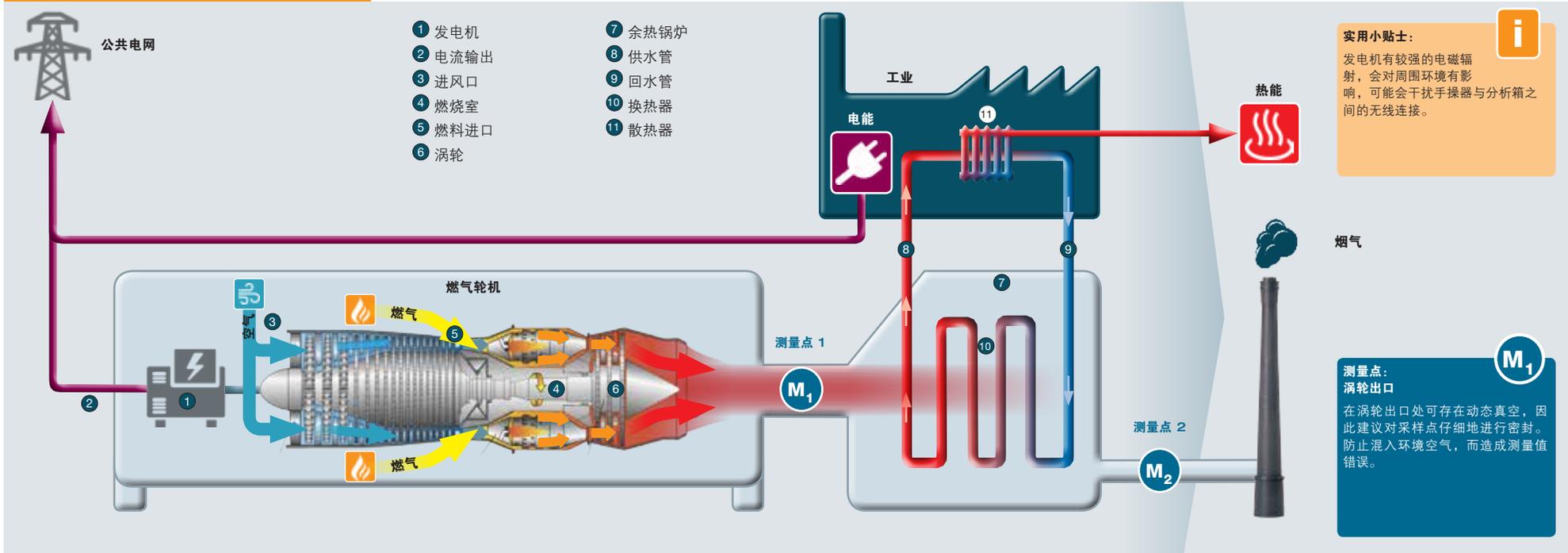


燃气轮机应用描述

概述及功能



燃气轮机的典型燃烧过程:

I. 压气机

压气机吸入空气并将其压缩。在这个过程中，空气的温度升高。今天，小于10兆瓦的燃气轮机，它的压气机压力值通常会在 20 bar 以下。在设备启动过程开始时，燃气轮机的启动器为压气机提供驱动。为了调节空气量，压气机具有叶片设定系统，对导向叶片进行调节，从而改变吸入的空气量。

II. 燃烧室

空气从压气机流入燃烧室。燃料在此加入，然后在几乎恒定的压力下进行燃烧。在此过程中，废气的加热温度高于 +1000 °C。燃烧器中的能量输入加快了废气的排出速度。

III. 涡轮及发电机

随后，在涡轮机中，富含能量的高温废气迅速膨胀，压力与环境压力持平，排气速度降低。在膨胀过程中，废气将动力传递给了涡轮。其中约2/3的能量用于驱动压气机（吸入空气），直接耦合的发电机将机械能转换成电能。在低压侧，在热废气进入至余热锅炉之前，约1/3的有效功率可作为发电机，压缩机或泵组件的第二驱动，为其供电。

IV. 余热锅炉

由于此时废气仍具有较高温度（+450 ~ + 600 °C），因此可进一步用于各种热电联产工艺中的蒸汽生产过程，以提高燃料利用率。在涡轮中减压到环境压力之后，废气被释放到环境空气中。

V. 废气

冷却的废气通过烟囱离开热电联产厂（CHP），温度只有约+70 °C。

燃气轮机应用描述

测量

M₁ 测量点1: 监测燃烧过程

在哪里进行测量?

- 在涡轮之后

为什么要进行测量?

- 确定涡轮排放
- 优化涡轮机的燃烧效率
- 不同负载点的设置
- 减少燃料消耗

测量参数?

- O₂ - NO
- CO - NO₂

典型烟气特性:

- 烟气温度:
+450 ~ +600 °C
- 烟道压力: 高达 25 mbar

请注意:

采样点处存在动态负压
→ 确保测量点密封是非常关键的, 否则会混入环境空气, 导致测量错误。



M₂ 测量点2: 监测是否遵循地方排放限值

在哪里进行测量?

- 在余热锅炉之后

为什么要进行测量?

- 监测是否遵循烟气排放限值
- 烟气测量, 用于故障排除/诊断
- 烟气测量, 用于定期检查和维修

测量参数?

- O₂ - NO
- CO - NO₂

典型烟气特性:

- 烟气温度:
+70 ~ +90 °C
- 烟道压力:
± 2 mbar

典型测量值

燃气轮机设备的典型值及排放限值

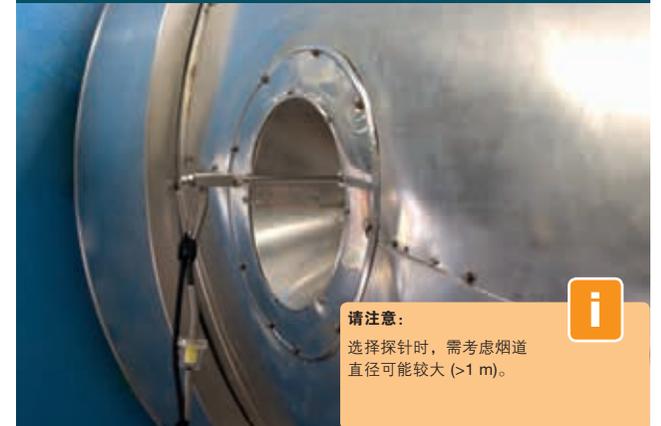
测量参数	典型值	限值
	M ₁	M ₂
O ₂	15 ~ 18 %	15 % (参考值)
NO _x	25 ~ 60 ppm	300 ~ 350 mg/m ³
CO	0 ~ 30 ppm	100 mg/m ³
CO ₂		
烟尘		
烟温	+300 ~ +400 °C	+70 ~ +90 °C
流速		
湿度		

Testo传感器和稀释系统的优势:

- 得益于德图CO_{low}和NO_{low}传感器, 在低浓度条件下也能准确测得数值
- 得益于量程扩展功能 (2倍、5倍、10倍、20倍、40倍), 仪器量程很宽
- 高浓度时传感器稀释功能自动开启, 防止传感器过载, 无需中断测量
- 高浓度时传感器保护功能自动开启, 防止传感器中毒
- 无需使用额外的高浓度传感器 (如NO和CO传感器)
→ 节约成本
- 传感器量程:
 - O₂ 传感器, 25 Vol. %
 - NO_{low} 传感器, 300 ppm, 12,000 ppm*
 - CO_{low} 传感器, 500 ppm, 20,000 ppm*
 - NO₂ 传感器, 500 ppm

* 单槽量程扩展系数: 40倍

测量孔



请注意:

选择探针时, 需考虑烟道直径可能较大 (>1 m)。



testo 350 烟气分析仪蓝色版的优势:

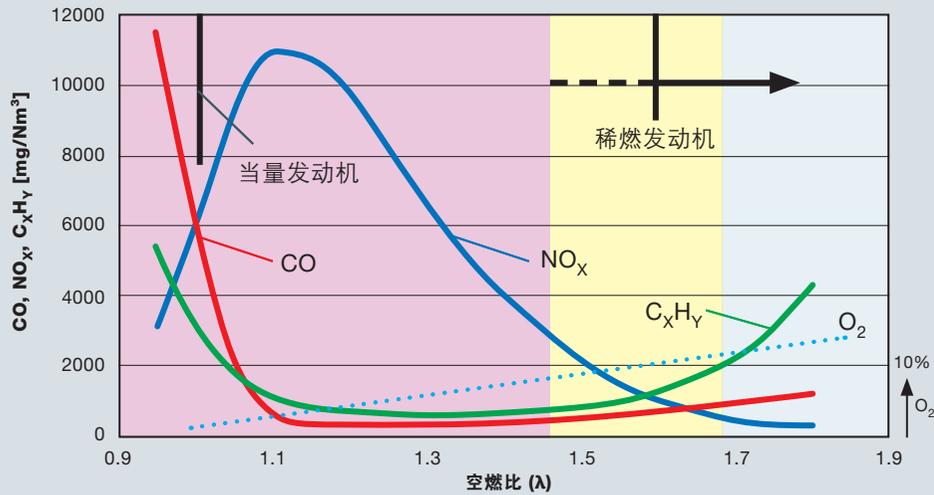
- 响应迅速, 30秒就绪
- 带预设应用的用户引导式操作菜单
- 标气测试简单准确, 可由用户在现场进行
- 坚固的封闭式外壳, 防尘防撞击
- 传感器是预标定的, 即插即用, 减少了停机时间
- 分析箱带有工业标准接口与易于接触的维修窗口
- 内置的气体预处理以及配备了德图特制技术软管的烟气探针, 可在较高程度上避免NO₂的吸附以及其他烟气参数的损失



燃气轮机应用描述

理论背景知识1

燃气轮机的排放表现

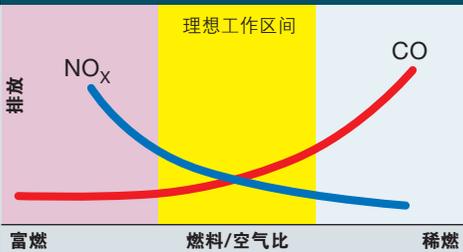


一般来说：
燃烧图上的工作点随空燃比而变化。

$NO_x = NO + NO_2$
→ 分别测量 NO_x
= $NO + NO_2$ 传感器

- 含燃料 NO_x 及热 NO_x
- NO_2 含量可能很低 → 非常高的浸出危险 (→ 推荐使用气体冷却器)
- 也在非常低的范围内 → NO_{low} 传感器

燃气轮机的理想工作范围



燃气轮机的 NO_x 排放

- 燃气轮机工作需要大量过剩空气
- 当达到当量火焰温度时，热 NO_x 的产生迅速增加
- 往“稀薄”方向（更多的 O_2 ）的燃料/空气配比的增加会导致热 NO_x 的形成逐渐降低，但 CO 的排放会增加

“富燃”	理想工作区间	“稀燃”
<p>特性： NO_x (氮氧化物): 空气供应增加，燃烧室温度降低。由于热 NO_x 发生减少，NO_x 的排放也降低了。 C_xH_y 或 HC (碳氢化合物，如甲烷): 空气燃料良好配比，碳氢化合物的值会很低。 CO_2 (二氧化碳): 燃烧过程中过量的烟气会促使 CO 与 O_2 充分氧化生成 CO_2，因而 CO 的排放浓度会很低。</p>		<p>特性： NO_x (氮氧化物): 由于燃烧温度进一步降低，热 NO_x 的排放大幅消除了。 C_xH_y 或 HC (碳氢化合物，如甲烷): 若氧气水平过高，燃烧温度大大降低，则火焰温度不足以燃烧所有的燃料 (HC) → 废气中的 C_xH_y 浓度上升。 CO (一氧化碳): 由于燃烧温度太低，CO 无法充分氧化，则 CO 浓度会再次上升。</p>

实用小贴士：

启动燃气轮机时：

启动时可能会发生高 CO 浓度。配合稀释功能（量程扩展）的使用， CO_{low} 和 NO_{low} 传感器可测量高浓度，还可获得很高精度。

调整得当的燃气轮机：

若燃气轮机调整得当，其 CO 和 NO 值是非常低的 (NO_x 值 $< 10ppm$)。具有气体预处理的系统可防止湿度对测量值的稀释，以及废气中冷凝物对 NO_2 的吸收。这样可以使性能和测量精度保持在一个恒定的水平。

燃气轮机应用描述

理论背景知识2

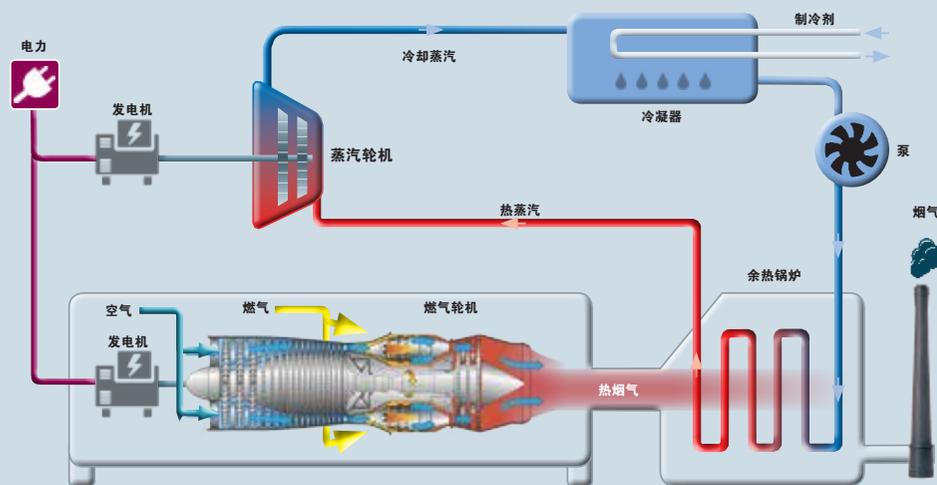
燃气轮机和蒸汽轮机的不同

涡轮	燃料	温度范围
燃气轮机	气体和液体燃料（例如天然气，汽油，丙烷，柴油和煤油）。	燃烧过程中高温范围超过+ 1000 。
蒸汽轮机	热蒸汽（通常是水蒸气），热量可能来自核反应堆，燃煤燃烧器或燃气轮机。 → 重要提示： 蒸汽轮机只能与生产的水蒸气接触，而不是与所用的燃料接触。	温度范围较低，约从 +450至+600 °C（一次燃烧过程的废气温度产生所需的水蒸气）。

通过燃气-蒸汽联合循环设备提高能源效率：

→ 通过将燃气轮机与蒸汽轮机进行组合来实现更高的发电效率。在燃气-蒸汽联合循环发电机组中，燃气轮机设备的热废气用于加热蒸汽锅炉。这大大提高了效率，因为通常来说，下游汽轮机能够再次达到燃气轮机的一半性能。

燃气-蒸汽联合循环发电机组的工作原理



量程扩展功能与低浓度传感器的有机结合

仪器设定：

传感器的稀释功能（系数2, 5, 10, 20, 40）独立于应用之外，需要时自动启动。
→ testo 350 蓝色版自动检查相关气体传感器是否安装在预期的稀释槽（插槽6）中。



它是如何工作的：

1. 设定传感器关断阈值。
2. 对于槽6：激活量程扩展 → 选择稀释系数 2, 5, 10, 20, 40
3. 当达到关闭阈值时，槽6中传感器的测量气体会自动使用环境空气（其他可能性：氮气）进行可控稀释。
→ 稀释气体通过泵和使用脉宽调制原理工作的阀，通过独立的稀释空气入口进行抽吸。→ 仪器安装了过滤器，以防气路受到烟尘的侵害。
4. 如果发生这样的情况：尽管已进行稀释，仍再次达到关断阈值，传感器保护将自动开启，以保护传感器免受损坏。

计算示例： x40

用于比对的传感器和仪器显示	CO _{low} 传感器量程	带40倍稀释的CO _{low} 传感器的量程	传感器保护：带40倍稀释的CO _{low} 传感器的量程
仪器显示	500 ppm	10,000 ppm	20,000 ppm
CO _{low} 传感器	500 ppm	250 ppm	500 ppm → 当超过20,000 ppm时，通过新鲜空气冲洗保护传感器

*使用单槽量程扩展时，额外的测量不确定度为测量值的2%

**CO_{low} 传感器量程：20,000 ppm

实用小贴士：

- 如果周围的空气含有干扰气体，请将软管推入稀释入口并置于干净的气氛中。*
- 如果使用来自气瓶的气体（例如氮气），请观察最大值。压力为30 hPa。
- 稀释也会改变读数显示的分辨率。
示例：无稀释分辨率1 ppm，系数10分辨率为10 ppm。

* 观察直径和长度限制