

硫酸工艺设计手册

工艺计算篇

DESIGN HANDBOOK OF
SULPHURIC ACID PROCESS

PROCESS DESIGN



南京化学工业(集团)公司设计院编写
化工部硫酸工业信息站出版

硫酸工艺设计手册

81-22/073
4002

硫酸工艺设计手册

工艺计算篇

南京化学工业(集团)公司设计院编写
化工部硫酸工业信息站出版

1994年·南京

060554

《硫酸工艺设计手册——工艺计算篇》编写人员：

第三章 工艺设计参数 洪凯松

第四章 工艺设备计算的方法和数据

第一节 硫铁矿的处理 陶长余

第二节 硫铁矿的焙烧 洪凯松 魏而宏 施从南

第三节 废热锅炉 管 荻

第四节 炉气的净化 张一麟

第五节 气体的干燥和吸收 沙业汪 徐光华

第六节 二氧化硫转化成三氧化硫 孙仲坡 张开平

第七节 尾气回收 邓咏佳

第八节 硫磺的预处理及其燃烧 凌承相 沙业汪

第九节 污水处理和循环冷却水的设计 王光裕

审核 沙业汪 孙仲坡 洪凯松

原《接触法硫酸工艺设计常用参考资料选编》第二分册编写人员：洪凯松 陶长余 单炳芳 魏而宏 施从南 林嵩明 管 荻 徐武扬 戴美玉 沙业汪 孙仲坡 曾广海 凌承相 邓咏佳 李有林，审核：沙业汪 孙仲坡 洪凯松。另外，李学荣 徐光华 隋家琪 吴依丽 吴丽丽 方志勤 仇和生等同志曾给予协助。

《硫酸工艺设计手册——工艺计算篇》编辑人员：

主编 虞钰初

编辑 于永生 王礼康 陈建刚

硫酸工艺设计手册 工艺计算篇

南京化学工业(集团)公司设计院编写
化工部硫酸工业信息站出版

南京大厂区 邮政编码:210035

南京金城印刷厂印刷

字数 50 万 1994 年 4 月

目 录

第三章 工艺设计参数	1
第一节 流体速度	1
一、管道流速	1
二、单体设备流速	3
第二节 传热系数	5
第三节 传质系数	8
一、水汽的吸收速度系数	8
二、三氧化硫的吸收速度系数	8
三、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵吸收二氧化硫的吸收速度系数	9
第四章 工艺设备计算的方法和数据	10
第一节 硫铁矿的处理	10
一、硫铁矿的性质	10
1. 硫铁矿的来源	10
2. 硫铁矿的密度和堆积角	11
3. 硫铁矿的硬度	11
4. 几个矿山硫铁矿的主要成分	11
5. 对硫铁矿的质量要求	14
二、硫铁矿的卸运及其贮存	14
1. 原料工序的生产任务	14
2. 铁路料车进库的卸车贮存方式	15
3. 铁路料车不进库的卸车贮存方式	15
4. 硫铁矿的水运装卸和贮存方式	17
5. 硫铁矿仓库及露天堆场	17
6. 仓库堆料量的计算	20
三、硫铁矿的加工处理	20
1. 尾砂不干燥的流程	20
2. 以块矿为主的流程	20
3. 以混合矿为主的流程	20
4. 尾砂的干燥装置	22
四、硫铁矿加工处理过程中的防尘措施	36
1. 防尘原则	36
2. 防尘系统的一般要求	37
五、设备选型和生产能力的计算	38
1. 桥式抓斗起重机	38
2. 斗式提升机	38
3. 带式输送机	41
4. 颚式破碎机	46
5. 反击式破碎机	46

6. 双辊破碎机	47
7. 筛分设备	48
8. 圆盘给料机	49
9. 沸腾炉用胶带加料机	49
10. 其他	50
参考资料	51
第二节 硫铁矿的焙烧	51
一、焙烧过程的物料和热量计算公式	51
1. 矿渣产率和硫的烧出率	51
2. 炉气组分的计算	56
3. 焙烧热效应	60
二、沸腾炉	61
1. 炉床的焙烧强度	61
2. 操作气速	63
3. 炉膛容积	64
4. 炉的容积强度	64
5. 沸腾层高度	64
6. 炉膛总高度	65
7. 前室	66
8. 风帽	66
9. 二次风及前室风	67
10. 沸腾层终端速度	67
11. 沸腾层起始速度	68
12. 沸腾层压力降	69
13. 沸腾层内的传热	69
14. 烟尘率	70
15. 沸腾炉的几种结构形式	70
三、炉气冷却器	70
四、旋风除尘器	73
1. 选型原则	73
2. 结构尺寸和设计步骤	73
3. 设计参数	75
4. 主要性能和参数	77
5. 设计和使用中的注意事项	77
五、电除尘器	80
1. 硫酸生产中电除尘器的特点及其主要部件的基本功能	81
2. 电除尘器的理论基础	89
3. 设计计算的步骤	100
4. 电除尘器使用情况	108
六、矿渣输送方法及设备	108
1. 埋刮板输送机	112
2. 冷却滚筒	113
3. 矿渣增湿器和冷却增湿滚筒	114
4. 水力输送矿渣	116

5. 风动输送矿渣	116
参考资料	118
第三节 废热锅炉设计计算	119
一、概况	119
二、原始数据和参数的确定	119
1. 硫铁矿制酸废热锅炉的工艺条件	119
2. 硫磺制酸废热锅炉的工艺条件	120
3. 蒸汽参数的确定	121
三、热力计算	121
1. 焓—温表	121
2. 热平衡计算	123
3. 传热计算	124
4. 过热器设计计算	138
四、水力计算和炉气阻力计算	143
1. 管内总压降的基本计算方法	143
2. 摩擦阻力和局部阻力的计算方法	143
3. 过热器阻力计算	153
4. 多倍强制循环锅炉的水动力计算	153
5. 自然循环锅炉结构设计推荐	166
6. 炉气阻力计算	167
五、国内几台硫酸废热锅炉的技术特性	173
1. 强制循环锅炉	174
2. 混合循环锅炉	178
3. 自然循环锅炉	181
4. 硫磺制酸废热锅炉	183
参考资料	184
第四节 炉气的净化	184
一、净化流程简介	184
1. 湿法净化	184
2. 干法净化	187
二、净化指标	187
三、湿法净化除氟问题	188
1. 氟的来源	188
2. 炉气中氟的形态	189
3. 氟的腐蚀	190
4. 炉气的除氟净化	190
5. 防止氟腐蚀的措施	192
四、湿法净化除砷问题	192
五、空心洗涤塔	194
1. 冷却塔（第一洗涤塔）	194
2. 用于热浓酸洗涤的空塔	199
六、填料洗涤塔	200
七、泡沫洗涤塔	200
1. 筒况	200

2. 泡沫塔的选型	200
3. 塔板数的确定	200
4. 气体流速和塔径的确定	206
5. 溢流装置的计算	207
6. 其他尺寸的确定	209
7. 塔板自由截面积	209
8. 塔板间距	211
9. 泡沫塔的流体阻力	211
10. 捕沫装置	212
八、湍动塔	212
1. 简况	212
2. 塔的参数和计算	212
3. 小球的选取	213
4. 小球填充数的计算	213
5. 塔的段数	214
6. 压力降的计算	214
7. 临界气速	215
8. 湍球塔的优点和存在的问题	215
9. 湍球塔的特性	216
九、内喷文氏管	216
1. 简况	216
2. 结构形式	216
3. 喉管气速和喉管直径	216
4. 喉管长度	218
5. 收缩管和扩散管	218
6. 喷嘴	219
7. 压力降	219
8. 材料	220
十、外喷文氏管	220
1. 简况	220
2. 喉管直径	221
3. 喉管长度	221
4. 收缩管和扩散管	221
5. 水喷射装置	221
6. 压力降	222
十一、冲击洗涤器	222
1. 简况	222
2. 设计参数	222
3. 特性	223
十二、复挡除沫器	223
1. 简况	223
2. 结构形式	223
3. 主要工艺参数的确定	224
4. 复挡设计尺寸的计算公式	224

5. 压力降	225
十三、间接冷凝器	225
1. 筒况	225
2. 传热系数的确定	225
十四、电除雾器	226
1. 筒况	226
2. 除雾效率	228
3. 管式电除雾器特性	228
4. 管式电除雾器设计参数	228
十五、稀酸泵	228
1. 筒况	228
2. 稀硫酸的物理性质对选泵的影响	228
3. 稀酸泵的选择和使用	230
参考资料	231
第五节 气体的干燥和吸收	232
一、概况	232
1. 酸循环流程的选择	232
2. 设备的选择	232
二、工艺计算的基础数据	233
1. 工艺计算基础	233
2. 干燥塔处理的气体量、气体含水量和产酸浓度	235
3. 吸收塔处理的气体量	236
三、填料塔的设计	237
1. 塔的操作速度	237
2. 传质面积	239
3. 塔的直径、填料高度	240
4. 传质单元数法计算填料高度	240
5. 压力降	243
6. 填料的选择	244
7. 填料层的持酸量	245
8. 分酸装置	246
9. 国内干吸塔设备特性	247
10. 填料的特性	247
附录：国外填料的特性	254
四、酸循环槽	256
1. 型式	256
2. 容积的确定	257
五、酸冷却器	257
1. 铸铁排管冷却器	257
2. 带阳极保护管壳式酸冷却器	260
3. 板式换热器	260
六、过滤器	260
1. 焦炭	260
2. 素烧陶瓷管	260

3. 丝网	261
4. 纤维除雾器	262
七、酸泵	263
1. 液下泵	263
2. F型悬臂式耐腐蚀离心泵	269
3. LB型泵	271
4. 浓硫酸专用液下泵	272
参考资料	272
第六节 二氧化硫转化成三氧化硫	274
一、概况	274
二、基本原理	274
三、工艺流程	276
1. 换热流程的选定	285
2. 计算基准	285
3. 二氧化硫气浓度差	285
4. 各段催化剂层进口温度的选取	285
5. 催化剂层的总转化率	285
6. 总温度降的选取	285
7. 进入换热器的气体温度	285
四、两次转化工艺中几个问题的讨论	287
1. 炉气中 SO_2 与 O_2 浓度的关系	287
2. 两次转化系统的散热	287
3. 换热流程与生产规模	287
五、转化装置	287
1. 中小型转化装置	287
2. 大中型转化装置	288
3. 催化剂的用量(装填量)和分配	293
六、换热器	293
1. 老式换热器的缺点	294
2. 高效换热器的设计	294
3. 换热器的计算方法	294
4. 几点体会	296
5. 换热器计算的符号说明	301
七、硫酸生产常用的二氧化硫鼓风机	302
1. 离心式鼓风机	303
2. 罗茨式鼓风机	306
八、转化工序升温预热系统	307
1. 电炉升温预热	307
2. 预热炉预热器升温预热	308
九、保温	308
1. 保温材料的基本性能及选用要求	308
2. 常用绝热材料性能	309
3. 保温厚度计算	309
参考资料	312

第七节 尾气回收	313
一、概况	313
二、基本原理	313
1. 吸收	313
2. 再生	314
3. 分解	314
4. 中和	314
三、氨—酸法一般技术经济指标	314
四、物料平衡	314
1. 吸收系统公式的推导	314
2. 送分解系统母液量计算式的推导	316
五、热量平衡	317
1. 吸收反应(塔反应)热	317
2. 再生反应(循环槽反应)热	318
3. 副反应(氧化反应)热	318
六、副反应	318
1. 氧化反应	318
2. 自动分解反应	319
七、工艺流程的选择	319
1. 高酸度, 空气脱吸分解	320
2. 高酸度, 蒸汽加热分解	320
3. 低酸度, 间接蒸汽加热分解	321
4. 合理的尾吸流程	322
八、两段、三段氨法尾气回收	323
1. 泡沫塔两段氨法	323
2. 管道式复喷复挡两段氨法	323
3. 管道式复喷复挡三段氨法	325
4. 以碳铵为原料两段氨法制造固体亚铵	325
5. 三段氨法制造固体亚铵	325
九、工艺设计参数的选择	328
1. 吸收液的组分	328
2. 空塔速度	335
3. 淋洒密度	335
4. 分解酸度	337
5. 分解温度	338
十、硫酸溶液的蒸发和结晶	339
十一、主要设备的选型	340
1. 吸收设备	340
2. 分解塔	345
3. 母液循环泵	346
4. 硫酸溶液输送泵	348
5. 硫酸溶液蒸发器	348
6. 离心机	348
7. 硫酸溶液高位槽	348

8. 晶浆滤槽	348
9. 硫酸溶液泵	348
十二、材料	348
1. 吸收塔	348
2. 分解塔	349
3. 母液循环槽	350
4. 中和槽	350
5. 母液循环泵	350
6. 硫酸溶液输送泵	350
7. 工艺管道, 阀门及排气筒	350
参考资料	351
第八节 硫磺的预处理及其燃烧	352
一、固体硫磺的处理和贮存	352
二、液体硫磺的输送	352
1. 输硫管道	352
2. 阀门	354
3. 泵	355
三、熔硫槽、澄清槽和精硫槽的容积	356
四、熔硫槽、澄清槽、精硫槽和液硫贮罐所需的传热面积	356
1. 熔硫槽	356
2. 澄清槽、精硫槽和液硫贮槽	360
五、硫磺的燃烧	361
1. 燃烧过程物料和热量计算公式	361
2. 焚硫炉	364
六、气体过滤器	370
参考资料	370
第九节 污水处理和循环冷却水的设计	371
一、概况	371
1. 污水的排放量	371
2. 污水的水质	372
二、污水处理的设计	372
1. 化灰系统	372
2. 中和沉降部分	375
3. 污泥处理部分	382
三、处理水回用问题的讨论	386
四、循环冷却水的设计	387
1. 基础资料的收集	388
2. 循环水水质指标	388
3. 循环冷却水处理方法	388
参考资料	390

第三章 工艺设计参数

第一节 流体速度

一、管道流速

下面给出的数据,仅供估算管径之用。对于重要部位的管道和通道的最终尺寸,应根据所处环境、压力降、投资及运行费用所制约的经济流速而定。

项 目 及 条 件		操作流速 m/s
SO ₂ (出炉)	400~900℃	15~20
SO ₂ (经部分净化)	≤100℃	10~15
	200~450℃	12~18
SO ₂ 气体	100~260℃	11~15
	400~600℃	15~20
硫酸(压力下流动)	<100℃	0.8~1.2
硫酸(重力下流动)	<100℃	0.3~0.7
硫酸(塔出口)	<100℃	0.2~0.3
硫酸(淋洒冷却器) 压力下流动	<100℃	0.5~0.8
硫酸(淋洒冷却器) 重力下流动	<100℃	0.3~0.5
硫酸溢流管	<100℃	0.2~0.4
厚壁钢管长距离输送硫酸	<100℃	0.8~1
316 型不锈钢、铸铁管等输送浓硫酸		1~1.25
压缩空气	<981kPa ($<10\text{kgf/cm}^2$)	15~20
饱和蒸汽	Dg > 200 mm	30~40
	200~100 mm	25~35
	<100 mm	15~30
过热蒸汽	Dg > 200 mm	40~60
	200~100 mm	30~50
	<100 mm	20~40
二次蒸汽	利用	15~30
	不利用	60
乏汽排气管	从受压容器排出	80
	从常压容器排出	15~30
高压乏汽		80~100
过热蒸汽短管	>981kPa(绝) [$>10\text{kgf/cm}^2$ (绝)]	33~75
进冷凝器的蒸汽		4.5~25
连接蒸汽透平的蒸汽	到透平的进口管	30~45
	不冷凝的排气管	50~60
	冷凝的排气管	150~120
负压条件下气体		5~15
压缩气体	P ≤ 294kPa(表) [$≤3\text{kgf/cm}^2$ (表)]	8~12
	P = 294~588kPa(表) (3~6kgf/cm ² (表))	10~20
	P = 588~981kPa(表) (6~10kgf/cm ² (表))	10~15
	P = 981~1962kPa(表) (10~20kgf/cm ² (表))	8~12
	P = 1962~2940kPa(表) (20~30kgf/cm ² (表))	3~6
	P = 2940~29400kPa(表) (30~300kgf/cm ² (表))	0.5~3

项 目 及 条 件		操作流速 m/s	
氧 气	P=0~49kPa(表) [0~0.5kgf/cm ² (表)]	5~9	
	P=49~588kPa(表) [0.5~6kgf/cm ² (表)]	7~8	
	P=588~981kPa(表) [6~10kgf/cm ² (表)]	4~6	
	P=981~1962kPa(表) [10~20kgf/cm ² (表)]	4~6	
	P=1962~2940kPa(表) [20~30kgf/cm ² (表)]	3~4	
煤气(管长为50~100m)			
	P≤26.7 kPa (<200mmHg)	0.75~3	
	P≤267 kPa (<2000mmHg)	8~12	
	P≤800 kPa (<6000mmHg)	3~12	
半水煤气	P=98~147 kPa(表) [1~1.5kgf/cm ² (表)]	10~15	
天然气		30	
烟道气	砖或混凝土烟道	自然通风 机械通风	3~5 6~8
	金属管道	自然通风 机械通风	8~10 10~15(最大)
排气筒		10(最大)	
石灰窑窑气		10~12	
氮 气	P=4900~9810kPa(绝) [50~100kgf/cm ² (绝)]	2~5	
氨(气)	负压条件	15~25	
	P<294kPa(表) [<3kgf/cm ² (表)]	8~15	
	P<588kPa(表) [<6kgf/cm ² (表)]	10~20	
	P<1962kPa(表) [<20kgf/cm ² (表)]	3~8	
液 氨	负压条件	0.05~0.3	
	P≤588kPa(表) [≤6kgf/cm ² (表)]	0.3~0.8	
	P≤1962kPa(表) [≤20kgf/cm ² (表)]	0.8~1.5	
氯化钙溶液		1.2	
氢氧化钠溶液	浓度<30%	1.8	
	30%~50%	1.5	
	50%~73%	1.2	
氯化钠溶液	带有固体	1.8~4.5	
	无 固 体	1.5	
油 类	粘度<0.01Pa·s(<10cP)	2.0	
	0.05Pa·s(50cP)	0.5~1.6	
	0.1Pa·s(100cP)	0.3~1.6	
	1Pa·s(1000cP)	0.1~0.55	
排出废水及自流液体		0.4~0.8	
浆状混合物	浓度15%	2.5~3	
	25%	3~4	
	65%	2.5~3	
进再沸器的液体(非泵进口)		0.6~2	
出再沸器的气液混合物		4.6~9	
水 主管	P=294kPa(表) [3kgf/cm ² (表)]	1.5~3.5	
	支管 P=294kPa(表) [3kgf/cm ² (表)]	1~1.5	
锅炉给水	P>785kPa(表) [>8kgf/cm ² (表)]	1.2~3.5	
蒸汽冷凝水		0.5~1.5	

项 目 及 条 件		操作流速 m/s	
过热水		2.0	
海水、微咸水、盐水		1.5~2.5	
沸腾液体(泵吸入)		0.15~0.9	
水及粘度相似的液体	往复泵吸入(常温)	0.5~1.5	
	往复泵排出(常温)	1~2	
	离心泵吸入(常温)	1.5~3	
	(70~110℃)	0.5~1.5	
	离心泵排出	1.5~3	
	高压离心泵排出	3~3.5	
	齿轮泵吸入	<1	
	齿轮泵排出	1~2	
	空气输送粉粒体	炭粉、水泥	20~35
		煤渣	40~60
	砂	30~45	
	含硫尾砂	20~30	
水力输送粉粒体	石灰、煤	3~3.5	
	矿石	3~4	
强制通风管道		12~18	
鼓风机	吸入	10~15	
	排出	15~20	
致冷剂的蒸汽管	高压	5~15	
	低压	10~25	
致冷剂的液体管		1.0	
压缩机 吸入		10~20	
	排出 P<981 kPa(绝)	[<10kgf/cm ² (绝)]	8~10
	P=981~9810kPa(绝)	[10~100kgf/cm ² (绝)]	10~20
	P>9810kPa(绝)	[>100kgf/cm ² (绝)]	8~12
往复式真空泵	吸入	13~16	
	排出	25~30	
油封式真空泵吸入管		10~13	
易燃易爆介质安全流速允许值	氢气、氧气	<8	
	乙醚、苯、二硫化碳	<1	
	甲醇、乙醇、汽油	<2~3	
	丙酮	<10	

二、单体设备流速

序号	设备名称	操作流速 m/s	备 注
1	硫铁矿沸腾焙烧炉		由矿粒度和气体分布要求确定
	风帽小孔	25~75	
	沸腾层	0.6~3.6	
	扩大层	0.5~1.0	
2	废热锅炉		

序号	设备名称	操作流速 m/s	备注
	烟道气(纵向冲刷炉管)	4~6	
	烟道气(横向冲刷炉管)	3~5	
	强制循环水进口	0.7~1	
	沸腾炉内冷却水管	0.7~1	
	过热蒸汽管	15~25	
3	旋风除尘器		
	进口	15~25	
	截面假速度	3.3~4.3	
4	重力除尘器	0.1~0.4	
5	挡板室(惯性除尘器)	5~10	
6	袋式或填充纤维过滤器	0.01~0.03	
7	电除尘器	0.8~1	硫铁矿沸腾焙烧
8	中空洗涤塔	0.6~1.2*	进塔气温 350℃,
		1.6(国外)	喷淋密度 15~20m ³ /(m ² ·h)
9	管式电除雾器	0.8~1.2	大化公司 1.67 m/s, 德国鲁奇公司 2.5~5 m/s
10	填料洗涤塔	0.8~1.3	取决于系统压力及所用填料,
		1.7(国外)	喷淋密度 15~25m ³ /(m ² ·h)
11	填料干吸塔	0.6~1.8	取决于系统压力及所用填料,
	螺旋,拉西环	0.6~1.0	喷淋密度 12~25m ³ /(m ² ·h)
	矩鞍形,阶梯环	1.2~1.8	
		1.8~2.4	(国外数据)
12	泡沫洗涤塔、干燥塔	1.6~2.6	液气比 2/1000~2.5/1000m ³ /m ³
	筛孔流速 用于除尘	11~16	
	用于吸收换热	11~14	
	用于解吸	13~16	
	溢流式 溢流箱液流	<0.1	不包括泡沫液体 一般 0.05m/s
	水封内液流	0.15	
13	湍动塔	2.5~5	喷淋密度 30~40m ³ /(m ² ·h)
	用于净化除尘	2.5~3	
	用于干燥	3~5	
14	冲击洗涤器		
	冲击速度	50~70	即环隙速度
	冲击管速度	10~15	
15	文氏管(文—泡—文流程)		
	一文: (1)炉气从 400℃降到 60~70℃	40~70	液气比 0.7/1000~0.9/1000 m ³ /m ³
	(2)尘从 50g/m ³ 降至 0.1g/m ³		ΔP = 1177 ~ 1569Pa (120 ~ 160mmH ₂ O)

* 此处系标准状态下流速。

序号	设备名称	操作流速 m/s	备注
	二文, 风机出口酸雾 < 0.03g/m ³	75~90	液气比 0.7/1000 ~ 0.85/1000m ³ /m ³ , 50~60℃, 气体均按进口状态计
	内喷文氏管 (炉气从 400℃ 降到 60~70℃)	40~60	液气比 0.6/1000~1.0/1000 m ³ /m ³ ΔP = 883 ~ 1177Pa (90 ~ 120mmH ₂ O)
16	星形间接冷凝器		
	混合气在管内流速(干基)	8~12	
	水在管外流速	0.2~0.4	
17	素瓷过滤器(以外表面计算)	0.02~0.04	
18	焦炭过滤器 (内装 5~25mm 焦炭)	0.3~1	
19	金属丝网过滤器	3~3.5	
20	转化器 SO ₂ (SO ₂ 平均温度 ~ 470℃)	0.25~0.35*	国外 ~ 0.45*
21	换热器管内外质量流速	7~14 kg/(m ² ·s)	

* 此处系指标准状态下流速。

第二节 传热系数

本节数据采用法定计量单位 W/(m²·K), 但原单位值仍保留。

$$1\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1.16222\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

序号	设备	传热系数 K		备注
		W/(m ² ·K)	kcal/(m ² ·h·°C)	
1	回转干燥窑 干燥硫精砂	K=0.831G ^{0.4}	K=0.715G ^{0.5}	容积传热系数, W/(m ² ·K); 干气体质量速度 G 一般为 150~200kg/(m ² ·h)
2	沸腾炉冷却管	209~290.5	180~250	其值随焙烧强度的增加而 提高。其大小根据沸腾层的位 置决定
3	炉气冷却器			
	钢管内衬 50mm 耐热 混凝土	11	9.5	800~900℃
	钢板管	23.2	20	600~800℃
	钢板管	17.4	15	450~600℃
	钢板内衬 113mm 耐火 砖	5	4.4	360~600℃
	钢管	3.5~11.6	3~10	300~400℃

序号	设 备	传 热 系 数 K		备 注
		$W/(m^2 \cdot K)$	$kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$	
	钢管外壁焊翅片	13.9~15.7	12~13.5	470~640 $^\circ C$
	强制通风翅片式	24.4~27.9	21~24	
	夹套式强制通风(错流)	39	33.6	夹套空气操作流速 16.3~19.1 m/s(逆流通风)
	夹套式强制通风(逆流)	37.2	32	
4	废热锅炉			
	(1)低压式,双套管	20.9~23.2	18~20	夹层填氧化硅
	(2)中压式(强制循环)			
	过热器	41~48	35~41	
	第一蒸发区	29	25	
	第二蒸发区	26.7	23	
	沸腾层内埋管	~290	~250	
	(3)中压式(自然循环)			
	第一蒸发区	37.2	32	
	第二蒸发区	34.9	30	
	第三蒸发区	27.9	24	
	沸腾冷却管	209~232	180~200	
	(4)卧式(强制循环)			
	第一蒸发区	36.6	31.5	
	二级过热器	36.6	31.5	
	一级过热器	34.9	30	
	第二蒸发区	34.9	30	
	第三蒸发区	32.5	28	
5	中空冷却塔 (净化降温除尘)	186~232	160~200	容积传热系数, $W/(m^3 \cdot K)$; $kcal/(m^3 \cdot h \cdot ^\circ C)$
6	填料洗涤塔(净化降温)	29~41	25~35	容积传热系数, $W/(m^3 \cdot K)$; $kcal/(m^3 \cdot h \cdot ^\circ C)$
7	泡沫塔	58811~ 23244	5000~20000	容积传热系数, $W/(m^3 \cdot K)$; $kcal/(m^3 \cdot h \cdot ^\circ C)$
8	钢制螺旋冷却器 (用于 105%发烟硫酸, 水速 0.5~1m/s)	$K=511w^{0.701}$	$K=440w^{0.704}$	w 为酸速, m/s
9	泡沫塔内的蛇管(用 于 105%发烟硫酸)	872~1104	750~950	
10	搅拌式蛇管冷却器 (搅拌轴转速 68~122 r/min, 内装 $\varnothing 52/62$ mm 铅盘管、 $\varnothing 360$ mm 蛇形) (水速 0.3~1m/s)	581~988	500~850	