

能源利用检测计算技术

夏桂娟 张亮明 编著

天津大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了能源耗用中常用的检测仪表类型和工作原理,企业、设备能源耗用的评价指标及热平衡测试计算方法,并列举了典型设备的热平衡测试计算实例,对企业的能耗自行检测计算,合理分配使用,提高能源的利用率和设备效率有实际指导意义。

本书既适于能源管理、测试、检查监督部门技术管理干部以及企业及车间的仪表、能源、热工、动力等工程技术人员学习使用,也可作为高等工科院校和中等专业学校锅炉、热工、能源、仪表专业人员的培训和自学教材。

能源利用检测计算技术

夏桂娟 张亮明 编著

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

邮编:300072

昌黎县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:17 1/2 字数:437 千

1996 年 11 月第一版 1996 年 11 月第一次印刷

印数:1—6000

ISBN 7-5618-0918-2

TH·37 定价:20.00 元

前 言

能源是社会发展的重要物质基础,是国民经济发展的重要条件。经济建设的增长速度和发展规模与能源生产数量及能源耗用情况密切相关。如果能源供应赶不上经济发展的需要,就会影响四化建设的进程,就难以满足人民物质和文化生活日益增长的需要。中央关于“发展和节约并重,近期把节能放在优先地位”的方针,是缓解我国能源问题的基本方针。

能源合理利用是举世瞩目的热门课题,科学技术发达国家皆不断研究和推广各种节能技术,以降低能耗,提高能源利用率。

生产工艺设备陈旧,技术水平落后,从业人员素质欠佳,产品单耗过高,能源浪费和能源利用不合理的现象在一些企业还相当普遍,加上一部分企业的领导和管理干部对节能的重要意义认识不足,特别是对节能的技术途径和管理方法还不够熟悉,造成很大的浪费。随着经济的发展,能源供需之间矛盾日益尖锐。

本书通过介绍能源耗用常用检测仪表、设备能耗及热平衡测试计算方法,可使人们了解设备能源利用情况,把握设备的最佳运行;同时,通过介绍节能技术、能源管理措施和节能途径,提供科学合理地利用能源的方法与评价标准,达到充分利用能源的目的。

本书由夏桂娟、张亮明主编;夏桂娟编写第四、五、六、七、十一章,张亮明编写第二、九、十、十二、十四、十五章,江菊元编写第三、十三章,张津红编写第一、八章。

本书可作为高等工科院校锅炉、热工、能源、仪表专业和能源检测核算专业的教材;也可作为能源管理部门培训教材;同时可供从事节能、能源测试、仪表使用方面的工程技术人员和大专院校师生参考学习。

本书由于涉及面广,加之作者水平有限,书中错误和不妥之处恳请读者指正。

编 者

1995 年 2 月

目 录

第一章 能源概论	1
第一节 能源在国民经济中的地位和作用.....	1
第二节 能源的分类.....	2
第三节 能源耗用的现状与展望.....	3
第四节 能源耗用检测仪表的类型及计量单位	10
第二章 能源检测技术基础	11
第一节 检测及检测方法	11
第二节 检测系统的组成和结构	13
第三节 检测仪表的基本性能	17
第三章 能源的温度检测仪表	20
第一节 温度检测仪表的类型及选用	20
第二节 热电偶温度计	23
第三节 热电阻温度计	33
第四节 接触式测温仪表的安装及误差分析	41
第五节 热辐射测温技术及仪表	47
第六节 热流量检测仪表	55
第四章 能源的压力检测仪表	59
第一节 弹性压力仪	59
第二节 压力、差压变送器.....	64
第三节 压力测量仪表的选择和安装	70
第四节 压力测量仪表的校验和使用	72
第五章 能源的流量检测仪表	75
第一节 检测流量仪表的类型及选用	75
第二节 容积式流量计	77
第三节 速度式流量计	79
第四节 差压式流量计	89
第五节 质量流量计.....	105
第六节 流量测量仪表的标定.....	109
第六章 能源耗用中的物位检测	114
第一节 差压式物位计.....	114
第二节 电容式物位计.....	118
第三节 超声波物位计.....	120

第四节	放射性物位计·····	122
第五节	激光液位计·····	124
第七章	能源利用中的烟气成分分析仪表·····	126
第一节	氧化锆氧量计·····	126
第二节	热磁式氧量计·····	130
第三节	热导式气体分析仪·····	135
第四节	红外线气体分析仪·····	138
第五节	气相色谱分析仪·····	140
第八章	能量平衡的基础知识·····	145
第一节	能量平衡分析研究的目的和意义·····	145
第二节	能量平衡检测中常用的名词和术语·····	146
第三节	能量平衡的原则方法·····	149
第四节	能量平衡的技术指标·····	152
第九章	企业(工厂)能量平衡的测量计算·····	154
第一节	企业(工厂)能量平衡的方法·····	154
第二节	企业(工厂)能量平衡测试的一般步骤·····	157
第三节	企业(工厂)能量平衡的评定验收和技术分析·····	160
第十章	工厂车间能量平衡的测试计算·····	165
第一节	车间能量平衡的目的和要求·····	165
第二节	车间能量平衡的测试计算·····	166
第三节	车间能量平衡中有关事项说明·····	167
第十一章	工业锅炉的热平衡测试计算·····	170
第一节	锅炉热平衡测试工作的准备和要求·····	170
第二节	锅炉热平衡的测试项目·····	172
第三节	工业锅炉热平衡测试计算实例·····	181
第四节	提高锅炉热效率的方法·····	184
第十二章	工业炉窑的热平衡测试计算·····	186
第一节	工业炉窑概述·····	186
第二节	工业炉窑热平衡测试计算方法·····	189
第三节	玻璃熔窑热平衡测试计算实例·····	196
第十三章	干燥设备热平衡测试计算·····	202
第一节	滚筒式干燥机的热平衡测算·····	202
第二节	烘干设备的热平衡测算·····	207
第三节	干燥机热平衡测算实例·····	211
第十四章	余热测试计算与利用·····	215
第一节	余热资源·····	215
第二节	余热的测试计算·····	217
第三节	余热利用·····	218
第十五章	节约能源的措施和途径·····	220

第一节 节能经济效益分析与计算方法.....	220
第二节 节约能源的途径.....	224
第三节 节约能源的措施.....	227
附录一 常用热电偶分度表.....	230
附录二 常用热电阻分度表.....	241
附录三 固体、液体、气体的物理性质参数.....	246
参考资料.....	271

第一章 能源概论

第一节 能源在国民经济中的地位和作用

一、能源是工农业生产和人类生存的物质资源

任何物质形态的变化都离不开能的变化。人类社会生产与生活中的一切活动都要消耗能源，工农业生产的发展和人类生活都要依靠能源来保证。

能源是工农业生产的动力资源。早期的人类社会主要以人力、畜力从事生产活动，但一些过重、过快、精度要求高的生产过程，只靠人力、畜力是无法做到的。现代社会工农业生产是建立在机械化、电气化、自动化基础上的高效率生产，所以几乎所有的生产过程都要消耗一定数量的能源。

在工业生产中，各种工业锅炉、加热炉和窑炉，需要煤炭、石油、煤气或天然气作为燃料；很多干燥、加热、蒸煮工艺设备，需要消耗蒸汽；炼钢、炼铁需要焦炭；机床、吊车、风机、电动机、生产过程的自动控制装置等，都离不开电力。

在交通、国防工业中，各种车辆、船舶和飞机，国防设施上的监控、通信、自控现代化装备等都需要石油和电力。

在农业生产中，拖拉机、播种机、收割机需要石油；打谷机、扬场机、排灌机械都需要电力；晾晒粮食、蔬菜暖房需要充分的太阳能。

能源是人类生活生存的资源。人类的衣、食、住、行、娱乐和国际交往都离不开能源，生活水平越高，消费的能源就越多。

能源还是现代化工业重要的原材料。如石油、煤炭、天然气，在工农业生产中，既可作为燃料动力来使用，还可以提取珍贵的乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔等有机化工原料。这些化工原料是塑料、涤纶、尼龙、人造毛、合成橡胶等的基本原料，也可以从中提取制作化肥、洗衣粉、人造革、炸药、医药、香料等的原料。炼油的剩余物沥青，可做防腐剂、防水材料，用于盖房、修路等。所以说，能源是工农业生产发展和人类生存不可缺少的资源。

二、能源是推动社会发展的动力

从历史发展来看，由原始社会演变到当今的文明社会，都说明能源是推动社会发展的动力。人类社会已经历了三个能源时期。自传说中的燧人氏钻木取火以来，人类首先掌握了以树枝、杂草作燃料，用以熟食取暖，靠人力、畜力和一些简单的水力、风力机械作为动力从事生产活动。这就是以柴草为能源的时期。这个时期延续了漫长的时间，当时人类的生产和生活水平都是很低的。随着文明的发展，为了生产和生活需要，人类掌握了木材经过干馏制成木炭的技术，从而实现了用木炭燃烧还原氧化铁矿石的炼铁技能。木炭作为无烟燃料，用于家庭做饭和取暖极为方便，被人们视为宝物。在很长一个时期内，能源种类是单一的木材，需要量不断增加。但是，木材作为再生能源，再生周期长，再加上由

于国境屏障和长途运输等困难因素的影响,使得那些社会发展快、人口增长多的特定地区,就发生了像现在所说的能源危机,阻滞了社会的发展前进。

到了16世纪,由于各方面技术的提高和工业的发展,首先在欧洲开始开发煤炭,才解救欧洲木材供应不足、工业陷于停顿、社会停滞不前的局面。到17世纪中叶,焦炭取代木材炼铁,使炼铁生产大发展,进而煤炭进入千家万户作为普通燃料而广泛应用。煤炭的开发,推进了产业革命,直到本世纪50年代,煤炭始终占据着能源的权威地位,统霸着热源、动力源和电力源,促进了各种工业的发展。可以说,煤炭推进了社会文明的前进。

石油是热值高、灰分少、便于运输和使用的优质矿物能源。19世纪中叶,石油资源的发现,开拓了能源利用的新时代。但是,石油中含有汽油成分,直接燃用极易酿成火灾。到19世纪后期,人们掌握了分馏原油除去汽油的技术,才作为普通燃料来使用。在二次世界大战后,飞机发展神速,汽车更加普及,作为燃料的石油,地位显赫。到本世纪后半期,由于中东油田的开发,加之海底油田、深部油层开发技术的进步,石油供应迅速增加,在整个能源领域中占有重要地位。

原子能已在能源领域显示出巨大威力,也为能源危机找到了解脱道路。原子能的利用也推动着人类社会向前发展。

总之,无论是人类社会的生产发展过程,还是当今世界各国的经济发展情况,都充分说明能源是社会和经济发展的必要条件。

第二节 能源的分类

世界上能源的种类很多,目前没有公认的分类方法。为了从不同角度加深对能源的认识,现从能源来源、能源利用情况和能源生成方式分类如下。

一、按能源的来源分类

能源按其来源大体上可分为三大类。

第一类是来自地球以外的天体的能量,其中主要是太阳辐射能。目前人类所需能量的绝大部分,都直接或间接来源于太阳能。地球上的煤炭、石油、天然气等矿物燃料,是由古代动植物沉积在地下,经过漫长的地质年代形成的。所以矿物燃料,实质上是由古代生物固定下来的太阳能。另外,风能、水能也都是由太阳能转换而来的。

太阳能的数量非常巨大,根据理论计算,一秒钟太阳辐射到地球上的能量,相当于500多万吨煤燃烧放出的热量,一年就有相当于170亿吨煤的热量送到地球,相当于全世界年耗煤量的一万倍。但是这些热量,只有千分之一到千分之二被植物吸收,剩余的太阳能转换成热量散失在宇宙空间去了。太阳能是人类取之不尽、用之不竭的能源。

第二类是地球本身蕴藏的能量,这类能量主要有原子能和地热能。原子能是原子核发生裂变反应或聚变反应而释放出来的能量。1kg铀-235,裂变时放出的能量为 8.32×10^{10} kJ,相当于2000t石油的能量;1kg氘聚变时放出的能量为 35×10^{10} kJ,相当于8000t石油的能量。地球上的铀、钍等核燃料具有原子能,它的贮量相当于煤炭储量的几十倍。

地球本身是一个大热库,从地面向下,随着深度增加,温度也不断增高。地热能,如地下水、地下蒸汽、干热岩体等储量很大,仅在10km以内的地壳表层中所拥有的能量,就相当于煤炭总储量的2000倍。地热是一种廉价的能源,可用于取暖、供热和发电。

第三类是由于地球和其他天体相互作用而产生的能量，如潮汐能。这类能源的数量与上述两类能源相比是较少的。估计全世界的潮汐能达 10 亿千瓦，人们正在试验应用。

二、按能源的性质和转换利用情况分类

1. 一次能源与二次能源

一次能源是自然界中自然存在的、可以直接取得、没有经过加工和转换的能源。一次能源有煤炭、石油、天然气、水能、生物质能、核燃料、地热能、风能、太阳能、潮汐能等。我们通常所说的能源生产量和能源消费量的概念，主要是对一次能源来说的。

二次能源是在生产和生活中，由于工艺和环境保护的要求，或者为了便于输送、使用，提高劳动生产率等原因，不能直接使用而需要经过加工、转换成符合使用条件的能源产品。二次能源有电力、蒸汽、焦炭、煤气、酒精和石油制品等。不论一次能源经过几次加工或转换，所得到的能源产品，统称为二次能源。

2. 常规能源与新能源

常规能源，是指在相当长的历史时期和一定的科学技术水平下，已被人类长期广泛利用的能源，它不但被人类所熟悉，而且也是当前主要能源和应用范围很广的能源。常规能源有煤炭、石油、天然气、水力、电力等。

新能源，是指一些虽属古老、但只有采用先进方法才能加以利用、或采用新的科学技术才能开发利用的能源。有些能源近一二十年来才被人们重视，新近才开发利用，而且在目前使用的能源中所占的比例很小，但很有发展前途。属于新能源的有太阳能、地热能、生物能、风能、海洋能、核聚变能等。

3. 再生能源与非再生能源

再生能源，是在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源。如太阳能和由太阳能转换而成的水力能、风力能、生物能等等。它们都可以循环再生，不会因长期使用而减少。

非再生能源，是经过亿万年形成的，短期内无法恢复的能源。属于非再生能源的有：煤炭、石油、天然气、核燃料等。非再生能源随着大规模地开采利用，其储量越来越少，有枯竭之时。

4. 清洁能源与非清洁能源

从使用能源时对环境污染的程度大小，又把能源分成清洁能源和非清洁能源。无污染或污染很小的能源称为清洁能源，如太阳能、风能、水能、海洋能、氢能、气体燃料等。由于能源利用中对环境的污染十分严重，因此人们对发展清洁能源及降低非清洁能源对环境的污染十分重视。

第三节 能源耗用的现状与展望

一、能源耗用的现状

世界能源的需求量随着经济的发展、工业的现代化、人口的增长及人民生活水平的提高而显著增加，近 30 年中，能源消耗的增长速度很快，据统计，差不多 15 年左右就增长一倍。

在能源消费中，50 年代煤炭是主要能源，自 60 年代起石油、天然气的消费量急剧增加。

但自 70 年代发生石油危机以来,石油增长速度减慢。由于煤炭储量丰富,在今后煤炭仍将作为主要能源。此外,随着原子能技术的发展,原子能的利用将以更快的速度增长。

能源消耗一般是指一次能源年消耗总量,这一指标是将消耗的各种能源折合一种标准燃料来统一计算的。国际上有用石油作标准燃料的(热值为 44MJ/kg,经常以桶为计量单位),也有用煤作为标准燃料计算的。我国以煤为主要能源,故一律以标准煤(热值为 29.33MJ/kg)来统一计算,计量单位为 t/a。

一个国家的能源消耗量,既是反映一个国家的经济实力和人民生活水平的高低,又是决定一个国家能源发展和经济发展计划的重要依据。

我国能源资源比较丰富,尤其煤炭和水力资源更为丰富。我国煤炭探明储量有 7000 多亿吨,居世界第三位;水力资源的理论蕴藏量有 $6.8 \times 10^8 \text{kW}$,居世界首位,其中可以开发利用的为 $3.8 \times 10^8 \text{kW}$,年发电量可达 $1.9 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$,相当于 $7 \times 10^8 \text{t}$ 标准煤。石油和天然气的储量也较丰富,目前估计石油的储量约 $70 \times 10^8 \text{t}$,可采储量约 $27 \times 10^8 \text{t}$ 。天然气可采储量估计为 $8700 \times 10^8 \text{m}^3$ 。1993 年李鹏总理在八届人大政府工作报告中讲:“1992 年我国原煤产量达 $11 \times 10^8 \text{t}$,石油产量为 $1.42 \times 10^8 \text{t}$,发电量为 $165 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}$ 。”

我国生产的能源除一小部分出口外,绝大部分用于国内,故能源消耗总量大体上和生产能源总量相等。

我国能源虽然比较丰富,但人均资源占有量只有世界年平均水平的 40%~50%,因此资源相对不足,能源生产满足不了国民经济发展的要求。建国 40 多年来,我国经济增长是以资源高消耗和牺牲环境为代价的,是一种粗放型经济增长方式,经济性很差,每吨标准煤的产值只有日本的 $\frac{1}{6}$,德国的 $\frac{1}{4}$ (目前我国每创造 10000 美元产值,需要一次性能源标准煤 300t,美国仅需 76t;如消耗电力,我国需要 $17800 \text{kW} \cdot \text{h}$,美国仅需 $600 \text{kW} \cdot \text{h}$)。设备效率比国外先进水平低得多,例如火电厂,全国平均效率 32.3%,而国外先进水平为 47.5%;产品单耗相当高,例如吨钢能耗 1.35t 标准煤,而国外先进水平为 0.68t 标准煤。

能源消耗中,各项一次能源所占比重称为能源构成,这是一个关系经济建设方针的重要指标。与其他工业国相比较,以煤为主要能源是我国能源工业的重大特点。1990 年各主要工业国能源构成如表 1-1 所列。

表 1-1 各主要工业国的能源构成

(%)

国 别	石 油	天 然 气	煤	水 电	核 电
中 国	22	3	71	4	1
美 国	43	29	21	5	2
苏 联	35.1	28.6	34.6		1.1
日 本	75	3	15	5	2
德 国	49	13	35	1	2
法 国	53.1	12.5	17.7	16.7	
英 国	36.8	21.5	37.1	4.6	
世界平均	44	18	30	6	2

表 1-1 清楚地显示出,各主要工业国都是以石油和天然气作为主要能源的,这两项一

般均占有 65%~70% 以上。石油和天然气热值比煤高, 燃烧方便, 污染少, 便于运输, 作为主要能源显然优于煤炭。我国石油和天然气的蕴藏量尚不确切, 开采量远远不能满足生产要求, 以煤为主要能源是我国相当长的时期内不得不采用的方针。当前煤占总能耗的比重(约 70%) 非但不会下降, 在本世纪内还可能略有上升。

全部能源耗用按行业的流向称为部门能源消耗构成。表 1-2 是我国各部门的能源消耗构成。更详细地将各部门中各种能源的消耗量列入, 称为最终能源消耗构成, 如表 1-3 所示。

表 1-2 我国各部门能源消费构成 (1990)

(%)

工 业	民用和商业	交通运输	农 业	总 计
63.0	22.1	8.0	6.9	100

表 1-3 我国各部门能源最终消费构成

(%)

部 门	煤 炭	石 油	天然气	电 力
工 业	67.0	16.5	5.5	7.5
农 业	17.8	4.4	68.3	9.5
民用和商业	91.3	1.9	3.5	2.9
交通运输	43.9	55.0	—	1.1

从表中可以看出, 我国的能源消费构成有明显的特点, 即主要能源用户是工业。农业和交通运输业用的能源比例极小, 这是我国能源中石油较少的原因造成的。由于农业和交通运输业投入的能源严重不足, 使得农业和运输业处于相当落后的状态, 如果不改变这一状况, 要保持国民经济的平衡和高速发展是不可能的。

二、能源耗用预测展望

能源关系着国计民生, 能源工业是重工业, 它的生产基地建设需要很大的投资及较长的建设周期。因此, 不但应了解当前能源生产与利用情况, 还应了解近、中、长期国民经济对能源的需求情况, 以便作出科学的能源需求预测。唯有依靠实事求是的预测, 才能确立正确的能源战略, 才能保证国民经济稳步协调地发展。

能源的需求预测必须以国民经济发展计划为根据。能源需求预测的方法有多种, 比较科学和比较成熟的方法有以下三种。

1. 类比法

利用国内外数据互相参考比较及简单的外推进行预测, 这是一种简单的方法, 只能进行宏观的分析。如果以人均能耗作为预测的标准, 参考世界各国经济发展程序与人均能耗对应的数字, 适当考虑我国的具体条件, 可以计算出一定时期我国能源的需求。

能源消耗弹性系数 ϵ 是预测能源需求的重要参数, 也可以按照能源消耗弹性系数的统计资料横向地对比, 得到合适的 ϵ 值, 然后根据经济发展速度计算出能源需求。

能源消耗弹性系数是套用力学中的一个名词, 它的定义为: 能源耗用年增长率与国民

生产总值年增长率之比，写成公式为

$$\epsilon = \frac{dE/E}{dM/M} = \frac{\frac{dE}{dt}/E}{\frac{dM}{dt}/M} \quad (1)$$

式中 E ——能源年耗用量；

M ——年国民生产总值，对于 MPS 统计体系，则为国民收入。

能源消耗弹性系数等于 1，代表国家的经济发展速度和能源消耗增长速度同步；能源消耗弹性系数大于 1，代表能源消耗大于经济增长，在经济基础薄弱，技术比较落后，而又急速发展的国家，往往属于这种类型；对于工农业生产发展到一定的水平，国家注意发展高科技工业，改善了生产模式，提高了生产率和能源利用率，则能源弹性系数 ϵ 有可能小于 1。

能源弹性系数是一个总量模型，只具有宏观统计上的意义。它与一个国家的经济结构、科技水平、生产模式等因素有关，还和一个国家的地理条件、人民生活习惯、生活水平及国家发展政策等有关。

2. 回归分析法

回归分析法，首先要分析和确定影响预测的因素，收集有关的时间序列资料，然后建立能够反映其发展规律的回归方程，预测未来发展趋势。

对于一个国家的总能源需求，影响因素是极其复杂而繁多的，需要根据时间序列建立各个因素的回归方程，然后通过不断的实验和回归，获得能源最终需求与各个子因素间的回归方程式。

3. 投入产出法

投入产出法是一种新的综合平衡观测方法，它综合而具体地分析国民经济各个部门在技术上和经济上相互依存的关系，从数值上算出直接消耗系数和完全消耗系数。只要能确定最终产品的需求量，就可以预测各部门总产值的发展水平，并在满足最终需求的条件下，保持各部门之间的协调发展，综合平衡。

表 1—4 投入产出表

投入 \ 产出			中间使用产品				最 终 产 品						总 产 出
			能源部门		非能源部门		消费	投资	维修	出口	储备	合计 y	
			1	2	...	n	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5		
生 产 部 门	能源 部门	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y_{15}	y_1	x_1
		2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y_{25}	y_2	x_2
	非能源 部门	1											
		n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	y_{n1}	y_{n2}	y_{n3}	y_{n4}	y_{n5}		
折 旧			d_1	d_2	...	d_n					y_n	x_n	
新创造 价 值	工 资		v_1	v_2	...	v_n							
	利润税金		M_1	M_2	...	M_n							
总 投 入			x_1	x_2	...	x_n							

各部门之间的相互依存关系，可在投入产出表上反映出来，见表1—4所示。表中各行表示生产、消费、积累的收入（产出），表中各列，则代表其支出（即投入）。投入产出表格既可按实物计算，也可按价格计算，这样算出的投入和产出对于各部门都是平衡的，由此得到的能源需求，考虑了各部门的需求，比较准确。

按照我国人民的希望以及经济发展的可能性，中央决定将我国的远期发展计划分成两个大阶段：第一阶段为1980年至2000年，国民经济翻两番，达到小康水平；第二阶段为2000年至2030年（或2050年）国民经济再翻两番，大体上达到当前世界上中等发达国家的水平。根据国民经济发展的总目标，1990年到2000年10年间，经济发展平均年增长速度按6%计算，到2000年我国需要能源17~18亿吨标准煤，而能源工业的发展到2000年大约只能生产14亿吨标准煤，缺口3~4亿吨标准煤。对于我国第二个战略阶段（2000年~2050年）的发展规划至今尚不具体，故对其能源预测也比较困难。如果下世纪的50年内，国民经济总产值翻两番（即2050年的GNP是2000年的4倍），专家预测，能源总需求量大约是本世纪末的2.77倍，即弹性系数约维持在0.7左右，那么2015年能源总需求量为22亿吨标准煤，2030年为31亿吨标准煤，2050年则达到50亿吨标准煤。到那时，能源的缺口将更大，将是制约经济发展的主要因素，所以，必须发展高新技术，改造旧设备，加强经济生产管理，改变过去粗放型经济增长方式，做好节能降耗的各项工作，争取实现经济发展的目标。

总之，能耗需求预测应分为下列几个阶段：

（1）按照预测的要求，收集、整理和分析资料，这些资料应包括宏观经济、社会经济、能源生产和消费各个方面，特别要注意七五以来的资料。

（2）建立预测模型，可根据投入产出表算出，也可通过回归分析法建立预测模型。

（3）研究最终需求的各种设想方案，算出预测期间国民经济各部门的发展水平及能源需求。

（4）按照各能源部门供应的可能性预测，提出预测期的商品能源供应量。反过来对预测的国民经济各部门发展水平进行反复迭代，确立最终的能源需求量。这个需求量能够保证国民经济按需要协调地发展，而它又是能源生产部门经过努力能够供应的。

三、节约能源的途径与措施

抓节能工作，就是从实际出发，通过各种切实可行的途径，全面提高我国能源的利用水平，以尽可能少的能源消耗，取得尽可能大的经济效益，以节能为中心，推动整个工业的结构改革和技术改造，不断提高能源利用效率。

1. 推行企业结构改革，整顿中小型企业

我国几十万个工矿企业中，98%以上是中小型企业。这些企业设备工艺落后，操作技术水平较低，所以，一般情况，中小型企业的单位产值能耗都大于大型企业，而且产品质量差。从经济效益和节能角度来讲，对产品单耗过高的中小企业，应进行关、停、并、转，以实现企业结构的逐步改革。今后应侧重发展大中型企业。

安排产品，应尽量做到地区能源产销平衡和合理流向，缺能源地区不安排高能耗产品，一般地区也应尽量扩大省能型产品的生产，抑制高能耗产品的发展。

部分乡镇企业存在能耗大、原材料利用率低、成本高、质量差等问题，应下大力气改造旧设备、旧生产工艺，努力提高职工的技术水平和企业管理水平，对乡镇企业陈旧、能

耗大、无法改造的设备，应停产更换。

2. 贯彻能源法，加强能源管理

为了更好地贯彻各项节能法规，应大力宣传贯彻能源法规，并逐级建立和建全专业化节能监测和执法部门，对所管辖能源用户作经常检测和监督，对违犯节能法规者，要不徇私情，严明执法，按奖惩条例兑现，以推动全民节能意识。

3. 采用新技术，开展节能降耗工作

采用和发展新技术是节约能源的重要途径。随着科学技术的进步，新设备、新工艺、新材料不断出现，节能的道路日益广阔。为了提高全民对节能降耗工作意义的认识，全面开展节能工作，应将科研机关、大专院校、企事业单位的专家教授、科技人员和有丰富经验的一线工人组织起来，协助论证、研究、培训和推广先进的节能技术，以使所有的新技术成果都能得到应用，使节能工作上一个新水平。

4. 回收利用余热能

余热的回收和利用，是节能工作的一项重要措施。余热是工业企业在各种能源转换、用能设备所消耗的能量中未被利用的部分，俗称余热资源。

余热资源具有多种多样的性质和形态，如高温排烟的物理热，高温产品和炉渣的余热，废汽废水的余热，化学反应余热，可燃废气、废酸、废料的余热等。

我国余热资源相当丰富，折合标准煤约有 3000 多万吨。据调查，冶金行业可回收余热资源占其耗能总量的 30%，化工、机械、搪瓷行业占其耗能总量的 15%~20%，建材行业约占其耗能总量的 30%~40%。在节能工作中，虽然大力宣传提倡利用余热资源，但从全国来看，已回收的余热量还不到可回收余热资源量的 1/10。

为了节约能源，对于不同的行业，视其设备情况和余热形式的不同，在技术上可行，经济上合理的前提条件下，应适当而又充分地利用余热，力争做到综合利用和合理利用，充分发挥余热的作用。

工业余热及其利用途径可参照表 1-5。

第四节 能源耗用检测仪表的类型及计量单位

一、能源耗用检测仪表的类型

能源耗用检测仪表的种类很多，分类的方法不一，根据需要一般有下列几种分类方法。

1. 按照检测参数的输入量分类

检测参数的输入量为温度、流量、压力、位移、速度、加速度、湿度、粘度的仪表，相应地称为温度检测仪表、流量检测仪表、压力检测仪表、位移检测仪表、速度检测仪表、湿度检测仪表、粘度检测仪表等。这种分类方法给使用者提供了方便，容易根据测量对象选择所需要的检测仪表。《能源利用检测计算技术》中，采用这种分类方法进行分类，以便选用方便，认识直观。

2. 按照测量原理分类

按照测量原理，现有的能源耗用检测仪表可分为两大部分：第一部分为利用电磁学理论的检测仪表，这类仪表有导体电阻式、电感式、电容式、压电式、电动式等；第二部分是

表 1-5 工业余热及其利用途径简况

余热种类	内 容 说 明	占有总余热比例 (%)	利 用 途 径
高温烟气	1) 玻璃熔窑 650~1450℃ 2) 冶金炉 700~1200℃ 3) 加热炉 700~1000℃ 4) 干法熄焦 700℃ 5) 水泥窑 900℃ 6) 其他工业炉 450℃	30~50	直接利用 { 1) 预热燃烧空气 2) 预热燃料 3) 干燥、退火 5) 海水淡化 } 间接利用 { 1) 产生蒸汽 {发电 动力} 2) 产生热水 3) 产生热空气 }
高温产品 或高温物料	1) 热焦 1000℃ 2) 钢锭 1000~1300℃ 3) 有色金属炉渣 1200℃ 4) 铁块 800~900℃ 5) 渣铁 750℃	6~14	直接利用 { 1) 预热燃烧空气 2) 预热原材料或炉料 3) 连续铸锭 4) 工件退火 } 间接利用 { 1) 产生蒸汽 {发电 动力} 2) 产生热水 3) 产生热空气 }
废汽或废热水	1) 蒸汽动力机的排气 121.59~141.855kPa 2) 二次蒸汽 121.59~141.855kPa 3) 高温排污水 90~100℃ 4) 其他废水 (纺织、食品) 30~60℃	10~16	间接利用 { 1) 产生热水 2) 产生热空气 3) 支农 (暖房、育苗) 4) 养鱼 5) 生活福利 }
冷却水	1) 炉窑冷却水 80~90℃ 2) 动力机械冷却水 60℃ 3) 凝汽用产冷却水 30℃	15~23	间接用 { 1) 产生热水 2) 暖房、育苗、养鱼 3) 生活福利 } 直接用其热水
	1) 炼油厂废气 2) 冶炼厂废气 3) 化工厂废气 4) 轻工厂废气 5) 食品厂废液 6) 城市废液	8	直接用 { 1) 做化工厂原料 2) 作燃料 3) 发电 } 间接用 { 1) 产生蒸汽 {发电 动力} 2) 产生热水 }
	1) 化工厂 2) 化肥厂	5~9	直接用: 工艺流程自用 间接用: 1) 生产蒸汽 2) 产生热水 3) 产生热空气

仪表；此外，还有根据力学、声学、光学为测量原理的仪表，这类仪表有磁振式仪表、超声波式仪表等。这种分类方法对设计制造研究人员比较方便。

目前对检测仪表的称呼按以上两种分类方法同时称呼的多，例如电容式压力仪表、晶体管温度仪表等。

此外，检测仪表还可以按结构型、物性型分类。所谓结构型是用几何形状的尺寸变化来实现测量，如电感式压力表、电容液位计等。物性型则根据材料物理特性来实现测量，如压电式压力表、热电式温度计等。

二、能源耗用检测计量单位

我国能源耗用检测计量单位，是采用以国际单位制为基础的法定计量单位。

能源系统所用的法定计量单位包括：长度单位 m（米）、面积单位 m^2 （平方米）、体积单位 m^3 （立方米）、质量单位 kg（千克）、时间单位 s（秒）、力的单位 N（牛顿）、压力单位 Pa（帕斯卡）、功、能、热量单位 J（焦耳）功率单位 W（瓦特）、温度单位 $^{\circ}C$ （摄氏温度）、热导率单位 $W/(m \cdot K)$ （瓦特每米开尔文）、传热系数单位 $W/(m^2 \cdot K)$ （瓦特每平方米开尔文）、比热容单位 $J/(kg \cdot K)$ （焦耳每千克开尔文）、密度单位 kg/m^3 （公斤每立方米）等。除此之外，能源耗用计算中有些单位还可以查阅附表得到。

另外，在能源耗用检测计算工作中，由于能源种类很多，即使是同一燃料，其发热量也是不同的，为此提出使用标准煤的概念，将低位发热量为 29.27MJ（7000kcal）的固体燃料，称为 1kg 标准煤。这样，其他各种燃料均可按发热量折算成标准煤。例如：

1kg 原煤 20.91MJ（5000kcal）= 0.714kg 标准煤；

1kg 原油 41.28MJ（10000kcal）= 1.429kg 标准煤；

1Nm 天然气 38.93MJ（9310kcal）= 1.33kg 标准煤。

第二章 能源检测技术基础

第一节 检测及检测方法

一、检测技术的概念

检测是指按照被测对象的特点,采用某种方法并通过某种检测系统和某些仪器获取被检测数值的全过程。只有通过检测才能获得表征物理或化学等的定量信息。进一步讲,检测就是用专门的技术工具,依靠实验和计算找到被测量的值(包括正负和大小)。检测的目的是为了在限定时间内尽可能准确地收集被检测对象的有关信息,以便掌握被检测对象的参数和控制生产过程。例如用温度计检测恒温室内空气温度的数值;在工业锅炉运行过程中,对其汽包水位的检测;在采暖系统中对蒸汽压力的检测等。

检测的定义为:以同性质的标准量与被检测量比较,并确定被检测量对标准量的倍数(标准量是国际上或国家公认的计量单位)。

上述定义用数学公式表示如下:

$$l = \frac{X_b}{u} \quad (2-1)$$

式中 X_b ——被检测量;

u ——标准量(检测量单位);

l ——比值,又称检测量值。

式(2-1)为检测的基本方程式,从式中可见 l 的大小随所选用的标准量的大小而定。为了正确反映检测结果,常需在检测值 l 的后面标明标准量 u 的单位。例如长度的被检测量为 X_b ,标准量 u 采用国际单位制——米,检测量值的读数为 l (米)。

检测技术基本包括检测原理、检测方法和检测工具三个方面的内容。根据被测对象、检测方法和检测参数的不同,检测的种类也是不同的。因此,各行各业都有自己的检测种类和检测技术问题。

检测过程一般包括为零、对比、示差、调平衡、读数等五个动作(步骤)。例如用天平称重,检测开始应先调空天平至平衡,即称为“调零”。接着将被检测重物和标准砝码分别放到两侧称盘中,这叫“对比”。然后借助于天平中间指针偏转方向,判别哪侧轻哪侧重,指针偏离中间位置的大小称为“示差”,如果存在差值就调整砝码的大小,直到重物与砝码平衡为止,这个调节动作称作“调平衡”。上述动作完成后,即可根据砝码的大小读出重物的数字值,称作“读数”。

在多数场合,被检测量与标准量不能直接进行比较,而需要将检测量和标准量都要变换到双方都便于比较的某个中间量,再进行比较。这种变换称为测量变换。例如用水银温度计检测室温时,室温被变换成玻璃管内水银柱热膨胀的直线长度,而温度的标准量变换为玻璃管上的直线刻度,这时被检测量和标准量都变换到直线长度这样的中间量,再进