

基于DL/T 677-2018 发电厂在线化学 仪表检验规程的在线仪表验证及校验 “VZOR”品牌系列标准表在发电厂的应用 整机校准及验证工具

北京德尔斐科技发展有限公司
刘均平 13501076747
2025年3月

标准DL/T677-2018介绍

DL/T 677—2018

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。本标准对 DL/T 677—2009 修订的主要技术内容包括：

- 增加了水样流动检验法的定义。
- 修改了各类在线化学仪表的技术要求。
- 修改了各类在线化学仪表整机误差检验原则、整机误差计算公式和技术要求。
- 删除了部分在线化学仪表的检验项目。
- 根据修订内容对相关附录和表格进行修改。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会（DL/TC13）归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、大唐陕西发电有限公司、国网电力科学研究院有限公司技术信息中心。

本标准主要起草人：曹杰玉、刘玮、张维科、李俊菀、潘璐、晁小梅、张志军。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- DL/T 677—1999、DL/T 677—2009。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京三里河路67号，100761）。

DL/T 677—2018

发电厂在线化学仪表检验规程

1 范围

本标准规定了发电厂在线电导率、pH、钠离子、溶解氧和硅酸根仪表的技术要求、检验条件及检验方法等内容。

本标准适用于发电厂上述在线化学仪表新购置时的验收检验和运行期间的测量检验。实验室化学仪表可参照本标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 6903 锅炉用水和冷却水分析方法 通则
- GB/T 12148 锅炉用水和冷却水分析方法 全硅的测定 低含量硅氢氟酸转化法
- GB/T 12149 锅炉用水和冷却水分析方法 硅的测定 钼蓝比色法
- GB/T 13966 分析仪器术语
- GB/T 27501 pH 测定用缓冲溶液制备方法
- DL/T 913 火电厂水质分析仪表质量验收导则
- JJG 119 实验室 pH（酸度）计检定规程
- JJG 291 覆膜电极溶解氧测定仪检定规程
- JJG 376 电导仪检定规程
- JJG 757 离子计检定规程

概念说明

- ◎ 在线化学仪表online chemical instruments
- ◎ 水样流动检验法online checking
- ◎ 误差error
 - > 工作误差operating error
 - > 示值误差error of indication
 - > 应用误差fiducial error
 - > 二次仪表应用误差display device fiducial error
 - > 温度补偿附加误差Temperature compensation additional error
 - > 零点误差Zero error
- ◎ 稳定性及重复性
- ◎ 标准物质

在线化学仪表的校验及验证

- 用于检验纯水系统的在线化学仪表的标准仪表和装置（标准电导率表，标准氢离子交换柱，标准pH表，流通PH、钠，溶解氧标准水样制备装置）应经过电厂化学仪表一级实验室溯源达到合格
- 针对于目前发电厂在线化学仪表的不同测点、不同测量参数的验证及校准提出了具体要求：使用便携式标准仪表，采用在线水样流动法检验及校准在线化学仪表

国标中规定的使用水样流动检验法的校验参数

- ① 1、电导率
- ② 2、PH
- ③ 3、溶解氧
- ④ 4、钠离子

1、在线电导率

- 发电厂不同位置的水的电导率测量范围是不一致的（具体参考不同锅炉控制指标）
 - > 原水来电导率：高电导率
 - > 给水：（超）纯水
 - > 炉内、凝结水、精处理、补给水：纯水（加了各种药）

国标DL/T 677-2018要求

- 对于水样电导率 $<0.30\mu\text{s}/\text{cm}$ 的水样，应采用水样流动法检验整机工作误差
- 对于水样电导率 $>0.3\mu\text{s}/\text{cm}$ 的水样，宜采用水样流动法检验整机工作误差，也可采用静态标准溶液离线检验法检验整机引用误差

**标准推荐均为水样流动法检验整机工作误差。

如何实现水样流动法检验整机工作误差

标准建议如下检验SC（比导）/CC(氢导)

DL / T 677 — 2018

对于测量直接电导率的仪表，按图 1 将标准表的电导池就近与被检表的电导池并联（或串联）连接，水样为被检表正常测量时的水样；对于测量氢电导率的仪表，按图 2 将标准表的电导池和被检表的电导池分别连接在标准氢交换柱和在线氢交换柱后，水样为被检表正常测量时的水样。水样的流速按照要求调整至符合表 2 的规定条件，并保持相对稳定。被检表和标准表测量值稳定后，精确读取被检表电导率示值（ κ_j ）与标准表电导率示值（ κ_{sb} ），并记录标准表的温度示值。检验数据的记录格式见附录 C 中的表 C.1。

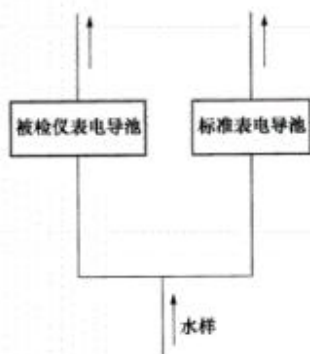


图 1 电导率表整机工作误差检验示意图

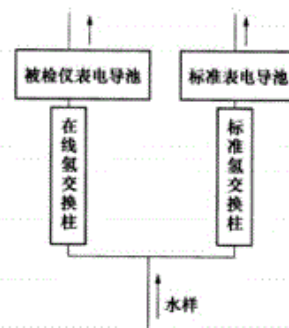


图 2 氢电导率表整机工作误差检验示意图

整机工作误差计算方法见式（1）。

$$\delta_G = \frac{\kappa_j - \kappa_{sb}}{\kappa_{sb}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_G —— 整机工作误差，%；

κ_j —— 被检表电导率示值， $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；

κ_{sb} —— 标准表电导率示值， $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

注：如果水样电导率不稳定，则使用能够连续产生稳定低电导率水样的装置产生稳定电导率的水样，水样电导率应小于 $0.30\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

需要的检验工具：标准电导表

◎ 标准电导表Mark-603

- > 一台仪表可以测量比导SC及氢导CC
- > 适用于（超）纯水，纯水（不同离子介质）电导率测量
- > 完全便携，带离子交换柱，可以自由测量参数
- > 适合水样流动法校准在线仪表/现场只需要连接水样即可测量



2、在线PH表

- ◎ 整机误差校验要求：

- > 水样电导率 $>100\mu\text{s}/\text{cm}$ ：采用静态标准溶液离线检验法
- > 水样电导率 $<100\mu\text{s}/\text{cm}$ ：水样流动检验法

国标DL/T 667-2018要求:采用水样流动检测法进行整机误差在线检验 (电导率<100us/cm的水样)

- 方法1：给水，凝结水，蒸汽水样PH
- 方法2：炉水/内冷水

6.4 整机误差检验

6.4.1 检验原则

对于测量水样电导率值不大于 100 μ S/cm 的在线 pH 表，应采用水样流动检验法进行整机工作误差

DL/T 677—2018

的在线检验。对于测量水样电导率值大于 100 μ S/cm 的在线 pH 表，采用静态标准溶液离线检验法进行整机示值误差检验。

6.4.2 整机工作误差检验（水样流动检验法）

整机工作误差检验（水样流动检验法）可分为方法 1 和方法 2，方法 1 用于检验测量给水、凝结水和蒸汽水样的 pH 表；方法 2 用于检验测量炉水、内冷水的 pH 表。

方法 1：将在线表测量水样分别引入标准表传感器入口和在线表传感器入口，水样的流速按照要求调整至符合表 5 的规定条件，并保持相对稳定。待仪表示值稳定后，记录标准表示值 B_2 和被检表的示值 S_i 。

方法 2：利用流动标准水样制备装置产生标准水样，其电导率应在被检表运行期间所监测水样的电导率范围内。将标准水样接到标准 pH 表传感器入口，标准 pH 表传感器出口接入被检表的传感器。待仪表示值稳定后，记录标准表示值 B_2 和被检表的示值 S_i 。

整机工作误差的计算按式（12）进行。记录格式见附录 F 中的表 F.1。

$$\delta_0 = S_i - B_2 \quad (12)$$

式中：

δ_0 ——整机工作误差；

S_i ——被检表示值；

B_2 ——标准表示值。

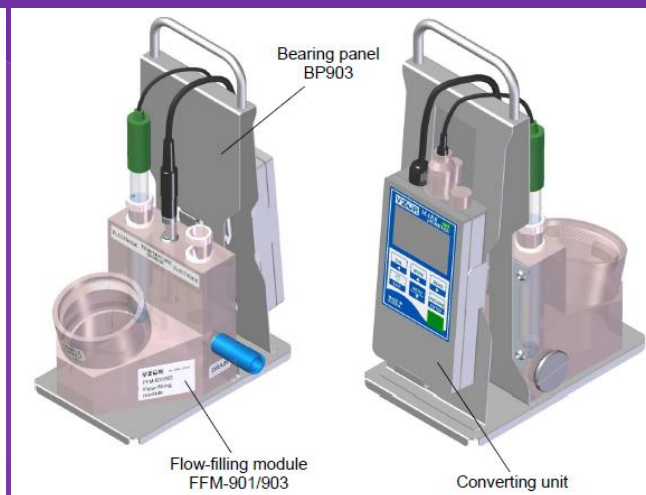
进行水样流动检验法时的注意事项如下：

- 水样的电导率和 pH 值应在被检表正常运行监测的范围内。
- 调整水样流量在仪表制造厂家要求的流量范围内，水样压力保持稳定。

需要的检验工具：纯水pH标准表

◎ Mark-903 (超) 纯水PH表

- 便携式一体化面板:ALL IN ONE
- 测量流通池：符合水样流动法检验要求/现场只需要连接水样即可测量



3、溶解氧： 国标DL/T 677-2018要求

◎ 整机误差检验：

- > 10 $\mu\text{g/L}$,宜进行整机工作误差校验
- < 10 $\mu\text{g/L}$,可进行整机工作误差检验或整机应用误差检验
- 零点误差检验：使用无氧水（如下描述）

8.5 零点误差检验

将新配制的 2g/L 亚硫酸钠 (Na_2SO_3) + 10mg/L CoCl_2 溶液置于玻璃瓶中，玻璃瓶的开口应稍大于氧电极的外径。将氧电极放入玻璃瓶中，使溶液溢出，用塑料薄膜密封瓶口。

待被检表示值稳定以后记录被检表的读数，每隔 5min 记录一次溶解氧表的示值，记录溶解氧表示值三次。零点误差 (δ_0) 计算方法见式 (28)。记录格式见附录 J 中的表 J.3。

$$\delta_0 = |C_M| \quad (28)$$

式中：

δ_0 ——零点误差， $\mu\text{g/L}$ ；

C_M ——稳定后仪表最大示值， $\mu\text{g/L}$ 。

国标DL/T 677-2018要求

整机误差检验：

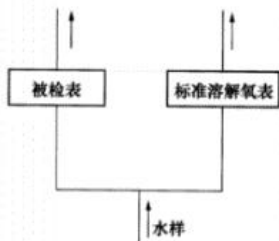


图8 溶解氧表整机工作误差检验示意图

8.4.3 整机引用误差检验

将标准表传感器和被检氧表传感器按图9所示串接在低氧浓度的水样中（如除氧器出口或炉水水样），按照8.7检查确认测量回路无空气漏入。将水样流量严格控制在被检表厂家要求的流量范围内。待标准表和被检表读数稳定后，分别记录标准表读数 C_{B0} 和被检表读数 C_{X0} ；用标准水样制备装置向水样中加氧，使溶解氧增量 $10\mu\text{g/L}$ 以上，待标准表和被检表读数稳定后，分别记录标准表读数 C_{B1} 和被检表读数 C_{X1} 。整机引用误差的计算方法见式(26)和式(27)。记录格式见附录J中的表J.2。

$$\Delta C = (C_{X1} - C_{X0}) - (C_{B1} - C_{B0}) \quad (26)$$

$$\delta_2 = \frac{\Delta C}{M} \times 100\%$$

式中：

- δ_2 ——整机引用误差，%；
- C_{X0} ——加氧前被检表读数， $\mu\text{g/L}$ ；
- C_{X1} ——加氧后被检表读数， $\mu\text{g/L}$ ；
- C_{B0} ——加氧前标准表读数， $\mu\text{g/L}$ ；

8.4 整机误差检验

8.4.1 检验原则

对于测量水样溶解氧浓度大于 $10\mu\text{g/L}$ 的溶解氧表，宜进行整机工作误差检验，当测量水样溶解氧浓度波动较大时，可采用整机引用误差检验。对于测量水样溶解氧浓度不大于 $10\mu\text{g/L}$ 的溶解氧表，可进行整机工作误差检验或整机引用误差检验。

8.4.2 整机工作误差检验

按图8将标准溶解氧表就近与被检表并联连接，水样仍为被检表正常测量时的水样。水样的流速调整至仪表制造厂要求的流量，并保持相对稳定。被检表测量值稳定后，精确读取被检表示值(C_X)与标准表示值(C_B)，并记录标准表的温度示值。检验数据的记录格式见附录J中的表J.1。

整机工作误差计算方法见式(25)。

$$\delta_G = C_X - C_B \quad (25)$$

式中：

- δ_G ——整机工作误差， $\mu\text{g/L}$ ；
- C_X ——被检表示值， $\mu\text{g/L}$ ；
- C_B ——标准表示值， $\mu\text{g/L}$ 。

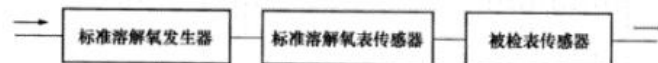


图9 溶解氧表整机引用误差检验示意图

- C_{B1} ——加氧后标准表读数， $\mu\text{g/L}$ ；
- M ——量程范围内最大值， $\mu\text{g/L}$ 。

其它影响因素

- ◎ 温度及大气压
 - > 需要标准表进行动态补偿

需要的校准表： 便携式ppb级溶解氧表

◎ Mark-3010 ug/L级便携式溶解氧

- > 便携式一体化:ALL IN ONE
- > 可拧式流通池，流通池直接连接不锈钢取样管
- > 适合低流量/流速溶解氧测量：最小流速25ml/min
- > 维护简单方便

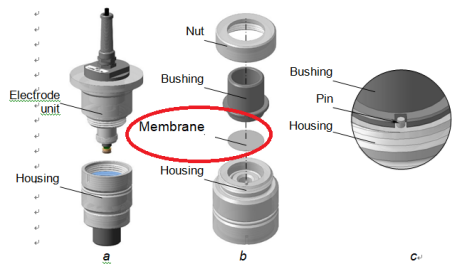


Figure 5.1 – Replacement of the membrane-



Fig. 1.1 – Dissolved oxygen meter MARK-3010



4、在线钠表： 国标DL/T 677-2018要求

◎ 整机误差检验

- > Na+<10ug/L： 应采用水样流动检验法
- > Na+>10ug/L： 宜采用水样流动检验法， 可采用静态标准溶液离线检验法

7.4 整机误差检验

7.4.1 检验原则

对于测量水样钠离子浓度不大于 10μg/L 的在线钠表，应采用水样流动检验法进行整机工作误差的检验；对于测量水样钠离子浓度大于 10μg/L 的在线仪表，宜采用水样流动检验法进行整机工作误差的检验，可采用静态标准溶液离线检验法进行整机引用误差检验。

7.4.2 整机工作误差检验（水样流动检验法）

将被检表的测量水样切换为由低浓度钠标准溶液连续制备装置产生的钠标准水样（见图 7）；标准水样钠离子浓度应接近被检水样控制范围的上限，并且检验期间标准水样钠离子浓度保持不变。

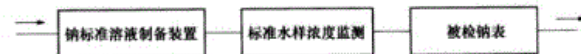


图 7 钠表整机工作误差水样流动检验法检验流程示意图

水样的流速按照要求调整至符合表 7 的规定条件，并保持相对稳定。待水样钠离子浓度稳定后 30min，记录被检表浓度示值 C_x 。整机工作误差 (δ_G) 的计算方法见式 (21)。记录格式见附录 H 中的表 H.1。

$$\delta_G = \frac{C_x - C_B}{C_B} \times 100\% \quad (21)$$

式中：

δ_G ——整机工作误差，%；

C_x ——被检钠表的示值，μg/L；

C_B ——钠标准溶液浓度，μg/L。

注：当被检表整机工作误差超过允许值时，可参照钠标准溶液浓度对被检表进行在线校准。

需要的检验工具:便携式/台式微钠表

- ◎ Mark-1002T便携式钠表
 - > 0.03ug/L精度
 - > 既插既测

