

机 修 手 册

(修订第一版)

第四篇 第四册 工业炉的修理

中国机械工程学会

主 编

第一机械工业部



机械工业出版社

71/62
3
=4(4)

机械制造工厂
机械动力设备修理技术手册

第四篇 工业炉的修理
第四册

(修订第一版)

《机修手册》第四篇修订小组



机械工业出版社

本篇共四章，分别介绍铸造设备、锻压设备、起重运输设备和工业炉的修理，并按章分四册出版。

本册是第四篇第四章。书中着重从总结现场经验入手，介绍工业炉的修理特点，修理工艺和改装，修后验收要求和调整等，可供维修技术人员和工人参考。

本册煤炉部分是农机部天津设计院编写的，其余部分均是第一汽车制造厂编写的，特此一并说明。

第四篇 工业炉的修理 第四册

(修订第一版)

《机修手册》第四篇修订小组

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 19 1/8·字数 653 千字

1982 年 11 月北京第一版·1982 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—14,000·定价 2.35 元

*

统一书号: 15033·5219

修 订 说 明

《机修手册》试用本由于编写出版时间较早,有部分内容已陈旧,不能适应当前生产的需要。为此,尚未出版的少数试用本也就不再出版,而连同已出版的分册一起修订,一律以“修订第一版”的版本出版。

本手册修订后共分七篇。第一篇:设备修理的设计、计算与测绘;第二篇:设备零件的修复和加工工艺;第三篇:金属切削机床的修理;第四篇:铸造、锻压、起重运输设备和工业炉的修理;第五篇:动力设备的修理;第六篇:电气设备的修理;第七篇:设备的保养。

本篇是以试用本第二篇和第四篇有关章节调整而成,共分四章,均未出过试用本。

此次编写修订,修订小组和各编写单位虽然深入生产实践中进行调查研究,广泛听取机修人员的意见,但仍难免有不足之处或错误,希望广大读者继续提出意见,以便重版时修正。

本篇修订工作是在吉林省机械工业局的领导下组成修订小组负责进行的。参加小组的有:第一汽车制造厂,长春市机械工业局,长春拖拉机厂,长春市第一机床厂,长春市机床大修厂,长春市电炉厂等,顺此一并说明。

目 次

一、工业炉修理概述	4-1
(一) 机械工厂工业炉的分类	4-1
(二) 工业炉的修理特点	4-3
1. 修理次数多	4-3
2. 维修费用多	4-3
3. 非标设备多	4-4
4. 现场修理多	4-4
(三) 工业炉修理的主要内容	4-4
(四) 修理前的准备工作	4-8
1. 修前检查	4-8
2. 编制修理工艺	4-8
3. 材料备件准备	4-9
4. 修理用工具和器具	4-13
5. 修理现场的安排	4-16
二、炉用材料的使用	4-19
(一) 耐火材料	4-19
1. 对耐火材料的要求	4-19
2. 耐火制品的形状和尺寸	4-19
3. 耐火混凝土	4-26
4. 耐火纤维及其制品	4-26
5. 耐火粉料	4-52
6. 耐火材料的运输和保存	4-55
7. 耐火材料的使用	4-56
(二) 隔热材料	4-70
1. 对隔热材料的要求	4-70
2. 硅藻土质隔热材料	4-71
3. 石棉	4-72
4. 矿渣棉	4-74
5. 膨胀蛭石	4-74
6. 膨胀珍珠岩	4-75
7. 玻璃纤维	4-76
(三) 耐热铸铁	4-77
1. 耐热铸铁的分类	4-77
2. 耐热铸铁的使用	4-77

(四) 耐热钢	4-80
1. 对耐热钢的要求	4-80
2. 耐热钢的使用	4-84
(五) 电热材料	4-89
1. 对电热材料的要求	4-89
2. 电热合金	4-89
3. 钼丝	4-94
4. 硅碳棒	4-95
5. 硅钼棒	4-103
6. 碳质电热材料	4-110
(六) 其他炉用材料	4-110
1. 普通粘土砖	4-110
2. 低钙铝酸盐耐火水泥	4-111
3. 矾土水泥	4-111
4. 水玻璃	4-112
5. 卤水	4-112
6. 纸浆	4-112
7. 磷酸	4-112
8. 硼酸	4-113
9. 硅氟酸钠	4-113
10. 沥青	4-113
11. 煤焦油	4-114
三、砌砖体的修理	4-115
(一) 炉子基础	4-115
(二) 修理时砌砖的规则和方法	4-115
1. 砌砖的基本规则	4-115
2. 砍砖与和灰	4-116
3. 砌砖的方法	4-117
4. 砖缝厚度	4-134
(三) 膨胀缝	4-135
(四) 炉子隔热	4-137
1. 炉体隔热	4-137
2. 管道保温	4-138
(五) 耐火混凝土的施工	4-141
1. 耐火混凝土的制作	4-141
2. 预制块的砌筑	4-144
(六) 喷涂内衬	4-145
1. 喷补	4-145

2. 涂抹涂料	4-148
(七) 耐火纤维墙的衬砌	4-149
1. 层衬法	4-149
2. 叠衬法	4-153
3. 贴衬法	4-154
4. 预制块衬砌法	4-154
5. 电热合金元件的固定	4-155
(八) 冬季砌砖	4-156
(九) 常见易损部位分析	4-156
1. 锻造加热炉	4-156
2. 热处理电阻炉	4-158
3. 冲天炉	4-158
(十) 日常维护与修理	4-160
1. 日常维修	4-160
2. 热修	4-161
3. 冷修	4-162
四、金属构件的修理	4-164
(一) 金属构架	4-164
1. 金属构架的类型	4-164
2. 对金属构架的技术要求	4-164
3. 金属构架的修理	4-165
(二) 炉门和门框	4-170
1. 常见的炉门类型	4-170
2. 炉门和门框的修理	4-171
(三) 耐热钢构件	4-172
1. 耐热钢的机械加工	4-172
2. 耐热钢的焊接和切割	4-178
3. 耐热钢构件的制造	4-189
4. 耐热钢构件的使用和修理	4-197
五、炉用机械的修理	4-205
(一) 炉用机械的常用零件	4-205
1. 环状链和链轮	4-205
2. 片状链和链轮	4-205
3. 钢丝绳、绳轮和卷筒	4-206
4. 销齿条及钝轮	4-208
5. 心轴与转轴	4-208
6. 车轮与轴承	4-209
7. 齿轮	4-209

(二) 炉门升降机构	4-209
1. 炉门升降机构的类型和特点	4-210
2. 炉门升降机构常见故障分析	4-213
(三) 台车拖曳机构	4-214
1. 台车拖曳机构的类型和特点	4-214
2. 台车拖曳机构牵引力的简单核算	4-217
3. 台车拖曳机构常见故障分析	4-218
4. 传动装置的维修	4-219
(四) 连续式炉炉用机械	4-220
1. 推杆式炉炉用机械的修理	4-220
2. 传送带式炉炉用机械的修理	4-230
3. 气动振底炉炉用机械的修理	4-232
(五) 烟道闸门和提升机构	4-239
1. 烟道闸门的主要类型	4-239
2. 烟道闸门的常见故障分析	4-239
六、电热元件的修理	4-241
(一) 合金元件	4-241
1. 合金元件的制造	4-241
2. 合金元件的使用	4-259
3. 合金元件的验算	4-266
4. 合金元件的修理	4-272
5. 日常维护	4-281
6. 常见故障分析	4-282
(二) 钼丝	4-286
1. 钼丝的绕制和安装	4-286
2. 日常维护	4-289
3. 钼丝的验算	4-289
4. 常见故障分析	4-290
(三) 硅碳棒	4-291
1. 硅碳棒的安装	4-291
2. 日常维护	4-293
3. 硅碳棒的验算	4-295
4. 常见故障分析	4-297
(四) 硅钼棒	4-298
1. 硅钼棒的安装	4-298
2. 日常维护	4-299
(五) 碳管	4-301
1. 碳管加工	4-301

2. 碳管的安装和维护	4-303
3. 常见故障分析	4-304
七、燃烧装置的修理	4-305
(一) 燃料及其燃烧	4-305
1. 燃料分类和特性	4-305
2. 燃料燃烧简略计算	4-307
3. 燃料消耗量的核算	4-311
(二) 固体燃料燃烧装置	4-312
1. 燃煤装置的类型和特性	4-312
2. 炉箅类型和易损零部件	4-314
3. 煤粉燃烧装置的特性	4-316
4. 安装和维修	4-317
5. 常见故障分析	4-319
(三) 油嘴	4-320
1. 常用油嘴的类型和特性	4-320
2. 油嘴的安装	4-326
3. 油嘴的维修	4-327
4. 油嘴的验算	4-328
5. 常见故障分析	4-329
(四) 煤气烧嘴的维修	4-331
1. 烧嘴的分类和特性	4-331
2. 烧嘴的安装	4-331
3. 烧嘴的维修	4-337
4. 烧嘴的验算	4-339
5. 常见故障分析	4-339
八、辐射管的修理	4-343
(一) 煤气辐射管	4-343
1. 辐射管用材料	4-343
2. 套管式煤气辐射管的制作	4-345
3. 日常维护	4-348
4. 常见故障分析	4-349
(二) 电热辐射管	4-350
1. 电阻丝辐射管的制作	4-350
2. 电阻带辐射管的制作	4-351
3. 常见故障分析	4-352
九、换热器的修理	4-354
(一) 换热器的分类和特性	4-354
(二) 换热器的制造和修理	4-357

1. 块状换热器	4-357
2. 管状换热器	4-360
3. 针状换热器	4-361
4. 辐射换热器	4-366
(三) 换热器的核算	4-368
1. 换热器所需传热面积	4-368
2. 预热气体所需的热量	4-368
3. 求对数平均温度差	4-368
4. 换热器总传热系数(K)	4-370
5. 换热器壁温(t_b)	4-371
(四) 换热器常见故障分析	4-377
十、炉前管道和排烟系统的修理	4-379
(一) 炉前管道	4-379
1. 修理项目	4-379
2. 炉前煤气管道的修理	4-379
3. 炉前空气管道的修理	4-382
(二) 排烟系统	4-384
1. 排烟系统的分类	4-384
2. 烟道的维修	4-384
3. 烟囱的维修	4-384
4. 自然排烟系统的核算	4-385
5. 机械排烟装置的核算	4-391
6. 常见故障分析	4-392
十一、常用工业炉修理实例	4-395
(一) 半连续式煤气加热炉	4-395
1. 金属构架的修理	4-395
2. 砌砖体的修理	4-395
3. 水冷导轨的修理	4-395
4. 烧嘴的修理	4-396
5. 换热器的修理	4-396
6. 推料机的修理	4-396
7. 日常维护和故障分析	4-397
(二) 转壁式煤气加热炉	4-397
1. 炉壳的修理	4-397
2. 砌砖体的修理	4-398
3. 烧嘴的修理	4-398
4. 转动机械的修理	4-399
5. 日常维护和故障分析	4-399

(三) 台车式燃煤热处理炉	4-399
1. 炉子骨架的修理	4-402
2. 砌砖体的修理	4-402
3. 台车的修理	4-404
4. 日常维护和故障分析	4-404
(四) 井式渗碳电阻炉	4-405
1. 砌砖体的修理	4-405
2. 电阻丝的修理	4-408
3. 耐热钢构件的修理	4-408
4. 日常维护和故障分析	4-409
(五) 电极盐浴炉	4-411
1. 坩埚炉膛的修理	4-411
2. 电极的修理	4-416
3. 拉刀盐浴炉的修理	4-422
4. 启动电极的修理	4-425
5. 常见故障分析	4-427
(六) 连续式电加热无罐炉	4-427
1. 金属构架的修理	4-429
2. 砌砖体的砌筑	4-430
3. 电阻板的修理	4-433
4. 电热辐射管的安装	4-437
5. 导轨的装配和调整	4-437
6. 风扇的组装和安装	4-441
7. 阀门、水封和防爆盖	4-442
8. 烘炉和调整	4-443
9. 日常维护和故障分析	4-445
(七) 冲天炉	4-447
1. 炉壳的修理	4-447
2. 砌砖体的修理	4-447
3. 前炉的修理	4-451
4. 风管与风箱的修理	4-451
5. 换热器的修理	4-451
6. 除尘器的修理	4-452
7. 常见故障分析	4-453
(八) 碱性电弧炉	4-454
1. 炉底和炉坡的砌筑	4-455
2. 炉墙的砌筑	4-457
3. 出钢槽	4-465

4. 炉盖	4-465
5. 烘炉	4-469
6. 补炉和护炉操作	4-470
7. 常见故障分析	4-473
(九) 感应炉	4-474
1. 打结前的准备	4-475
2. 炉衬材料	4-476
3. 配制打结料	4-478
4. 打结坍塌炉衬	4-479
5. 烘炉和烧结	4-483
6. 感应器的制作和焊补	4-486
7. 电源接头的改进	4-491
8. 日常维护	4-491
9. 常见故障分析	4-494
十二、修理质量验收要求	4-496
(一) 炉子基础与砌砖	4-496
1. 炉子基础	4-496
2. 砌砖	4-496
(二) 炉子机械	4-497
1. 机械部分	4-497
2. 液压系统	4-498
3. 台车轨道	4-499
(三) 金属构件	4-500
(四) 电热元件	4-501
(五) 油嘴和烧嘴	4-502
(六) 换热器	4-502
(七) 管道系统与排烟系统	4-503
1. 管道系统	4-503
2. 排烟系统	4-505
(八) 电气线路	4-505
(九) 温度测量仪表	4-506
十三、常用工业炉的调整	4-507
(一) 工业炉调整的要求和方法	4-507
1. 调整任务	4-507
2. 调整内容	4-507
3. 调整方法	4-507
4. 烘炉	4-514
(二) 煤气炉的调整	4-521

1. 常见故障分析	4-521
2. 调整实例	4-523
(三) 油炉的调整	4-533
1. 常见故障分析	4-533
2. 调整实例	4-534
(四) 电阻炉的调整	4-540
1. 常见故障分析	4-540
2. 调整实例	4-545
(五) 可控气氛发生装置的调整	4-550
1. 可控气氛的分类和特性	4-550
2. 原料的种类和性质	4-550
3. 常见故障分析	4-550
4. 调整实例	4-560
(六) 常用测试仪表的使用	4-569
1. 温度测量仪表	4-569
2. 压力测量仪表	4-579
3. 流量测量仪表	4-581
4. 气体成分分析	4-589
(七) 工业炉安全操作要点	4-594
1. 煤炉	4-594
2. 油炉	4-594
3. 煤气炉	4-595
4. 电阻炉	4-597
5. 盐浴炉	4-598
6. 可控气氛炉	4-598
7. 冲天炉	4-599
8. 电弧炉	4-600
9. 感应炉	4-600

一、工业炉修理概述

(一) 机械工厂工业炉的分类

在工业领域中,为了改变物料性质和获得新材料,借燃料燃烧或电能转化发生的热量,对物料进行热加工的设备,称为工业炉。

机械工厂中的大量热加工工艺过程,都是在一定温度的情况下进行的,因此,工业炉是机械工厂中的主要设备之一。按其工艺用途,工业炉一般可分为:锻造用炉、热处理用炉和铸造用炉等。

锻造用炉主要是加热炉,供金属在锻造、轧制和冲压前的加热。例如:箱式炉、半连续式炉和转壁式炉等。

热处理用炉供改变金属内部组织为目的的加热(淬火、正火、退火和渗碳等)。例如:井式炉、盐浴炉和渗碳炉等。

铸造用炉主要有熔炼炉和干燥炉两类。熔炼炉供熔化和精炼金属用。例如:冲天炉、电弧炉和感应炉等。干燥炉供型砂、粘土和砂芯的烘干用。例如:热气流烘砂炉、滚筒干燥炉和立式干燥炉等。

机械工厂的工业炉按热源可分为燃料炉(煤炉、油炉和煤气炉)和电炉(电阻炉、电弧炉和感应炉)。按操作方式可分为间歇式炉和连续式炉。按工作温度可分为高温炉($>1000^{\circ}\text{C}$)、中温炉($650\sim 1000^{\circ}\text{C}$)和低温炉($<650^{\circ}\text{C}$)。按炉型可分为箱式炉、井式炉、台车式炉、振底式炉、辊底式炉、转底式炉、传送带式炉和盐浴炉等。

机械工厂的工业炉按修理复杂程度还可分为复杂、较难和一般三类(见表4-1-1)。

表 4-1-1 工业炉修理复杂程度分类表

类别	修理复杂程度	工业炉名称	大修周期(年)	备 注
燃料加热炉	一 般	反射式炉	1~1.5	结构一般,维修工作量较大,费用一般
		室式炉	1~1.5	结构简单,维修方便,费用小
		开隙式炉	1~1.5	结构一般,维修方便,费用小
		孔眼式炉	1~1.5	结构简单,维修方便,费用小

(续)

类别	修理复杂度	工业炉名称	大修周期 (年)	备 注
燃料 加 热 炉	较 难	半连续式炉	10月~1年	结构较复杂, 维修工作量大, 费用较大
		台车式炉	>1.5	结构较复杂, 维修工作量大, 费用一般
热 处 理 电 阻 炉	复 杂	转壁式炉	6~8月	结构复杂, 修理频繁, 费用较大
		专用机械化炉	>1.5	结构复杂, 修理时耗用工时多, 费用大
	一 般	箱式炉	1.5~3	结构简单, 维修费用较小
		坩埚式炉	1.5~3	结构简单, 维修费用较小
	较 难	电极盐浴炉	<6月	结构简单, 修理频繁, 费用一般
		振底式炉	1.5~3	结构较复杂, 维修工作量大, 费用较大
		井式炉	3~5	结构一般, 修理时耗用工时较多, 费用较大
		鼓形炉	3~5	结构较复杂, 维修工作量大, 费用大
		罩式炉	3~5	结构较复杂, 维修工作量大, 费用大
	复 杂	钼丝炉	6月~8月	结构较复杂, 修理时耗用工时多, 费用大
		传送带式炉	3~6	结构复杂, 维修工作量大, 费用大
		推杆式炉	>6	结构较复杂, 停修时间长, 维修费用较大
		连续式无罐炉	>6	结构复杂, 停修时间长, 修理工时多, 维修费用大
熔 炼 炉	一 般	回转式前炉	<1	结构一般, 修理频繁, 费用一般
		坩埚式熔化炉	>2	结构一般, 维修费用较小
	较 难	感应炉	<1	结构一般, 修理频繁, 打结较难, 维修费用较大
		电弧炉	<1	结构复杂, 修理频繁, 维修工作量大, 费用大
		冲天炉	>2	结构庞大, 修理频繁, 维修工作量大, 费用大

注: 大修周期按每年工作, 300天, 三班生产考虑。

虽然机械工厂中工业炉是多种多样的,但一般说来,都应具备下列几项要求:

- 1) 升温速度快,单位面积产量高;
- 2) 炉温易于控制,产品质量好;
- 3) 燃料或动能单位消耗量低,热效率高;
- 4) 结构简单,造价低,寿命长,维修方便;
- 5) 操作简单,机械化、自动化程度较高,劳动条件好。

(二) 工业炉的修理特点

工业炉的修理与其他设备相比,具有下列特点:

1. 修理次数多

工业炉在使用过程中不仅承受一般的机械磨损,而且还遭到高温作用以及在高温下产生的一系列物理-化学作用,从而加速了工业炉的损坏。因此,与一般冷加工设备相比,工业炉的技术状况易于发生变化,使用寿命短,修理次数多。在一般机械工厂中,工业炉的数量虽然只约占设备总数的5~8%,但每年大修理台数却占全部设备大修理台数的16~20%,这因为工业炉的大修周期一般比金属切削机床的短得多(具体可见表4-1-2)。

表 4-1-2 工业炉与金属切削机床大修理次数对比

设 备 名 称	大 修 周 期 (年)
燃料加热炉	1~1.5
热处理电阻炉	2~5
冲天炉	1
干燥炉	5~8
切削机床	8~12

注: 每年工作 300 天,两班生产。

2. 维修费用多

修理工业炉时需要一般设备常用的材料之外,还要使用许多适应高温工作条件的筑炉材料,例如:耐火材料、电热材料和耐热钢等。越是炉温高、机械化与自动化程度高的炉子,这些与“高温”有关的特殊材料就用得越多。

由于筑炉材料较贵,炉子修理频繁,因此在设备维修费用中所占的比重也比较大。以大修理费用为例,工业炉约占全部设备大修理费用的18~25%。现将工业炉与切削机床大修理费用的对比列于表4-1-3。

表 4-1-3 工业炉与切削机床大修费用对比

设备名称	型号规格	每次大修费用(元)
箱式煤气炉	1.8 米 ²	8000~9000
箱式电阻炉	RJX-45-9	6000~10000
井式渗碳炉	RJJ-60-9TG	10000~14000
车 床	C620	4000~6000

3. 非标设备多

由于热加工物料和加工工艺的多样性,以及各地技术经验和操作习惯的不同,导致炉型结构上的千差万别,因此在工业炉中非标设备多。在一般机械工厂中,工业炉中非标设备约占 60~70%。

为了适应生产的发展,非标工业炉经常需要修改,因此难以制订标准修理工艺。非标工业炉用各种构件也不易做到标准化、通用化和系列化,修前必须各自准备,从而给修理工作增加了困难。

4. 现场修理多

工业炉的主要组成部分是砌砖体,砖体笨重,不易搬移。一些非标设备还有基础,因此一般多为现场砌筑,即使炉子较小,也不宜搬移,因为搬移时的振动容易损坏砖体;炉壳构架也需就地安装组合;管道烟道更需就地连接配合,因此现场修理多。

由于现场修理,对时间和空间的安排,对修炉物资的运送,对工具和器具的准备,对水、电和压缩空气等动能的供应,对现场卫生的保持等,要根据生产和现场条件综合考虑,全面安排。这就对修理工作的组织提出较高的要求。

(三) 工业炉修理的主要内容

机械工厂的热加工工艺多半在 650~1700℃ 的温度下进行,因此,工业炉的砖体和构件承受着高温烧蚀和炉温急变等的作用,受到各种炉气、熔液和炉渣的化学侵蚀,还受到各种物料、高温气流和熔融金属的机械磨损。当然,设备结构不够合理、材质使用不当、备件制造、装配质量差,以及设备维护、操作不良等,也是使工业炉损坏的因素。

工业炉的修理可分为热修和冷修两种。热修一般属于事故抢修,是在减少或停止燃料(电能)供给,但炉子温度仍然相当高的情况下,修补炉子的损坏部分,以维持炉子的正常生产。将炉子停炉冷却后进行的修理称为冷修。冷修一般是有计划的修理,应消除炉子所存在的一切缺陷。