

项目编号： 201601

合肥学院硕士研究生项目学习

结项报告书

项目名称： 热电厂煤、炉渣取样及其工业分析

项目来源： 合肥天源热电有限公司

所属专业： 环境工程

学 分： 平均 4 学分 / 人

项目完成人： 吴健

指导教师： 张金流

所属系（部）： 生物系

项目负责人联系电话： 18256909689

项目负责人电子邮箱： 1173445000@qq.com

研究起止时间： 2016.08.1—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)

一、项目开题简介

开题时间为 2016.08.1; 项目主要是在合肥天源热电有限公司进行的, 项目主要是在张金流博士的指导下进行的, 主要参与人员有两人分别是吴健、谢红燕。

二、项目实施计划

主要分为几个阶段:

首先是对入厂煤和炉前煤进行采样和样品制备, 入厂煤的采样主要在卸车后煤堆上进行采样, 煤堆上不采取仲裁煤样, 必要时在迁移过程中采样的方式采样。

其次是对燃煤和炉渣依次进行全水分、灰分、挥发分、固定碳、发热量以及全硫的测定, 各个物质的测定方法参照国家标准进行测定。为了使各种煤质的分析结果能够相互进行比较, 必须用统一的基准来表示, 在动力用煤的分析中一般用四种状态作为基础, 即应用基、分析基、干燥基、干燥无灰基, 根据不同的煤的不同阶段成分进行对应的计算比较得出数据。

最后对于测定得出的数据煤质的分析, 为下一步入炉燃烧提供量化的参考, 根据数据进行温度、压力等的控制, 最终达到降低煤耗、保护环境理想效果。

学生签名:

年 月 日

导师意见:

校内外指导教师签名:

年 月 日

二、中期检查与指导

主要学习如何检测煤及炉渣中的全水分、灰分、挥发分、固定碳含量以及发热量和全硫的测定。合肥天源热电有限公司化水部的工程师的指导下，对检测的流程、原理及工艺有了全面的掌握。如在掌握煤的采样方法上，入厂煤的采样主要在卸车后煤堆上进行采样，煤堆上不采取仲裁煤样，必要时在迁移过程中采样的方式采样。采样地点在煤堆上 1000T 原煤应采取的最少子样的数目为 60 个，煤量少于 1000T 时采取的最少子样的数目为 30 个，煤量 2000T 时采取的子样数目为 85 个，煤量 3000T 时采取的子样数目为 104 个，煤量 4000T 时采取的子样数目为 120 个。子样质量根据煤的最大粒径确定，煤的最大粒径由供应商提供，并据此从表中查出子样质量。

最大粒度 (mm)	<25	<50	<100	>100
子样质量 (kg)	1	2	4	5

一般入厂煤的最大粒度为<50mm，每个子样的质量 2Kg。

依据“均匀布点、使每一部分煤都有机会被采出”的原则同时根据煤堆的形状和子样数目，将子样分布在煤堆的顶、腰和底（距地面 0.5 m）上，采样时应先除去 0.2 m 的表面层。在实施过程中需要严格根据上述的方法进行样品采集，以便在检测过程中得出准确的数据作为支撑。

再如在测定煤的全灰分的方法，用分析天平精确称取试样 1 克，置于已知重量的长方形灰皿中，移入预先升至 850℃的高温炉边，将炉门打开，慢慢将试样推入赤热区，其推入速度，使试样不发火冒烟（一般 5 分钟推 1 次）共 3 次推入赤热区，关闭炉门，打开通风孔，维持温度于 815±10℃灼烧 40 分钟，取出，在空气中冷却 5 分钟，然后置于干燥器内冷却至室温称重。然后，又在 815±10℃下灼烧 20 分钟，直到重量变化小于 0.001 克为止。取最后 1 次重量作为计算依据。灰份（%）按照下式计算

$$A_{ad} = [(G_1 - G_2) / G_0] \times 100$$

G1-灼烧后试样与长方形灰皿总重量（g）

G2-长方形灰皿重量（g）

G0-为试样重量（g）

煤的指标检测是项目的一个重要的组成部分，且对于项目的效果有巨大影响，为此工程师们对于检测过程中给予细节的指导纠正，在原理的阐述基础上，教会使用正确的方法进行检测。

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。）

1. 项目描述和对项目的认识

锅炉燃煤是现在供热和发电的主要形式，与人们的生活息息相关。但是在现在的锅炉燃煤中锅炉热效率并不高，主要原因有燃煤的粒度、湿度、质量的不达标，还有锅炉本身也存在一些问题，造成热量流失。本次项目从改善煤的质量入手，以合肥天源热电有限公司的运行机制为操作载体，针对这些影响热效率的因素进行分析，提供改善的新方案，从而确保燃煤质量、使燃煤利用效率更高，创造出更大的经济价值。

2. 项目的具体操作方法

主要分为几个阶段，首先是对入厂煤和炉前煤进行采样和样品制备，其次是对燃煤和炉渣依次进行全水分、灰分、挥发分、固定碳、发热量以及全硫的测定，最后对于测定得出的数据煤质的分析，为下一步入炉燃烧提供量化的参考，根据数据进行温度、压力等的控制。

各个指标的监测方法介绍：

煤样水份测定方法

即：1 在预先干燥并已称量过的称量瓶内称取粒度小于 0.2mm 的一般分析试样（ 1 ± 0.1 ）g，称准至 0.0002g，平摊在称量瓶中。

2 打开称量瓶盖，放入预先鼓风并已加热到（105~110）℃的空气干燥箱中。在一直鼓风的条件下，烟煤干燥 1h。

3 从干燥箱中取出称量瓶，立即盖上盖，放入干燥器中冷却至室温（约 20min）后称量。

4 进行检查性干燥，每次 30min，直到连续两次干燥煤样的质量不超过 0.0010g 或质量增加时为止。在后一种情况下，采用质量增加前一次的质量为计算依据。水分小于 2.00%时，不必进行检查性干燥。测得的结果根据公式 $M_{ad} = (m_1/m) \times 100$ 测得水分含量百分比。式中：

M_{ad} —一般分析试验煤样水分的质量分数，用质量分数表示，%；

M —称取的一般分析试验煤样的质量，单位为克（g）

m_1 —煤样干燥后的质量损失，单位为克（g）

需要注意的是：所取的试样迅速称取，不得停留时间太长；恒温的温度必须保持稳定；阴雨天极其它情况，湿份大于 8%时，烘烤时间可以适当延长 5~10 分钟，并再烘 16 分钟搅拌 1 次，搅拌时间试样不得损失；试样盘禁止放在烘箱最低层隔板上。

煤样中灰份的测定方法

即：用分析天平精确称取试样 1 克，置于已知重量的长方形灰皿中，移入预先升至 850℃ 的高温炉边，将炉门打开，慢慢将试样推入赤热区，其推入速度，使试样不发火冒烟（一般 5 分钟推 1 次）共 3 次推入赤热区，关闭炉门，打开通风孔，维持温度于 $815 \pm 10^\circ\text{C}$ 灼烧 40 分钟，取出，在空气中冷却 5 分钟，然后置于干燥器内冷却至室温称重。然后，又在 $815 \pm 10^\circ\text{C}$ 下灼烧 20 分钟，直到重量变化小于 0.001 克为止。取最后 1 次重量作为计算依据。

最后用公式 $A_{ad} = [(G_1 - G_2) / G_0] \times 100$ 进行计算并记录数据，式中

G_1 —灼烧后试样与长方形灰皿总重量（g）

G_2 —长方形灰皿重量（g）

G_0 —为试样重量（g）

需要注意的是：在放试样的过程中应慢慢将试样放入炉内（应避免外爆和冒火燃烧）；试样在灰化过程中，放在赤热区，不得在炉门口；试样在炉门口停留时间不得过短（不少于 15mm）；炉内必须有充足的通风条件。

挥发份的测定方法

即：1 用分析天平精确称取试样 1 克，置于预先在 900℃ 下灼烧恒重的挥发坩埚中，然后将坩埚轻轻震动，试样摊平后加盖，并放在坩埚架上；2 将高温炉预先加热到 920℃，打开炉门，迅速将坩埚架子移入炉内恒温区，关好炉门，加热 7 分钟，打开炉门时，炉温会有所下降，但要求 3min 内恢复到 $900 \pm 10^\circ\text{C}$ ，否则此试验作废；3 从炉中取出坩埚，在空气中稍冷后放入干燥器中，冷却到室温，称重。将得出的数据按照 $V_{ad} = (G_1 / G_2) \times 100 - M_{ad}$ 公式计算出挥发份（%）式中：

G_1 ——试样加热后的减重（克）

G_2 ——试样的重量（克）

M_{ad} ——分析试样的水份含量（%）

最后，测定挥发份后所得的焦渣特征，按下列规定加以区分并记录：

粉状——全部粉状，没有互相粘着的颗粒；

粘着——用手指轻碰即成粉状，或基本上是粉状，其中有较大团块团粒，轻碰即成粉状；

弱粘结——用手指轻压即碎成小块；

不熔融粘结——以手指用力压裂成小块，焦渣上表面无光泽，下表面稍有银白色光泽；

不膨胀熔融粘结——焦渣形成扁平的饼状，煤粒的界限不易分清，表面有明显银白色金属光泽，焦渣下表面的银白色光泽更明显；

微膨胀熔融粘结——用手指压不碎，在焦渣上下表面均有银白色金属光泽，但在焦渣的表面上具有较小的膨胀泡（或小气泡）；

膨胀熔融粘结——焦渣上，下表面有银白色金属光泽，明显膨胀，但高度不超过 15mm。

通常为了简便起见，可用上述序号做为各焦渣特征的代号。

需要注意的是：在实验开始温度会有变化，这种变化应在实验前 3min 停止，后 4min 必须使温度固定在 $900 \pm 10^\circ\text{C}$ 的限制，如果后四分钟温度变化超过和低于 $900 \pm 10^\circ\text{C}$ 的限制，则应重新实验；测定前关闭通风孔；将测定结束后的残渣倒出，坩埚灼烧在高温炉内

固定碳的计算方法

根据公式 $\text{FC}_{\text{ad}} = 100 - (\text{M}_{\text{ad}} + \text{A}_{\text{ad}} + \text{V}_{\text{ad}})$ ，式中

FC_{ad} —分析试样的固定碳，%

M_{ad} —分析试样的水份，%

A_{ad} —分析试样的灰份，%

V_{ad} —分析试样的挥发份，%

发热量的测定方法

发热量的测定程序稍微复杂，需要做好检测前的准备工作，即：测定可燃物质的发热量，是将一定量的试样置于密封的氧弹中，在充足的氧气条件下，令试样完全燃烧，燃烧所放出的热量被氧弹周围一定的水（即内桶水）和量热系统所吸收，其水的温升与试样燃烧放出的热量成正比。量热系统：指发热量测定过程中，试样放出的热量所能达到的各个部件。除了内桶水外，还包括内桶，氧弹及搅拌器，感温探头浸于水中的部分。用恒温量热仪测定发热量的过程中，它的内外桶水温总是存在着一定的温差，为了消除内外桶的热交换对温升的影响，须对内桶温升加上一校正正值，称之温升冷却校正正值，用符号 C 表示。

弹筒发热量计算公式为： $Q_b = [E(t_n - t_0 + c) - q_1 - q_2] / G$

式中： Q_b —弹筒发热量（J/g）

G—试样质量（g）

t_0 —量热系统的起始温度（ $^\circ\text{C}$ ）

t_n —量热系统吸收试样放出的热量后的最终温度（ $^\circ\text{C}$ ）

E—量热仪的热容量（J/K）

q_1 —点火丝热值

q_2 —添加物热值

需要注意的是量热仪的操作即：

1 装样：将氧弹头挂于氧弹支架上，将装有样品的坩埚放在坩埚架上，装好点火丝，点火应与样品接触良好或保持微小的距离（对易飞溅和易燃的煤），并注意勿使点火丝接触坩埚，以免形成短路而导致点火失败，甚至烧毁坩埚及坩埚架。往氧弹中加入 10ml 蒸馏水。小心拧紧弹盖，注意避免坩埚和点火丝的位置因受振动而改变；

2 充氧：向上拉动“活动套”将手持式充氧仪套在氧弹头上，然后放下活动套，确保充氧仪锁牢，用手指推动“推杆”，即自动充氧，待充氧仪上表指针稳定后再保持 15s 左右即可。将氧弹放入内桶中的三脚架上，盖好上盖按“开始试验，输入“编号，样重”等数据后按“开始试验”即可（注意：以上操作过程应尽量少振动氧弹，以避免坩埚和点火丝的位置因受振动而改变，造成点火失败或烧毁坩埚。）；

3 试验结束：取出氧弹，用放气阀将气体排尽，取出氧弹头，将氧弹各部件清洗干净，并擦干，坩埚放在电炉上烤干并冷却后待用（注意：清洗氧弹的水要用与室温接近的水，以免氧弹的温度与恒温桶内的水温相差太大，而影响下次试验结果。）；

4 重复上述过程直到所有试验完成后，并关闭各部件电源，关闭钢瓶总阀门，盖好仪器盖布。

弹筒硫的测定

发热量的测定结束后，取出氧弹放气，将氧弹内的吸收液移至 200 mL 烧杯中，用尖嘴洗瓶将氧弹内部、坩埚内外表面和燃烧残渣冲洗三次，但要注意冲洗时用水要少，不要将水冲进氧弹盖上的电极孔。将所有洗液合并于吸收液的烧杯中，总体积不超过 100 mL，然后将吸收液煮沸 1-2 分钟，取下稍冷后移至 250mL 锥形瓶中，作为分析试液。往分析试液中滴入 2 滴 0.2%甲基红指示剂，用 0.1N 氢氧化钠标准溶液滴定至分析液由红色变为黄色即为终点读数。

然后按下式计算弹筒硫含量。

$$S_{b, ad} = (cV/G - \alpha Q_{b, ad}/59.8) \times 1.6$$

$$S_{b, ar} = S_{b, ad} \times (100 - M_t) / (100 - M_{ad})$$

式中 $Q_{b, ad}$ ——分析试样的弹筒发热量，MJ/Kg；

c ——氢氧化钠标准溶液的当量浓度(0.1N)；

V ——滴定用去的氢氧化钠标准溶液的体积，mL；

G ——煤样的重量，g；

59.8——1mmol 硝酸的生成热，J；

α ——硝酸校正系数，

$Q_{b,ad} \leq 16.70 \text{ MJ/Kg}$ 时 $\alpha = 0.0010$,

$16.70 \text{ MJ/Kg} < Q_{b,ad} \leq 25.10 \text{ MJ/Kg}$ 时 $\alpha = 0.0012$,

$Q_{b,ad} > 25.10 \text{ MJ/Kg}$ 时 $\alpha = 0.0016$

(若煤中全硫含量低于4%，可用弹筒硫代替全硫。)

需要注意的有：

1 自动恒温桶要求使用蒸馏水或去离子水，不得用自来水；

2 个月左右更换 1 次自动恒温桶的水，但当发现桶内水中有脏物时，应立即换水，以免造成阀门关闭不严而影响结果。其中加水准备 30 升蒸馏水或去离子水，准备 1 个容器放在溢流口处，然后运行测试程序。用引水管从内桶加入准备好的水，加到内桶的 2/3 时，打开“放水泵”至溢流口有水溢出，再打开“进水泵”，退出“仪器测试”画面。将空氧弹放入桶进入“工作测试”进行 1 次模拟试验，让其溢出多余的水。放水时，准备两个容器。将自动恒温桶前移至第一排着地螺丝悬空，拧开桶底部的两个放水孔螺帽即可放水，放完后拧紧放水口螺帽；

换水结束 24 小时后，必须做仪器热容量标定及准确性校核，正常后仪器才能投入使用。

3 氧气纯度 $\geq 95\%$ ，不得使用电解氧而应使用冷却氧。钢瓶压力要求 $\geq 4 \text{ Mpa}$ ，减压阀压力要求调到 $2.83 \sim 3 \text{ Mpa}$ ，表的量程要有 6 Mpa 。充氧时当充氧仪压力表稳定后，需继续保持 15S；

4 量热仪对环境温度要求较高，一次试验过程室温变化小于 1°C ，且室温与恒温桶内水温相差应小于 1.5°C ；

5 有空调或用电炉，暖气取暖的试验室不得时开时关，更不得上班开，下班关，仪器放置时不要靠近暖气片或空调风直吹的地方；

6 氧弹必须 2 年 1 次检定 20 Mpa 水压试验， 4 Mpa 气压试验；

7 仪器操作人员应有一定的计算机操作知识。

煤中全硫的测定

在测定煤中全硫含量之前，需要对其原理有一个基本的了解，在原理的基础上进行实验的操作。

主要运用的原理是：进行电解反应时，在电极上发生的电化学反应与溶液中通过电量的关系，可以用法拉第电解定律表示，即：

①. 某物质于电极上析出的量与通过该体系的电量成正比；

②. 通过相同的电量时电极上所沉积的各物质的量与该物质的化学当量成正比。

用公式表示为：

$$w = \frac{M}{n \cdot 96487} i t$$

式中：W—电解时于电极上析出物质的量(g)；

M—物质的摩尔质量；

n—为电解反应时电子的转移数；

i—电解时的电流(A)；

t—为电解时间(S)；

96487—法拉第常数。

根据电解过程中所消耗的电量来求得被测物质含量的方法，称为库仑分析法。利用上述电解反应来进行分析时，可测量电解时通过的电量，由式(1)计算反应物质的量，即为库仑分析法的基本依据。

由于可以精确地测量分析时通过溶液的电量，故可得到准确度很高的结果。可用于微量成分的分析。

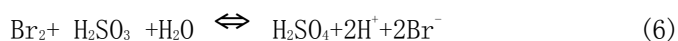
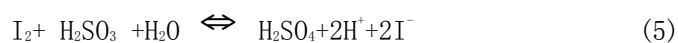
库仑滴定：是建立在控制电流电解过程基础上的。从理论上可按下述类型进行：

- ①. 被测定的物直接在电极上起反应；
- ②. 在试液中加入大量物质，使此物质经电解反应后产生一种试剂，然后被测定的物质与所产生的试剂起反应。

按第二种类型进行，不但可以测定在电极上不能直接起反应的物质，而且还易于使电流效率达到100%。

库仑滴定是在试液中加入适当物质后，以一定强度的电流进行电解，使之在工作电极(阳极或阴极)上电解产生一种试剂，此试剂与被测物发生定量反应，当被测物反应作用完毕，用适当的指示方法指示终点并立即停止电解。由电解进行的时间 t(s) 及电流强度 I (A), 可按法拉第电解定律式(1)计算出被测物的重量 W (g)。

当煤样在 1150℃ 及催化剂作用下于空气流中燃烧分解，煤中的硫会转化成硫氧化物（主要为二氧化硫）被空气流带到电解池中，与水反应生成亚硫酸，以电解碘化钾和溴化钾所生成的碘和溴与亚硫酸反应：



根据上式可得到这样的结论：

电解产生的 I_2 及 Br_2 所消耗的电量相当于产生的 H_2SO_3 量，而每个当量的 H_2SO_3 量相当于一个当量的硫，故可根据法拉第电解定律式（1）求得煤样的含硫量为：

$$\begin{aligned}w &= \frac{M}{n96487} it \\&= \frac{32}{2 \times 96487} it \\&= \frac{16}{96487} it (\text{克}) \\&= \frac{16 \times 1000}{96487} it (\text{毫克})\end{aligned}$$

式中：32—硫的摩尔质量；

2—电解反应时电子的转移数；

i—电解时的电流 (A)；

t—电解时间 (S)。

换算成百分含量则为：

$$\begin{aligned}S_{t,ad} \% &= \frac{W}{G} \times 100\% \\&= \frac{16 \times Q \times 100}{96487 \times G}\end{aligned} \quad (7)$$

式中：Q—库仑电量（毫库仑）；

G—试样重量（毫克）。

在理解原理的基础之上，再按照检测步骤进行操作

1、首先配制电解液当电解液混浊不清或 PH 值 <1 时，需重新配制电解液。

配制方法：碘化钾 5g，溴化钾 5 g，溶入 250-300 mL 的蒸馏水中，然后加入 10mL 的冰乙酸，使溶液的 PH 值近似于 1。

2、按顺序打开打印机、计算机、测试仪主机的电源开关。

3、运行测试程序，即进入程序的主界面。

4、进入“实验控制”菜单执行“温度测试”功能，仪器开始升温。

5、在升温的时间里（大约 30 分钟左右），可做一些准备工作：如电解液混浊不清或 PH <1 需重新配制电解液，进行电解液配制。

称煤样：煤样的粒度应小于 0.2mm，先将煤样混合均匀，再称取煤样，煤样重量为 50mg 左右，称准到 0.2mg，为了获得较好的平行性，同一试样称取的重量应尽量相近。在用同一把勺子挖多种试样时，必须擦干净，尤其是硫含量差别大的试样。试样称好后应马上使用，不能马上使用的

试样应放于干燥塔内，在称好的煤样上均匀加盖一薄层三氧化钨。

6、当炉温升到 1100℃左右时，此时打开放样小口，打开气泵/搅拌开关，打开高温炉与电解池之间的过滤开关上的阀门，在一边抽气的情况下，从电解液的放液口中抽入电解液约 250mL（电解液不宜加得过满，一般超过电极片 3cm 左右即可），夹紧放液管，调节流量计为 1000mL/min 左右。

7、关闭过滤开关上的阀门，观察流量计的浮子应慢慢下降，如能降到 400mL/min 以下则气密性良好。然后再打开过滤开关上的阀门。

8、当炉温升到 1150℃时即可进行实验，首先必须做 1-2 个废样，使电解液达到平衡状态（如电解液放置时间过长（颜色较深），则需使用硫含量较高的样品作废样，确保电解液达到平衡状态），然后才能做正式试样，做样时，将称好的试样（瓷舟）放入送样杆上的石英舟内，输入样重后按 F2 键即可。

注：一批试样最好连续做完，如中间间断比较长时间（超过 15 分钟），须加做 1 个废样再继续做实验。

9、整个实验结束后，按“停止实验”退回到程序的主界面，此时仪器停止加温。

10、关闭气泵/搅拌开关，拔掉电解池上的抽气管，将电解液放出，接好电解池上的抽气管，并抽入蒸馏水，打开气泵/搅拌开关清洗电解池后再将水放干净。

11、退出测试系统程序，关闭测硫仪主机电源，然后再关闭计算机。

注意：进行测试前，仪器必需预热半小时以上，否则可能会使测试结果不准确。

最后，将得到的数据进行收集填表记录，点击工具栏中“数据打印”。直接打印当前查询到的所有数据。不想打印的数据可以通过双击该数据来将其剔除，打印的格式是固定的，要按照其他格式打印您可以利用数据导出把您所查询到的数据保存为 Excel 文件，再利用 Excel 进行打印。

锅炉灰、渣中可燃物的测定

即：炉渣在渣库入口取，取回的试样，人工破碎至<6mm 后，取 100g±用粉碎机粉碎至粒径小于 0.2mm 待测，称取一定量的炉渣，使其在 815±10℃下灰化。根据其减重计算灰渣中的可燃物含量。

具体步骤为：用分析天平准确称取已制好的粒径小于 0.2mm 的炉渣或取回的炉灰试样 1g 置于已知重量的长方形灰皿内，并摊平，然后置于预先加热到 815±10℃的高温炉炉口，几分钟后，直接把灰皿推至高温带，灼烧 30 分钟，取出，冷却 2~3 分钟，立即移入干燥器内，冷至室温后，称重。炉渣中的可燃物含量（%）按公式 $CR = G_1/G \times 100$ 进行计算，式中

CR—炉渣、灰中可燃物的含量，%

G_1 —炉渣、灰灼烧后的损失重量，克

G—称取炉渣、灰的重量，克

需要注意的是：试样不得有潮湿现象；试样放入炉内时，首先在炉门预热两分钟；取出的试样，不得在空气中冷却时间太长。

3. 取得成果及存在问题

针对电煤煤质的分析，煤质燃烧特性的分析以及不同煤质燃烧对磨煤机、电除尘、以及其他运行设备和状况的影响分析已经成为解决火电厂成本，提高经济和环保效益方面研究的一个重要方向。本次项目的研究是针对天源热电有限公司的原煤及煤渣特性展开的，研究周期共一个月，在接受安全教育后，在该公司的化水部展开数据的收集工作，对燃煤和炉渣依次进行全水分、灰分、挥发分、固定碳、发热量以及全硫的测定，为提高燃煤效率提供数据参考。

但在实际操作过程中，由于实验环境和条件的限制，使得实验结果存在偏差，需控制在合理的范围内，且由于实验测定项目较多，很难按照理想的操作流程进行操作；随着实验的智能化和人工操作环节的减少，人为以及自然条件引起的偏差将进一步减少。

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