



焚烧炉热电偶温度测量 原理及检查方法

生态环境部华南环境科学研究所
(生态环境部生态环境应急研究所)

谢 冰

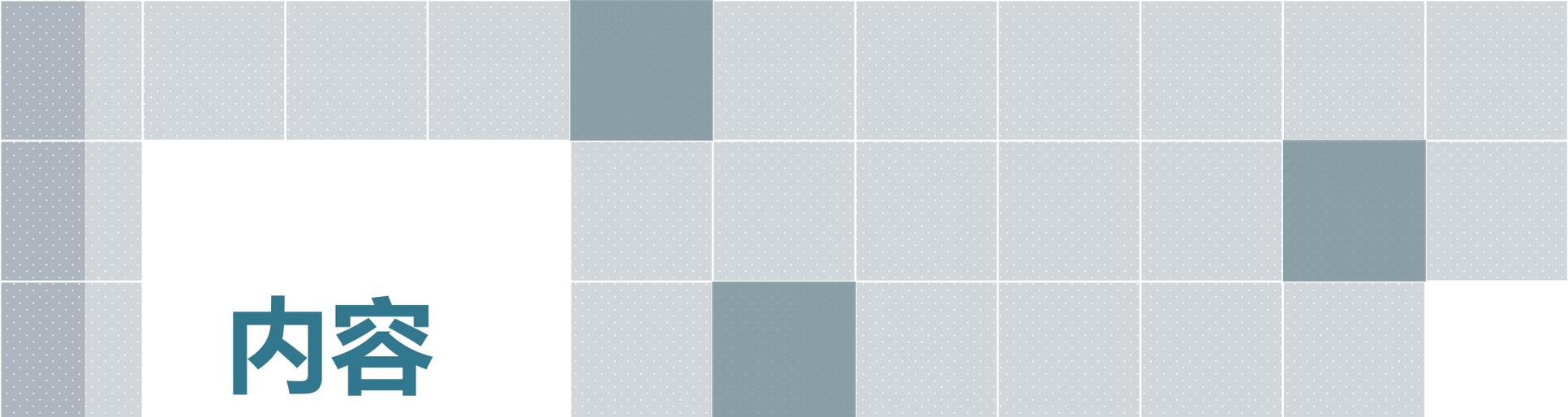
13430269519, xiebing@scies.org

2021年10月

内部资料，仅供本次培训使用，不得外传。

参训学员请向本单位同事传达相关内容。

请尊重作者版权，不将讲课内容发在朋友圈、微博等地。



内容

01

为什么查?

02

查什么?

03

怎么查?

总书记心中牵挂

要把生态环境风险纳入常态化管理，系统构建全过程、多层次生态环境风险防范体系，**严密防控垃圾焚烧、对二甲苯（PX）等重点领域生态环境风险**，推进“邻避”问题防范化解，破解涉环保项目“邻避”问题，着力提升突发环境事件应急处置能力。

——习近平总书记

2018年5月18日至19日在全国生态环境保护大会上的重要讲话



垃圾焚烧发电行业亟需从高速增长转向高质量发展

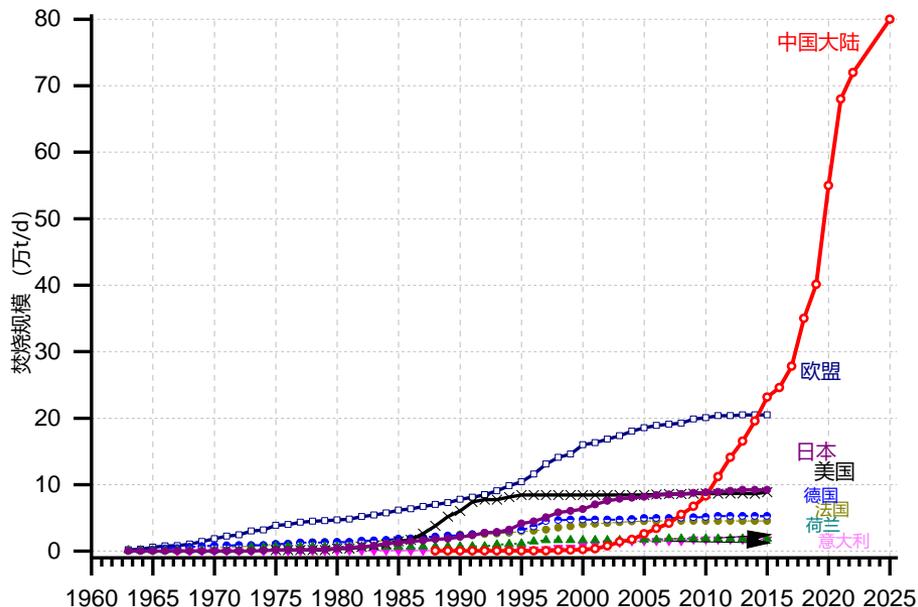
十年高速增长将会放缓：

- ↓ 2016年摸底规模 24.6万t/d
- ↓ “十三五” 规划目标 59万t/d
- ↓ 2021年当前规模65万t/d
- ↓ “十四五” 规划目标80万t/d

严密的环境监管将常态化、精准化：

严：“十三五”期间，生态环境部将生活垃圾焚烧发电行业专项整治行动作为践行习近平生态文明思想的重要举措，纳入污染防治攻坚战“7+4”行动；**创建了“互联网+全天候监管+非现场执法”模式，是推进环境监管精细化的重大实践。**

细：2021年，生态环境部印发了《关于深化生活垃圾焚烧发电行业专项整治行动的通知》，由“严管”烟气污染物到“严管”全生命周期污染物。



中华人民共和国生态环境部令

中华人民共和国生态环境部

公告

第 10 号

2019 年 第 50 号

《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》已于 2019 年 10 月 11 日由生态环境部常务会议审议通过，现予公布，自 2020 年 1 月 1 日起施行。

为保证生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据真实、准确、完整、有效，我部制定了《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据标记规则》，现予公布，并于公布之日起施行。特此公告。

附件：生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据标记规则

部长

生态环境部

2019 年 11 月 21 日



《管理规定》《标记规则》不是新标准，而是让标准落地

自动监测数据首次用于执法，其他行业逐步跟进

末端监管→全过程监管，节点达标→长效达标

表1 生活垃圾焚烧炉主要技术性能指标

| 序号 | 项目 | 指标 | 检验方法 |
|----|-----------|-------|--|
| 1 | 炉膛内燃烧温度 | ≥850℃ | 在二次空气喷入点所在断面、炉膛中部断面和炉膛上部断面中至少选择两个断面分别布设监测点，实行热电偶实时在线测量 |
| 2 | 炉膛内烟气停留时间 | ≥2秒 | 根据焚烧炉设计书检验和制造图核验炉膛内燃烧温度监测点断面间的烟气停留时间 |

《管理规定》第七条：垃圾焚烧厂应当确保正常工况下焚烧炉炉膛内热电偶测量温度的五分钟均值不低于850℃



中华人民共和国国家标准

GB 18485-2014
代替 GB 18485-2001

生活垃圾焚烧污染控制标准

Standard for pollution control on the municipal solid waste incineration

(发布稿)

本电子版为预发布稿，请以中国环境科学出版社出版的正式版本为准。

2014-05-16 发布

2014-07-01 实施

环境保护部
国家质量监督检验检疫总局 发布

中华人民共和国生态环境部令

第 10 号

《生活垃圾焚烧发电厂自动监测数据应用管理规定》已于2019年10月11日由生态环境部部务会议审议通过，现予公布，自2020年1月1日起施行。

部长

2019年11月21日

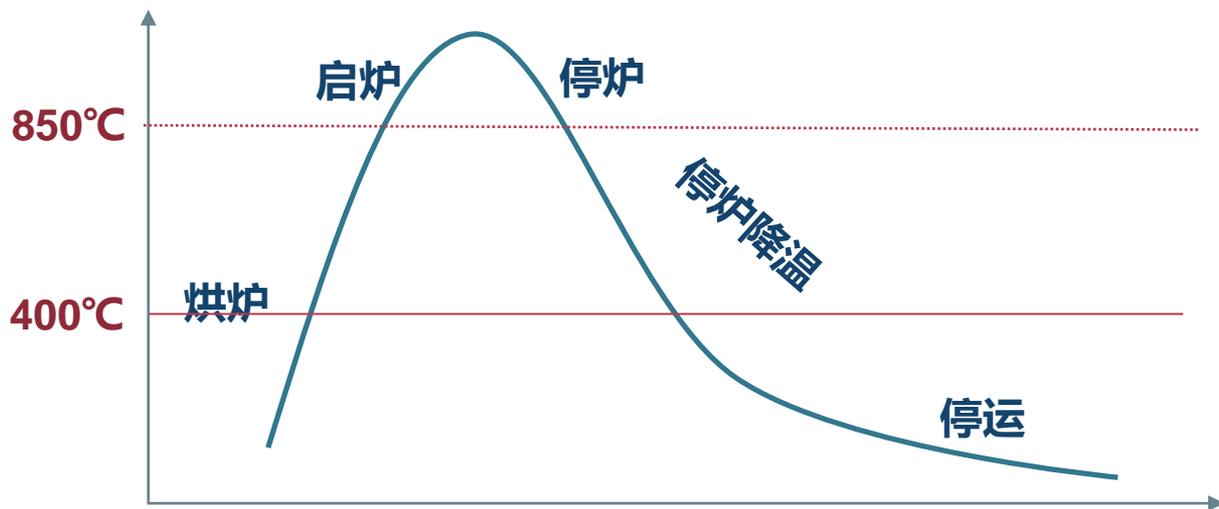
炉膛温度定义

《标记规则》3.4：焚烧炉炉膛内热电偶测量温度的五分钟均值不低于850°C，即焚烧炉炉膛内**中部和上部**两个断面各自**热电偶测量温度中位数算术平均值**的五分钟平均值。

| 监控时间 | 工况标记 | 炉温异常标记 | 上中部断面炉温 五分钟均值 (摄氏度) | 上中部断面 炉温均值 (摄氏度) | 炉膛内上部断面(摄氏度) | | |
|---------------------|------|--------|---------------------------|------------------------|--------------|---------|-------|
| | | | | | T11 | T12 | 上部断面平 |
| 2019-08-12 07:36:19 | 正常 | 正常 | 974.55 | 970.60 | 987.9 | 988.89 | 988.4 |
| 2019-08-12 07:37:19 | 正常 | 正常 | | 974.30 | 993.3 | 993 | 993.3 |
| 2019-08-12 07:38:19 | 正常 | 正常 | | 978.77 | 996.3 | 996.85 | 996.8 |
| 2019-08-12 07:39:19 | 正常 | 正常 | | 981.85 | 999.7 | 998.89 | 999.7 |
| 2019-08-12 07:40:19 | 正常 | 正常 | | 986.45 | 1003 | 1002.78 | 1003 |
| 2019-08-12 07:41:19 | 正常 | 正常 | | 988.45 | 998 | 1002.94 | 1002 |
| 2019-08-12 07:42:19 | 正常 | 正常 | 985.28 | 984.90 | 987.6 | 998.5 | 994.6 |
| 2019-08-12 07:43:19 | 正常 | 正常 | | 982.45 | 980.7 | 995.14 | 988.4 |

焚烧炉工况标记与炉温曲线

《标记规则》第4部分：“烘炉” “启炉” “停炉”
“停炉降温” “停运” “故障” 和 “事故” 等7种标记



标记有“1+6”小时缓冲时间；

在企业端未作上述标记的，焚烧炉视为正常运行

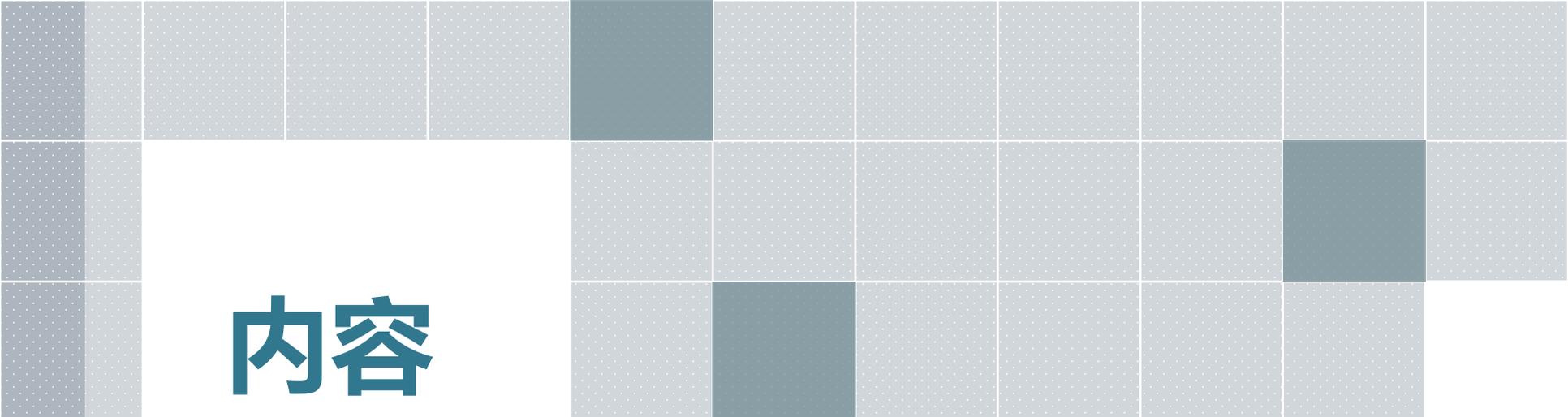
(原因：企业对自己的生产和排污负有主体责任)。

炉温不达标面临处罚

《管理规定》第十一条：垃圾焚烧厂正常工况下焚烧炉炉膛内热电偶测量温度的五分钟均值低于850℃，一个自然日内累计超过五次的（≥6次），认定为“未按照国家有关规定采取有利于减少持久性有机污染物排放的技术方法和工艺”，依照《中华人民共和国大气污染防治法》第一百一十七条第七项的规定处罚。（1~10万元罚款；责令停业整治）

（一）因不可抗力导致焚烧炉炉膛内热电偶测量温度的五分钟均值低于850℃，提前采取了有效措施控制烟气中二噁英类污染物排放，按照标记规则标记为“炉温异常”的；

（二）标记为“停运”的。



内容

01

为什么查?

02

查什么?

03

怎么查?



查什么?

1

二噁英



每季度1次监督性监测

“两高司法解释”

6

炉温+5项常规污染物



自动监测数据应用管理规定

自动监测数据标记规则

1

焚烧飞灰



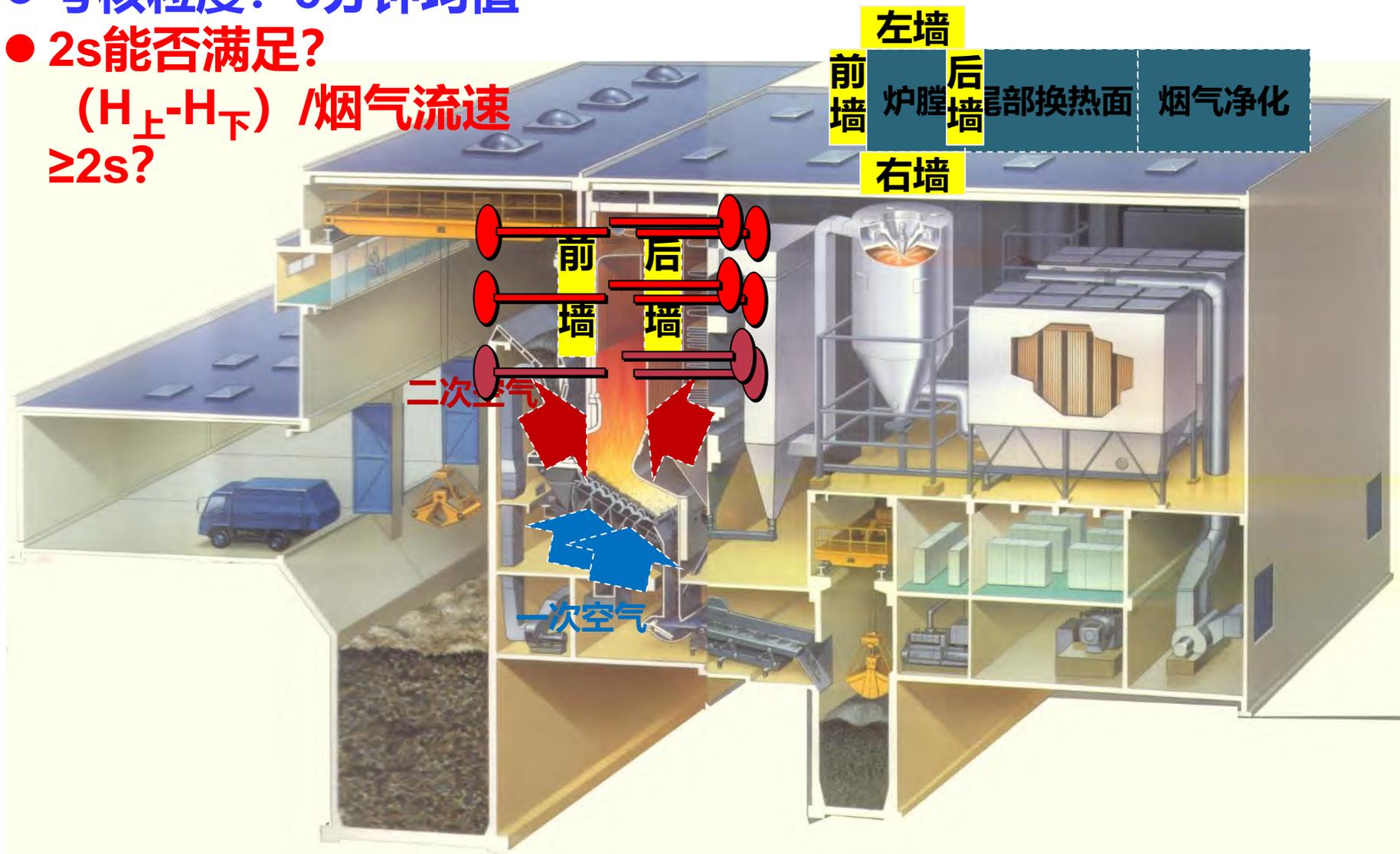
“两高司法解释”

一查炉温测点布设要求是否规范

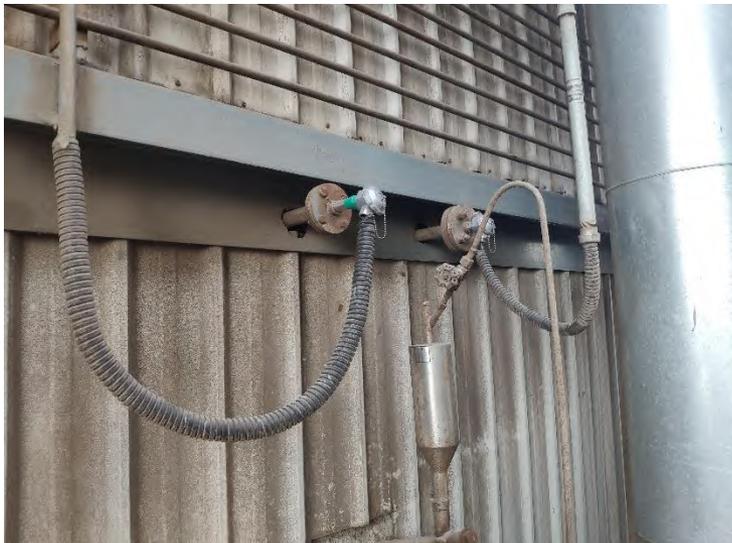
热电偶测温点

- 上部断面+中部断面
- 考核粒度：5分钟均值
- 2s能否满足？

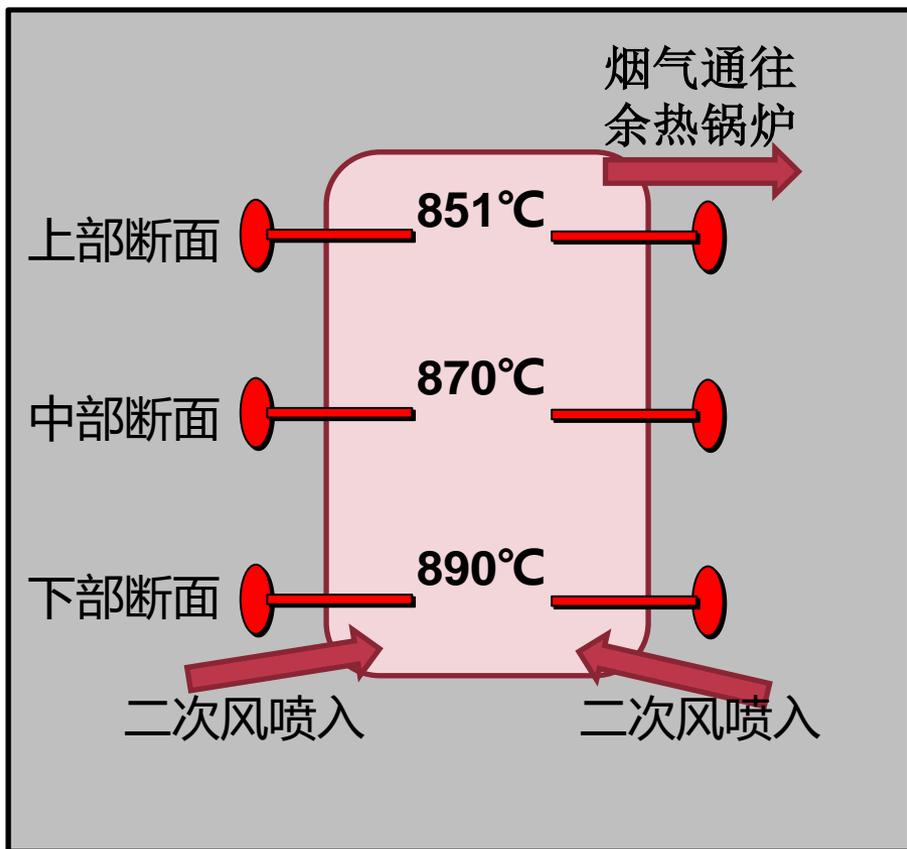
$$(H_{上} - H_{下}) / \text{烟气流速} \geq 2s?$$



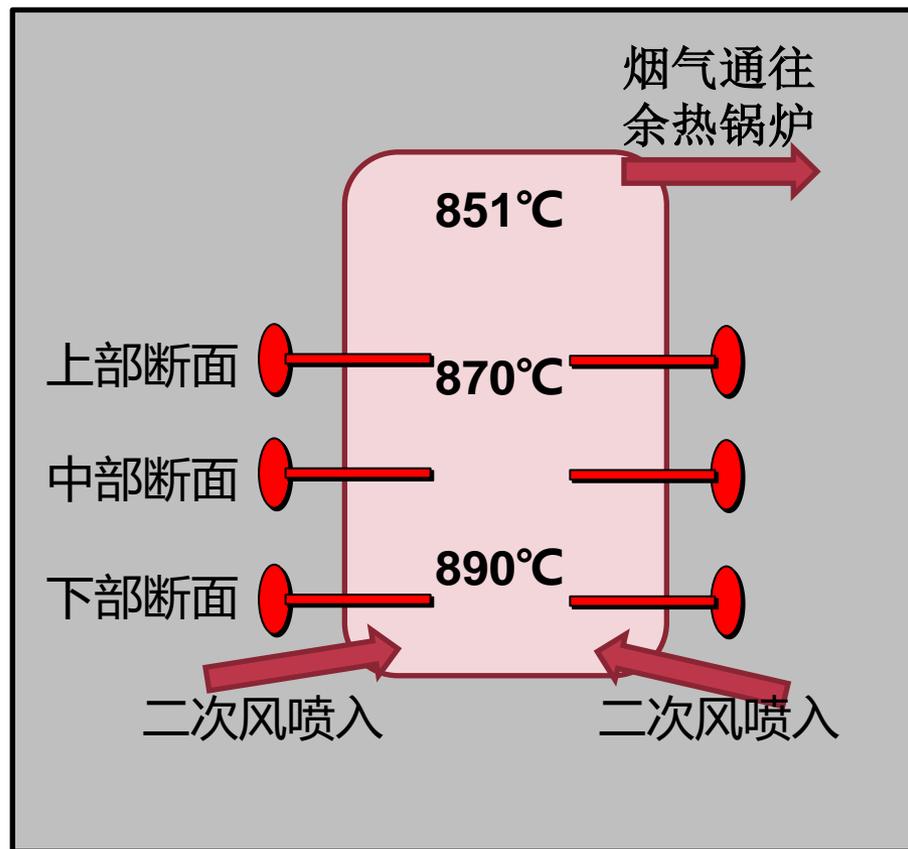
炉温测点布设“排排站”、无检修平台



烟气停留时间不够



符合规定的做法



有些企业的做法

烟气停留时间不够

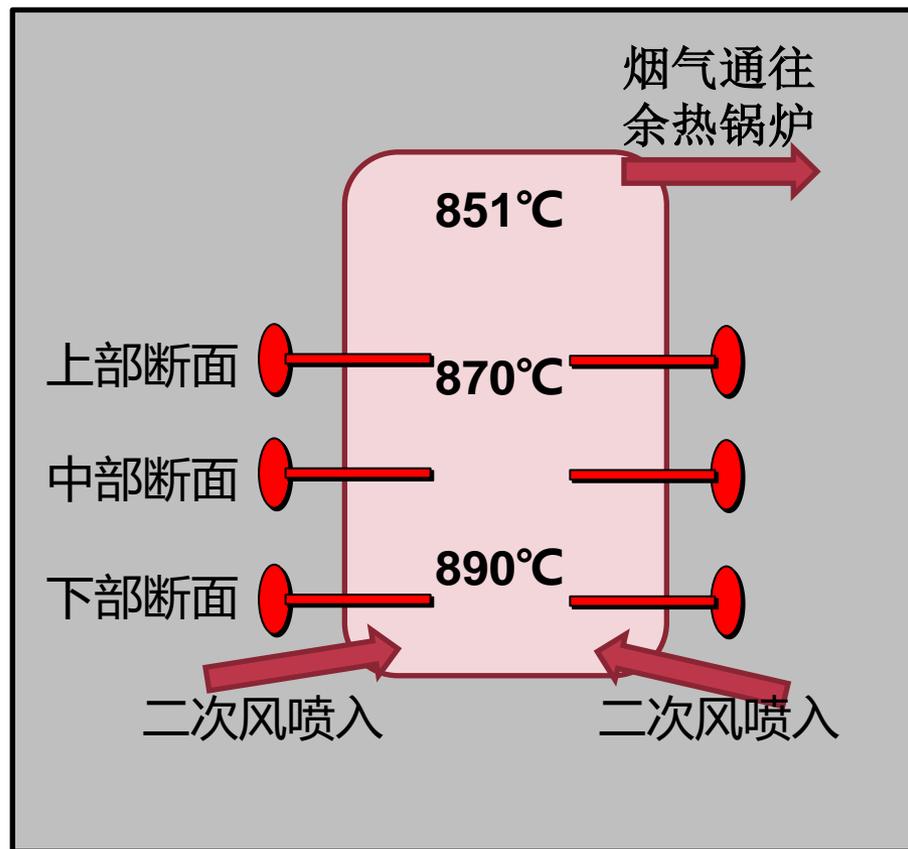
案例：

某500t/d炉排炉，炉膛断面尺寸
 $5\text{m} \times 9\text{m} = 45\text{m}^2$ ，设置的 $H_{\text{上}} - H_{\text{下}} = 6\text{m}$ 。

额定烟气流量 $12\text{万m}^3/\text{h}$ （标干），设计
炉膛均温 880°C ，则炉内热膨胀的烟气流量为
 $12 \times (880 + 273) / 273$
 $= 12 \times 4.22 = 50.64\text{万m}^3/\text{h}$ （实际）
 $= 140.6\text{ m}^3/\text{s}$ 。

烟气流速 = $140.6\text{ m}^3/\text{s} \div 45\text{m}^2 = 3.1\text{ m/s}$ 。

在 $(H_{\text{上}} - H_{\text{下}})$ 之间的停留时间 = $6 \div 3.1 = 1.9\text{ s} < 2\text{ s}$ 。无法证明能够确保在
 850°C 以上停留2秒。



有些企业的做法

二查炉温 “真实、准确、完整、有效”

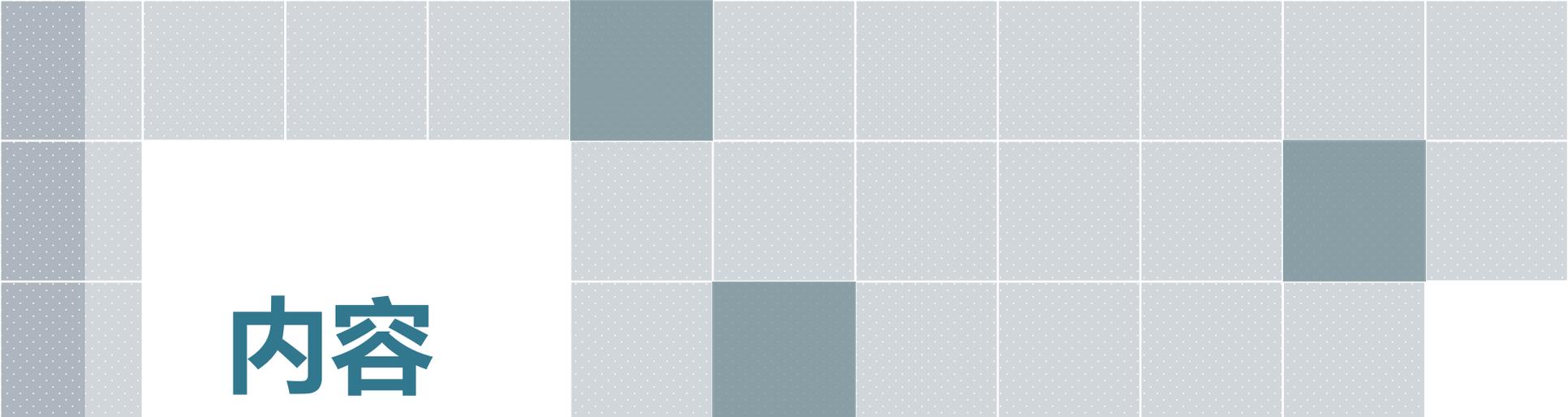


✓ 《标记规则》 4.2.4 :

- 因热电偶结焦、损坏等情况导致热电偶测量温度不能反映实际温度的时段，可标记为“热电偶故障”。
- 标记为“热电偶故障”的，应备注故障测点位置、故障原因、维修或更换过程，保存运行维护记录和台账备查。

✓ 环办执法[2019]64号:

- 垃圾焚烧厂焚烧炉炉膛内热电偶测量温度信号传输、检测、显示的过程中，**只应补偿热电偶参比端的环境温度，不应随意设置补偿温度。**
- 垃圾焚烧厂应加强对热电偶延长导线、中控室热电偶信号检测模块的精度控制。
- 垃圾焚烧厂应将炉膛内热电偶故障时的温度示值设置为一个不可能真实存在的负值或专用代码（如-9999℃），不得将故障时的温度设置为如1320℃等影响炉温判断计算的正值。



内容

01

为什么查?

02

查什么?

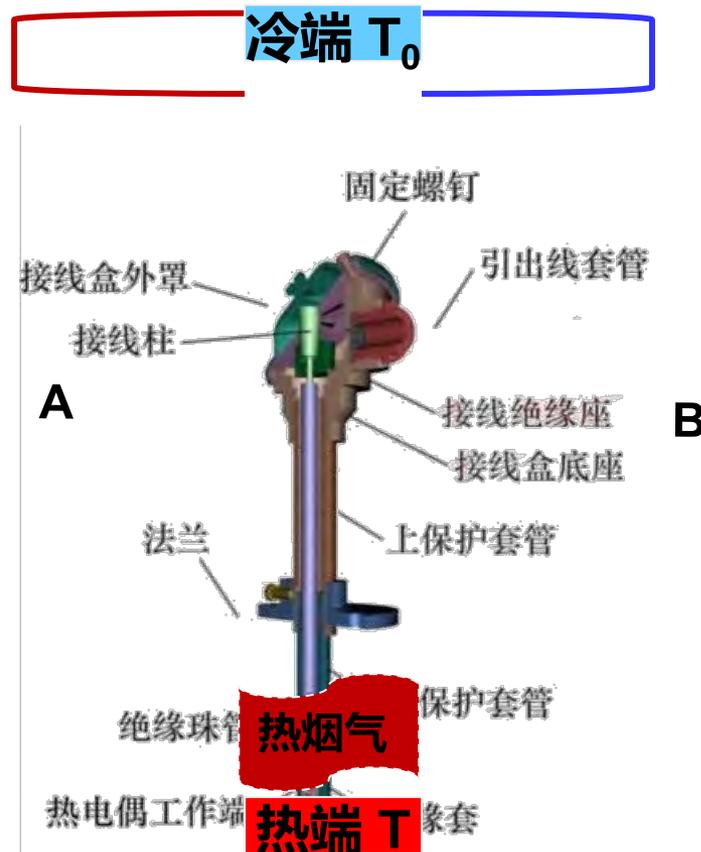
03

怎么查?

热电偶测温工作原理

热电偶测温点

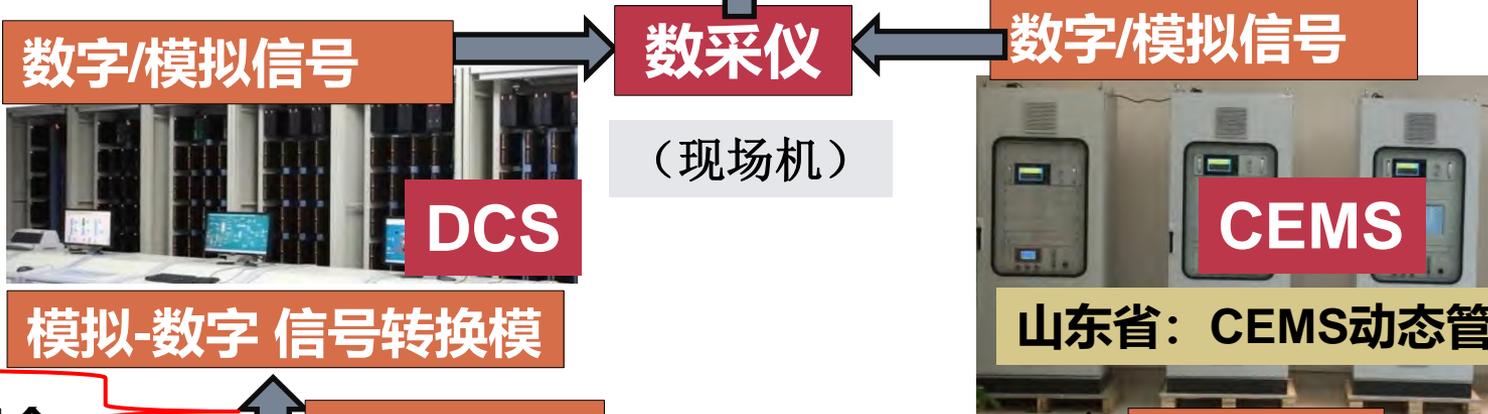
- 热电偶本身的误差是否合理？
- 是否存在造假行为？



工作原理（温度→电势）：由导体材料A、B组成的闭合回路，其接点温度分别为 T 、 T_0 ，如果 $T > T_0$ ，则必存在着两个接触电势和两个温差电势。热电偶的热电势，等于两端温度分别为 T 和零度以及 T_0 和零度的热电势之差。

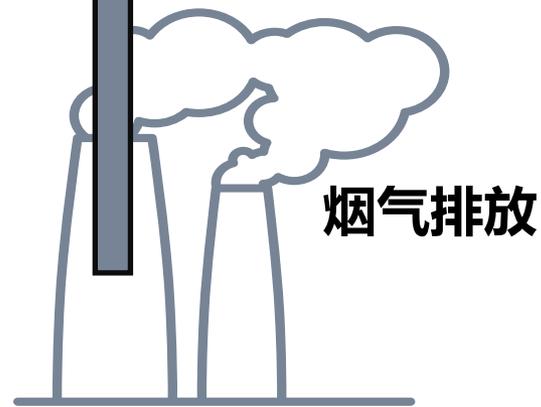
自动监控系统 架构示意图

污染源监控中心（上位机）



热电偶 (规定)
——环境部10号令

其他工况参数 (可选)
——环办执法[2019]
64号文



炉温查验方法

在2类位置，用2类仪表查验热电偶测温偏差

- ①焚烧炉现场
- ②热电偶输入模块所在机柜

检查人员1在焚烧炉现场，用①万用表测量热电偶的电信号，报给中控室。再用②信号发生器发送电信号进行比对。

中控室

检查人员2在中控室对检查人员1的传过来的信号，报出相应的读数



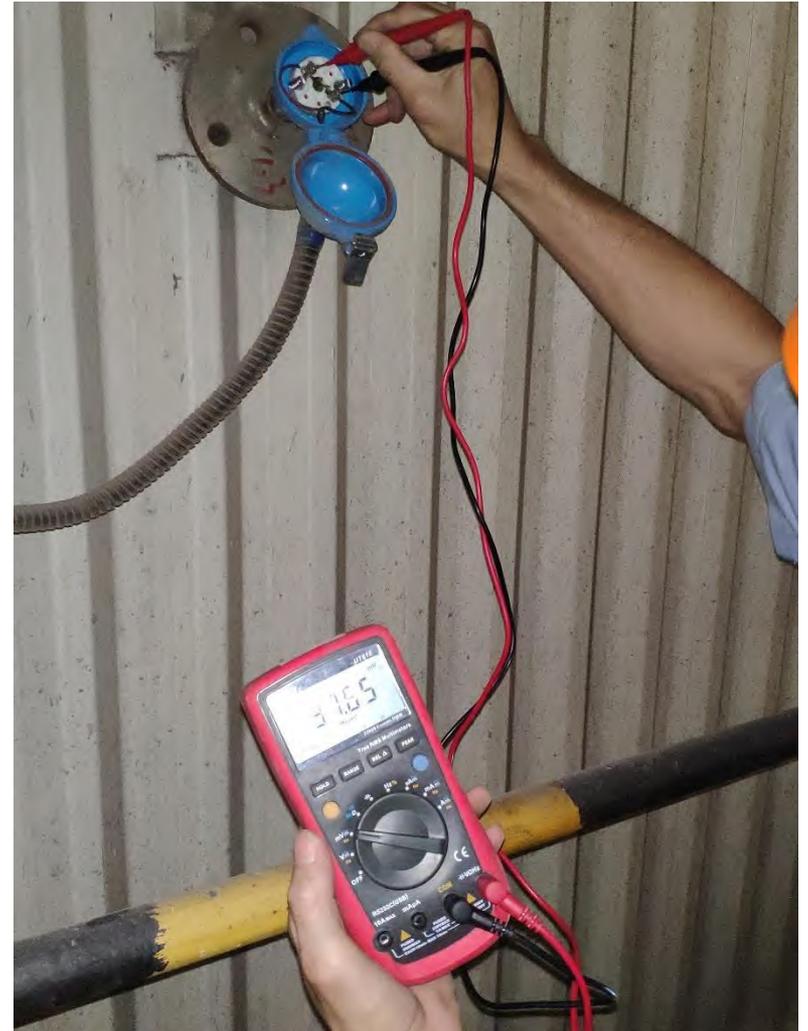
检查人员1



检查人员2

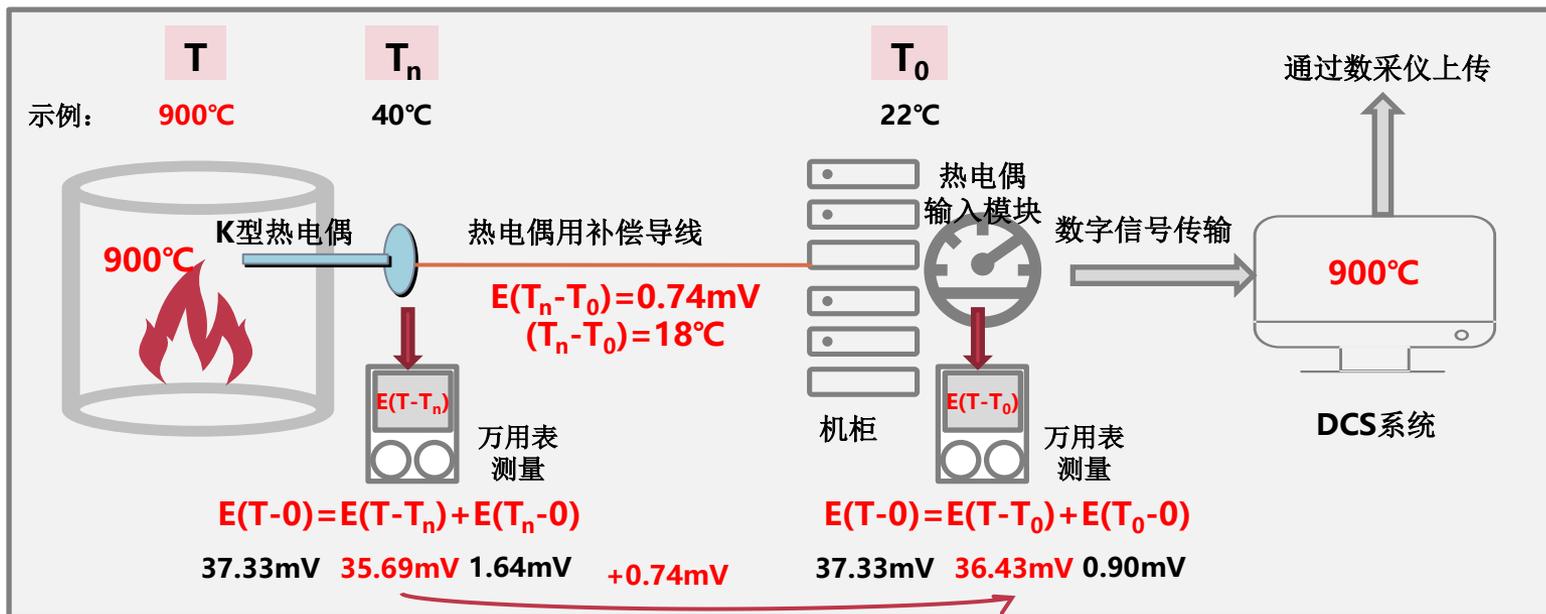


炉温查验示例



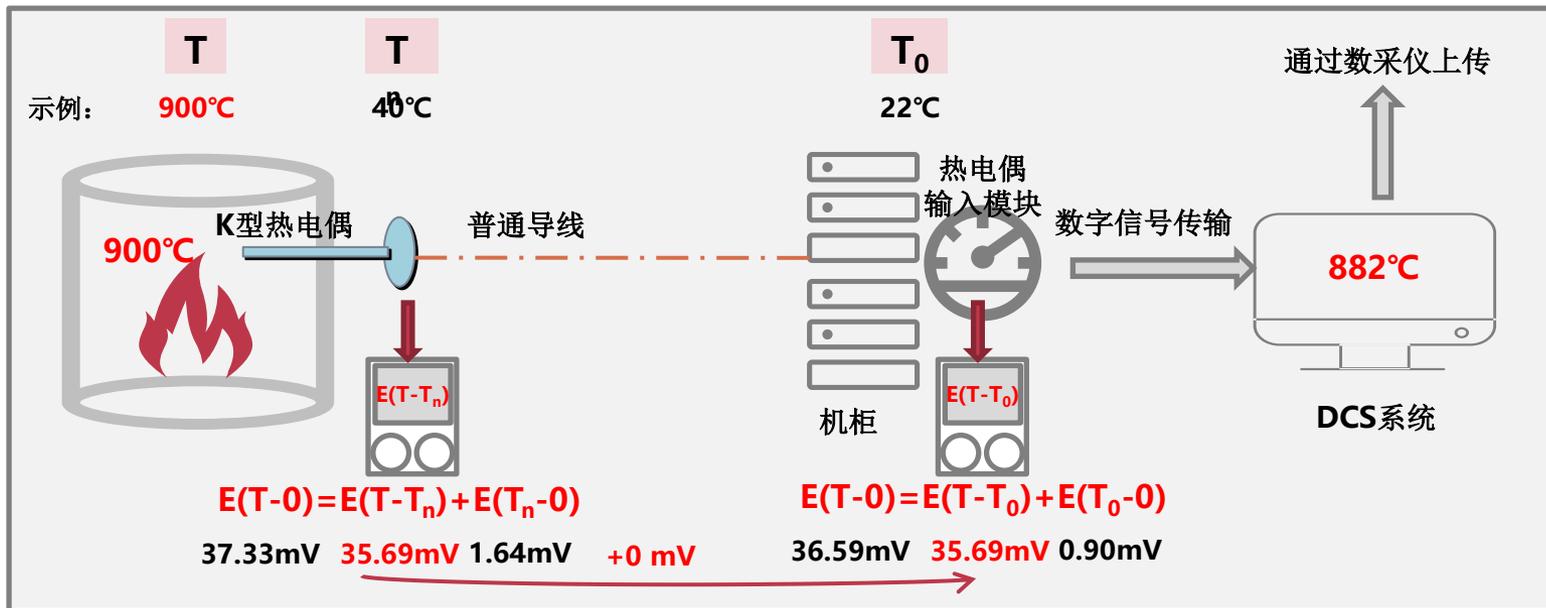
炉温查验结果判断

K型热电偶
+
正确使用补偿导线



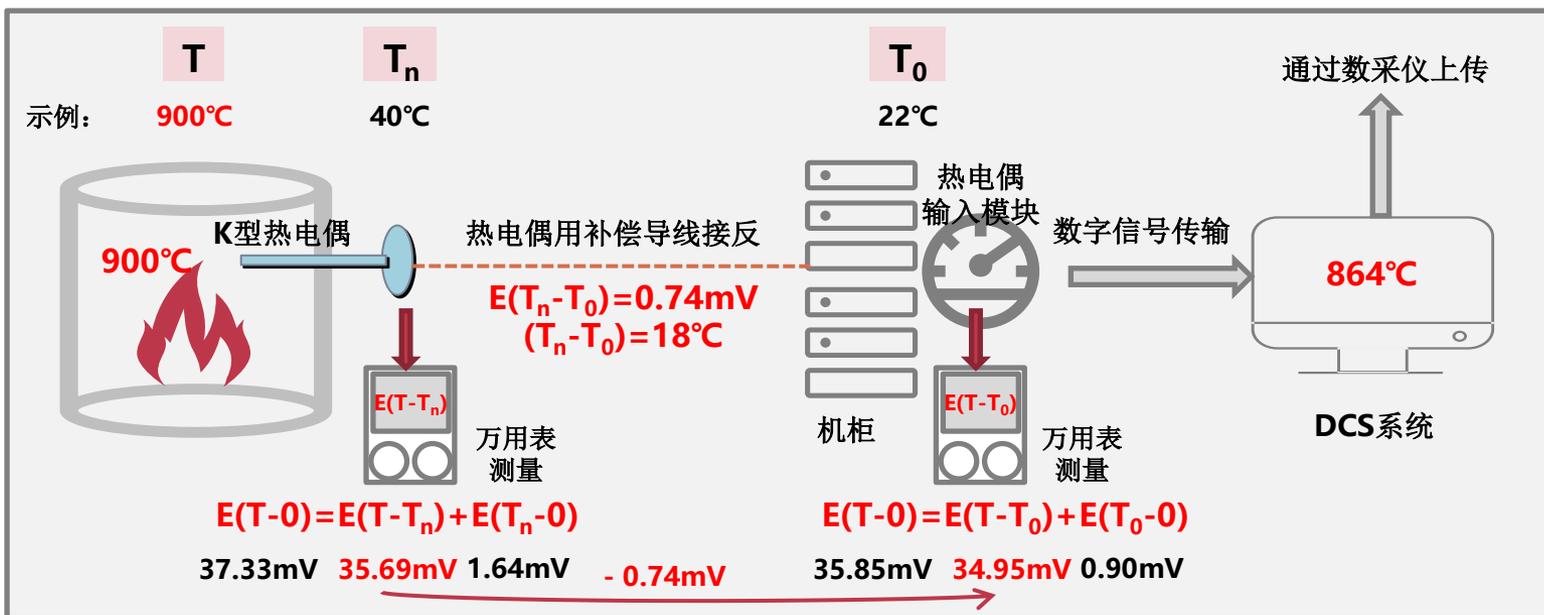
无心之失①

K型热电偶
+
普通导线



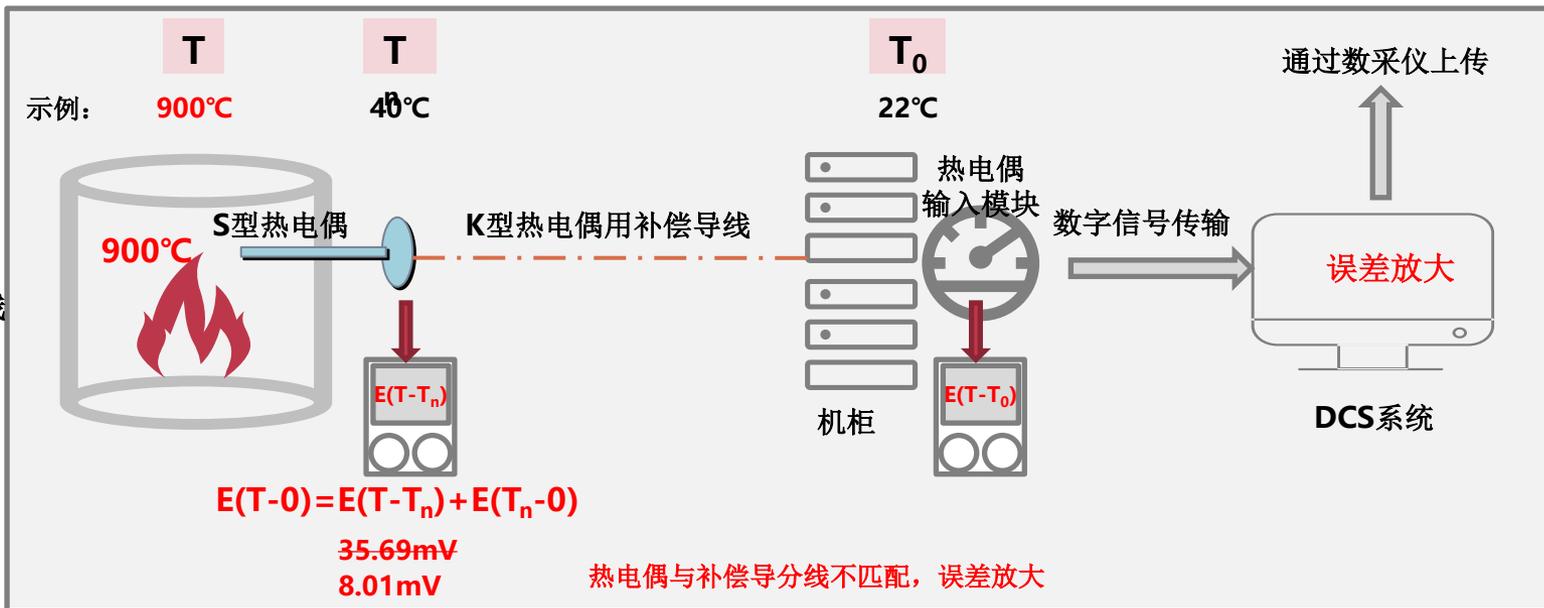
炉温查验结果判断

无心之失②
K型热电偶
+
接反补偿导线



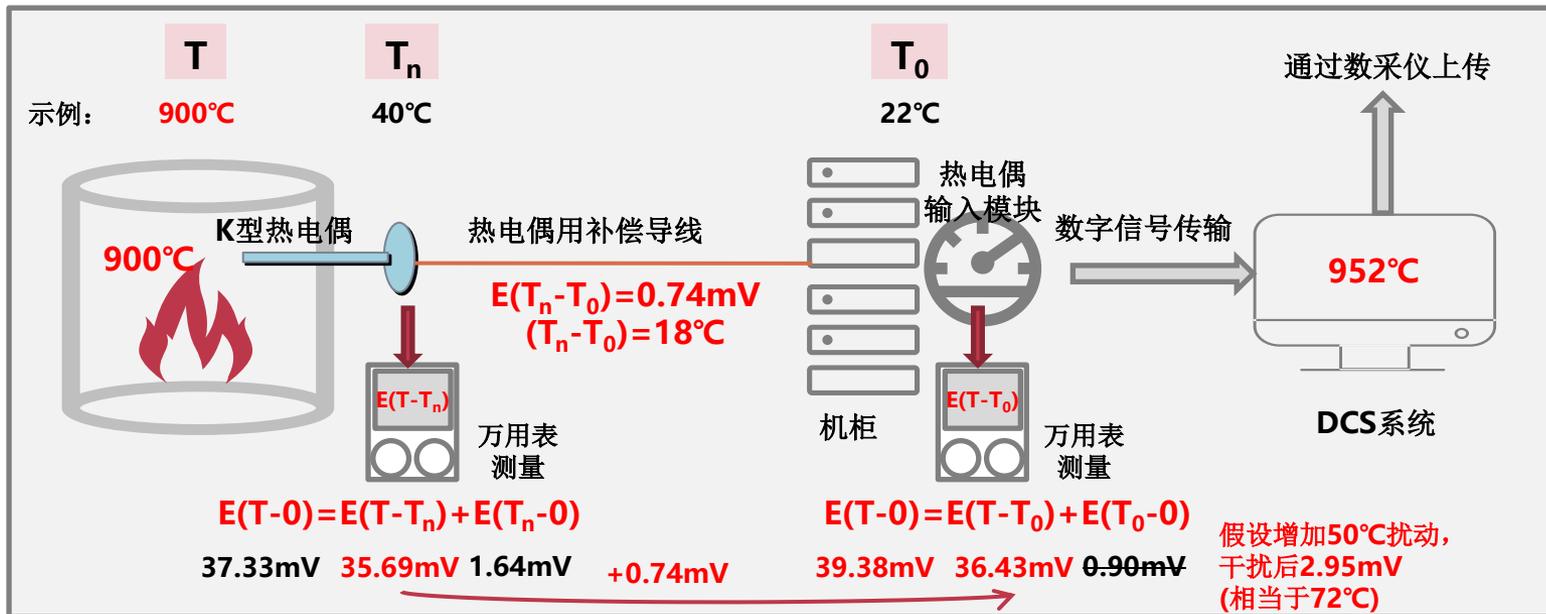
无心之失③

S型热电偶
+
K型热电偶补偿导线

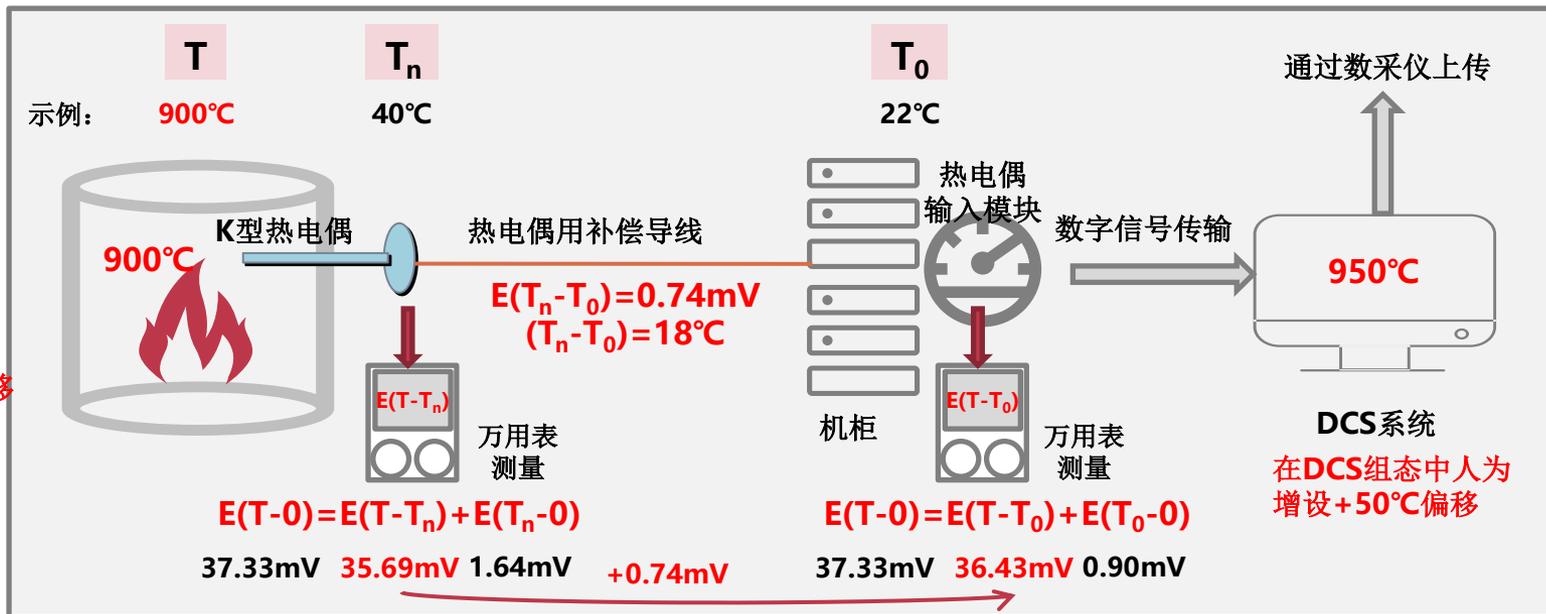


炉温查验结果判断

有心而为①
K型热电偶
+
正确使用补偿导线
+
干扰机柜热电阻



有心而为②
K型热电偶
+
正确使用补偿导线
+
DCS组态中增加偏移



“热电偶故障”标记解读

（一）因技术缺陷或员工操作失误导致炉温低于850℃，或给料、出渣、助燃等生产故障导致炉温低于850℃，应及时技改，或如实标记“故障”，不得以“热电偶故障”为借口逃避监管。

案例1



某垃圾焚烧发电厂某台焚烧炉存在先天不足的技术缺陷，炉温波动大，经常出现炉温低于850℃的情况。该厂为了避免炉温不达标的处罚，频繁标记“热电偶故障”，10天内标记70余次，每次标记时长短至3-5分钟、长至1-2小时。主管部门现场检查时发现，绝大多数标记都难以提供可信的证明材料，如果不做这些标记，则多次出现一天内5个以上炉温5分钟均值低于850℃的情况，满足炉温不达标的处罚条件。

【提醒】不标 = 炉温不达标；乱标 = 炉温不达标 + 逃避监管

“热电偶故障”标记解读

案例2



某垃圾焚烧发电厂某台焚烧炉存在给料不均匀的问题，不时因入炉垃圾量偏少而造成炉温5分钟均值低于850℃。该厂工人时刻关注炉温变化，一旦发现处于下降趋势的炉温即将低于850℃，就开始标记“热电偶故障”，10天内标记30余次。主管部门现场检查时发现，绝大多数标记都难以提供可信的证明材料，如果不做这些标记，则多次出现一天内5个以上炉温5分钟均值低于850℃的情况，满足炉温不达标的处罚条件。

【提醒】 不标 = 炉温不达标；乱标 = 炉温不达标 + 逃避监管

“热电偶故障”标记解读

(二) 因数采仪故障或数采仪与炉温监测系统的连接故障造成的零值、空值，不属于“热电偶故障”，应标记“CEMS维护”；

因数采仪与上位机通讯故障导致的数据上传失败，不属于“热电偶故障”，应标记“通讯中断”，并在通讯恢复后补传数据；

上部或中部断面的全部热电偶测温数据同时失真，应查明原因如实标记，不应笼统归咎于“热电偶故障”。

【提醒】不标 = 炉温不达标；乱标 = 炉温不达标 + 逃避监管

“热电偶故障”标记解读

(三) 焚烧企业应定期检查维护热电偶，确保备件充足。热电偶结焦、损坏等情况导致热电偶测量温度失真，可据实标记“热电偶故障”，并及时维修更换；【长时间不维修更换，将核实是否不正常运行】

发现热电偶测量温度失真且影响炉温5分钟均值达标的，应尽可能一次性将问题处理到位，避免出现1个自然日内单支热电偶标记“热电偶故障”超过1次的情况；【一日多次标记，疑为规避炉温不达标】

标注热电偶故障应备注故障测点位置、故障原因、维修或更换过程，需准备工作票/操作票、检修耗材领取单、温度失真及恢复前后的温度曲线变化图、更换后的热电偶照片、检修更换的过程照片视频等证明材料，照片视频应带有时间和位置水印。【要如实标记，提供证明材料。客观促进企业提高运营精细化水平。】

“热电偶故障”标记解读

(四) 焚烧企业不得滥用和虚假标记“热电偶故障”。

1. 焚烧炉上部或中部断面的正常热电偶不足3支时，将触发“事前预警”电子督办；

2. 未及时维修更换导致测量温度长时间失真或频繁波动，经分析后，将视情况启动“事后处理”电子督办，核实是否存在“未保证自动监测设备正常运行”或虚假标记问题；

3. 以下任一情况将触发“事后处理”电子督办，核实是否存在虚假标记问题：

(1) 单支热电偶每个自然日标记“热电偶故障”大于1次；

(2) 每次“热电偶故障”标记短于10分钟；

(3) 上部断面或中部断面的全部热电偶同时标记“热电偶故障”。

(五) 主管部门或其委托的单位开展检查导致热电偶测量温度失真时，可据实标记“热电偶故障”，需留存勘查笔录、查验记录等材料。



谢谢!