

酸性电爐炼鋼操作法

胡紀清 編著

冶金工业出版社

酸性电爐炼鋼操作法

胡紀清 編著

冶金工业出版社出版（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

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

—— * ——

1960年1月 第一版

1960年1月北京第一次印刷

印数 3,020 册

开本850×1168·1/32·140,000字·印张 $5\frac{22}{32}$ ·

—— * ——

統一書号 15062·1993

定价 0.73 元

出版者的話

本书比較全面地闡述了酸性电炉炼鋼的操作技術，主要是介紹上海矿山机器厂电炉炼鋼車間的操作經驗。本书作者是該車間的电炉炼鋼工人，具有多年的实际操作經驗，书中所述大都是实际的操作方法和解决操作过程中各种困难問題的实例，同时，还列有实际熔炼記錄和各种操作方法实用效果的比較。

本书对于炼鋼車間及鑄造車間的酸性电炉炼鋼工和技術人員，以及大、中冶金学校的学生都有实际参考价值。

目 录

序 言	1
第一章 筑爐材料	3
第一节 酸性耐火材料的一般要求	3
第二节 石英砂	3
第三节 粘結剂	4
第四节 矽砖、高鋁砖和火砖	5
第二章 修筑爐	7
第一节 修筑爐方法	7
第二节 配料	8
第三节 拌料	9
第四节 桩打	11
第五节 爐盖	20
第六节 小修爐子	22
第七节 盛鋼桶修筑法	22
第八节 修筑爐用主要工具	24
第九节 爐齡問題	25
第三章 烘爐	28
第一节 烘爐方法	28
第二节 注意事項	29
第四章 补爐与装料	32
第一节 补爐	32
第二节 装料	38
第三节 酸性电弧爐的增炭剂	46
第五章 熔化期	48
第一节 影响熔化时间的因素	48
第二节 熔化时期电表的控制	49
第三节 不过电的处理办法	53

第四节	蝕底.....	54
第五节	搭桥.....	57
第六节	开爐前的重要工具制法和用途.....	59
第七节	电极.....	63
第六章	氧化期.....	65
第一节	沸騰.....	65
第二节	爐渣的控制.....	73
第三节	关于过氧化問題.....	79
第四节	观炭.....	80
第五节	如何結束氧化期.....	92
第七章	还原期.....	94
第一节	还原期的任务.....	94
第二节	还原的方法和鋼水脫氧的簡單原理.....	94
第三节	还原期的渣渣.....	97
第四节	錳的影响与各个时期的变化.....	98
第五节	矽的还原及处理.....	103
第六节	判断鋼水中的矽份方法.....	108
第七节	出鋼溫度.....	113
第八节	还原期及出鋼时操作要点.....	116
第九节	炭素鋼操作实例.....	117
第八章	快速法(不氧化法)的冶炼.....	119
第一节	快速法与氧化法的比較.....	119
第二节	快速法熔炼特点.....	120
第三节	操作要点(快速法).....	123
第四节	快速法操作实例.....	125
第九章	加氧炼鋼.....	129
第一节	吹氧炼鋼的优点和缺点.....	129
第二节	吹氧設備.....	129
第三节	吹氧炼鋼基本常識.....	131

第四节	操作要点.....	133
第五节	操作实例.....	135
第十章	低炭鋼和高炭鋼的冶炼.....	138
第一节	低炭鋼的冶炼.....	138
第二节	高炭鋼的冶炼.....	140
第十一章	几种合金鋼的冶炼	143
第一节	各元素对鋼性质的影响.....	143
第二节	几种合金鋼的化学成份.....	144
第三节	高錳鋼 (ЭИ—256) 的冶炼.....	146
第四节	低炭鎳鉬鋼的冶炼(15HM)鋼号 4615.....	158
第五节	低炭鉻鉬鋼 (12XM) 的冶炼	162
第六节	鉻鉬鋼 (X5M) 的冶炼.....	166
第七节	不氧化法熔炼合金鋼.....	168
第十二章	酸性爐爐外去硫	173

序 言

电爐炼鋼事业在我国已有几十年的历史，但解放前一直没有被重視，技术都掌握在帝国主义和資本家手里，所以技术得不到交流发展，对工业发展受到很大的影响。

解放10年来，由于党的英明领导，指出首先要发展重工业，鋼的产量日益上升，得到了史无前例的发展和提高，炼鋼爐遍地开花。一些早有炼鋼設備的工厂，进行了一系列的技术改革，再加上工人們的苦干、巧干、实干、已摸索出一套完整的經驗。現在的炼鋼工不但能掌握技术，而且还能革新技术，达到了高产优質的目的。但，一些初办或将要办的工厂、企业，在技术掌握方面还存在着一一定的問題，因为以碱性爐和酸性爐同时生产的工厂还很少，特別以酸性爐炼鋼更感稀少；在書本上对酸性爐炼鋼知識介紹也很少，只有余宣揚先生在1950年翻譯了一本美国魏司曼所作的“酸性电爐炼鋼操作法”在当时很适时，現已过时了，因談得还不够具体，使初搞炼鋼的工人或缺乏实际知識的技术人員不能达到单独掌握的目的。

我厂酸性电爐炼鋼的优点是：

1. 产量高：本厂一只公称容量0.75吨的电弧爐在1958年所达到的生产率指标为酸性爐每1000仟伏安、每昼夜出34.7%吨鋼，而碱性爐只有18吨，产量几乎相差一倍（沒有加氧）。
2. 成本低。
3. 爐齡长（列表1說明），大修一次为：

表 1

名 称	酸 性 爐		碱 性 爐	
	平均数次	最高数次	平均数次	最高数次
爐 盖	800—1200次	1758次	20—35次	48次
爐 墙	1100次	1481次	40次	48次

4. 适宜于鑄造生产：由于酸性爐冶炼所产鋼水流动性較好、宜于鑄造薄型、小型和长型的鋼鑄件，故能满足鑄鋼生产的需要。

5. 質量好：根据我厂十余年来的經驗，酸性电爐不但能炼出合格的优質炭素鋼，而且还能炼出許多种合金鋼（例如高錳鋼等）。我厂鑄造車間連續五年被評为全国矿山类型的先进車間，这和采用酸性电爐、改进操作而达到高产优質是分不开的。

6. 在設有碱性电爐或平爐的冶炼車間，如果能添置酸性电爐，这样可利用碱性爐的回爐废鋼，更可达到高产优質的目的。

7. 特別在我国，目前碱性耐火材料（如鎂砂、鎂砖等）特別缺乏，而酸性耐火材料（如石英砂等）則容易解决，故建立酸性爐更有利于发展我国电爐炼鋼工业。

因我水平很低，不可能写得很完美，只能根据实际操作情况按講話形式叙述一遍。目的是想通过实际的叙述，以便对同行工人能有所启发和幫助，幫助使他們在实际中解决一些操作上常遇到的困难和問題，本書对技术人員及专科学校学生也有参考价值。

由于水平低，書中定有不妥之处，希同志們提出批評和指教，以便提高和改进。

最后感謝党对我大力的支持，給了我充足的业余时间 and 不断的鼓舞，同时得到了冶炼技师陈龙洲前輩的指导，张錚同志的繪图，和周密等同志的帮助在此一併致以謝意。

上海矿山机器厂

鑄造車間电爐炼鋼工人

胡紀清

写于 1959.7.5

第一章 筑爐材料

筑爐材料分碱性、中性和酸性三种，碱性方面有鎂砂、鎂砂粉、鎂磚和白云石等，中性材料有粘土磚和鉻磚等，酸性材料有石英砂、石英粉和砂磚等。在修筑酸性爐時不用碱性耐火材料，故在此不再敘述，現將酸性耐火材料略述如下：

第一节 酸性耐火材料的一般要求

- (一) 要能耐高溫，在高溫下不易熔化。
- (二) 在高溫下能抵抗壓力，不致於改變原來的尺寸和形狀。
- (三) 在高溫下不因震動或磨擦而破裂。
- (四) 具有絕熱性能，不因外界冷空氣滲入爐內以致降低爐溫。
- (五) 膨脹系數宜小，否則一經高溫然後再行冷卻，即會產生裂紋。

(六) 耐火材料之化學成份尤為重要，往往因化學成份不合規格或較差，而直接影響耐火材料的壽命。

第二节 石 英 砂

過去的幾十年間修筑酸性爐，除了爐底是石英砂打外，爐牆和其他部分都是用異型砂磚砌筑的。而近代修筑酸性爐，石英砂是最經濟的，也是最主要的耐火材料，其質量好壞對爐子壽命長短有很大關係，故一定要選擇耐火度較高，膨脹性能較小的石英砂。檢查石英砂質量好壞的方法有兩種：

- (一) 觀察石英砂的顏色和顆粒大小情況。

當石英砂呈透明的白色時， SiO_2 含量（二氧化矽）達 97%—99.8%，雜質很少，耐火度極高，這類石英砂是最理想的；還有一種是普通石英砂，呈灰白色或帶褐色斑迹，沒有透明現象，這類石英砂的質量次於透明的，其中二氧化矽含量最高，約 96%，有時缺少透明石英砂時，也只得用它，這樣在拌砂時應特別細

致严格。

为了使爐子寿命延长，石英砂顆粒粗細要均匀配合，根据以往操作經驗 1 号透明石英砂应通过 5—8 眼/时篩子为 80%，2 号应通过 12 眼/时篩子以上为 80%，4 号应通过 20—40 眼/时篩子为 85%，6 号（公称石英粉）应通过 70—100 眼/时篩子为 85%。

（二）化学成份的区别。

在—批石英砂里选择—部分分析其二氧化矽含量，如 $\geq 98\%$ 說明質量优異不必分析其他元素了，其次碱性氧化物应 $< 2\%$ ，水份 $< 0.5\%$ ，像上述的石英砂 SiO_2 成份达 98% 以上只有在透明雪白的情況下才出現；至于普通石英砂的 SiO_2 就沒有这么高，总起来說，我們搞实际操作的只要能掌握住这两大原則，石英砂的选择一定会达到理想。在修爐时通常用 1 号、2 号和石英粉附加粘結剂，4 号石英砂为用于补爐。

第三节 粘 結 剂

在修筑酸性爐时，通常粘結剂有白泥、陶土和水玻璃，特别是白泥和陶土其質量好坏是决定粘性强弱和耐火度高低的重要因素，为了达到这两点就必须注意下列要求：1. 粘土內不能含有过高的碱性氧化物如氧化鉄、氧化鎂和氧化鈣等，其含量愈低愈好；2. 粘土顆粒愈細，粘性愈大，則結合力愈强，但在干燥时其变形趋势亦愈大（即收縮率极大）現略述如下：

（一）白泥 我厂—般是用苏州白泥和无錫白泥。—般要求規格如苏州白泥化学成份： $\text{SiO}_2 < 50\%$ ； $\text{Al}_2\text{O}_3 > 35\%$ ； $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 4\%$ ，顆粒方面应全部通过 0.2 号篩子（70 眼），現列举較好的分析結果： $\text{SiO}_2 45.6\%$ ； $\text{Al}_2\text{O}_3 39.75\%$ ； $\text{Fe}_2\text{O}_3 2.5\%$ ；水份 4%。从分析結果来看还不能得出結論，故此白泥的粘性强弱可作如下試驗，将半罐白泥粉倒入盛好水的鉛桶里充分攪拌，然后观察这泥浆水是否很快就沉淀，要是很快沉淀这說明質量不好，缺少粘性。如果将缺少粘性的白泥用同样的比例来拌料，則不

好地将爐子筑牢。經充分攪拌过的且很久不易沉淀的泥浆水具有足够的粘性。应将白泥保管好，不能受潮，如一受潮湿白泥就会結成块状，失去原有粘性。

(二) 陶土 一般說来，陶土价格較貴，但耐火度較高，其主要成份： SiO_2 41—64%； Al_2O_3 22—38%； Fe_2O_3 0.8—4%； $\text{CaO} + \text{MgO}$ 痕跡——1%，水份 $<1\%$ ，顆粒完全要通过0.2号篩子（70眼），膨胀率容 $>8\%$ ，不能受潮。从上可看出陶土膨胀率太高，用于酸性爐修爐不太适宜，但白泥質量过差时可渗入一部份陶土，代替白泥，因陶土粘性很强。

(三) 水玻璃 应用水玻璃作粘結剂作用就更大，适量的混入水玻璃就能使爐衬桩打坚固，特別在白泥質量不好时，渗入适量的水玻璃代替一部分白泥效果很大。水玻璃規格： $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}} = 2-3$ ；比重 $=1.45-1.55$ ；浓度 $=60-40$ 度；分析結果： SiO_2 29.7%； Na_2O 12.7%；比重 $=1.45$ 。

第四节 矽砖、高鋁砖和火砖

(一) 矽砖 矽砖是由石英砂加入少許的石灰乳和粘土制成砖坯放在窑內焙烧而成。矽砖的質量可分以下几点来談。

1. 化学成份方面， $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 如 $\geq 98\%$ ，其他成份就不必再分析了；

2. 矽砖断面顆粒組織粗細要匀称不能太細，太細时会降低耐火度，但也防止太粗，一粗中間的孔隙度就大，易被高溫侵蝕；

3. 敲击矽砖声音也很重要，通过敲击就能知悉其燃烧情况，若燃烧良好的矽砖其組織透彻均匀，以錘击之，有金屬声，若火候未到，則声音甚哑；

4. 經焙烧过的矽砖有时有裂紋或过度变形，这类矽砖不能应用在重要部份；

5. 断面顏色不能夾有紅色因帶紅色說明其鐵質高，同時斷口內不能有黑點，因帶黑點說明有有機物存在，如 CaS 等；

6. 其中含磷石英成份愈高則質量愈好，因磷石英比重只有 2.27，它的體積變化亦少，也就是膨脹力小，所以一般矽磚好壞以磷石英含量高低作標準。

矽磚優點：

1. 荷重軟化點非常高，並接近它的熔點，這是一般粘土火磚和鎂磚所不及的，耐火度高達 $1690-1710^{\circ}\text{C}$ ，但溫度急變抵抗性低；

2. 能經受相當量的石灰和氧化鐵的侵蝕而不致使耐火度降得太低；

3. 在 600°C 以上時體積變化非常微小，但應注意矽磚在 $200-300^{\circ}\text{C}$ 之間和 573°C 左右的二個階段內的變化，這時因結晶驟變會發生體積膨脹，所以要求在烘爐時溫度上升不宜太快否則有疵裂崩潰的現象產生。

(二) 高鋁磚 高鋁磚中的 $\text{Al}_2\text{O}_3 > 45\%$ ，是以剛玉石和高鋁岩石滲以粘土制坯燒成的，耐火度比矽磚高，達 $1790-2000^{\circ}\text{C}$ ，此磚具有中性現象，酸鹼性爐都好使用，用它來砌築爐頂，更為適宜，此磚對各種礦渣的抗抵性強，但格價較貴。

(三) 火磚 火磚耐火度不及矽磚，但傳熱性較小，用來砌築爐底層，使爐內溫度不易外傳，同時不因磚塊溫度驟變而破裂，在 1500°C 以上時強度不及矽磚，通常火磚含 SiO_2 53.5%， Al_2O_3 41%， Fe_2O_3 2%， CaO 含量很低。最好的粘土磚能耐 1730°C ，但經不起 FeO 的侵蝕。

第二章 修 筑 爐

修筑爐这一部門是很重要的，如果修爐質量达不到要求，則它必定会給操作者带来許多困难，例如炭素脫不掉、冶炼時間长、矽元素常高出規範、爐齡显著地降低，大大地增加了成本之提高和化費了不必要的劳动强度，所以一个炼鋼工一定要重視修爐的質量，因經驗告訴我們，修爐稍一馬虎給冶炼阶段带来了不可弥补的損失。

第一节 修筑爐方法

(一) 矽砖砌筑法。

1. 砌筑方法 不是整个爐子都用砖砌筑，仅仅爐墙用砖砌筑，至于爐底和爐坡还是用石英砂桩打。在砌砖时，每隔两块砖放一块馬粪紙，以防矽砖膨胀，一层砖砌好后，靠砖外緣之空隙可用拌好后的石英砂桩打，这样就使砖块不会走动，能保持正确的形状。砌第二层时，砖縫要錯开，以此类推，一层层地堆放上去直至砌好为止。

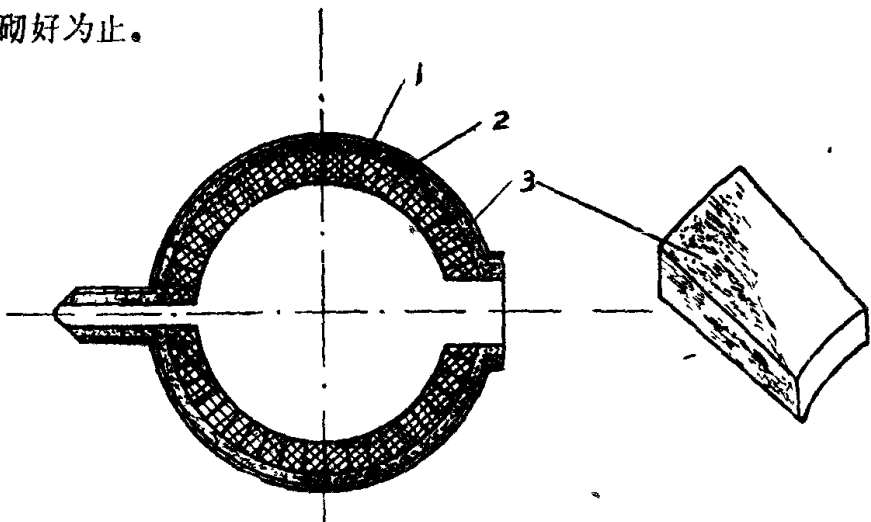


图 1 砖砌爐墙法
1 爐壳；2—石英砂；3—矽砖

2. 与桩打方法之比較:

① 砂砖砌筑法比桩打法成本为高, 因为砖是異形的, 根据爐子大小定制, 故費用很貴;

② 砌筑好的爐墙經燒結后或多或少还是有縫存在, 易散熱, 受不起震動, 常有磚頭碎裂現象;

③ 砖砌爐墙的爐齡不长, 其主要原因是, 砂砖向爐頂处膨胀, 时常將爐頂頂起, 同时在爐墙中間出現大的隙縫, 降低了使用寿命;

④ 砌筑較快, 但不易中、小修, 因在修爐前必須將燒坏了的部分击去, 而砖砌的就受不起敲击, 特别是承受过热度的砂砖很脆, 同时在修爐时要用力錘打, 此砖更受不起震動。从上述情况看出, 砂砖砌筑法在目前已显落后了。

(二) 桩打方法。

是将粗細搭配好的石英砂、石英粉、白泥和适量的水混和, 然后分层地用力錘打, 每打一层必須錘結实牢固。采用这种方法, 成本很低而且寿命长。除了爐壳处鋪一层火砖外, 其他各部分都可用石英砂桩打。

第二节 配 料

配料方法多种多样, 其目的均是为了配好料, 以提高使用寿命, 我厂在試驗过程中得出了下列三种配料方法。

1. 一号透明石英砂30%、二号透明石英砂30%、透明石英粉28%、白泥12%, 然后与适量的水混和, 这样配的料, 很容易桩打牢固, 但因石子顆粒太細, 承受不起高温和爐渣的侵蝕, 爐子寿命很短, 一次小修只能熔煉40—50爐。

2. 根据上述情况可看出石英粉和白泥太多, 后作了如下的改变, 一号透明石英砂22.5%; 二号透明石英砂45%; 透明石英粉22.5%; 白泥10%, 这样配的料, 也較易桩牢, 石子顆粒与前相比要粗得多, 石子与粉之間也較紧密, 但顆粒还不够粗, 故

而爐子壽命仍不高，最高只能熔煉 100 爐。

3. 以後將二號比例與一號比例對調，即一號透明石英砂 45%；二號透明石英砂 22.5%；透明粉 22.5%；白泥 10%，這樣配的料爐子壽命就大大延長，一次小修能熔煉 200—210 爐，大修一次能熔煉 1100 多爐，最高達 1480 爐。

除了修筑爐材料的化學成份合乎要求外，最主要的還是顆粒大小要勻稱，因為顆粒太大，打時達不到結實緊密，石子之間有空隙，空隙愈大或愈多，熱能就容易侵蝕到空隙內，削弱了耐火度。

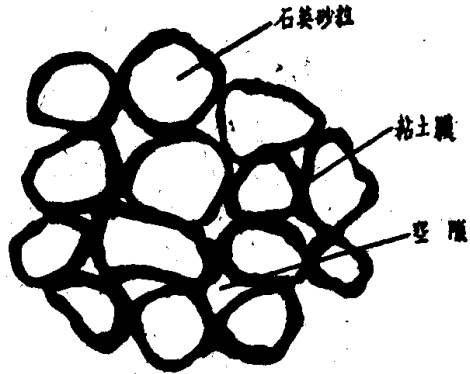


圖 2 顆粒大小的影響

石子間的空隙过大，一些石英粉和白泥就不能完全填滿空隙，因白泥和石英粉用量是有限的，即使填滿，這填滿處之空隙，也很難承受起高溫的侵蝕，故會減低耐火度。同樣，石英砂顆粒太細，雖然達到了結實緊密，但由於石子顆粒細小，承受不起高溫和爐渣侵蝕，耐火度也隨着減低。我們要求最好全部是顆粒粗的石子，因它能承受高溫，但顆粒太粗一則石子不易打結實，二則石子間存在着大量的空隙。總之，我們既要石子顆粒粗又要能使打結實緊密，從這樣角度考慮是正確的。上述第三種方法配料在目前來說較為理想，也是解放七年來的經驗積累。

第三節 拌料

拌料方法有二種，（一）人工拌料，（二）是拌砂機拌，現分述如下：

（一）人工拌料方法。因拌料費力而且不便，故一次拌的數

量較大，一拌就得四、五百公斤，（不象拌砂机那么灵活）。首先将石子按比例配入，放置在平地上，滲入水約6%，（滲入的水不是完全被利用，因水倒入砂子里后一部分就滲到外面了，加入的水要根据天气干潮和料子干潮而增減），然后用煤鏟将石子充分拌勻，之后在石子上放入配好的石英粉和白泥，最后再充分拌勻，如发现有团状的可用煤鏟擦勻，严格地講应将已拌好的料子通过2眼/吋的篩子，这样就更勻称了。另外也有事先将石英砂、石英粉和白泥堆放在一起，充分拌勻，滲入水后再一次充分拌勻，这种人工拌料方法沒有上述好，因为它一經加水湿的地方就起泥团，造成干的干湿的湿，很不勻称。

但总究沒有机器拌得勻称，为了弥补这个缺点，就必须多拌几次，决不可馬虎，因它直接影响到爐子寿命的长短。

（二）用机器拌的方法。如果采用拌砂机拌，則有四点好处，1.料子能拌得勻称；2.易于控制料干或料湿；3.拌的料好桩打；4.使用拌砂机方便灵活，減輕了劳动强度。

采用拌砂机拌时可打一层拌一层，随拌随用。将先配好的石英砂、石英粉和白泥都倒入拌砂机內干拌，然后再緩緩地加入水（約2% 这比人工拌要少得多），經充分拌勻后即可。

如何观察料子拌得好坏呢？不論人工拌料或机器拌料，我們只要将已拌好的料子抓一把在手里用力捏紧，然后放手觀其是否成团状，如果成团粘在一起再用手一扳二断，断面結实并富有强度那就是好的，如果一松手仍像一般散砂，这說明不好，沒有粘性，这是指料子干湿正常情况下所談的，因为料子过湿，即使不好，但用力一捏砂子仍能成团状。料子拌得好坏与修爐質量有着密切的关系，希在操作时不要忽略。同时料子随拌随打，最好不要过夜，因拌好的料子相隔時間太久会失去水份，降低料子的粘性，特別有时因白泥質量不好而滲入水玻璃时，更加明显，这会直接影响到桩打質量。

第四节 桩 打

同样用气锤桩打，但打得馬虎与細致，質量有天地之別，爐子修不牢会大大延长熔炼時間，使脫炭速度降低，爐齡縮短，为此我們必須細致严格地桩打，直至桩牢为止，如若久桩不牢应鏟去这一层另行鋪新拌好的砂桩打。现将各部分述如下：

(一) 爐底桩打法：在未桩打前先将爐壳上的鉄锈敲去，同时应检查一下爐子各部門尺寸及装置是否合格，接着检查在爐壳底部和爐身四周是否已事先钻了一些10毫米的眼子，如未留眼应用电钻钻眼，使爐内气体水份易于析出，然后在爐壳底部鋪一层火砖，砖与砖之間应用凿子凿平，不得有縫、而且要用白泥浆糊涂在砖底部和砖縫間，然后四周再用砂子桩紧，使砖与砂之間更加

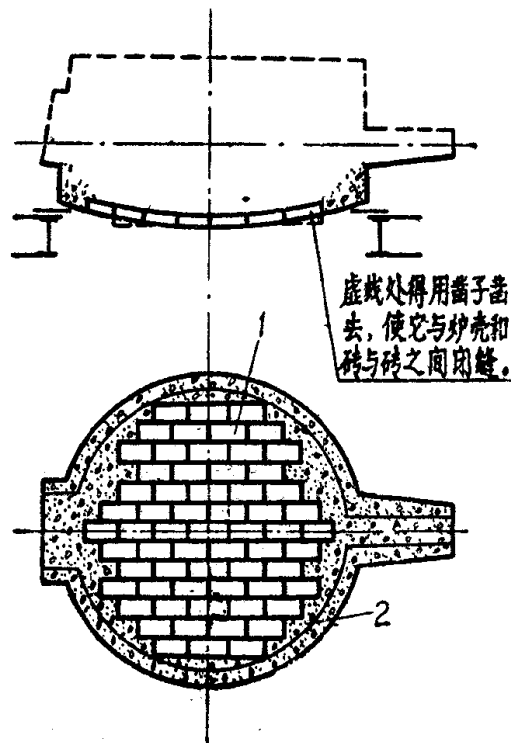


图3 修筑爐底

1—火砖；2—石英砂