

节能理论与实践(1)

工业节能简明手册

B·腾 纳 著
贡光禹 刘世伟 译

北京能源学会

目 录

第一单元	前言——国家范围内的工业能耗……………(1)	特定的工业措施和目标……………(51)
第二单元	节能的基本原则……………(2)	造纸……………(51)
第三单元	基础数据……………(5)	钢铁和有色金属……………(52)
	各种燃料代表性的热值……………(5)	设备制造工业……………(53)
第四单元	能源检查……………(7)	炼油厂……………(54)
	简单的能源检查调查表……………(8)	塑料……………(55)
	详细的能源检查调查表……………(9)	各种化学产品……………(55)
	能源检查的基本程序……………(13)	机械工程……………(55)
第五单元	基本单元操作……………(15)	纺织工业……………(55)
	燃烧……………(15)	采石、粘土和玻璃工业……………(57)
	传热……………(21)	燃料……………(57)
	蒸发……………(23)	燃烧……………(58)
	干燥……………(24)	锅炉和蒸汽系统……………(58)
	蒸馏……………(25)	电能的需求……………(59)
	蒸汽系统……………(32)	照明……………(59)
	电力需求量……………(34)	美国“目标”计划改进
	热电联产……………(35)	能源利用效率的目标……………(59)
第六单元	过程分析……………(36)	第十一单元 典型公司的节能规划……………(60)
	各种工业过程的效率……………(37)	公司计划的要求……………(60)
	不同工业比能耗的实例……………(37)	能源管理士……………(60)
第七单元	照明……………(42)	一般的计划内容……………(61)
	所需的照明度……………(42)	活动的概述……………(61)
第八单元	建筑物的空调……………(45)	第十二单元 节能和政府……………(62)
	装有空调的建筑物……………(45)	导言……………(62)
	建筑物总能源管理用的资料……………(46)	国家能源规划的目的……………(62)
第九单元	节能的经济观点……………(49)	国家能源计划的组成部分……………(62)
第十单元	节能措施……………(50)	提高工业用能效率的障碍……………(65)
	导言……………(50)	政府的节能战略……………(65)

第一单元 前言—国家范围内的工业能耗

• 工业通常是主要的能源用户，一般来说工业能耗占国家总能耗的 25~40%。

• 工业是天然气和进口石油的主要用户。

• 相对来说，通常可较容易地确定工业的节能量（几个大的工业部门，几个大型工厂）。

• 一般来说，主要的能源用户是建筑材料（水泥、制砖和石灰）、食品加工（牛奶、面包、面粉、啤酒、肉类和蔬菜罐头等）、钢

铁、化学制品、纺织、造纸和采矿业等。

• 一般来说，5个或6个最大的工业部门的能耗量占工业用能的 70% 以上，约 20 个工厂的能耗经常相当于该部门 50% 以上的能耗。

• 工业部门的能源调查比住宅、运输部门能更容易地了解能源利用的主要情况。

• 能源效率的重要性；减少单位产出的能耗。

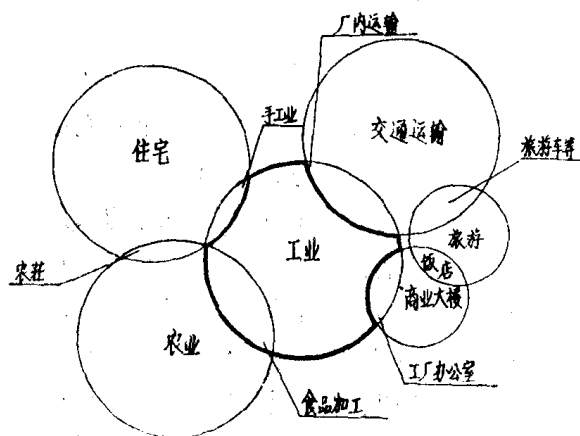


图 1

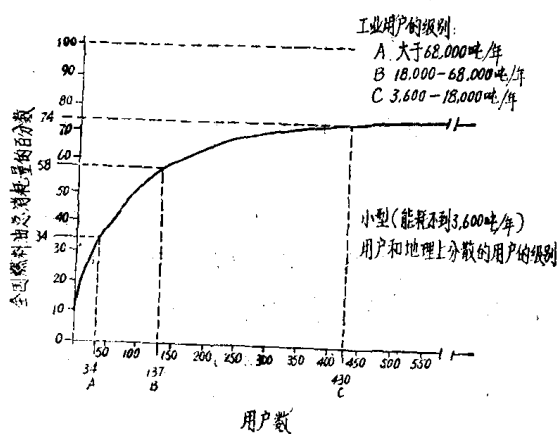


图 2

第二单元 节能的基本原则

1. 一般适用于节能的基本原则包括有：
- 应检查全部能源消耗的方式和范围；
 - 一种主要的方法是系统的测量工厂的能流和物流；
 - 必须采用正确校准和维修的仪表；
 - 减少各种废品是有效的节能；
 - 若产生不必要的能源浪费，应检查能源再循环的利用；
 - 在每级温度或压力减少时应获得最大的有用功；
 - 用电时间对发电成本有很大的影响。

2. 经验证明，可在下列三个范畴内获得有效的能源节约：

管理措施——改善现有过程和设备的运行效率，用很少的基建投资或不需基建投资，短期内可获得有效的节能；

少量基建投资——较简单地改造设备或装置，诸如改善管理、贮罐的隔热和安装最佳过程控制用的辅助仪表，在中期内可节约能源；

主要的基建设资——大量的更换或采用能源效率最高的技术来改造设备（例如，锅炉），可在中期到长期内节约能源。

工业内部投资有效的总节能潜力，一般来说随着设备的不同和工业活动的不同有很大的变化。然而，美国、英国、法国、瑞典和西德的节能计划已证实了综合节能措施的效果，这些措施无疑对国家来说是很重要的。

英国制造工业节能潜力的实例

已证实的节能潜力，%

肥皂和洗衣粉	8
合成树脂、塑料、橡胶	12
染料和颜料	12
铜、黄铜和铜合金	35
机械工具	18
工业设备和钢制品	17
电机	24
精纺	10
鞋类	18
制砖、耐火土和耐火砖	7
玻璃	9
木材	28
造纸和纸板	13

来源：英国工业部，“工业节能潜力的初步分析”，1977年12月

美国能源密集工业节能潜力的实例

“目标”是相对于1972年基准年度在1980年1月1日所达到的能源效率的改善：

工业分类(标准工业分类代号)	目标(%)
食品和食品类制品	13
纺织产品	25
纸张和纸制品	23*
化学和化工产品	17
炼油	20
石制、陶制和玻璃制品	16
初炼金属工业	14
加工的金属制品	25
机械(不包括电机)	17
运输设备	18

* 外购能源基础：目标包括增加使用木材副产品、废木料等的影响。

工业能源检查调研

工厂	管 理	小 规 模 投 资	大 规 模 投 资
炼油厂	<ul style="list-style-type: none"> • 改进现场的清洁和安全 • 开始保持正常的记录 • 任命能源管理士 • 改进仪表和燃烧器的维修 • 控制锅炉和炉子的燃烧 	<ul style="list-style-type: none"> • 加热钢水包安装空气/燃料自动控制装置(投资回收期不到2年) 	<ul style="list-style-type: none"> • 在加热炉上安装烟道气同流换热器(节能12.5%,投资回收期不到2年)
制糖厂	<ul style="list-style-type: none"> • 开始执行能耗的日报表制度 • 改进燃料油贮罐和处理系统的操作(即最佳温度控制) 	<ul style="list-style-type: none"> • 回收锅炉排气的热量(投资回收期不到2年) • 改进冷凝液的回收(投资回收期不到2年) • 改装蒸汽系统,将低压蒸汽送至除汽器 	(无验证的措施)
湿法生产水泥厂	<ul style="list-style-type: none"> • 改善现场清洁安全 • 开始执行每月的正常能源监测(改进数据的可靠性和改善能源管理) • 减少生料中的水分(节约20%) • 维修燃烧控制仪表 	<ul style="list-style-type: none"> • 用蒸汽加热来代替燃料油的电加热(投资回收期为1年) 	(旧工厂,石料储量有限;旧工艺)
干法生产水泥厂	<ul style="list-style-type: none"> • 改进月报表的格式 • 无能源管理重点 	<ul style="list-style-type: none"> • 改进熔渣冷却器的操作(投资回收期未定) 	(新工厂,采用现代化的工艺)
烧砖厂	<ul style="list-style-type: none"> • 开始执行正常的记录 • 无能源管理重点(任命能源管理士) • 重新安排工厂的操作(节约40~50%) • 将两个风扇机去掉一个 • 减少损失和破砖 	<ul style="list-style-type: none"> • 回收砖窑的热废气,并送至干燥器(节约12%,投资回收期不到2年) • 试用陶瓷纤维另加绝热(节约4%,投资回收期为1年) 	(新工厂,但缺少足够的仪表)
磷酸盐	<ul style="list-style-type: none"> • 减少材料损失 • 改进维修和计划安排 • 开始进行正常的记录 • 调查铁路运输与可能的损失 • 改善燃料油的储存和加工的控制 	<ul style="list-style-type: none"> • 减少进入干燥器中过滤器水分 • 改装控制系统以便直接测磷酸盐的出口温度 	• (无验证的措施)

续表

工厂	管 理	小 规 模 投 资	大 规 模 投 资
造纸厂	<ul style="list-style-type: none"> • 开始进行正常的记录 • 改进维修 • 消除漏汽 	<ul style="list-style-type: none"> • 给黑液锅炉安装新的燃烧器 • 蒸汽管理, 热燃料油管理绝热 • 改进冷凝液的回收 	<ul style="list-style-type: none"> • 消除发电厂中蒸汽的静态排出; 安装新的汽轮发电机
烧砖厂	<ul style="list-style-type: none"> • 改善清洁和管理 • 减少破砖 • 开始进行正常的记录 • 消除烟道气漏气 • 改进锅炉燃料控制 	<ul style="list-style-type: none"> • 改装绕组系统以便能有选择性的切除电动机和传动装置 • 改装砖窑气回收装置, 将排汽送入干燥器增加热的回收 	(未验证的节能措施)

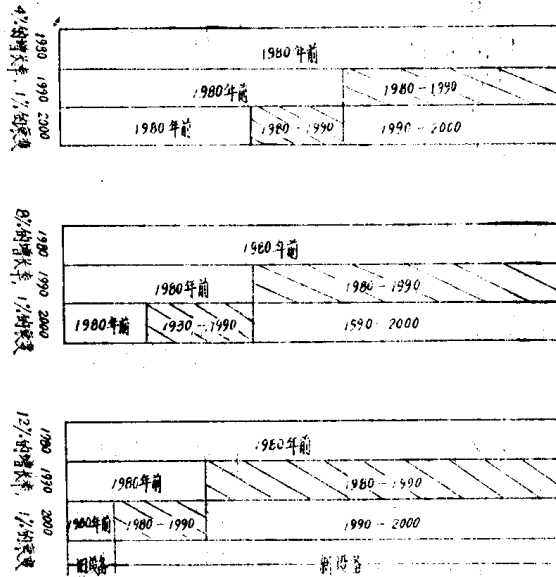


图 3 不同部门增长率的工业设备的寿命结构

第三单元 基础数据

- 1) 特别注意用于度量能源消耗的单位。
- 2) 可用高热值或低热值来表示燃料的热值。
- 3) 高热值和低热值之间的差别取决于每种燃料的氢——碳比值。几种燃料的典型比值为：

燃料	低热值/高热值
天然气	0.90
燃料油	0.94
煤	0.98

- 4) 可应用任何一种热值来计算燃料的能

量，但是，基本的原则是采用的热值应始终是一致的。燃料和效率的比较应始终在同样的热值的基础上进行。应清楚地说明所采用的规则。

5) 应说明一次能源和二次能源形式之间的差别。特别是在任何能源分析中应考虑到发电用一次能源的消耗。

6) 按照燃料的品位(标准)，工业用燃料的特性有很大的差别。本手册给出了某些燃料的典型热值。应经常取得本地燃料的标准和特性，以便进行详细的计算。

各种燃料代表性的热值

燃 料	英热单位/磅	千卡/公斤	兆焦耳/公斤
各种固体燃料			
木柴, 商品燃料	6,800	3,778	15.85 (总热值)
15%的水分	6,170	3,427	14.35 (净热值)
泥炭, 商品燃料	6,840	3,800	15.91 (总热值)
20%的水分	6,230	3,461	14.49 (净热值)
褐煤, 良好的商品燃料	9,920	5,510	23.07 (总热值)
15%的湿度	8,680	4,822	20.19 (净热值)
焦炭			
焦炭(高质焦煤生产时)	12,300	6,833	28.61 (总热值)
	12,175	6,764	28.32 (净热值)
油焦	15,000	8,333	34.89 (总热值)
	14,850	8,249	34.54 (净热值)
焦屑	10,000	5,555	23.26 (总热值)
	9,900	5,500	23.03 (净热值)
石油基燃料			
6号燃料油	18,175	10,098	42.28 (总热值)
	17,180	9,544	39.96 (净热值)

续表

燃 料	英热单位/磅	千卡/公斤	兆焦耳/公斤
4 号燃料油	18,390	10,217	42.78 (总热值)
	17,365	9,647	40.39 (净热值)
2 号燃料油	18,585	10,325	43.23 (总热值)
	17,530	9,737	40.77 (净热值)
蒸馏可燃油(轻质瓦斯油)	19,475	10,819	45.30 (总热值)
	18,270	10,150	42.50 (净热值)
柴油	19,765	1,0980	45.97 (总热值)
	18,558	10,310	43.17 (净热值)
煤油	20,000	11,111	46.52 (总热值)
	18,695	10,385	43.48 (净热值)
发动机汽油	20,160	11,200	46.89 (总热值)
	18,794	10,440	43.71 (净热值)
电力	英热单位/千瓦小时	千卡/千瓦小时	兆焦耳/千瓦小时
	3,412	860	3.6

计算例题

某个工厂的工艺加热器消耗几种燃料。
一个月的燃料消耗量如下：

天然气 $80 \times 100 \text{米}^3$
重质燃料油 600 吨
轻质燃料油 300 吨

对该厂的调查表明，所有这些工艺过程所用的燃料可用烧煤的炉子来代替。采用下列给出的数据计算出取代所有其他燃料所需的煤量

数据 低热值/高热值
天然气的高热值 0.90
9,600 千卡/米³

重燃料油的高热值 0.94
9,800 千卡/公斤
轻质燃料油的高热值 0.94
值10,200 千卡/公斤
煤的高热值 0.98
7,000 千卡/公斤
天然气的燃烧效率 82%
重质燃料油的燃烧效率 80%
轻质燃料油的燃烧效率 78%
煤的燃烧效率 75%

第四单元 能源检查

1. 能源检查的目的是使工厂具有精确的记录能源消耗量和能源费用的手段，向政府提供制定国家能源规划用的完整数据，并向工厂提供证实节能机会的情报。

2. 能源检查的程序包括：

——监测所消耗的燃料种类、数量和电力；

——与工厂的产值有关的能耗量和能源费用；

——说明消耗能源的活动和主要的加工阶段；

——鉴别影响节能的机会。

3. 对一个工厂来说，初步的检查平均需要耗费2—3天的时间。这种检查对揭示记录和测量中的缺陷是有用的。简要检查的目的在于获得数据和迅速地取得节能效果；取得进一步的经验和进一步的调查可获得准确的数据和节能量。数据的格式和程序必须重新多次设计以便更好地适应于一个特定工厂的要求。

4. 一项全面的能源检查需花费数周或几个月的时间才能完成。详细的调查可为专门管理部门或加工设备的项目确定和深入研究能源和材料的平衡。检查报告可用来计算制造过程每一阶段的效率，并可给出改进效率应采取的措施，总合起来可得出费用的初步估算评价，检查报告最后应给出详细工程研究的具体建议和可行性的分析。

5. 对一项检查工作来说，具有生产工厂丰富经验的工程师是最重要的：

——经验和精通“设备服务”，诸如蒸汽发生系统和压缩空气系统

——设备操作过程现场的经验。

6. 检查过程中收集的情报可分为下列几类：

——按能源的种类、设备的主要项目和终端应用来分类能源的消耗

——材料平衡数据

——能源价格和税率数据

——工艺流程图

——辅助服务项目的数据（冷却水、空气和蒸汽的数据）

——能源供给的来源

——燃料代用、工艺改革等的可能性

——能源管理程序和培训计划（“感化”作用）。

7. 一般所采用的轻便仪器包括有：氧气分析器、电压表/电流表、皮托管、烟泵、温度传感器、光测高温计和全面检查时可临时安装的轻便记录器。

8. 仪器的使用是能源检查工作的一个重要部分。最经常需要进行的测量是：

——烟道气的二氧化碳和含氧量

——烟道气温度

——炉子的抽气量

——燃料消耗率

——排烟。

总起来说，在工厂检查工作中典型应用的仪器包括有辅助现有工厂流量、温度和压力测量的可携带式设备，检查工程师将采用这些设备去诊断和分析操作性能。一些典型的仪器如下所述：

1. 燃烧过程测量仪器 确定含氧量、一氧化碳，气体温度的烟道气分析设备，诸如霓特隆尼克(Neutronic)有限公司生产的可携带式最佳燃烧分析器(PCO)或燃料效率

监测器(FEM)。这些设备是电子仪器,可携带式最佳燃烧分析器将连续读出主要的参数,其中包括自动计算的燃烧效率。烟泵也是有用的。

2. 直接测量温度仪器 带有一组探针和引线的小型数字温度计,这些探针诸如通用插入式探针、表面探针和高温探针等(例如 Kane May 3012 型温度计)。

3. 非接触式温度测量仪器 带有瞬时最大读出和平均读出装置的红外高温计(例如 Kane May 1000 型红外探测器)。

4. 测量气流和煤气流量的仪器 皮托管和压力计(例如气流开发公司 5 型成套装置)。

5. 电气测量仪器 钳式电压表、电流计、功率计和功率因数计。电压表通常是与电流表组合在一起的。这些设备的实例有小型仪器有限公司供应的手持式系列仪器(例如 TIF 1250 型, 2000A 型和 2300 型仪器)。

此外,有时具有干燥过程分析用可携带式相对湿度测量计以及大范围检查过程中可在工厂中临时安装的各种压力计和记录器也是很有用的。

简单的能源检查调查表

A. 单位

1. 公司名称

2. 地址

3. 在下述工厂进行调查

4. 电话号码

5. 编员人数

6. 投产日期

B. 加工活动

主要产品	产量/年(包括单位)	备注
主要原材料		

加工过程简述:

如可能,请附上简单的流程图。

C. 能源供给

将所消耗的各种能源都填入表内:若没有利用某种能源,则在表中填写“○”。

能源种类	数量/年	单位	年度费用	来源
电力				
天然气				
煤				
木柴				
液化石油气				
燃料蒸馏油*				
燃料渣油*				
其他(详细说明)				

* 详细说明燃料油的品种/规格

电力是外购的还是本厂自发电力?

外购电力, 千瓦小时/年

本厂自发电力, 千瓦小时/年

D. 锅炉和蒸汽系统

为每台锅炉填写下列表格

	台数	锅炉	锅炉	锅炉
种类/型号				
蒸汽量				
蒸汽压力				
蒸汽温度				
燃料种类				
燃料消耗量				
蒸汽发生量				
估计的效率				

所消耗的总的锅炉供水量(数量、单位)

重新利用的冷凝水的百分比

E. 耗电量

填写下列表格, 估算出电能的分类应用

类别	数量(包括单位)	占总耗电量的百分数
原动力(电动机)		
加热		
照明		
其他(详细说明)		

注: 若无精确的数据, 也可采用粗略的估计值

F. 工艺过程用燃料消耗

除了锅炉装置和发电外, 确定燃料的主要过程应用

终端应用设备(详细说明)	设备功能	燃料种类	燃料消耗量(包括单位)

备注:

G. 能源管理

谁负责管理能源?

姓名

职称

简单叙述职权或活动:

简单叙述能源消耗记录, 进行了何种分析, 结果采取了哪些行动?

若可能, 请附上报告实例。

H. 节能问题和活动

从工厂管理的观点概述主要的能源问题

概述已开始采取或计划采取的(详细说明时间进度)主要节能活动

其他的调查结果(如表格不够, 请用下页)

详细的能源检查调查表

A. 单位

1. 公司名称

2. 详细通讯地址

3. 电话号码

4. 拜访的人员

5. 职务/职称

6. 总公司

7. 被调查工厂在工业部门中的分类

采矿	<input type="text"/>	建材	<input type="text"/>	造纸	<input type="text"/>
纺织	<input type="text"/>	机械/电机	<input type="text"/>	化工制品	<input type="text"/>
食品加工	<input type="text"/>	炼油	<input type="text"/>	发电	<input type="text"/>

其他

8. 工厂投产日期

9. 编员人数

B. 加工活动

10. 提供一张包括主要操作在内的工厂流程图。

11. 将包括公用事业设备(例如、锅炉、发电、制氧设备、压缩空气)、生产数量在内的各种过程(制造阶段)列表如下:

<input type="text"/>

C. 原材料和产品

12. 列出原材料的消耗量

详细说明原材料的来源和到厂内的手段

原材料	数量	单位	来源	运输
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

13. 列出再循环或重新应用的材料数量

材料	数量	单位	来源	利用	运输
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

14. 在何处利用了本厂的副产品或废品

<input type="text"/>

15. 将所有的主要产品列入表内

产品	单位	工厂能力	实际产量	相应的出售值
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

D. 能源的供给/消耗

16. 将所消耗的各种能源填入表内; 若没有使用某种能源, 填写“0”。

能源种类	热值	数量/年	单位	年费用	目前价格	来源
外购电力						
天然气						
煤						
焦炭						
木柴						
木炭						
液化石油气						
燃料馏出油*						
燃料渣油						
其他(详细说明)						

* 详细说明燃料油的品位和性能

17. 本厂是否发电? 是,

否

18. 若本厂发电, 安装的是何种发电机?

柴油发电机, 燃气轮发电机, 汽轮发电机, 废热锅炉, 其他发电设备

19. 本厂自发电的装机容量? 千瓦

20. 去年本厂的发电量? 千瓦·小时

21. 本厂自发电所用的燃料:

燃料种类	消耗量	单位

E. 热电联产

23. 本厂安装有热、电联产装置吗?

24. 若本厂安装有热电联产装置, 详细说明之。

能源	热能产量	蒸气量	发电量
使用情况			

设备种类

25. 本系统是何时安装的?

26. 是否计划安装热、电联产装置或增加现有装置的容量

F. 耗电量

27. 电动机和其他设备的总装机容量?

 千瓦

28. 详细说明所采用的电压升级

29. 给出最近的年度消耗量

电力	所消耗的千瓦·小时
外购电力	
自发电力	

30. 是否有每天和季度耗电量变化的数据

31. 是否有每天的负荷曲线?

若有, 请附上该曲线图

无。

32. 本厂的平均功率因数数值是多少?

33. 填写下列表格, 估算出耗电量的分类使用情况

类别	数量 (包括单位)	总耗电量的百分比
原动力(电动机)		
采暖		
照明		
其他(详细说明)		

注: 若无详细数据, 也可给出粗略的估算值。

G. 锅炉

34. 安装了多少台锅炉?

35. 是否增设锅炉或计划更换锅炉?

36. 为每台锅炉填写下列表格

参数	台数	锅炉	锅炉	锅炉
种类/型号				
蒸汽量				
蒸汽压力				
蒸汽温度				
燃料种类				
消耗的燃料				
生产的蒸汽				
估计的效率值				

37. 何种锅炉供水源?

38. 采用何种水处理法?

39. 处理后水的质量如何?

40. 耗水量大小?

数 量	单 位

41. 冷凝水再使用的百分比?

42. 蒸汽的最大需求量是多少?

H. 能源利用

43. 哪个加工过程装置或工段是主要的耗能用户?

主要装置	消耗能源的种类	数量	比能耗	效率	代用燃料*

* 工厂是否进行改造。

44. 建筑物采暖和照明使用了多少能源?

45. 机械加工和厂内运输使用了多少能源?

46. 燃料油罐是否加热, 是, 否

47. 若燃料油罐进行加热, 则如何加热的?

48. 这一系统是如何进行管理的?

I. 能源管理

49. 谁负责能源管理?

姓名

职位

用全部时间进行管理, 还是用部分时间进行管理?

熟练程度、经验

50. 本厂是否有“能源小组”?

有, 没有。若有, 共有多少个小组?

51. 本厂是否有“能源委员会”?

有, 没有。

52. 若有, 列举该委员会的成员及其职称

姓 名	职 称	姓 名	职 称

53. 能源委员会的任务和职责是什么?

54. 如何进行能源消耗的检查和管理?

仅仅由主管部门进行?

由公司内的各个工厂进行?

是作为一项日常业务经常进行还是有时候进行?

55. 进行了什么样的能源消耗分析?

按照工段进行(例如, 办公室、加工设备)

按主要设备进行(例如, 窑炉, 锅炉)

按终端应用进行(例如, 照明, 过程热、旋

转设备等)

按主要产品生产线进行

按每月的总耗能量进行

56. 采用哪种测量单位?

57. 是否将所消耗的各种形式的能源转换成统一的能源单位?

例如, 换算为千卡、英热单位、千瓦小时?

是, 单位为 ; 否。

58. 本项分析是否包括能源消耗与生产水平之间关系的调查? 是, 否。

59. 简短地叙述所保持的能耗记录

60. 目前的能耗是否与以前各期的能源消耗进行了比较, 或与其他类似工厂的能耗进行了比较? 请解释之

61. 是否就产品质量、原材料质量或种类、气候条件、设备能力利用情况等的变化对能耗量进行了调整? 请解释:

62. 能源管理是否确定了特定的数量目标?

为总的能源消耗?

为比能耗?

为节约能源(例如, 降低百分比)?

为改进特定的过程或制作阶段?

63. 就节能程序对工作人员的培训采取了何种行动?

64. 本厂是否有正规的预防维修系统?
(详细说明之)

J. 节能问题和活动

65. 从工厂管理的观点概述本厂主要的能源问题

66. 改善能源效率存在着哪些障碍?

67. 就改善能源效率进行了什么研究?

68. 概述已开始或计划进行的主要节能活动(详细说明时间进度):

69. 采用非常规能源或可再生能源(例如, 木柴、太阳能、风能、生物质能、沼气)的前景如何?

能源检查的基本程序

将采取的能源检查程序的细节, 根据所建议的检查范围、设备的尺寸和种类的不同有所变化。然而, 一般来说, 就检查工作来说下列程序是共同的:

第一步 计划整个方案这一步包括确定检查对象, 将设备按运行工段进行分类(或适当的按成本核算中心进行分类); 选择检查小组人员; 明确职责。

第二步 采用本手册或类似手册所提供的表格, 从工段或成本核算中心收集基本的

能耗值和产量数据。

第三步 工厂试验运行以收集特定设备、工段或成本核算中心运行特殊的附加数据。

第四步 计算能源平衡和效率。

第五步 验证改善的能源管理程序，适当地估计节能量。

第六步 验证改善的维修和运行程序，估计所获得的节能量，为实施全部有价值的措施，明确特定人员的职责。

第七步 验证较小的成本改善 估计实施措施的费用，计算节能潜力，编制实施

全部有利的基本投资的程序（详细说明谁将做什么，何时去做）。

第八步 验证较大的成本改善 估算成本，计算节能潜力以及编制有利偿还项目的详细时间进度（如第6步所示）。

第九步 编写管理报告 该报告概述检查的调查结果和建议，并包括有全部收集到的数据和技术附录中所采用的程序。该报告应包括基于检查工作中收集到的数据和所完成的分析上而提出的改进能源效率的目标的建议。

第五单元 基本单元操作

A. 燃烧

- 基本原理
- 化学计算的需氧(空气)量
- 实际燃烧条件
- 过量空气和烟道气温度
- 燃烧效率的计算
- 燃烧器种类

B. 传热

- 热交换器, 基本原理
- 普通类型的热交换器
- 管道热损失
- 管道的绝热

C. 蒸发

- 单效蒸发器
- 多效蒸发器和其他种类的蒸发器

D. 干燥

- 普通类型的工业用干燥器

E. 蒸馏

- 基本原理
- 典型蒸馏塔

F. 锅炉和蒸汽系统

- 锅炉的种类
- 锅炉和蒸汽系统的效率

G. 电能需求量

- 节能项目

H. 热、电联产

- 基本原理
- 典型的工业系统

燃 烧

$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$	12 32 44
.....
$S + O_2 \rightarrow SO_2$	体积 重量

.....	O_2	21	22
$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$	N_2	79	77
.....
$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$	C	$O_2 \rightarrow CO$	
.....		CO_2	
$N_2 + O_2 \rightarrow N_2$	H	N_2	H_2O
			N_2
	NO		
	$[N_2]$		

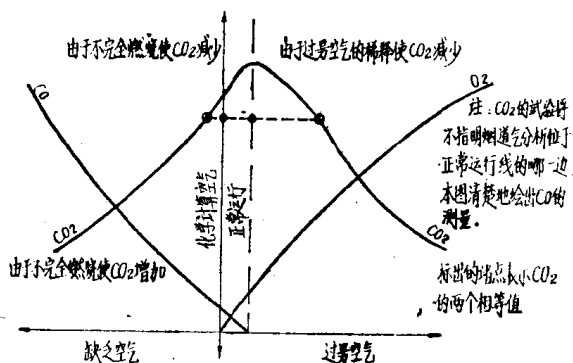


图 4 过量空气、CO₂、O₂ 和烟道气中 CO 之间的关系

过量空气和烟道温度的重要性

在任何炉子中, 燃料的总燃烧热通过三种途径而耗散:

1. “过程”中的传导热损失 在锅炉的情况下“过程”是水, 在窑炉的情况下“过程”是砖。

2. 炉体辐射和对流的热损失。

3. 热烟道气中的热损失。

很明显, 在一个高效的炉中上述第 2、3 项损失将最小, 炉子的效率可如下计算之:

炉子的热效率, % = 100 - (烟道气中燃烧能量损失的% + 辐射和对流热损失的%)

在此应指出的是, 可参照以高热值或低