附三：

项目编号：

合肥学院硕士研究生项目学习

结项报告书

项目名称：烟气脱硝改造路线的选择

项目来源：天源热电有限公司

所属专业：环境工程

学　　分：平均　4　学分 / 人

项目完成人：谢红燕

指导教师：张金流

所属系（部）：生物与环境工程系

项目负责人联系电话：13696796512

项目负责人电子邮箱：359274755@qq.com

研究起止时间：2016.08.01-2016.08.31

合 肥 学 院 研 究 生 处 制

二〇一六年 八 月

表格填写说明

1、请保持表格的完整性，一级标题用黑体小四号，二级标题用宋体五号加粗，正文用宋体五号字，1.5 倍行距填写；

2、表名用黑体五号字，图名用宋体小五号字加粗；

3、表格用三线表；

4、表格双面打印。

一、开题工作小结

（开题时间、地点，参与人员，项目实施计划，导师指导意见等）

开题时间、地点：2016.8.2，合肥天源热电公司，位于合肥市蜀山区高新区天智路 50 号；

参与人员：谢红燕；

项目实施计划：

2016.8.2—2016.8.5：明确脱硝改造的建设条件；

2016.8.8—2016.8.12：对脱硝路线进行技术论证；

2016.8.15—2016.8.19：脱硝工艺方案的比较和优化；

2016.8.22—2016.8.26：脱硝工程建设的设想；

2016.8.29—2016.8.31：探讨改造工程对环境的影响。

学生签名：

年　月　日

导师意见：

校内外导师签名：

年　月　日

二、中期检查与指导

中期工作小结：

在脱硝改造工程项目学习过程中，通过与导师的交流沟通，以及现场观看，收获了很多。

首先是对于改造条件的研究，涉及到烟气参数、厂区水电汽气等的供应、烟气系统还原剂的选择以及场地空间。其中，烟气参数以单台锅炉省煤器出口烟气参数作为参考；烟气脱硝工程的给水涉及工业用水、消防用水、生活用水三块；天源热电厂区内部有可用的水、电、汽、气等耗品，脱硝治理工程所需耗品尽量利用电场现有的设施，不足部分通过设备扩容或增加新设备解决；还原剂有液氨、氨水和尿素可供选择。综合考虑本工程的具体特点，电厂地处城市郊区，距离居民区较近，人口较为稠密，且目前的项目为老工厂线改造，涉及场地以及建筑物安全防护距离等，所以如果使用液氨会受到场地限制，使用氨水对场地以及安全防护距离要求较高，故考虑使用尿素作为还原剂。

接着是论证脱硝技术路线。脱硝技术包括：低氮燃烧技术（LNB）、选择性非催化还原技术（SNCR）、选择性催化还原烟气脱硝（SCR）以及混合型烟气脱硝（SCR/SNCR）。通过对烟气脱硝技术的脱硝效率、能耗以及技术成熟度和工程造价等的比较，选出 LNB-SNCR 烟气脱硝混合工艺。

通过对技术路线的确定，便可以进一步开展后面的工作。

学生签名：

年　月　日

导师评价与指导：

校内外导师签名：

年　月　日

三、项目学习总结

（项目学习过程描述、取得的成果以及存在的问题等。）

一、项目学习过程

1.了解项目背景

为了改善大气环境质量，保护生态环境，建设可持续发展经济，对于氮氧化物排放巨大的火电行业，采取节能减排措施进行污染治理已是迫在眉睫。国家与部分地方政府针对火电行业制定了日趋严厉的大气污染物排放标准。新版《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）提出了更严厉的 NO_x 排放限制：从 2014 年 7 月 1 日起，现有火力发电锅炉及燃气轮机组执行的排放限制为 100mg/m^3（标态，6%O_2，5%NO_2）。

天源热电 4 台 75t/h 锅炉，根据热电厂实际监测数据，单台锅炉的 NO_x 排放浓度为 450mg/Nm^3（标态，6%O_2，5%NO_2）。根据《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）要求，天源热电厂 4 台锅炉的 NO_x 排放浓度需从 2015 年起控制到 100mg/m^3（标态，6%O_2，5%NO_2）以下。

2.研究项目建设条件

通过对天源热电的现场勘查，从而意识到项目的建设条件，涉及烟气参数、厂区水电汽气等的供应、烟气系统还原剂的选择以及场地空间。其中，烟气参数以单台锅炉省煤器出口烟气参数作为参考；烟气脱硝工程的给水涉及工业用水、消防用水、生活用水三块；天源热电厂区内部有可用的水、电、汽、气等耗品，脱硝治理工程所需耗品尽量利用电场现有的设施，不足部分通过设备扩容或增加新设备解决；还原剂有液氨、氨水和尿素可供选择。

表 1. 烟气脱硝还原剂比较：

还原剂类型	优点	缺点
液氨	1、成本最低 2、体积最小 3、投资最低	1、有危险，氨站设计须多方面考虑安全 2、占用场地，要留足够的隔离距离 3、运输成本高
氨水	1、安全，无危险 2、易于采购及运输，价格低 3、工艺成熟，投资较低	1、还原剂体积较大 2、运输成本高
尿素	1、没有危险 易于运输和储存	1、分解系统复杂，造价高 2、分解系统运行能耗高

综合考虑本工程的具体特点，电厂地处城市郊区，距离居民区较近，人口较为稠密，且目前的项目为老工厂线改造，涉及场地以及建筑物安全防护距离等，所以如果使用液氨会受到场地限制，使用氨水对场地以及安全防护距离要求较高，故考虑使用尿素作为还原剂。

3.选择脱硝技术路线

（1） 脱硝技术种类

脱硝技术包括低氮燃烧技术（LNB）和烟气脱硝技术，其中烟气脱硝包括选择性非催化还原技术（SNCR）、选择性催化还原烟气脱硝（SCR）以及混合型烟气脱硝（SCR/SNCR）。

（2） NO_x 生成机理

燃煤锅炉生成的 NO_x 主要由 NO、NO_2 及微量 N_2O 组成，其中 NO 含量超过 90%。生成途径有：燃料中的氮化物在煤粉前端被氧化而成（称为燃料型 NO_x）；助燃空气中的氮气在燃烧后期1300℃以上的温度下被氧化而成（称为热力型 NO_x）；燃料中的碳氢化合物在燃料浓度较高区域燃烧时所产生的烃与燃烧中的 N2 分子发生反应，形成的 CN、HCN，继续氧化而生成 NO_x（称为快速型 NO_x）。

（3）低氮燃烧技术（LNB）

由 NO_x 的形成条件可知，对 NO_x 的形成起决定作用的是燃烧区域的温度和过剩空气量。因此，低 NO_x 燃烧技术就是通过控制燃烧区域的温度和空气量，以达到阻止 NO_x 生成及降低其排放的目的。现代低 NO_x 燃烧技术将煤质、制粉系统、燃烧器、二次风及燃尽风等技术作为一个整体考虑，以低低 NO_x 燃烧器与空气分级为核心，在炉内组织适宜的燃烧温度、气氛与停留时间，形成早期的、强烈的、煤粉快速着火欠氧燃烧，利用燃烧过程产生的氨基中间产物来抑制或还原已经生成的 NO_x。

（4）烟气脱硝技术的选择

三种烟气脱硝技术的比较如表 2 所示，通过对比，选择出最合适的烟气脱硝技术。

表 2. 烟气脱硝技术性价比及技术综合比较：

所采用的技术	脱硝效率%	工程造价	运行费用
SCR 技术	80-90	高	较高
SNCR	30-80	低	中
SCR/SNCR 混合技术	50-80	较高	中

项目	SCR 技术	SNCR 技术	SNCR/SCR 混合技术
反应剂	NH_3 或尿素	氨水或尿素	NH_3 或尿素
反应温度	320℃～420℃	850℃～1250℃	前段：800℃～1000℃ 后段：320℃～420℃
催化剂	V_2O_5-WO_3/TiO_2 或 V_2O_5-MoO_3/TiO_2	不使用催化剂	后段加装少量催化剂
脱硝效率	80%～90%	30%～80%	50%～80%
反应剂喷射位置	多选择于省煤器与 SCR 反应器间烟道内	通常在炉膛内或烟道喷射	锅炉负荷不同喷射位置也不同
SO_2/SO_3 氧化	会导致 SO_2/SO_3 氧化	不导致 SO_2/SO_3 氧化	SO_2/SO_3 氧化较 SCR 低
NH_3 逃逸	3～5ppm	5～10ppm	5～10ppm

项目	SCR 技术	SNCR 技术	SNCR/SCR 混合技术
对空气预热器影响	NH_3 与 SO_3 易形成 NH_4HSO_4 造成堵塞或腐蚀，需控制 NH_3 泄漏量和 SO_2 氧化率，并对空预器低温段进行防腐防堵改造	不导致 SO_2/SO_3 的氧化，造成堵塞或腐蚀的机会为三者最低	SO_2/SO_3 氧化率较 SCR 低，造成堵塞或腐蚀的机会较 SCR 低
系统压力损失	新增烟道部件及催化剂层造成压力损失	没有压力损失	催化剂用量较 SCR 小，产生的压力损失相对较低
燃料的影响	燃料显著地影响运行费用，对灰份增加和灰份成分变化敏感，灰份磨耗催化剂，碱金属氧化物劣化催化剂，As、S 等使催化剂失活	基本无影响	影响与 SCR 相同，由于催化剂较少，更换催化剂的总成本较 SCR 低
锅炉的影响	受省煤器出口烟气温度的影响	影响与 SNCR/SCR 混合相同	受炉膛内烟气流速及温度分布的影响

SNCR 烟气脱硝技术的出常效率受锅炉结构尺寸影响很大，多用作低 NO_x 燃烧技术的补充处理手段，SNCR 技术也是十分成熟的脱硝技术，相对 SCR 而言，脱硝效率偏低，但是，由子它的低投资和低运行成本特别适合小容量锅炉的使用。SCR 技术的优点是脱硝效率高，但造价和运行费用较高，系统较复杂。

SNCR/SCR 混合型脱消技术是近些年发展起来的技术，是结合了 SCR 技术高效、SNCR 技术投资省的特点而发展起来的一种新型的、成熟的工艺。但在国内其价格偏高,且适用于小.机组、低阻硝效率的改造。本改造项目为小型机组、高脱消数率的改造, 难以体现 SNCR 技术投資省的优点，因此不建议采用。

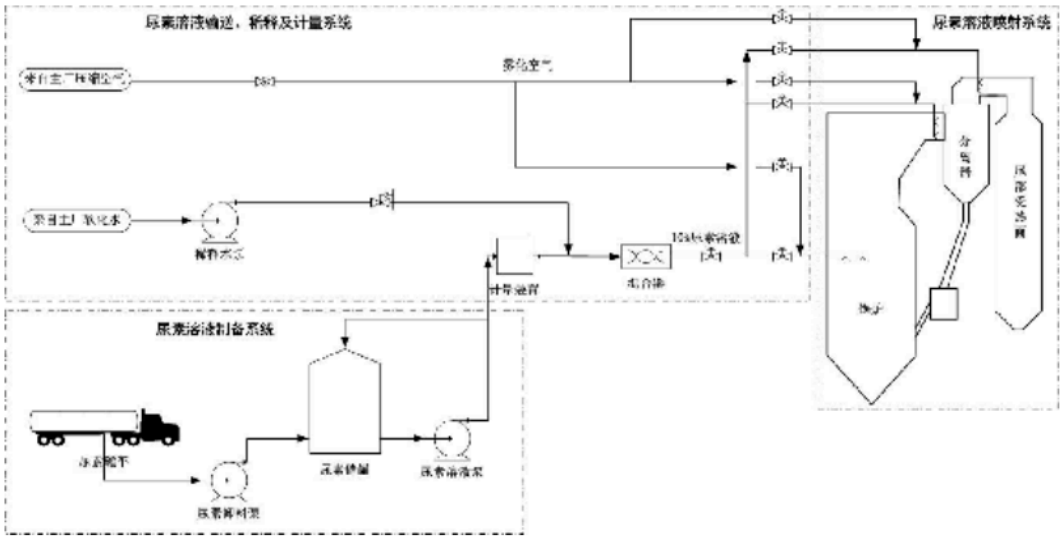
本项目推荐采用低氮燃烧（LNB）+选择性非催化还原脱硝技术（SNCR）工艺，首先通过低氮燃烧改造将初始氮氧化物浓度降低至 250mg/Nm^3 以下，再通过 SNCR 脱硝工艺将氮氧化物浓度

降低至环保要求的排放浓度 100mg/Nm^3 以下，综合脱硝率达 78%，该方法目前在国内循环流化床锅炉上有广泛应用，工艺已经十分成熟。还原剂采用固体尿素稀释成一定浓度的尿素溶液。

4.设计项目工艺流程

外购的袋装固体尿素通过运输车运至厂区后，卸载储存于尿素房尿素堆放区。根据脱硝系统所需的尿素溶液浓度直接将尿素和除盐水同时加入尿素溶解罐内进行尿素溶液的配置。配置好相应浓度的尿素溶液后通过尿素溶液转存模块输送至尿素溶液储存罐内储存。来自储存罐的尿素溶液可通过输送模块输送，同时，可利用稀释水输送模块进行在线稀释至相应浓度后再喷射进入炉膛内进行脱氮反应。

稀释配置好的尿素溶液，由尿素溶液输送泵输送进入分配模块进行分配后进入布置在 CFB 锅炉炉膛出口至旋风分离器入口的水平烟道上的喷枪内，最后由喷枪将尿素溶液喷射至锅炉炉膛内。其工艺流程图如下图所示：



SNCR 脱硝工艺流程图

二、取得的成果

通过脱硝改造的实施，改善了大气环境质量，保护了生态环境。并且实现了能源的再利用，这对于企业经济的可持续发展也是一大进步。

脱硝改造工程是一项节能减排工程，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2005 年本）》第一类鼓励类，第二十六项环境保护与资源节约综合利用，第 18 款“三废”综合利用及治理工程产业条目的精神，具有十分明显的环境效益与社会效益。

天源热电的 4 台锅炉拟新建脱硝装置，采用低氮燃烧（LNB）+SNCR 脱硝工艺，使锅炉 NO_x 排放浓度控制在 100mg/Nm^3 以下，实现达标排放。

三、存在的问题

在中小型机组上试验应用 SNCR 技术具有投资成本低，建设周期短，占用空间小等优点，适于对现有中小型锅炉的改造。但是 SNCR 技术的 NOx 脱除率不高，且在实际使用时，存在氨逃逸问题。在后期 NO_x 排放浓度要求更高时，会考虑用采用 SCR 技术。

学生签名：

年　月　日

导师评价：

校内外导师签名：

年　月　日

四、结项鉴定

（需明确是否同意结项，并就研究过程的科学性及成果的应用价值作出明确结论）

得分：_____ 鉴定等级：_____

专家组组长（签名）：

专家组成员（签名）：

年　月　日