风机、烧结主抽风机、炼钢一次风机、热轧除鳞泵、氮氧压缩机；

行业痛点：设备功率 5000kW 以上、24 小时连续运行，停机直接停产，启动冲击大；

服务方案：大功率空冷、水冷高压变频+双机热备系统，配套 EMC 节能分成；

2、化工行业（精细化工、煤化工、石油化工、大宗化工原料生产）

核心负载：工艺空压机、循环冷却水大功率水泵、精馏塔引风机、废气脱硫引风机、化工离心压缩机、反应釜配套大功率输送泵

行业痛点：大功率高压负载，24 小时不间断连续运行，装置联锁性强，现场多粉尘、多腐蚀、高湿高温环境。

服务方案：大功率空冷、水冷高压变频 + 双机热备系统，配套 EMC 节能分成；

3、热电行业（火力发电、热电联产、集中供热、垃圾焚烧发电、生物质发电）

核心负载：锅炉一次风机、二次风机、引风机、高压给水泵、热网循环泵、脱硫脱硝引风机、大型凝结水泵

行业痛点：大功率高压设备，连续运行，无停机窗口期。

服务方案：大功率空冷、水冷高压变频 + 双机热备系统，配套 EMC 节能分成；

4、水泥、矿山行业

核心负载：窑炉风机、主抽风机、长距离皮带运输机；

行业痛点：矿区电网薄弱，多电机同步出力不均；

服务方案：N+X 冗余变频 + 多机主从控制，适配恶劣粉尘工况，长期运维托管保障稳定运行。

5、石油油气行业

核心负载：油田抽油机、输油注水泵；
行业痛点：野外电网不稳定，离网油井供电成本高；
服务方案：变频软启动降低冲击，搭配光伏 + 储变一体系统，实现自发自用，综合节电 20%-40%。

6、市政污水处理行业

核心负载：生化曝气风机、提升泵、污泥泵、除臭风机；
行业痛点：曝气耗电占全厂 60%-80%，停电造成污泥上浮、出水超标罚款；
服务方案：高压变频 + 溶解氧 DO 闭环控制，关键曝气设备配套储变一体系统应急保电；
运营优势：大量乡镇、城市污水厂 EMC 合作案例，按月度出水、能耗数据结算分成，无需水厂财政一次性投入。

7、造纸行业

核心负载：真空真空泵、烘房排湿风机、磨浆机、循环水泵；
行业痛点：真空泵持续高耗能，电网波动停机造成纸幅粘连报废；
服务方案：大功率变频调速降低空转损耗，关键产线配置储能应急供电，峰谷套利降低电费支出。

第七章 项目全流程节电服务落地体系

作为专业节电服务商，啸驰电气建立标准化六步项目落地运营流程，覆盖改造前、改造中、改造后全周期，保障节能收益稳定兑现：

1、前期能源审计评估

专属节能工程师上门，采集企业 1-3 年电费账单、设备运行台账、全年负荷曲线，免费出具《能耗诊断与节能收益测算报告》，明确预期节电率、投资回收周期、EMC 分成方案；

2、定制化方案设计

结合车间工况、电网条件、生产连续性要求，匹配风冷 / 水冷变频、储变一体设备，配套旁路、闭环、储能应急配套设计；

3、成套设备定制生产

自有生产基地按需定制大功率设备，全流程质检、72 小时满负荷老化测试出厂；

4、现场工程施工与调试

自有持证工程、调试团队，错峰施工不影响企业正常生产，完工出具第三方电能检测、节能基线报告；

5、长效运营与远程监控

自愿接入啸驰云智控平台，24 小时实时采集用电量、节能量、设备运行状态；每年 2 次上门预防性巡检，7×24 小时故障响应，保障设备长期高效；

6、月度节能量核算结算（EMC 项目核心运营环节）

每月协同企业核对电表数据，第三方机构佐证节能量，出具月度节能结算单，按合同完成收益分成，全套财务、审计资料齐全，满足企业财务、税务、技改补贴申报要求。

第八章 节能改造真实经济与环保量化成效

1、直接电费节约收益

啸驰电气已落地全部改造项目平均节电区间 12%~40%；
单台 4000kW 高炉风机年节电超 330 万度；
单套 90kW 储变一体系统综合投资回收期约 3 年，设备 15 年生命周期后 12 年持续纯节电收益，单套累计创效 300 万元以上；
公司在线运行节能项目累计节约电量已超 4.2 亿度，为合作企业大幅压降用电成本。

2、附加综合降本收益

2.1 机械损耗下降：软启动消除冲击，电机、风机、减速机大修周期延长一倍，维修费用减半；

2.2 无功电费减免：整机功率因数 ≥ 0.99 ，取消无功补偿装置投入，减免力率罚款；

2.3 停产损失规避：储变一体应急供电、低电压穿越功能，单次停电即可挽回数万至数十万原料报废、环保罚款；

2.4 政策补贴红利：全套设备、EMC 项目资料齐全，可协助企业申报工业节能技改、双碳专项补贴。

3、碳减排价值

按每度电对应 0.7kg 二氧化碳减排核算，公司服务项目每年助力工业企业减碳近 30 万吨，帮助企业完成 ESG、碳配额考核，适配绿色工厂、低碳园区申报。

第九章 技术迭代与节能服务长期规划

1、产品技术升级：持续迭代数字孪生云智控系统，实现设备预测性维护，从故障事后维修转为提前预警，进一步降低运维成本；拓展更大功率水冷变频、大容量储能一体化机型，适配大型新建、技改项目；

2、服务体系升级：扩大 EMC 节能投资规模，拓展园区综合能源托管、光伏 + 储能 + 变频一体化总包业务；

3、行业深耕：持续完善冶金、水务、造纸、油气细分行业标准化节能方案，沉淀更多可复制、可量化运营样板项目；

4、产业使命：以先进变频与储能硬件为载体，以全流程节电服务为核心，持续为工业企业降电费、保生产、减碳排放，做国内领先的大功率综合节能解决方案服务商。

服务热线：400-8880997

企业官网：www.schorch.com.cn

总部地址：四川省遂宁市安居经济开发区安东大道 20 号