

## 大型燃机化学加氨系统及其安全技术研究与应用

姬晓慧

引用本文:

姬晓慧. 大型燃机化学加氨系统及其安全技术研究与应用[J]. 南方能源建设, 2021, 8(3): 104–108.

Ji Xiaohui. Research and Application of Chemical Ammonia Dosing System and Its Safety Technology for Large-Scale Combined Cycle Power Plant[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(3): 104–108.

### 相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

#### F级改进型燃机电厂压缩空气系统设计优化

Design Optimization of the Compressed Air System in F Advanced Class Combined Cycle Power Plant

南方能源建设. 2015, 2(z1): 15–18,14 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.S1.004>

#### 两级除氧器热力系统研究

Research on Thermal System with Double-deaerator

南方能源建设. 2020, 7(4): 98–101 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.015>

#### 给水厂电解食盐制次氯酸钠系统中美标准对比研究

Comparative Research of Chinese and American Standards for Electro-Chlorination System in Water Treatment Plant

南方能源建设. 2019, 6(4): 75–79 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.04.012>

#### 安全仪表系统在二次再热机组的应用研究

Application of Safety Instrument System in Secondary Reheat Unit

南方能源建设. 2020, 7(4): 107–112 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.017>

#### 火电机组湿法脱硫系统自动化水平提升的策略与应用

Strategy and Application of Upgrading Desulphurization Automation Level Promotion of the Thermal Power Unit

南方能源建设. 2018, 5(z1): 25–28 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.005>

# 大型燃机化学加氨系统及其安全技术研究与应用

姬晓慧<sup>✉</sup>

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的] 通过对广东某燃机项目热力系统加液氨和加氨水两种技术方案的技术经济比较, 提出凝结水、给水的水质控制指标加液氨方式优于加氨水方式。加液氨可以提高热力系统设备及管道的耐腐蚀性, 更有利于整套机组的安全稳定运行; 液氨耗量少、运行费用较低, 技术经济效益显著。[方法] 为了确保液氨贮罐的安全运行并减少事故的发生, 结合现行国家、地方法规和标准, 提出了对液氨系统的安全设计及技术措施。[结果] 总结了液氨系统安全设计的关键技术及主要创新点。[结论] 研究成果可以对今后类似工程的设计起到借鉴作用。

**关键词:** 大型燃机; 化学加药; 液氨贮罐; 安全技术

中图分类号: TM611; TM621.8

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)03-0104-05

开放科学(资源服务)二维码:



## Research and Application of Chemical Ammonia Dosing System and Its Safety Technology for Large-Scale Combined Cycle Power Plant

Ji Xiaohui<sup>✉</sup>

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] Through the technical and economic comparison of two ways of chemical dosing liquid ammonia and ammonia water for a large-scale combined cycle power plant in Guangdong Province, it is proposed that the water quality control index of condensate and feed water in the way of adding liquid ammonia is prior to the way of adding ammonia water. In addition, adding liquid ammonia can improve the corrosion resistance of the thermal system equipment and pipelines, and is beneficial to the safe and stable operation of the whole unit. Moreover, the consumption and operation cost of liquid ammonia are lower and the technical and economic benefits are more effective. [Method] In order to ensure the safe operation of liquid ammonia storage tank and prevent safe accidents, combined with the current national and local regulations and standards, this paper provided the safety technology design and measures for liquid ammonia system. [Result] This paper summarizes the key technology and innovative points of safety design for liquid ammonia system. [Conclusion] Therefore, it can play a reference role for the design of similar projects in the future.

**Key words:** large-scale combined cycle power plant; chemical dosing; liquid ammonia storage tank; safety technology

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

由于我国多煤少气的能源格局, 导致我国以往电力生产的主力是燃煤电厂, 但是燃煤机组对环境的影响比较大。近年来, 随着我国环境形势的日益严峻, 并且世界各国对能源需求的不断增长和环境保护的日益加强, 清洁能源的推广应用已成必然趋势。目前我国着力发展清洁能源, 例如太阳能、水

能、风能、生物能、氢能、核能、海洋潮汐能、地热能等。其中燃气-蒸汽联合循环机组作为清洁能源发电的代表, 在国内得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。燃气-蒸汽联合循环发电项目具有传统燃煤电厂难以比拟的超低排放性, 有利于生态环境的改善和节能减排的推进。因此如何在我国经济背景下提升燃

收稿日期: 2021-02-17 修回日期: 2021-05-06

基金项目: 中国能建广东院科技项目“大型燃机系统优化研究”(EX02411W)

气-蒸汽联合循环电厂的运行经济性水平是非常必要的，其较高的经济性也可以提高燃气-蒸汽联合循环电厂的盈利水平，从而促进燃气-蒸汽联合循环电厂行业的快速发展。

广东某燃机项目燃气轮机、蒸汽轮机均由上海电气股份有限公司提供，其中燃机为国内首台拥有自主知识产权、核心技术的ANSALDO国产改进型F级燃机，余热锅炉采用东方菱日锅炉有限公司提供的三压、再热、无补燃、卧式自然循环余热锅炉。该项目的主机配置方案如下：两套一拖一多轴机组，每套机组配置如下：1台燃机（安萨尔多AE94.3A）+1台燃机发电机（水氢氢）+1台余热锅炉+1台汽轮机+1台汽轮发电机（空冷），中、高压汽包给水均由低压汽包炉水提供。根据改进型F级燃机机组汽水品质要求和水化学工况，为了控制给水、凝结水和炉水的水质，最大限度地减少热力系统结垢和腐蚀，该项目热力系统给水采用氧化性全挥发处理AVT（O），凝结水和给水分别设置加氨点，凝结水、给水加氨装置按两机1套配置。

目前加液氨和加氨水方式无论是在大型燃煤发电项目还是大型燃机项目中均有广泛的应用。随着对机组安全经济运行要求的提高，凝结水、给水加氨采用的药品种类及其相应安全设计技术措施对于大型燃机水化学工况的控制以及机组安全经济运行十分重要。

## 1 大型燃机水化学工况

为了控制给水和凝结水的水质指标，最大限度地减少热力系统的腐蚀，并根据燃机的水化学工况，凝结水、给水往往采用加氨进行处理及水质调节。通过对凝结水及给水进行加氨处理，可以提高凝结水及给水的pH值，从而维持水中pH值达到一定的碱性环境，降低水汽系统设备及管道受腐蚀的影响<sup>[2]</sup>。

按照国家能源局颁布的《燃气-蒸汽联合循环机组余热锅炉水汽质量控制标准》（DL/T 1924—2018）中凝结水和给水的水质质量标准，大型燃机项目正常运行时，对于无铜给水系统，加氨控制标准为控制高压给水和中压给水pH值为9.2~9.8<sup>[3]</sup>。热力系统凝结水、给水加氨处理系统的设计中，凝结水的加氨点设置在凝结水泵出水母管，给水的加

氨点设置在中压给水泵进口和高压给水泵的进口。凝结水、给水的加氨方式采用自动加氨，加药量根据凝结水、给水流量信号和来自水汽取样系统的电导率信号自动调节。

## 2 加氨技术方案对比

目前大型燃机项目化学加药系统主流技术路线是加液氨和加氨水两种方式，即凝结水、给水加氨的原料主要采用液氨和氨水。凝结水、给水加氨浓度按照1%~2%考虑，通过计量泵投加至加药点。通常加氨装置布置在集控楼或者燃机锅炉辅助间零米的化学加药间内。

### 2.1 加液氨方案

液氨通常是钢瓶装，含氨量大于99.9%，化学纯，液体。液体无水氨应符合《液体无水氨》（GB/T 536—2017）优等品的质量要求。广东某燃机项目化学加药系统采用加液氨方式，设置了4台卧式液氨钢瓶，每个钢瓶直径为 $\varnothing 600$ ，几何容积 $V=400$  L，设计压力为3.0 MPa，单个钢瓶内液氨最大充装量为200 kg。液氨钢瓶通过减压后，液氨气化成氨气，通过氨气厂区管道输送注入加氨装置的电动搅拌氨溶液箱内溶解并稀释成1%~2%的氨溶液。该燃机项目液氨贮罐的布置已经充分考虑各方面的安全要求，配置了相应的安全设施。

### 2.2 加氨水方案

氨水通常是塑料桶装或者钢制贮存罐存放，含氨量为25%~28%，化学纯的液体。氨水应符合《化学试剂 氨水》（GB/T 631—2007）中化学纯的质量要求。常规工程设置2台氨水贮存罐，单台氨水贮存罐的几何容积 $V=5$  m<sup>3</sup>，设计压力为常压。氨水贮存罐通常布置在机组排水槽盖板上，或者集中布置在全厂药品贮存区，通过氨水输送泵输送至加氨装置的电动搅拌氨溶液箱内溶解并稀释成1%~2%的氨溶液。

### 2.3 技术分析

氨气是一种无色有毒的气体，密度比空气轻，具有很强的刺激性气味。氨气在常温常压下是气态，极易溶于水，在常温常压条件下，1体积水可以溶解约700体积的氨气。当加压到0.7 MPa时或温度降至-33℃时，氨气会转变为液态氨<sup>[4]</sup>。液氨，又称为无水氨，属于无色易燃的有毒液体，易挥发



产生氨气,氨气的爆炸极限按体积计为15.7%~27.4%。氨水相比较液氨虽然不存在爆炸危险,但是氨水具有腐蚀性,且纯度不高,日常运行消耗量大,经济效益较差。而液氨纯度很高,自身杂质含量非常低,液氨中的氨实际有效纯度远远高于氨水,相比较氨水带入热力系统的杂质含量极低,从技术层面更加有利于控制并提高凝结水、给水的水质指标<sup>[5]</sup>。

液氨作为化学加药系统凝结水、给水加氨系统的原料,已经在广东某燃机项目中成功推广应用,目前两台机组均已顺利移交业主,并投入商业发电运行。

#### 2.4 经济分析

根据广东某燃机项目投运3年以来的统计数据,详细统计数据如表1所示。液氨年耗量约5 t,年运行费用(包括药剂费、运输费及充装费等含税总价)约10万元;如果使用氨水加药方式,则年运行费用约18万元。相比较加氨水方式,加液氨方式在贮存和运输成本方面存在很大的优势,年运行费用可以降低约8万元,节省费用约44%。

表1 广东某燃机项目液氨统计表

Tab. 1 Statistical table of liquid ammonia of a large-scale combined cycle power plant project in Guangdong Province

项目	2018年	2019年	2020年
液氨年耗量/t	4.85	4.95	5.05
年运行费用/万元	9.7	9.9	10.1

#### 2.5 分析结果

加液氨和加氨水两种方式在设备投资及土建费用等方面相差不多,化学加药系统采用液氨加药方式,可以降低加氨的年运行费用,经济效益显著;并且加液氨方式凝结水、给水的水质控制指标优于加氨水方式,更加有利于整个机组的安全稳定运行,可以提高热力系统设备的耐腐蚀性,热力系统水质控制管理及运行维护更加方便,技术效益明显。

根据广东某燃机项目用户反馈,凝结水、给水加液氨极大地提高了热力系统设备的耐腐蚀性,凝结水、给水水质控制指标优异,液氨钢瓶及加氨系统运行安全稳定,系统可靠性高,可以满足大型燃气-蒸汽联合循环发电机组运行要求。自投运以来,化学加药液氨系统及设备运行状况良好,液氨耗量

及运行费用较低,经济效益效果显著,运行费用与同类机组相比明显偏低,达到了技术先进、经济效益好的双重目标。

### 3 液氨系统安全设计关键技术

鉴于我国因液氨泄漏引发的火灾爆炸等事故屡有发生,液氨系统的安全设计不容忽视,采取相应的安全措施至关重要。目前国内部分燃煤机组,化学加药系统的多个高压液氨钢瓶集中布置在集控楼零米的液氨钢瓶贮存间内或集中布置在主厂房加药间内,如果未设置相关的安全设施,将存在安全隐患。

广东某燃机项目化学加药系统采用加液氨方式,液氨系统的设计已经充分考虑了各方面的安全要求,其安全设计的关键技术及主要创新点如下:

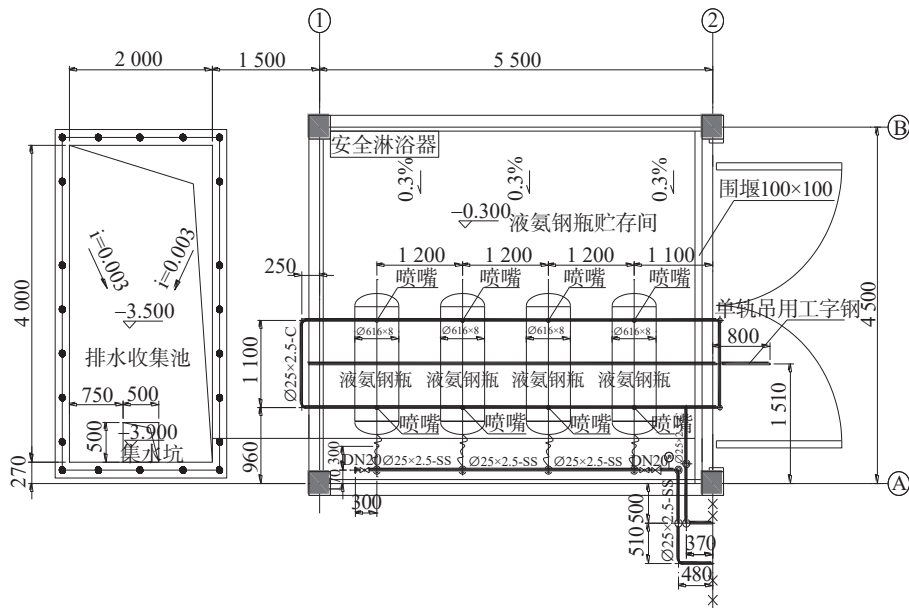
1) 根据《燃煤发电厂液氨罐区安全管理规定》,氨区应布置在厂区边缘且处于全年最小频率风向的上风侧<sup>[6]</sup>。该燃机项目液氨钢瓶贮存间布置在位于厂区最南侧的电厂红线围墙内侧,化水车间东南侧,2#冷却塔的南侧,满足氨区布置要求。

2) 四台卧式液氨钢瓶集中布置在单独的半敞开式的建筑物内。液氨钢瓶贮存间建筑物尺寸为5.5 m×4.5 m,混凝土屋面,梁底标高2.5 m;三面围墙高度1 m,入口处设置钢栅栏带锁双开门。液氨钢瓶贮存间详细布置见图1。

3) 根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB 50229—2019) 7.1.8条款,液氨区液氨储罐设置自动水喷雾的消防措置<sup>[7]</sup>。消防水喷淋系统不仅可以用于消防灭火,还可以用于液氨泄漏稀释吸收。广东某燃机项目分别在液氨钢瓶首尾两端的上方设有喷淋管及喷头,整个喷淋管呈环形布置。

4) 液氨钢瓶贮存间室外设置有总有效容积为50 m<sup>3</sup>的地下式废水收集池,通过废水泵输送至工业废水集中处理站的废水贮存池内,通过工业废水处理设备处理后回用或达标排放。该废水收集池可以收集当液氨发生泄漏时的消防喷淋水或者液氨使用时喷淋的工业水,避免对环境造成污染,并可以充分对废水进行回收利用。

5) 根据《火力发电厂烟气脱硝设计技术规程》(DL/T 5480—2013)表3.2.4液氨区域相邻建(构)筑物或设施等之间的防火间距要求,液氨区与周边



注：图中标高单位为m，其余尺寸单位为mm。

图1 液氨钢瓶贮存间设备平面布置图

Fig. 1 Layout of liquid ammonia tank storage room

丙、丁类厂房距离不小于24 m，与循环冷却水系统冷却塔的防火间距不应小于30 m<sup>[8]</sup>。广东某燃机项目液氨总几何容积为1.6 m<sup>3</sup>，液氨钢瓶贮存间距离相邻的化水车间73.5 m，距离相邻的2#冷却塔35 m，完全满足规范要求。

6) 四台液氨钢瓶是通过瓶架进行固定，瓶架正上方设置有工业水喷淋装置。液氨钢瓶在使用过程中，当压力降低时液氨会发生气化，液氨挥发时需要向外界吸收大量的热量，导致液氨钢瓶外壳周围的温度降低，空气中的水蒸气凝结在液氨钢瓶外壳上产生结露现象，结露会阻碍液氨的进一步气化，所以在使用过程中，把水喷淋洒在液氨钢瓶上，可以提供液氨气化时所需要的热量。

7) 在液氨钢瓶贮存间内四台液氨钢瓶上方设置有氨气检漏仪，当液氨泄漏值为10 ppm/Nm<sup>3</sup>为高报警值，达到30 ppm/Nm<sup>3</sup>为高高报警值。当液氨泄漏监测超过30 ppm/Nm<sup>3</sup>设定值时启动消防水喷淋系统。

8) 在液氨钢瓶贮存间内液氨钢瓶正上方的梁底设置有电动葫芦，液氨钢瓶贮存间入口处设有斜坡，用于倒换液氨钢瓶时通过电动葫芦进行吊装，便于运行维护及操作。

9) 液氨钢瓶贮存间内电气设备均按照防爆设

计，例如电动葫芦采用防爆型电机，线路、照明和开关等按照防爆配置；液氨罐体设置静电接地装置，管道法兰采用静电跨接。

10) 液氨钢瓶贮存间设置钢栅栏大门及门锁，正常运行期间可以避免设备受到破坏，从运行管理层面保障了设备正常安全运行。

11) 液氨钢瓶区周围设置围堰和排水沟，设置带有洗眼器的安全淋浴器等安全卫生防护设备。作业现场应配置过滤式防毒面具、氧气呼吸器或正压式空气呼吸器、隔离式防护服、橡胶手套等防护用具<sup>[9]</sup>。同时作业现场应配备应急防爆工具和堵漏工具等应急工具。运行人员应定期检查，制定执行漏氨重点部位的检维修计划<sup>[10]</sup>。

12) 液氨钢瓶贮存间布置在厂区最南侧一个独立的建筑物内，鉴于防火间距的要求，该建筑物设置在电厂最南侧电厂围墙内侧，并布置在电厂次入口主干道的尽头，药品运输非常方便。相比较氨水贮存罐或者桶装氨水需要在集控楼或锅炉辅助间区域装卸药品，会造成主厂区的药品污染及视觉污染，液氨钢瓶运输方式可以避免穿过主厂区，避免造成视觉上的不美观。

## 4 结 论

对于控制及调节大型燃机水化学工况,采用加液氨方式可以提高燃机热力系统凝结水、给水的水质控制指标,降低年运行费用。

为了有效避免或降低安全事故,结合广东某燃机项目的设计思路及方案,大型燃机化学加药液氨系统液氨贮罐安全设计的关键技术及主要创新点如下:

1) 液氨钢瓶集中布置在单独的半敞开式建筑物内;液氨钢瓶贮存间与相邻建(构)筑物或设施等之间的防火间距应满足规范要求。

2) 液氨钢瓶上方设置工业水喷淋装置以及消防喷淋系统。

3) 液氨钢瓶上方设置氨气检漏仪,当液氨泄漏监测超过设定值时启动消防水喷淋系统。

4) 液氨钢瓶贮存间内电气设备均按照防爆设计,并设置安全卫生防护设备。

5) 液氨钢瓶上方设置电动葫芦,便于运行维护及操作。

6) 液氨钢瓶贮存间设置地下式废水收集池,用于收集当液氨发生泄漏时的氨水、消防喷淋水或者液氨使用时喷淋的工业水。

7) 液氨钢瓶贮存间设置钢栅栏大门及门锁。

### 参考文献:

- [1] 张赢,林燕,梁展鹏,等.大型燃气—蒸汽联合循环单轴机组主厂房布置设计[J].南方能源建设,2020,7(增刊2):82-88.  
ZHANG Y, LIN Y, LIANG Z P, et al. Main power house arrangement design of single-shaft combined-cycle power plant [J]. Southern Energy Construction, 2020, 7(Supp. 2): 82-88.
- [2] 何军军,张健,张立文.电厂给水加氨系统智能PID控制研究[J].电工技术,2018(5):14-16.  
HE J J, ZHANG J, ZHANG L W. Research on intelligent PID control of feedwater ammonia dosing system in power plant [J]. Electric Engineering, 2018(5): 14-16.
- [3] 国家能源局.燃气—蒸汽联合循环机组余热锅炉水汽质量控制标准:DL/T 1924—2018[S].北京:中国计划出版社,2018.  
National Energy. Quality criterion of water and steam for combined cycle heat recovery steam generators: DL/T 1924—2018 [S]. Beijing: China Planning Press, 2018.
- [4] 张丹妮,吴嘉宾.消防冷却水雾喷淋在液氨罐区的应用[J].山东化工,2020,49(13):97-98+100.  
ZHANG D N, WU J B. Application of fire cooling water spray

in liquid ammonia tank area [J]. Shandong Chemical Industry, 2020, 49(13): 97-98+100.

- [5] 潘丽娜,张鑫.脱硝液氨在1000 MW机组汽水加氨系统中的应用[J].山东电力技术,2018,45(9):63-66.  
PAN L N, ZHANG X. Application of denitrification liquid ammonia in the steamwater ammonia adding system of 1000 MW units [J]. Shandong Electric Power, 2018, 45(9): 63-66.
- [6] 国家能源局.燃煤发电厂液氨罐区安全管理规定[M].杭州:浙江人民出版社.  
National Energy Administration. Regulations on safety management of liquid ammonia tank area in coal fired power plant [M]. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.火力发电厂与变电站设计防火标准:GB 50229—2019[S].北京:中国标准出版社,2013.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Standard for design of fire protection for fossil fuel power plants and substations: GB 50229—2019 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [8] 国家能源局.火力发电厂烟气脱硝设计技术规程:DL/T 5480—2013[S].北京:中国计划出版社,2013.  
National Energy Administration. Technical code for the design of flue gas denitration of fossil fired power plant: DL/T 5480—2013 [S]. Beijing: China Planning Press, 2013.
- [9] 陈任辉.发电厂重大危险源氨站运行管理[J].能源管理,2020,10(11):114-115.  
CHEN R H. Operation management of ammonia station with major hazard sources in power plant [J]. Energy Management, 2020, 10(11): 114-115.
- [10] 张声强.火电厂液氨质量及安全监控管理[J].广东化工,2016,43(13):109-111.  
ZHANG S Q. Quality and safety monitoring management of liquid ammonia in thermal power plant [J]. Guangdong Chemical Industry, 2016, 43(13): 109-111.

### 作者简介:



姬晓慧

姬晓慧(通信作者)

1979-,女,河南洛阳人,高级工程师,武汉大学应用化学硕士,主要从事发电厂化水处理、水化学控制、工业污水处理、垃圾渗滤液处理、海水淡化处理、制氢及制氯技术研究和设计(e-mail) jixiaohui@gedi.com.cn.

(责任编辑 李辉)