



ZO 系列氧化锆氧分析仪 技术说明书



目 录

- 一、前言
- 二、ZO 系列氧化锆氧分析仪的测量原理
- 三、ZO 系列氧化锆氧分析仪的主要技术参数
- 四、ZO 系列氧化锆氧分析仪探头结构
- 五、ZO 系列氧化锆氧分析仪变送器简介
- 六、用户选型及订货须知
- 七、检验与校准
- 八、现场安装与日常维护
- 九、故障排除
- 十、用户错误操作引起的故障及现场情况处理

一、前言

氧化锆氧分析仪主要用于测定炉窑烟气中的氧含量，应用场所主要有：

- (1) 火电厂锅炉；
- (2) 炼油厂加热炉和锅炉，输油管道加热炉；
- (3) 冶炼厂加热炉和均热炉；
- (4) 化工、轻纺、食品加工、制药、水泥和采暖等企业工业锅炉。

在炉窑燃烧过程中，当空气过剩系数过小，即氧量不足时，由于未完全燃烧而导致热效率降低和冒黑烟；当氧量过大时， SO_2 和 NO_x 量增加，将导致环境污染，同时因过量空气带走热量，使热效率降低。因此，只有利用氧化锆氧分析仪来控制最佳空/燃比，实现经济燃烧，才能得到最佳的热效率和减少对环境的污染。据实际估算，一台 670t/h 锅炉，装上 2 至 4 台氧化锆氧分析仪后，将烟气氧量由 6% 降到 4%，年节煤效益为 50 万元以上，如果实现热控自动化，其节能效果更佳。

性

二、ZO 系列氧化锆氧分析仪的测量原理

ZO 系列氧化锆氧分析仪是利用氧化锆浓差电池来测定氧含量的电化学分析仪器。氧化锆电池安装在探头的顶端，它由氧化锆元件和铂电极组成，其结构原理图如图 1 所示：

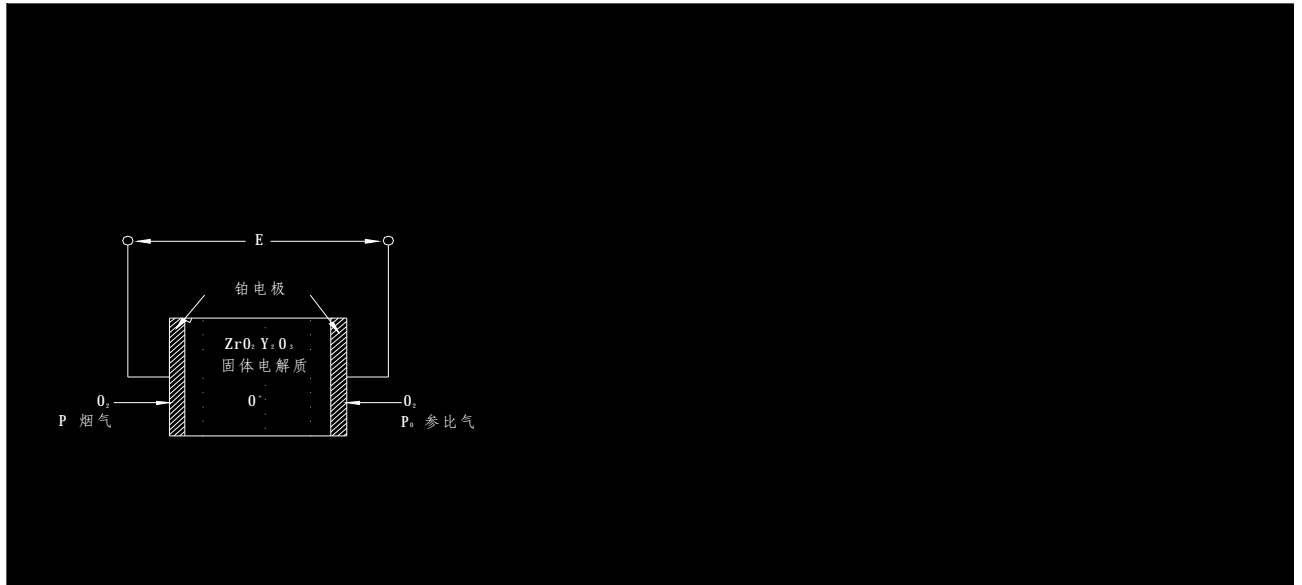


图 1 ZO 系列氧化锆氧分析器结构原理图

1-氧化锆元件； 2-铂电极； 3-加热炉； 4-热电偶； 5-氧量变送器

氧化锆元件是由氧化钇或氧化钙稳定的氧化锆材组成。在高温下，它是良好的氧离子导体，当氧化锆电池两边的氧含量不同时，便形成一个氧浓差电池，产生电池电动势，电池电动势与氧浓度关系符合能斯特方程：

$$E_m = \frac{RT}{4F} \ln \frac{P_0}{P} \quad (1)$$

式中 R 、 F 分别是气体常数和法拉第常数， T 是电池温度 (K)， P_0 和 P 分别是空气氧含量 (20.6%) 和待测气中氧含量。由 (1) 式可见，当池温恒定后，通过测定氧化锆电池电势信号便可计算出待测气中的氧含量 P 。

实际上，只有在理想状态下 (1) 式才成立，而仪器自身条件和现场情况并非理想状态，为此，本仪器采用了独特的设计思想及校正方法 (见主要特点部分)，克服了众多氧化锆氧分析仪的不足。

三、ZO 系列氧化锆氧分析仪的主要技术参数

- (1) 测量范围：0~20.6Vol%O₂
- (2) 测量精度：±1.0% (满度)
- (3) 响应时间：<3 秒 (达到 90% 指标)
- (4) 输出方式：DC：0~10mA；DC：4~20mA 两路线性输出
- (5) 负载能力：800Ω(0~10mA)

400Ω(4~20mA)

(6) 安装点允许压差: <1000Pa

(7) 变送器外型尺寸 P 型: 160×160×320mm (开孔 153×153mm)

160×80×270mm (开孔 153×78mm)

Q 型: 240×330×110mm

(8) 环境温度: 变送器: -5~55℃

探头: -10~70℃

(9) 电源: AC: 220V±10%, 50Hz

(10) 防护等级: 高于 IP65 标准

(11) 质量保证期: 探头: 1 年; 变送器 2 年

四、ZO 系列氧化锆氧分析仪探头结构简介

1. 仪器组成

一套仪器组成由图 2 所示, 由四部分组成:

(1) 氧化锆探头;

(2) 变送器;

(3) 炉体法兰; (只限新用户)

(4) 三 组 连 线 电 缆 (自 备) 。

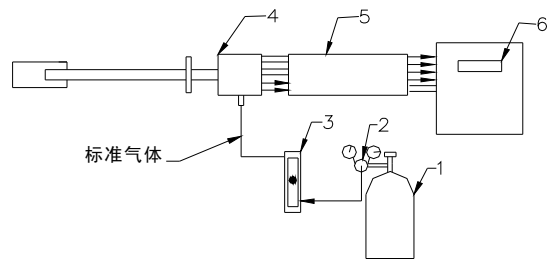


图 2 ZO 系列仪器组成

1-3 标气件; 4-氧化锆探头; 5-三组连线 (自备); 6-变送器

2. 氧化锆探头的结构和接线端子

ZO 系列氧化锆探头有二种型号:

(1) ZO-12B 型, (2) ZO-14 型, 其用场见表 1。二种探头的基本结构相同, ZO-12B 型和 ZO-14 型探头的差别只是长度不同。

探头由氧化锆元件、外壳、加热炉和接线盒等部件组成。氧化锆元件

利用螺钉和耐高温的密封圈安装在探头外壳端面上（由图 3 可见）。氧化锆元件可以方便地更换。在氧化锆管内插入一根校准标气管，与标气进口相通，作标气标定用。精致小巧的加热炉可将氧化锆元件加热到工作温度。空气参比气通过自然扩散到氧化锆管外面，无需专门的空气泵。外壳由不锈钢管制成，它的一端是接线盒。接线端子接出 7 根线，一对信号线，一对热电偶线和一对加热炉电源线及一根温度补偿线。

在正常测量时标气入口是用螺帽密封的，只有在进行校准时，方可拧开。

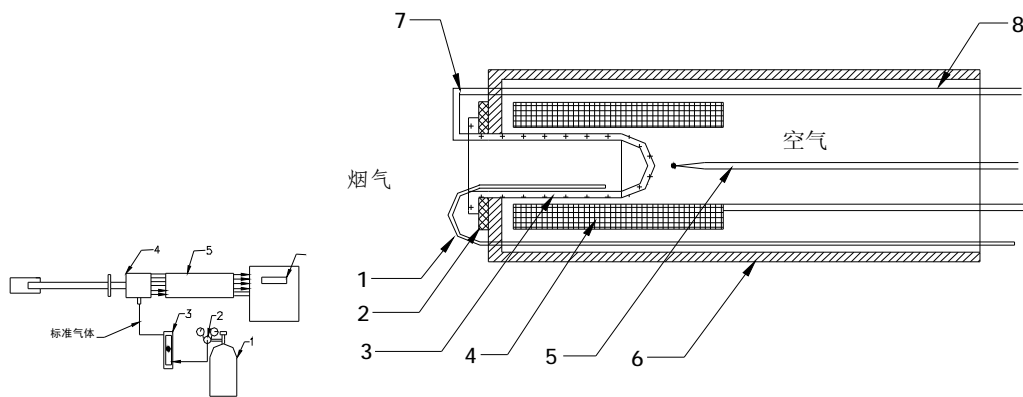


图 3 探头顶端结构示意图

- 1- 标气管； 2-密封圈； 3-氧化锆元件；
4-加热炉； 5-热电偶； 6-外壳； 7、8-信号引线；

五、ZO 系列氧化锆氧分析仪变送器简介

1. 原理简介：

电路由氧信号放大器、热电偶信号放大器、AD 变换、氧量转换、输出电路、温控电路及电源电路等几部分组成。

由探头送来的氧浓差信号、热电偶信号经放大后，经 A/D 变换后根据能斯特公式计算出氧含量，再进行 D/A 变换，最后经光电隔离、V/I 转换成 0-10mA 和 4-20mA 的标准电流信号输出。温控电路采用了冷端补偿、断偶保护及脉冲触发等电路，以保证池温的恒定。电源电路采用高性能开关电源，从而大大提高了仪器的稳定性和抗干扰性。

2. 精度保证：

为满足在全量程上的转换线性和仪器长期稳定性，对电子线路的要求是基本误差和漂移都应小于 $\pm 0.7\%$ 。变送器各部分电子电路采取如下措施：

氧信号主放大器：采用自稳零高精度放大器，输入 0-100mV，输出

0-5V。输入电路采用 RC 滤波，时间常数 ± 0.2 秒。噪声、零点和增益漂移均小于 $\pm 0.2\%$ 。

热电偶信号放大器：采用自稳零高精度放大器，输入 0-35mV，输出 0-5V。输入电路采用 RC 滤波，时间常数 0.2 秒。噪声、零点和增益漂移均小于 $\pm 0.2\%$ 。

输出电路：包括显示输出和 0-10mA/4-20mA 电流输出，进行 DA 变换，变换精度优于 $\pm 0.5\%$ 。

综合以上误差来源，变送器总体误差将小于 $\pm 0.7\%$ 。

3. 接线与安装

变送器接线说明如下：变送器接线端子图见图 5，探头接线端子图见图 4。

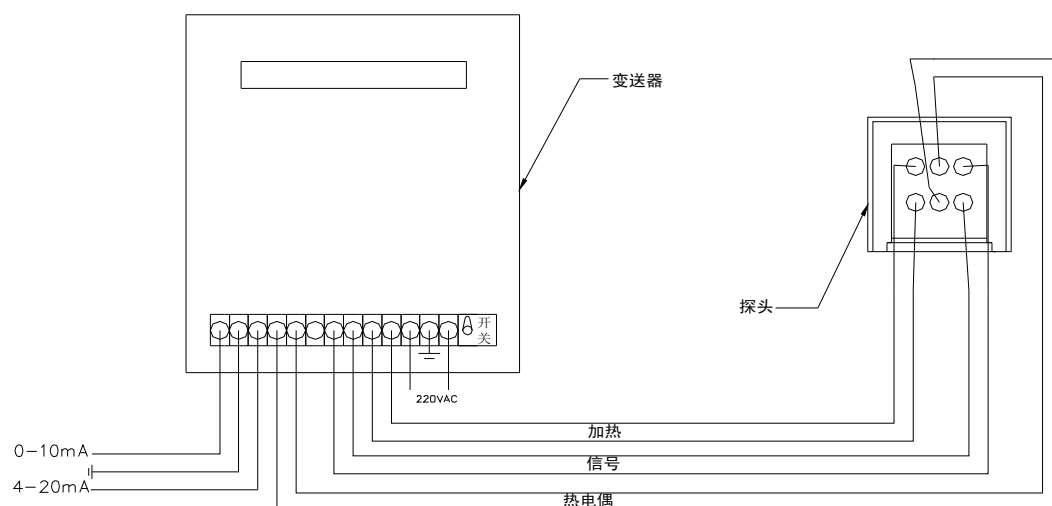


图 5 Q 型变送器接线端子图

电源：分别接在“220V 电源”和“接地”上，采用三芯普通电缆（ $3 \times 1.0\text{mm}^2$ ）。

加热炉：探头加热炉与“加热炉”两端相连，采用二芯普通电缆（ $2 \times 1.0\text{mm}^2$ ），

热电偶：探头热电偶“热电偶+，-”分别与变送器“热电偶+，-”端相连，采用 $1.0 \sim 1.2 \text{mm}^2$ 的补偿导线。

电池信号：探头“氧信号+，-”端分别与“氧信号+，-”端相连，采用二芯屏蔽电缆（ $2 \times 1.0\text{mm}^2$ ）。

0~10mA 输出：接于“0~10mA”两端，采用二芯屏蔽电缆（ $2 \times 1.0\text{mm}$ ）。

4~20mA 输出：接于“4~20mA”两端，采用二芯屏蔽电缆（ $2 \times 1.0\text{mm}$ ）。

注：墙挂式变送器中“0~10mA”与“4~20mA”两者的“-”为同一端子。

敷设电缆时，加热炉线与直流信号输出线应分开敷设，而且屏蔽电缆的屏蔽层的一端只能接入变送器的接地端子，屏蔽层另一端不能与氧化锆探头壳体相接。

盘装式变送器安装在控制台上，其开孔尺寸为 153×153mm，小盘装式开孔尺寸为 78×153mm。

墙挂式安装在现场仪表柜中，只需按图尺寸用四个螺钉便可固定。

4. 基本操作

本变送器由于采用了智能化设计，所以操作非常简单。接通电源，仪器便开始升温，当温度达到设定值时，自动显示氧量值，当温度达到工作温度（750℃）时，即测量

5. 变送器外型尺寸

墙挂式（Q）的外型尺寸为：240×330×110（mm）

盘装式（P）的外型尺寸为：160×160×320（mm）

160×85×270（mm）

六、用户选型及订货须知

ZO 系列氧化锆氧分析仪的型号及用场列于表 1 中。

1. 新用户订货

（1）必须选用成套仪器，一套仪器包括一支探头、一个炉体法兰（装在探头上）和一台变送器。

（2）订购标气校准箱以作调试仪器和日常标定仪器用。

2. 老用户订货

可以增订整套仪器，也可以单独订购氧化锆探头或变送器；

3. 火电厂选型

（1）火电厂根据安装点可以选用以下两种探头：

ZO-12B：安装点位于冷端过热器与省煤器之间或省煤器后，烟气温度要求：400℃-500℃，这一安装点温度有利于延长探头使用寿命。

ZO-14：旁路烟道（压差<1000Pa）。

表1 ZO系列氧化锆氧分析器型号和用场

名称	型 号	主要用场	备注
氧化锆探 头	ZO-12B	1. 火电厂锅炉 2. 化工、轻纺等 3. 2-15t/h 工业 炉	1. 长 1.2 米 2. 推荐安装点烟气温度： 400-500℃
	ZO-14	电厂旁路烟道	长 0.5 米
氧化锆氧 分析仪变 送器	(Q)	可任选其中一种与 上述探头中任何一 种配套成一套仪器	墙挂式
	(P)		盘装式
			1. 两种量程（跳 线设定） 0-10% O ₂ （出厂设 定） 0-20% O ₂ 2. 同时双路输出 0-10mA 4-20mA （线性）
标气校准箱		现场标定用	包括：微型气泵，3.0Vol% O ₂ 标气，流量计等

(2) 变送器：上述两种探头可选用变送器 (Q)、(P) 中任何一种均可组成一套氧化锆氧分析仪。

4. 炼油厂加热炉选型

(1) 氧化锆探头选用 ZO-12B 或 ZO-14。

(2) 变送器可任选一种与它配套。

5. 炼油厂锅炉选型与火电厂选型相同

6. 工业炉选型

(1) 氧化锆探头选用 ZO-12B 型；

(2) 变送器可任选一种与之配套；

(3) 选型举例：例如选用盘装式变送器，型号可写成：ZO-12B (P) 型氧化锆分析仪。

7. 其它窑炉选型

仪器选型可根据表 1 说明选用。

8. 标气校准箱。

标气校准箱是专门为校正该仪器设计的，内容见表一，该校准箱携带方便，便于运输，建议用户订购一套。

9. 附件（维修工具）

更换氧化锆元件、热电偶、加热炉等部件需要专门维修工具，根据用户情况订购。

10. 零配件

用户应订购一定数量的零配件，以作日常维修用。主要配件有：氧化锆元件、加热炉、热电偶、过滤器等。

七、检验与校准

用户收到仪器后，应先进行开箱检验，合格后才能安装。检验操作如下：

1. 仪器升温

由于探头头部有加热炉，应架在耐火物上。打开探头接线盒，可以看到三组接线柱（如图 4 所示），分别与变送器相应端子按正、负极对应连接好，将外接电源插头接在变送器 AC220V 电源端子上。接通电源，仪器开始升温，升温到工作温度时，自动转为显示氧含量。

2. 自检

达到工作温度后按“自检”键，应显示 5.00 ± 0.2 （%O₂），说明变送器氧量转换系统正常。

3. 标气校准：

将标气流量调节为 300ml~500ml/分（流量过大引起氧化锆元件高温炸裂），再拧开探头上“标气入口”螺帽，将标气从“标气入口”处通入探头中。通气约 1 分钟后，信号端接入万用表，调节“ADJ”电位器，使信号（Em）显示标气值。校准完毕后，一定要先从气嘴上拔掉导气管，然后再关闭气路，最后拧紧标气堵头。标气的连接见图 2

八、现场安装与日常维护

ZO 系列氧化锆氧分析仪具有运输方便、安装方便和使用方便的特点，只要安装点选择合理，并按照下述要求进行安装和使用，氧化锆探头的平均寿命至少在 1 年以上，而且日常维护量很小。但如果安装点选择不合理，安装不密封，将会影响探头使用寿命和测量准确性，因此装好探头是十分重要的。

下面按实际安装步骤的先后来叙述：

1. 安装台数的选择

为了保证测量的代表性和可靠性，一般来说，670t/h 和 670t/h 以上的锅炉应安装 4 台氧化锆氧分析仪，65t/h 至 410t/h 锅炉应安装 2 台，2-35t/h 工业炉应安装 1-2 台，加热炉等至少安装 2 台。

2. 安装点的选择

对安装点的要求如下：（1）为了对比找到最佳位置，安装点数应多于安装台数 1-2 个。例如需要左、右侧各安装 1 台，应在左、右侧各选二个位置，共 4 个点，对比选出二个最佳位置。（2）选型与安装点相适应，具

体选型详见第四节。(3)应安装在烟气流动好的位置,切忌安装在炉内侧、死角、涡流及缩口处,因为内侧和死角点响应滞缓,涡流处氧量波动大,缩口处易灰堵和冲刷大。(4)为使安装操作方便,安装点处应有平台,有利于探头安装、校准和日常维护。

(1) 电厂锅炉和企业工业炉选用 ZO-12B 探头。

安装点烟温为 400℃-500℃。

(2) 电厂旁路烟道选用 ZO-14 探头

要求旁路烟道的负压小于 1000Pa,大于该负压的旁路烟道不宜安装,易产生漏气故障。

(3) 快装锅炉 ZO-14 安装点

2~4t/h 快装锅炉可选用 ZO-14 探头,安装在空气预热器前。

3.炉体法兰的焊接

ZO 系列氧化锆氧分析仪的炉体法兰是相同的, ZO-12B 探头所用炉体法兰长 150mm,而 ZO-14 探头炉体法兰长 200mm。

炉体法兰焊接要求密封,为此推荐如下焊接方法,如图 6 所示。由图 6 可见,为 ZO-12B 焊接的炉体法兰,需自备一根 $\Phi 102 \times 5$ 的炉墙管,长度等于炉壁厚。自备一块厚 5mm 或 4mm 的方形钢板,大小由现场情况定,以能保证密封为宜。在方板中心开一个 $\Phi 89.5$ 的圆孔,将炉体法兰焊在该孔中,方板再与炉墙管焊接。ZO-14 的炉体法兰可以直接焊在炉体上。

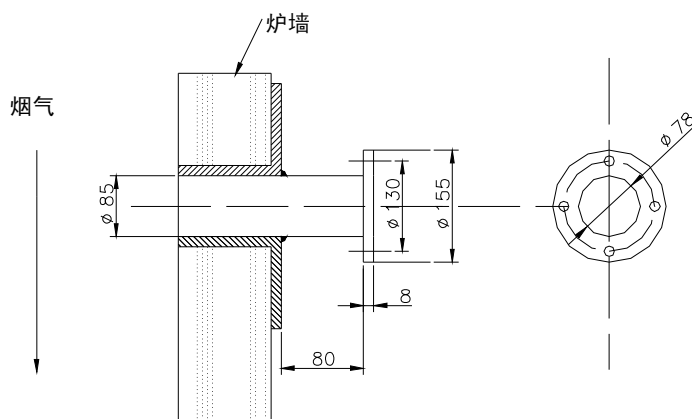


图 6 炉体法兰的焊接

4.配线与配管

ZO 系列氧化锆氧分析仪需要自备三组连线,要求如下:

(1) 信号线: $\Phi 1.0-1.2\text{mm}^2$,双芯金属屏蔽电缆线;

(2) 热电偶线: $\Phi 1.0-1.2\text{mm}^2$,三芯金属屏蔽电缆线;

(3) 加热炉线: $\Phi 1.0-1.2\text{mm}^2$,双芯普通电缆线。

5.变送器的安装

(Q) 型墙挂式变送器靠四个 M6×20 的螺钉和四个 M6 的螺母（自备）固定。(P) 型盘装式变送器的开孔尺寸为 153×153mm。

6. 氧化锆探头的安装

氧化锆探头可在停炉时安装，也可以在开炉状态安装，其安装示意图如图 6 所示。由图可见，安装时只要将探头用四个螺栓拧紧在炉体法兰上即可，十分简单。但要注意以下几点：

- (1) 两法兰之间不要忘记放石棉垫圈；
- (2) 探头的标气口端朝下，以防尘防雨；
- (3) 四个螺钉一定要拧紧，以防漏气。

7. 连线

连接前，应检查连线是否完好，并把三组连线及正负号作上标记，不要错接、空接和正负极反接。

8. 仪器投入

接通电源后，仪器开始升温，并显示温度值，当温度达到设定温度（600℃）后，仪器显示便自动转为氧含量值，当温度达到工作温度（750℃）后，仪器进入测量状态。

虽然仪器进入测量状态，但在运行前期测量值有较大偏差或波动，这属于正常情况。一般 ZO-12B 探头大约需要 24 小时，ZO-14 探头也需要 6-12 小时，测量才能趋于平稳，在这段时间内不要接记录仪，不要将信号输入到控制系统，以免输出大电流损坏变送器。

探头安装 24 小时后，虽然指示正常，但测量并不一定十分准确，这时最好进行校准工作。

9. 仪器校准

(1) 空气校准

将探头“标气入口”打开，空气便自动进入探头，待稳定一段时间后，调节面板上“空气校准”电位器，使“%O₂”显示为“20.60±0.20”。

(2) 标气校准

将减压阀、流量计、导气管按图 13 所示与气瓶连接好。校正前一定要注意先检查减压阀是否处于关闭状态（逆时针方向拧松），确定减压阀关闭后，再开气瓶阀。将减压阀慢慢打开（顺时针方向拧紧），标气流量调节为 300~500 (ml/min)，并将标气从“标气入口”处通入探头中。该步骤操作一定要先调好标气流量，后接入探头中，否则可能会因气体流量

过大而引起氧化锆元件在高温下炸裂。

通气约 1 分钟后，调节变送器面板上“标气校准”电位器，将显示氧量值调为标准气体值即可。校验完毕后，一定要先从气嘴上拨掉导气管，然后关闭减压阀和气瓶，并记住拧紧标气入口螺帽。

注意：一定要先进行“空气校准”后，再进行“标气校准”

10. 热工班组日常维护参考条例

为了便于记忆，热工班组日常维护总结为一必须、两要和三勤：

(1) 一必须：一个季度必须做一次标气校准；

(2) 两要：仪器上炉前一定要检验，仪器上炉一天一夜后，一定要重新校准。

(3) 三勤：日常勤巡检；故障勤排除；情况勤记录（记录内容：探头上炉时间、异常现象和内容、排除办法）。

九、常见故障的判断与排除

1. 氧化锆探头老化

大多数探头老化时，内阻将大于 $1K\Omega$ ，因此通过测量探头内阻即可判断探头老化程度。

一般情况下，在安装点选择合理和中等恶劣烟气条件下，探头使用一年后会明显老化。但是如果安装点烟温过高，或烟气中 SO_2 含量太大，都会加速探头老化，缩短探头寿命。

2. 氧量跳动

氧量运行曲线是一条有毛刺的波动线。毛刺和波动分别是短周噪声和长周噪声，分别由于炉压波动和风煤比波动引起的。因此毛刺和波动的大小决定于炉子的优劣，不是探头本身引起的，正常的毛刺约为 $\pm 0.4\% O_2$ ，如果毛刺近于 $\pm 1\%$ 为小跳动，大于 $\pm 1\%$ 为大跳动，探头老化是产生跳动的一个原因。

3. 显示不正常

引起显示不正常的故障原因较多，主要有氧化锆元件老化或损坏，加热炉丝断，热电偶丝断，需要更换相应仪器部件或探头；另外连接导线接触不良或断开，也会引起仪器显示不正常，需重新连接导线或更换导线。

本仪器具有简单的故障判断功能：如果仪器出现四个数码管全闪，并

且“mV”指示灯亮，说明故障出现在探头氧信号一端，可能是连线问题，也可能是氧化锆元件损坏；如果仪器出现四个数码管全闪，并且“℃”指示灯亮，说明故障出现在探头热电偶一端，可能是连线问题，也可能是热电偶断。

4. 漏气、灰堵及短路

(1) 漏气

当探头漏气时，氧量偏高。判别方法是：当用标气校准正常，而运行中氧量明显偏高者可判为漏气。导致其发生的可能原因有：

a) 安装法兰漏，多出现在不甚了解安装知识的用户中，一是炉体法兰焊接不密封，二是探头安装螺栓拧不紧。应采取措施密封安装；

b) 当将探头安装在压差太大的旁路烟道及烟道缩口处时，易产生漏气现象。应改换安装点；

c) 探头的标气入口螺帽未拧紧。

(2) 灰堵

本仪器在合理的条件下是无灰堵之忧的，但当安装在烟速过大的缩口处，不仅探头易被磨损，而且易产生灰堵。灰堵时，氧量变化十分缓慢，排除办法是改换到合适的安装点。

十、误操作引起的故障及现场处理

ZO 系列氧化锆氧分析仪是用于现场的在线仪器，它所提供的氧量信号是热控自动化空燃比控制中的一个主要参数，因此有必要列出用户中已出现的种种错误操作，引以为戒。

1. 采用 ZO-12B 探头时，选择了错误的安装点

ZO-12B 探头应选 400℃-500℃烟温、烟气流通好、安装方便之处，有些用户却选错了安装点导致种种不良后果：

(1) 烟温太高，有些用户选用了 600℃-750℃的烟温点，因烟气温度过高，加速探头老化。

(2) 选用炉内侧，虽然探头使用寿命大于 1 年，但响应迟缓，无法指导调风操作。

(3) 选用烟道缩口处，风速大，造成探头灰堵。

(4) 选在 300℃左右烟温处（省煤器后），负压大于 1000Pa，经常出现漏气故障，氧量偏高。

(5) 选在半空中，热工人员不便操作，导致安装时易损坏过滤器，

装上后无人管理。

(6) 工况氧量无代表性，正常烟气氧量与插入点氧量相差甚远。

2. 接线失误情况

本仪器虽然只有三组线，但由于是探头和变送器安装点相距较远，往往产生连线错误：

(1) 将热电偶的正、负号接反，结果输给温控一个负信号，将导致烧坏探头。

(2) 连线中间断，未检查就投入，结果投不上，无法运行。

(3) 信号电缆磨破导致与炉体短路，测量不正常。

(4) 将线接在变送器内空端子上，未经检查就投入，结果投不上，无法运行。

(5) 布连线时，将左右两侧三对线接错，将导致仪器无法正常工作。

3. 安装不当，造成漏气情况

(1) 探头上炉后，未堵标气入口，造成氧量偏高。

(2) 探头安装不密封，个别用户为了省事，不按说明书焊接炉体法兰，简单将探头插入开孔，然后用耐火物质堵孔，造成漏气。

(3) 安装点附近有漏点，例如在安装点上游有吹灰孔，而又未堵严，或者炉体漏风大，造成氧量偏高。

(4) 用户在换元件或维修时，装配不正确，造成漏气。

4. 现场特殊情况处理实例

(1) 个别电厂烟气冲刷厉害，过滤器易磨穿，可在过滤器上外焊一个R30mm的不锈钢罩，如果冲刷十分厉害，以致于不到一年探头外壳也将磨穿，只能寻找冲刷小的安装点。

(2) 个别锅炉烟气流量太大，以致于探头不能升到设定池温，又无其它安装点可换，可以在探头头部包裹少量耐温硅酸铝纤维。

(3) 氧量运行曲线毛刺大，噪声大，或波动大时，不要只怀疑探头有问题，多数情况属炉工况所致，或因炉子太老，或因送煤机有堵。可以换上一支新探头判定。