

## 化学在线分析仪表在火力发电厂中的应用

山西大唐国际云冈热电厂（山西大同 037039）曹玉红

[摘 要] 化学分析仪表是化学监督的眼睛，通过它可以将机组设备系统中水、汽、油、气以及燃料等各种质量指标进行采集，为化学监督提供充分数据，从而能够比较全面、实事求是的分析水冷壁管结垢、腐蚀的原因；还能够判断设备运行是否正常，及时发现设备潜伏性故障。

[关键词] 化学监督 在线分析仪表 发电厂

化学监督是保证发供电设备安全、经济、稳定运行的重要环节之一。通过化学监督可以及时反映设备系统中水、汽、油、气以及燃料等的质量状况；能够防止和减缓热力设备腐蚀、结垢、积集沉积物及油质劣化；能够降低汽水损耗和油耗。化学分析仪表则是化学监督的眼睛，通过它可以将机组设备系统中水、汽、油、气以及燃料等各种质量指标进行采集，为化学监督提供充分数据，从而能够比较全面、实事求是的分析水冷壁管结垢、腐蚀的原因；还能够判断设备运行是否正常，及时发现设备潜伏性故障。可见，化学分析仪表在火力发电厂中起着至关重要的作用。尤其是化学在线分析仪表，由于其准确性高，能够实现实时监测，取代原始的人工化验，所以在火力发电厂中应用更广泛。

现以我厂为例，介绍化学在线分析仪表在火力发电厂中的主要应用。

山西大唐国际云冈热电有限责任公司建有两台2×220MW直接空冷供热机组。机组除了炉、机、电三大主控系统外，还有许多辅助控制系统。主要的辅助控制系统有化学补给水处理系统、凝结水精处理控制系统、汽水取样及加药控制系统、制氢站控制系统、发电机氢油水控制系统、生活污水处理系统等等。化学在线分析仪表在以上主要的辅助控制系统中起着重要的作用，现分别介绍。

### 一、化学在线分析仪表在化学补给水处理系统中的应用

化学补给水处理系统为全厂补给水的供应站。主要是将从水库来的生水进行处理，除去水中的悬浮物、胶体、有机物等，再通过离子交换的方法除去水中的盐离子，从而得到合格的补给水。其可分为三个子系统：锅炉补给水处理系统、热网补给水处理系统、辅机循环水补给水处理系统。化学补给水处理系统水处理过程如下：

#### 1、锅炉补给水处理

凝聚剂	助凝剂	杀菌剂		高效阻垢剂
↓	↓	↓		↓
生水加热器 —————→ 机械搅拌澄清池→细砂过滤器——→活性炭过滤器→5μm保安过滤器→高压泵→反渗透装置→阳床→除碳器→阴床→混床				

#### 2、热网补给水处理

生水加热器 → 机械搅拌澄清池→细砂过滤器→活性炭过滤器→5μm保安过滤器→反渗透装置→预除盐水箱→阳床→除碳器→阴床→热网用一级除盐水箱

锅补最大及热网最大时旁路↑



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格  
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司

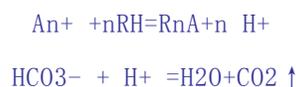


北新集团建材股份有限公司

### 3、辅机循环水补给水处理

生水加热器 → 机械搅拌澄清池 → 细砂过滤器 → 活性炭过滤器 → 双流弱酸离子交换器 → 辅机循环水系统  
我厂在化学补给水处理系统配置了钠表（9073）、PH（9135）、浊度表（TexPro-2）、余氯表（9184）、导电度表（9125）、酸碱浓度计（9125C）等在线仪表。化学补给水处理系统配置的在线分析仪表都由北京南行仪器仪表有限公司提供。所有仪表除就地有二次表显示外还上传到控制室，方便运行人员监视。

钠表（9073）装在阳床出口。主要用来判断阳床是否失效。因为强酸性阳树脂对水中各种阳离子的吸附顺序为： $Fe^{3+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > H^{+}$ 。由此可知，水中金属离子 $Na^{+}$ 被吸附的能力最弱，所以当离子交换时树脂层的各种离子吸附层逐渐下移， $H^{+}$ 最后被其他阳离子置换下来，当保护层穿透时，首先泄漏的是最下层的 $Na^{+}$ ；因此监督阳离子交换器失效是以漏钠为标准的。其反应方程为（A代表金属阳离子，R为树脂基团）：



当钠表检测到的数值超过正常运行合格指标时，可判断阳床失效，应将阳床退出运行进行再生。

PH（9135）表主要装在阴床出口、弱酸床出口、中和泵出口和废水排放泵出口。阴床出口PH表和弱酸床出口PH表用来监测其出口水PH是否在规定范围内，防止因PH不合格造成水汽设备腐蚀。中和泵出口和废水排放泵出口PH表则主要用来判断酸碱中和处理是否彻底。离子交换树脂失效后必须加碱或加酸进行还原，要产生大量的酸碱废水，直接外排不但污染环境，而且费用高昂。所以要处理后再利用。废水排放的国家标准为PH值在6.0~8.5之间，因而废水处理的基本方法是酸性水加碱，碱性水加酸，即废水中和处理，使废水的PH值达标。我厂采用在线处理，即一边排放，一边根据检测到的PH值加酸或加碱，达到中性水的标准。

浊度表装在机械加速澄清器出口、细砂过滤器出口和药液混合器入口。主要用来监视水质浊度，以便确定絮凝剂和助凝剂加药量的大小。

余氯表装在活性炭过滤器出口母管。用于生水的预处理系统加次氯酸钠杀菌灭藻处理后残余氯的检测。

导电度表装在阴床出口和混床出口。阴床和混床设备运行失效的主要监督指标是导电度或硅度。当阴床出口导电度表检测到的数值超过正常运行合格指标时，可判断阴床失效，应将阴床退出运行进行再生。同样，当混床出口导电度表检测到的数值超过正常运行合格指标时，可判断混床失效，应将混床退出运行进行再生。

酸碱浓度计包括阴碱喷射器出口碱浓度表、混碱喷射器出口碱浓度表、混酸喷射器出口酸浓度表、弱酸喷射器出口酸浓度表、阳酸喷射器出口酸浓度表。其中阴碱喷射器出口碱浓度表用来监测阴床再生时加入碱液的浓度；混碱喷射器出口碱浓度表用来监测混床再生时加入碱液的浓度；混酸喷射器出口酸浓度表用来监测混床再生时加入酸液的浓度；弱酸喷射器出口酸浓度表用来监测弱酸床再生时加入酸液的浓度；阳酸喷射器出口酸浓度表来监测阳床再生时加入酸液的浓度。

无论是锅炉补给水、热网补给水还是辅机循环补给水，都要满足火力发电厂化学监督水质指标。化学在线仪表的投入，可对化学补给水系统水质在线监测，保证了补给水的水质指标，有利于机组安全，稳定运行。

### 二、化学在线分析仪表在凝结水精处理控制系统中的应用

火电厂凝结水精处理工作是为了对凝结水进行除盐和除浊处理，使水汽品质得到改善和提高，以保证机组安全稳定运行。

我厂凝结水精处理控制系统每台机组由 $2 \times 50\%$ 高速阳床及 $2 \times 50\%$ 阴床组成，在阴阳床正常时，两台运

行,当一台失效时,旁路阀门自动打开,并且能对其凝结水流量自动调节,失效床自动解列,并将失效树脂输送至阳或阴再生罐进行再生,然后将再生好的备用树脂输送至阳或阴床,并对其进行清洗投运。两台机组的阳阴床共用一套再生装置,阳、阴再生罐分别设置。

我厂在凝结水精处理控制系统配置了硅表(9210)、钠表(9073)、PH(9135)、导电度表(9125)、酸碱浓度计(9125C)等在线仪表。凝结水精处理控制系统配置的在线分析仪表都由北京南行仪器仪表有限公司提供。

硅表装在高速阴床出口。主要用来判断高速阴床是否失效。阴床设备运行失效的主要监督指标是导电度或硅度。强碱性阴树脂对水中各种阴离子的吸附顺序为:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>→NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→Cl<sup>-</sup>→OH<sup>-</sup>→HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>→HSiO<sub>3</sub><sup>-</sup>。由此可知,HSiO<sub>3</sub><sup>-</sup>的吸附能力最弱,所以当离子交换时树脂层的各种离子吸附层逐渐下移,OH<sup>-</sup>被其他阴离子置换下来,当保护层穿透时,首先泄漏的是最下层的HSiO<sub>3</sub><sup>-</sup>;因此监督阴离子交换器失效是以漏硅为标准的。其反应方程为(B代表酸根阴离子,R为树脂基团):



当硅表检测到的数值超过正常运行合格指标时,可判断阴床失效,应退出运行进行再生。

钠表装在高速阳床出口。主要用来判断高速阳床是否失效。

PH表装在阴床出口母管。用来监视精处理后出水的PH值。

导电度表装在阳床入口母管、阴床出口母管、阴床出口。主要用来判断床体是否失效。以便及时进行再生。

酸碱浓度计包括酸喷射器出口酸浓度计和碱喷射器出口碱浓度计。酸喷射器出口酸浓度计用来监测阳树脂再生时加入到阳树脂再生罐里酸液的浓度。碱喷射器出口碱浓度计用来监测阴树脂再生时加入到阴树脂再生罐里碱液的浓度。

化学在线分析仪表的投入,使凝结水水质测量由人工测量改为在线仪表连续监测,减轻了人工化验的工作量,实现了对凝结水水质监督的连续性,及时、准确地监督凝汽器是否泄漏和泄漏程度,使凝汽器泄漏监督工作上了一个新台阶,保障了机组安全、稳定、经济运行。

### 三、化学在线分析仪表在汽水取样及加药控制系统中的应用

汽水取样及加药控制系统通过对热力系统进行实时的水汽质量化验,测定及调整加药处理工作,及时反映炉内水处理的情况,掌握运行规律,确保水汽质量合格,防止热力设备和水汽系统结垢、积盐、腐蚀,确保机组安全经济运行。

汽水取样及加药控制系统由中美合资苏州华能有限公司提供。包括汽水取样系统和加药控制系统。汽水取样系统由SJZ-C型水汽取样集中分析装置组成,包括高温高压架、仪表架、人工取样槽和微机监控系统。加药控制系统包括给水加氨、给水加联氨、炉水加磷酸盐、凝结水加氨系统。

我厂在汽水取样及加药控制系统中配置的在线仪表如下表:

取样项目,取样点,在线仪表配置一览表

项目	取样点的位置	配置表计			备注
给水	除氧器出口	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> <sup>+</sup>		M
	省煤器入口	CC	pH		M
锅炉水	汽包炉水左侧	SC	pH	SiO <sub>2</sub>	M
	汽包炉水右侧	SC	pH	SiO <sub>2</sub>	M
饱和蒸汽	饱和蒸汽左侧	CC		SiO <sub>2</sub>	M
	饱和蒸汽右侧	CC		SiO <sub>2</sub>	M
过热蒸汽	过热蒸汽左侧	CC		SiO <sub>2</sub>	M
	过热蒸汽右侧	CC		SiO <sub>2</sub>	M
再热蒸汽	再热器入口蒸汽				M
凝结水	凝结水泵出口	CC	O <sub>2</sub>		M
	高压加热器				M
疏水	低压加热器				M
	暖风器				M
冷却水	取样装置冷却水				M

注：CC：带有H离子交换柱的电导率仪；SC：比导电度表；O<sub>2</sub>：溶氧表；pH：pH表；SiO<sub>2</sub>：硅表；

N<sub>2</sub>H<sub>4</sub><sup>+</sup>：联氨表；M：手工取样；：表示经过阀门切换交替测量。

我厂配置了在线凝结水溶氧表，用来监测凝结水的溶解氧。凝结水溶解氧大幅度超标或者长期不合格，会加速凝结水管道设备腐蚀及炉前热力系统铁垢的产生。凝结水溶解氧严重超标时，还会导致除氧器后给水溶解氧超标，影响锅炉受热面传热效率，加速锅炉管道设备腐蚀结垢乃至发生锅炉爆管等事故，严重威胁机组的安全、经济运行。凝结水溶解氧是电厂化学监督的主要指标之一。可见凝结水溶氧表是必不可少的。

我厂配置了在线给水溶氧表和在线给水联氨表，用来监测给水中的剩余氧和联氨。氧是给水系统和锅炉的主要腐蚀性物质，给水中的氧应当迅速得到清除，否则它会腐蚀锅炉的给水系统和部件，腐蚀产物氧化铁会进入锅内，沉积或附着在锅炉管壁和受热面上，形成难容而传热不良的铁垢，而且腐蚀会造成管道内壁出现点坑，阻力系数增大。管道腐蚀严重时，甚至会发生管道爆炸事故。因此，必须对给水中的溶氧进行在线检测。联氨除氧，是目前较多用作热力除氧后的辅助措施，以达到彻底清除给水中的残留氧，而不增加炉水的含盐量。当压力大于6.3Mpa时，亚硫酸钠主要分解成腐蚀性很强的二氧化硫和硫化氢，因此对高压锅炉，多采用联氨，联氨与氧反应生成氨和水，有利于阻碍腐蚀的进一步发展。在线联氨表的投入，能及时反映出联氨的加药量，以避免加药过多或过少。

我厂配置了在线氢电导率表。氢电导率是电厂化学监督中不可忽视的重要手段。根据氢电导率的大小变化，进行水汽控制，是目前最直接、简便、有效的检测手段。它能及时、准确地反映水汽质量的变化，能灵敏地告诉运行人员水质变化的起点，并通过对电导率数据变化规律的分析，可以寻找水汽质量变化的原因。因此，氢电导率表也是实现在线化学监督专家诊断管理系统的最基本检测工具。氢电导率在热力系统水汽品质控制中的作用：（1）氢电导率抑制了氨对水汽品质检测的影响。火力发电厂热力系统中为了防止金属腐蚀，普遍采用给水加氨处理。通过阳离子交换柱将铵根除去后，检测电导率就能准确反映水汽中阴离子的含量。当水汽中阴离子如：氯离子、硫酸根、乙酸根等的含量发生变化时，电导率能迅速直接地反映出来。而这些阴离子也正

是水汽监督的对象。(2)能间接反映机组启动阶段的水质情况。机组启动阶段,因为各种原因,热力系统的水汽品质比较差,各种杂质成份多而杂,有些项目没有在线仪表,运行人员无条件检测,试验室化验时间长,不利于启动各阶段的水汽品质的控制。但是,通过对氢电导率和其他杂质的关系试验,氢电导率能间接反映水汽质量,运行人员可以从氢电导率的变化中,判断水质变化,对启动过程进行监督。(3)另外,氢电导率不会反映钠离子的变化,所以,氢电导率也是氢氧化钠炉水处理或低磷酸盐炉水处理中检测炉水水质的理想工具。

我厂配置了在线pH表。通过pH的在线监测,可及时调节并使pH控制在最佳范围内,从而达到减缓锅炉设备腐蚀、结垢的目的。严格控制给水质量是防止热力设备的腐蚀、结垢、积盐的必要措施,特别是控制给水pH,防止受热面腐蚀,由于腐蚀不仅缩短设备的使用寿命,而且腐蚀产物会转入水中,加速受热面结垢,造成腐蚀和结垢的恶性循环。因此给水pH表发挥了重要作用。在化学监督方面,防止高参数机组炉管的氢脆爆管是目前强调监督炉水pH的一个主要因素。因此炉水pH表也是比不可少的。

根据炉水中硅酸的蒸汽溶解携带性最强的特性,以在线炉水硅表控制连排会取得更好的控制水汽质量的效果。

可见由于在线化学分析仪表的投入,汽水取样及加药控制系统不但能满足火电厂化学监测的实时性、连续性和准确可靠性的迫切需要,而且能有效地实现水汽运行工况的自动调节和在线运行的过程分析与故障诊断,为生产过程中事件追踪分析提供可靠的科学依据,从根本上避免报表数据和事件处理中人为因素的影响,增强监测数据的可靠性和水质工况调节的可靠性。

#### 四、化学在线分析仪表在制氢控制系统中的应用

氢气分析工作在氢站化学监督中占有很重要的地位,它直接关系到氢冷发电机组供氢的质量和制氢系统、发电机组的安全运行。氢气分析主要有两个方面:氢气纯度和氢气湿度。

##### 1、氢气纯度的监测

氢气的燃烧、爆炸是氢气在使用过程中的主要危险所在,氢气在空气中燃烧范围为4.0~75.0%(v/v),在氧气中燃烧范围为4.65~94%(v/v),因此在氢站及氢冷系统的氢纯度监测分析极其重要。维持较高氢气纯度不仅可提高发电机效率而且从电力成本核算上也是经济的。

从氢气纯度测定方面看,氢气纯度可从分析氢气中杂质含量上测定,其方法有很多,如热化学法、热磁法、化学吸收法等。我厂制氢站氢气纯度测定采用以热化学法为原理的DYF-0/1型氢中氧分析仪在线监测,并以奥氏分析仪为辅每班测定一次。同时还配备了DYF-0/2型氧中氢分析仪,作为参考比较。这样既可以连续监测,一旦发现问题可及时解决,又克服了人工分析的误差,保证了制氢设备安全运行和氢气品质的合格。

##### 2、氢气湿度的监测

氢气湿度超标会危害发电机定子绕组的绝缘强度且能加快转子护环应力腐蚀速度。另外,湿度超标又使氢纯度降低,也对机组运行有极大危害。分析机内氢气湿度超标的原因,除密封瓦向机内漏油及油中含水量过大外,另一个主要原因就在于制氢站供氢湿度过大。因此氢气湿度是制氢系统和氢冷系统必须分析监测的一项重要指标。

我厂制氢站氢气湿度测定采用以露点法为原理的SPD型氢气湿度分析仪,对氢气湿度进行在线测量,保证氢气湿度在合格范围内。同时用来判断干燥器中干燥剂是否需要干燥再生。

化学在线仪表的投入即保证了制氢设备的安全又保证了发电机组的安全运行。

#### 五、化学在线分析仪表在发电机氢油水控制系统中的应用

我公司为氢冷发电机组。其冷却方式为水-氢-氢,即定子线圈水内冷,转子绕组定子铁芯及构件表面氢冷却。它具有效率高,冷却效果好,安全可靠等优势。采用氢气冷却的发电机在运行和备用期间,发电机内腔充压0.3 MPa,氢气与大气之间采用密封油系统隔绝。由于油氢之间的直接接触,若运行维护和控制不

当，极易造成发电机进油，以及氢气纯度、湿度不合格，给大型发电机的安全稳定可靠运行带来潜在的危害。为此，我公司采用发电机氢油水控制系统，来消除潜在的危害。

发电机氢油水控制系统是发电机的辅助系统。它分为三个部分：即氢气控制系统，密封油系统和定子线圈冷却水系统。

1、氢气控制系统：用以置换发电机内气体，有控制地向发电机内输送氢气，保持机内氢气压力稳定，监视机内氢气纯度及液体的泄漏，干燥机内氢气。

氢气纯度不合格，将导致冷却效率降低，造成机内构件局部过热，同时有害气体的存在还会造成绝缘老化、铁芯及其金属部件腐蚀。我公司装有一套QRD-1102型氢气纯度分析仪，用来监测发电机内氢气纯度，保证氢气纯度在合格范围内。

氢气湿度过大，对发电机定子绝缘的影响更大，一是水分在运行中蒸发为水蒸汽，使微细击穿点之间介质电导率升高。二是水汽吸附在绝缘层上，侵入绝缘内部的水将造成内部导体与外部绝缘表面电位相等，成为等电位体，威胁发电机定子绝缘，诱发发电机绝缘事故。我公司装有两套QGQ-5型氢气干燥器和两套LQS-II型制冷式氢气去湿装置。同时装设HM230型氢湿度仪，对氢气湿度进行测量，以保证氢气湿度在合格范围内。

2、密封油系统：用以保证密封瓦所需压力油不间断地供应，以密封发电机内的氢气不外泻。

油进入发电机内，将直接导致发电机绝缘腐蚀、老化，若油中含水量超标，油中水分蒸发，则导致与氢气湿度过大的同样后果。此外，油进入发电机，如果未及时排出，油在机内蒸发产生油烟蒸汽，其危害也是十分可怕的。我厂对油质的化验主要由实验室化验，没有安装在线表计。

3、定子线圈冷却水系统：用以保证向定子线圈不间断地供水。监视水压，流量和电导率等参数。

内冷水水质不合格将可能引起发电机短路、结垢、腐蚀、线棒过热等问题发生，甚至造成发电机烧毁等事故。因此，必须采取有效的措施保证内冷水品质。

按照GB/T 12145-1999《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》的规定：电导率（25℃） $\leq 2.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，铜含量 $<40 \mu\text{g}/\text{L}$ ，pH值（25℃） $>6.8$ 。

我厂在定子线圈冷却水系统中配备了两套在线电导率仪，一套用来监视进入发电机定子线圈的冷却水的电导率，另一套用来监视离子交换器出水的电导率，以便判断定子线圈冷却水是否排污补水或树脂是否需要再生。

我厂发电机内冷水还没有安装pH在线监测仪表，还是由试验室测发电机内冷水pH值。由于用试验室测pH值的复合电极测高纯水，电极响应迟缓，不能准确的表示pH值（测值偏高）。所以我厂发电机内冷水pH值虽合格，但铜含量有时却超标。所以建议尽快安装发电机内冷水pH在线监测仪表，以保证发电机内冷水合格率。

结束语：

由上可见，化学在线分析仪表在火力发电厂中的确发挥了很大作用，但还存在不足。主要表现在在线化学仪表投入率和准确率低。原因有以下几点：

（1）环境温度过高，不仅在线仪表不准确，化学分析仪表也经常因药品失效而无法测试。

（2）在线仪表日常维护差，缺少必要的仪表校验制度。

（3）对化学在线仪表的重视程度不够，在化学监督落实仪表化、自动化上抓的力度不够，也没有给予相应的重视。

我相信，只要注意以上几点，随着化学分析仪表的更新换代，化学在线分析仪表在火力发电厂中的作用

也会日益突出。

#### 参考文献

- [1]吴功庭,《高硅炉水的非常规处理》,安徽合肥发电厂:华东电力,2002年第6期
- [2]吴功庭,《辽宁省电力有限公司直属火电厂2001年化学监督工作总结》
- [3]安徽合肥发电厂:技术监督通报,2002年第2期
- [4]DL/T 651-1998,氢冷发电机氢气湿度的技术要求 [S]
- [5]徐光昶.氢气湿度对发电机的危害及标准探讨 [J].华东电力,1998,(3)

文章作者: 曹玉红

发表时间: 2007-04-26 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)