



德图中国总部:

德图仪器国际贸易(上海)有限公司
地址: 上海市漕宝路401号2号楼1楼
邮编: 200233
电话: 021-64708866
传真: 021-64829968
网址: www.testo.com.cn
电子邮件: testosales@testo.com.cn

香港办事处

地址: 香港新界沙田安耀街3号汇达大厦12楼1215-18室
电话: 852-2636 3829
传真: 852-2647 2339
网址: www.testo.com.hk
电邮: testo@testo.com.hk

广州办事处

地址: 广州市建设六马路29号荣建大厦19A
邮编: 510060
电话: 020-83310866
传真: 020-83308768
电邮: testogz@testo.com.cn

成都办事处

地址: 成都市北新街58号世都大厦19D
邮编: 610016
电话: 028-86736088
传真: 028-86736686
电邮: testocd@testo.com.cn

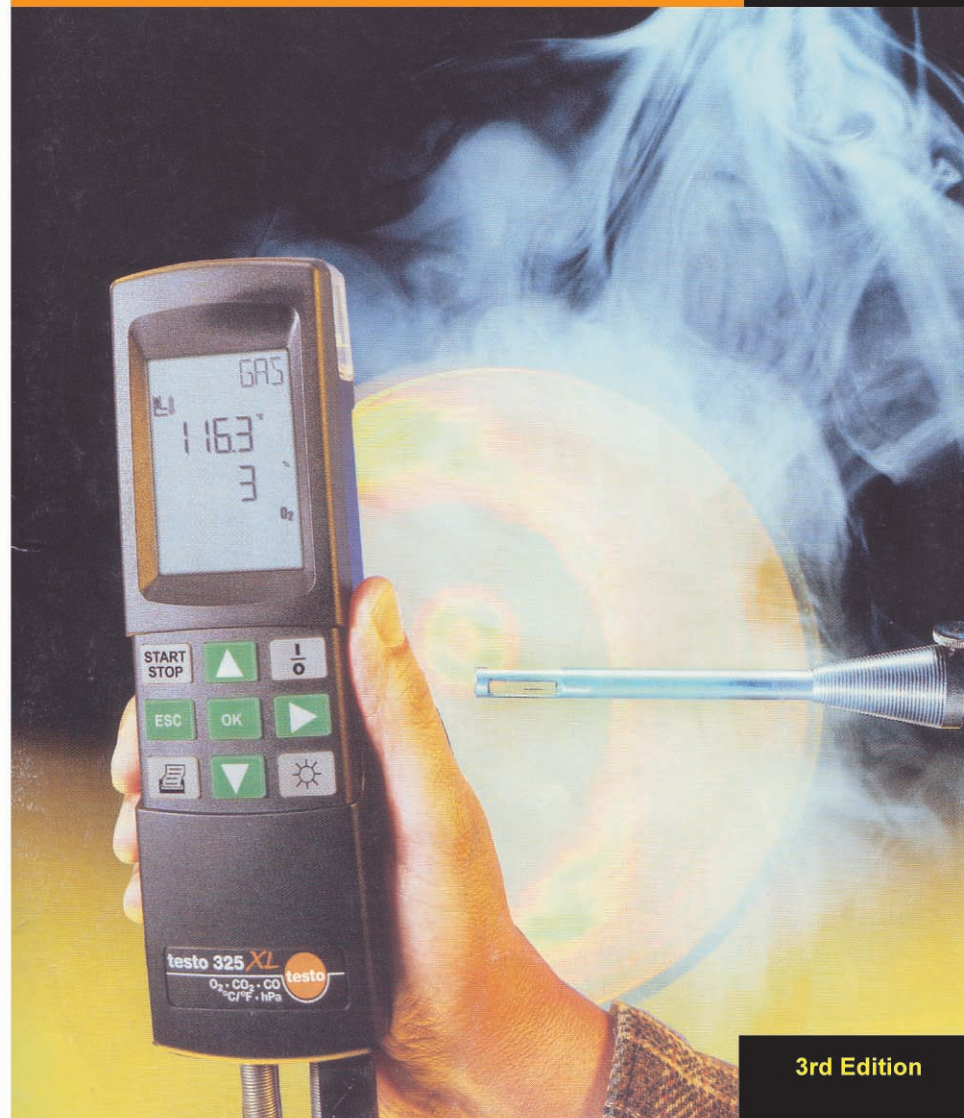
北京办事处

地址: 北京市海淀区上地七街1号汇众科技大厦201室
邮编: 100085
电话: 010-62982935 / 37 / 38
传真: 010-62982936
电邮: testobj@testo.com.cn

Practical Handbook

Heating Measurement Technology

Full of useful information



°C

O₂

CO

NO

NO₂

NO_x

λ/qA

Efficiency

3rd Edition

前言

这本手册为加热部门中的测量参数，测量任务以及测量工程提供了一个大致的纲领。它包括了从实践中所获得的各种经验，可以有力回答不同问题的答案。这些经验来自于世界各地的 testo 产品使用者。

这本手册专为给予我们的新用户烟气排放测量一个完整的概念而精心设计。对于富有经验的烟气测量分析者，这同样是一本非常有参考价值的工作手册。它收集了实践中的经验为在实际操作中提出了宝贵的建议。

这本手册能减少你在搜索不同资料时所遇到的艰苦问题和所花去的宝贵时间。

我们欢迎您的宝贵意见和建议。您只需在手册的最后一页写下您的意见和建议并将其传真给我们。

您的宝贵意见和建议将被收录于下一版手册之中。

管理者



Burkart Knospe



Wolfgang Hessler



Martin Schulz

内容	页数
I 什么是烟气	6
– 烟气测量的单位	
– 烟气的组成成分	
II 燃料的成分	12
III 燃烧器	15
IV 参数	19
– 直接测量参数	
– 计算参数	
V 基本的烟气测量方法	24
– 燃油及燃气燃烧器	
VI 燃气锅炉中CO的测量方法	30
– 环境CO的测量方法	
VII 计算燃烧效率	33
– 常规的加热系统	
– 冷凝炉的测量方法	
VIII 燃气锅炉中NO ₂ 的测量方法	36
IX 加热单元的功能测试	37
– 烟气通道中的泄漏测试	
– 使用电子溢出检测器控制流量	
– 利用内窥镜进行问题诊断	
X 调节燃烧器	40
– 小型燃烧器	
– 低温和冷凝锅炉	
– 燃气加热系统	

内容	页数
XI 以DVGW条款为标准对水管和气管进行检漏测试	44
– 主要预测	
– 测量泄漏量	
– 水管中的压力测试	
– 气体泄漏探测	
XII 测量工具	49
– 传感器	
– 两个化学传感器的运作	
– 三个化学电极传感器对有毒气体测量的运作	
– 半导体传感器对可燃性气体的测量	
– 电子学	
– 构思	
XIII 附录	56
– 计算公式	
– testo工具的介绍	
– 联系地址	
– 客户的意见和建议	

1. 什么是烟气?

不断增加的各种燃烧所产生的污染是现在城市以及郊区环境污染的核心。烟雾，酸雨和不断增加的过敏症病人的数量与环境污染有着直接的关系。解决环境的污染就必须减少污染物质的排放。污染物质减少的途径只有设备更有效的运转或者是停止排放有害气体的锅炉的工作。烟气分析设备提供了一种减少集中污染物质和调整设备以达到更高效率的手段。

测量的单位

烟气中的污染物质，可以以烟气成分的浓度检测出来。下面的单位既为常用单位：

ppm (百万分之比)

像百分比(%)一样，ppm记述的是一种体积比例。百分比意味着在每一百部份之中有x数量的部分，同样，ppm意味着每百万部份之中有x数量的部分。例如，如果一气缸中含有250ppm的一氧化碳(CO)，那么，如果一百万个烟气粒子从气缸中排出，其中将会有250个CO粒子。另外的999,750个粒子将会是氮气(N₂)粒子和氧气(O₂)粒子。ppm这个单位是不受压力和温度影响的，并且用于表示低浓度气体的。如果出现高浓度，则会用百分比，其转化方式如下：

10 000 ppm = 1%
1 000 ppm = 0.1%
100 ppm = 0.01%
10 ppm = 0.001%
1 ppm = 0.0001%

测量单位：ppm

如果一个含有21%氧浓度的一定体积将会等于同浓度下210,000ppm O₂。

mg/m³(毫克每立方米)

以mg/m³为单位，标准体积(标准为立方米，m³)作为参考，而污染物则以质量毫克来表示(mg)。因为这个单位是随压力和温度变化而改变，这个单位在正常条件下是可以被参考的。正常条件如下：

温度：0°C

压力：1013 mbar(hpa)

但是，这个单独的资料是不够充分的，因为在随着烟气中氧含量的改变而变化(烟气被环境空气所稀释)。因此这个测量值必须转换至一个固定的氧含量，即为参考氧含量(O₂参考值)。只有换算到氧参考值下的数据才能直接进行比对。将单位从ppm转化为mg/m³时，同样也需要烟气中实际测得的氧含量值(O₂)。在这个转化中，一氧化碳(CO)，氮氧化物(NO_x)和二氧化硫(SO₂)转换公式如下：

测量单位：mg/m³

$$CO(mg/m^3) = \left[\frac{21 - O_2 \text{参考值}}{(21 - O_2)} \right] \times CO(ppm) \times 1.25$$

$$NO_x(mg/m^3) = \left[\frac{21 - O_2 \text{参考值}}{(21 - O_2)} \right] \times 2.05 \times (NO(ppm) + NO_2(ppm))$$

转换为mg/m³

公式中的系数均为气体在标准密度mg/m³中的。

测量单位: mg/kWh

mg/kWh(能量的毫克每千瓦时)

在转换成与能量相关的单位mg/kWh的计算中, 为了确定污染气体的浓度, 需要考虑到燃料特性。每种燃料有各自不同的转换系数。从ppm和mg/m³到mg/kWh的转换系数如下图所示。在转换到mg/kWh之前, 在排放中所测得的值必须先转换为未稀释的烟气(氧气参考值为0%)。

那些固体燃料的转换系数同样可以在燃料表中查得(如煤屑, 粉末和破布)。基于这个原因, 计算前应仔细查出相应的系数。

	轻油			
CO	1 ppm	= 1.110 mg/kwh	1 mg/kwh	= 0.900 ppm
	1 mg/m ³	= 0.889 mg/kwh	1 mg/kwh	= 1.125 mg/m ³
NO _x	1 ppm	= 1.110 mg/kwh	1 mg/kwh	= 0.900 ppm
	1 mg/m ³	= 0.889 mg/kwh	1 mg/kwh	= 1.125 mg/m ³
	天然气(G20)			
CO	1 ppm	= 1.074 mg/kwh	1 mg/kwh	= 0.931 ppm
	1 mg/m ³	= 0.859 mg/kwh	1 mg/kwh	= 1.164 mg/m ³
NO _x	1 ppm	= 1.759 mg/kwh	1 mg/kwh	= 0.569 ppm
	1 mg/m ³	= 0.859mg/kwh	1 mg/kwh	= 1.164 mg/m ³

图1: 能量单位的转化系数

烟气的成分

烟气成分根据不同浓度如下所列。

氮气(N₂)

氮气(N₂)是我们所呼吸的空气中的主要组成成分(79 vol.%)。这个无色无味的气体在燃烧中不起任何作用。它如同压舱物一样被放进锅炉, 加热然后排出。

氮气

其在烟气中的典型含量: 燃油/燃气燃烧器中: 78% -80%

二氧化碳(CO₂)

二氧化碳是一种无色无味带微酸的气体。在日光下, 绿叶植物中的叶绿素进行光合作用, 将二氧化碳(CO₂)转化为氧气(O₂)。人类和动物的呼吸, 将氧气(O₂)重新转化为二氧化碳(CO₂)。这种平衡被燃烧所排出的气体废弃物所打破, 加剧了温室效应, 临界值为5000 ppm。当其浓度超过15%(15000ppm)时, 人立即会开始失去意识。

二氧化碳

其在烟气中的典型含量: 燃油燃烧器中: 12.5% - 14%
燃气燃烧器中: 8% - 11%

水蒸气(湿度)

燃料中的氢气在燃烧时与氧气结合形成了水(H₂O)。这些水根据烟气温度的不同(FT), 以两种不同形式从燃料和燃烧气体中脱离出来: 烟气中的含湿量(在高温烟气中), 或冷凝水(在低温烟气中)。

氢气

氧气(O₂)

残余的氧气不再对燃烧起任何作用, 只是形成了烟气中的过剩空气, 被用于计算燃烧效率, 烟气损失及二氧化碳的含量。

氧气

其在烟气中的典型含量： 燃油燃烧器中： 2% - 5%
燃气燃烧器中： 2% - 6%

一氧化碳(CO)

一氧化碳是一种无色无味的有毒气体，它是不完全燃烧的产物。在浓度过高时，它将妨碍人体对氧的吸收。例如如果一房间内的空气中CO浓度为700 ppm，呼吸这个空气的人将会在三小时之内死亡。它的临界值为50 ppm。

其在烟气中的典型含量： 燃油燃烧器中： 80 ppm - 150 ppm
燃气燃烧器中： 80 ppm - 100 ppm

氮氧化物(NO_x)

在高温中(燃烧时)，燃料和环境空气中的氮气(N₂)将会和空气中的氧气(O₂)结合，从而形成一氧化氮(NO)。在一段时间之后，这种无色气体将会继续和空气中的氧气(O₂)结合形成二氧化氮(NO₂)。二氧化氮是一种可溶于水的有毒气体，如果吸入人体，它将会损害人的肺部，并且还会与紫外线(阳光)相结合而产生臭氧。NO和NO₂我们统称为氮氧化物(NO_x)。

其在烟气中的典型含量：燃油/燃气燃烧器中：
50 ppm - 100 ppm

二氧化硫(SO₂)

二氧化硫是一种带刺激性气味的无色有毒气体。它是由燃料中的硫磺所形成的。它的临界值为5 ppm。二氧化硫与水(H₂O)或冷凝水结合，会产生亚硫酸(H₂SO₃)。

其在烟气中的典型含量：燃油燃烧器中： 180 ppm - 220 ppm

碳氢(HC)

碳氢为不完全燃烧的产物，并导致温室效应。其中包含了甲烷，丁烷和苯。

其在燃油燃烧器烟气中的典型含量： < 50 ppm

烟尘

烟尘的成分几乎全部为碳(C)，为不完全燃烧的产物。

其在燃油燃烧器烟气中的典型含量：黑度等级0或1

微粒物质

微粒物质(粉尘)是混和在烟气中细小固态物体的总称。它以任何形状和密度呈现。微粒物质由固体燃料的粉末或微小成分产生。

一氧化碳

氮氧化物

二氧化硫

备注：

参考德图的技术手册，工业中的烟气分析(订货号0981 2773)中，可获得更多关于测量SO₂的信息。

碳氢

烟尘

微粒物质

II. 燃料的成分

燃料本质上是由碳和氢组成。当这些物质在空气中燃烧时，消耗氧气(O_2)。这个过程就称之为氧化。燃烧空气和燃料中的元素，组成了新的结合。

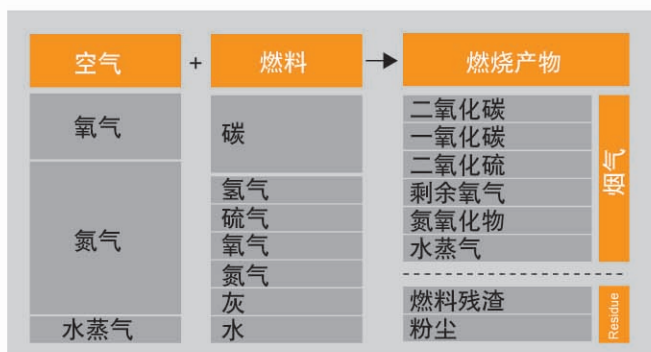


图2: 燃料烟气成分

燃烧空气包含氧气(O_2)，氮气(N_2)，以及少量的参与气体和水蒸气。理论上完全燃烧所需的空气量 L_{min} 在实际应用中是不可能实现的。为了达到更理想的完全燃烧，提供给燃烧系统的空气要比理论更多一些。实际燃烧中所用的空气与理论燃烧所需的空气的比率称为空气 λ 。在有少量过剩空气的情况下，可实现最高的燃烧效率，与此同时，未燃烧的燃料和烟气热损失也达到最低值。详见下图：

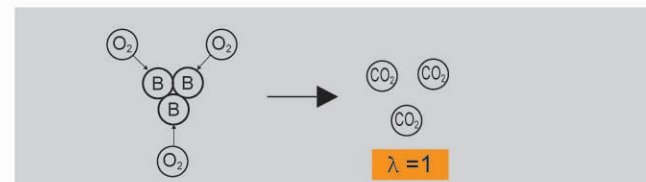


图3: 理想燃烧

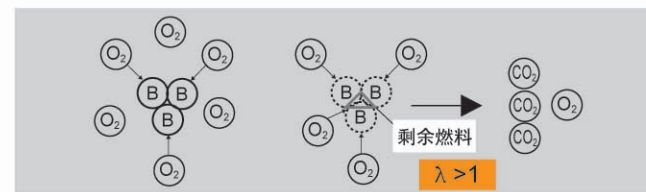


图4: 实际燃烧

固体燃料

固体燃料包括煤，动植物皮毛，泥炭，木材和麦杆。这些燃料的主要成分是碳(C)，氢(H_2)，氧(O_2)，少量的硫(S)和水(H_2O)。固体燃料大体上是按它们的热值分类，煤具有最高的热值，其次是动植物皮毛，泥炭和木头。但一个主要的问题就是它们会产生大量的灰，微粒和烟尘。必须采用必要的手段在燃烧它们时去粉尘。

固体燃料

液体燃料

液体燃料提炼自石油。通过炼油厂的加工原油被提炼成轻油、中油和重油。轻油和重油普遍应用于加热炉。轻油则广泛应用于小型燃烧器，其作用相同于柴油。重油在使用之前须对其进行加热，以保证它的流动性。轻油则不需这个步骤。

液体燃料

气体燃料

气体燃料是由易燃气体和不易燃气体混合而成，气体中易燃的主要成份是碳氢化合物(例如甲烷和丁烷)，一氧化碳(CO)和氢气(H₂)。目前，最多使用的气体燃料为天然气，它的主要成分是甲烷(CH₄)。少量家庭(10%)仍然使用城市煤气，其主要成分为氢气(H₂)，一氧化碳(CO)以及甲烷(CH₄)混和而成。然而，在热值方面，城市煤气仅为天然气的一半。

III. 燃烧器

燃烧器的原理

燃烧器连接至一热交换器以产生热量。由燃烧火焰产生的热烟气加热水管中的水，同时一并加热了缠绕在水管上的线圈，这些线圈为所谓的“载热体”(起到热传递作用)，将这些热量传递给用户(如散热器)。

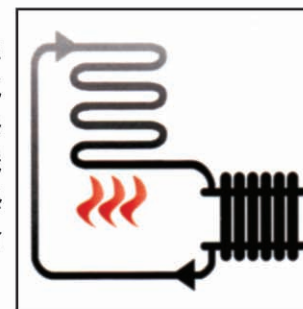


图5: 锅炉及燃烧器图解

固体燃料燃烧器

在固体燃烧器领域，可以将其分为木材燃烧器和燃煤、焦炭或煤砖的燃烧器。在固体燃烧器中，有80%的燃烧空气体是本身燃烧所需要的。20%的空气(二次进风)则供给至燃烧后的废气中，以确保完全燃烧。这些二次气体必须被预热来确保其不会使烟气降温(不完全燃烧)。

固体燃料燃烧

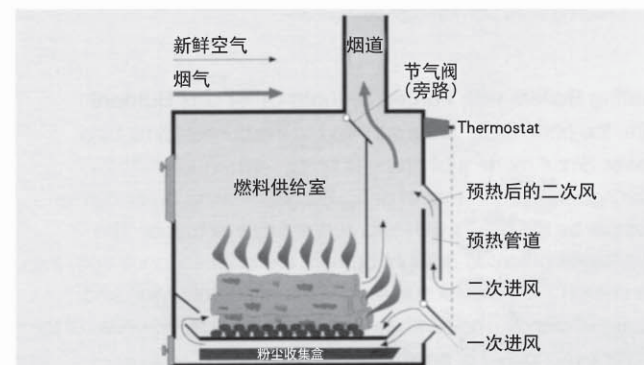


图6: 燃烧示意图

大气式燃气 燃烧器

大气式燃气燃烧器

燃气燃烧器的主要优势在于燃烧过后不会有任何残余，并且大大缩减了燃料供给腔所占的空间。特别在大气式燃气燃烧器中，燃烧空气因为浮力的关系与烟气混和进入燃烧室。燃气和空气混和，燃烧后，产生的热量传输至热传递表面，烟气则通过一个流量控制器排放出来。流量控制器的主要作用是防止过多的烟气抽力或回流压力以影响到燃烧室的燃烧状况。

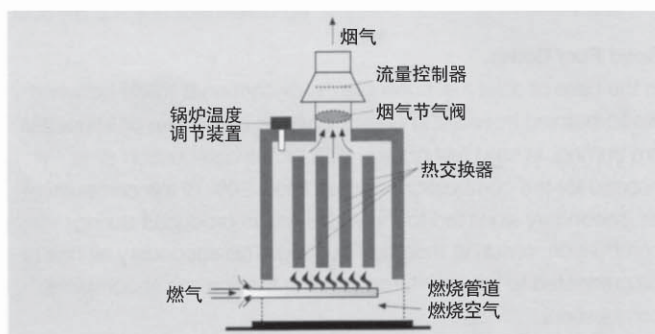


图7：燃气燃烧器示意图

配备强排风燃气/燃油燃烧器的加热炉

在这里，燃烧空气由鼓风机送至燃烧室。由于现代的燃油和燃气锅炉在设计上无法明显区分，燃气加热炉可以与一个强进风燃油燃烧器相结合。强排风燃烧器的好处在于其不受烟气对流的影响，稳定燃烧，效率高。然而，它当然也有缺点，就是锅炉耗能较大。

强排风燃烧器

冷凝锅炉

不同于净热值，毛热值这个参数描述了一定燃料完全燃烧所释放的能量。而净热值则是扣除了燃烧过程中产生的水蒸气带走的热量。因为这个原因，毛热值往往高于净热值。冷凝锅炉再次利用了这些由水蒸气带走的热量于燃烧，这就是二次热交换。所以通常冷凝锅炉的烟气温度会比常规锅炉更低一些。烟气中的水分冷凝，释放出另外的热量(潜在热能)。在低于多少温度下烟气会开始冷凝取决于冷凝温度或者是露点。不同的燃料露点也会不同，天然气的露点约为+58℃而燃油的露点约为+48℃。若烟气经冷却，天然气的露点会更快的达到。这表示冷凝所释放的热量也较早，所以燃气锅炉要比燃油锅炉获得更多的这方面的热量。由于燃油还会排放二氧化硫(SO_2)，且其易溶于水生产亚硫酸，所以燃气在冷凝锅炉方面占主导地位。同时，由于冷凝情况的发生，整个系统应做好防潮和防腐蚀的处理。

冷凝系统

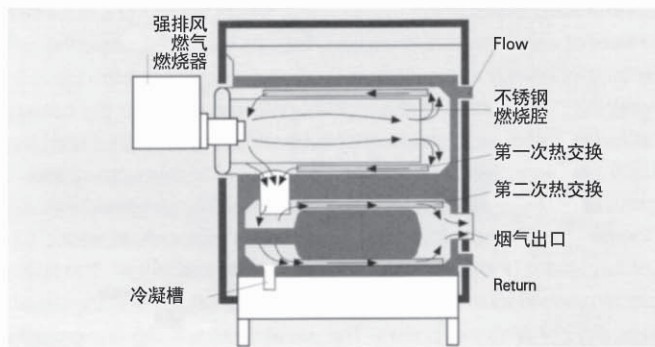


图8：燃气冷凝锅炉设计图

实践经验

- 高于100%的效率是可以得到的，因为使用的能量是在净热值的情况下测得的。
- 要注意 NO_x 的测量， NO 和 NO_2 的比例可能高达50:50。这表示在此必须直接分别测量 NO 和 NO_2 以得到准确的 NO_x 。

IV. 参数

直接测量的参数

烟气黑度

烟气黑度可以通过一个类似于自行车打气筒的设备来测得。一定量的烟气根据抽气次数的不同会被抽到一张滤纸上。将由现场抽取的过滤纸的变黑程度与标准的颜色和数字的对比卡进行对比。黑度等级从0到9就是通过这样原理测量得来的。在燃气燃烧器中，不用测量烟气黑度。

烟气黑度

燃油衍生物（残余燃油）

由于雾化不充分而导致燃烧不完全时，未燃烧的碳氢化合物（HC）会沉淀在滤纸上，以用来测量油烟。可通过观察或使用溶剂（丙酮）使其可见而测得。

燃油衍生物

环境空气温度(AT)

环境温度由燃烧器进气口处测得。在不受环境空气影响的情况下，环境温度应从进气管的适当位置测得。

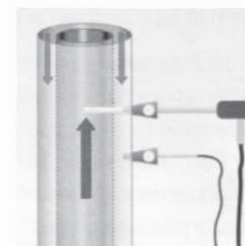


图9：在烟气/空气管中测量温度

环境温度

热点处的烟气温度

烟气温度由烟气热点处测得。此处即为温度和二氧化碳（ CO_2 ）含量最高而氧（ O_2 ）含量最低处。

烟气温度

浮力/烟气对流

在自然对流锅炉中，浮力或烟气对流是烟气流动的基本需求。高温废气的密度比外界常温空气要低，会造成烟道内一部分的真空状态。这就是所谓的对流。这股气流将吸入环境空气并克

烟气对流

服所有锅炉和管路内的阻力。对于压力锅炉来说，烟道中的压力比率克服所有锅炉和管路内的阻力。对于压力锅炉来说，烟道中的压力比率可以不予理会，因为在这种情况下，强排风燃烧器会生成一个压力来排放烟气。小直径烟道可以应用在这种场合。

氮氧化物(NO_x)

氮氧化物

通过氮氧化物的测量可以检验燃烧情况来减少氮氧化物从燃烧器中的排放。氮氧化物为一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂)含量的总和。在小型锅炉（除了冷凝炉）中，NO对NO₂的比例通常都是固定的(97%NO，3%NO₂)。因此，氮氧化物(NO_x)通常都通过一氧化氮(NO)的测量数值计算得来。如果需要得到精确的NO_x数值，需要同时测量NO和NO₂，并相加得到总和。

气流压力

压力

当检验气体加热器的时候，必须测量供气管中气流压力并检查是否符合制造商额定的数值。这就要通过差压测量。差压测量是用来设定气体加热器喷嘴处的压力使之达到仪器要求。

计算参数

下列参数的基本计算公式在附录中有简要的说明。

烟气损失(qA) (德国计算标准)

烟气损失是烟气和周围空气环境的热能级别之间的区别，并且涉及到燃料的净热值。所以这就是测量烟道中烟气热传导的测量。烟气损失越高，燃烧效率就越低，并导致加热单元的高排放。因此，燃烧器的烟气损失是有限制的。在决定了含氧量，烟气与周围空气温差，以及燃料特性后，烟气热损失就可以计算了。二氧化碳(CO₂)浓度可以代替含氧量进行计算。烟气温度(FT)，含氧量及二氧化碳(CO₂)浓度必须同时在同一个测量点上同时进行测量。同样，环境温度也必须同时测得。

烟气损失

加热系统最适合的设置是基于考虑到它自己的烟气损失：

1%烟气损失	=	1%的燃料消耗	或者
能量损失/年	=	烟气损失燃料消耗/年	

下面的例子可以说明：

计算的烟气损失	=	10%
燃料的消耗/年	=	3000 l 轻油

能量的损失约为300 l 燃油/年

二氧化碳浓度 (CO₂)

烟气中二氧化碳的含量代表着燃烧器的燃烧质量(效率)。如果CO₂和空气成比例(完全燃烧)，烟气的热量损失是最小的。

每种不同的燃料，都有一个固定的CO₂最大值(CO_{2 max}) 是由烟气中的化学成分决定的，但是在现实中都是达不到的。

不同燃料的CO_{2 max}值:

- 轻油 15.4vol.% CO₂
- 天然气 11.8vol.% CO₂
- 煤 18.5vol.% CO₂

CO_{2 max}值和烟气的含氧量可以计算出烟气中CO₂含量。

过剩空气系数 λ

燃烧中需要的氧气是通过周围的环境空气供给给锅炉的。为了实现完全燃烧，往往需要比理论上更多的氧气。实际用到的氧气与理论需要的氧气的比率就叫做 λ (过剩空气系数)。

空燃比是由CO、CO₂和O₂的浓度决定的。它们之间的关系可从燃烧图中获得(图10)。燃烧中，每个CO₂含量都对应一个特定的CO含量(空气不足/ $\lambda < 1$)或者O₂含量(空气过剩/ $\lambda > 1$)。

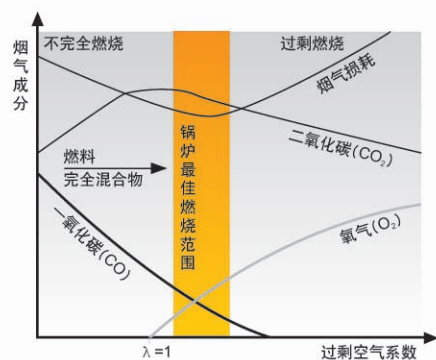


图10. 燃烧图

尽管CO₂显示最大值，但是并不清楚，所以还需要测量CO和O₂。当在过剩的空气(正常)条件下工作，O₂含量的测量是首选的。每种燃料有对应的特殊的图表，对应的CO_{2 max}也不同(详见附录)。

净效率

当烟气中没有水蒸气，只有热能时，烟气分析过程中计算出来的效率就是净效率。计算时，只考虑燃料的净热值。

毛功率

当考虑到烟气中的水蒸气的潜在热能时，烟气分析过程中计算出来的效率就是毛功率。计算烟气损失过程中，使用燃料的毛热值。

露点温度

气体的露点温度就是气体中的水蒸气变成液体状态时的温度。这种现象就叫做冷凝，液体状态就叫做冷凝物。露点温度以下，湿气就以液体存在，以上就以气体形式存在。雾和露的分解和形成取决于温度，这是一个例子。露点温度是由湿气的含量决定的：空气露点在湿气含量在30%时约为70°C。干燥的空气中的露点温度在湿气含量只有5%时只有35°C。

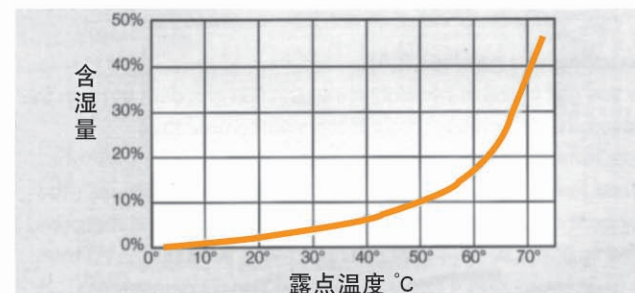


图11. 空气中湿气含量取决于露点 (大气压: 1013mbar)

二氧化碳

过剩空气

效率

露点温度

V. 基本烟气测量

燃油和燃气燃烧器

第一步

测量环境空气温度 (AT)

烟气探针置于燃烧器的进风口以测量环境空气温度。这个温度值被保存或者将由特定环境温度探头连续测量。在计算烟气损失时，需要用到环境温度。



图12. 测量环境空气温度

第二步

测量烟气损失 (qA)

烟气探头在测量开始时放入烟气管道中。在持续温度测量中，烟气的热点即烟温最高被寻获。此时，固定锥可用于固定烟气探头。烟气温度的测量是由烟气探针的顶端测量的。烟气由内置于分析仪内的气泵，经由烟气探针抽入分析仪中。氧含量 (O_2) 从采样点处直接测得并用于计算 CO_2 浓度。烟气损失由分

析仪通过这些直接测量值 (AT, FT, O_2 或者 CO_2) 计算出来。计算出来的烟气损失是经过四舍五入的。

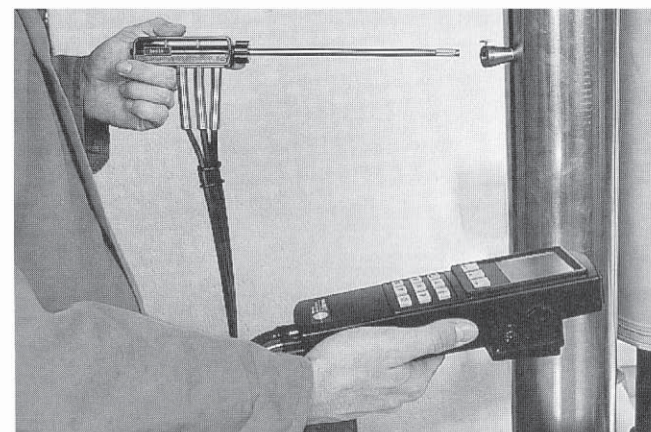


图13. 确定烟气损失

烟气温度会被以下因素所影响：

- 当烟气探头垂直烟道放置时，有冷凝水吸附在热电偶上（温度传感器）。
补救措施：烟气探头应该保持向下倾斜一定角度，以使冷凝水不易吸附或滴落。

当烟气损失过高时可能由以下因素引起：

- 调零时由于烟气探针温度过高，导致获得错误的环境温度。
建议：用独立的环境空气探头测量环境温度。
- 错误的燃料设置。
- 燃气燃烧器中热点温度波动。此时，要精确测量有一定的难度。

实践经验

由于不同燃烧设置的情况下，测量带有不确定性，所以，在极限值的基础上，已经考虑到了公差值。极限值加上最大公差的百分数结果就是估计值。烟气损失正确的测量结果应该是等于或小于估计值。估计值是由下边的表格计算出来的。

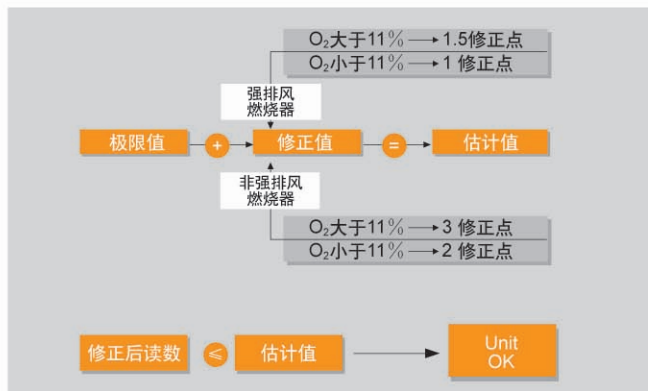


图14. 如何计算估计值

确定燃油燃烧器内的烟气黑度

当测量烟气黑度时，装有滤纸的黑度仪放置在烟道中，通过抽拉将烟气吸入黑度仪中。然后取出滤纸，并由燃油衍生物。如果过滤纸被变色，它就不能用来确定烟气黑度。此时，将进行三次测量。将滤纸与黑度对比卡进行对比，确定烟气黑度。如果测量过程中滤纸因冷凝水而变潮湿，就必须重复测量过程。最终的烟气黑度值必须计算出三次测量的算术平均值。

第三步

理论热量 输出 (KW)	燃烧器 类型	黑度		
		初装装置或彻底改装后 to 30.9.1988	from 1.10.1988	from 1.11.1996
大于4	强排风燃烧器	2	1	1
4至11	冷凝燃烧器	3	3	3
大于11	强排风燃烧器	2	1	1
	冷凝燃烧器	2	2	2

图15. 液体燃料黑度数的极限值

在未知的系统中，烟尘是首先要测量的，所以分析仪不用太过服从于压力。

烟道气流的测量

为了确定烟气对流(浮力)，有必要把燃气燃烧器中的烟气清除，烟气探针要重新插入烟道的测量孔。在这个位置上，烟气测量和压力测量前，因先将压力传感器调零。随后取出烟气探针，测量燃烧器周围的压力。分析仪将自动以负号显示周围环境和烟道之间的差压。为了能识别压力的波动，零点也可设置在烟道外。

烟气对流的典型值：

配备强排风燃烧器

的正压锅炉 + 毛热值： 0.12至0.20 hPa (mbar) 正压

燃油和燃气燃烧器： 0.03至0.10 hPa (mbar) 负压

烟气对流测量值偏低可能由以下因素引起：

- 压力传感器没有正确归零。
- 压力气路有漏气。
- 燃气燃烧器中的对流太强会导致CO浓度增大。用对流控制阀可以避免这种情况。

实践经验

VI. 燃气炉的CO测量

为了保证系统安全运行，燃气燃烧器需要被检查。烟气一定要全部排空。在燃气系统因为带有流量控制系统而与环境空气无关，烟气全部由烟气对流作用而排放来说这点是非常重要的。如果烟道发生堵塞，烟气会由于流量控制系统的作用而进入燃烧室中，造成系统运行危险。为了防止这种情况，需要在燃烧室，强排风燃烧器内及烟道内测量一氧化碳(CO)的浓度。在强排风燃烧器中，不需要做安排检测，因为在这里，烟气被强制的排入烟道。

燃气炉和被动燃气炉的安全检查

下边的表格列出了所有检查烟气路径需要的工作

表 16. 气体系统中检查烟气路径清单

任务	OK	故障
Check burner's readiness to operate		
Close all windows and doors in the vicinity of the burner		
Observe influence of ventilators available		
Check vents for a free cross-section		
Check flue gas hose for free cross-section		
Check combustion chamber for dirt and defects		
Check heated gas paths for free cross-section		
Start up gas burner		
Check that flue gas damper functions		
Assess combustion by observing the flame aspect		
Check the exiting gas in the burner for problem-free disposal of flue gases		
检测流量控制功能		
测量烟气中CO含量		
Supplement working documents		
Set up inspection log		

测量烟气中的一氧化碳(CO)浓度

CO及CO₂或O₂的含量，是通过烟气探针在经新鲜空气(流量控制后)稀释后的烟气中测得的。为了更清楚的表示系统是否正常运行时，CO应折算回烟气未经稀释时的浓度。如果掺入了空气，CO的浓度就可能不准确。此时，在这个计算过程中，需要烟气中的氧含量。所以O₂浓度必须和CO浓度同时测量。

单独测量CO并不有效

重要

未经稀释的烟气内的CO浓度由分析仪自动计算得出，并表示为CO_{undiluted} (puCO)。燃烧器开始运行至少2分钟后才能开始测量，因为需要等系统开机时，CO的高浓度降为正常运行值时测量才更准确。

未稀释烟气中CO含量的限值如下：

CO_{undiluted} 大于500ppm： 系统需要维护
CO_{undiluted} 大于1000ppm： 系统不能正常运行

只有未稀释烟气下的CO浓度才可被用于判断燃烧器的燃烧情况，因为一旦掺入了空气（稀释）后读书就会不准确。

环境CO测量

从安全角度来讲，在进行烟气测量的同时，应另外测量环境CO的含量。因为在维修燃烧炉时，烟气的倒流会引起CO含量过高，从而导致维修人员中毒。所以CO测量应该在所有的测量之前进行。

空气中CO浓度		吸入时间和产生的效果
30 ppm	0.003 %	临界值(可连续8小时吸入的最大可接受值)
200 ppm	0.02 %	2~3小时内轻微头痛
400 ppm	0.04 %	1~2小时开始前额处疼痛，逐渐扩散至整个头部
800 ppm	0.08 %	45分钟内发生头昏，恶心及手臂颤抖。2小时内 去知觉
1600 ppm	0.16 %	20分钟内头痛，恶心及头昏。2小时会导致死亡
3200 ppm	0.32 %	5~10分钟内头痛，恶心及头昏。30分钟会导致死亡
6400 ppm	0.64 %	1~2分钟内头痛及头昏。10~15分钟会导致死亡
12800 ppm	1.28 %	1~3分钟会导致死亡

- 香烟的烟气会影响测量 (不少于50 ppm)
- 吸烟者的呼吸会影响测量结果大概5 ppm。
- 归零应该在新鲜空气中进行。

VII. 计算效率

在常规的加热系统中

净效率由分析仪自动计算，只考虑燃烧所产生的热能。在这个计算过程中，使用燃料的净热值。

毛效率由分析仪自动计算，已将烟气内水蒸气冷凝所产生的热能计算在内。所以，在这计算中，使用燃料的毛热值。

$$\eta = 100\% - q_A$$

$$q_A = \left[(AT - VT) \left[\frac{A_2}{(21 - O_2)} + B \right] \right]$$

这个公式中的烟温和氧含量通过烟气同时测量得到，燃料特性系数(A₂, B)和空气中的氧含量(21)储存在分析仪中。为了确保正确的A₂和B的值，就需要在分析仪中选择相应的燃料。

冷凝炉

由于在当今的冷凝燃烧中，由冷凝产生的热量被再利用，德图引入了额外的值XK来确保正确的计算结果。这个值包含了与燃料净热值相关的冷凝过程所产生的热量。当烟气冷却到露点温度以下时，这个值是储存在德图分析仪中的(参看图24)，比例系数XK表述了冷凝所产生热量，而这些热量可能导致烟气损失或直接使其变成负数。与燃料净热值相关的可能超过100% (详见下边的例子)。

比例系数XK

$A_2 = 0.68 \rightarrow q_A = 19\%$ (比例系数XK)

$B = 0.007$

$T_F = 30^\circ\text{C} \rightarrow q_A = -5\%$ (比例系数XK)

$A_T = 22^\circ\text{C} \rightarrow h = 100\% - (-5\%)$

$O_2 = 3\% = 105\%$

$XK = 5.47\%$

举另外一个例子，下边的图表清楚的表示了为什么冷凝炉中的效率大于100%。

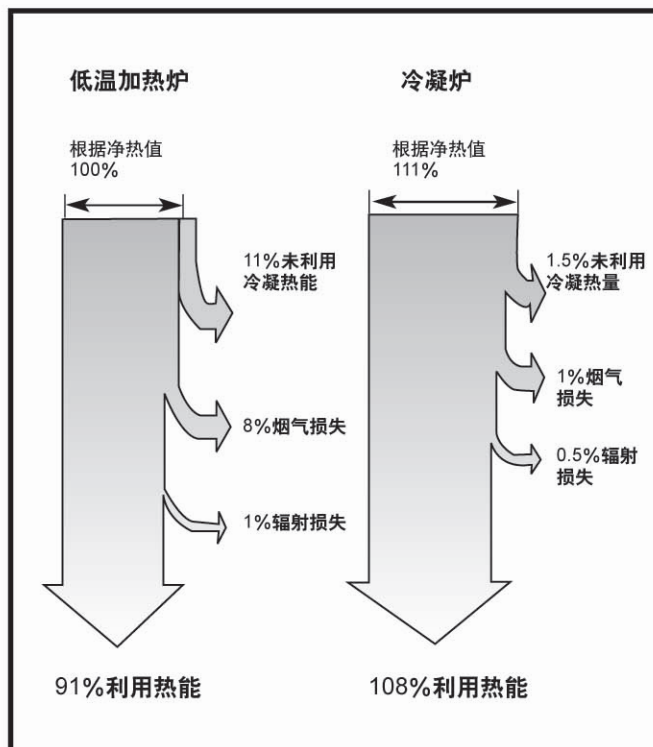


图17：冷凝炉和低温下的能量损失

- 一旦燃料投入使用，热量和水蒸气就会产生。
- 如果热量完全测量，那么净热值的100%就能获得。
- 如果水蒸气(冷凝所产生的热量)中的能量被加上，毛热值就可以获得。
- 毛热值要高于净热值。
- 当计算效率时，通常是基于净热值上的。
- 冷凝炉除了用到纯粹的生热值外还用到纯粹能量，就是说功率可以大于100%。

如果效率与净热值而不是毛热值有关时，冷凝炉在有损失时还是有效工作的。

注意

燃料	露点温度($^{\circ}\text{C}$)
天然气	57.53
轻油	50.37
液化气 (70/30)	53.95
城市煤气	61.09

图18：特殊燃料的烟气的露点温度。在化学燃烧和标准大气压(1013mbar)下计算得到。

VIII. 燃气炉中的NO₂测量

氮氧化物NO_x为一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂)的总和。通常NO和NO₂的在烟气总的比例是(97%NO, 3%NO₂)。由于这个



图19. 德图300XXL准备测量NO₂

原因, 测量了NO的浓度就可以确定NO_x的浓度了。但是, 如果使用混合燃料或者冷凝炉, 这个比例就会改变, 因此, 必须单独测量NO和NO₂的值来确定NO_x。

由于二氧化氮(NO₂)是可溶于水的, 所以要准确的测量NO₂就必须采用干燥的烟气, 否则溶解于水的那部分NO₂含量将不会被测量出来。这就是为什么需要气体预处理, 在正式测量二氧化氮前, 必须先出去烟气中的水分。

重要

实践经验

- 如果测量的是静电过滤器的附近, 烟气探针应该接地。
- 如果烟气中的烟尘含量和污染度是理想的, 应该使用干净和干燥的过滤器。也可使用前置过滤器。

IX. 加热单元的功能测试 烟道的泄露检测

加热单元中的烟道, 独立于周围空气环境, 是通过测量夹层中的O₂含量来检测泄露的。这些测试必须在现代系统中执行。夹层中的进风处O₂含量通常是21%。如果检测到的值低于20.5%, 就说明进风烟道中有泄露; 系统应该被检查。

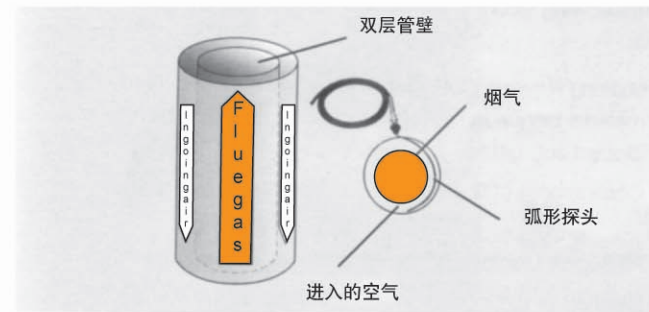


图20. 用弧型探头测量夹层中的O₂含量

德图弧型探头(例如德图330, 订货号0632 1260)可以快速有效的测量夹层中的O₂含量。

用检查压力来检查烟气管道中泄露的方便的方法, 目前只在烟道领域中使用。空气被压力检测器充入到烟气管道中, 直到压力有200 Pa(之前是1000 Pa)。空气的泄露量是通过测量压力来实现的。如果它的泄露速率是50l/(m²), 烟气管道将被确认为有泄漏发生。

用电子逸出探测器控制流量

流量控制单元中烟气无不正当泄漏是为了保证锅炉的有效运行。有几个可选择的方案可用来确定是否烟气被正确的排放。烟气的排放是由烟气在冷凝盘或烟气探测器上的结露状况来确定的，由热电偶测量的上升温度，或用较小的烟道清楚的控制流量。

下面的错误操作可能导致烟气倒流至流量控制单元中：

- 没有或密封不严，密封材料老化，管道连接脱落，凹下，腐蚀或断裂，均会导致烟气管道泄露。
- 由于粉尘或烟道变形限制了高温烟气的排放。
- 环境过于密闭导致供氧不足。
- 通风口堵塞或有赃物。
- 烟气气路中出现堵塞或限流。

过剩空气

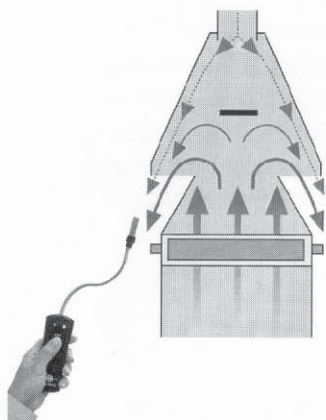


图21.用德图317-1溢出探测器来检测流量控元单元中的烟气泄露

用内窥镜诊断问题

一个革命性的设备能进入到任何地方。舒适的把手可以单手操作，所有图像均简单的控制于您的指尖。这样可以节省时间和金钱。



图22.用德图319检查和维护加热单元时不需要拆开

X. 燃烧炉的调整

小型燃烧器

调节的目的是由于环境的需求和对燃料最有效的利用（化学计量学概念上的燃烧）和设备处在最佳使用状态。最佳运行的一个关键的参数是燃烧空气的设置。实际情况中，理想运行状态下需要少量的过剩空气。空气的需求量大于理论值。下面的规则适用于实际的应用：

最大的燃烧效率只有在空气少量过剩空气，热损失最小时达到的。

图23:显示了烟气组分的浓度与空气含量设置的函数。

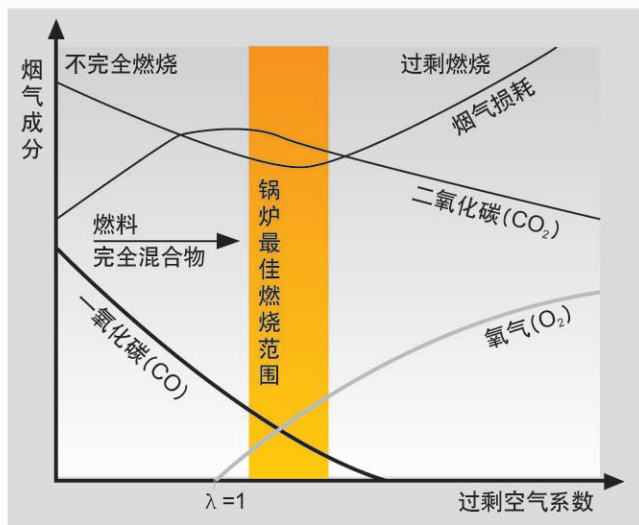


图23. 燃烧图

在单一化的形态下，以下法则适用：

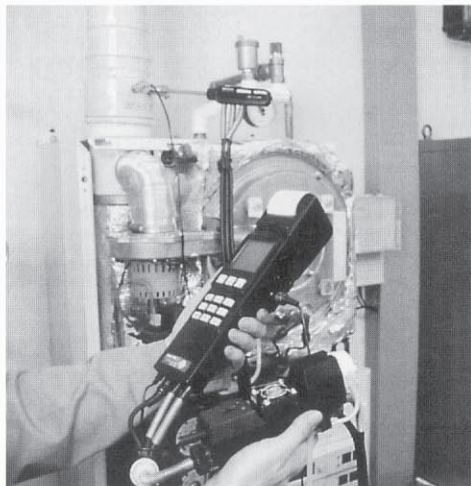
获得最大的燃烧效率：	CO ₂ 含量应尽可能的高
	CO含量应在安全极限内（非常低）

低温和冷凝炉

怎样调节锅炉？

- 调节燃烧器达到锅炉的额定热量
- 调节烟气浓度至限定数值，如烟气损失等
- 调节新系统使黑度小于1
- 调节新系统中的CO₂浓度至大约11-13%
- 调节烟气温度至制造商额定数值
- 调节CO浓度至最优
- 如果温差与制造商的规格相符，则说明调节正确（在大多数情况下）
- 由于烟气温度低造成大量冷凝物的产生可能会导致错误的读数并破坏分析仪。办法：用气体干燥机来取代冷凝槽。

实践经验



图示24:
气体干燥机可以保证精准的读数并保护testo300气体分析仪不受冷凝物的影响被损坏

燃气加热系统

调节的目的是由于环境的需求和对燃料最有效的利用。在操作气体燃烧器时，必须调节和控制气体流量，这就需要测量气流压力。制造商也有特定要求，并且必须在安装之后进行调节。更进一步的话可测量喷嘴处的压力，这也会影响到燃烧情况。

怎样调节燃气加热系统？

- 调节烟气至限值
- 通过差压测量调节气流压力至正确值(如testo300)。该正确值可通过制造厂商提供的数据表找到。该调节能使喷嘴处的压力也达到标准值。
- 通过喷嘴处压力仪器会适应所需热度。而不正确的压力值将导致以下问题：

气体压力过高	• 火焰喷出 • 不完全燃烧 • 高CO含量 • 中毒危险 • 燃气消耗量高
气体压力过低	• 火焰喷出 • 烟气损失过高 • 高O₂含量 • 低CO₂含量

- 不要在主要烟道实施压力测量（观察测量范围）
- 保证在测量点和分析仪之间没有泄露（以防爆炸危险）

实践经验

XI. 气体和水管检漏（参照DVGW标准）

- 在开始管道工作之前，需要锁住关闭装置以防被不相关人员打开（例如：打开钥匙或手把）。无论气体从何处泄露，必须保证气体能够安全的由流通空气导向或通过外部软管引导。只有当所有气体可流动的封闭管道的出口被紧紧关闭的时候，才能打开关闭装置。以上所述并不适用于管道外部保养工作。
- 根据DIN30657标准，气体的管道泄漏必须通过气体检漏仪或泡沫材料检测。火焰检测是不允许的。只有当非常危险的状况发生并要立即处理的情况下，才允许运用临时密封检测。
- 管道工作压力超过100mbar的需要作预测和主要检测。该检测需要在电缆或连接装置被遮盖或涂层之前执行，也可分段执行。
- 所有的测试文件都需要存档。

预测

预测是对未安装的新管道单独的一种承载检测。在测试过程中，管道出口必须用金属制造的插头，螺帽，盖子或法兰紧紧密封。任何与气管的连接都是不允许的。当管道连接装备的额定压力和检测压力一致时，预测可在管道和装备一起时操作。

预测需在空气或惰性（不容易反应）气体（如：氮气，二氧化碳）中进行，不能有氧气，并处于测试压力1bar。在持续的10分钟测试过程中该测试压力不能够减弱。

主要测试

主要测试是管道包括相连装置的泄漏测试，但不包括气体分析仪和相关的控制安全装置。气体计算器可包含在此主要测试中。该测试需在空气或惰性（不容易反应）气体（如：氮气，二氧化碳）中进行，不能有氧气，并处于测试压力110mbar。在持续的至少10分钟测试过程中该测试压力不能够减弱。测量的仪器必须精确到0.1mbar的压力下降都能够测试到。

测量泄漏量

在使用的或废弃的低压管道可用来做检漏或重新连接。该管道必须先作一个压力为3bar，持续时间为3到5分钟的承载测试。这个测试的目的在于检测是否有腐蚀损坏。通过泵向管道内增压达到测试压力并且一分钟内的降压都能被测量到。

- a) 当气体泄漏小于1升每小时的话，依然能继续使用。
- b) 当气体泄漏处于1升至1.5升每小时之间，适用性降低。
- c) 当气体泄漏大于5升每小时的话，将不再适用。

为了确定气体泄漏量，首先基于管道的长度我们能确定在管道中的气体量。通过差压测量得到每分钟压力下降量，并结合管道中的气体量用DVGW工作表G624或DVGW特别认证的德图对比尺。

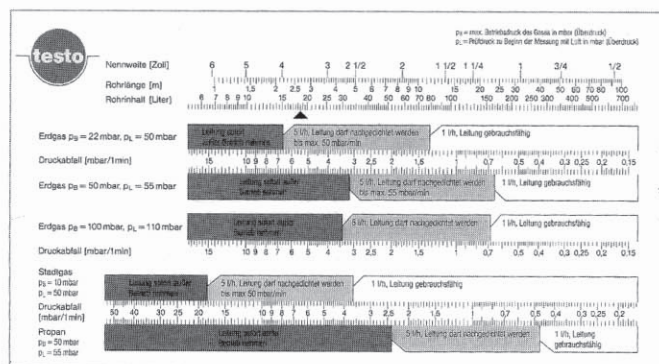


图25：德图对比尺

利用该对比尺就无需在分析工具中键入数据了。气体泄漏量的计算值取决于以下的公式：

$$V_B = V(p_1/p_2 - 1) \times p_B/p_L \times f \times 60$$

V_B 操作过程中的气体泄漏量，单位l/Min

V 管道中的气体量，单位l

p_1 测量一开始的绝压，单位mbar
(气压计的读数+最初的测试压力)

p_2 测量结束时的绝压，单位mbar
(气压计的读数+最终测试压力)

p_B 气体的操作上限，单位mbar

p_L 测量最初的空气测试压力，单位mbar(正压)

f 不同类型气体参数

作为选择，用来测量烟气泄露量的仪器在市场上是存在的(不仅仅是德图仪器)，但是普遍没有具体的测量准则。这使得绘制或者计算烟气的泄露量只能通过推断的方法进行。

以下的根据耐用性来推断的测量方法或许行得通：

- 如果耐用性极佳，管道便可使用
- 如果耐用性降低，管道将被密封或者更换。另外一种选择就是如果管道符合DVGW Worksheet G 624中运行压力高达100mbar的情况下，根据7.1.3节所述，在验证出管道耐用行降低后的4周内必须重新进行管道的压力紧密性工作。
- 如果管道已经不赋耐用性，则必须停止其使用。对于重新修整过的部分管道也适用。

这些测量可参考德图对比尺。

重要

在所有维修工作之后，必须进行压力降低测试。(主要测试，参见P45)

水管内的压力测试

此测试是由预测试及主测量试构成，在新安装的以及表面未涂任何材料的管道上进行。用于由于霜冻或者腐蚀，管道内有水的不能够进行的情况下。出于安全考虑，主测量使用110mbar，预测使用最大为3bar(额定管的宽度依DN50)或者最大值为1bar(额定管的宽度依DN50)。由于DIN 1988-2 TRWI 11.1要求，此测试不能取代水压的负载测试。

检测气体泄漏

如果天然气从管道或加热器中泄漏，将会有中毒或者爆炸的危险。由于天然气通常是无味的，所以均刻意加入气味。如果房间内有气味，则必须对房间进行通风。然后就可以用一个气体测漏保护探头来检测管道上的泄露。出于安全考虑，最低爆炸限值不能超过20%。

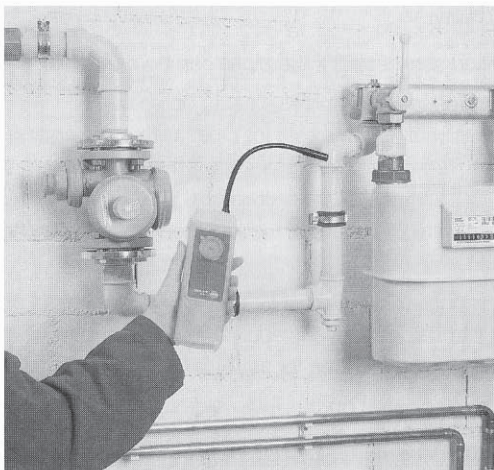


图26：用testo 316检测管道气体泄漏

XII. 测量仪器

实践的需求使得便携式烟气分析仪向任何一个仪器生产厂家提出了挑战。严酷的测量环境以及不能用交流电源供电的测量需求，使得对设计提出了相当高的要求，既要懂得原理，又要考虑到各种用户的需求。仪器需要简洁，轻便，易携带及易操作。其他的重点在于测量值的及时可用性，低耗电以及便于维护保养。

$$\eta = 100\% - qA$$

传感器

测量仪器的要求与测量气体浓度的传感器的选择关系密切。电化学烟气传感器已经在实践中证实了自己的价值。测量值的及时可用，空间占用小，用户维修可自行维护保养以及低的制造成本是这款传感器的主要优点。对于生产一个适用于环境的烟气传感器，大量的研究与发展工作还是必须的。这包括优化烟气气路，考虑到烟气的交叉敏感性，以及设计方便用户自行更换的传感器。

电化学传感器的工作

三个电极的传感器用于测定有毒气体的浓度。这种仪器的工作原理可参照一氧化碳(CO)传感器来解释。

典型的两个电极传感器是氧气(O₂)传感器。图27介绍了O₂传感器的工作原理。

氧气传感器

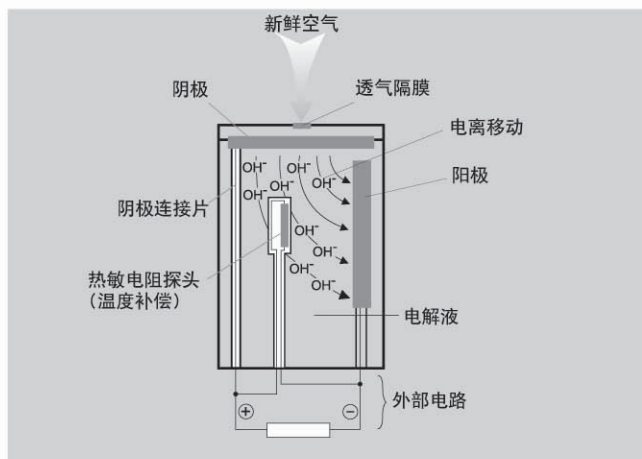


图27：氧传感器工作原理

氧气传感器主要工作原理：

- O_2 分子穿过透气隔膜进入阴极。
- 化学反应：产生 OH^- 离子（离子=带电粒子）。
- 离子通过电解液游离到阳极。
- 离子的运动对外部电路产生一个电流，并且与 O_2 浓度成正比。
- 这表示 O_2 浓度越高，电流越大。
- 外电路电阻上的电压差被测量出来且经过处理。
- 电阻的负温度系数补偿温度变化，保证传感器温度恒定。
- 氧气传感器的寿命约为2年。

化学反应公式：



烟气浓度过高，或者烟气温度过低，含湿量过高及粉尘，都会缩短传感器寿命。

实践经验

三个电化学传感器测量有毒气体工作原理

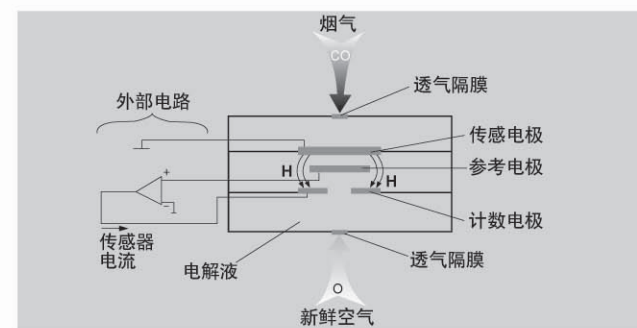


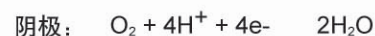
图28：一氧化碳传感器工作原理

三电极传感器的的主要工作原理(以CO传感器为例)：

- CO 分子从气体渗透膜穿过进入传感电极
- 化学反应：产生 H^+ 离子
- 离子游离到计算电极
- 在新鲜空气中 O_2 的作用下的二次化学反应：外部电路的电流传导
- 参考电极稳定传感器信号
- 大概2年的寿命

一氧化碳传感器

化学反应公式：

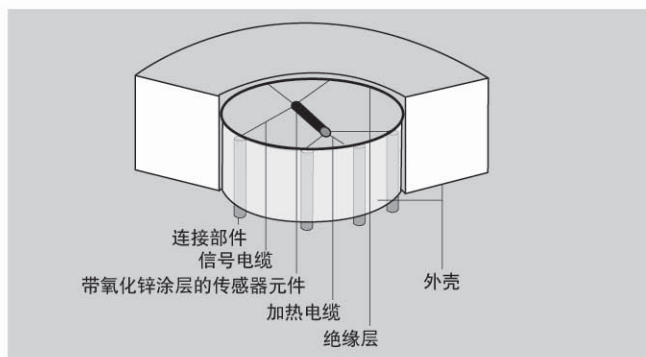


烟气浓度过高，或者烟气温度过低，含湿量过高及粉尘，都会缩短传感器寿命。

实践经验

用于测量易燃气体的半导体传感器工作原理

半导体传感器是用于测量如CH₄、H₂和CO等易燃气体。用在气体检漏领域。半导体传感器的结构如图29所示：



Semi-conductor sensor

图29：半导体传感器结构

半导体传感器的主要指标(以气体检漏探头为例)：

- 传感器元件需加热到300℃的工作温度
- 当加热时锡氧化物的阻抗会升高
- 如果在传感器元件周围的空气中或传感器内部存在易燃气体(HC、H₂和CO)，则它们将堆积于锡氧化物层

- 其电阻将降低
- 将通过显示灯或鸣笛报警

烟气浓度过高，或者烟气温度过低，含湿量过高及粉尘，都会缩短传感器寿命。

实践经验

电子学

制造业的研发趋势是面向体积更小和功能更复杂的测量仪器。电脑制图(CAD)以及自动化生产使得在更加狭小的空间放入复杂的电路板。电路板是多层设计的，电子元件是通过最新技术安装的(表面安装设计SMD)。测试电脑(电路检测器)检测装配板，并在最短时间内识别错误。出错的电路板能很快地被更正并送回生产线。一旦电路板和测量传感器被整合在设计盒内，仪器将经过辅助电脑检测仪的检测，以及通过检测烟气校准。DIN ISO 9000证书确保了相应的品质，并通过良好的售后服务巩固。最后的结果便是满足烟气分析需要的测量仪器。

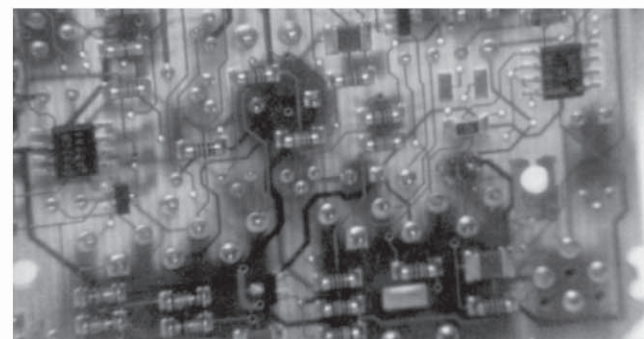


图30：通过多层技术生产的制作的SMD板

设计

在设计便携式烟气分析仪时，烟气气路的设计为主要考虑因素。由于气体的泄漏将影响测量结果，所以烟气气路一定保证其气密性。应尽量避免产生冷凝水容易沉淀的地方，因为这样容易损坏传感器。现代的烟气分析仪设置了独立的冷凝槽，用来收集冷凝水来保护仪器。下图简单的介绍了烟气气路的排列。

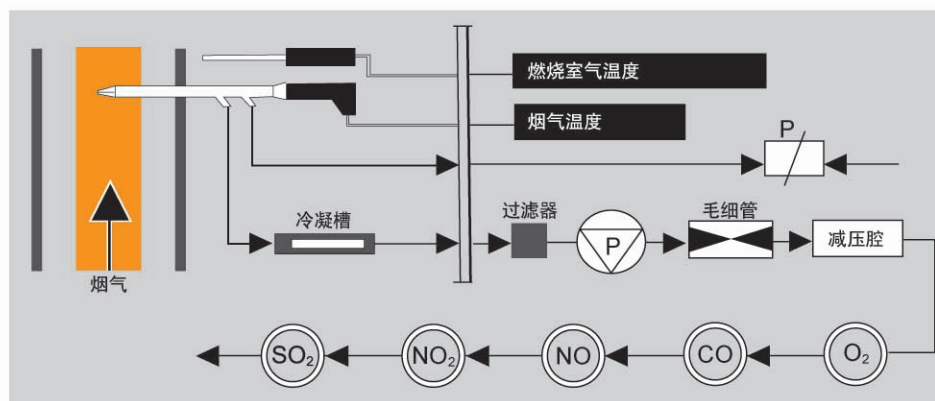


图31：烟气分析仪中烟气气路的简单分析

烟气通过采样探针由泵P抽取，送到冷凝槽。探头头部内置的热电偶测出烟气的温度。

冷凝槽和过滤器将烟气冷凝干燥，并过滤出灰尘和煤灰等杂质。然后气体由泵P抽到一个细管内（狭窄的烟气气路）进入到一个可以由泵的横隔膜形成的减压腔内。离开腔后，被测量的烟气将被送到传感器，根据设计需要依次为O₂，CO，NO，NO₂和SO₂，并测量的浓度。

测量烟道流速，则不抽入烟气。多余的气体直接从探头由一专用气路进入压力传感器，以测量烟气流速。

燃烧空气的温度是通过连接在分析仪上的温度传感器直接测量得到。

XIII. 附录**计算公式（德国）**

烟气损失

$$qA = \left[(FT - AT) \left[\frac{A2}{(21 - O_2) + B} \right] \right] - XK$$

FT: 烟气温度

AT: 环境温度

A2/B: 燃料特性因素（见下表）

21: 大气中氧气含量

O₂: 测量的氧气值（圆润至最接近的整数）

XK: 比例系数，表示当未达到露点时，qA的值最小。这对测量冷凝炉时很必要的。如果未达到露点，则XK=0。

特殊燃料因素表:

燃料	A2	B	f	CO _{2max}
燃油	0.68	0.007	-	15.4
天然气	0.65	0.009	-	11.9
LPG	0.63	0.008	-	13.9
焦炭、木柴	0	0	-	20.0
煤砖	0	0	-	19.3
烟煤	0	0	-	19.2
无烟煤	0	0	-	18.5
焦炉煤气	0.6	0.011	-	-
城市煤气	0.63	0.011	-	11.6
测试气体	0	0	-	13.0

空气量L:

$$L = \lambda \times L_{\min}$$

L: 实际空气量

λ: 空气比率

L_{min}: 理论空气需求二氧化碳浓度(CO₂):

$$CO_2 = \frac{CO_{2Max} \times (21 - O_2)}{21} \quad CO_{2max}: \text{燃料特性 } CO_2 \text{最大值}$$

过剩空气系数λ:

$$\lambda = \frac{CO_{2Max}}{CO_2} = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2}$$

CO_{2max}: 燃料特性CO₂最大值
CO₂: 烟气中CO₂的计算值
O₂: 测量值
(圆润至最接近整数)
21: 空气中的氧气含量

未稀释的一氧化碳浓度(CO_{undiluted})

$$CO_{undiluted} = CO_{diluted} \times \lambda$$

CO: CO的测量值
λ: 过剩空气系数

系统效率 η:

$$\eta = 100 - qA$$

qA: 烟气损耗

计算公式（英国）

用来计算列出的值下面的公式市：

CO₂值：

$$CO_2 = CO_{2max} \times \frac{O_{2set} \times O_2}{O_{2set}}$$

CO_{2max}：燃料特性CO₂ 最大值

O_{2set}：空气中的氧含量

O₂：氧含量的计算值

烟气损耗：

$$EffG = 100 - \left[\left[\frac{K_{gr} \times (FT - AT)}{CO_2} \right] + \left[\frac{X \times (2488 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000} \right] + \left[\frac{K1 \times CO}{CO_2 + CO} \right] \right]$$

$$EffG = 100 - \left[\left[\frac{K_{net} \times (FT - AT)}{CO_2} \right] + \left[\frac{X \times (210 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000} \right] + \left[\frac{K1 \times Q_{gr} \times CO}{Q_{net} \times CO_2 + CO} \right] \right]$$

FT：烟气温度

AT：环境温度

H燃料中K_{gr}，K_{net}，K₁和氢的含量，湿气

燃料中含湿量，MH₂O，Q_{gr}，Q_{net}以及ref均为燃料特性系数

$$\lambda = \left[\frac{O_{2set}}{O_{2set} - O_2} - 1 \right] \times 100$$

$$uCO = CO(ppm) \times \frac{O_{2set}}{O_{2set} - O_2}$$

$$rat = \frac{CO(ppm)}{CO_2(\%) \times 100}$$

德图产品介绍

应用于环保，HAVC，工业的测量技术

德图总部位于德国兰克斯市，是成立于1957年的中型企业。在全球范围内，超过1000名员工研发，生产，销售环保测量技术：用于测量温度、湿度、风速、烟气、水质、光照度、声音、压力以及转速的便携式电子测量仪器。

改革，创新

改革与创新包含了理解我们客户现在与将来需求的一切活动。德图超凡的研发部门及时地将这些需求转化为满足全球客户的产品，并且价格合理，性能优越。我们70%的营业额都来自3年内的产品，这个现象足以证明德图的研发实力。

德图本土化

在德国，我们的销售网络和客服中心向新老客户提供优质的服务。在阿根廷、澳大利亚、比利时、巴西、中国、法国、英国、香港、意大利、日本、韩国、荷兰、奥地利、波兰、葡萄牙、瑞典、西班牙、捷克共和国、土耳其、匈牙利、美国，以及40多个子公司向世界各地销售来自兰克斯的精密测量仪器以及可靠的服务。

高质量

全球范围内，大概有超过10万的客户正在使用我们的烟气分析仪。工业领域的客户，以及这个行业及权威机构都高度评价了德图的产品，给与足够的信赖，这反映了德图对自身产品质量的信心。

长时间的保修期

对于烟气分析仪，德图提供一年的保质期（并且我们提供网站注册即可延长半年保修的举措）。在客户的观点，这相当于降低了价格，测量仪器的价格在以下方面变动：

- 1) 购买价格：购买价格不变
- 2) 使用成本，如在使用的头一年半内是没有修理和多余部件的花销的，因为那样的开销都由德图承担了。（除了一些保养和工作元件）

保证长时间的服务

甚至过了保修期，德图将继续为客户服务：全球范围内的服务保证了第一时间帮助您解决问题。在您的仪器哪怕是使用了15年之久，德图也同样继续提供服务。

ISO 9001认证

德图在1992年十月首先获得了ISO 9001质量认证，并在97年再次获得认证。这个持续的应用、面向未来的品质保证体系确保了顾客总是能够得到持久高质量的产品。这个严格的评估和证书是来自一个中立的权威机构：Germanischer Lloyd。这个协会总是定期监控ISO 9001标准在德图的执行情况。

用于加热测量的德图仪器将在后几页介绍。如果您想得到更多信息，请填写最后一页的要求单。

用于加热领域的测量仪器

气体管路的测量



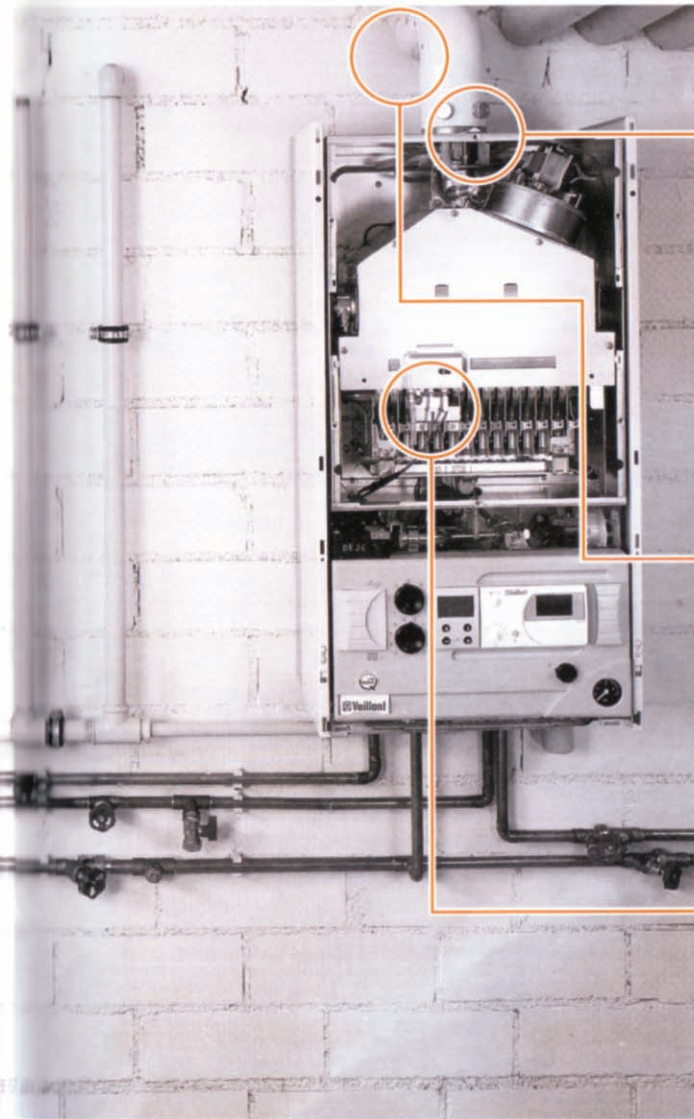
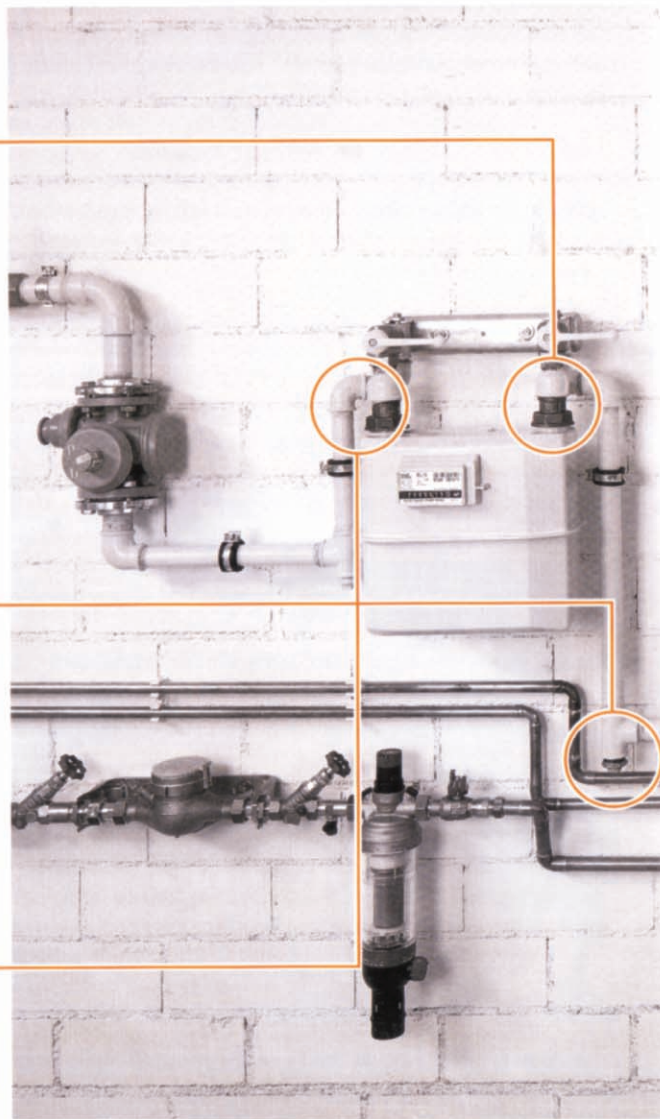
使用testo 312 -3实行预测



使用testo 312 -2/3
进行主测量



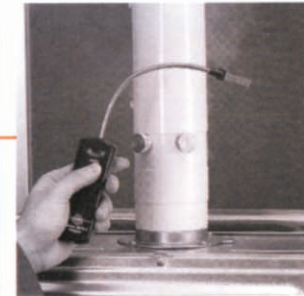
使用testo 316 检漏测量



燃烧器的测量



使用testo 325, 330或335
测量烟气



使用testo 317 进行烟气
检源测量



检测气体压力



全球范围内的分支机构 及销售/服务伙伴

ARGENTINA

Testo Argentina S.A
C1440ACR - Buenos Aires
Tel. (11) 46 83 - 50 50
Fax (11) 46 83 - 50 50
testo@infovia.com.ar

ASIA

Testo (Asia) Ltd.
Shatin, N.T., Hong Kong
Tel. (2) 26 36 38 00
Fax (2) 26 47 23 39
testo@testo.com.hk

AUSTRALIA

Testo Pty.Ltd.
Wantirna 3152
Tel. (3) 98 00 43 99
Fax (3) 98 00 46 99
info@testo.at

AUSTRIA

Testo Gas.mbh
1170 Wien
Tel. (1) 4 86 26 11 - 0
Fax (1) 4 86 26 11 - 20
info@testo.at

BELGIUM/LUXEMBURG

S.A. Testo N.V
1741 Ternat
Tel. (2) 5 82 03 61
Fax (2) 5 82 62 13
info@testo.be

BOLIVIA

T.E.C
Cochabamba
Tel. (4) 4 40 09 17
Fax (4) 4 28 60 02
tec@supernet.com.bo

Helios SRL

Santa Cruz
Tel. (3) 49 26 03
Fax (3) 12 57 45
helios@infonet.com.bo

BOSNIA-HERZIGOVINA

Tehnounio Sarajevo
Sarajevo
Tel. (33) 20 59 44
Fax (33) 44 40 00

BRAZIL

Testo do Brazil
13028-015 Campinas - SP
Tel. (19) 37 31 - 58 00
Fax (19) 37 31 - 58 19
testo@testo.com.br

BULGARIA

Global Test OOD
1408 Sofia
Tel. (2) 9 53 07 96,
Fax (2) 9 52 51 95
glbl-tst@sps.bg

CHILE

ABWO S.A
Santiago
Tel. (2) 7 31 00 00
Fax (2) 2 73 04 04
instrumentos@anwo.cl

CHINA

Testo Instruments International
Trading (Shanghai) Co., Ltd
Shanghai 200031
Tel. (21) 54 56 - 14 48
Fax (21) 54 56 - 53 68
testosales@testo.com.cn

CIS

Global Export GmbH
105 023 Moscow
Tel. (0 95) 3 60 53 68
Fax (0 95) 3 60 53 68
global-export@aport2000.ru

COLOMBIA

Arotec Colombiana S.A.
Bogota D.E.
Tel. (1) 2 88 77 99
Fax (1) 2 85 36 04
mantenimiento@arotec.net

COSTA RICA

Representaciones
Corelsa S.A.
Sabto Domingo de Heredia
Tel. 2 44 25 50
Fax 2 44 30 90
corelsa@racsa.co.cr

CROATIA

"H.I.P." Zagreb f.o.o.
10090 Zagreb
Tel. (1) 3 73 40 07
Fax (1) 3 73 40 44
hip@inet.hr

CYPRUS

Deksa Ltd.
Nicosia
Tel. (2) 2 45 55 55
Fax (2) 2 49 70 59
dekse@cytanet.com.cy

CZECH REPUBLIC

Testo s.r.o.
158 00 Praha 5
Tel. (2) 57 29 02 05
Fax (2) 57 29 04 10
info@testo.cz

DENMARK

Buhl&Bonsoe A/S
2830 Virum
Tel. 45 95 04 10
Fax 45 95 04 12
inf@buhl-bonsoe.dk

EGYPT

Future Plants Contractors
Heliopolis 11361, Cairo
Tel. (2) 4 18 67 79
Fax (2) 4 18 95 04
future98@intouch.com

EL SALVADOR

Eco Control S.A de C.V.
San Salvador
Tel. 2 60 66 01
Fax 2 60 66 02
eco.control@sv.intercomnet.net

FINLAND

Humitec Oy
004 10 Helsinki
Tel. (9) 5 30 84 00
Fax (9) 53 08 40 99
testo@humitec.fi

FRANCE

testo sarl
57602 Forbach
Tel. 3 87 29 29 00
Fax 3 87 87 40 79
info@testo.fr

GREECE

Sigma Hellas Ltd
18536 Piraeus
Tel. (210) 4 52 27 45
Fax (210) 4 51 90 20
sales@sigmahellas.gr

Sigma Hellas Ltd
54644 Thessaloniki
Tel. (23 10) 98 80 40
Fax (23 10) 98 92 72
sigmaweb@hol.gr

GREAT BRITAIN/IRELAND

Testo Ltd
Alton, Hampshire GU34 2QJ
Tel. (14 20) 54 44 33
Fax (14 20) 54 44 34
info@testo.CO.UK

HUNGARY

Testo Kft
1139 Budapest
Tel. 237 17 47
Fax 237 17 48
testo@testo.hu

ICELAND

Rafn Jenson, Mechanical
Engineers ehf
110 Reykjavik
Tel. 5 67 80 30
Fax 5 67 80 15
rj@rj.is

INDIA

Siskin Instruments Co. Ltd.
Bangalore 560 054
Tel. (80) 3 60 25 60
Fax (80) 3 60 36 79
siskin@eth.net

WAAREE Instruments Ltd.

Mumbai 400 093
Tel. (22) 26 87 47 78
Fax (22) 26 87 36 13
waaree@waaree.com

IRAN

Tehran
57602 Forbach
Tel. (21) 2 26 26 89
Fax (21) 2 22 37 77
info@mehr-kanaz.com

ISRAEL

Manoraz Ltd.
Azur 58001
Tel. (3) 5 59 33 99
Fax (3) 5 58 44 95
david@manoraz.com

ITALY

Testo S.P.A.
20019 Settimo Milanese (Mi)
Tel. (02) 3 35 19 - 1
Fax (02) 3 35 19 - 200
info@testo.it

JAPAN

Testo K.K.
Yokohama 222 - 0033
Tel. (45) 4 76 22 88
Fax (45) 4 76 22 77
info@testo.co.jp

JORDAN

Al-Masar Technique Est
Sahab 115- 12
Tel. (6) 4 02 95 22
Fax (6) 4 02 35 64
masar@joinnet.com.jo

KOREA (Republic of)

Testo(Korea) Ltd.
Seoul 150-102
Tel. (2) 6 72 72 00
Fax (2) 6 79 98 53
testo@testo.co.kr

MALTA

Technoline Ltd.
Gzira GZR 06
Tel. (21) 34 23 66
Fax (21) 34 39 52
admin@technoline.com

MACEDONIA

Pharmachem Skopje
1060 Skopje
Tel. (2) 33 11 93
Fax (2) 33 14 34
farmahem@mt.net.mk

MEXICO

Grupo de Instrumentación y
Medición Industrial de México, S.A.
de C.V.
08920 Mexico, D.F.
Tel. (55) 56 34 04 02
Fax (55) 56 33 04 01
scc@gimin.com

MOROCCO

A.F.M.I.L. SARL
Belevedere-Casablanca
Tel. (22) 24 01 84
Fax (22) 24 01 87
Belha3@caramail.com

NETHERLANDS

Testo B.V.
1314 BH Almere-Stad
Tel. (36) 5 48 70 00
Fax (36) 5 48 70 00
info@testo.nl

NEW ZEALAND

Eurotec Instruments Ltd.
Auckland
Tel. (9) 5 79 19 90
Fax (9) 2 25 33 34
cfarmer@eurotec.co.nz

NICARAGUA

Adolfo Gröber & cia Ltda
Managua
Tel. 2 66 51 36
Fax 2 66 51 39
agroeber@cablenet.com.ni

NORWAY

Max Sievert A/S
0134 Oslo
Tel. (22) 17 30 85
Fax (22) 17 25 11
firmapost@maxsievert.no

PERU

JJL Asociados S.A.
Lima 17
Tel. (1) 2 61 17 52
Fax (1) 2 61 46 07
jjlaciados@hotmail.com

PHILIPPINES

Keystone Industrial
Trading Corporation
Tel. (2) 8 31 95 71
Fax (2) 8 31 40 13
keystone@glibenet.com.ph

POLAND

Testo Sp.z.o.o.
02-362 Warszawa
Tel. (22) 8 63 74 22
Fax (22) 8 63 74 15
testo@testo.com.pl

PORTUGAL

Testo Portugal Lda.
3800-559 Caxia (Aveiro)
Tel. 9 67 60 45 34
Fax 2 34 08 37 08
testo@netvisao.pt

ROMANIA

Testo Line SRL
722 17 Bucharest
Tel. (21) 6 87 34 62
Fax (21) 2 42 68 24
testline@customers.digiro.net

**SINGAPORE/MALAYSIA/
INDONESIA**

Futron Electronics PTE LTD
Singapore 329 714
Tel. (65) 62 50 24 56
Fax (65) 62 50 65 92
futron@cyberway.com.sg

SLOVAKIA

K - Test s.r.o.
042 60 Kosice
Tel. (1) 55 625 36 33
Fax (1) 55 625 36 33
ktest@kbc.sk

SLOVENIA

Tehnounion D.D.
1000 Ljubljana
Tel. (1) 5 13 50 88
Fax (1) 5 13 52 96
matjaz.ponikvar@tehnounion.si

SOUTH AFRICA

Unitemp
Landsdowne, Cape Town, 7779
Tel. (21) 7 62 89 95
Fax (21) 7 62 89 96
info@unitemp.com

SPAIN

Instrumentos Testo S.A.
08348 Cabrils (Barcelona)
Tel. (93) 753 65 20
Fax (93) 753 95 26
info@testo.es

SWEDEN

Nordtec Instrument
40421 Göteborg
Tel. (31) 7 04 10 70
Fax (31) 12 50 42
nordtec@nordtec.se

SWITZERLAND

Testo AG
8604 Volketswil
Tel. (1) 9 08 40 50
Fax (1) 9 08 40 51
info@testo.ch

SYRIA

Medical Business Center
Damasus
Tel. (11) 2 32 23 01
Fax (11) 2 32 23 02
bahah@net.sy

TAIWAN, R.O.C.

Hot Instruments Co.Ltd.
Chungho City, 235
Tel. (2) 89 23 23 18
Fax (2) 89 23 23 17
info@testoag.com.tw

THAIAND

Entech Associate Co.Ltd.
Bangkok 10210
Tel. (2) 9 54 54 99
Fax (2) 9 54 54 95
info@entech.co.th

TUNISIA

Starepr
2000 Le Bardo
Tel. (71) 50 92 86
Fax (71) 58 49 20
afri.sta@gnet.tn

TURKEY

Testo Elektronik ve Test Ölçüm
Cihazları Dis Ticaret Ltd. STI
80290 Gayrettepe-Istanbul
Tel. (212) 2 17 01 55
Fax (212) 2 17 02 21
info@testo.com.tr

UNITED ARAB EMIRATES

Enviro engineering (W.L.L.)
General Trading
Dubai
Tel. (14) 2 27 70 20
Fax (14) 2 23 36 83
envireng@emirates.net.ae

USA

Testo Inc.
Flanders, NJ. 07836
Tel. (973) 2 52 17 20
Fax (973) 2 52 17 29
info@testo.com

VENEZUELA

G&M International Service, c.a.
San Antonio de los Altos,
Edo. Miranda
Tel. (2) 3 72 77 70
Fax (245) 5 71 67 74
gminter@cantv.net

Sermatic srl
Carabobo
Tel. (45) 71 36 35
Fax (45) 71 36 35
nugece@cantv.net

VIETNAM

MTC
Measuring and Testing
Equipment Company Ltd.
Hanoi
Tel. (4) 7 33 36 36
Fax (4) 7 33 21 03
mtc-hn@hn.vnn.vn

SMICO

Scientific Equipment & Measuring
and Testing
Hanoi
Tel. (4) 8 46 50 57
Fax (4) 8 46 50 64
smico@fpt.vn

Status: 11.12.02

You will find the most up-to-date list of
addresses for our subsidiaries and
agencies in Internet at
www.testo.com

[illegible][illegible]

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

客户副本

如有需求复印此页，填好后以邮寄或传真的形式发给我们

Suggestions for improvement/Request for product information

发件人
姓名: _____
部门: _____
地址: _____
电话: _____
传真: _____
日期、签名: _____

☐ 我想得到以下产品的信息：

☐ testo 305 ☐ testo 325 ☐ testo 300 M/XL ☐ testo 300 XXL ☐ Compact gas drier

☐ testo 312 ☐ testo 316 ☐ testo 317

为了使这个烟气产品手册得到更新以及持续满足客户的需求，我们非常感谢能收到您的建议。

☐ 我想提供一下建议：

章节	页数	主题	建议