

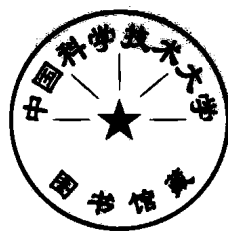
火力发电厂 采暖与通风

西安电力设计院采暖通风组编著



火力发电厂 采暖与通风

西安电力设计院采暖通风组編著



水利电力出版社

內 容 提 要

火力发电厂的采暖与通风,是保障工作人員健康和維護設備正常运行的一項重要技術措施。本書詳細地敘述了一般火力发电厂主厂房、輔助生产車間、露天与半露天主厂房的采暖通风技术,并專門介紹了空气調节的方法、厂區热力网及厂區供熱系統的主要构件。書中緊密地結合火力发电厂的特点、我国气候条件,提出了一系列采暖通风的計算理論、方法和公式,以便于讀者参考。

本書供火力发电厂及变电所采暖通风的設计、施工、运行人員閱讀,也可作为高、中等学校采暖通风专业師生的参考讀物。

火力发电厂采暖与通风

西安電力設計院采暖通风組編著

*

2239R.490

水利電力出版社出版 (北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利電力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 10 $\frac{1}{2}$ 張印張 * 261千字 * 定价(第9类)1.40元

1959年9月北京第1版

1959年9月北京第1次印刷(0001—2,430册)

序 言

火力发电厂进行采暖通风，一方面是改善工作环境，保障工作人员的健康，最后达到提高劳动生产率的目的；另一方面是维持适当的室内温度和湿度，使设备能够在正常出力下安全运行，有效地延长其使用年限。

火力发电厂的锅炉房和汽轮机室，经常积有大量余热和湿汽，每当夏令炎热季节，室内温度高，湿汽重；其余车间，如除灰室，每当冬季，不断有冷风侵入，蓄电池室，在充电时，室内往往散布着有害气体。所有这些，都将影响工作人员的健康。因此，从维护工作人员的健康方面着想，火力发电厂必须进行采暖通风。

电气设备的运行和周围空气的温度，是密切相关的。温度高的空气，不是直接影响设备的出力和效率，便是使绝缘材料加速变质，从而缩短设备的使用年限。其次，在寒冷季节，某些地区由于对采暖考虑不周，有时发生设备冻坏事故。所以，从设备保护方面着想，火力发电厂也必须进行采暖通风。

我国幅员广大，气候的寒热燥湿，各地有显著的不同。针对我国各地气候条件，合理地解决采暖通风问题，是有一定的经济意义的。

采暖通风是建筑在公共卫生学、工程热力学、空气动力学和自动控制学等基础上的一门综合性技术科学。解放后，我国在进行着大规模的电力工业建设，在党的关怀与领导下，这门专业，才在近几年来获得了迅速的发展。

但是由于采暖通风这门专业，过去没有基础，所以有关技术资料极其缺乏，这就给从事这方面设计工作的人员，带来了很大的困难。为了尝试着解决这个问题，我们才广泛地搜集了有关这

方面的資料，并結合我国具体情况，根据去年在国内各地对采暖通风进行調查研究的結果，以及近几年来在設計当中的一些經驗体会，編写了这本书。

火力发电厂的采暖通风，有它自己的特点：一方面采暖通风固然是不可缺少的一項設施；而另一方面，又因电厂車間容积大，值班人員少，采暖通风的設置，在安全和經濟兼顧的条件下，使理論和实际密切結合起来，是有着广闊的研究前途的。这本书的写出，显然是抱有这样一个愿望的。

本书是由我組梁光华、郑兴源、于瑞、汪賢伸、崔永江等同志編写的。当然，能够完成这个工作，和我院党委与行政領導的重视与支持，以及党委于战兵、科研所肖賦誠、专业室胡进丰、严福祥和許錦濤諸同志在編写过程中給予我們的指导，是分不开的。由于我們水平所限，經驗不足，錯誤恐仍难免，希讀者予以批評指正。

西安电力設計院采暖通风組

1959年7月

目 录

第一章 火力发电厂主厂房的采暖通风	5
第一节 主厂房的布置形式及其对采暖通风的一般要求	5
第二节 围护结构的热工标准	10
第三节 汽轮机、锅炉和附属设备的散热	25
第四节 主厂房的自然通风	40
第五节 主厂房的机械通风	68
第六节 电动机与发电机通风	115
第七节 厂用变压器室通风	126
第八节 厂用配电装置室的通风	132
第九节 主厂房的采暖方式	133
第二章 火力发电厂附属建筑及辅助建筑的采暖通风	141
第一节 主控制楼	141
第二节 配电装置	166
第三节 电缆隧道	171
第四节 化学水处理室	191
第五节 中心修配厂	192
第六节 江岸水泵房	205
第七节 油处理室	208
第八节 重油泵房	210
第九节 灰浆泵房	213
第十节 沉灰室	218
第三章 露天与半露天主厂房的采暖通风	221
第一节 露天与半露天主厂房	221
第二节 汽轮机防护罩内的采暖通风	225
第四章 空气调节	239
第一节 集中控制盘室对空气调节的要求	239

第二节	空气调节系统的自动控制元件	240
第三节	空气调节气候条件的确定	254
第四节	空气调节设备的配置及全面调节系统	256
第五节	自动控制系统的安装、使用和管理	260
第五章	厂区热力网及蒸汽采暖系统的主要构件	263
第一节	热源	263
第二节	供热负荷的确定	265
第三节	厂区供热的调节	268
第四节	加热器	277
第五节	热力网的敷设	283
第六节	热力网及蒸汽采暖系统中的主要构件	286
附录 1	全国主要城市采暖通风气象资料	300
附录 2	火力发电厂各车间围护结构(无阁楼屋面)	
	保温层选择表	308
附录 3	气压为 760 毫米水银柱时空气与蒸汽	
	混合物的物理特性	315
附录 4	电动机的特性	319
附录 5	变压器功率损耗	324
附录 6	建筑材料、制成品与结构构件的计算物理	
	指标系数	326
附录 7	蓄电池最大充电电流	333
附录 8	电抗器功率损耗	334
附录 9	每米电缆的热损失功率	339
附录 10	全国部分城市最热月地下平均温度	342
附录 11	全国部分城市最热月的平均最高温度和平均温度	343

第一章 火力发电厂主厂房的采暖通风

第一节 主厂房的布置形式及其对采暖通风的一般要求

主厂房是火力发电厂的中央部分。它是由鍋炉房、煤仓間、汽輪机室和除氧器間等組成的。鍋炉、汽輪机、除氧器以及所有蒸汽管道，在运行时散发出大量热量，使厂房內气候条件恶化。为了改善劳动条件，維護设备正常运行，必須采用自然通风或机械通风。

采暖通风与厂房建筑的形式以及各主要设备的布置，有很大关系。火力发电厂主厂房的布置基本上有两类：

(1) 外煤仓布置 外煤仓布置如图 1-1 所示。其特点是鍋炉前部朝向外墙，室外空气从窗口进入，直接經過值班人員工作場

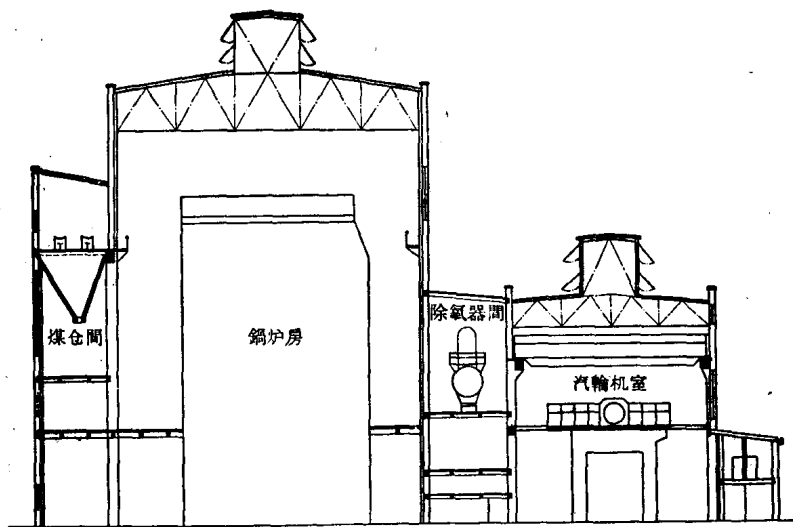


图 1-1 火力发电厂主厂房布置型式(一)

所^①。因为工作場所距外墙近，可以直接利用外墙的腰窗調節进风量，所以鍋炉房运轉层工作場所，就不一定再另装局部通风設備。因此，外煤仓布置对鍋炉房运轉层通风來說，是有很大好处的。

(2)內煤仓布置 內煤仓布置是将煤仓間布置在汽輪机室与鍋炉房的中間，如图 1-2 甲所示。由于鍋炉前部朝向里面，鍋炉值班人員受热气流的包圍，室外空气不能直接流向工作場所，因而在鍋炉房运轉层工作場所必須另設局部通风設備。

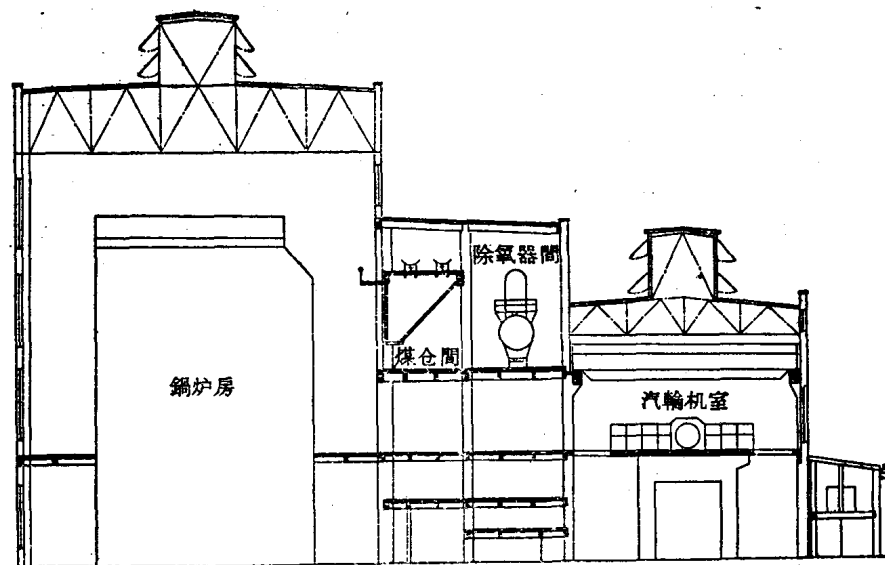


图 1-2 甲 火力发电厂主厂房布置型式(二)

另外，还有一种煤仓間和除氧器間合并布置的方案，是把除氧器間与煤仓間布置在一起。如图 1-2 乙所示。这种方式，鍋炉前部也是朝向里面，因此，通风要求也是和內煤仓布置一样的。

① 工作場所或称工作地区、工作地带，本书以下都称工作場所。

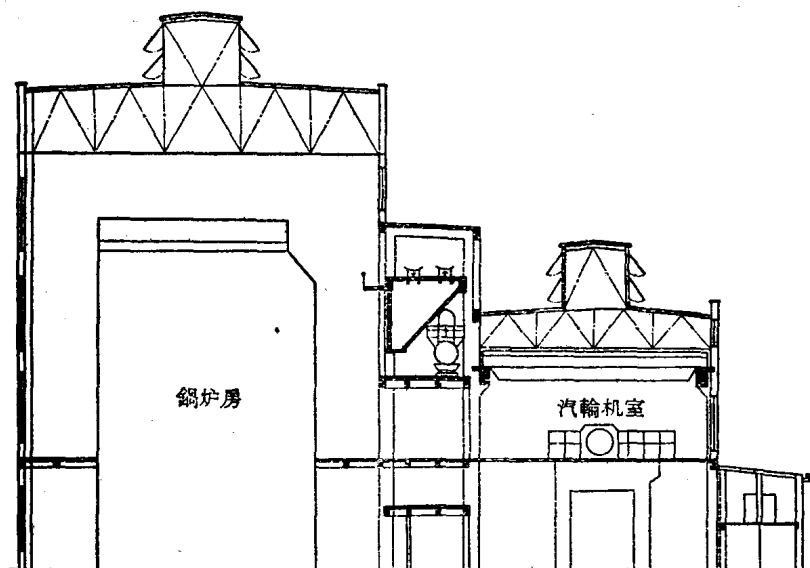


图 1-2乙 火力发电厂主厂房布置型式(三)

小容量发电厂的主厂房布置，在很多方面与大容量发电厂的布置相似，只是一些附属设备的安装有所不同。小容量发电厂，有些附属设备集中安装在主厂房的某一个平面上，因此，其主厂房布置比较简单，一般只考虑自然通风，仅在个别设备如仪表盘、水泵、除氧器等附近装置电风扇。在某些地区，由于地形的关系，为了减小水泵水头差，将汽轮机室的凝汽器间建造在地面以下，使凝汽器间形成密闭房间。这种布置方式，给通风带来很多不利条件，这就必须对凝汽器间采取机械通风措施。

如果汽轮机室是露天布置，可采用图 1-3 所示的通风方式，利用安装在靠锅炉房侧的汽轮机室墙上的通风机进行抽风，在凝汽器间内造成负压，结果使外界空气从凝汽器间外侧墙上的百叶窗进入凝汽器间。凝汽器间换风量，与室内管道等的散热量及厂房建筑地区的相对湿度有很大关系。因为凝汽器间没有精密仪表及其它怕受温度和湿度影响的设备，通风的目的主要是改善室内气候条件。夏季的通风机选择，可按照房间容积以每小时 5 次

换气量来确定。在冬季及过渡季节，如果自然通风能够满足要求时，可利用自然通风。

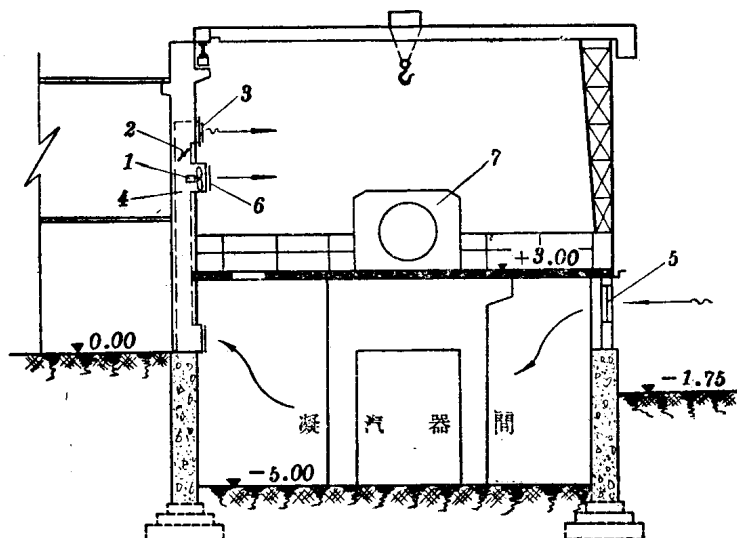


图 1-3 露天汽轮机室密闭凝汽器间通风方式

1—通风机；2—竖风道内阀门；3—擋风板；4—竖风道；5—进风窗；6—活动百叶格栅；7—汽轮机。

图 1-3 所示的通风系统，是机械通风与自然通风合并布置以便切换使用的，因此在管理上及建筑投资上都是合理的。但在运行时只能使用一个系统。在夏季使用机械通风系统时，一定要把自然通风系统上的擋风板 3 或竖风道内的阀门 2 关闭。

如果汽轮机室是封闭式建筑，显然不能向汽轮机室内排风，上述通风方法就应该改变，这时可利用在主厂房专设置的通风室内的通风机进行抽风，或者将通风机布置在除氧器间的某一端，而向凝汽器间进风仍采用上述露天式布置方案。

当电厂考虑扩建时，通风室都应该布置在厂房的固定端，以免在扩建时增加麻烦。

较大容量的发电厂除利用侧窗、天窗自然通风外，在汽轮机室及内煤仓布置的锅炉房一般都装有机机械通风设备，保证工作场

所有良好的气候条件。外煤仓布置方式的锅炉房，在需要加强通风时，也可以設置机械通风。

苏联的許多設計中，除氧器間与汽輪机室，系用玻璃柵隔开，这时除氧器間内温度高达 40°C 以上，因此在局部場所应该进行冷却通风。除氧器間的通风可以作成单独的系統，或者与其他通风系統并在一起。在这里，采用麻繩降温加湿通风室，作为局部場所的降温設施是很合适的。关于麻繩降温加湿通风室，本章第五节內將詳細介紹。

我国目前設計中，除氧器間和汽輪机室相通，但由于除氧器間是在锅炉房与汽輪机室之間，气候条件恶劣，所以在設計时仍应考虑局部場所的通风。

厂房布置方式不同，主要对通风影响較大；对于采暖來說，并没有什么很大的影响。

輸煤皮带层在采暖区要采暖，保持該层内部温度为 $+12^{\circ}\text{C}$ 左右，避免煤发生冻结。同时，該层煤灰飞揚，为了保持内部有較好的空气条件，除采用自然通风外，还应该裝置机械通风系統。

“火力发电厂設計技术暫行規程”規定，除灰室里要有备用采暖，对于室外温度在 -25°C 以及 -25°C 以下的地区，应进行这项設計，使鍋炉停止运行时能維持室内温度为 $+5^{\circ}\text{C}$ 。由于除灰室里，門窗数量很多，且經常敞开，散热量很大，这样，室内（特别是水力除灰时）温度很低，因而在所有室外温度能低到 -8°C 的地区，即应根据設備的布置情况考虑局部采暖，使設備不致冻坏。

主厂房內除鍋炉房、汽輪机室等外，还有主控制室和主配电盘裝置室等。

小容量发电厂的主控制室和主配电盘裝置室設在汽輪机室的旁边；中容量发电厂的主控制室和主配电盘裝置室，根据不同情况，設置在汽輪机室旁边或另行建筑；大容量发电厂的主控制室和主配电盘裝置室为单独建筑，設有天桥与汽輪机室相通。此外，主厂房內还設有厂用变压器室、厂用配电裝置室和电抗器室等。所有以上主厂房內各部分的采暖和通风，将在以下各章內分

別叙述。

第二节 圍护結構的热工标准

对于建筑物的圍护結構，除了滿足一般的技术、經濟要求外，还必须考虑圍护結構的热工特性，即圍护結構的导热性、热稳定性和空气与蒸汽的渗透性。

不同地区、不同季节和不同房間，圍护結構的热工要求均不相同。概括地讲，所謂滿足热工要求，就是使圍护結構在保温、隔热方面有显著的效果和經濟意义。

一、导 热 性

圍护結構的导热性与室內外的空气状态和結構本身的物理性能有关。研究导热性，實質上就是研究圍护結構各部分的温度和湿度的变化規律，并由此确定其热阻、热惰性和潮湿状态。

1. 圍护結構的热阻

經過圍护結構傳热的一般表达式为：

$$Q = F \cdot K (t_e - t_n) \text{ 千卡/时,} \quad (1-1)$$

式中 Q ——圍护結構每小时傳热量，千卡/时；

K ——圍护結構的傳热系数，千卡/米²·时·°C；

F ——圍护結構的表面积，米²；

t_e ——室內空气温度，°C；

t_n ——室外空气温度，°C。

热阻：

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \text{ 米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{°C/千卡,}$$

式中 α_e ——圍护結構內表面的吸热系数，千卡/米²·时·°C；

α_n ——圍护結構外表面的散热系数，千卡/米²·时·°C；

λ ——材料的导热系数，千卡/米·时·°C；

δ ——材料的厚度，米。

关于圍护結構內表面吸热系数、外表面散热系数和热阻值，

參見表1-1和表1-2。材料导热系数見附录6。傳热和热阻的計算，除作为采暖系統总热負荷計算的原始数据外，最主要的是用来确定圍护結構的热工性能。

表 1-1 圍护結構內表面的吸热系数 α_g 和热阻 R_g 值

序号	表 面 的 种 类	α_g (千卡/米 ² ·时·°C)	R_g (米 ² ·时·°C/千卡)
1	具有平滑表面的牆、地板和天花板的內表面	7.5	0.133
2	具有井型、双肋形表面的天花板的內表面	6.0	0.167

表 1-2 圍护結構外表面的散热系数 α_H 和热阻 R_H 值

序号	外 表 面 的 种 类	α_H (千卡/米 ² ·时·°C)	R_H (米 ² ·时·°C/千卡)
1	直接与空气接触的表面——外牆、平屋頂等	20	0.05
2	在閣頂上或冷藏室的表面——閣頂樓板、冷藏窖及地下室上的樓板等	10	0.10

圍护結構必須有一定的厚度。这不仅是为了在寒冷季节减少建筑物的热損失，并从而降低采暖燃料的消耗；同时，现代房屋的卫生标准也不允許把圍护結構建造得过于单薄。因为圍护結構有很大的导热性时，在寒冷季节必然降低其內表面的温度，从而增加其內表面与室內空气的温度差，这样将会使室內的居住者受到圍护結構表面冷气流的侵襲。而且从一定的温度差开始，空气中的水蒸汽也将被冷凝。附着在圍护結構表面上的冷凝水，除了直接有碍卫生外，还会增加圍护結構的导热性，甚至造成冻结。

大家都知道，在一定相对湿度下，降低空气温度，能够使空气里原来所含的未饱和汽变成饱和汽。这个使空气里原来所含的未饱和汽变成饱和时的温度就是空气的“露点”。露点温度是确定圍护結構热工质量的一个标准值：当圍护結構內表面的温度低于

室内空气的露点温度时，结构内表面才会有凝结水出现。

若令围护结构内表面温度为 τ_s ；室内空气温度为 t_s ；室外空气温度为 t_n ；根据基本传热方程式，我们可以建立下列热平衡方程式：

$$K(t_s - t_n) = \alpha_s(t_s - \tau_s),$$

并由此得：

$$K = \alpha_s \frac{t_s - \tau_s}{t_s - t_n} \text{ 千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}, \quad (1-2)$$

式中 K ——围护结构的传热系数，千卡/米²·时·°C；

α_s ——围护结构内表面的吸热系数，千卡/米²·时·°C。

当 τ_s 等于室内空气的露点温度 τ_p 时，可以得到 K 的最大值 K_{max} （因为不允许 $\tau_s < \tau_p$ ）：

$$K_{\text{max}} = \alpha_s \frac{t_s - \tau_p}{t_s - t_n} \text{ 千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}, \quad (1-3)$$

当 $K = K_{\text{max}}$ 时，围护结构的内表面，已经发生了出现凝结水的危险。因此，为了免除凝结水，就必须使

$$K < K_{\text{max}}.$$

很明显，在满足 $K = K_{\text{max}}$ 的条件下，按下式可确定某导热系数为 λ 的隔热层的厚度 δ_s ：

$$\delta_s = \frac{\lambda(t_s - t_n)}{\alpha_s(t_s - \tau_p)} = \frac{\lambda}{K} \text{ 米}, \quad (1-4)$$

某些生产车间，当设备运行时，产生大量湿气，室内空气相对湿度经常接近100%，在这种情况下，很难避免在围护结构内表面出现凝结水。可以首先认为，围护结构的表面是不允许破坏的；这样，围护结构的最大传热系数，就应以内表面凝结水开始冰冻时（ $\tau_s = 0$ ）为最高；同时，该传热系数的极限值为：

$$K_{\text{lim}} = \alpha_s \frac{t_s}{t_s - t_n} \text{ 千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}. \quad (1-3')$$

围护结构的最大传热系数通常可按下式计算：

$$K_{\text{max}} = \frac{\alpha_s \cdot \Delta t_n}{(t_s - t_n)mn} \text{ 千卡/米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}, \quad (1-5)$$

或写成:

$$R_0^{TP} = \frac{1}{K_{max}} = \frac{(t_a - t_n)mn}{\alpha_a \cdot \Delta t_n} \text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C} / \text{千卡}, \quad (1-5')$$

式中 R_0^{TP} ——圍护結構所必需的最小热阻, 米²·时·°C/千卡;

Δt_n ——室內空气温度与圍护結構內表面規定的温度差, °C; 此温度差因室內气候条件和圍护結構的种类而不同(見表1-3);

m ——与圍护結構密实程度有关的系数, 圍护結構的密实程度决定于其热惰性系数 D , 即: 輕結構 $D = 0 \sim 4.0$, $m = 1.15$, 中等密实的結構 $D = 4.1 \sim 7.0$, $m = 1.10$, 密实結構 $D > 7.0$, $m = 1.0$;

n ——与圍护結構位置和表面状况有关的系数(見表1-4)。

表 1-3 規定的温度差 $\Delta t_n(^{\circ}\text{C})$ 的数值

序号	房屋和房間的种类	外 墙	无悶頂的屋頂和悶頂樓板
1	居住房間, 以及卫生方面要求較高的公共房屋和房間(医院、幼儿园、托儿所等)	6	5.5
2	具有正常温度-湿度状况的公共房屋和房間(戏院、电影院、学校、俱乐部、車站以及除潮湿房間外的工业企业的輔助房屋和房間)	7	5.5
3	內面空气的計算湿度为50~60%的采暖生产房屋和房間	8	7
4	內面空气的計算湿度, 不超过49%的采暖生产房屋和房間	9	8
5	具有多余热量散出的和內面空气的計算湿度不大于45%的生产房屋和房間	12	12
6	內面的空气計算湿度为61~75%的生产房屋和房間	$t_a - \tau_p$	$t_a - \tau_p$
7	內面的空气計算湿度大于75%的生产房屋和房間, 在房間內允許湿气在內牆表面上凝結	7	$t_a - \tau_p$

注: 如果生产房間的圍护結構使房間內散出的热量超过設備热量損失, 同时內牆表面和房頂經常承受着強烈輻射热和干热空气的影响, 則 Δt_n 的数值不作規定, 圍护結構的防热性能, 可按照构造的形式确定。

表 1-4

系数 n 的数值

序 号	圍 护 結 构 的 种 类	系 数 n
1	外墙、无闷顶的屋顶和通道上的楼板	1.0
2	闷顶的楼板和有通风洞的无闷顶屋顶	0.9
3	冷藏窖上的楼板	0.75
4	不采暖的地下室上的楼板	0.6

一般工业厂房围护结构的最大传热系数 K_{max} 按图 1-4 曲线计算, 居住或公共房间按图 1-5 计算。

如某电厂主厂房, 冬季室外采暖计算温度为 -20°C , 室内相对湿度为 60%, 温度为 $+20^{\circ}\text{C}$, 其外围结构最大传热系数 K_{max}

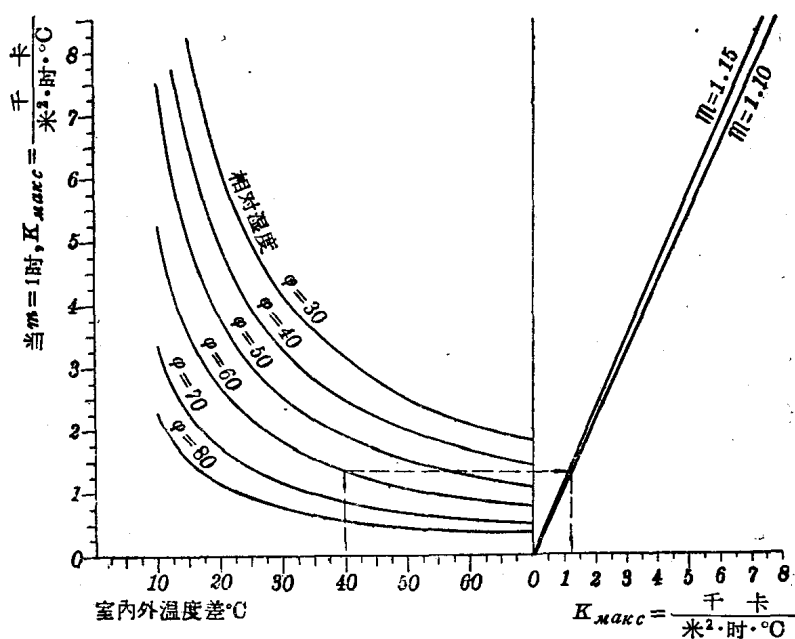


图 1-4 工业厂房(火力发电厂主厂房)
外围结构物最大 K 值计算曲线图