

# 尿素卸料在线取样装置的研究与应用

王琦 付晋 孟庆军 付强 刘景文

(国家能源聊城发电有限公司 山东聊城 252000)

**摘要:** 目前燃煤电厂固体尿素卸料取样作业的基本流程为在罐车顶部拆除人孔用容器取样或拆除尿素卸料隔离门前卸料管道进行人工取样, 取样时间长, 需中断尿素卸料过程, 存在人身安全风险。自主研发安装两套尿素卸料在线取样装置, 装置主要由主管道、旁路管道、过滤器、取样罐、隔离门等部件组成, 通过开关阀门, 拆除取样罐即可实现取样操作。取样不影响尿素卸料过程, 实现罐车不同料位的在线取样, 操作简便, 取样时间大大缩短, 过程安全高效, 具有良好的经济及社会效益。

**关键词:** 脱硝; 尿素; 卸料; 在线取样; 装置

## Research and application of on-line sampling device for urea unloading

Wang Qi, Fu Jin, Meng Qingjun, Fu Qiang, Liu Jingwen

(National Energy Liaocheng Power Generation Co., LTD., Shandong Liaocheng 252000)

**Abstract:** At present, the basic process of solid urea unloading sampling operation in coal-fired power plants is to remove the manhole container for sampling at the top of the tank car or remove the unloading pipe before the urea unloading isolation door for manual sampling. The sampling time is long, and the urea unloading process needs to be interrupted, and there are personal safety risks. Two sets of urea unloading online sampling devices are independently developed and installed. The device is mainly composed of main pipeline, bypass pipeline, filter, sampling tank, isolation door and other components. The sampling operation can be realized by switching the valve and removing the sampling tank. The Sampling does not affect the urea unloading process, and realizes the online sampling of different levels of the tank car. The operation is easy, the sampling time is greatly shortened, the process is safe and efficient, and has good economic and social benefits.

**Key words:** Denitration; urea; unloading; on-line sampling; device

### 0 引言

液氨是燃煤电厂脱硝装置进行脱硝反应的还原剂, 但液氨是重大危险源, 随着政策要求的趋严, 燃煤电厂液氨系统逐渐被替代为尿素制氨系统<sup>[1]</sup>。尿素制氨系统主要包括尿素溶解系统和尿素水解系统, 在尿素溶解系统中尿素颗粒通常采用罐车运输, 通过气力输送到尿素溶解罐配置尿素溶液。如果尿素中含氯化物或杂质超标, 会导致水解器本体、管道、阀门等出现局部腐蚀、加热盘管破裂、设备堵塞等问题, 因此对卸料尿素颗粒的取样检测就尤为重要, 及时检测尿素品质, 避免不合格尿素进入尿素制氨系统<sup>[2]</sup>。

### 1 课题背景

针对尿素卸料取样时间长、取样过程不安全的问题, 急需研制出取样速度快、取样过程安全、实现在线取样功能的取样装置, 在不改变原有设备的基础上, 脱硝尿素系统实现在线取样功能。

通过对“尿素”、“颗粒”“在线取样”三个关键词进行文献、专利、实用工具等数据库检索查询, 查阅相关文献, 并调研其他电厂情况, 均无可供参考的尿素取样装置案例<sup>[3-5]</sup>。结合生产现场常使

用的设备部件, 发现有可被本次课题借鉴原理的成熟产品: Y型过滤器[6]。

尿素以固体颗粒形式存在, 通过罐车运输。利用杂用压缩空气罐进行气力输送, 将罐车内尿素颗粒送入溶解罐中形成尿素溶液。目前尿素卸料取样作业的基本流程为在罐车顶部拆除人孔用容器取样, 或拆除尿素卸料隔离门前尿素卸料管道进行取样。在罐车顶部取样, 取样人员需攀爬至尿素罐车顶部人孔门进行取样作业, 高空作业会带来很大的人身安全风险。拆除尿素卸料管道会中断卸料过程, 增加卸料时间, 掉落的尿素颗粒造成地面污染。

对卸料取样过程用时进行了统计(如表1所示), 得出单次取样的平均用时为303.75秒。其中, 罐车顶部取样平均用时为184.5秒; 卸料管取样平均用时为119.25秒。两种取样方式用时均较长。

表1 尿素取样测量时间统计

单位: 秒(s)

系统号	第一次罐车顶部取样用时	第一次卸料管取样用时	合计时间	第二次罐车顶部取样用时	第二次卸料管取样用时	合计时间	平均时间
1#溶解罐	187	116	303	177	124	301	302.5
2#溶解罐	192	114	306	182	122	304	305

用的设备部件, 发现有可被本次课题借鉴原理的成熟产品: Y型过滤器[6]。

Y型过滤器被广泛应用于电力、化工等行业, 输送介质从Y型过滤器入口进入, 经过滤网时所含杂质被截取收集在滤网中, 介质从出口流出。尿素卸料过程为压缩空气携带尿素颗粒通过卸料管道进入溶解罐。借鉴Y型过滤器的原理, 将压缩空气中的尿素颗粒截

留收集。基于此原理研制的尿素卸料装置制作成本低,使用寿命长,结构简单,使用方便。

## 2 设定目标及目标可行性论证

现有取样方式单次取样的平均用时为 303.75 秒,调研行业现状,按照上级要求将课题目标设定为: 60s, 并进行目标可行性分析。

### 1) 基本原理分析

压缩空气携带尿素颗粒从卸料管母管部分进入取样装置过滤器内部,通过滤网截留尿素颗粒,收集至容器中。尿素的粒径大小直接影响到滤网的目数,即滤网孔径大小。目数越大,孔径越小。若尿素粒径目数小于滤网目数,则能成功截留;若尿素粒径目数大于滤网目数,则尿素颗粒通过滤网从卸料管道通过,滤网起不到截留收集作用。

### 2) 模拟试验与理论计算

经过测算,尿素颗粒平均粒径为 20 目,结合经济型、可行性,滤网目数选择为 30,即孔径大小为 0.55mm,该尺寸规格的滤网可以制作。通过现场模拟试验与理论计算,判断该课题目标可行。

## 3 方案比选及实施

### 3.1 提出方案

针对该课题进行讨论分析,决定在尿素卸料管道隔离门前,制作安装尿素取样装置,在不改变原设备的基础上实现快速取样装置安装,不影响现场设备投运。装置主要由主管道、旁路管道、过滤器、取样罐、隔离门等部件组成,如图 1 所示。

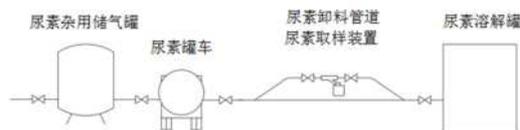


图 1 尿素卸料取样装置方案示意图

### 3.2 方案比选

提出总体方案,其分方案具体情况描述如图 2 所示。



改造后尿素卸料系统

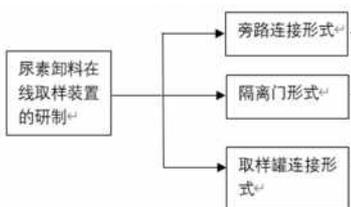


图 2 总体方案分解示意图

#### 1) 旁路连接形式选择

旁路连接形式选择见表 2 所示。

表 2 旁路连接形式的选择

项目特点	制作难度	取样效果
连接角度为 90°	弯管难度大,材质受限不易实现	取样管弯头冲刷大,使用寿命短
连接角度为 135°	弯管难度小,便于实	取样管弯头冲刷小,

项目特点	成本	使用寿命
现	截止阀成本低	使用寿命长

综上所述,选择旁路与主管道连接角度为 135°,弯管便于实现,使用寿命长。

#### 2) 隔离门形式选择

隔离门形式选择见表 3 所示。

表 3 隔离门形式的选择

项目特点	成本	取样效果	开关速度
隔离门选为截止阀	截止阀成本低	便于调节流量	开关操作慢
隔离门选为球阀	球阀成本高	不便于调节流量	开关操作快

球阀比截止阀成本稍高,但可快速实现开关,便于操作,所以隔离门选择球阀。

#### 3) 取样罐形式选择

取样罐连接形式选择见表 4 所示。

表 4 取样罐连接形式的选择

项目特点	成本	装卸简易程度	后期维护
取样罐快接接头连接	成本较高	装卸快速	不易损坏
取样罐螺纹连接	成本较低	装卸较慢	丝易损坏造成拆装困难

综上所述,快接接头成本稍高,但拆装简便,使用寿命长,取样罐选择快接接头连接。

### 3.3 确定最佳方案

根据以上方案经济型、实用性等对比,确定最佳方案,如图 3 所示。

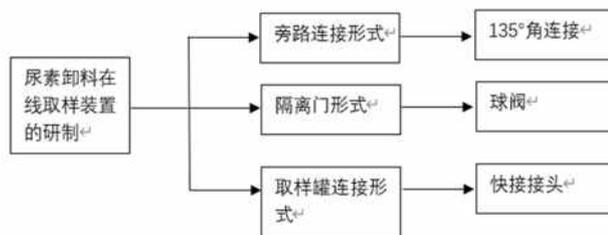


图 3 总体方案示意

### 3.4 方案实施

针对最佳实施方案,制定对策计划表(如表 5 所示),并逐条进行实施。

表 5 最佳方案对策计划表

序号	对策	目标	措施
1	旁路管道	耐腐蚀,压力、流量满足取样装置要求,抗冲刷,便于截留尿素	选择 DN25 不锈钢管道,插入主管道内部便于取样截流
2	球阀	耐腐蚀,压力、流量满足取样装置要求,不泄漏	选择一寸三段式球阀,压力 PN16, 304 不锈钢材质,连接形式为焊接
3	取样罐	耐腐蚀,承压满足取样装置要求,取样量	快接接头连接, 304 不锈钢材质,承压

	足够, 无超压风险	1.6MPa, 上部开孔焊接球阀作为放气阀
--	-----------	-----------------------

#### 1) 旁路管道制作

按照尺寸下料, 将球阀和管道焊接在一起。两侧球阀焊接完成后, 再与中间过滤器进行焊接。利用弯管器进行弯管。两端割出斜口, 插入主管内, 便于收集尿素颗粒。

#### 2) 取样罐制作

采购容积为 500ml 柱状取样罐, 材质为 304 不锈钢。上部焊接快接接头, 侧上方开孔, 焊接球阀作为排气门。

#### 3) 取样装置制作安装

按照尺寸下料, 截取 DN100 不锈钢管道长 1.2m, 两侧焊接 8 孔 DN100PN16 法兰。主管道两侧开孔, 旁路管路拆入焊接, 取样装置制作完成。拆除现场卸料隔离门, 为对夹式 DN100 蝶阀。安装取样装置及隔离门后, 取样装置安装完成, 进行调试, 如图 4 所示。使用时先打开阀门, 取样罐收集满后关闭阀门, 取下取样罐即可。



图 4 取样装置安装实物图

尿素取样装置安装后, 现场进行调试: 尿素卸料时, 打开两个隔离门, 经过 10 秒钟取样后, 关闭隔离门。通过松开快接接头, 取下取样罐, 内部已装满尿素颗粒。经试验, 取样操作顺利, 方案实施成功。

### 4 效果检查

#### 4.1 目标值检查

通过现场使用该装置对尿素卸料过程进行在线取样, 三个周期的统计时间如表 6 所示。

表 6 使用装置取样耗时表

单位: 秒 (s)

系统号	第一次取样用时	第二次取样用时	第三次取样用时	平均时间	原取样方式平均时间
1#溶解罐	58	57	55	56.7	302.5
2#溶解罐	60	58	56	58	305

通过上述数据分析可知, 使用取样装置前后取样时间大大缩短, 平均取样时长由 303.75 秒缩短为 57.35 秒, 卸料过程不需中断, 实现了快速取样, 大大提高了取样效率, 达到并超过了设定目标, 课题目标达成 (如图 5 所示)。

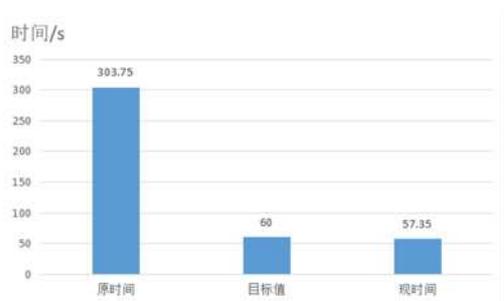


图 5 改造前后取样用时对比柱状图

使用过程中尿素取样装置出现管道堵塞现象, 在敲击管道后疏通。判断为管道内存留的尿素颗粒板结受潮, 对使用方法进行了完善, 要求完成取样操作后用压缩空气吹扫 30s。随后使用过程中未再次出现, 解决了这一取样装置堵塞问题。

#### 4.2 经济及社会效益分析

##### 1) 经济效益

制作安装该装置的材料及人工费用为 3510 元 (如表 7 所示)。结合前述表格数据, 使用该设备作业时可缩短取样作业时间 80% 以上, 大大节省取样时间, 按每周罐车取样 6 车次, 每年节省人工成本  $52 \times 6 \times 5 \times 80\% \times 3 / (3 \times 60) \times 500 = 10400$  元, 具有良好的经济效益。

表 7 取样装置制作成本表

序号	名称	数量	价格
1	阀门	4 个	440 元
2	取样罐	2 个	820 元
3	管道及法兰	2 套	870 元
4	过滤器	2 个	180 元
5	人工费	32 工时	1200 元
6	合计费用: 3510 元		

##### 2) 社会效益

实现尿素卸料时的在线取样, 节省取样时间, 提高取样效率, 及时掌握尿素品质, 减少因尿素杂物堵塞设备、尿素品质差加剧设备腐蚀等情况, 提高尿素制氨系统可靠性, 保障脱硝系统安全稳定运行。

### 5 结论

1) 自主研制两套尿素卸料在线取样装置在现场安装使用, 该在线取样装置经多月现场实际操作和使用, 效果良好、性能可靠。

2) 创新点: 自主研发安装尿素取样装置, 取样不影响尿素卸料过程, 实现罐车不同料位的在线取样, 操作简便, 取样时间大大缩短, 过程安全高效。

3) 为了更好的使用该装置, 针对该装置使用过程制订了相应的使用手册。包括: 尿素卸料在线取样装置管理制度、尿素卸料在线取样装置使用说明书, 便于取样操作人员使用维护。

#### 参考文献

- [1]戴志毕. 电厂脱硝还原液氨改尿素技术探讨[J]. 节能与环保, 2023(03),70-71.
- [2]张家玉. 火力发电机组脱硝尿素水解反应器的运行与维护[J]. 设备管理与维修, 2023(02),42-44.
- [3]黄韬. 颗粒状物料气力输送中输料管的连接方式[J]. 硫磷设计与粉体工程, 2002(6).
- [4]王树椿, 索伟权. 管道液体等运动取样技术[J]. 国外油田工程, 1993(4).
- [5]吴泽君, 龙方林. 尿素-卸料小车 B650 技术改造总结[J]. 泸天化科技, 2002(4).
- [6]郝春满, 孙毅, 李立军, 王树立, 丁博洋, 王子文. Y 型过滤器流动与阻力特性数值模拟分析[J]. 管道技术与设备, 2020(01).