

电阻炉设计手册

冶金工业部
有色金属研究院 编
冶金工业出版社

电阻爐設計手冊

冶金工业部有色金屬研究院 編

冶金工业出版社

电 阻 爐 設 計 手 册

冶金工业部有色金属研究院 編

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

北京五三五工厂印刷 新华書店發行

1959年12月 第 一 版

1959年12月北京第一次印刷

印数 2,520 册

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ 90,000字·印張4張

統一書号15062·1986 定价 0.51 元

本書所述主要是电阻爐的构造及其設計時所需的各項数据資料。

書中共分三章，包括电爐結構、热計算、电热体及其計算。

本書可供电爐設計人員、有色及稀有金屬科学研究和生产人員参考。

本書由梁易健執筆写成，孙士琦校对，張鴻达、何文榮及爐子組全体同志审閱。

02256

前 言

电爐是现代工业上优良的加热設備；这种加热設備与一般的火焰爐比較有很多优点：

1. 热效率高；
2. 便于控制爐內的温度、压力、功率、气氛和真空等；
3. 获得的爐温比較高而且均匀；
4. 产品質量好，实收率高，在加热过程中沒有燃料燃燒的产物，比較清潔；
5. 爐子較輕便，占地面积較小。

电爐最大的缺点是附屬电器設備比較复杂，投資大，同时在目前我国發電量尙不是很充足的情况下，电费比較高。但是随着我国国民經济飞跃的發展，在工业上，尤其是冶金工业，电爐必将获得日益广泛的应用。

合理地設計和制造各种电爐；对国民經济具有重要的意义。为了便于爐子設計工作，我們匯集了一些有关常用电爐的設計資料，編成这本手冊。由于我們的实际經驗少，水平低，难免有很多錯誤和缺点，希望讀者提出宝貴意見，以便改正。

概 述

电爐是按發热的性質来分类。一般可分为三大类，即电阻爐、电弧爐和感应电爐。

一、电阻爐 电阻爐又可分为两种：

1. 直接加热电阻爐——是把电直接通到加热物料上，借加热物料的电阻而产生热。其發生的热量和温度是随加热物料的性質而定。需要一定形状的坩堝或爐膛，这是直接加热电阻爐的最大缺点。其优点是加热物可以得到較高，并且均匀的温度。热利用率高和升温速度快。但是由于在結構設計和制造上有很多困难，故目前尚不能在工业上广泛应用。

2. 間接加热电阻爐——是把电通到电热体上而發生大量的热。借热的傳导、輻射或对流的作用将热傳到加热物料上。間接电阻爐的形状不受任何限制，故在工业上应用比較广泛。

二、电弧爐 电弧爐又可分为三种：

1. 直接加热电弧爐 直接加热电弧爐的电弧是發生于电极和被加热物之間，把热加到被加热物上。

2. 間接加热电弧爐 电弧發生于电极与电极之間，由輻射作用把热加到被加热物上。

3. 电弧电阻爐 是电弧加热和直接电阻加热同时进行。

三、感应电爐 在爐子里面，由于电感应所产生的热而

把热直接加到被加热物料上。热效率甚高，可达80—88%以上。但因为感应电爐需要的电器附屬設備較為复杂，所以尙不能得到广泛应用。

目 录

前 言

概 述

第一章 电阻爐結構

- § 1. 爐 襯 1
- § 2. 耐火磚及保温材料 17
- § 3. 爐壳和金屬結構 34
- § 4. 真空系統及真空閥門 37

第二章 热計算

- § 5. 热平衡計算 48
- § 6. 爐墙各層接触面的温度 and 热損失 60

第三章 电热体及其計算

- § 7. 电热体 66
- § 8. 电热体在爐內的結構及安装方法 71
- § 9. 金屬电热体的計算 73
- § 10. 碳化硅棒电热体的計算 78

附 表

- 附表 1 爐壁厚度、孔口大小与遮隔系数的关系 83
- 附表 2 几种常用电热合金絲的电阻及重量 84
- 附表 3 两端加粗碳化硅棒电热体尺寸 86
- 附表 4 两端加粗碳化硅棒电热体在不同爐温下的电功率 88
- 附表 5 几种常用的电热合金帶的电阻和重量 89
- 附表 6 电热元件各种主要綫路連接法的功率及总电阻公式 94
- 附表 7 金屬和非金屬电热体材料的化学成分和性質 96

附表 8 电爐功率与絲状电热元件的計算数据.....102

附表 9 各种金屬的物理性質.....137

第一章 电阻爐結構

一般电阻爐由爐襯、爐壳和电热体三部份組成。

§ 1. 爐 襯

爐襯包括耐火材料和保温材料，主要是起耐火和保温的作用。爐温低于 $200-300^{\circ}\text{C}$ 时，爐襯可以不需要耐火材料，利用适当保温材料即可。保温材料的机械强度較差，故要考虑强度是否合乎要求。

对爐温在 350°C 以上，尤其爐温較高的大型爐子，設計时，必須根据爐子的性質和温度适当地选择耐火材料和保温材料，以及确定爐襯的性質和厚度，以便保証合乎生产的要求。

爐膛温度与爐襯厚度的关系

表 1

爐膛最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	耐火材料層的厚度(毫米)	保温材料層厚度(毫米)
100—200	不需要	100—150
200—300	不需要	115—165
300—600	35	165—200
600—800	115	200—250
800—1000	115	250—300
1000—1200	115	300—350
1200—1400	165	350—400
1400	230	400

在生产上沒有特殊的要求时，爐子外表的表面温度一般

表 2

在各种爐溫下所采用的爐襯材料及結構的数据

爐腔爐襯 溫度結構 (°C)/方案	耐火層的材料及 保溫層材料名稱	各層的 厚度 (毫米)	各層的 導熱系 數 千卡/米·小時 °C	各層的平均 外表溫 度(°C)	各層熱阻 ($\frac{S}{\lambda}$)	爐襯 總熱阻 ($\sum \frac{S}{\lambda}$)	爐襯 平均比熱 千卡/公斤·°C	爐襯平 均比重 噸/米 ³
1	化學法制成的粘土輕質 耐火磚 三等矽渣棉 石棉板	115	0.212	230	0.542	0.8	0.292	0.64
		22	0.098	70	0.225			
		5	0.15	60	0.033			
2	化學法制成的粘土輕質 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 石棉板	115	0.212	250	0.542	0.8	0.23	0.7
		45	0.201	70	0.225			
		5	0.15	60	0.033			
3	燒毀加入物法制成的輕 質耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矽渣棉 石棉板	115	0.61	450	0.189	0.8	0.205	0.93
		65	0.27	250	0.24			
		35	0.098	70	0.338			
4	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 三等矽渣棉 石棉板	115	0.41	430	0.23	0.8	0.2	0.68
		55	0.11	70	0.487			
		5	0.15	60	0.033			
5	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矽渣棉 石棉板	115	0.41	400	0.25	0.8	0.199	0.73
		65	0.25	200	0.26			
		25	0.094	70	0.221			
		5	0.15	60	0.033			

600

6	粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 45 5	1.08 0.28 0.102 0.15	500 300 70 60	0.105 0.232 0.43 0.033	0.8	0.228	1.21
1	化学法制成的輕質粘土 耐火磚 三等矿渣棉 石棉板	115 35 5	0.225 0.106 0.15	350 70 60	0.51 0.357 0.033	0.9	0.203	0.68
2	化学法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 20 5	0.225 0.24 0.094 0.15	350 2000 70 60	0.51 0.27 0.087 0.033	0.9	0.207	0.65
3	燒毀加入物法制成的輕 質耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 50 5	0.636 0.23 0.102 0.15	500 300 70 60	0.18 0.23 0.437 0.033	0.9	0.203	1.03
4	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 35 5	0.425 0.266 0.098 0.15	450 250 70 60	0.27 0.244 0.353 0.033	0.9	0.204	0.78
5	粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 60 5	1.13 0.295 0.106 0.15	550 350 70 60	0.102 0.22 0.545 0.033	0.9	0.235	1.12

700

表續 2

爐膛溫度結構方案 (°C)	耐火層的材料及保溫層材料名稱	各層的厚度(毫米)	各層的平均導熱係數 千卡/米·小時·°C	各層的外表面溫度(°C)	各層的热阻($\frac{S}{\lambda}$) 層厚度/層導熱係數	爐機總熱阻 ($\sum \frac{S}{\lambda}$)	爐機平均比熱 千卡/公斤·°C	爐機平均比重 噸/米 ³
1	化學法製成的輕質粘土 耐火磚 (比重0.6) 硅藻土磚 三等矿渣棉 石棉板	115 65 25 5	0.238 0.266 0.098 0.15	450 250 70 60	0.485 0.244 0.238 0.033	1.0	0.203	0.64
2	燒毀加入物法製成的輕質粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 45 5	0.662 0.295 0.109 0.15	550 350 70 60	0.174 0.39 0.403 0.033	1.0	0.205	0.86
3	泡沫法製成的輕質粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 65 50 5	0.445 0.28 0.102 0.15	500 300 70 60	0.258 0.232 0.477 0.033	1.0	0.205	0.77
4	粘土磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 55 5	1.18 0.312 0.4 0.15	600 400 70 60	0.098 0.37 0.499 0.033	1.0	0.253	0.67

800

900	1	化学法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 30 5	0.248 0.271 0.098 0.15	500 250 70 60	0.465 0.425 0.277 0.033	1.2	0.212	0.6
	2	燒毀加入物法制成的輕 質粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 70 5	0.7 0.312 0.106 0.15	650 350 70 60	0.164 0.37 0.633 0.033	1.2	0.206	0.8
	3	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 55 5	0.468 0.295 0.102 0.15	600 300 70 60	0.245 0.39 0.532 0.033	1.2	0.203	0.63
	4	粘土耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 180 60 5	1.25 0.33 0.11 0.51	700 400 70 60	0.092 0.545 0.53 0.033	1.2	0.244	0.635
1000	1	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 115 60 5	0.266 0.312 0.106 0.15	650 350 70 60	0.432 0.368 0.567 0.033	1.4	0.208	0.6
	2	泡沫法制成的輕質粘土 耐火磚 硅藻土磚 (比重0.6) 三等矿渣棉 石棉板	115 180 65 5	0.492 0.33 0.11 0.15	700 400 70 60	0.234 0.545 0.588 0.033	1.4	0.209	0.68

讀表 2

爐底溫度 (°C)	爐結構 方案	耐火層的材料及 保溫層材料名稱	各層的 厚度 (毫米)	各層的平 均熱阻 千卡/米·°C	各層的外 表面溫 度(°C)	各層熱阻 $(\frac{S}{k})$	爐底 總熱阻 $(\sum \frac{S}{k})$	爐底 平均比熱 千卡/公斤·°C	爐底平 均比熱 噸/米³
1000	3	粘土耐火磚 泡沫硅藻土磚 (比重 0.5) 三等矽渣棉 石棉板	115 180 65 5	1.3 0.258 0.114 0.15	750 450 70 60	0.089 0.7 0.578 0.033	1.4	0.24	0.91
1100		粘土耐火磚 泡沫硅藻土磚 (比重 0.4) 三等矽渣棉 石棉板	115 230 70 10	1.38 0.276 0.114 0.15	900 450 70 60	0.084 0.835 0.615 0.066	1.6	0.24	0.83
1200		粘土耐火磚 泡沫硅藻土磚 (比重 0.4) 三等矽渣棉 石棉板	100 180 90 10	1.43 0.233 0.094 0.15	900 400 70 60	0.126 0.77 0.938 0.066	1.9	0.252	0.94
1300		一等粘土耐火磚 泡沫硅藻土磚 (比重 0.4) 一等矽渣棉 石棉板	230 300 60 10	1.48 0.238 0.098 0.15	900 450 70 60	0.155 1.26 0.619 0.066	2.1	0.262	0.93

1400	硅磚	115	1.82	1100	0.063			
	粘土耐火磚	115	1.37	850	0.084			
	泡沫硅藻土磚 (比重0.4)	300	0.226	400	1.33	2.3	0.24	0.94
	一等矿渣棉 石棉板	70 10	0.094 0.15	70 60	0.757 0.066			
1500	硅磚	115	2.01	1200	0.057			
	粘土耐火磚	115	1.43	900	0.081			
	泡沫硅藻土磚 (比重0.4)	360	0.238	450	1.51	2.4	0.22	0.78
	一等矿渣棉 石棉板	70 10	0.098 0.15	70 60	0.68 0.066			
1500	鎂磚	18	1.92	1200	0.094			
	粘土磚	115	1.40	900	0.082			
	泡沫硅藻土磚 (比重0.4)	360	0.238	450	1.51	2.4	0.24	1.15
	一等矿渣棉 石棉板	65 10	0.098 0.15	70 60	0.64 0.066			
1	硅磚	180	2.05	1300	0.088			
	一等粘土耐火磚	180	1.68	900	0.107			
	泡沫硅藻土磚 (比重0.4)	360	0.238	450	1.51	2.5	0.28	1.04
	一等矿渣棉 石棉板	70 10	0.098 0.15	70 60	0.729 0.066			
1600	鎂磚	180	1.69	1300	0.105			
	一等粘土耐火磚	180	1.68	900	0.108			
	泡沫硅藻土磚 (比重0.4)	360	0.238	400	1.51	2.5	0.28	1.108
	一等矿渣棉 石棉板	70 10	0.098 0.15	70 60	0.711 0.066			

(注) ① 采用的导热系数比一般表上所列的大20%;
② 爐壁表面温度是按 80°C 算。

不超过 $40-60^{\circ}\text{C}$ 。表面温度如太高，爐子的热損失則大，太低时爐襯的厚度应大，增加整个爐体的体积。所以爐子的外表面温度要适当。爐襯的厚度、爐膛內的温度和采用的材料与表面温度有关。爐襯耐火材料層和保温材料層的厚度与爐膛温度的关系，可参考表 1 中所列的一般数据。

在各种爐温下所采用的爐襯材料及結構見表 2 中所列数据。

为了縮短开爐时的升温時間和减少爐襯蓄热量，爐襯采用的材料，一方面要符合耐火和保温作用的要求，另一方面需要考虑尽可能采用密度和热含量小的輕質耐火材料和保温材料，尤其是間断操作的爐子（指冷下来再加热），更应考虑这些問題。

爐襯的强度和結構在設計时要合理考虑，特別是爐温比較高的爐子（ 800° 以上）。在高温下采用的材料和結構上不合理，爐襯便会受到破坏；比較严重时，爐內的电热体也要受到严重破坏。

爐温 $500-1000^{\circ}\text{C}$ 时，須要采用兩層爐襯；耐火材料層用輕質耐火磚，保温層用硅藻土磚。如果爐子不大，爐牆所受的壓力不大，爐温又在 600°C 以下时，耐火材料層也可以用泡沫硅藻土磚代替輕質耐火磚。

爐温在 1200°C 以上时，一般需要三層爐襯：耐火材料層、輕質耐火磚及保温材料層。 1300°C 以下时，耐火材料層可用粘土耐火磚。爐温在 $1300-1600^{\circ}\text{C}$ 时，用硅磚； $1500-1600^{\circ}\text{C}$ 时，用鎂磚或含氧化鋁高（ $\text{Al}_2\text{O}_3 > 99\%$ ）的氧化鋁磚。如爐温高于 1800°C ，必須采用特殊的高級耐火材料；例如，高純度的氧化鋁、氧化鉻等。