

火力发电厂

技术经济指标计算

7.637

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是中小型火力发电厂技术经济管理工作现场实用的参考书,重点介绍锅炉、汽轮机组技术经济指标的计算方法,凝汽式和供热式电厂正、反平衡煤耗的计算方法,便于现场简捷计算的图表算法。此外,对热电厂供热得益的计算方法也进行了讨论,书末附录中还给出了现场实际应用的部分有关计算图表。

本书供火力发电厂技术经济指标管理人员、计划统计人员、工程技术人员和现场运行工人使用,也可供发电厂企业管理工作人员和有关管理干部参考。

火力发电厂技术经济指标计算

倪 学 林

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5印张 108千字

1984年3月第一版 1984年3月北京第一次印刷

印数 00001—14810册 定价 0.55元

书号 15143·5316

序 言

电力工业部门开展技术经济指标的管理和竞赛工作是比较早的。五十年代初，就在全中国范围内推广锅炉反平衡热效率试验，技术经济指标的逐级分解和仪表活动分析等。

要做好技术经济指标管理，就要有一套技术经济指标的计算公式。这套计算公式，要简单、明了，便于基层掌握使用。

六十年代初期，这些计算方法和公式比较多，有简捷算法，有图算法，但文化大革命以来，这些资料，多有散失。

现在出版的教科书和一些理论书籍上的公式，不适合于现场开展技术经济指标计算工作中应用。过去的一些简捷算法和图算法，互相传抄，很不完整。因此，有必要整理出一套完整的技术经济指标计算公式。

本书所介绍的计算公式，是在参阅了一些书籍和资料的基础上归纳总结出来的，并经现场实践检验是可行的。书中介绍的图算法，也是简单易行，便于群众掌握。

对热电厂供热得益的计算方法，本书进行了论证和探讨，可供热电厂技术工作者参考。

为了使篇幅紧凑，重点明确，本书围绕着锅炉效率、汽机效率来讨论各有关指标，重点介绍如何计算锅炉反平衡效率，以及用反平衡方法计算煤耗等有关内容，对供热式电厂的某些指标也适当进行了分析。计算方法比较简单、分析起来比较容易明了的一些指标，则论述从略。对辅助车间的指

标，也不一一论述。

本书在编写过程中，呼和浩特市电机工程学会、呼和浩特发电厂给予了极大的关怀和支持。最后，电力部生产司与电力工业出版社组织了审稿会，吉林热电厂、户县热电厂、黄台电厂、邯郸热电厂、吴泾热电厂、望亭发电厂、西固热电厂、石景山电厂、内蒙古自治区电业管理局、内蒙古电力中心试验研究所、乌拉山电厂、包头第一热电厂、包头第二热电厂、呼和浩特发电厂等单位的代表出席了会议。对各单位的大力支持，表示衷心的感谢。

编者力图将本书编写成一本结合现场实际需要的实用型技术书籍，但由于知识面有限，不一定能达到预期的效果，诚恳希望读者对存在的缺点和错误批评指正。

编 者

1981年11月

目 录

序 言

第一章 技术经济指标管理 1

第二章 锅炉机组的技术经济指标 4

- 一 热平衡方程式 4
- 二 锅炉效率 7
- 三 排烟损失 9
- 四 化学不完全燃烧损失 14
- 五 机械不完全燃烧损失 16
- 六 散热损失 21
- 七 过热汽温汽压 23
- 八 中间再热和再热汽温 23
- 九 汽水损失率 24
- 十 补充水率 24
- 十一 锅炉机组的厂用电单耗 25

第三章 汽轮机组的技术经济指标 27

- 一 汽耗率 27
- 二 汽机效率 27
- 三 汽轮机的热耗率 36
- 四 汽温汽压 38
- 五 给水温度与高压加热器投入率 39
- 六 真空度 43
- 七 端差 47
- 八 过冷却度 49
- 九 汽轮机组的厂用电单耗 50

第四章 正平衡煤耗计算 51

一	标准煤	51
二	总用煤量计算	51
三	正平衡标准煤耗率计算	53
四	燃料的盘点	54
第五章	凝汽式电厂用反平衡法计算煤耗率	56
一	凝汽式电厂用反平衡法计算煤耗率的一般概念	56
二	锅炉产热量的计算	57
三	凝汽式电厂反平衡标准煤耗率的计算公式	59
四	计算标准煤耗率的简便公式	60
五	加权平均	63
六	煤耗率的修正	65
七	反平衡计算煤耗率的正确性	66
第六章	热电厂反平衡煤耗率的计算	73
一	全厂总标准煤用量	73
二	供热比	74
三	热电厂煤耗率的计算	76
第七章	厂用电率及其它重要指标	78
一	凝汽式电厂厂用电率计算	78
二	凝汽式电厂供电标准煤耗率计算	78
三	热电厂厂用电率计算	79
四	热电厂供电标准煤耗率计算	80
五	全厂热效率	81
六	全厂发电热耗率	82
第八章	供热得益对发电煤耗率、厂用电率的影响	83
一	理论根据	83
二	得益公式的分析	88
三	抽汽量的分析	92
四	得益热量的分析	96
五	得益公式的确定	98
六	排汽焓的计算	102

七 热电厂供热方面的技术经济指标	103
八 供热得益对发电煤耗率、厂用电率的影响	105
第九章 图表算法	115
一 排烟损失图算法	115
二 化学不完全燃烧损失图算法	121
三 机械不完全燃烧损失图算法	123
四 散热损失图算法	126
五 汽机效率图算法	127
六 真空度的计算表	127
七 标准煤耗率图算法	128
八 图表算法的评价	129
附录一 符号及单位	130
附录二 真空度计算表	138
附录三 技术经济指标计算图	141
图 1 排烟损失 q_2 计算图(烟煤和无烟煤)	141
图 2 排烟损失 q_2 计算图(褐煤)	142
图 3 化学不完全燃烧损失 q_3 计算图(用CO计算)	143
图 4 化学不完全燃烧损失 q_3 计算图(用 RO_2 、 O_2 计算, 烟煤 $\beta = 0.125$)	143
图 5 化学不完全燃烧损失 q_3 计算图(用 RO_2 、 O_2 计算, 无烟煤和褐煤 $\beta = 0.071$)	144
图 6 机械不完全燃烧损失 q_4 计算图	145
图 7 机械不完全燃烧损失 q_4 计算图常用部分放大图	146
图 8 散热损失 q_5 计算图(65吨/时, 130吨/时)	147
图 9 散热损失 q_5 计算图(220吨/时, 230吨/时)	148
图 10 汽机效率计算图	149
图 11 标准煤耗率计算图	150
附录四 参考资料	151

第一章 技术经济指标管理

技术经济指标的好坏，直接反映一个电厂的设备状况和技术状况，也反映一个电厂的技术管理水平。因此，技术经济指标管理是一项经常性的、十分重要的工作。

技术经济指标管理的任务在于：统计、考核、分析和总结各项技术经济指标完成的情况，动员和依靠广大群众做好挖掘潜力节约燃料、电力的工作，按时、按日、按月完成计划任务。

原电力工业部颁发的《电力网和火力发电厂省煤节电工作条例》规定：

“火电厂除煤耗率、厂用电率指标以外，还应该统计、分析和考核以下各项小指标，并把小指标层层落实到车间、值、班组和岗位。

锅炉：效率、过热汽温、过热汽压、再热汽温、排污率、炉烟含氧量（或二氧化碳量）、排烟温度、飞灰（灰渣）可燃物、煤粉细度、制粉耗电率、风机耗电率、除灰耗电率、点火助燃油（或天然气）量等。

汽机：效率、汽耗率、真空度、凝汽器端差、凝结水过冷却度、给水温度、给水泵和循环水泵耗电率、高压加热器投入率、除氧合格率等。

燃料：检车率、亏吨率、亏卡率、配煤合格率、输煤耗电率、掺研率等。

化学：酸耗、碱耗、润滑油耗、制水合格率、自用水率、

补充水率、蒸汽品质合格率等。

热工：仪表投入率、仪表准确率、热工自动装置投入率等。

以上各项小指标，各厂可根据具体情况适当增减。

为了促进省煤节电工作全面开展，各火力发电厂对各机组计划大、小修间隔、全年检修停用时间、全年平均和最高连续运行时间（母管制系统的机炉分别统计）、非计划停机次数及停用时间、机组可调小时、全厂全年平均可调出力等指标也应进行统计和分析，研究改进措施。

各火力发电厂要把实际达到的供电煤耗率同设计热耗水平 and 历史最好供电煤耗水平进行比较和分析。

要做好以上各项工作，必须抓住以下五项组织措施：

- 1.加强运行日志、生产表报的管理工作，做到全面准确地反映设备运行状况。逐日审查运行报表，对技术经济指标进行有系统地统计和积累、周密地分析和总结，从中找出变化规律，明确挖掘潜力的方向和途径。

- 2.制定降低煤耗和厂用电的技术措施，并发动群众，贯彻执行。

- 3.有计划地进行调整试验，及时地总结交流运行人员的经验，并不断推广先进经验。

- 4.不断改进运行方式，加强设备运行中的经济调度。

- 5.定期和不定期的召开有关人员的讨论研究会，解决技术经济指标管理中的关键问题。

为了使技术经济指标统计数字正确，还要抓住以下二项技术措施：

- 1.加强对测量仪表的监督，要建立正规的校验制度，把误差限制在允许范围内。测量仪表不准确，不仅会使运行操

作无所依据，从而导致生产上的不安全和燃料、电力的浪费，还会使我们的分析工作无从着手。因此，管理好测量仪表，是管好生产、做好技术经济指标管理的重要前提。

2.加强对化学采样和分析试验工作的监督，要固定专责，要严肃认真一丝不苟地按照规程进行采样，用专门的仪器进行分析试验，要有正确的试验方法，并逐步掌握分析试验结果的规律。

第二章 锅炉机组的技术经济指标

一 热平衡方程式

进入锅炉的燃料是不会全部燃烧放热的。而燃烧产生的热量，亦不可能全部用来产生蒸汽。我们可用图2-1锅炉有效利用热量和损失热量示意图，来说明锅炉机组的热平衡。

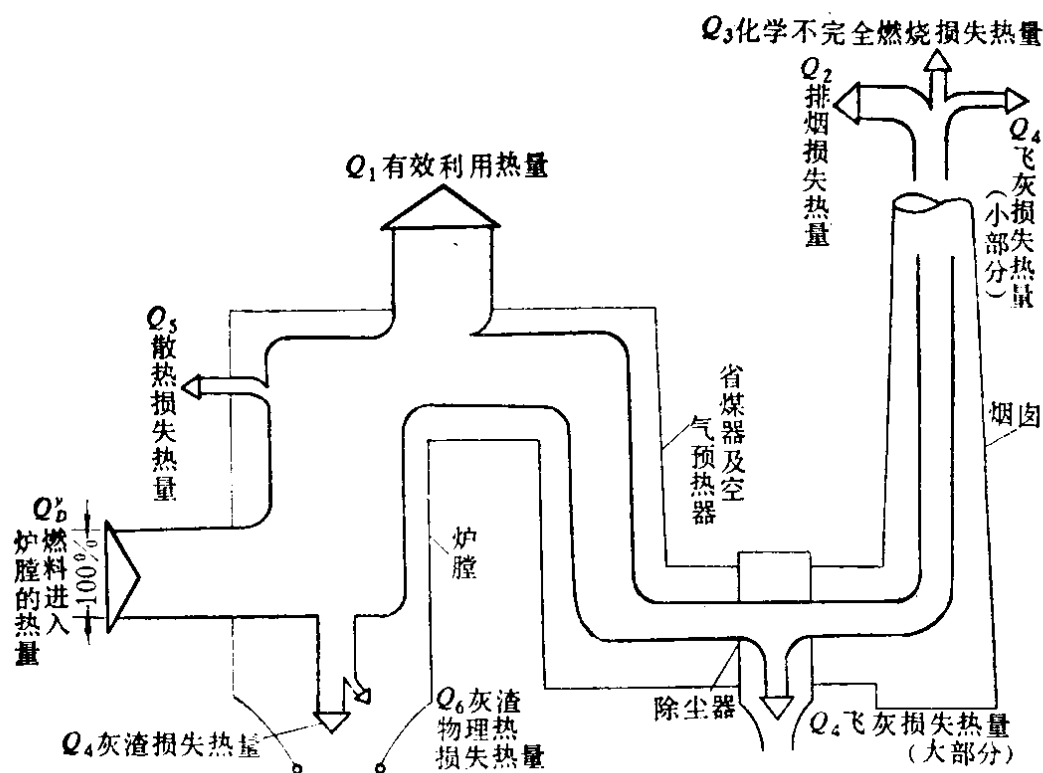


图 2-1 锅炉有效利用热量和损失热量示意图

我们以进入炉膛的燃料所带入的热量为基准进行热平衡，这些热量可转换为下列几部分：

(1) 有效利用的热量。这一部分热量主要用于产生蒸

汽，用 Q_1 表示。

(2) 燃烧产生的烟气，从烟囱排出时带走的热量。这一部分热量未得到有效利用，叫排烟损失热量，用 Q_2 表示。

(3) 在炉膛内燃烧时，由于风煤配合不当或其它原因，会产生化学不完全燃烧，例如，碳与氧不完全燃烧产生一氧化碳等。化学不完全燃烧使燃料热值得不到充分利用，其损失的热量称作化学不完全燃烧损失热量，用 Q_3 表示。

(4) 燃烧过程中，煤没有充分燃烧，以可燃碳形态从锅炉排出所损失的热量，叫机械不完全燃烧损失热量，用 Q_4 表示。

Q_4 又可分为几部分。

在煤粉炉中，分为二部分，一部分为大灰灰渣，从炉膛里落下，构成灰渣损失热量。另一部分为细灰，它随着烟气，经除尘器，大部分落下，小部分随烟气从烟囱排出，构成飞灰损失热量。

在炉排燃烧的炉子中，例如各种链条炉，它除了灰渣、飞灰损失热量外，还有一个漏煤损失热量。这是指在燃烧过程中，煤经炉排缝隙落入灰斗，损失掉的热量。

(5) 锅炉的散热损失热量，指炉墙四周向外散失的热量，用 Q_5 表示。

(6) 大块灰渣落入灰坑时，还是炽热的，它所带走的热量，称为灰渣物理热损失热量，用 Q_6 表示。由于飞灰物理热损失热量不大，故 Q_6 主要是指灰渣而言。

燃料带入炉膛的热量，包括燃料的应用基低位发热量、燃料的物理显热热量和燃油雾化蒸汽带入的热量。在燃油炉中，燃油雾化蒸汽带入的热量 Q_w ，按下式计算：

$$Q_w = D_w(i_w - 600) \quad \text{大卡/公斤燃料}$$

式中 D_w ——雾化 1 公斤油所用的蒸汽量 (公斤/公斤燃料);

i_w ——雾化蒸汽的焓 (大卡/公斤);

600——锅炉排烟处排走蒸汽的焓的近似值 (大卡/公斤)。

在燃煤时, 常忽略其它热量, 直接用燃料的应用基低位发热量 Q_D^y 代替燃料进入炉膛的热量。由此, 我们得一公斤燃料进入炉膛燃烧, 所形成的热平衡方程式:

$$Q_D^y = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (2-1)$$

式中 Q_D^y ——燃料的应用基低位发热量 (大卡/公斤燃料);

Q_1 ——燃料的有效利用热量 (大卡/公斤燃料);

Q_2 ——排烟损失热量 (大卡/公斤燃料);

Q_3 ——化学不完全燃烧损失热量 (大卡/公斤燃料);

Q_4 ——机械不完全燃烧损失热量 (大卡/公斤燃料);

Q_5 ——锅炉的散热损失热量 (大卡/公斤燃料);

Q_6 ——灰渣物理热损失热量 (大卡/公斤燃料)。

如将 (2-1) 式除以 Q_D^y , 并乘以 100%, 则成为百分数形式:

$$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \quad (2-2)$$

式中

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-3)$$

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-4)$$

$$q_3 = \frac{Q_3}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-5)$$

$$q_4 = \frac{Q_4}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-6)$$

$$q_5 = \frac{Q_5}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-7)$$

$$q_6 = \frac{Q_6}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-8)$$

上七式中 q_1 ——锅炉效率(%)；
 q_2 ——排烟损失百分数(%)；
 q_3 ——化学不完全燃烧损失百分数(%)；
 q_4 ——机械不完全燃烧损失百分数(%)；
 q_5 ——锅炉散热损失百分数(%)；
 q_6 ——灰渣物理热损失百分数(%)。

Q_6 或 q_6 的数字较小，在现场一般试验或计算中，常忽略不计，故可得

$$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \quad (2-9)$$

二 锅 炉 效 率

锅炉效率有正平衡效率和反平衡效率二种。

(2-9)式是锅炉效率计算的一般公式， q_1 是代表锅炉效率的一般符号，习惯上不用。我们用 η' 表示锅炉正平衡效率，用 η 表示锅炉反平衡效率。

如果从(2-3)式直接求得锅炉效率，就是锅炉正平衡效率，即

$$\eta' = q_1 = \frac{Q_1}{Q_D^y} \times 100\% \quad (2-10)$$

式中 η' ——锅炉正平衡效率(%)；
 q_1 ——锅炉效率(%)；
 Q_1 ——燃料的有效利用热量(大卡/公斤燃料)；
 Q_D^y ——燃料的应用基低位发热量(大卡/公斤燃料)。

因为

$$Q_1 = \frac{Q}{B_0} \times 10^3 \quad \text{大卡/公斤燃料} \quad (2-11)$$

式中 Q —— 计算期间锅炉总产热量 (百万大卡)；

B_0 —— 计算期间的燃料消耗量 (吨)。

将 (2-11) 式代入 (2-10) 式，就得锅炉正平衡效率 η' 的常用公式如下：

$$\eta' = \frac{Q}{B_0 Q_D^y} \times 10^5 \quad \% \quad (2-12)$$

公式 (2-12)，是从锅炉的输入热量 ($B_0 Q_D^y$) 和输出热量 (Q) 直接求得锅炉的效率，叫做正平衡法。利用这种方法求得的锅炉效率，叫做锅炉正平衡效率。

锅炉效率也可以间接用下式计算：

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5) \quad \% \quad (2-13)$$

式中 η —— 锅炉反平衡效率 (%)。

(2-13) 式是先计算各项损失，而后求得效率，因此，这种计算锅炉效率的方法，叫做反平衡法，用这种方法求得的锅炉效率，叫做锅炉反平衡效率。

从理论上讲，锅炉正平衡效率应该等于锅炉反平衡效率。实际上，由于计量和试验分析数据上有误差，锅炉正平衡效率与锅炉反平衡效率是有误差的。

原电力工业部颁发的《电力网和火力发电厂省煤节电工作条例》规定，煤耗计算以正平衡为主，反平衡方法校核。

要测定计算锅炉效率，可以用正平衡法，也可以用反平衡法，大容量锅炉在测定输入热量和输出热量方面，常有较大的误差。要花费一定努力才能做得比较精确。因此，往往用反平衡法作为校核。在现场工作中，用反平衡法时，必须

测定和计算各项损失，从而可以分析研究降低各项损失的办法。因此，计算锅炉反平衡效率，就成为现场工作中必不可少的一项工作了。

三 排 烟 损 失

燃料燃烧后产生大量烟气。从锅炉尾部排出时，烟气温度一般在120~160℃之间。显然，烟气从烟囱排入大气要带走热量，这部分热量损失的百分数，叫做排烟损失百分数，或简称排烟损失。

排烟损失是大容量锅炉所有损失中最大的一项，一般为4~8%。

影响排烟损失的主要因素是排烟温度与排烟容积。显然，排烟温度越高，排烟容积越大，排烟损失就越大。

计算排烟损失百分数的公式很多，为了便于现场每值、每日的锅炉反平衡效率计算，可采用下列简化公式：

$$q_2 = (k_1 + k_2 \alpha_y) \left(\frac{T_y - t_k}{100} \right) \left(\frac{100 - q_4}{100} \right) \% \quad (2-14)$$

式中 q_2 ——排烟损失百分数(%)；

k_1 ——系数；

k_2 ——系数；

α_y ——锅炉排烟处的过剩空气系数；

T_y ——排烟温度(℃)；

t_k ——冷空气温度①(℃)；

① 如以汽机低压抽汽作热源，用暖风器加热冷空气，可认为锅炉产热量内未生产这部分自用蒸汽热量。此处仍用冷空气温度。暖风器降低了锅炉效率，但汽机效率有提高，比较起来，全厂经济性仍提高了一些。

q_4 ——机械不完全燃烧损失百分数(%)。

在(2-14)式中, $\left(\frac{100-q_4}{100}\right)$ 是机械不完全燃烧损失百分数 q_4 对排烟损失百分数 q_2 的修正。由于化学不完全燃烧损失百分数 q_3 对排烟损失百分数 q_2 的影响较小, 故 q_3 的修正可忽略不计。

(2-14)式中, k_1 和 k_2 系数可从表2-1中查取。

表 2-1 k_1 和 k_2 系 数 表

燃 料 品 种	k_1	k_2
烟煤和无烟煤	0.4	3.55
褐 煤	1.0	3.7
泥 煤	1.6	3.95
木 柴	1.7	3.7
重 油	0.5	3.5

煤的分类, 常以煤的可燃基挥发分含量重量百分数(V^r)为主要依据:

无烟煤 $V^r < 10\%$;

烟煤① $V^r < 40\%$;

褐 煤 $V^r > 40\%$;

泥 煤 $V^r > 70\%$ 。

炉膛出口处的过剩空气系数 α 的计算方法如下:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2} \quad (2-15)$$

① 贫煤的 V^r 在10~20%, 包括在内。