

陈积懋编著

电阻加热炉 设计与筑炉

机械工业出版社

电阻絲加热爐 設計与筑爐

陈积懋編著



机械工业出版社

出版者的話

本書是為一般电气或机械工程技術人員設計电阻絲加热爐和指导施工而編写的。目的是为了便一般工厂对各种專用热处理等电阻絲加热爐能自行进行合理的設計和施工。因此除了介紹設計方法以外，还着重介紹电爐施工中的实际問題。也可供有关專業学生作課程設計和畢業設計时参考。

本書緒論介紹电爐型式和数量的选择、規格的确定，以后几章介紹电爐的設計計算、筑爐材料的选择和施工过程。其中对重要計算方法都举例加以說明，并在附录中附有在电爐設計中常用的曲綫和数据。即使在参考資料缺乏的条件下也能參照本書进行設計和施工。

NO. 3026

1959年10月第一版 1959年10月第一版第一次印刷

787×1092 $1\frac{1}{32}$ 字数 151 千字 印張 $7\frac{3}{16}$ 0,001-- 2,130 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第 008 号 定价(11) 1.10 元

序 言

在祖国国民經济建設的大跃进中，在各种新产品的試制工作中，經常提出需要添置一些能精確控制溫度等性能的加熱爐，而应用电阻絲加熱爐无疑是很必要的。但如各工厂对專用的电阻絲加熱爐都向專業制造厂訂制，時間和費用都不經濟，尤其是很难滿足大跃进的要求。为此，編者根据以往協助工厂設計几种类型的电阻絲加熱爐經驗編成本書，特別是在設計和施工中所學到的一些片断的苏联經驗作了總結，以供設計同志參考。

本書首先介紹設計以前怎样来選擇最为适宜的电爐型式和数量。第二章介紹一般电爐各种热損失的計算，其中对較为重要的热損失計算还介紹了几种方法，加以比較。此外，并介紹被加熱工件和附件所需热量的計算。依据这些介紹就能将电爐所需总的能量計算出来。第三章介紹根据电爐容量如何選擇电热体（电阻絲）的材料及設計布置，并附帶介紹电热体的加工和焊接。最后介紹电爐結構的設計、材料選擇和施工步驟，并着重介紹以前在电爐施工中碰到的一些具体問題。电爐施工中一般对筑爐都不够重視，但实际却是保證电爐質量和節約耗电的關鍵，因而編者根据苏联經驗着重作了介紹。

目前国内有关电阻加熱爐設計參考書籍还比較少，有的也是散見于各書中，因此編写时尽量求得內容上完整，多附例子和參考圖例。此外并在附录內繪制了一些电爐設計中常

用的曲綫，和收集了一些电爐設計中常用的材料、数据。

編写时也注意了苏联資料結合国内情况。但因初稿完成較早，虽經改写，由于時間所限，还有不足的地方。如电阻絲材料的应用就沒有能把国内最近生产的各种电阻絲进行統計作出性能数据。希望讀者在進行設計时，尽量根据国内生产材料，如鋁鉄等合金，代替我国目前較缺乏的鎳鉻合金。

本書一定还有許多錯誤和遺漏的地方，請讀者同志指正。

作者 1959年7月

目 录

序言	3
第一章 概論	9
1 电爐型式及数量的选择	9
一、电爐型式的选择	10
二、确定电爐的生产率及其数量	11
三、例題	14
2 工件加热及冷却时间的确定	18
3 电爐設計要点	32
一、电爐的内部尺寸	32
二、电爐的爐貌	33
三、爐架	34
四、耐热件	34
五、电爐的电热体	34
4 例題	36
第二章 电爐热損失的計算和功率的确定	44
1 緒論	44
2 爐牆热損失的計算	44
一、利用試入法計算爐牆热損失	44
二、利用溫度校驗法計算爐牆热損失	61
3 爐床热損失的計算	67
4 爐門热損失的計算	72
一、爐門輻射热損失的計算	72
二、爐門对流热損失的計算	73
5 水冷裝置热損失的計算	80
一、表面暴露的水冷裝置的热損失計算	80
二、表面有保温層保护的水冷裝置的热損失計算	82
6 电阻引綫或电极的热損失計算	83
7 爐子因工作伸出爐外的热損失計算	84
8 水冷軸热損失的計算	84

9 連續式電爐的總熱損失	85
10 儲蓄到砌磚體中的熱損失	85
11 工件及附件加熱時所吸收的熱	86
12 電爐功率的確定	87
第三章 電熱體的計算及布置	89
1 電熱體的分区布置	89
2 功率的調整	90
一、變阻器調整法	90
二、變壓器調整法	90
三、不同接線系統調整法	91
3 電阻材料	91
4 電熱體的單位表面功率	93
5 電熱體尺寸的確定	102
6 電熱體的形狀及布置	105
7 電熱體的溫度核算	111
8 電熱體的引出綫和電熱體的加工	112
第四章 電爐的結構及砌磚	114
1 爐床的結構	114
2 爐床的砌磚	117
3 爐牆的結構	122
4 爐牆的砌磚	122
5 爐頂的結構	127
6 爐頂的砌磚	129
7 爐門	133
8 地基	140
9 爐子的构架	142
10 砌磚的程序及注意事項	146
11 砌爐材料	147
一、耐火材料	147
二、保溫材料	156

三、耐火胶泥、耐火混凝土、塗料和补爐料	158
第五章 設計例題	164
1 电爐形式及数量的确定	164
2 电爐热損失的計算	165
一、爐側牆热損失的計算	165
二、爐底热損失的計算	170
三、出料端装有升降机构部分爐底热損失的計算	171
四、进料端的爐端牆热損失的計算	176
五、出料端的爐端牆热損失的計算	178
六、爐頂牆热損失的計算	180
七、进料端爐門热損失的計算	185
八、出料端爐門热損失的計算	186
九、总热損失的計算	188
3 加热工件及其附屬品所需热量的計算	188
一、每盘工件及其附屬品中鋼的重量	189
二、每盘工件中鋼的重量	189
三、每盘中鋼件吸收的总热量	189
四、每盘中鋼吸收的总热量	189
五、每小时加热工件及其附屬品所需的总热量	190
4 电爐容量的确定及效率的計算	190
一、电爐所需总热量	190
二、容量的安全系数	190
三、电爐的功率	190
四、电爐的效率	190
5 工件加热時間及其在爐內升温情况的計算	191
一、每盘工件及其附屬品升到要求温度所需热量的計算	191
二、每盘被加热工件吸收輻射热的能力	191
三、被加热工件吸收对流热的能力	193
四、加热時間的計算	194
五、第一区末工件到达温度的計算	195
六、第二区末工件到达温度的計算	197
6 电爐各区实际需要热量的計算以及設計时各区功率的划分	199

一、第一区需要的热量	199
二、第二区需要的热量	199
三、第三区需要的热量	200
四、电爐各区功率的划分	201
7 电热体的計算及布置	201
8 可調变压器分級序的計算	209
附 录	211
一、加热爐的砌磚及保温層的适宜厚度	211
二、耐火材料主要性能	212
三、耐火材料綫膨脹系数	214
四、帶孔耐火制品主要性能	214
五、絕热材料主要性能	215
六、不同形状的开孔的輻射因素曲綫	216
七、空气在不同溫度下的比热及热含量	217
八、电阻电爐加热元件主要材料	218
九、耐热鋼主要类型	220
十、碳鋼在不同溫度下的比热	222
十一、碳鋼在不同溫度下的热含量	223
十二、由电爐加热的材料主要数据	224
十三、金屬的导热系数	226
十四、在完全正常輻射条件下一些材料的黑度	227
十五、不同爐溫下爐子对某些材料总給热系数	228
十六、在平行而相向的同样表面之間輻射热交換的角度 系数及通过开孔輻射时的遮蔽系数	229
参考文献	230

第一章 概論

1 电爐型式及数量的選擇

在电爐設計前，我們首先應該从提請設計的部門得到下列条件：

1) 所需加热的工件（成品或材料）在电爐內加热时所要求的工艺过程，也就是說要說明工件的材料、形状、装爐重量、加热溫度規範（包括：加热速度、加热溫度、保溫時間、冷却速度）、規定溫度的許可偏差範圍、要求加热之均匀性、以及其他特別的工艺要求（例如要求在特別的气体中加热）等等。

2) 設備之生產率及其使用規範（如每天使用一班、二班或三班的）。

根据以上条件，我們就可以进行电爐的設計工作，它的主要步驟如下：

1) 电爐型式及結構的選擇。

2) 選擇每个电爐的生產率及所需要的电爐数量。

3) 所选用的电爐設計及計算。

在某些情況下，当电爐的型式及数量已經被規定時，則上述的步驟就可以簡化，只需要設計和計算即可。

但在某些情況下，提請設計部門尚不能完備地提出工件在电爐內加热所要求的工艺过程時，則設計人員还得協助確定工艺过程，这在目前我国工业建設中是經常可能發生的。

在設計工作进行时，一般解決的方案都不只是一个，差不多对每一种要求都可以選擇几种方案。如可以選擇几个大电爐或多少个小电爐来达到所需要的生产率。要确定那一种方案为最适宜，这与很多因素有关，要全部預見这些因素是不可能的，所以經常需要在設計以前进行試驗。为了少量电爐的設計，不可能都在事先进行各种試驗，提出下列情况作为設計工作的参考。

一、电爐型式的選擇

1) 电爐的選擇首先應該符合施工要求。譬如，对于大軸、長管等加热，为了避免折弯，就要求在垂直的位置进行，这样我們就可以認為選擇豎爐是合适的。又如某些工件的退火，要求在爐溫不太高的情况下保證应有的冷却速度，同时既要求調节溫度的精确度很高，又要求加热的均匀程度很高时(例如鋁合金鑄件的时效)，那末就可以选用强制空气循环流动的热風加热电爐。

2) 選擇电爐的型式时，亦应考虑到工件的机械强度。对具有足够机械强度的工件，可以利用在爐內自由連續滾轉，而采用連續推送来加料。而对另外一些工件則可采用傳送帶或滾柱爐底來傳動。当工件机械强度很弱时，則只能装在托盘內在爐內移动。

3) 選擇电爐型式时，要考虑当地的条件。例如，把电爐与工厂生产綫相連通，需要使电爐的生产率和該生产綫上其他設備的生产率相配合，并且应使工件的装卸按照生产綫进行而又符合整个厂房內的运输綫。假設要将电爐安装在已設計好的或已建造成的厂房內，則电爐的高度应符合厂房的高度并符合运输綫路的高度。电爐的外形和占地面积及位置

也应符合厂房的布置。当电爐要求深入地下时，則需适合土壤及地下水的性質。此外，并应根据工厂現有的設備，确定电爐的型式，这样可以減輕所需要增加的附屬裝置的費用（例如，在車間內如装有合适的桥式起重機，則易于豎爐工件的装卸。反之，連續加热式电爐如傳送带式电爐、推进式电爐或曳行式的电爐一般不用起重機来装卸工件）。

4) 其他选择电爐的型式并進行比較时，还需考虑下列各点：

一、生产率很大时，最好是选用連續式电爐。这样既經濟又省地方而且可以保証热处理的均匀性。

二、对大量的同样工件加热时，最好选用具有專用机械化装料設備的电爐，使用起来很方便。反之，当被加热的工件多种多样时，最好选用箱式的万能电爐或豎爐。

三、此外应考虑計劃所預定的电爐的效率、电爐的簡單或复杂性、使用时的坚固性（按現有使用經驗或类似电爐的使用經驗）和制造的可能性，在缺少稀有的貴重材料情況下，应考虑設備的代用問題。如目前我国对耐高溫的鎳鉻鋼是較為缺少的，我們就應該尽可能不使用这一类材料，因而当需要高溫傳送带式电爐时应尽可能考虑代用，以及考虑利用工厂能够得到的現成的某种型式的电爐。

如果根据上述方法选择电爐的型式，仍有几种不同型式的电爐都能滿足工件所要求的工艺过程，相互間的优缺点尚未完全弄清时，需要計算这些方案的技术經濟条件以便相互間作最后的比較。

二、确定电爐的生产率及其数量 当电爐的型式确定以后，进一步就应确定电爐的生产率和数量。如前所述，可以

根据不同方案每个电爐的生产率，以不同数量的电爐来满足添置设备所要求的总生产率。

在一般情况下，可以借助于各种方案技术经济的比較，得到正确的解决。比較时，应考虑各种方案能量的总消耗以及其投資总价值。

电爐的装料量愈大，其生产率也应愈高，但其間并不是成正比的关系，因为随着装料量的增加，加热所需的时间以及有时装卸料所需的时间也随之增长。所以当电爐的装料量增加时，其生产率虽也随之提高，但有时这种提高很慢。因此，所需的电爐数并不一定按比例来减少，而是須与装料量增加所引起生产率增加情况相适应。相反的在电爐很少情况下，所要求的备用電爐的百分数却随着电爐数量的减少而增加。

另一方面，每个电爐的装料量增加，会使其外形尺寸加大，随之引起的是热損失增加，所以热的总消耗量（包括电爐空閑时的热損失）不一定随着电爐数量的减少而在任何時間都能下降，很可能过一段時間以后又开始增加。而热的总消耗量最小时，也即每單位产品的能量消耗为最小，那末从能量消耗观点出發，热的总消耗量最小这一点，对我们來說是設計最好的条件。

但仅仅考虑每个單位产品的能量消耗还不够，还应考虑該设备总固定資產的投資所引起的利息和折旧的扣除額。随着电爐数量的减少，每个电爐單价就有提高，但估計到由于数量减少，它的总值不一定增加，而电气设备、高溫測定或控制设备、厂房价值等等一般均会降低，則总值可以降低。这样可以使年度固定資金的扣除額减低。我們选择固定資金

年度扣除額及能量总消耗的和为最小点，則是最适宜的設計方案。采用此方案按热处理价值來說是最經濟的。

按上述情况，我們可以从技术經濟观点出發，用下列方法計算得出最好的电爐生产率及数量方案。

1) 对于装料量不同的电爐，需分別計算其加热周期的時間（包括工件和装入爐內的托盘以及輔助夹具等加热所需的時間，工件在規定溫度下，为了均匀溫度或进行热反应所需的保溫時間，以及冷却時間、电爐装料出料時間等等）。

2) 根据所要求設備的总生产率和每个电爐的生产率（电爐的生产率是根据电爐的装料量及其加热周期計算而得）算出电爐的数量。按照所計算得出的电爐数量相对于不同装料量的电爐作出曲綫。并将以上所計算得的电爐数量加上应有的备用电爐（加备用电爐后計算所得如为分数值則应取其修正的整数值），按此相对于不同装料量的电爐作出曲綫。

3) 根据計算或試驗确定不同装料的电爐每小时的热能消耗（包括有效热及热損失）作出曲綫（由于有效热的数值是按工件确定的应为常数，因而也可只用热損失作曲綫）。

4) 把理論所得的电爐数（即沒有加上备用电爐前，未修正的电爐分数值）乘以每个电爐热能消耗，得該設備平均每小时热能消耗的曲綫，把此数乘以电爐全年的工作时数后，可以作出对不同装料量的电爐其全年热能消耗曲綫。

5) 若将上述全年热能消耗曲綫中的热能化成电能并乘以單位电能的价值，則得到电爐全年所化电费（上面热能消耗若采用热損失代替則所得为电爐全年热損失的费用）。

6) 根据电爐的定价表或用試驗及計算的方法，确定每个方案电爐的价值并加上附屬設備、电气設備及厂房的价值，

即为固定资金的投資額，按照固定資金值可以計算得每年因利息和折旧而引起的固定資金扣除值。設備的壽命，一般電爐本身壽命為8~10年、電氣設備為12~15年、廠房為30~40年。（電爐的金屬電熱體——電阻絲的壽命合理設計可延長至4萬到5萬小時，因而通常可和電爐本身壽命一致考慮。）

7) 總計一年電費和固定資金扣除值之和作出曲線，取其最小的數值，就是從技術經濟觀點出發為最好的方案。

自然從技術經濟計算所得的結果，不可能把所有影響經濟的因素都很完整的估計到。未被計入的因素，如：電爐加大時，操作人員的總工資值一般可以減低。反之，電爐減小時，設備生產率變更的伸縮性就可以加大。因此當作最後決定時，設計人員也應考慮這些因素。

三、例題 某壓鑄車間需設置鋁的熔煉電爐，要求晝夜連續工作時，生產率為12噸，澆鑄時鋁的溫度為700°C，並得知電爐的工作規範為：爐料熔化，然後持續保溫兩小時，以便由槽內清除瓦斯，然後澆鑄金屬，清潔電爐並裝料。澆鑄金屬、清潔電爐及電爐裝料所需的時間每噸鋁約為1小時，電爐全年工作時間為300天即7200小時。

在這一題目里，選擇電爐型式困難是不大的。熔鋁用的不同型式的電爐有：標準頻率的低頻鋼心感應電爐，坩堝形電阻電爐或槽形電阻電爐。無疑的，感應電爐是比較最經濟的一種，但這種電爐用於熔化鋁，還沒有被我們完全掌握。而坩堝形電爐，其裝料量不大，約為100~150公斤，在我們這一車間就不合適，否則就得用10個以上電爐，而且它在保證鑄造質量方面亦不及槽形電爐。因此我們可以認為，只有槽形電爐在這裡是唯一合適的。

表 1 熔鋁用槽形

电爐裝料量(吨)	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
电爐功率(仟瓦)	90	120	180	240	300	400
电爐热損失(仟瓦)	30	35	45	50	55	60
电爐長度(米)	3.0	3.5	5.0	6.0	7.5	7.6
电爐价值(包括安 装費)(元)	26500	36000	44700	53100	76200	87000
电气設備价值(元)	36000	36000	54000	72000	90000	108000

一般标准規格的熔鋁用的槽形电爐如表 1 所示。

計算各种裝料量不同电爐的技术經濟并編制表 2。

1) 熔化金屬所需的时间, 利用公式 6 (这在下节再討論)。

2) 电爐的生产率用下式計算:

$$g = \frac{24 B}{z_T} \text{ (吨/天)} \quad (1)$$

式中 B ——电爐的裝料量 (吨),

z_T ——每爐的加热周期 (小时)。

3) 所需工作电爐的数量为:

$$n = \frac{g_T}{g};$$

式中 g_T ——車間要求的生产率, 此处为 12 (吨/天)。

4) 需要安装电爐的数量 n' , 由增加备用电爐, 其裝料量不少于工作电爐总裝料量的 20%, 且将所得的数字修正为整数值而得。

5) 电爐的热損失, 电爐及电气設備的价值, 按表 1 的規定来計算。厂房的价值用下法計算。

假定每个电爐占地面积为:

$$A = 10 \times 2L \text{ (米}^2\text{)}; \quad (3)$$

式中 L ——电爐長度 (米)。

每平方米厂房价值假定为 640 元。

按照以上計算可以編得表 2，并作出圖 1。

表 2 熔鋁用槽形电爐裝料量及数量的
選擇(技术經濟比較)

圖 1 上 所作曲 綫的順 序号	电爐的裝料量(吨)	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
	熔化金屬的时间 (小时)	2.0	2.5	3.5	4.25	5.0	6.5
	金屬在电爐內放置 時間(小时)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	澆鑄及裝料時間 (小时)	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
1	每爐的加熱周期 τ_T (小时)	4.3	5.0	6.5	7.75	9.0	11.5
2	每爐的生產率 g (吨/天)	1.67	2.4	3.7	4.65	5.35	6.25
3	所需工作电爐數 n	7.2	5.0	3.25	2.58	2.25	1.92
4	电爐及備用电爐數 (已修正為整数) n'	9	6	4	4	3	3
5	每爐之熱損失(仟 瓦)	30	35	45	50	55	60
	n 电爐熱損失(仟 瓦)	216	175	146	129	124	115
	全年电爐損失(仟 瓦·小时)	1550000	1260000	1050000	930000	890000	830000
6	全年电爐的損失價 值(以 1 仟瓦為 0.08 元計)(元/年)	124000	101000	84000	74300	71200	66500
	n' 电爐的價值(元)	238000	216000	179000	212000	228000	261000
7	电爐的扣除額(以 12.5% 計)(元/年)	29800	27000	22400	26500	28500	32600
	电气設備的價值 (元)	324000	216000	216000	288000	270000	324000
8	电气設備的扣除額 (以 7% 計)(元/年)	22700	15100	15100	20100	18900	22700