

发电机定冷水水中氢安全监测

【发电机定冷水水中氢安全监测系统】

【便携式高精度氢泄漏检测仪】

【发电机漏氢检测服务】



INNOVATE
COOPERATION
WIN-WIN



武汉敢为科技有限公司

地 址：湖北省武汉市洪山区书城路36号 中国三峡武汉科创园(洪山)B栋9楼

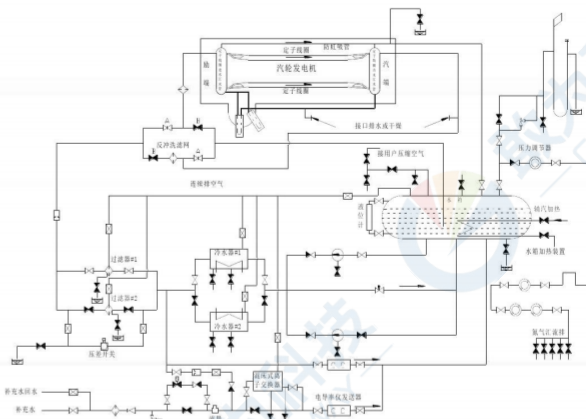
电 话：027-88774990

官 网：www.gw-laser.com

一、应用背景

1.1 发电机定冷水系统介绍

水-氢-氢冷发电机采用水内冷和氢内冷的双重冷却方式，定子绕组采用水内冷，转子绕组和铁芯绕组采用氢内冷。水从固定端进入发电机定子冷却水水环，在全周方向上流经定子线圈中心孔，至扩建端出水水环汇集，然后回水至定子水箱。氢气由装在转子两端的风扇强制循环，并通过设置在定子机座上部的氢气冷却器进行冷却。发电机定冷水系统是用于冷却发电机定子线圈的系统，通过循环流动的冷却水来降低定子线圈的温度，以保证发电机的安全运行。该系统主要由定子冷却水箱、定子冷却水泵、定冷水冷却器、定子水滤网、离子交换器、导电度仪等设备组成，并通过相关的管道和流量控制开关、阀门来确保系统的正常运行。



1.2 安全隐患及危害

发电机定冷水系统漏氢隐患主要涉及到发电机内部定冷水系统泄漏时，氢气从发电机内漏至定冷水系统，造成定冷水水箱压力升高而自动从排氢回路排出，进而影响发电机的安全、稳定、经济运行。这种泄漏不仅可能导致氢气湿度过大或发电机进水、进油，损坏发电机定、转子绕组绝缘，严重时还可能引发相间或对地短路事故。此外，漏氢还会导致运行成本高、消耗氢气过多、补氢操作频繁，增加运行成本。更为严重的是，发电机系统可能着火、爆炸，造成设备严重损坏、人员伤亡的事故。因此形成一种本质安全、能够及时发现氢气泄漏并能快速定位漏点的氢气泄漏可视化检测方法十分必要。

近年来氢爆事故案例

- ◆ 2018年11月12日，辽宁某电厂1号发电机组发生爆炸，造成直接经济损失过亿元。
- ◆ 2022年2月14日，广东某电厂4号发电机发生氢气外泄爆燃，造成2名工作人员轻微灼伤，所幸未造成大的财产损失。
- ◆ 2022年3月14日，台湾新竹新桃电厂发生氢气爆炸事故，共造成直接经济损失3亿多新台币（6600多万人民币），造成当地2000多户停电。
- ◆ 2023年6月8日广东某电厂1号机组在基建调试期间发生氢爆燃，造成部分设备损毁。
- ◆ 2023年7月12日山东某电厂1号汽轮机组引发氢爆炸，造成设备损坏。



1.3 行业规定

1) 国家能源局《防止电力生产事故二十五项重点要求》2023版第10.7.1.3条明确规定加装气体流量表的机组，应定期记录流量表的示数，并对单位时间内增量进行趋势分析。当单位时间内增量明显增大时，应首先排除保护气体、水温或水位变化等因素的影响，实际增量超出制造厂规定值时，应安排消缺或停机。制造厂未做规定时按照以下标准执行：漏氢量达到 $0.3\text{m}^3/\text{d}$ 时应在计划停机时安排消缺，漏氢量大于 $5\text{m}^3/\text{d}$ 时应立即停机处理。

2) 国家能源局《防止电力生产事故二十五项重点要求》2023版第10.7.1.4条明确规定有条件时开展水内溶解氢量检测(或监测)，通过与同类机组及历史数据比较或计算等效漏氢量，判断是否存在漏氢缺陷。

防止电力生产事故的二十五项重点要求

(2023版)

10.7.1.3 加装气体流量表的机组，应定期记录流量表的示数，并对单位时间内增量进行趋势分析。当单位时间内增量明显增大时，应首先排除保护气体、水温或水位变化等因素的影响，实际增量超出制造厂规定值时，应安排消缺或停机。制造厂未做规定时按照以下标准执行：漏氢量达到 $0.3\text{m}^3/\text{d}$ 时应在计划停机时安排消缺，漏氢量大于 $5\text{m}^3/\text{d}$ 时应立即停机处理。

10.7.1.4 有条件时开展水内溶解氢量检测(或监测)，通过与同类机组及历史数据比较或计算等效漏氢量，判断是否存在漏氢缺陷。

国家能源局
二〇二三年三月

3) 2020年01月01日实施的《发电机定子冷却水漏氢量检测技术规程》(T/CEC279-2019)第4.2.5条明确规定:当发电机定子冷却水泵出口溶解氢含量大于60 $\mu\text{g/L}$ 时,定子冷却水系统有氢气泄漏的风险。发电机定子冷却水系统漏氢量宜通过测量系统进出口溶解氢浓度计算获得,漏量达到0.3 m^3/d 时应在计划停机时安排消缺,漏氢量大于5 m^3/d 时应立即停机处理。

4.2.5 指标要求

当发电机定子冷却水泵出口溶解氢含量大于 60 $\mu\text{g/L}$ 时,定子冷却水系统有氢气泄漏的风险。发电机定子冷却水系统漏氢量宜通过测量系统进出口溶解氢浓度计算获得,漏氢量达到 0.3 m^3/d 时应在计划停机时安排消缺,漏氢量大于 5 m^3/d 时应立即停机处理。

1.4 行业痛点

近年来,因考虑市场需求、电力系统稳定性、能源效率、设备寿命、经济效益和环保效益等多方面因素,对电厂发电机组进行深度调峰。在深度调峰的情况下,发电机负荷变化频繁,导致定子铁心、线圈、槽内和端部支撑部件的温度变化较大。由于金属和绝缘结构件材料性能各异,热膨胀系数和导热系数相差较大,温度波动会导致形变差异,进而加大结构间的应力,导致焊接部位的松动,从而产生氢泄漏点。发电机组在氢气/定冷水界面产生漏点,就会产生接触电阻,在大电流作用下产生巨热,渗漏点可能急速扩大,水进入发电机内。因为运行中机组氢压高于水压,所以如果水电界面刚产生渗漏点时,氢气会漏入水中,随漏点的扩大,水中的溶解氢含量也会越高,因此监督定冷水中溶解氢含量的变化可以判断渗漏点的大小及发展趋势,便于专业技术人员和运行人员提前采取对应的措施,及时停机处理,防止发电机烧毁恶性事故发生。

1.5 现有监测方法对比

监测方式	存在的问题	检测级别	实物图
定冷水箱顶部安装漏氢报警仪	报警仪测量范围为百分浓度值,主要起到防爆作用,不能监测到微小渗漏。	10^{-2} (0-20%)	
测量水箱排出氢气的百分浓度及体积,计算漏氢量	水箱顶部氢气浓度只有达到百分比浓度才能测量准确,并不能真实反映定冷水中的漏氢量。	10^{-2} (%)	
风压、水压试验	只能检测到较大的渗漏,不能监测到微小渗漏。	10^{-2} (%)	
采用补氢量来衡量渗漏大小	发电机漏氢分为内漏和外漏,漏氢场景很多,通过补氢量并不能体现水电界面渗漏的情况。	10^{-2} (%)	
发电机定冷水水中溶解氢在线监测系统	前期投入大。	10^{-6} (0-2000 $\mu\text{g/L}$)	

二、发电机定冷水水中氢安全监测系统

2.1 产品概述

GW-6070 发电机定冷水水中氢安全监测系统，是我司深度融合电力行业发展需求而研发的创新技术产品，该系统融入AI算法与机器学习技术，严格遵循国际电工委员会（IEC）标准及中国电力行业相关标准进行设计。

【智能感知，精准监测】系统采用了专利气液分离技术和热导检测技术（TCD），结合AI算法优化，可实现对水中溶解氢的超痕量精准检测。特别适用于电力氢冷型发电机局部区域的痕量氢监测，能够在氢气泄漏超标的情况下及时发出报警信号。

【智能诊断，预警未来】结合机器学习算法，系统能够自学习和识别故障特性气体氢气的模式，及时捕捉氢冷型发电机潜在的故障信息并迅速进行智能诊断，科学指导发电机设备的运行与维护，有效预防事故的发生，降低重大损失，大幅提升设备运行的安全性与可靠性。

【智能校准，确保精准】设备内置智能法拉第校准装置，支持现场即时校准，确保长期监测的准确性。借助AI算法的辅助，校准过程更为高效、精准。

本产品可广泛应用于电厂、制氢站房等需要对漏氢含量进行监测和报警的场所，对于需要严格监测和报警漏氢含量的环境，提供了一种智能化、高效率的解决方案。



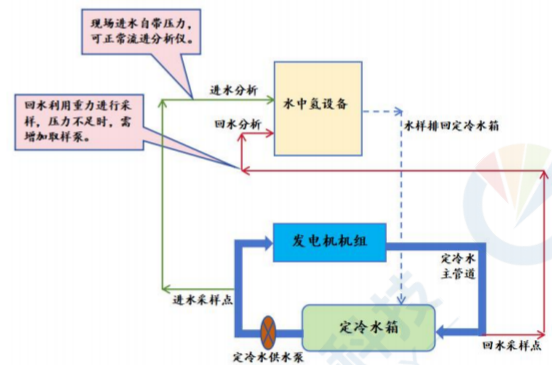
2.2 原理介绍

■ 系统原理

定冷水从励端进入发电机，冷却线棒后从汽端回到定冷水箱，经水泵输送，经冷却后再从励端进入，汽端返回，依次循环。如果转子外壁或者接头有漏点，由于氢压高于水压，氢气会漏入定冷水并溶解在水中，发电机汽端冷却水母管中的溶解氢含量会高于励端母管中的溶解氢含量，而且两者的差值既直观反映了渗漏点的大小，也代表了氢气漏入定冷水的漏氢量。基于以上原理，分别在发电机励端进水母管和汽端出水母管取出水样，同时测量水中的溶解氢含量，仪表测量信号送入数据处理器进行处理和计算，在线监督渗漏点的大小及发展趋势，提前预判发电机定冷水漏氢风险，防止事故的发生。

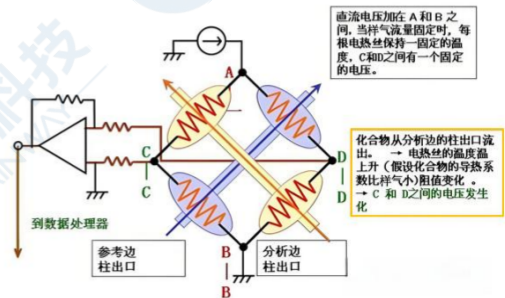
■ 检测原理

热导检测（TCD）是一种广泛应用于气体分析的检测方法，其工作原理是基于不同气体具有不同的热导率。检测器主要由热敏元件、电路和管路系统组成。热敏元件通常采用热丝，绝缘地安装在金属管体中。工作时，恒定的直流电流通过热丝加热，使其温度保持恒定。被测气体通过热丝时，会带走热量，由于不同气体具有不同的热导率，被测气体流过热丝时会改变热丝的散热条件，导致热丝温度和电阻值发生变化。这种变化通过连接在惠斯顿电桥线路中的热丝元件，引起电桥平衡状态的改变，从而输出一个电压信号。这个信号与被测气体的浓度成正比，这是在线溶解氢定量检测的基础。



① 系统检测示意图

TCD (热导检测)



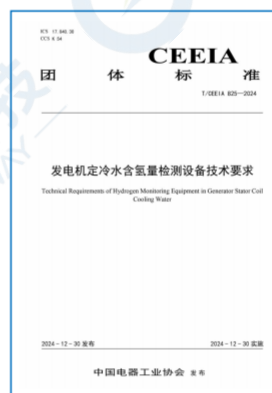
② 检测原理示意图

2.3 技术指标

发电机定冷水水中氢安全监测系统			
测量介质	发电机定冷水	温度影响	±2%
测量范围	0-2000μg/L	电压影响	±2%
测量精度	≤0.1μg/L	氧气干扰	±2%
重复性	≤1.5%	系统气密性	15min内压降不大于试验压力的2%

2.4 产品特点

- 联合多家能源行业科研院所，牵头制订《发电机定冷水含氢量检测设备技术要求》标准；
- 国家发明专利产品；
- 采用热导法检测，实现精度可达 **0.1μg/L** 的超低浓度检测；
- 检测与采样一体化设计，集成度高，安装方便，占地面积小；
- 自带校准装置，免维护，使用寿命长；
- 漏氢量实时在线监测，精准捕捉漏氢从量变到质变的过程；
- 综合专家诊断系统提供小时 / 日 / 月数据报表和趋势研判报告，消除漏氢隐患。

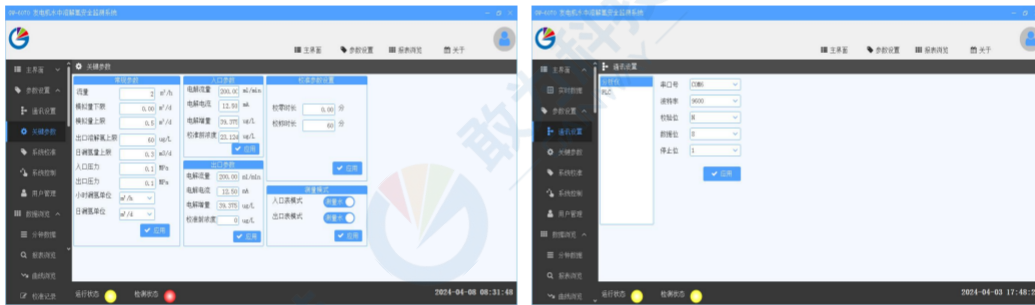


《发电机定冷水含氢量检测设备技术要求》标准-参编单位

武汉敢为科技有限公司【起草单位】	江苏方天电力技术有限公司
华电电力科学研究院有限公司	中广核核电运营有限公司
国能南京电力试验研究有限公司	国家能源集团科学技术研究院有限公司成都分公司
华能（上海）电力检修有限责任公司	国家电投集团科学技术研究院有限公司
山东电力工程咨询院有限公司	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司
中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华东电力试验研究院	中核核电运行管理有限公司
国家电投集团铝电投资有限公司宁东铝业分公司	中核运维技术有限公司
福建大唐国际宁德发电有限责任公司	南京安广电力设备有限公司
华润电力登封有限公司	浙江大唐国际绍兴江滨热电有限责任公司
江苏核电有限公司

2.5 软件操作

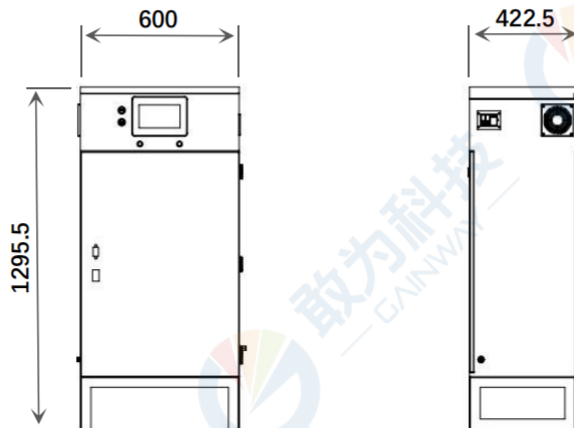
▶ 监测界面 ◀



2.6 外形尺寸及重量

尺寸：长×宽×高=600mm×422.5mm×1295.5mm；

重量：约50kg



三、便携式高精度氢泄漏检测仪

3.1 产品概述

便携式高精度氢泄漏检测仪是一款专为水中溶解氢或空气中氢浓度检测设计的精密仪器，采用国际领先的热导检测传感技术实现高精度测量，可快速测定水体中的溶解氢含量。其检测范围覆盖 0 - 2000 $\mu\text{g/L}$ （水中溶解氢），0 - 100% vol（空气中氢）的工业标准区间，测量误差不超过 $\pm 2\%$ FS。仪器采用航空级铝合金外壳，整机重量较轻，便于携带，特别适用于发电厂现场检测、新能源制氢 / 储氢等应用场景，能快速检测水中氢含量或泄漏到空气中氢浓度，为关键设备安全稳定运行提供保障。



3.2 产品特性

- 快速响应：无需预热，移动便携，支持连续监测模式
- 智能补偿：内置温度/盐度自动校正算法，提升数据准确性
- 长效续航：锂电池支持长时间连续工作，支持外接电源
- 数据互联：通过蓝牙实时传输至手机APP，自动生成检测报告

3.3 技术参数

便携式高精度氢泄漏检测仪			
测量介质	0-100%vol（空气介质） 0-2000 $\mu\text{g/L}$ （水介质）	环境湿度	0-95%RH, 非凝结
检测误差	$\leq 2\%$ FS	通讯方式	蓝牙、RS-485/232
重复性	$\leq 1.5\%$	供电方式	锂电池DC24V
采样方式	抽取式	续航时间	$\geq 8\text{h}$
样品温度	水介质：0-80 $^{\circ}\text{C}$ 空气介质：0-50 $^{\circ}\text{C}$	外观尺寸	568mm \times 300mm \times 261mm
样品流量	水介质：100-300ml/min 空气介质：500-800ml/min	重量	10kg
环境温度	5-45 $^{\circ}\text{C}$		

产品选型

产品名称	发电机定冷水水中氢安全监测系统		便携式高精度氢泄漏检测仪		定冷水水中多元素监测系统
产品型号	 GW-6070 专业版	 GW-6071 基础版	 GW-6072P 轻量专业版	 GW-6072B 轻量标准版	 GW-6073 旗舰版
工作方式	连续在线式		便携式		连续在线式
测量因子	水中氢气		水中氢气、空气 中氢气	水中氢气	水中氢气、pH值、电导率、溶解氧
检测原理	热导检测		热导检测		热导检测、极谱电极、离子选择性电极、双电极
测量通道	双通道	单通道	根据需求选定		双通道
检测量程	0-2000μg/L		0-100%vol (空气介质) 0-2000μg/L (水介质)	0-2000μg/L	溶解氢: 0~2000μg/L 溶氧量: 0~100μg/L pH: 0~14 电导率: 0~20μS/cm
测量精度	≤0.1μg/L		≤2%FS		溶解氢: ≤0.1μg/L 溶氧量: ±0.3mg/L(饱和水); 零氧水: ≤2μg/L; pH: ±0.1 pH电导率: ±5μS/cm
重复性	≤1.5%				溶解氢: ≤1.5%; 溶氧量: ≤0.2mg/L(饱和水); 零氧水: ≤0.5μg/L; pH: ≤0.1 pH电导率: <0.5μS/cm
显示功能	高清7寸彩色触摸屏			高清10寸彩色触摸屏	
系统语言	中文/英文可切换				
有线通讯接口	RS485/RS232/模拟量/TCP		RS485/RS232		RS485/RS232/模拟量/TCP
无线通讯	4G、WiFi		蓝牙		4G、WiFi
操作方式	触摸屏操作、远程操作		触摸屏操作		触摸屏操作、远程操作
自动标定	具备		手动		具备
防护等级	IP65				
工作温/湿度	5°C~45°C, 0-95%RH				
使用寿命	10年以上				

四、发电机漏氢检测服务

服务对象

精准检测，安全先行



电力行业



发电厂



工业设备维护部门

服务内容

实时监测 + 数据分析 + 预警与报警 + 检测报告 + 维修建议

发电机定冷水系统作为定子绕组的冷却关键，若发生氢气泄漏，不仅会导致冷却效率下降、设备过热老化，更可能因氢气聚集引发爆炸风险，严重威胁电厂安全与运行稳定性。

派遣专业团队携带自主研发的高精度氢泄露检测仪抵达现场，采用国际领先的热导检测传感技术实现高精度测量，可快速检测定冷水中的溶解氢含量。

上门检测

维修建议

提供针对性的后续建议，形成从检测到解决问题的服务闭环，助力电厂有效防范漏氢风险，保障发电机安全稳定运行。

通过检测服务可精准搜寻出漏氢点并生成详细数据

数据分析

权威报告

基于检测结果进行全面分析，包括漏氢程度评估、风险等级判定等

■ 服务特点

为您的电厂安全保驾护航

高精度检测：采用先进的检测设备，能够检测到极低浓度的氢气，确保检测结果的准确性。

实时监测：能够实时监测发电机定冷水、氢冷器冷却水中的氢气浓度变化，及时发现潜在的泄漏风险。

智能预警：当监测到氢气浓度异常时，系统会自动发出预警信号，提醒运行人员及时采取措施进行处理。

快速响应：提供 24 小时在线服务，快速响应客户需求。

专业团队：拥有一支经验丰富的技术团队，提供全方位的技术支持。

易于操作：监测装置通常采用智能化设计，操作简单方便。

成本效益：相较于购买昂贵的水中氢设备，我们的检测服务更加经济实惠。

■ 服务流程

为您提供专业、细致的服务



■ 服务特点

精度更高 + 结果更准 + 服务更优 + 专业更强

·精度更高

依托光学传感技术实现 $0.1\mu\text{g/L}$ 级检测，可捕捉定冷水中极微量氢含量变化，精准识别潜在漏氢风险。

·结果更准

通过抗干扰算法与标准化检测流程，结合行业规范校准数据，确保检测结果更准确，为风险判定提供可靠依据。

·服务更优

由资深技术团队携带设备上门服务，不仅能完成现场检测，还可基于数据生成漏氢程度分析、风险等级评估及针对性维护建议，形成全流程专业支持。

·专业更强

作为《发电机定冷水含氢量检测设备技术要求》标准的起草单位，拥有更权威的技术实力和认证。

■ 案例介绍

• 案例1 【某电厂#1 百万千瓦发电机组】

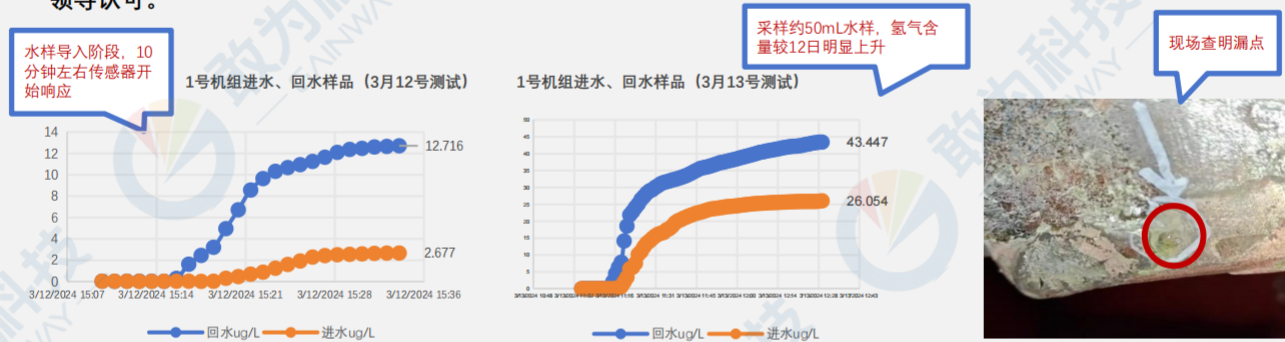
案例背景：2024年3月，公司受大唐中南院邀请参加针对某电厂#1 百万千瓦发电机组技术监督检查工作。

试验结果：

3月12日，通过水样分析，回水水路中的氢含量达到**12.716 $\mu\text{g/L}$** ，进水水路氢含量为**2.677 $\mu\text{g/L}$** 。初步判断该发电机组有漏氢情况发生。

3月13日，通过水样分析，回水水路中的氢含量达到**43.447 $\mu\text{g/L}$** ，进水水路氢含量为**26.054 $\mu\text{g/L}$** 。判断该发电机组有漏氢情况发生，并且通过氢可视胶布查明漏点。

该数据经大唐中南院专家认定，数据有效，具有参考价值，能够作为判断依据。该结论上报电厂领导，获得电厂领导认可。



• 案例2 【江西大唐某电厂】

项目基于该电厂自身能源与发展要求，采样了相较于传统监测方法而更有优势的定冷水水中溶解氢在线监测系统的方法。采用发电机水中溶解氢安全监测系统，实现对电厂冷却水中氢气的实时监测和预警，提高电厂的安全运行水平。

该项目的实施，不仅是对电厂现有监测技术的升级改进，更积极推动产业升级。通过对定冷水系统中冷却水的实时监测和预警，提前预警是否有氢内漏，提高电厂的安全运行水平。该项目的成功实施也为其他电厂提供有益的借鉴和参考依据，推动整个电力行业的技术进步和产业升级。



• 案例3 【广东大唐某电厂】

项目基于该电厂的安全生产需求、技术进步推动以及环保和能效要求，采用发电机水中溶解氢安全监测系统，提升发电厂的安全生产水平和环保能效水平，为公司的可持续发展提供有力支持。

发电机水中溶解氢安全监测系统实时、连续地监测水中氢含量，为发电厂提供及时、准确的数据支持，让发电厂能够更精确地控制水质，优化运行参数，从而提高发电效率和降低运行成本。



武汉敢为科技有限公司

Wuhan Gainway Technology Co., Ltd.

“感知能源安全，赋能低碳未来”

武汉敢为科技有限公司（以下简称“敢为科技”）成立于2013年，总部位于武汉光谷，是一家专注于高精度光学传感器研发与人工智能诊断技术深度融合的国家高新技术企业。

公司以“感知能源安全，赋能低碳未来”为使命，致力于提供软硬件一体化的设备运行安全状态监测及智能预警解决方案，覆盖双碳目标下的火电、风电、光伏、储能、核电及电网等关键场景，助力行业实现安全高效运行与可持续发展。

作为省级专精特新企业，目前敢为科技已拥有自主知识产权的各类专利110余项，软件著作权70余项，主导制定多项行业标准。

未来，公司将持续深耕光学传感器高精度、微型化、AI模型轻量化及多源数据融合技术，推动能源设备运维从“计划性检修”向“预测性维护”跃迁，助力双碳目标与智慧能源的安全转型，为全球能源体系的安全低碳转型提供中国创新方案。



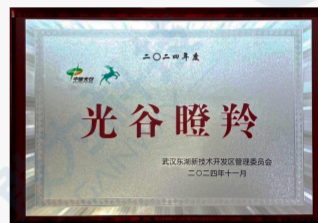
武汉·公司总部



武汉·江夏基地



江苏盐城·分公司



(更多资讯，详见官网)