

## 2016 年全国职业院校技能大赛高职组

### “大气环境监测与治理技术”竞赛试题

#### (技能部分)

场次:

工位号:

过程裁判:

试题	一	二	三	四	五	六	总分
得分							
裁判							
复核							
监督							

#### 选手须知:

1. 任务完成总分为 120 分，任务完成总时间为 4 小时。
2. 参赛队应在 4 小时内完成任务书规定内容。比赛时间到，比赛结束，选手应立即停止操作，根据裁判要求离开比赛场地，不得延误。
3. 竞赛试题包含文字及附图、附表。如出现缺页、字迹不清等，立即向裁判提出更换。
4. 在计算机上完成的各种图形文件、系统生成的运行记录或程序文件必须存储到指定的磁盘目录及文件夹下。
5. 选手提交的试卷用工位号标识，不得出现身份信息。
6. 工作任务由选手自由分配按时完成。但安装或调试未完成的，不得进行通电运行。
7. 比赛中如出现下列情况时另行扣分：
  - (1) 在完成工作任务过程中更换的器件，经裁判检测确认不是人为损坏，由裁判长确定更换；如果确认器件正常，每更换 1 次器件扣 3 分。
  - (2) 比赛现场由于选手误操作，导致设备中的水、有害气体溢出，则每次扣 10 分。
  - (3) 因违规操作而损坏赛场设备及部件扣分标准：PLC 主机、变频器扣 10 分/台，仪表及工量具、传感器等扣 5 分/件，其它设施及系统零部件（除螺丝、

螺母、平垫、弹垫外）扣 2 分/个。后果严重的取消竞赛资格。

（4）扰乱赛场秩序，干扰裁判的正常工作扣 10 分，情节严重者，经执委会批准，由裁判长宣布，取消参赛资格。

（5）带电操作，提醒一次不扣分，第二次扣 5 分，最多扣 5 分。

（6）在完成工作任务过程中，因操作不当导致触电扣 10 分。

8. 任务书中需裁判确认的部分，参赛选手须先举手示意，由裁判签字确认后有效。

9. 记录附表中数据用黑色水笔填写，表中数据文字涂改后无效。

10. 以上所有扣分项均必须经过裁判长确认方可扣分。

## 任务一、 烟气处理系统部件、管道、传感器安装连接

在“THEMDQ-1 型 大气环境监测与治理技术综合实训平台”平台上，参赛选手根据系统监测点分布图（附图 1），螺旋输送机装配图（附图 2），补气管道安装示意图（附图 3），皮托管安装示意图（附图 4），采样枪安装示意图（附图 5）和赛场提供的零部件，完成相应系统的连接与安装。

### 1. 布袋除尘器系统安装连接。

利用提供的布袋、底座、抱箍等相关配件及工具，完成布袋的安装。

功能要求：

（1）滤袋安装数量为 3 个，滤袋安装要笔直牢固，无扭曲，安装后滤袋的高度为  $750\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。

（2）安装牢固，工艺美观，密封性好，正确使用螺丝、垫片（弹垫、平垫）、硅胶垫（密封用）、工具等，把检修门、顶封盖安装完整。

（3）运行后，布袋除尘器的压降不得小于  $35\text{Pa}$ 。

### 2. 发尘系统安装连接。

参赛选手根据附图 2 以及提供的驱动装置、旋转螺旋轴、轴承、壳体等相关配件及工具，完成发尘系统的安装与连接。

（1）螺旋机构与壳体内表面之间要保证一定的间隙，即正常运行时无磨擦，无死角。

（2）联轴器固定牢靠，运行时不能有打滑现象。

（3）疏松电机的接线盒应朝向设备后面，而加料口则位于疏松电机的正前方。

（4）安装牢固，工艺美观，密封性好，正确使用螺丝、垫片（弹垫、平垫）、硅胶垫（密封用）、工具等。

### 3. 补气泵输气管道安装连接及气管管路连接。

参赛选手根据附图 3 和附图 1，完成补气泵输气管道的安装和二氧化硫输入系统、稀释风风管及氧化风风管的连接。

功能要求：

（1）流量计要求贴面安装，并与平台上流量计支架立档平行。

（2）管道横平竖直，简洁美观，且被固定于管路支架上。

- (3) 止回阀方向顺着气流方向。
- (4) 生料带缠绕要整齐干净，且接头无漏气现象。
- (5) 运行时，管路不能与钢架发生碰撞，产生过大杂音。
- (6) 用 $\Phi 10$ 的PU管完成二氧化硫输入系统的连接。要求正确连接质量流量控制器的进出口，气路顺畅，工艺美观。
- (7) 用 $\Phi 16$ 的PU管完成二氧化硫稀释风管路和碱液池氧化风管路的连接。要求正确连接构件的进出口，气路顺畅，工艺美观。

#### 4. 传感器和相应测压管路的安装连接

参赛选手根据附图 1、4、5 所提供的监测点分布图和安装图，完成传感器和相应管路的安装连接。

(1) 根据附图 1，将皮托管装于点 0907 处；采样枪装于点 0908 处；温湿度 1 装于点 0701 处；温湿度 2 装于点 0703 处；风速传感器 1 装于点 0403 处；风速传感器 2 装于点 0404 处；二氧化硫传感器 1 装于点 1003 处。

功能要求：要求风速传感器的测量点的开口要正对着气流方向，其偏差不得大于  $5^\circ$ ，各传感器要求安装位置正确、牢固，无漏气现象，工艺美观，接线正确。

**任务一 表 1 压力传感器暂时安装点记录表**

安装时间	安装点位	过程裁判签字

(2) 根据附图 4，安装好皮托管。要求皮托管安装正确、牢固、密封性好，皮托管测量头的轴线与管道中心线重合，且对着流体流动的方向，其偏差不得大于  $5^\circ$ 。

(3) 根据附图 1，差压传感器 1 检测点 0602；差压传感器 2 检测点 0603 差压；差压传感器 3 接皮托管，检测点 0907 动压。要求选用的硅胶管要合适，正确连接差压传感器的高压与低压接口，气路顺畅，工艺美观。

(4) 根据附图 5，安装好采样枪，要求安装正确、牢固、密封性好，采样枪取样头的轴线与管道中心线重合，且对着流体流动的方向（可通过导向杆判断

枪口的朝向，其中导向杆要求与枪口朝向一致)，其偏差不得大于  $5^{\circ}$ 。滤筒取放要用镊子，并且不能破裂。

(5) 根据附图 5，安装压力传感器，并用  $\Phi 9$  硅胶管完成采样系统连接，要求安装位置正确、牢固，无漏气现象，工艺美观，接线正确。

## 任务二、 烟气处理系统电源线路设计与连接

根据任务书要求，对各烟气处理设备、相关器件配置的电路系统进行线路连接，确认无误后进行电控柜电源通电检测。（注意：以下 1-5 项必须在电控柜断电的情况下完成，如通电连接，造成触电和器件损坏，由参赛者承担。）

1. 根据 PLC 程序(计算机 D:\考试程序\PLC 控制程序)，完善 PLC 端口定义表（见任务二表 1）。

任务二 表 1 PLC 端口定义表			
数字量输入定义		数字量输出定义	
I0.0	无定义	Q0.0	
I0.1	无定义	Q0.1	
I0.2	无定义	Q0.2	
I0.3	无定义	Q0.3	
I0.4	无定义	Q0.4	
I0.5	无定义	Q0.5	
I0.6	无定义	Q0.6	
I0.7	无定义	Q0.7	
模拟量输入定义		模拟量输出定义	
AI1+		AO1+	
AI1-		AO1-	
AI2+		AO2+	
AI2-		AO2-	
AI3+			
AI3-			

AI4+			
AI4-			
AI5+			
AI5-			
AI6+			
AI6-			
AI7+			
AI7-			
AI8+	无定义		
AI8-	无定义		

2. 根据表 1（PLC 端口定义表）完成电气控制柜的线路连接。

要求：导线颜色与插座颜色一致，选取导线长度适中。

3. 选择型号正确的熔断芯（RT14-20/8A）装于熔断器中。

要求：型号正确，设备可正常工作。

4. 参照附图 6 来完成 PH 在线监测仪和疏松电机的接线（注意颜色和编号）。

要求：编号一致，且连接牢固。

5. 完成电气控制柜与监控中心的通讯连接。

要求：通讯正常。

6. 打开控制柜电源，用万用表检测 AC220V 和 DC24V 输出电压。

功能要求：

（1）操作前举手示意裁判，由裁判检查可否通电，并监督其完成操作，签字确认。

（2）正确使用万用表。

7. 任务二技能操作过程记入任务二表 2。

**任务二 表 2 技能操作过程记录表**

项目	实测数据	参赛选手签字确认	裁判确认签字
熔断芯检测			

AC220V 检测			
DC24V 检测			
接地检测			

### 任务三、烟气处理系统调试

参赛选手根据现场竞赛设备和任务书要求，利用提供的器件与工具，完成烟气处理系统程序设计及部件调试。

具体要求如下：

#### 1. 系统程序完善。

完善赛场提供的 PLC 程序，完善后的程序保存在计算机 D:\工位号下。并将保存后的程序下载到 PLC 中。

在 MAIN 程序中网络 13 和网络 14 处补充程序，程序要求：打开炉灯，延时 3s。延时 3s 后打开输送机，并延时 30min，调用关机子程序。

**注意：根据程序前后内容，正确选中定时器号 T 和中间变量 M。**

备注：如参赛选手无法完成，举手示意裁判放弃该任务并在任务三第 1 题放弃操作记录表中签字，由裁判确认后，由裁判长提供完整程序。

#### 任务三 第 1 题 放弃操作记录表

序号	任务三 1.	参赛选手签字确认	裁判确认签字
1	无法完成，放弃		

#### 2. 手动调试。

(1) 按照污染源→机械除尘→过滤除尘→洗涤脱硫→吸附脱硫→烟囱的流程，正确地开关阀门。

(2) 打开 MCGS 工程，进入运行环境，按照监测点分布，在传感器位置选择界面选择正确的安装位置。

(3) 按照正确流程，在系统总图界面点击相应阀门图标，完成阀门切换。

(4) 在系统调试界面完成设备的单机调试：设置电动调节阀的开度为 75%，并检查器件的运行状况（注意风机转向和水泵气蚀）。

(5) 调节稀释风量为  $3.6\text{m}^3/\text{h}$ ；调节氧化风量为  $0\text{m}^3/\text{h}$ ；调节喷淋泵 1#和 2#的喷淋量为  $4.0\text{L}/\text{min}$ ；吸收塔的反冲流量为  $3.0\text{L}/\text{min}$ 。

**任务三 第2题（5）操作记录表**

序号	任务内容	实调数据记录
1	调节稀释风量为 3.6m <sup>3</sup> /h	
2	调节氧化风量为 0m <sup>3</sup> /h	
3	调节喷淋泵 1#喷淋量为 4.0L/min	
4	调节喷淋泵 2#的喷淋量为 4.0L/min	
5	吸收塔的反冲流量为 3.0L/min	

选手签字：

过程裁判签字：

### 任务四、烟气处理系统整体运行

参赛选手根据现场竞赛设备和任务书要求，利用提供的器件与工具，完成部分传感器的标定和参数设置、碱液和气源的配制、整机自动运行等。

1. 根据要求完成在线 pH 仪的参数设置和标定。

（1）将在线 pH 仪通电预热 30min，预热前和结束后，举手示意裁判，记录开始和结束时间并签字。

（2）配制 pH 值分别为 6.86 和 9.18 的标准缓冲液：将相应 pH 缓冲剂粉末倒入 250ml 容量瓶中，配制成标准溶液，待用。

（3）将在线 pH 仪的运行参数按**任务四表 1** 设置。

**任务四 表 1 在线 pH 仪的运行参数设置表**

编号	项目		需设的参数
1	测量模式（Mode）		酸碱度（PH）
2	测温方式（Temperature）		自动测温（ATC）
3	报警设置	Relay-1	关闭功能（OFF）
4		Relay-2	打开功能（AUTO），低位报警（LO）,限值为 6.5，迟滞值为 0.2
5	电流输出（Current）		打开功能(AUTO), 4mA 对应 0pH, 20mA 对应 14pH

（4）在线 pH 仪标定：

1) 将电极用蒸馏水清洗干净并用滤纸吸干，然后将电极插入标准缓冲液



pH6.86 中进行零点标定。待 BUFFER1 界面的电压数稳定，举手示意裁判，进行记录签字后，存入仪表。

2) 将电极从标准缓冲液 pH6.86 中取出，清洗干净并用滤纸吸干，然后将电极插入标准缓冲液 pH9.18 中进行斜率标定。待 BUFFER2 界面的电压数稳定，举手示意裁判，进行记录签字后，存入仪表。

3) 将电极用蒸馏水清洗干净并用滤纸吸干，然后将电极插入标准缓冲液 pH6.86 中进行回测，确认性能正常。

4) 将电极悬挂于水箱角落，使得电极测量头浸入液体中。(尾部出线处切不可浸入液体中)

5) 在线 pH 仪标定技能操作过程记入任务四表 2。

**任务四 表 2 在线 pH 仪标定操作过程记录表**

仪表名称	预热开始时间	裁判签字	预热结束时间	裁判签字	零点标定电压值	斜率标定电压值	回测 pH 值	裁判签字
在线 PH 仪								

## 2. 模拟污染源的控制。

(1) 往粉尘罐中加入四漏斗的滑石粉，并依照监控中心上系统总图界面里显示的电机转速，来调节各个调速器，使两者达到一致。

本部分操作时，请裁判观察并确认符合要求，裁判签字：\_\_\_\_\_

不符合要求裁判不签字。

(2) 打开 SO<sub>2</sub> 气钢瓶，调节安全阀出口压力为 0.06±0.01Mpa。

本部分操作时，请裁判观察并确认符合要求，裁判签字：\_\_\_\_\_

不符合要求裁判不签字。

## 3. 脱硫碱液的配制。

(1) 观察在线物位计的数值，并记录在表 6 中。(在线物位计值精确到小数点后两位)

(2) 通过给定的药品试剂和水样数据，在碱液箱内配制 0.01mol/L 的 NaOH 溶液。(NaOH 的摩尔质量为 40g/mol)

(3) 用在线 PH 测定仪测定水质中 PH 值，并记录在相应的任务四表 3 中。(PH 值精确到小数点后一位)。

任务四 表3 水样原始数据记录表

序号	项目		数值	
1	碱液箱内部底面尺寸（mm）		长：540	宽：400
2	水样深度（m）			
3	水样体积（L）			
4	药剂量（g）			
5	水样 pH 值	理论值		
		实际值		
6	确认签字	选手签字：	裁判签字：	

4. 仪器参数设置。

（1）完善调速器参数表（任务四表4），并完成相应参数设置。

任务四 表4 调速器参数设置表

序号	参数码	参数功能	修改值		备注
			输送机调速	搅拌机调速	
1	F-01	显示内容	2	2	
2	F-02	倍率设定			倍率值可参照减速箱上的标签
3	F-03	运行控制方式	3	3	
4	F-05	旋转方向	2	1	
5	F-06	速度调整方式	2	2	

（2）完善变频器参数表（任务四表5），并完成变频器的参数设置。

任务四 表5 变频器参数表

序号	参数	参数名称	设置值	备注
1	P1	上限频率（Hz）	50	
2	P3	电机额定频率		参照引风机电机铭牌
3	P7	加速时间	5	
4	P9	电机的额定电流		参照引风机电机铭牌
5	P117	PU 通讯站号	3	

（3）系统运行前，对照系统调试界面面上的监控数据，将下列传感器中检测

数据不在-0.2~0.8 之间的进行调零处理。用电脑键盘上的截屏键（Print Screen）截取系统调试界面全屏，粘贴在“画图”工具上，并存档（截屏说明见附录 7）。举手示意裁判确认签字，见**任务四表 6**。（存在 D:\工位号的目录下，命名为“原始数据”）

**任务四 表 6 传感器调零确认表**

序号	传感器名称	零点值
1	1#差压传感器	
2	2#差压传感器	
3	3#差压传感器	
4	质量流量控制器	

选手确认：

裁判确认：

5. 整机运行。裁判确认时间后，通过监控中心的系统调试界面开启自动运行模式，完成整套系统的自动控制运行。同时，自动运行结束，也需由裁判在**任务四表 7** 确认任务完成。

**任务四 表 7 自动运行起止时间确认表**

开始时间		选手签字		裁判签字	
结束时间		选手签字		裁判签字	
出现故障		选手签字		裁判签字	

## 任务五、烟气处理系统污染因子监测

根据任务书要求，对各烟气处理设备系统运行过程中污染因子进行监测并记录。注意：必须等自动运行时间超过 5min，系统趋于稳定后，才能对风管内状况进行检测。（相关公式见附录 8）

1. 管道中粉尘浓度监测及数据计算。

（1）粉尘采样器的操作使用

1) 用镊子选取滤筒，用记号笔写上工位号，并将其置于恒温箱中烘 5 分钟，取出称量后待用。

2) 将滤筒无损地置于采样枪中，连接系统，并保证采样枪的密封性。

3) 开启粉尘采样器，按照计算结果调节采样流量（采样流量应在 14-16L/min），

并设置采样时间为 15min。

4) 无损地取出滤筒后，再次进行烘干称量，烘干时间为 5min。

以上数据确定后示裁判并填入任务五表 1 中。

**任务五 表 1 粉尘采样器操作过程记录表**

项目	采样前 滤筒重 量 (g)	镊子 取放 滤筒	采样前滤 筒烘干起 止时间	采样流量 (L/min)	采样时间 设置 (15min)	采样后滤 筒烘干起 止时间	采样后 滤筒重 量 (g)	烟尘浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
数据 记录		放□	起:		是□	起:		
		取□	止:		否□	止:		
裁判 签字								

(2) 记录并计算相关参数，确定采样流量。

1) 在指定地点，从空盒气压表上读取大气压  $B_a$

2) 利用温湿度 2 测定采样点温度  $t_s$ 。系统调试界面截屏，并存在 D:\工位号的目录下，命名为“采样点温度”。

3) 利用差压传感器 3，检测皮托管静压侧与大气的压差，来得到采样点的相对静压  $P_s$ 。系统调试界面截屏，并存在 D:\工位号的目录下，命名为“相对静压”。

4) 利用差压传感器 3，检测皮托管静压侧与全压侧的压差，来得到采样点的动压  $P_{di}$ ，并根据公式计算采样点风速  $V_{si}$ （注：毕托管修正系数  $K_p$  取 1）。系统调试界面截屏，并存在 D:\工位号的目录下，命名为“采样点动压”。

5) 利用压力传感器测得的流量计前压力  $P_f$  和双金属温度计测得的流量计前温度  $t_r$ ，利用公式计算采样流量  $Q'_r$ （采样流量在 14-16L/min）。系统调试界面截屏，并存在 D:\工位号的目录下，命名为“表前压力”。

以上数据确定后示裁判并填入任务五表 2 中。

**任务五 表 2 粉尘采样器数据记录表**

项目 名称	当地气 压(Pa)	气体 含湿 量(%)	采样点 温度 (℃)	采样点 相对静 压 (Pa)	采样点 动压 (Pa)	采样点 风速 (m/s)	流量计 前温度 (℃)	流量计 前压力 (Pa)	采样 流量 (L/min)
----------	--------------	------------------	------------------	----------------------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------------	---------------------

时间 记录									
数据 记录		5.2							
裁判 签字									

2. 系统自动运行 20 分钟后，打开系统总图界面，截屏保留数据。同时根据截屏数据进行记录、转化及计算，并填写**排放监测数据表（任务五表 3）**与**烟气排放监测日报表（任务五表 4）**，并示意裁判签字确认。备注：基准氧含量  $\phi'(O_2)$  为 9%。（系统总图界面截屏，并存在 D:\工位号的目录下，命名为“排放监测数据”）。

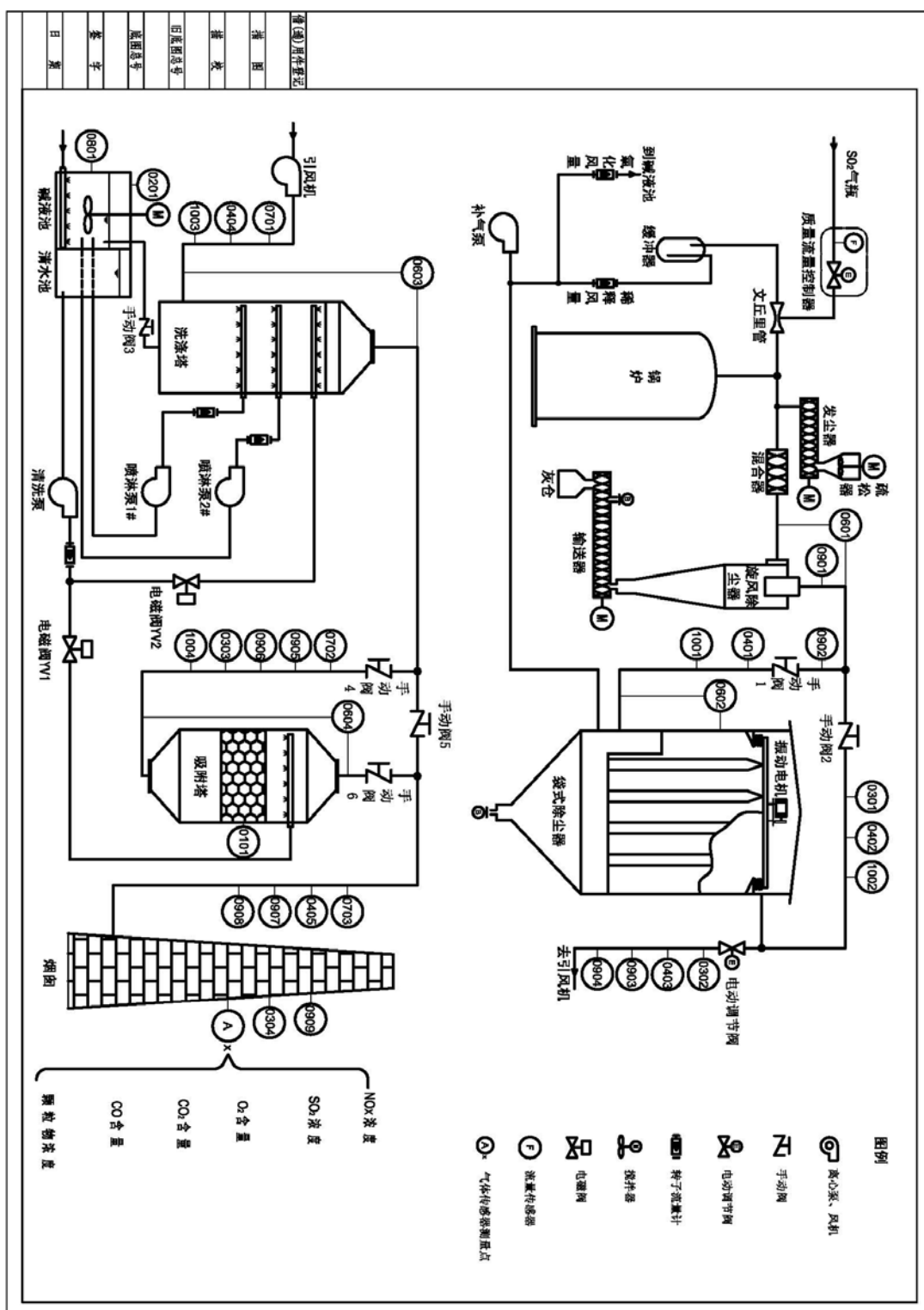
**任务五 表 3 排放监测数据表**

项目	数据记录时间	SO <sub>2</sub> 浓度	NO <sub>x</sub> 浓度	O <sub>2</sub> 浓度	CO <sub>2</sub> 浓度	CO 浓度	颗粒物 浓度	湿排气 流量	湿排气 温度	湿排气 压力	湿排气 含湿量
原始数据 (带单位填写)											
裁判 签字											

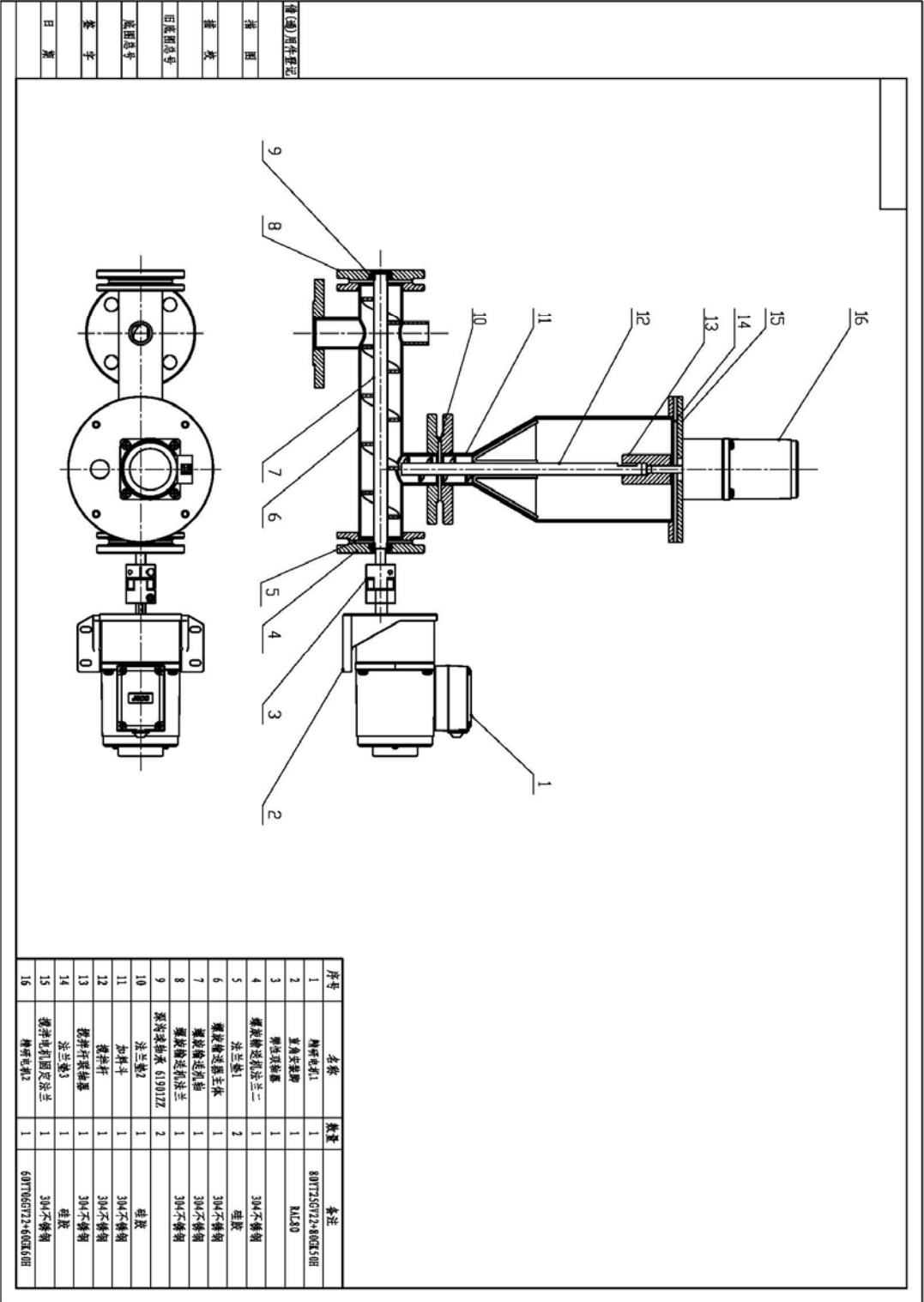
**任务五 表 4 烟气排放监测日报表**

项目	日期	颗粒物			SO <sub>2</sub>			NO <sub>x</sub>			标干流量(Nm <sup>3</sup> 干/d)
		排放 浓度 mg/m <sup>3</sup>	折算 浓度 mg/m <sup>3</sup>	日排 放量 g/d	排放 浓度 mg/m <sup>3</sup>	折算 浓度 mg/m <sup>3</sup>	日排 放量 g/d	排放 浓度 mg/m <sup>3</sup>	折算 浓度 mg/m <sup>3</sup>	日排 放量 g/d	
数据											

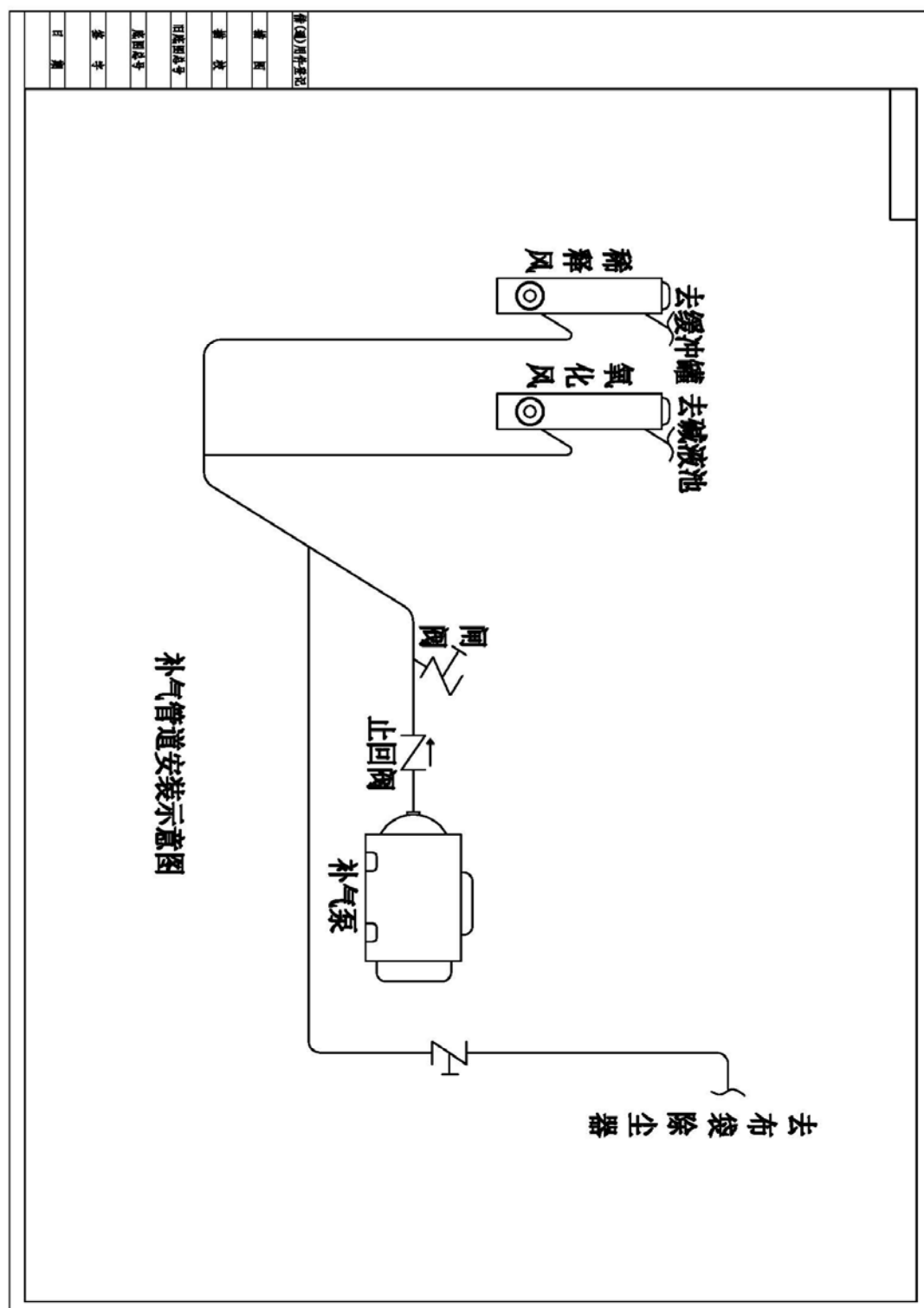
附图 1: 系统监测点分布图



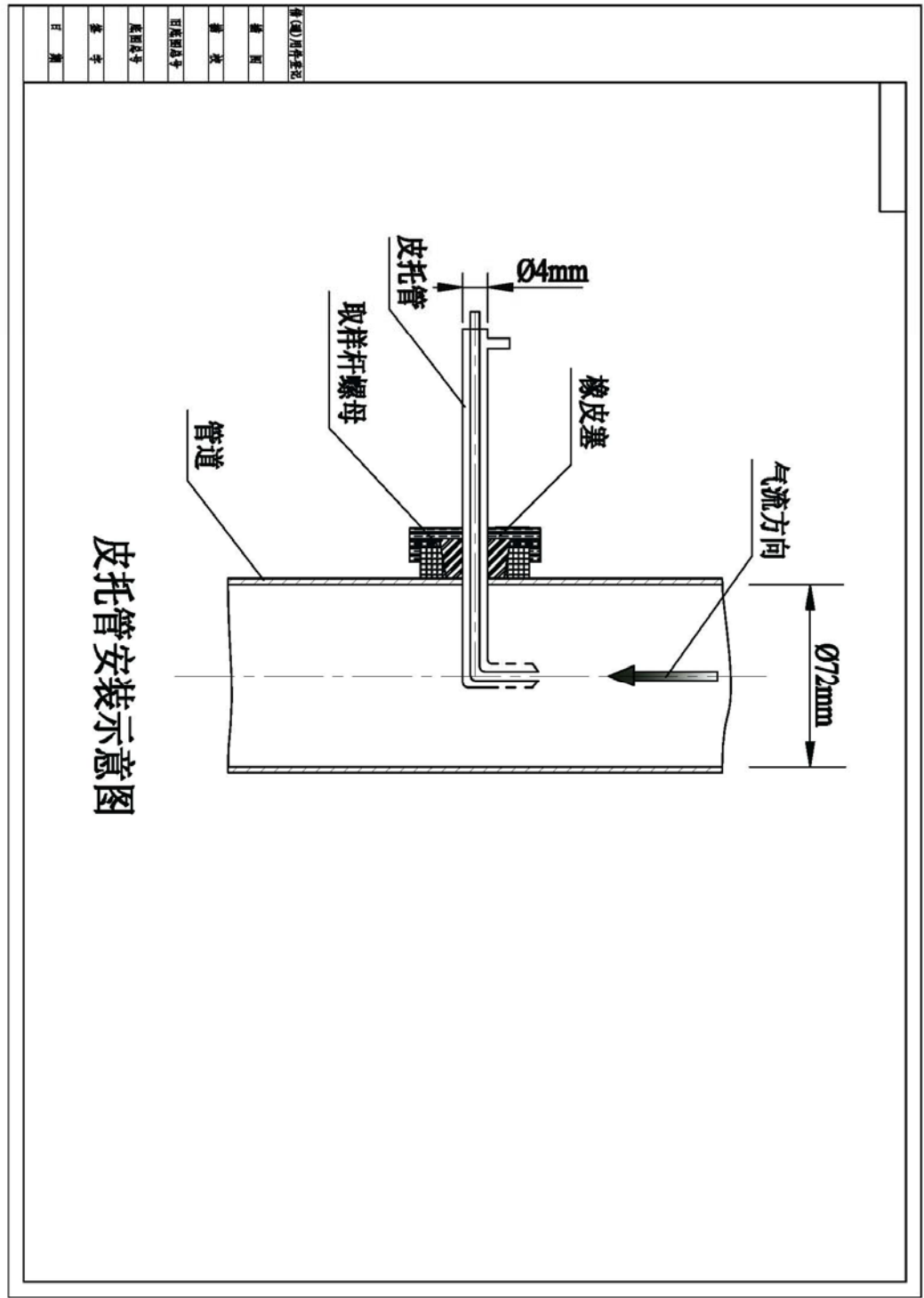
附图 2：螺旋输送机装配图



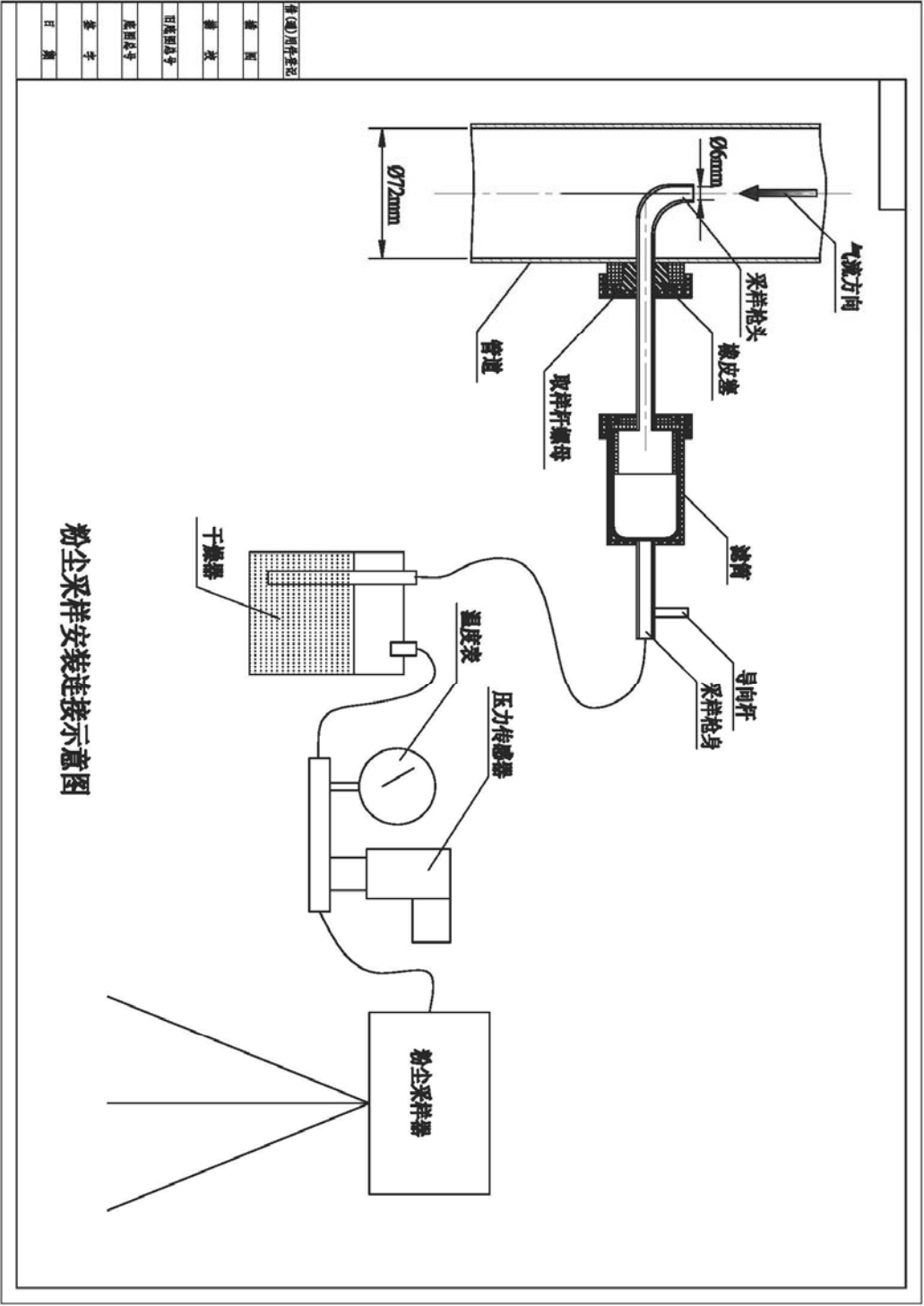
附图 3: 补气泵管道安装示意图



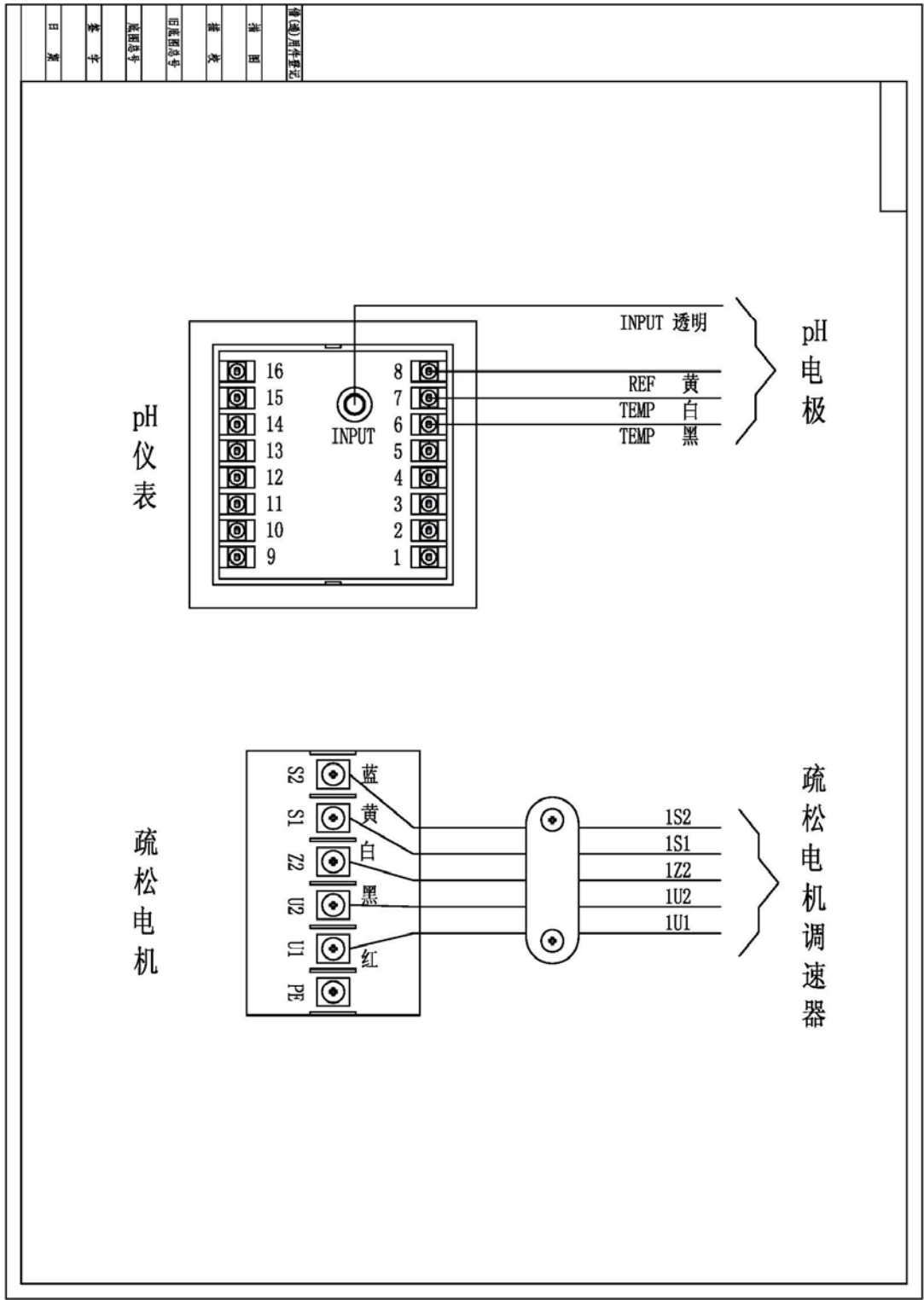




附图 5：采样枪安装示意图



附图 6：仪器接线图



---

## 附录 7：截屏功能说明

在键盘右上侧有一个键 **print screen** 键(打印屏幕)，可以用它将显示屏显示的畫面抓下来，复制到“剪贴板”中，然后再把图片粘贴到“画图”之类的图像处理软件中，进行编辑处理后保存成图片文件，或粘贴到支持图文编辑的应用软件里直接使用。

- 1.将所要截取的画面窗口处于 windows 窗口的最前方（当前编辑窗口）；
- 2.按键盘上的“**Print Screen**”键，系统将会截取全屏幕画面并保存到“剪贴板”中；
- 3.打开图片处理软件（如“画图”），点击该软件工具栏上的“粘贴”按钮或编辑菜单中的“粘贴”命令，粘贴到该软件编辑窗口中（画布上），编辑图片，保存文件到指定文件夹里。

## 附录 8：计算公式

### 1. 温度

温度的测定，在一般情况下可只测定中心点温度。本系统配置的测温仪器为铂热电阻和温湿度传感器。

### 2. 压力

本系统提供的压力检测方式有两种，一种是由压力传感器直接测量，另一种是用连接微差压传感器的皮托管进行测量。

### 3. 压差

两点之间的压力降采用微差压传感器来测量。使用前，应先用小一字螺丝刀校正一下零点，保证在无压差环境下仪表数值为 0Pa。

### 4. 湿度（含湿量）

烟气湿度的测定可采用干湿球法或冷凝法。其中干湿球法所用仪器为干湿球温度测量装置（注意：本系统配置的温湿度传感器所测湿度为相对湿度，与含湿量不同）。

烟气含湿量的体积百分比按式（8-1）计算

$$X_{sw}(\%) = \frac{P_{bv} - C(t_c - t_b)(B_a + P_b)}{B_a + P_s} \times 100 \quad (8-1)$$

式中：X<sub>sw</sub>——烟气含湿量，%；

P<sub>bv</sub>——温度为 t<sub>b</sub> 时饱和水蒸气压力，Pa；

t<sub>c</sub>——干球温度，℃；

t<sub>b</sub>——湿球温度，℃；

P<sub>b</sub>——通过湿球表面时的烟气表压力，Pa；

P<sub>s</sub>——测定点烟气静压，Pa；

C——系数，当流过湿球表面的气流速度大于 2.5m/s 时，等于 0.00066；

B<sub>s</sub>——大气压力，Pa。

### 5. 烟尘浓度

5.1 等速采样的流量计算：

当干排气成分和空气近似时，等速采样流量 Q'<sub>r</sub> 按式（8-2）计算：

$$Q'_r = 0.0025d^2 \times V_s \times \left( \frac{B_a + P_s}{273 + t_s} \right) \times \left[ \frac{273 + t_r}{B_a + P_r} \right]^{1/2} (1 - X_{sw}) \quad (8-2)$$

5.2 将工况流量换算成标况流量，其计算公式为：

$$Q_r = 0.05 \times Q'_r \times \left[ \frac{B_a + P_r}{273 + t_r} \right]^{1/2} = 0.00017d^2 \times V_s \times (1 - X_{sw}) \times \frac{B_a + P_s}{273 + t_s} \quad (8-3)$$

式中：Q<sub>r</sub>——等速采样流量的标况流量，L/min；

Q'<sub>r</sub>——等速采样流量的转子流量计读数，L/min；

d——采样嘴直径，mm；

V<sub>s</sub>——测点气体流速，m/s；

$B_a$ ——大气压力, Pa;  
 $P_s$ ——排气静压, Pa;  
 $P_r$ ——转子流量计前气体压力, Pa;  
 $t_s$ ——排气温度, °C;  
 $t_r$ ——排气静压, Pa;  
 $X_{sw}$ ——烟气含湿量, %。

5.3 采样滤筒的增重  $m=g_2-g_1$  (mg), 则烟尘浓度为:

$$C = 1000 \times \frac{g_2 - g_1}{\tau Q_r} \quad (8-4)$$

式中:  $C$ ——实测烟尘浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  
 $g_2$ ——滤筒采样后重量, mg  
 $g_1$ ——滤筒采样前重量, mg;  
 $\tau$ ——采样时间, min;  
 $Q_r$ ——等速采样流量的标况流量, L/min。

## 6. 烟气成分测定

6.1 各烟气成分的含量采用在线式气体传感器测定。由于部分传感器测定的数值为气体体积浓度 (ppm), 需转化为质量浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), 按公式 (8-5) 计算

$$X = \frac{M}{22.4} \times C \times \frac{273}{273 + T} \times \frac{B_a}{101325} \quad (8-5)$$

式中:  $X$ ——污染物的质量浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  
 $M$ ——污染物的分子量;  
 $C$ ——污染物的体积浓度, ppm;  
 $B_a$ ——大气压力, Pa;  
 $T$ ——排气温度, °C。

6.2 烟气过量空气系数的简化计算式为:

$$\alpha = \frac{21}{21 - V_{O_2}} \quad (8-6)$$

式中:  $\alpha$ ——过量空气系数;  
 $V_{O_2}$ ——氧气在烟气中所占的体积百分数。

6.3 标准状态下湿烟气密度的计算:

$$\rho_N = \frac{1}{22.4} \left[ (M_{O_2} V_{O_2} + M_{CO} V_{CO} + M_{CO_2} V_{CO_2} + M_{N_2} V_{N_2}) (1 - X_{sw}) + M_{H_2O} V_{H_2O} \right] \quad (8-7)$$

式中:  $\rho_N$ ——标准状态下湿烟气密度,  $\text{kg}/\text{Nm}^3$ ;  
 $M_{O_2}$ 、 $M_{CO}$ 、 $M_{CO_2}$ 、 $M_{N_2}$ 、 $M_{H_2O}$ ——相应气体的分子量;  
 $V_{O_2}$ 、 $V_{CO}$ 、 $V_{CO_2}$ 、 $V_{N_2}$ ——相应气体的体积百分数, %。

6.4 测量状态下湿烟气的密度计算:

$$\rho_s = \rho_N \frac{273}{101325} \times \frac{B_a + P_s}{273 + t_s} = \rho_N \frac{273}{101325} \times \frac{B_s}{T_s} \quad (8-8)$$

式中： $\rho_s$ ——测量状态下湿烟气的密度， $\text{kg/m}^3$ ；

$P_N$ ——标准状态下湿烟气密度， $\text{kg/Nm}^3$  湿烟气，一般情况下  $P_N$  可取  $1.34 \text{ kg/Nm}^3$  湿烟气；

$B_a$ ——测量状态下，烟气所承受的大气压力，Pa；

$P_s$ ——测量断面内烟气静压，Pa；

$t_s$ ——测点处的烟温， $^{\circ}\text{C}$ ；

$B_s$ ——测量断面内烟气绝对压力，Pa；

$T_s$ ——测点处的绝对温度，K。

## 7. 大气污染物基准含氧量排放浓度折算

实测的锅炉颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物的排放浓度，应执行 GB5468 或 GB/T 16157 规定，按公式 (8-9) 折算为基准氧含量排放浓度。各类燃烧设备的基准氧含量按表 8-1 的规定执行。

表 8-1 基准氧含量

编号	锅炉类型	基准氧含量 ( $\text{O}_2$ ) /%
1	燃煤锅炉	9
2	燃油、燃气锅炉	3.5

$$\rho = \rho' \times \frac{21 - \varphi(\text{O}_2)}{21 - \varphi'(\text{O}_2)} \quad (8-9)$$

式中： $\rho$ ——大气污染物基准氧含量排放浓度， $\text{mg/m}^3$ ；

$\rho'$ ——实测的大气污染物排放浓度， $\text{mg/m}^3$ ；

$\varphi(\text{O}_2)$ ——实测的氧含量；

$\varphi'(\text{O}_2)$ ——基准氧含量。

## 8. 烟气流速及流量

### 8.1 烟气流速

当干排气成分与空气近似，排气露点温度在  $35 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 、排气的绝对压力在  $97 \sim 103 \text{ kPa}$  之间， $V_{si}$  可按式 (8-10) 计算：

$$V_{si} = 0.076 K_p \sqrt{(273 + t_s)} \cdot \sqrt{P_{di}} \quad (8-10)$$

式中： $V_{si}$ ——测量点流速， $\text{m/s}$ ；

$V_s$ ——常温常压下通风管道的空气流速， $\text{m/s}$ ；

$B_a$ ——大气压力，Pa；

$K_p$ ——皮托管修正系数；

$P_{di}$ ——测定点烟气动压，Pa；

$P_s$ ——测定点烟气静压，Pa；

---

$\rho_s$ ——管道内湿气密度,  $\text{kg/m}^3$  湿烟气;

$M_s$ ——湿排气的分子量,  $\text{kg/kmol}$ ;

$t_s$ ——排气温度,  $^{\circ}\text{C}$ 。

## 8.2 烟气流量

### 8.2.1 在测定工况下烟气流量的计算:

$$Q = 3600 \times F \times \overline{V}_s \quad (8-11)$$

式中:  $Q$ ——测量工况下烟气的流量,  $\text{m}^3$  湿烟气/h;

$F$ ——测定断面面积,  $\text{m}^2$ ;

$\overline{V}_s$ ——测定断面烟气平均流速,  $\text{m/s}$ ;

### 8.2.2 标准状态下湿烟气流量的计算

$$Q_N = 3600 \times F \times \overline{V}_s \times \frac{B_a + P_s}{101325} \times \frac{273}{t_s + 273} \quad (8-12)$$

式中:  $Q_N$ ——标准状态下烟气的流量,  $\text{m}^3$  湿烟气/h;

$F$ ——测定断面面积,  $\text{m}^2$ ;

$\overline{V}_s$ ——测定断面烟气平均流速,  $\text{m/s}$ ;

$B_a$ ——测量状态下, 烟气所承受的大气压力,  $\text{Pa}$ ;

$P_s$ ——测定断面烟气静压,  $\text{Pa}$ ;

$t_s$ ——测定断面烟气的平均温度,  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 8.2.3 标准状态下干烟气流量的计算

$$Q'_N = Q_N \times (1 - X_{sw}) \quad (8-13)$$

式中:  $Q'_N$ ——标准状态下干烟气的流量,  $\text{Nm}^3$  干烟气/h;

$Q_N$ ——标准状态下烟气的流量,  $\text{m}^3$  湿烟气/h;

$X_{sw}$ ——烟气含湿量, %。