

高等学校教学用书

热网学习题集

A. II. 薩丰諾夫著

高等教育出版社

TK1

1/8

15.82

b2

C.2

高等学校教学用书



热网学习题集

A. II. 薩丰諾夫著
余 青 譯

高等教育出版社



本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版、薩丰諾夫 (А. П. Сафонов) 著“热網學習題集”(Задачник по тепловым сетям) 1956 年版譯出。原書經苏联高等教育部多科性工学院和机器制造高等学校主管司审定为动力类高等学校和动力系教学参考書。

原書系配合高等学校热能动力专业教科書、索科洛夫 (Е. Н. Соколов) 著“热網学”而編写。該書的中譯本亦已由本社出版。

全書内容包括热化的能量基础、热能消耗、供热系統、热網的水力計算和热力計算、設備元件的選擇、热力輸送經濟学和热網运行等的習題及題解。

本書可供动力类高等学校和动力系学生, 以及土建类高等学校“供热供煤气及通風”专业学生學習“供热”課程时参考之用; 对从事热化工作的工程师和技术員也有参考价值。

热 網 学 習 題 集

А. П. 薩丰諾夫著

余 青 譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号
(北京市书刊出版业营业許可証出字第 054 号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·715 开本 850×1168 1/32 印張 6 14/16
字數 172,000 印数 1—2,300 定价 (10) 另 1.10
1958 年 11 月第 1 版 1958 年 11 月上海第 1 次印刷

序

热網學習題集系配合技术科学博士索科洛夫(Е. Я. Соколов)教授所著“热網学”^①一書而編写。

本書共分十二章,与“热網学”教科書的十二章各各相应。在每章中均先举例題,并詳細說明其解法,而后举出習題,并附有計算結果,以供学生自習之用。大多数情况下,这些習題都接近于例題的内容。

某些在索科洛夫教授所著教科書中并未充分闡明,而在热網的設計和运行工作中却有很大实际意义的計算,在本習題集中作了补充論述。

这些計算是:热網通風負荷的溫度曲綫和水流量的計算、管道的自然补偿計算、射水泵的計算以及有关热網运行的計算。

热網运行方面的習題系配合索科洛夫、格罗莫夫(Н. К. Гро-мов)和薩丰諾夫著“热網的运行”^②一書而編写。

由于本書篇幅有限,很遺憾地刪去了基本計算公式。

第一本热網學習題集是技术科学博士希夫林逊(Б. Л. Шиф-ринсон)教授提議編写的。此習題集即是希夫林逊和作者合著的“热化”^③,由俄罗斯联邦公用事业人民委員部出版社于1946年出

① Е. Я. 索科洛夫:“热網学”(修訂第二版),由苏联国立动力出版社1956年出版,孙可宗譯,高等教育出版社出版。

② Е. Я. 索科洛夫、Н. К. 格罗莫夫和 А. П. 薩丰諾夫:“热網的运行”,由苏联国立动力出版社1955年出版。

③ Б. Л. 希夫林逊教授和 А. П. 薩丰諾夫副教授:“热化”(計算例題和習題),由俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国公用事业人民委員部出版社1946年出版。

版,并曾作为土建类高等学校教学参考書。

鑒于此教学参考書与动力类高等学校的教学大綱不吻合,并且有必要闡明一系列新的問題,以及当此書問世后許多計算(如技术經濟計算、备热裝置計算等)的方法發生了变化,因此必須編写动力类高等学校的新的热網學習題集。

編写这本新的習題集时曾利用了上述“热化”教学参考書中某些習題的課題。

作者深深感謝評閱本書手稿的技术科学博士索科洛夫教授,因为他仔細地审閱本書并提了許多宝贵的意見。作者对技术科学副博士鮑里索夫(Б. Г. Борисов)表示特別感謝,因为他非常仔細地驗算了各習題和慎重地編輯了本書。

作者

目 录

序	5
第一章 热化的能量基础	1
例题	1
习题	5
第二章 热能的消耗	7
例题	7
习题	23
第三章 供热系统	26
例题	26
习题	30
第四章 水力计算	32
例题	32
习题	53
第五章 水力工况	56
例题	56
习题	84
第六章 放热工况	88
例题	83
习题	104
第七章 热化装置的自动化	107
例题	107
习题	111
第八章 热网设备的元件	111
例题	111
习题	121
第九章 热力计算	123

例题	123
习题	142
第十章 备热装置	145
例题	145
习题	166
第十一章 热力輸送經济学	169
例题	169
习题	183
第十二章 热網的运行	184
例题	184
习题	194
附录	197
1. 住宅和公用房屋的供暖和通風特性	197
2. 机器制造工厂生产用房的供暖和通風特性	199
3. 热水供应用水量的平均綜合指标	200
4. 公用和文化福利房屋的体积和計算指标	201
5. 水網和汽網的管道水力計算諾模圖	202
6. 局部阻力系数和等值長度	204
7. 管道的單位阻力 ($k=0.2$ 公厘)	210
8. 飽和綫上水的物理常数	211
9. 热力管道的鋼管	212
10. 管道两端牢固地固定时由于热变形所产生的管道应力的計算公式	213

第一章 热化的能量基础

例 題

例題 1-1. 有一背压式汽輪机按热負荷圖运行。其背压 $p = 2$ 絕对大气压, 蒸汽初参数: $p_0 = 35$ 絕对大气压, $t_0 = 435^\circ\text{C}$ 。汽輪机的廢汽送入加热器; 同时凝結水全部收回, 其温度 $t_{\kappa.n} = 100^\circ\text{C}$ 。

試求以耗热量为基准的比發电量。

計算时, 汽輪机内部相对效率和机电效率(汽輪机机械效率和發电机效率之积)取为

$$\eta_{oi} = 0.78; \quad \eta_{\text{э.м}} = \eta_{\text{м}}\eta_{\text{г}} = 0.93。$$

解:

由 $i-s$ 圖求得进入汽輪机前蒸汽的焓和汽輪机的蒸汽絕热焓降:

$$i_0 = 788 \text{ 大卡/公斤}; \quad H = 788 - 630 = 158 \text{ 大卡/公斤}。$$

汽輪机排出蒸汽的焓

$$i = i_0 - H\eta_{oi} = 788 - 158 \times 0.78 = 665 \text{ 大卡/公斤}。$$

以耗热量为基准的比發电量

$$\begin{aligned} g &= \frac{H\eta_{oi}\eta_{\text{э.м}} \times 10^6}{860(i - t_{\kappa.n})} = \frac{158 \times 0.78 \times 0.93 \times 10^6}{860(665 - 100)} = \\ &= 236 \text{ 千瓦小时/百万大卡}。 \end{aligned}$$

例題 1-2. 如果背压 $p = 6$ 絕对大气压, 試解例題 1-1。

解:

$$i_0 = 788 \text{ 大卡/公斤}; \quad H = 109 \text{ 大卡/公斤}。$$

$$i = i_0 - H\eta_{oi} = 788 - 109 \times 0.78 = 703 \text{ 大卡/公斤};$$

$$\begin{aligned} \vartheta &= \frac{H\eta_{oi}\eta_{\beta M} \times 10^6}{860(i - t_{K.N})} = \frac{109 \times 0.78 \times 0.93 \times 10^6}{860(703 - 100)} = \\ &= 153 \text{ 千瓦小时/百万大卡。} \end{aligned}$$

如果将所得数据与例题 1-1 的结果进行比较, 即可看到当背压从 2 增至 6 绝对大气压时, 以耗热量为基准的比发电量减少 35%。

例题 1-3. 试求热化与分产供热相比时的燃料比节约量 (每百万大卡热量的节约量)。并求: 热化方式下与分产方式下生产热能和电能所耗燃料量之比。

对于热化方案, 假定热电厂内安装有背压式汽轮机, 其蒸汽初参数和终参数以及效率 η_{oi} 和 $\eta_{\beta M}$ 取自例题 1-1。热电厂锅炉房和热网的效率为: $\eta_K' = 0.82$; $\eta_c = 0.95$ 。

热电分产方案中, 凝汽式汽轮机的蒸汽初参数和效率采用热电厂汽轮机的数据; 凝汽器的压力 $p_K = 0.04$ 绝对大气压。单独锅炉房的效率 $\eta_K = 0.6$ 。

解:

凝汽式汽轮机的蒸汽绝热焓降 $H_K = 288$ 大卡/公斤, 内部绝对效率 (不考虑回热)

$$\eta_i = \frac{H_K \eta_{oi}}{i_0 - t_K} = \frac{288 \times 0.78}{788 - 29} = 0.296。$$

与分产供热比较, 在热化方式下每百万大卡热量的燃料比节约量:

$$\begin{aligned} \Delta b &= \frac{860}{7000} \left(\frac{1}{\eta_K' \eta_i \eta_{\beta M}} - \frac{1}{\eta_K \eta_{\beta M}} \right) + \frac{10^6}{7000} \left(\frac{\eta_c}{\eta_K} - \frac{1}{\eta_K'} \right) = \\ &= \frac{0.123}{\eta_K' \eta_{\beta M}} \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{143}{\eta_K'} \left(\frac{\eta_c \eta_K'}{\eta_K} - 1 \right) = \frac{0.123 \times 236}{0.82 \times 0.93} \left(\frac{1}{0.296} - 1 \right) + \\ &+ \frac{143}{0.82} \left(\frac{0.95 \times 0.82}{0.6} - 1 \right) = 142 \text{ 公斤标准燃料/百万大卡。} \end{aligned}$$

热化方式下和分产方式下所耗燃料量之比

$$\frac{B_{\kappa}}{B_p} = \frac{1 + 1160 \frac{\eta_{\text{э.м}}}{\vartheta}}{\frac{1}{\eta_i} + 1160 \frac{\eta_c \eta_{\kappa} \eta_{\text{э.м}}}{\eta_{\kappa} \vartheta}} =$$

$$= \frac{1 + 1160 \frac{0.93}{236}}{\frac{1}{0.296} + 1160 \frac{0.95 \times 0.82 \times 0.93}{0.6 \times 236}} = 0.598。$$

因此,就本题所给条件来与分产供热方案比较,热化方案约能节省燃料 40%。

例题 1-4. 热电厂内装有 БИТ-25 型汽轮机一台。其蒸汽初参数: $p_0 = 90$ 绝对大气压, $t_0 = 480^\circ\text{C}$ 。凝汽器的蒸汽压力 $p_{\kappa} = 0.04$ 绝对大气压。凝汽器的凝结水温度 $t_{\kappa} = 29^\circ\text{C}$ 。

热电厂的全年发电量 $\vartheta = 120 \times 10^6$ 千瓦小时。

全年放热量的组成:

(1) 新汽..... $Q_p = 20000$ 百万大卡/年

(2) 由压力为 10 绝对大气压的撤汽口来的蒸汽

..... $Q_1 = 240000$ 百万大卡/年

(3) 由压力为 1.2—2.5 绝对大气压(平均压力

为 1.6 绝对大气压)的撤汽口来的蒸汽

..... $Q_2 = 140000$ 百万大卡/年

合计 $Q = 400000$ 百万大卡/年

加热器和蒸汽用户的凝结水全部收回给热电厂,其温度 $t_{\kappa.н} = 100^\circ\text{C}$ 。

若回热影响忽略不计,试求全年标准燃料耗量及燃料利用率。

在计算中,热电厂的锅炉、汽轮机和发电机的效率取为:

$$\eta_{\kappa}' = 0.85; \quad \eta_{oi} = 0.8; \quad \eta_{\text{э.м}} = \eta_{\text{м}} \eta_{\text{г}} = 0.94。$$

解:

由 $i-s$ 圖求得进入汽輪机前蒸汽的焓以及撤汽口和凝汽器的蒸汽流絕热焓降:

$$i_0 = 797 \text{ 大卡/公斤}; \quad H_1 = 132.5 \text{ 大卡/公斤};$$

$$H_2 = 209 \text{ 大卡/公斤}; \quad H_\kappa = 322 \text{ 大卡/公斤}.$$

撤汽口蒸汽的焓

$$i_1 = i_0 - H_1 \eta_{oi} = 797 - 132.5 \times 0.8 = 691 \text{ 大卡/公斤};$$

$$i_2 = i_0 - H_2 \eta_{oi} = 797 - 209 \times 0.8 = 630 \text{ 大卡/公斤}.$$

比發电量

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= \frac{H_1 \eta_{oi} \eta_{\Sigma M} \times 10^6}{860(i_1 - t_{\kappa, n})} = \frac{132.5 \times 0.8 \times 0.94 \times 10^6}{860(691 - 100)} = \\ &= 196 \text{ 千瓦小时/百万大卡}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vartheta_2 &= \frac{H_2 \eta_{oi} \eta_{\Sigma M} \times 10^6}{860(i_2 - t_{\kappa, n})} = \frac{209 \times 0.8 \times 0.94 \times 10^6}{860(630 - 100)} = \\ &= 345 \text{ 千瓦小时/百万大卡}. \end{aligned}$$

以耗热量为基准的比發电量

$$\begin{aligned} \vartheta_\kappa &= \vartheta_1 Q_1 + \vartheta_2 Q_2 = 196 \times 240000 + 345 \times 140000 = \\ &= 95.3 \times 10^6 \text{ 千瓦小时/年}. \end{aligned}$$

凝汽循环比發电量

$$\vartheta_p = \vartheta - \vartheta_\kappa = 120 \times 10^6 - 95.3 \times 10^6 = 24.7 \times 10^6 \text{ 千瓦小时/年}.$$

汽輪机凝汽循环的内部絕對效率(不考虑回热)

$$\eta_i = \frac{H_\kappa \eta_{oi}}{i_0 - t_\kappa} = \frac{322 \times 0.8}{797 - 29} = 0.335.$$

热电厂的全年标准燃料消耗量

$$\begin{aligned} B &= \frac{0.123}{\eta_\kappa \eta_{\Sigma M}} \left(\vartheta_\kappa + \frac{\vartheta_p}{\eta_i} \right) + \frac{143}{\eta_\kappa} Q = \\ &= \frac{0.123}{0.85 \times 0.94} \left(95.3 \times 10^6 + \frac{24.7 \times 10^6}{0.335} \right) + \\ &+ \frac{143}{0.85} \times 400000 = 93.4 \times 10^6 \text{ 公斤标准燃料/年}. \end{aligned}$$

燃料利用率

$$\eta_u = \frac{8609 + Q \times 10^6}{BQ_{\text{pe}}} = \frac{860 \times 120 \times 10^6 + 400000 \times 10^6}{93.4 \times 10^6 \times 7000} = 0.77。$$

例题 1-5. 按例题 1-4 所给条件, 求热化方案和分产方案相比时的标准燃料节约量。

在计算中, 凝汽式发电厂的效率 η'_k 、 η_i 和 η_{am} 采用热电厂的数值。单独锅炉房效率 $\eta_k = 0.6$, 热网效率 $\eta_c = 0.92$ 。

解:

由于集中供热而获得的燃料比节约量

$$\begin{aligned} \Delta b_m &= \frac{143}{\eta'_k} \left(\frac{\eta_c \eta'_k}{\eta_k} - 1 \right) = \frac{143}{0.85} \left(\frac{0.92 \times 0.85}{0.6} - 1 \right) = \\ &= 51 \text{ 公斤标准燃料/百万大卡。} \end{aligned}$$

第一和第二撤汽口由于热能和电能综合生产而获得的燃料比节约量

$$\begin{aligned} \Delta b_{s1} &= \frac{0.123 \beta_1}{\eta'_k \eta_{\text{am}}} \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) = \frac{0.123 \times 196}{0.95 \times 0.94} \left(\frac{1}{0.335} - 1 \right) = \\ &= 59.8 \text{ 公斤标准燃料/百万大卡;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta b_{s2} &= \frac{0.123 \beta_2}{\eta'_k \eta_{\text{am}}} \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) = \frac{0.123 \times 345}{0.85 \times 0.94} \left(\frac{1}{0.335} - 1 \right) = \\ &= 105.3 \text{ 公斤标准燃料/百万大卡。} \end{aligned}$$

热化方案的全年燃料节约量:

$$\begin{aligned} \Delta B &= \Delta b_m Q + \Delta b_{s1} Q_1 + \Delta b_{s2} Q_2 = 51 \times 400000 + 59.8 \times 240000 + \\ &+ 105.3 \times 140000 = 49.5 \times 10^6 \text{ 公斤标准燃料/年} = \\ &= 49500 \text{ 吨标准燃料/年。} \end{aligned}$$

習 題

習題 1-6. 如果热电厂内装有一台蒸汽初参数 $p_0 = 90$ 绝对

大气压和 $t_0 = 480^\circ\text{C}$ 的背压式汽轮机，试解例题 1-1。其余数据同前。

答： $\vartheta = 312$ 千瓦小时/百万大卡。

习题 1-7. 有一全年有效耗热量 $Q_n = 100000$ 百万大卡/年的市区，原由效率 $\eta_k = 0.6$ 的一些单独的家庭锅炉房 (домовая котельная) 供热，拟改由区域锅炉房 (районная котельная) 供热。区域锅炉房效率 $\eta'_k = 0.8$ ，热网效率 $\eta_c = 0.95$ 。

试求这时的燃料比节约量 (区域锅炉房放出每百万大卡热量的燃料节约量) 和全年节约量。

答： $\Delta b = 47.5$ 公斤标准燃料/百万大卡；

$$\Delta B = 5 \times 10^6 \text{ 公斤标准燃料/年。}$$

习题 1-8. 如果该市区从区域锅炉房改由热电厂供热，试解习题 1-7。热电厂内装有背压 $p = 2.5$ 绝对大气压同蒸汽初参数 $p_0 = 35$ 绝对大气压和 $t_0 = 435^\circ\text{C}$ 的背压式汽轮机。热网加热器的凝结，水温度等于蒸汽饱和温度。

热电厂锅炉房的效率等于区域锅炉房的效率。凝汽式发电厂汽轮机的内部绝对效率 $\eta_i = 0.29$ 。热网效率与习题 1-7 的一样。热电厂的其他效率与凝汽式发电厂的一样，都为：

$$\eta_{oi} = 0.74; \quad \eta_{зм} = \eta_m \times \eta_t = 0.93。$$

答： $\Delta b = 135$ 公斤标准燃料/百万大卡；

$$\Delta B = 14.2 \times 10^6 \text{ 公斤标准燃料/年。}$$

习题 1-9. 热电厂内装有 BT-25 型汽轮机一台，其蒸汽初参数 $p_0 = 90$ 绝对大气压和 $t_0 = 480^\circ\text{C}$ ，凝汽器的蒸汽压力 $p_k = 0.04$ 绝对大气压，凝汽器的凝结水温度 $t_k = 29^\circ\text{C}$ 。

热电厂的全年放热量的组成：

(1) 新修(.....) (Q) 2000 年 5 月 1 日 年

(2) 已知 $p_0 = 2.5$ 絕對大氣壓的飽和蒸氣
 汽..... $G_1 = 20000$ 百萬大卡/年(注) 压力 $p_0 = 1$ 兆帕 (大气压) 的融冰率
 (注) (兆·厘米) 百万大卡/年

4. 压力 $p_m = 0.2$ 绝对大气压的饱和蒸汽

合衆(株) 昭和四十四年六月三十一日現在

加熱器の凝結水量は、 $Q_{\text{蒸}}/r$ である。

試求与凝汽式发电厂发电和效率为 0.6 的單重鍋爐房生产热能的方案比較, 热化方案中全年标准燃料节约量为多少? 热化方案中热鍋数量 $n_{\text{热}}$ 为多少?

計算車扶內阻和踏踏式搬運) 的設備均採用同一效率, 都為:

$$r_{\text{eff}} = 0.85; \quad r_{\text{eff}} = 0.80; \quad r_{\text{eff}} = r_{\text{eff}} = 0.94.$$

答: $\Delta B = 35.8 \times 10^3$ 公斤标准燃料/年.

第二章 热能的消耗

24 25

例題 2-1. 房屋長 40 公尺, 寬 10 公尺, 高 20 公尺。試根據房屋的側牆表面積及傳熱係數, 求供暖設備的計算用熱量。

窗面积与外墙表面积的比 玻璃窗系数 为:

$$P_{\text{eff}} = \frac{P_{\text{avg}}}{P_{\text{avg}} + P_{\text{off}}} = 0.22$$

牆、窗、天花板、屋頂和地板的傳熱系數相應地為：

$$k_{cm}=0.9 \text{ 大卡/公尺}^2 \text{ 小时}^\circ\text{C}$$

$$k_{ok}=2.3 \text{ 大卡/公尺}^2 \text{ 小时}^\circ\text{C}$$

$$k_{\kappa}=0.7 \text{ 大卡/公尺}^2 \text{ 小时}^\circ\text{C}$$

$$k_n=0.6 \text{ 大卡/公尺}^2 \text{ 小时}^\circ\text{C}。$$

計算用溫度差的減縮係數：天花板 $\beta_{\kappa}=0.8$ ，地板 $\beta_n=0.6$ 。

室內計算溫度 $t'_a=18^\circ\text{C}$ ，室外計算溫度 $t'_n=-32^\circ\text{C}$ 。

基本熱損失以外的附加損失在計算中用係數 1.05 來考慮。

解：

地板和天花板的表面積

$$F_{\kappa}=F_n=86 \times 14=1204 \text{ 公尺}^2。$$

牆壁磚砌部分表面積

$$F_{cm}=(86+14)2 \times 20 \times 0.8=3200 \text{ 公尺}^2。$$

窗戶表面積

$$F_{ok}=(86+14)2 \times 20 \times 0.2=800 \text{ 公尺}^2。$$

房屋外圍體積

$$V=86 \times 14 \times 20=24080 \text{ 公尺}^3。$$

房屋供暖設備的計算用耗熱量

$$\begin{aligned} Q'_0 &= 1.05 \sum kF \Delta t = 1.05 (k_{cm}F_{cm}\Delta t_{cm} + k_{ok}F_{ok}\Delta t_{ok} + k_{\kappa}F_{\kappa}\Delta t_{\kappa} + \\ &\quad + k_nF_n\Delta t_n) = 1.05 (k_{cm}F_{cm} + k_{ok}F_{ok} + k_{\kappa}F_{\kappa}\beta_{\kappa} + k_nF_n\beta_n) \times \\ &\quad \times (t'_a - t'_n) = 1.05 (0.9 \times 3200 + 2.3 \times 800 + 0.7 \times 1204 \times 0.8 + \\ &\quad + 0.6 \times 1204 \times 0.6) (18 + 32) = 306000 \text{ 大卡/小時}。 \end{aligned}$$

例題 2-2. 學校房屋的外圍體積 $V=10000 \text{ 公尺}^3$ 。試求其供暖設備的全年和每小時計算用耗熱量，以及最大熱負荷利用小時數。

供暖期的室內計算溫度、室外計算溫度和室外平均溫度相應地為：

$$t'_a=20^\circ\text{C}; \quad t'_n=-26^\circ\text{C} \text{ 和 } t_{n,cp}=-4.0^\circ\text{C}。$$

供暖期的延續時間 $n_o = 4960$ 小时。

解：

房屋的供暖特性(參閱附录 1)

$$x_o = 0.35 \text{ 大卡/公尺}^3 \text{ 小时}^\circ\text{C}。$$

每小时的計算用耗热量

$$\begin{aligned} Q' &= x_o V (t'_a - t'_H) = 0.35 \times 10000 (20 + 26) = \\ &= 0.161 \times 10^6 \text{ 大卡/小时。} \end{aligned}$$

全年耗热量

$$\begin{aligned} Q_{\text{ год }} &= x_o V (t'_a - t_{H, \text{cp}}) n_o = 0.35 \times 10000 (20 + 4) 4960 = \\ &= 417 \times 10^6 \text{ 大卡/年。} \end{aligned}$$

最大負荷利用小时数

$$n_u = \frac{Q_{\text{ год }}}{Q'} = \frac{417 \times 10^6}{0.161 \times 10^6} = 2590 \text{ 小时/年,}$$

即

$$\frac{n_u}{n_o} = 0.522。$$

例題 2-3. 有居住房屋 34 栋, 每栋的外圍体积 $V = 20000$ 公尺³, 室内計算溫度 $t'_a = 18^\circ\text{C}$, 室外計算溫度 $t'_H = -30^\circ\text{C}$, 試繪制其延續期間全年热負荷圖。

并用热負荷圖估計全年耗热量。

供暖期內室外溫度低于給定溫度的延續小时数列表如下：

室 外 溫 度 $t_H, ^\circ\text{C}$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10
当室外溫度保持于 t_H 及更低时的供暖期延續小时数	6	20	112	430	1152	2120	3478	4380	5000

解：

房屋的总体积

$$\Sigma V = 20000 \times 34 = 680000 \text{ 公尺}^3。$$

房屋的供暖特性

$$x_o = \frac{1.6}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1.6}{\sqrt[6]{20000}} = 0.307 \text{ 大卡/公尺}^3 \text{ 小时}^\circ\text{C}。$$

在任意室外温度 t_n 下, 每小时的耗热量为:

$$Q = x_o \sum V (t'_o - t_n) = 0.307 \times 680000 (18 - t_n) = 208500 (18 - t_n) \text{ 大卡/小时}。$$

当室外计算温度 $t'_n = -30^\circ\text{C}$ 时, 每小时的耗热量为:

$$Q' = 208500 (18 + 30) = 10 \times 10^6 \text{ 大卡/小时} = 10 \text{ 百万大卡/小时}。$$

当 $t_n = 18^\circ\text{C}$ 时, 每小时的耗热量等于零。

现在, 我们开始绘制延续时间全年热负荷图 (图 2-1)。

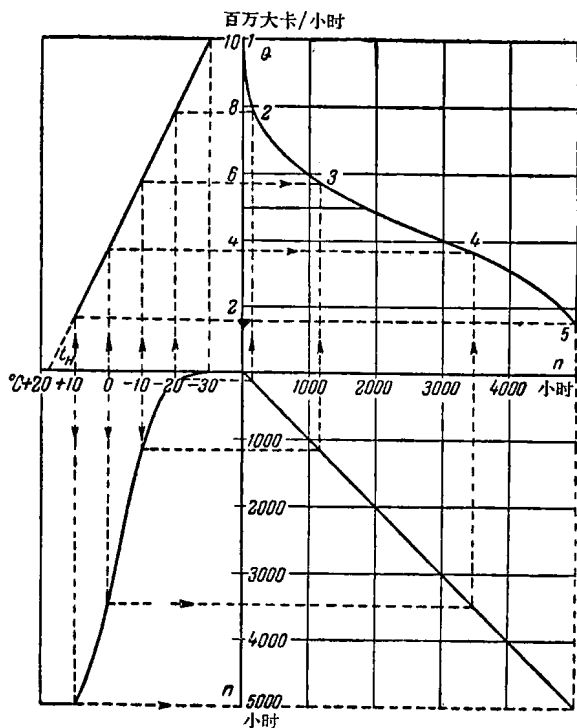


图 2-1. 例题 2-3。