

ICS 75.180

P 72

备案号: J325-2004



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3045—2003

代替 SH/T 3045—1992

石油化工管式炉热效率设计计算

Calculation of the thermal efficiency for
petrochemical tubular heaters

2004-03-10 发布

2004-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 术语和定义 1

3 热效率设计计算 1

附录 A（资料性附录）设计计算图表 插页

用词说明 10

前 言

本标准是根据原国家经贸委《关于下达 2002 年石化行业标准制修订项目计划的通知》（国经贸厅行业[2002]36 号），由中国石化工程建设公司对原 SH/T 3045—1992（SH 3045—90）《石油化工管式炉热效率设计计算方法》进行修订，由中国石油化工集团公司工程建设管理部组织审定。

本标准共分 3 章和 1 个资料性附录。

本标准与 SH/T 3045—1992《石油化工管式炉热效率设计计算方法》相比，主要变化如下：

- 1 取消原标准中综合效率的概念，并对有关条文进行修改或删除。
- 2 对散热损失的设计数据确定方法作了更明确的界定。

本标准在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供给主编单位（地址：北京市朝阳区安慧北里安园 21 号，邮编：100101），以便今后修订时参考。本标准由主编单位负责解释。

本标准主编单位：中国石化工程建设公司

主要起草人：白文康 黄焕民

石油化工管式炉热效率设计计算

1 范围

本标准规定了燃气、燃油的石油化工管式炉热效率的设计计算方法，本标准适用于燃气、燃油的石油化工管式炉热效率的设计计算。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准：

2.1

热效率 thermal efficiency

总吸热量除以总供热量，或总供热量减去总热损失之差除以总供热量。

2.2

体系 system

通过热平衡对其进行热效率计算的物体。体系边界以外的物体均称为外界。

2.3

总吸热量 total heat absorbed

体系向外界输出的已被利用热量的总和。

2.4

总供热量 total heat input

外界供给体系热量的总和。

2.5

总热损失 total heat loss

外界向体系供给热量中未被利用部分的总和。

2.6

低发热量 lower heating value

燃料完全燃烧后，其燃烧产物中的水蒸汽仍以气态存在时的反应热，以 15℃ 为基准。

2.7

显热 sensible heat

物质发生温度变化时所吸收或放出的热量。一般是指定压条件下的显热。

2.8

基准温度 datum temperature

衡量越过体系边界，进入体系或离开体系的物体所带入或带出热量大小的参照温度，假设所有物体在该参照温度下的焓值为零。

3 热效率设计计算

3.1 热效率应按公式（1）、（2）计算：

$$e = \frac{3.6 \times 10^3 Q_d}{B(h_L + \Delta h_a + \Delta h_f + \Delta h_m)} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

或

$$e = \left(1 - \frac{h_u + h_s + h_L \cdot \eta_r}{h_L + \Delta h_a + \Delta h_f + \Delta h_m} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- e —— 热效率，%；
- Q_d —— 设计热负荷，kW；
- B —— 燃料量，kg/h；
- h_L —— 燃料低发热量，可按附录 A 表 A. 1 计算确定，kJ/kg 燃料；
- Δh_a —— 由单位燃料量所需的燃烧用空气带入体系的热量，可按附录 A 表 A. 2 计算确定，kJ/kg 燃料；
- Δh_f —— 由单位燃料量带入体系的显热，可按附录 A 表 A. 2 计算确定，kJ/kg 燃料；
- Δh_m —— 由雾化单位燃料油所需雾化剂带入体系的显热，可按附录 A 表 A. 2 计算确定，kJ/kg 燃料。当雾化剂为水蒸气时，雾化蒸汽带入的热量应等于雾化蒸汽在进入体系时的焓与等量的水蒸气在基准温度下的焓之差。在基准温度下的水蒸汽的焓为 2530kJ/kg。雾化蒸汽的焓值可从附录 A 表 A. 6 查得；
- h_s —— 按单位燃料量计算的排烟损失，可按附录 A 表 A. 3 计算确定，kJ/kg 燃料；
- h_u —— 按单位燃料量计算的不完全燃烧损失，kJ/kg 燃料；
- η_r —— 散热损失占燃料低发热量的百分数。

3.2 管式炉体系一般可分为以下三类：

- a) 无预热燃烧用空气体系，体系内仅有管式炉本体（图 1）；
- b) 用外界热源预热燃烧用空气体系，体系内仅有管式炉本体（图 2）；
- c) 用自身热源预热燃烧用空气体系，体系内除了管式炉本体外，还包括用烟气直接或间接预热燃烧用空气的换热设备，或用进料预热燃烧用空气的换热设备（图 3）。

3.3 有效热量应采用设计热负荷。

3.4 供给热量应包括燃料的低发热量、燃料的显热、空气的显热及雾化剂带入的热量。

3.5 损失热量应等于排烟损失、燃料不完全燃烧损失及散热损失之和。

3.6 排烟损失应等于烟气离开最后换热面时的焓。

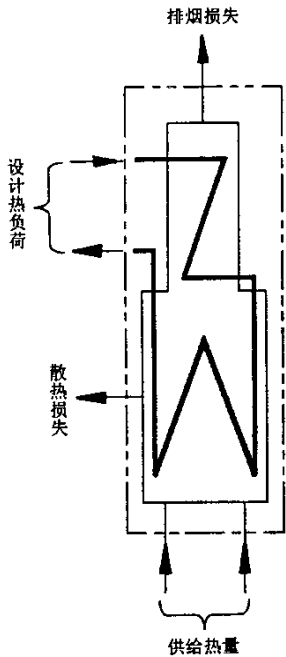
3.7 燃料不完全燃烧损失应根据燃料低发热量 h_L 的百分数确定，一般取不大于 h_L 的 0.5%。对于气体燃料和轻质燃料油可不考虑此项损失。

3.8 加热炉的散热损失，无空气预热系统时，不应大于燃料低发热量的 1.5%；有空气预热系统时，不应大于 2.5%。此外，还应考虑炉型和设计热负荷大小的影响。纯辐射型管式炉应取较小的百分数；辐射对流型管式炉应取较大的百分数。设计热负荷较大时，应取较小的百分数；反之，应取较大的百分数。

3.9 基准温度应采用 15℃。

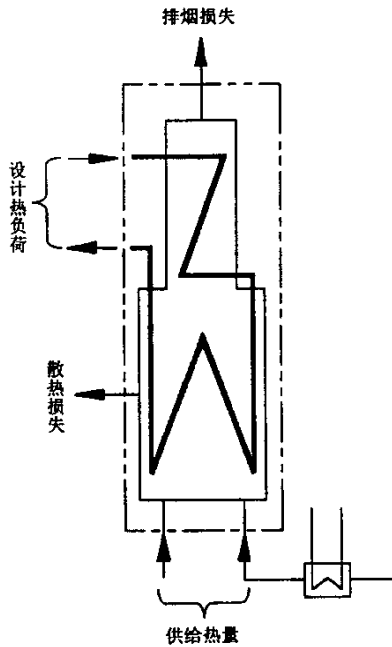
3.10 燃烧用空气组成（按质量分数计）可采用：氧气（O₂）23.2%，氮气（N₂）76.8%。

3.11 空气湿度的影响可忽略不计。



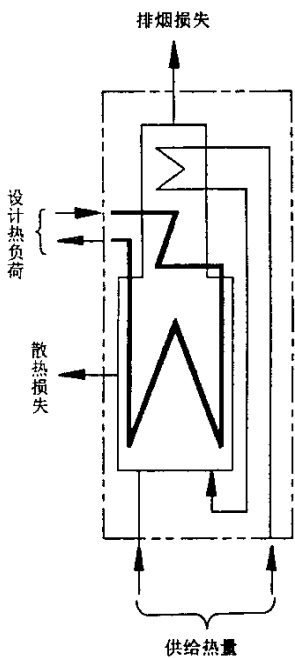
注：——体系边界。

图 1 无预热燃烧用空气体系

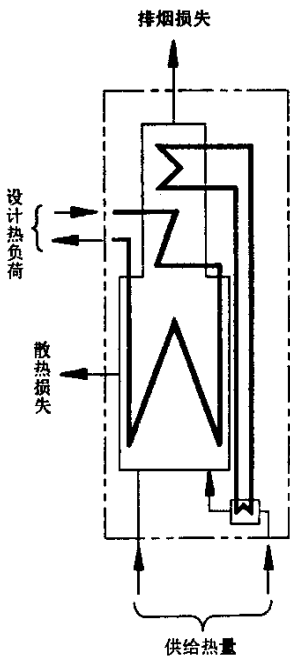


注：——体系边界。

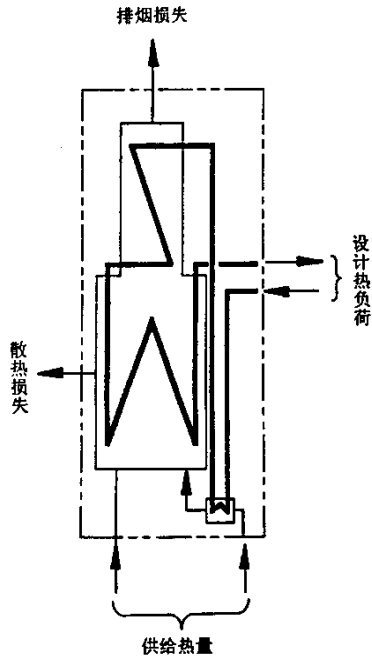
图 2 用外界热源预热燃烧用空气体系



a) 烟气直接预热燃烧用空气



b) 循环热载体间接预热燃烧用空气



c) 进料预热燃烧用空气

注：——体系边界。

图 3 用自身热源预热燃烧用空气体系

表 A.2 Δh_f 、 Δh_m 、 Δh_a 计算

燃料名称:

过剩空气系数 α :设计雾化蒸汽压力 P_m :

MPa

设计雾化蒸汽用量 W :

kg/kg 燃料

燃料	组 分	kg/kg 燃料	入炉温度 ℃	在入炉温度下的焓	
				kJ/kg	kJ/kg 燃料
1	2	3 (表 A.1 第 5 项)	4	5 (表 A.4、A.5、 附图 A.1、A.2)	6 (3×5)
燃 料 气	氢气 (H ₂)		—		
	二氧化碳 (CO ₂)				
	一氧化碳 (CO)				
	硫化氢 (H ₂ S)				
	甲烷 (CH ₄)				
	乙烷 (C ₂ H ₆)				
	乙烯 (C ₂ H ₄)				
	丙烷 (C ₃ H ₈)				
	丙烯 (C ₃ H ₆)				
	丁烷 (C ₄ H ₁₀)				
	丁烯 (C ₄ H ₈)				
	戊烷 (C ₅ H ₁₂)				
	戊烯 (C ₅ H ₁₀)				
	氧气 (O ₂)				
	氮气 (N ₂)				
	总 计	1.00		—	$\Delta h_f =$
燃料油					$\Delta h_f =$
雾化蒸汽					$\Delta h_m =$
空气		$\alpha L_0 =$			$\Delta h_a =$

注 1: L_0 取表 A.1 第 9 项总计值。注 2: 计算 Δh_m 时, 雾化蒸汽焓查附表 A.6。注 3: 过剩空气系数 α 值按 SH/T 3036《一般炼油装置用火焰加热炉》的规定选取。注 4: 设计雾化蒸汽用量 W 按所选燃烧器的性能要求确定。

表 A.3 h_s 计算

燃料名称： 排烟温度 T_e : $^{\circ}\text{C}$

烟 气 组 分	在烟气中的含量	在温度 T_e 时的焓	
	kg/kg 燃料	kJ/kg	kJ/kg 燃料
1	2	3	4 (2×3)
二氧化碳 (CO ₂)			
水 (H ₂ O)			
氮气 (N ₂)			
二氧化硫 (SO ₂)			
空气	$L_0 (\alpha - 1) =$		
雾化蒸汽	$W =$		
总 计		—	$h_s =$
注 1: CO₂、H₂O、SO₂、N₂在烟气中含量分别为表 A. 1 中第 11、13、15、17 项的总计值。 注 2: L_0 为表 A. 1 中第 9 项的总计值。 注 3: α 及 W 值均见表 A. 2。 注 4: 计算 h_s 时, 烟气各组分焓值均见表 A. 1、A. 2。			

表 A.4 氢及纯烃理想气体在不同温度下的焓

气 体	温 度, $^{\circ}\text{C}$							
	0	20	50	100	150	200	250	300
氢气 (H ₂)	-226.3	63.8	498.1	1 220.8	1 942.9	2 665.3	3 388.4	4 112.8
甲烷 (CH ₄)	-35.9	10.3	82.2	208.4	342.6	484.4	633.6	790.2
乙烷 (C ₂ H ₆)	-27.2	7.9	63.9	165.6	277.4	398.7	529.2	668.5
乙烯 (C ₂ H ₄)	-25.6	7.4	60.4	157.6	265.3	382.8	510.0	646.2
丙烷 (C ₃ H ₈)	-25.4	7.3	60.1	156.6	263.6	380.4	506.5	641.6
丙烯 (C ₃ H ₆)	-25.4	7.3	59.9	155.9	262.2	378.2	503.4	637.4
丁烷 (C ₄ H ₁₀)	-24.6	7.1	57.3	147.7	245.9	351.7	464.5	584.2
丁烯 (C ₄ H ₈)	-22.8	6.6	53.8	140.1	235.4	339.1	450.9	570.2
戊烷 (C ₅ H ₁₂)	-23.4	6.8	55.2	143.4	240.8	346.8	461.0	583.0
戊烯 (C ₅ H ₁₀)	-24.0	6.9	56.3	146.3	245.4	353.2	469.1	593.0
硫化氢 (H ₂ S)	-13.9	3.9	31.1	77.3	124.5	172.5	221.3	270.9
注: 焓的基准温度为 15 $^{\circ}\text{C}$, 气体。								

表 A.5 燃料油在不同温度下的焓

相对 密度 ρ_{20}	温 度, $^{\circ}\text{C}$												kJ/kg
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	
0.90	117.0	156.7	198.1	241.1	285.7	331.9	379.8	429.2	480.3	533.1	587.4	643.4	
0.91	116.1	155.5	196.6	239.3	283.6	329.5	377.0	426.1	476.9	529.2	583.2	638.8	
0.92	115.2	154.4	195.2	237.5	281.5	327.1	374.3	423.0	473.4	525.4	579.0	634.2	
0.93	114.3	153.2	193.7	235.8	279.4	324.7	371.5	419.9	470.0	521.6	574.8	629.6	
0.94	113.5	152.1	192.2	234.0	277.3	322.2	368.8	416.9	466.5	517.8	570.6	625.1	
0.95	112.6	150.9	190.8	232.2	275.2	319.8	366.0	413.8	463.1	514.0	566.5	620.5	
0.96	111.7	149.7	189.3	230.4	273.1	317.4	363.3	410.7	459.6	510.2	562.3	615.9	
0.97	110.9	148.6	187.8	228.7	271.1	315.0	360.5	407.6	456.2	506.3	558.1	611.4	
0.98	110.0	147.4	186.4	226.9	269.0	312.6	357.8	404.5	452.7	502.5	553.9	606.8	
0.99	109.1	146.2	184.9	225.1	266.9	310.2	355.0	401.4	449.3	498.7	549.7	602.2	

注：焓的基准温度为 15°C ，液体。

表 A.6 过热蒸汽在不同压力不同温度下的焓

温度 $^{\circ}\text{C}$	压 力, MPa												kJ/kg
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
120	2 650.2	2 646.1	2 637.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
140	2 690.0	2 686.7	2 682.5	2 678.3	2 674.5	—	—	—	—	—	—	—	
160	2 730.2	2 726.9	2 723.5	2 720.2	2 716.8	2 709.7	2 702.2	2 695.0	—	—	—	—	
170	2 750.3	2 747.0	2 744.0	2 741.1	2 737.7	2 731.5	2 724.8	2 718.1	2 711.0	2 704.3	—	—	
180	2 770.0	2 767.1	2 764.5	2 761.6	2 758.7	2 752.8	2 747.0	2 740.7	2 734.4	2 728.1	2 721.0	2 713.9	
190	2 789.7	2 787.2	2 784.6	2 782.1	2 779.6	2 774.2	2 768.7	2 763.3	2 757.4	2 751.7	2 745.3	2 739.0	
200	2 809.3	2 807.2	2 804.7	2 802.6	2 800.1	2 795.1	2 790.5	2 785.5	2 780.0	2 774.6	2 769.1	2 763.7	
220	2 848.7	2 847.0	2 844.9	2 842.8	2 841.2	2 837.0	2 832.8	2 828.6	2 824.0	2 819.8	2 815.2	2 810.6	
240	2 888.5	2 886.8	2 885.1	2 883.4	2 881.8	2 878.4	2 874.4	2 870.9	2 867.6	2 863.8	2 860.0	2 856.2	
260	2 928.2	2 927.0	2 925.3	2 923.6	2 922.4	2 919.5	2 916.1	2 913.2	2 909.8	2 906.5	2 903.5	2 899.8	
280	2 968.4	2 967.2	2 965.5	2 964.3	2 963.0	2 960.5	2 957.6	2 955.0	2 952.1	2 949.2	2 946.3	2 943.3	
300	3 008.6	3 007.4	3 006.5	3 005.3	3 003.6	3 001.5	2 990.0	2 996.5	2 994.0	2 991.5	2 989.0	2 986.4	
400	3 212.5	3 211.7	3 210.9	3 210.4	3 209.6	3 207.9	3 206.6	3 205.0	3 203.3	3 202.1	3 200.4	3 198.7	

注 1：焓的基准温度为 15°C ，水。
注 2：水蒸气在基准温度下的焓值为 $2\,530\text{ kJ/kg}$ 。

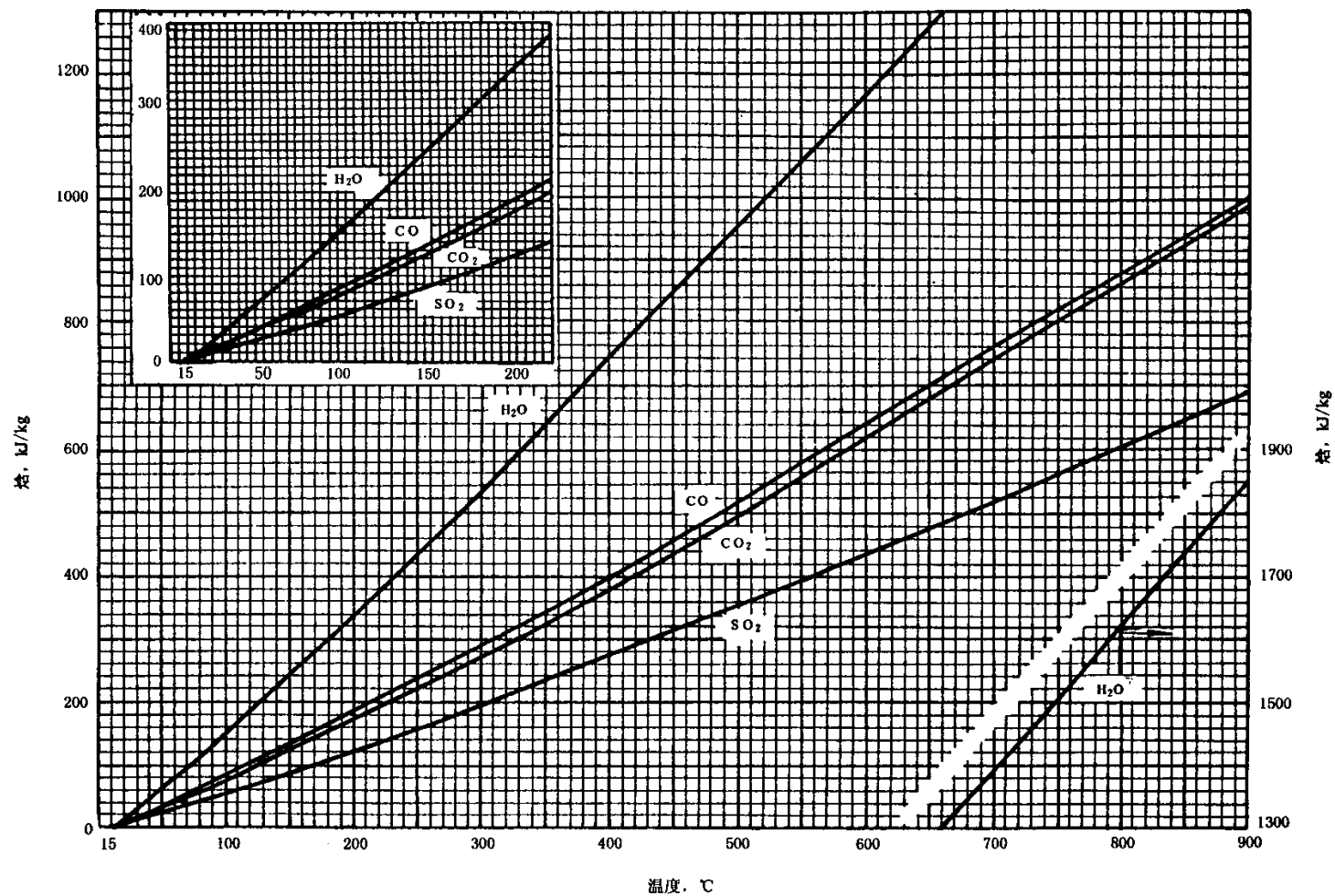


图 A.1 烟气中 H₂O、CO、CO₂ 和 SO₂ 的焓 (焓的基准温度 15°C, 气体)

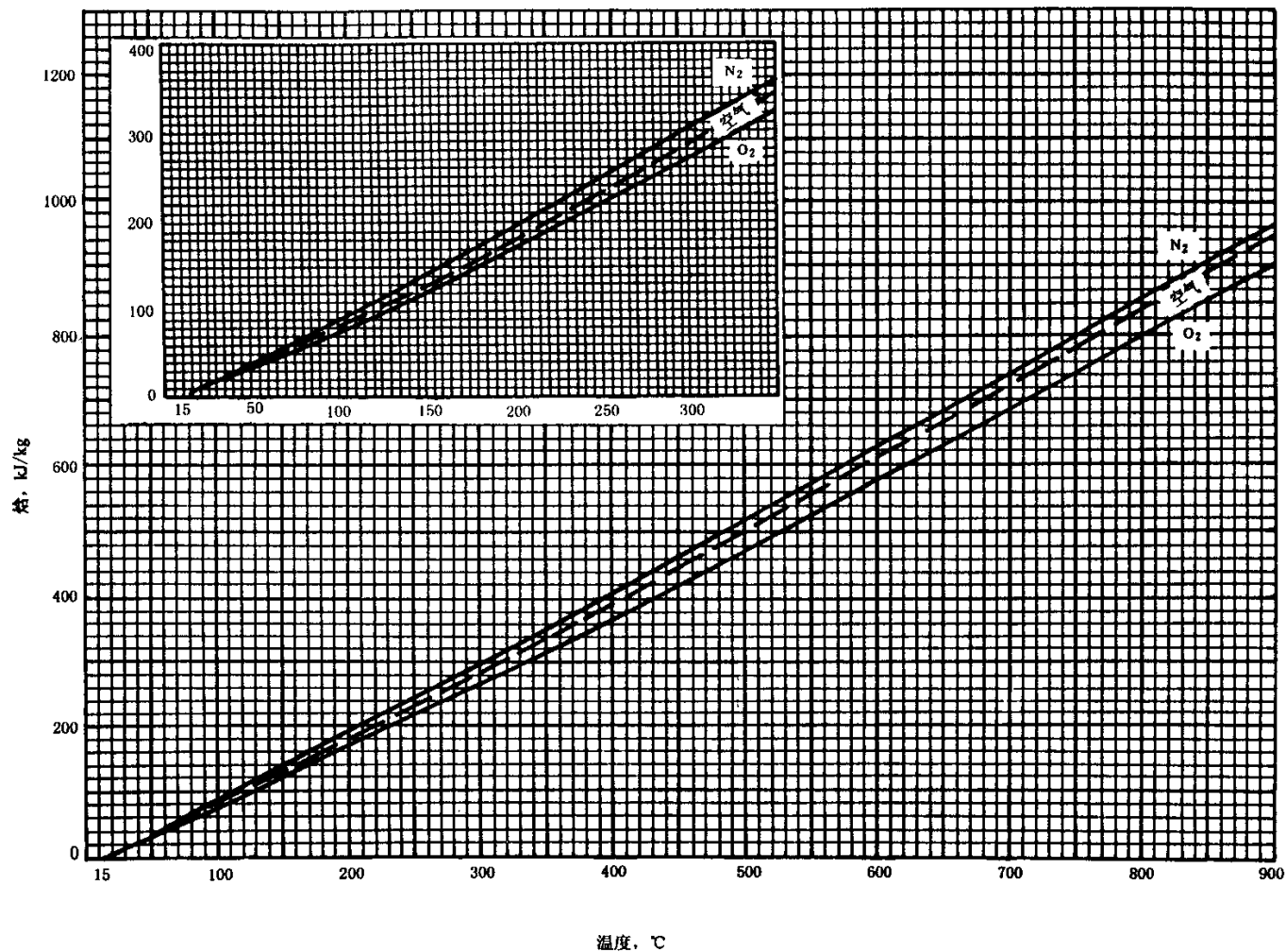


图 A.2 空气、 O_2 和 N_2 的焓 (焓的基准温度 15°C, 气体)

用 词 说 明

对本标准条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用词为“必须”（must）；

（二）表示要准确地符合标准而应严格遵守时，用词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用词为：

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在标准的界限内所允许的行动步骤时，用词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。