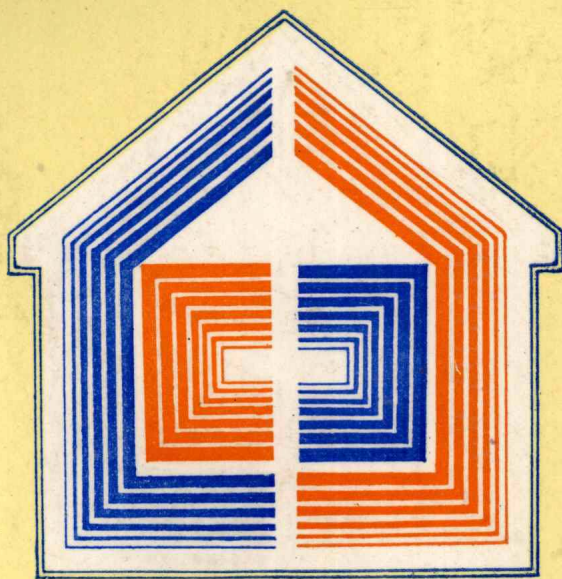


建筑节能论文集

许文发 著



中国建筑工业出版社

建筑节能论文集

许文发 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书收编了许文发教授 1981 年至今发表的有关建筑节能方面研究的论文和科研成果报告等共计 55 篇。内容包括框架轻板建筑的热工性能和节能实测分析,住宅建筑经济热阻初步研究,民用建筑经济热阻的计算方法,以及建筑节能与墙体改革、墙体结构设计研究、供热系统节能研究等。

本书可供建筑设计人员、施工技术人员、科研人员及大专院校的师生学习参考。

* * *

书名题字 叶如棠

责任编辑 胡永旭

建筑节能论文集

许文发 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义县燕华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:18¼ 字数:464 千字

1996 年 9 月第一版 1996 年 9 月第一次印刷

印数:1—1560 册 定价:28.00 元

ISBN7-112-02960-0

TU·2258(8076)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

开发节能技术
服务经济建设

侯捷

一九九六·七·廿五

贯彻科教兴
国战略，为住宅
建设服务

李振东

一九九二年八月

建築節能
意義
重大
深入
研究
大有
可為

題建築節能論文集

周平時

丙子夏



依靠科技 加强管理 实干
施建 筑 节能。

书赠

文发同志文集出版

许溶烈

一九九〇

七月

二十三日

序

建筑能耗随着经济的发展和人类对生活质量要求的提高,在日益增加,占社会经济总能耗的比例也越来越大,当今最高的国家已占40%以上。从其它领域的能耗还可以证明,能源是人类生存和发展的不可缺少的资源,但是地球上贮存有限的能源已向人类发出了警告:必需节约能源,让有限的矿物能源为更多的子孙后代服务;开发新能源,满足人类对能源永远的需要。

人类生活的地球,随着能源的大量消耗,环境变得越来越恶劣:大气中二氧化碳含量增加、酸雨、全球性气温升高、臭氧层破坏等等,都与能源消耗密切相关。为了自身的生存,也为了子孙后代的生存,人类必须保护环境,保护自我生存的空间,其中最关键的是要节约能源,提高能源的利用效率。

建筑节能在国外,是从本世纪70年代开始形成规模。当时是由于“石油危机”使油价猛升,而迫使许多国家实施严格的节能措施。到现在,节能已进入第二个阶段,也就是与环境保护密切结合,把节能视为建立可持续发展环境的一个有机组成部分。

我国的建筑节能在80年代开始起步。尽管很多人认识到节能的重要性,并且把建筑节能与改善建筑物内外环境结合起来考虑,但由于技术及经济条件的限制,不论在科研、设计、施工、管理等方面,都遇到重重困难。然而,在国家主管部门的大力支持,在许多有志于此的科技工作人员的无私参与下,终于取得了一个可喜的开端。

许文发同志一直从事城市供热、暖通、空调、建筑节能方面的教学、科研和工程实践工作,指导了十几名硕士研究生和博士研究生,并参与了黑龙江省和哈尔滨市的墙体材料革新与建筑节能的许多工作。许文发同志是一名建筑节能工作的积极分子,热心于建筑节能工作。他参加了全国建筑节能设计标准的编制工作,并协助很多地方制定了地方上的实施细则。他参加过很多建筑节能方案、节能小区设计的审查、评选。他目前是全国建筑节能专业委员会的副主任委员。

许文发同志这次将他在建筑节能方面的论文选编出版是一件好事,一方面是对他自己多年来在这方面工作的一个总结,另一方面也是对建筑节能工作的一个推动,我希望这本论文集对建筑节能教学、科研和工程实践是一个有益的积累。

张钦楠

前 言

最早的设想是作者从工作岗位上退下来以后,花一些时间把自己所做的工作做以总结,把发表过的论文整理,出一本论文集,但由于现时工作需要,一些研究生和同行们不时来函索取,所以这次就作者在建筑节能方面的论文收集在一起,也是献给今年九月份召开的第一次“全国建筑节能工作会议”的一个礼物。

在70年代世界能源危机之后,各国在各个领域都在节能,建筑领域也不例外,各国政府都非常重视这一领域的工作,“中华人民共和国的节约能源法”中,关于建筑节能有着明文规定,建设部一直在紧抓这项节能的基本国策。作者近二十年来从两个方面在建筑节能领域作了一点研究和工程实践:一方面是建筑围护结构的改进,一方面是在供热系统的设计与改造;同时,在建设部及一些地方政府的领导下参与了国家及地方建筑节能法规的研究编制工作。在这些工作中,作者适时地进行了一些开拓性的工作,提出了一些新观点和研究成果,为促进我国的建筑节能工作,做出了一点贡献。

作者在哈尔滨建筑大学工作过16年,指导过博士、硕士研究生十多名。研究生是从事科研工作的一支有生力量,论文集中的一些专题,大多是作者与研究生共同研究和发表的,没有他们的开拓创新和刻苦努力,研究成果和论文是达不到现在这个水平的,他们中间有的人已经成为高级科技人才,有的已成为一方面或一个单位工作的负责人,青出于蓝,胜于蓝,作者深信年轻的科技工作者会在建筑节能领域做出新的更大的成绩。

在此,作者向建设部的领导,向过去在工作中给予作者以关怀、支持的同行们,以及中国建筑工业出版社的同志们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,收集整理时间仓促,论文中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

许文发

1996年6月于北京

目 录

1. 提高工厂供热系统热能利用率的途径	1
2. 框架轻板建筑的热工性能和节能实测分析	21
3. 住宅建筑经济热阻初步研究	26
4. 哈尔滨地区提高建筑围护结构保温的节能效果	33
5. 民用建筑经济热阻计算方法	57
6. 建筑节能与墙体改革 (略)	63
7. 国外经济热阻计算方法浅析	64
8. 采暖建筑围护结构经济热阻计算	69
9. 新型节能墙体实测分析研究	75
10. 岩棉红砖内保温墙体传质分析	80
11. 岩棉-红砖复合墙体结构设计及其性能研究	82
12. 岩棉红砖内保温墙体传质实测分析研究	86
13. 建筑物耗热指标的测定及节能分析	99
14. 新型墙体与节能 (略)	103
15. 寒冷地区建筑墙体含湿对热耗影响的初步探讨	104
16. 供暖房间动态热过程简化模型与计算	109
17. 供暖建筑房间温度预测	114
18. 湿迁移对加气块空心砖复合墙体热工性能的影响	119
19. 加气混凝土墙体的动态热工测试及分析	125
20. 哈尔滨市嵩山节能小区供热系统建造费用分析	128
21. 岩棉红砖复合墙体湿传递研究	132
22. 哈尔滨市节能试点小区供热系统运行费用的预测及分析	138
23. 含湿、冷桥、能耗	146
24. 嵩山小区节能措施浅析	148
25. 谈多孔材料中的热湿迁移	153
26. 加气混凝土墙体湿迁移对传热性能影响的研究	160
27. 多层复合墙体经济厚度及保温材料的经济性研究	164
28. 从空气层的引湿作用谈建筑内外保温	169
29. 严寒地区红砖-岩棉内保温复合墙体热湿传递的研究	174
30. 旧房节能改造的初步实践	180
31. 严寒地区建筑供热裕量研究	185
32. EHL 程序的研究	189
33. 嵩山小区住宅供暖能耗测试分析	194

34. 哈尔滨市嵩山小区节能住宅典型房间采暖能耗实测分析	198
35. 空心砖墙体热工性能实验研究	203
36. 哈尔滨市嵩山节能小区能源利用率的预测及分析	217
37. 未来的世界能源结构与建筑节能	222
38. 大拆迁带来的忧虑	227
39. 建筑墙体热湿迁移理论与实验研究	229
40. 复合墙体热湿迁移计算与实验研究	233
41. 严寒地区建筑墙体湿迁移对其隔热性能影响的研究	237
42. 反问题法求解建筑墙体动态湿分布	241
43. 节能建筑能耗影响因素分析	246
44. 节能建筑能耗实测与建筑节能预测	253
45. 节能住宅典型房间采暖能耗实测分析 (略)	255
46. 热桥与建筑热负荷	256
47. 热流计标定方法的探索	260
48. TIMS 双层窗能耗研究	264
49. 供热按户计量与建筑节能	268
50. 关于在哈尔滨市建设一个住宅节能小区的请示	270
51. 关于哈尔滨市嵩山节能小区集中供热节能项目报告	272
52. 对黑龙江省建筑节能工作总体方案的建议	274
53. 哈尔滨市墙体材料改革与建筑节能系统工程方案	277
54. 关于要求进行建筑供暖全面的测试及试点设计分析报告 (略)	280
55. 哈尔滨市民用建筑节能设计标准实施细则 (略)	280

1. 提高工厂供热系统热能利用率的途径

许文发 执笔

根据国家计委、经委、物资总局企业热平衡工作组的工作计划，我们于 1979 年至 1980 年初在哈尔滨油漆厂进行了热平衡测试工作，现报告如下：

一、前言

能源是实现四个现代化极其重要的物质条件，如何尽快改变我国能源短缺局面，是既关系到眼前又影响到子孙后代的大问题。当前我国各行各业的用能水平与先进工业化国家相比差距很大，因此，加强对企业的科学管理，实现能源的现代化是一项有很大潜力而易见成效的重大措施。

在现有企业中实现向科学技术与科学管理要能的基础工作就是企业热平衡。企业热平衡就是应用统计、测试、计算的方法，摸清企业的耗能情况，了解企业的用能水平（得出企业能量利用率），查明节能潜力，建立能源科学管理制度，制定综合节能措施，从而对企业用能进行积极的综合平衡，降低能耗，提高能量利用率，实现能源现代化。

中央和国务院有关领导同志对开展企业热平衡工作非常重视，多次指示，要求所有企业都要搞好热平衡。国家计委、经委、物资总局于 1979 年底成立了企业热平衡工作组，具体负责这项工作。

哈尔滨油漆厂的热平衡测试工作属于企业热平衡的一部分，即锅炉燃料的热平衡，它是该厂最主要最集中的能源消费点，通过对它的剖析，可寻得节约能源的重要途径。

由于燃料首先进入锅炉，在其中部分燃料热能变成了高温水及蒸汽的热量供出，部分在燃烧及传热时损失掉；供出的高温水及蒸汽热量分别在高温水及蒸汽系统中部分被有效利用，部分又在传输中损失掉。因此，锅炉燃料热平衡的内容就是确定：①进入锅炉的燃料热能与锅炉产生的有效热量及各项热损失间的平衡，即锅炉热平衡；②供入高温水系统的高温水热量与其中被有效利用的和损失的热量间的平衡，即高温水系统热平衡；③供入蒸汽系统的蒸汽热量与其中被有效利用和损失的热量间的平衡，即蒸汽系统热平衡。至于供入供暖（或生产、生活用汽）设备中的“有效利用热量”必要的部分和多余的部分各占多少（例如供暖室温按规范要求应为 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，而实际供热效果有时达到 20°C 以上），还涉及各项耗热指标之合理确定等问题，已不属本测试范围了。文中为明确此概念，一律将锅炉或供热系统实际供入用热设备的热量称为“有效供入热量”（即“有效利用热量”）。

通过以上三项热平衡测试及其计算汇总分析，得出了该厂锅炉燃料热能利用率为 39.49%，供暖系统热能利用率为 54.90%，生产系统热能利用率为 34.91%；找出了该厂燃油锅炉热效率不高（约 75%）的原因及进一步提高的途径；证实了高温水供暖热能利用率（63.38%）较蒸汽供暖热能利用率（40.43%）高出 50% 以上；发现若对现有的蒸汽系统加以适当改进及加强管理，也可从现有的系统热能利用率提高 10% 左右。

二、测试方法

1. 锅炉供热系统概况及锅炉燃料热平衡组成。该厂的两台锅炉都是由 SZZ4-13 型锅炉经过改装成为现在的燃油高温水汽两用锅炉，同时可供高温水和蒸汽。正常运行时一台炉供高温水和蒸汽，一台只供蒸汽，两台炉并汽。锅炉产生的热量一部分（约 24%）通过高温水用于供暖；其余大部分通过蒸汽用于供暖、生产工艺、暖原料油、热饭浴池等；同时由 2 号炉付汽引出用于锅炉房自用。高温水网路全部地沟敷设；蒸汽网路一部分架空敷设，一部分地沟敷设。图 1-1 为锅炉供热系统及热平衡组成图（其联接图式为试验系统图式）。

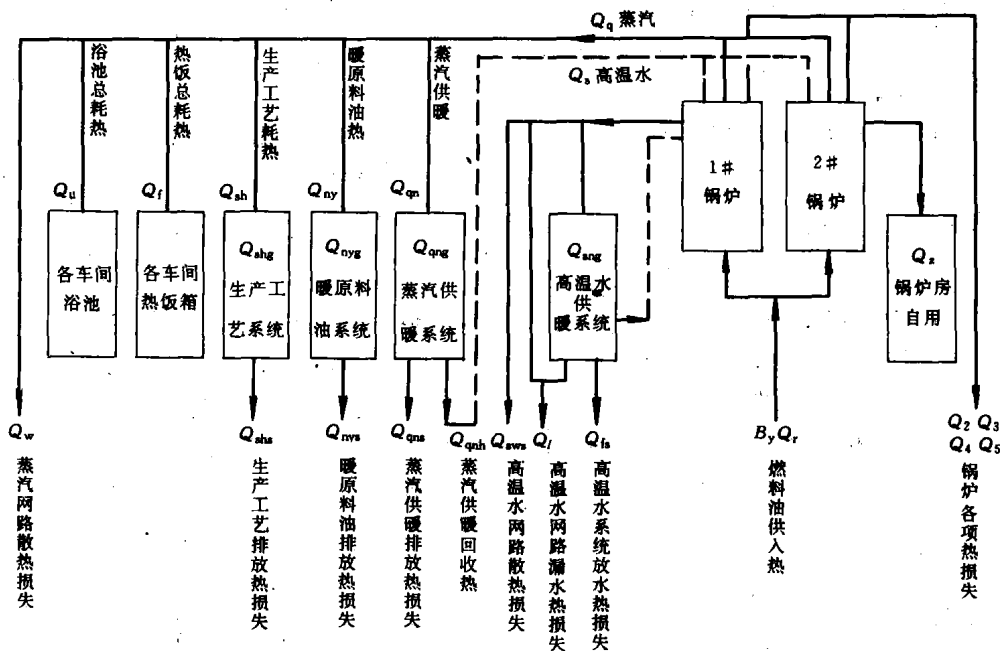


图 1-1

由图 1-1 可知，锅炉燃料的热平衡为：

$$\begin{aligned}
 B_y Q_r &= && \text{(燃料供入热量)} \\
 Q_1 \text{ (即 } Q_q + Q_s + Q_z) &&& \text{锅炉有效利用热量)} \\
 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 &&& \text{锅炉各项损失热量)} \\
 Q_1 = Q_{sng} + Q_{sws} + Q_{fs} + Q_l &&& \text{(高温水系统热量)} \\
 + Q_{qng} + Q_{qns} + Q_{qnh} &&& \text{蒸汽供暖系统热量)} \\
 + Q_{shg} + Q_{shs} &&& \text{生产工艺系统热量)} \\
 + Q_{nyg} + Q_{nys} &&& \text{暖原料油系统热量)} \\
 + Q_f + Q_u &&& \text{生活用热量)} \\
 + Q_w &&& \text{蒸汽网路散热量)} \\
 + Q_z &&& \text{锅炉房自用热量)}
 \end{aligned}$$

2. 锅炉热平衡试验方法。对锅炉进行正、反热平衡试验，以确定锅炉的热效率（ η_{zhm} 、 η_{zhj} ）、各项热损失（ q_2 、 q_3 、 q_4 、及 q_5 ）及有关的重要运行参数。试验按一机部标准（JB-

78)规定的方法并结合现场条件进行。热平衡有关的各公式及式中各物理量的测量方法、仪表、测点等列表说明于表 1-6。

因为属于小型锅炉，正平衡较易做准，而反平衡中的固体不完全燃烧热损失及散热损失均难测准，故试验中的热效率值以正平衡结果为准。反平衡则为对各项热损失作分析及校核正平衡之用，故采用了简化的计算公式。

两台锅炉系并汽运行，生产条件又不允许较长时间地单独运行一台，故正平衡试验是对两台锅炉总体进行的。反平衡则分别测定了 1 号、2 号炉，再将各数据平均求值。

试验工况的选定：因锅炉在运行期间不进行负荷调节，且生产工艺要求蒸汽压力限定为 4.57~5.5 表压，故锅炉的试验工况就选定在通常的运行状况（锅炉为额定负荷），维持工况稳定，每次试验连续进行 4h 以上。而按高温水系统的运行工况确定了两种测试工况：工况 1 是该厂在全供暖期的经常运行工况（接近平均运行工况）；工况 2 是将高温水系统调节到接近设计工况（热媒参数 150/90℃），但由于受生产工艺对提高锅炉运行压力的限制，故最高平均供水温度只达 145.7℃（如果能提高锅炉压力达 6 个表压，供水温度可达 150℃）。

主要测试方法简介：燃油量 B_y ——经过校准的地中衡；蒸发量 G_q ——用水箱容积法（并以翼轮式水表校核）测定给水流量及测量蒸汽干度；试验过程中不排污，保持锅筒水位始末不变；高温水循环流量 G_x ——标准孔板配水银压差计；高温水供回水温度——经校正的精密玻璃水银温度计。

3. 高温水系统热平衡测试方法。高温水系统热平衡即锅炉向高温水系统总供出热量 (Q_s) 与高温水系统有效供入热量 (Q_{sng}) 和网路散热损失热量 (Q_{sws})、系统漏水及放水损失热量 (Q_l 、 Q_{fs}) 间的平衡。其关系式：

$$Q_s = Q_{sng} + Q_{sws} + Q_{fs} + Q_l$$

Q_s 由锅炉正平衡试验测得。

Q_{sng} 通过两条途径得到：①通过测得之 Q_{sws} 及 Q_l 、 Q_{fs} 由 Q_s 中反算得到（或称反平衡法）；②直接由测试、测算得到，即对办公楼（非生产性建筑）和特漆厂房（生产性建筑）分别测定热负荷，并分别得出建筑体积热指标 q_v ，再以此及测得之其它高温水供暖建筑物室内平均温度和室外平均温度，折算出其供暖实际供热量。②作为①之校核，两者相差不大（实测结果，两者相差 0.46%），本报告皆采用①之数据。

Q_{sws} 、 Q_l 及 Q_{fs} 皆测试得到。

以上各有关计算公式及式中各物理量之测量方法、仪表、测点等列表说明于表 1-7。

4. 蒸汽系统热平衡测试及测算方法。锅炉向蒸汽系统的总供出热量 (Q_q) 用于：部分建筑物供暖有效供入热量 (Q_{qng})、供暖排放损失热量 (Q_{qns})、生产工艺有效供入热量 (Q_{shg})、生产工艺排放损失热量 (Q_{shs})，暖原料油有效供入热量 (Q_{nyg})、暖原料油排放及散热损失热量 (Q_{nys})，热饭箱实际供入热量 (Q_f)，浴池实际供入热量 (Q_u)，蒸汽供暖回收凝结水热量 (Q_{qnh})，蒸汽管网散热损失热量 (Q_w) 等。其热平衡式为：

$$Q_q = Q_{qng} + Q_{qns} + Q_{shg} + Q_{shs} + Q_{nyg} + Q_{nys} + Q_f + Q_u + Q_{qnh} + Q_w$$

式中： Q_q 由锅炉热平衡确定。

Q_{qng} 及 Q_{qns} 之测定及测算：该厂蒸汽供暖系统采用光管型及圆翼型两种散热器，大部分不回收凝结水，通过末端的疏水器将尾汽（水）排放掉。故可以通过测定尾汽（水）的小

时排放量、尾汽(水)焓(i_{wi})及用户入口的蒸汽焓(i_{sh})来确定该建筑物供暖的有效供入热量(Q_{qng})_i、供暖排放损失热量(Q_{qns})_i以及供暖耗汽量(G_{qr})。如测定了该建筑物散热器总散热面积 ΣF_i ,也就可确定出折算的单位面积散热器的散热量(q_i ,因包括室内管道散热在内,故称为“折算”)及折算的单位面积散热器的耗汽量(g_i)。在一定的热媒参数下各类散热器之单位面积散热量是一定的,且室内供暖管道之总散热量与散热器总散热量成一定比例,故通过对典型建筑物测定折算的单位面积散热器散热量 q_i 及耗汽量 g_i ,就可用此测得之 q_i 及 g_i 来测算其他同类型散热器的蒸汽供暖建筑物之供暖有效供入热量(Q_{qng})_i及供暖排放损失热量(Q_{qns})_i。汇总 $\Sigma (Q_{qng})_i$ 及 $\Sigma (Q_{qns})_i$ 即是 Q_{qng} 及 Q_{qns} 见附表1-4。典型建筑物依据离锅炉房远近,散热器类型、疏水器工作及室温(适当)等,选择了具有单一圆翼型散热器的机修车间和具有单一光管型散热器的俱乐部(最远)及炼油车间(较近),对后两者取平均值。为校核对典型建筑物所测定之 q_i [亦即(Q_{qng})_i],同时采用按散热器及管道总散热面积之理论计算法和体积热指标估算法做了校核(见附表1-3)。

Q_{shg} 及 Q_{shs} 之估算:因未能对各类型工艺用汽设备做热平衡测试,而夏季负荷只有工艺用汽及少量生活用汽和锅炉房自用(原料油不暖了),故可根据工厂近年来夏季锅炉平均产热量扣除生活及自用热估算得出总供热量。对其中的 Q_{shs} 也做了估算。

暖原料油总供入热量之测算:该厂暖原料油是在封闭不严的暖油房中直接通过管口放入蒸汽,预热周期为一昼夜,放汽时间约20h,预热要求温度及原料油品种、数量皆可知。管口蒸汽流量按测得的管口断面、管口前蒸汽压力及其干度,由喷管出口蒸汽流量公式算得。再根据油的品种、数量、温度要求可计算出理论暖油所需要热量;按暖油房建筑结构及油预热后保温要求估算出其供暖耗热量;将此两项相加可得暖原料油的有效供入热量 Q_{nyg} 。将 $Q_{ny}-Q_{nyg}$ 即得损失热量 Q_{nys} 。

热饭箱供入热量之测算法与上述测算 Q_{ny} 方法相同。为算得小时用热量需除以24(因饭箱平均昼夜工作时间为1h)。

浴池供入热量之测算法:对逐个浴池的尺寸,昼夜放水次数进行调查,计算得到。

蒸汽网路散热损失之测定:通过测定输送的总蒸汽量及锅炉出口和用户入口蒸汽的焓差可算得。用户入口蒸汽焓是选择了几个远近不同之用户,取其平均值。

以上各项有关计算公式及公式中各物理量之测定仪表,测点及方法列表说明于表1-8。

5. 建筑物供暖热指标的测定方法。该厂主要生产厂房及民用建筑的围护结构、跨度、高度、门窗尺寸等基本相同,有可能通过对典型建筑物测定供暖热负荷,以求得其建筑体积热指标 q_v ,再用此测得之 q_v 来测算其他类似建筑物的热负荷,以校核高温水及蒸汽供暖建筑物的供暖有效供入热量。为此,选择了该厂较典型的非生产性建筑物办公楼和生产性建筑物特漆车间进行了供暖热负荷(Q_b 及 Q_i)测定。有关的公式及式中各物理量的测量方法、仪表、测点等列表说明于表1-9。

由于该厂部分厂房(包括特漆)受生产工艺条件限制,在生产时间内车间大门常开,故对特漆车间供暖热负荷分别在两种工况下进行了测定:平时开门工况下测得 q_{v1} ,及春节停产期间关门工况下测得 q_{v2} 。在测算其他类似厂房热负荷时,对常开大门的色漆、树脂车间采用了 q_{v1} ,对不开大门的厚漆、亚铵等车间则采用了 q_{v2} 。

对于与上述测定建筑物不同的卫生所、检验科和食堂托儿所等建筑物的体积热指标,根据上述测定结果进行了估算。

6. 测试的组织工作。①建立由厂领导参加的热平衡领导小组，学习有关文件、资料 and 热平衡基本知识，明确开展热平衡的目的、意义和方法。②根据该厂用能的历史及目前状况，讨论制定热平衡测试方案。③确定参加热平衡测试的人员并进行必要的培训。④选择、校验并安装测试仪表。⑤对测试工作全面检查并进行正式测试前的总预演。⑥正式测试。⑦计算整理测试结果，绘制图表。⑧对测试结果进行分析讨论，制定今后的制度和措施。

三、测试结果汇总

1. 锅炉燃料热平衡测试结果汇总。将锅炉燃料热能的收支情况汇总于表 1-1。为了更清晰地表达，特绘制了锅炉燃料热平衡图。

锅炉燃料热平衡汇总表

表 1-1

项 目	数据(大卡/h)	百分比(%)
燃料平均输入总热	638.34×10^4	100
锅炉平均总有效利用热	479.11×10^4	75.05
锅炉房自用蒸汽热	16.10×10^4	2.52
高温水系统有效供入热	99.02×10^4	15.51
高温水系统各种损失热	16.21×10^4	2.54
蒸汽系统有效供入热	153.15×10^4	23.98
蒸汽系统各种损失热	189.73×10^4	29.73
蒸汽系统回水热	4.9×10^4	0.77
锅炉总损失热	159.23×10^4	24.95

序	项 目	符 号	单 位	数 量	点 蒸 汽 (高温水) 总热百分 数(%)	占锅炉 总供出 热百分 数(%)	占燃料 总热百 分 数 (%)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
1	小时燃料平均总耗量	B_T	kg/h	708			
2	燃料平均总输入热能	$B_T Q_r$	kcal/h	638.34×10^4			100
3	锅炉平均总有效利用热能	Q_1	kcal/h	479.11×10^4			
4	锅炉总损失热	$Q_2 \sim Q_6$	kcal/h	159.23×10^4			24.95
5	锅炉正平衡平均毛效率	η_{zhm}	%	75.05			
6	锅炉房自用蒸汽耗热量	Q_2	kcal/h	16.10×10^4	4.42	3.48	2.52
7	锅炉平均总供出热量	Q_{zg}	kcal/h	463.01×10^4		100	72.53
8	锅炉辅机总耗电量	ΣN_i	度/h	29.14			
9	锅炉正平衡平均净效率	η_{zhj}	%	71.94			
10	向高温水系统总供出热量	Q_3	kcal/h	115.23×10^4	100	24.89	18.05
11	高温水供暖有效供入热量	Q_{ng}	kcal/h	99.02×10^4	85.94	21.39	15.51
12	高温水网路漏水损失热量	Q_4	kcal/h	2.43×10^4	2.10	0.52	0.38

续表

序	项 目	符 号	单 位	数 量	点 蒸 汽 (高温水) 总热百分 数(%)	占锅炉 总供出 热百分 数(%)	占燃料 总热百 分 数 (%)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
13	高温水系统放水损失热量	Q_{fa}	kcal/h	6.07×10^4	5.27	1.31	0.95
14	高温水网路散失热量	Q_{wrs}	kcal/h	7.71×10^4	6.69	1.67	1.21
15	锅炉产生蒸汽总热量	$Q_s + Q_q$	kcal/h	363.88×10^4	100	78.59	57.00
16	向蒸汽系统总供出热量	Q_q	kcal/h	347.78×10^4	95.58	75.11	54.48
17	蒸汽供暖总供入热量	Q_{qn}	kcal/h	166.30×10^4	45.70	35.92	26.05
18	蒸汽供暖有效供入热量	Q_{qng}	kcal/h	102.60×10^4	28.20	22.16	16.07
19	蒸汽供暖回收热量	Q_{qnh}	kcal/h	4.90×10^4	1.34	1.06	0.77
20	蒸汽供暖排放损失热量	Q_{qns}	kcal/h	58.80×10^4	16.16	12.70	9.21
21	生产工艺总供入热量	Q_{sh}	kcal/h	56.04×10^4	15.40	12.10	8.78
22	生产工艺有效供入热量	Q_{shg}	kcal/h	37.35×10^4	10.27	8.07	5.85
23	生产工艺排放损失热量	Q_{shs}	kcal/h	18.69×10^4	5.13	4.03	2.93
24	暖原料油总供入热量	Q_{ny}	kcal/h	70.02×10^4	19.24	15.12	10.97
25	暖原料油有效供入热量	Q_{nyg}	kcal/h	6.66×10^4	1.83	1.44	1.04
26	暖原料油排放损失热量	Q_{nys}	kcal/h	63.36×10^4	17.41	13.68	9.93
27	热饭箱总供入热量	Q_t	kcal/h	2.87×10^4	0.79	0.62	0.45
28	浴池总供入热量	Q_u	kcal/h	3.67×10^4	1.02	0.79	0.57
29	蒸汽网路散热损失热量	Q_w	kcal/h	48.88×10^4	13.43	10.56	7.66
30	锅炉燃料有效供入总热		kcal/h	252.17×10^4			39.49
31	锅炉燃料各项无用总热		kcal/h	386.17×10^4			60.51

注: 1. $Q_{sg} = Q_s - Q_{fa}$;

2. 锅炉产生高温水总热量与向高温水系统供出总热量相等, 在表中未另列项。

2. 锅炉热平衡试验结果汇总, 见表 1-2。

锅炉热平衡试验结果汇总表

表 1-2

项 目	单 位	工 况 1	工 况 2	平 均
锅炉总出力	标准蒸 t/h	7.80	8.17	7.985
高温水热负荷	标准蒸 t/h	1.86	1.98	1.92
蒸汽热负荷	标准蒸 t/h	5.94	6.19	6.065
蒸汽干度	%	91	93	92
正平衡热效率	%	73.5	76.6	75.05
反平衡热效率	%	69.5	72.0	70.75
正反平衡偏差	%	4.0	4.6	4.30