

换热器的工艺参数参考表

一. 总传热系数

表 3-1 原油总传热系数参考表

介质名称	壳程		管程			经验总传热系数 ($W/m^2 \cdot K$)
	定性温度 / $^{\circ}C$	质量流率 ($kg/m^2 \cdot s$)	介质名称	定性温度 / $^{\circ}C$	质量流率 ($kg/m^2 \cdot s$)	
原油	120~150	650~700	常一中油	160~180	360~550	200~310
未脱盐原油	70~80	500~650	常二线油	140~145	400~500	180~200
原油	120~200	450~600	常二中油	230	500~700	230~310
原油	100~120	600~800	常三线油	190~240	550~700	270~310
原油	150	700~800	常三中油	280	550~650	350~370
原油	180~200	450~600	减一中油	240	230	290~310
原油	250	550	催化油浆	290	550~850	140~260

表 3-2 油品换热器的经验总传热系数参考表

名称	壳程		管程			
	相对密度 γ_4^{20}	结垢热阻 ^① ($m^2 \cdot K/W$)	水	汽油	轻柴油	重柴油
			垢阻 0.00034 $m^2 \cdot K/W$	垢阻 0.00017 $m^2 \cdot K/W$	垢阻 0.00034 $m^2 \cdot K/W$	垢阻 0.00052 $m^2 \cdot K/W$
			经验总传热系数($W/m^2 \cdot K$)			
C3 馏分		0.00017	520	490	490	460
C4 馏分		0.00017	490	460	440	440
汽油	0.775	0.00017	440	440	380	350
轻汽油	0.697	0.00017	460	440	320	320
重汽油	0.797	0.00017	410	370	320	290
柴油	0.821	0.00017	330	350	320	290
轻柴油	0.872	0.00034	280	350	290	290
重柴油	0.918	0.00051	240	320	290	260
蒸馏残油	0.948	0.00086		320	260	230
重燃料油	0.996	0.00086		260	230	200

注:①如果结垢热阻与本表中不符, 可对经验总传热系数进行调整, 调整后的 $K=1/(1/K+r')$, r' 为附加的结垢热阻。

表 3-3 加氢、重整和润滑油换热器的经验总传热系数参考值

壳程	管程	总传热系数 ^① (W/m ² ·K)	过程说明及结垢热阻
重整油料~H ₂	重整生成油~H ₂	290~520 ^②	包括气化过程
重整油料~H ₂	水	290~430	包括冷凝过程
预加氢油料~H ₂	预加氢生成油料~H ₂	230~430 ^②	包括气化过程
预加氢油料~H ₂	水	290~430	包括冷凝过程
芳烃	水	230~430	
异芳烃	水	290~430	
芳烃~溶剂	水	230~430	
芳剂(二乙二醇型)	水	230~430	
蜡油	油	76~130	包括总垢阻 0.00086(m ² ·K)/W
蜡油	水	40~140	包括总垢阻 0.00036(m ² ·K)/W
润滑油	油	60~110	包括总垢阻 0.00103(m ² ·K)/W
润滑油(高粘度)	水	140~290	包括总垢阻 0.00051(m ² ·K)/W
润滑油(低粘度)	水	230~460	包括总垢阻 0.00034(m ² ·K)/W
乙醇胺溶液	乙醇胺溶液	580~810	
乙醇胺溶液	水	580~810	

注：①结垢严重的取下限，结垢轻的取上限。

②若油品不易结垢，并且储罐中有惰性气体保护时，K值可用上限，否则用下限。

表 3-4 馏分油油气冷凝器经验总传热系数参考值

壳程 冷 凝 介 质			管程 冷 却 介 质			
名 称	相对密度	垢阻 m ² ·K/W	冷却水	轻汽油	煤油	轻柴油
			垢阻 0.00034 m ² ·K/W	垢阻 0.00017 m ² ·K/W	垢阻 0.00017 m ² ·K/W	垢阻 0.00034 m ² ·K/W
			总传热系数/W/(m ² ·K)			
C3		0.00017	550			
C4		0.00017	520	465	320	230
汽油油气	0.775	0.00017	465			
轻汽油油气	0.697	0.00017	495	320		
粗汽油油气	0.797	0.00017	435	405	290	200
煤油油气	0.821	0.00017	350		290	200
轻柴油油气	0.872	0.00034	290	405	320	175
重柴油油气	0.918	0.00052	260	405	230	175

表 3-5 塔顶油气等冷凝器的总传热系数参考值

壳程	管程	$K/W/(m^2 \cdot K)$	说明
初馏塔顶油气	水	230	50%冷凝
常压分馏塔顶油气	水	350~580	
再蒸馏塔顶油气	水	400	
稳定塔顶油气	水	460	
烃的气体分馏塔顶油气	水	460~580	
重整产品	水	350	
低沸点烃类(常压、中压)	水	460~580	K 中包含 $0.00052 m^2 \cdot K/W$ 的总垢阻
高沸点烃类(减压)	水	115~290	K 中包含 $0.00052 m^2 \cdot K/W$ 的总垢阻
烃类油气(部分冷凝)	油	145~520	K 中包含 $0.00069 m^2 \cdot K/W$ 的总垢阻
不凝气含量较低的烃类气体	水	290~700	K 中包含 $0.00052 m^2 \cdot K/W$ 的总垢阻
不凝气含量较高的烃类气体	水	115~350	K 中包含 $0.00052 m^2 \cdot K/W$ 的总垢阻

管壳式换热器

(1) 用作冷凝器

表 3-6-1

高温流体	低温流体	总传热系数范围 $kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$	备注
水	水	1200~2440	污垢系数 $0.0006(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)/kcal$
甲醇、氨	水	1200~2440	
有机物粘度 $0.5cP$ 以下 ^①	水	370~730	
有机物粘度 $0.5cP$ 以下 ^①	冷冻盐水	190~490	
有机物粘度 $0.5 \sim 1.0cP$ ^②	水	240~610	
有机物粘度 $1.0cP$ 以上 ^③	水	24~370	
气体	水	10~240	
水	冷冻盐水	490~1000	
水	冷冻盐水	200~500	传热面为塑料衬里
硫酸	水	750	传热面为不透性石墨,两侧传热膜系数均为 $2100kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$
四氯化碳	氯化钙溶液	65.5	管内流速 $0.0052 \sim 0.011m/s$
氯化氢气(冷却除水)	盐水	30~150	传热面为不透性石墨
氯气(冷却除水)	水	30~150	传热面为不透性石墨
焙烧 SO_2 气体	水	200~400	传热面为不透性石墨
氨	水	57	计算值
水	水	350~1000	传热面为塑料衬里
20~40%硫酸	水 $t = 60 \sim 30^\circ C$	400~900	冷却洗涤用硫酸的冷却
20%盐酸	水 $t = 110 \sim 25^\circ C$	500~1000	
有机溶剂	盐水	150~440	

注: $1kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C) = 1.163W/(m^2 \cdot K)$ 。

(2) 用作加热器

表 3-6-2

高温流体	低温流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水蒸汽	水	1000~3400	污垢系数0.0002(m ² ·h·°C)/kcal
水蒸汽	甲醇、氨	1000~3400	污垢系数0.002(m ² ·h·°C)/kcal
水蒸汽	水溶液粘度2cP以下	1000~3400	
水蒸汽	水溶液粘度2cP以上	490~2400	污垢系数0.0002(m ² ·h·°C)/kcal
水蒸汽	有机物粘度0.5cP以下 ^①	490~1000	
水蒸汽	有机物粘度0.5~1.0cP ^②	240~490	
水蒸汽	有机物粘度1cP以上 ^③	29~290	
水蒸汽	气体	24~240	
水蒸汽	水	1950~3500	水流速1.2~1.5m/s
水蒸汽	盐酸或硫酸	300~500	传热面为塑料衬里
水蒸汽	饱和盐水	600~1300	传热面为不透性石墨
水蒸汽	硫酸铜溶液	800~1300	传热面为不透性石墨
水蒸汽	空气	44	空气流速3m/s
水蒸汽(或热水)	不凝性气体	20~25	传热面为不透性石墨不凝性气体流速4.5~7.5m/s
水蒸汽	不凝性气体	30~40	传热面材料同上, 不凝性气体流速9.0~12.0m/s
水	水	350~1000	
热水	碳氢化合物	200~430	管外为水
温水	稀硫酸溶液	500~1000	传热面材料为石墨
熔融盐	油	250~390	
导热油蒸气	重油	40~300	
导热油蒸气	气体	20~200	

① 为苯、甲苯、丙酮、乙醇、丁酮、汽油、轻煤油、石脑油等有机物。② 为煤油、热柴油、热吸收油、原油馏份等有机物。③ 为冷柴油、燃料油、原油、焦油、沥青等有机物。

(3) 用作换热器

表 3-6-3

高温流体	低温流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水	水	1200~2440	
水溶液	水溶液	1200~2440	
有机物粘度0.5cP以下 ^①	有机物粘度0.5cP以下 ^①	190~370	
有机物粘度0.5~1.0cP ^②	有机物粘度0.5~1.0cP ^②	100~290	
有机物粘度1.0cP以上 ^③	有机物粘度1.0cP以上	50~190	
有机物粘度1.0cP以下 ^③	有机物粘度0.5cP以下 ^①	150~290	
有机物粘度0.5cP以下 ^①	有机物粘度1.0cP以上 ^②	50~190	
20%盐酸	35%盐酸	500~800	传热面材料为不透性石墨35%盐酸入口温度20°C, 出口温度60°C
有机溶剂	有机溶剂	100~300	
有机溶剂	轻油	100~340	
原油	瓦斯油	390~439	管内原油流速3.05m/s 管外瓦斯油流速1.83m/s
重油	重油	40~240	
SO ₂ 气体	SO ₂ 气体	5~7	

(4) 用作蒸发器

表 3-6-4

高温流体	低温流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水蒸汽	液体	1500~4000	强制循环, 管内流速1.5~3.5m/s
水蒸汽	液体	1000	水平管式
水蒸汽	液体	1000	
水蒸汽	液体	1200	垂直式短管
水蒸汽	液体	2500	垂直长管式(上升式)粘度10cP以下
水蒸汽	液体	1000	垂直长管式(下降式)粘度100cP以下
水蒸汽	液体	4000	强制循环速度2~6m/s
水蒸汽	液体	2500	强制循环速度0.8~1.2m/s
水蒸汽	液体	350~700	立式中央循环管式
水蒸汽	浓缩结晶液(食盐、重铬酸钠)	1000~3000	标准式蒸发析晶器
水蒸汽	浓缩结晶液(苛性钠中的食盐、芒硝等)	1000~3000	外部加热型蒸发析晶器
水蒸汽	浓缩结晶液(硫酸铵、石膏等)	1000~3000	生长型蒸发析晶器
水蒸汽	水	1950~4000	垂直管式
水蒸汽	水	1700~3660	
水蒸汽	水	1000~2500	传热面材料为不透性石墨
水蒸汽	液碱	600~650	带有水平伸出加热室(F30~50m ²)
水蒸汽	20%盐酸	1500~3000	传热面材料为不透性石墨20% 盐酸温度为110~130°C
水蒸汽	21%盐酸	1500~2500	传热面材料为不透性石墨, 自然循环
水蒸汽	金属氯化物	800~1500	传热面材料同上, 金属氯化物温度90~130°C
水蒸汽	硫酸铜溶液	700~1200	传热面材料同上
水	冷冻剂	370~730	
有机溶剂	冷冻剂	150~490	
水蒸汽	轻油	390~880	
水蒸汽	重油(减压下)	120~370	

(5) 用作冷凝器

表 3-6-5

高温流体	低温流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
有机质蒸气	水	200~800	传热面为塑料衬里
有机质蒸气	水	250~1000	传热面为不透性石墨
饱和有机质蒸气(大气压下)	盐水	400~980	
饱和有机质蒸气(减压下且含有少量不凝性气体)	盐水	240~490	
低沸点碳氢化合物(大气压下)	水	390~980	
高沸点碳氢化合物(减压下)	水	50~150	
21%盐酸蒸气	水	100~1500	传热面为不透性石墨
氨蒸气	水	750~2000	水流速1~1.5m/s
有机溶剂蒸气和水蒸气混合物	水	300~1000	传热面为塑料衬里
有机质蒸气(减压下且含有大量不凝性气体)	水	50~240	
有机质蒸气(大气压下且含有大量不凝性气体)	盐水	100~390	
氟利昂液蒸气	水	750~850	水流速1.2m/s
汽油蒸气	水	450	水流速1.5m/s
汽油蒸气	原油	100~150	原油流速0.6m/s
煤油蒸气	水	250	水流速1m/s
水蒸气(加压下)	水	1710~3660	
水蒸气(减压下)	水	1460~2930	

续

表

高温流体	低温流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
氯乙烯(管外)	水	142	直立, 传热面为搪玻璃
甲醇(管内)	水	550	直立式
四氯化碳(管内)	水	312	直立式
缩醛(管内)	水	307	直立式
糠醛(管外)(有不凝性气体)	水	190	直立式
糠醛(管外)(有不凝性气体)	水	164	直立式
糠醛(管外)(有不凝性气体)	水	107	直立式
水蒸汽(管外)	水	525	卧式

蛇管式换热器

(1) 用作冷凝器

表 3-7-1

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水(管材: 合金钢)	水状液体	320~460	自然对流
水(管材: 合金钢)	水状液体	510~760	强制对流
水(管材: 合金钢)	淬火用的机油	34~49	自然对流
水(管材: 合金钢)	淬火用的机油	73~120	强制对流
水(管材: 合金钢)	润滑油	24~39	自然对流
水(管材: 合金钢)	润滑油	49~98	强制对流
水(管材: 合金钢)	蜜糖	20~34	自然对流
水(管材: 合金钢)	蜜糖	40~73	强制对流
水(管材: 合金钢)	空气或煤气	5~15	自然对流
水(管材: 合金钢)	空气或煤气	20~40	强制对流
氟利昂或氨(管材: 合金钢)	水状液体	97~170	自然对流
氟利昂或氨(管材: 合金钢)	水状液体	190~290	强制对流
冷冻盐水(管材: 合金钢)	水状液体	240~370	自然对流
冷冻盐水(管材: 合金钢)	水状液体	390~610	强制对流
水(管材: 铅)	稀薄有机染料中间体	1460	涡轮式搅拌器95r/min
水(管材: 低碳钢)	温水	730~1460	空气搅拌
水(管材: 铅)	热溶液	440~1750	桨式搅拌器0.4r/min
冷冻盐水	氨基酸	490	搅拌器30r/min
水(管材: 低碳钢)	25%发烟硫酸60°C	100	有搅拌
水(管材: 塑料衬里)	水	300~800	
水(管材: 铅)	液体	1100~1800	旋桨式搅拌500r/min
油	油	5~15	自然对流
油	油	10~50	强制对流
水(管材: 钢)	植物油	140~350	搅拌器转速可变
石脑油	水	39~110	
煤油	水	58~140	
汽油	水	58~140	
润滑油	水	29~83	
燃料油	水	29~73	
石脑油与水	水	50~150	
苯(管材: 钢)	水	84	

续

表

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
甲醇(管材: 钢)	水	200	
二乙胺(管材: 钢)	水	176	水流速0.2m/s
CO ₂ (管材: 钢)	水	41	

(2) 用作加热器

表 3-7-2

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水蒸汽(管材:合金钢)	水状液体	490~980	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	水状液体	730~1340	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	轻油	190~220	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	轻油	290~540	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	润滑油	170~200	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	润滑油	240~490	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	重油或燃料油	73~150	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	重油或燃料油	290~390	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	焦油或沥青	73~120	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	焦油或沥青	190~290	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	熔融硫磺	98~170	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	熔融硫磺	170~220	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	熔融石蜡	120~170	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	熔融石蜡	190~240	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	空气或煤气	5~15	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	空气或煤气	20~40	强制对流
水蒸汽(管材:合金钢)	蜜糖	73~150	自然对流
水蒸汽(管材:合金钢)	蜜糖	290~390	强制对流
热水(管材:合金钢)	水状液体	340~490	自然对流
热水(管材:合金钢)	水状液体	530~780	强制对流
热油(管材:合金钢)	焦油或沥青	49~98	自然对流
热油(管材:合金钢)	焦油或沥青	150~240	强制对流
有机载热体(管材:合金钢)	焦油或沥青	58~98	自然对流
有机载热体(管材:合金钢)	焦油或沥青	150~240	强制对流
水蒸汽(管材:铅)	水	340	有搅拌
水蒸汽(管材:铜)	蔗糖或蜜糖溶液	240~1170	无搅拌
水蒸汽(管材:铜)	加热至沸腾的水溶液	2930	
水蒸汽(管材:铜)	脂肪酸	470~490	无搅拌
水蒸汽(管材:钢)	植物油	110~140	无搅拌
水蒸汽(管材:钢)	植物油	190~350	搅拌器转速可变
热水(管材:铅)	水	400~1300	桨式搅拌器
水蒸汽	石油	70~100	盘管油罐石油粘度10°E以下
水蒸汽	石油	50~80	盘管油罐石油粘度10°E以上
稀甲醇(管材:钢)	水蒸汽	1500	
水蒸汽(管材:钢)	重油液体燃料	52	自然对流
过热蒸汽(管材:铜)	苯二甲酸酐	218	

(3) 用作换热器

表 3-7-3

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/ (m ² ·h·°C)	备注
液体	液体	200~700	
四氯化碳(管材:银)	二甲基磷 化氢	464	锚式搅 拌:365~ 500r/ min

(4) 用作蒸发器

表 3-7-4

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/ (m ² ·h·°C)	备注
水蒸汽	乙醇	2000	
水蒸汽	水	1500~4000	水为自然对流
水蒸汽	水溶液	2900	
水蒸汽(管材:铜)	水	1500~3000	长蛇形管
水蒸汽(管材:铜)	水	3000~6000	短蛇形管

(5) 用作冷凝器

表 3-7-5

管内流体	管外流体	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
瓦斯油蒸气	水	40~100	无搅拌
煤油蒸气	水	50~130	无搅拌
石脑油与水蒸气	水	83~170	
石脑油	水	68~120	
汽油	水	50~78	

夹套式换热器

(1) 用作冷却器

表 3-8-1

夹套内流体	罐(釜)中流体	罐壁材料	总传热系数 kcal/ (m ² ·h·°C)	备注
低速冷冻 盐水	硝化浓稠液		156~290	搅拌器 35 ~38r/min
水	有机物溶液	钢	100~300	有搅拌
盐水	有机物溶液	搪玻璃	100~200	有搅拌
水	四氯化碳	不锈钢	337	有搅拌

(2) 用作加热器

表 3-8-2

夹套内流体	罐(釜)中流体	罐壁材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备 注
水蒸汽	溶液		850~1000	双层刮刀式搅拌
水蒸汽	水	不锈钢	674	锚式搅拌100r/min
水蒸汽	果汁	铸铁搪瓷	160~440	无搅拌
水蒸汽	果汁	铸铁搪瓷	750	有搅拌
水蒸汽	牛乳	铸铁搪瓷	1000	无搅拌
水蒸汽	牛乳	铸铁搪瓷	1500	有搅拌
水蒸汽	浆糊	铸铁	610~680	双层刮刀式搅拌
水蒸汽	泥浆	铸铁	780~850	双层刮刀式搅拌
水蒸汽	肥皂		40~60	肥皂加热温度30→90°C搅拌110r/min
水蒸汽	甲醛苯酚缩合		540~40	罐内温度70→90°C有搅拌
水蒸汽	苯乙烯聚合		220~20	刮刀式搅拌
水蒸汽	对硝基甲苯、硫酸、水	搪玻璃	214	有搅拌(加热反应)
水蒸汽	普鲁卡因粗品	搪玻璃	200~224	有搅拌(加热溶介)
水蒸汽	溴化钾液	搪玻璃	308	有搅拌(加热精制)
水蒸汽	有机质液	不透性石墨	240~2000	
水蒸汽	粉(5%水)	铸铁	200~250	双层刮刀式搅拌

(3) 用作蒸发器

表 3-8-3

夹套内流体	罐(釜)中流体	罐壁材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备 注
水蒸汽	液体		250~1500	罐中无或有搅拌
水蒸汽	40%结晶性水溶液		490~980	刮刀式搅拌器13.5r/min 液体温度105~120°C
水蒸汽	水	钢	910~1200	无搅拌
水蒸汽	二氧化硫	钢	290	无搅拌

续

表

夹套内流体	罐(釜)中流体	罐壁材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备 注
水蒸汽	牛乳	铸铁搪瓷	2400	无搅拌
水蒸汽	苯	钢	600	无搅拌
水蒸汽	二乙胺	钢	421	有搅拌
水蒸汽	氯乙酰	搪玻璃	320	有搅拌

注: 1. 蒸汽从几处进入夹套时, 总传热系数还可以增加0.5倍。
2. 搅拌沸腾液体时, 总传热系数可增加一倍。

套管式换热器

(1) 用作冷却器

表 3-9-1

冷却物料	冷却剂	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水	水		1500~2500	管内、外流速为 0.015~2.44m/s
水	盐水		732~1464	
CO ₂	水	铜	458	

(2) 用作加热器

表 3-9-2

被加热物料	加热介质	传热面材料	总传热系数, kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水	热水	钢	950~3000, 此值不计水垢 应乘以0.5~0.85	水流速0.5~3.0m/s 热水流速0.5~2.5m/s
水、空气	热水	钢	120~370	

(3) 用作热交换器

表 3-9-3

热交换物料	热交换介质	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
水	盐水	石墨	750~1500	管内、外流速1.25m/s 水流速0.3~1.5m/s 盐水流速0.3~1.0m/s
水	盐水		250~2000	
液体	液体		700~1500	
20%盐酸	35%盐酸		500~900	套管式阶型
丁烷	水		450	丁烷流速0.6m/s 水流速1m/s
碳氢化合物	热水		200~430	管内为热水
油类	液体		90~700	
原油	石油		180~240	原油流速1.3~2.1m/s
润滑油	水		75	润滑油流速0.05m/s 水流速0.6m/s
灯油	水		200	灯油流速0.15m/s 水流速0.6m/s

(4) 用作冷凝器

表 3-9-4

冷凝物料	冷却剂	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
氨蒸汽	水		1100~1700	水流速1.2m/s
氨蒸汽	水		1400~2000	水流速1.3m/s
氨蒸汽	水		1700~2300	水流速2.4m/s

空冷器

(1) 用作冷却器

表 3-10-1

冷却物料	冷却剂	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
低碳氢化合物	空气		375~475	横式翅片空冷器
轻油	空气		300~350	横式翅片空冷器
轻石油	空气		350	横式翅片空冷器
燃料油	空气		100~150	横式翅片空冷器
残渣油	空气		50~100	横式翅片空冷器
焦油	空气		25~50	横式翅片空冷器
烟道气	空气		50~150	横式翅片空冷器
氨反应器气体	空气		400~450	横式翅片空冷器
碳氢化合物气体	空气		150~450	横式翅片空冷器
空气或燃料器	空气		50	横式翅片空冷器
机器冷却水	空气		610	横式翅片空冷器

(2) 用作冷凝器

表 3-10-2

冷凝物料	冷却剂	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
低沸点碳氢化合物	空气		390~460	横式翅片空冷器
胺反应器蒸汽	空气		440~490	横式翅片空冷器
氨蒸汽	空气		490~590	横式翅片空冷器
氟里昂蒸汽	空气		290~390	横式翅片空冷器
轻汽油蒸汽	空气		390	横式翅片空冷器
轻石脑油蒸汽	空气		340~390	横式翅片空冷器
塔顶气体(轻石脑油水蒸汽及不凝性气体)	空气		290~340	横式翅片空冷器
重石脑油蒸汽	空气		290~340	横式翅片空冷器
低压蒸汽	空气		660	横式翅片空冷器
重正油	空气		340	横式翅片空冷器

注：总传热系数计算以光管外表面为基准。

喷淋式换热器

(1) 用作冷凝器

表 3-11-1

管内流体	管外流体	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
氨蒸汽	水	钢	1200	水喷淋强度600kg/(h·m)
氨蒸汽	水	钢	1600	水喷淋强度1200kg/(h·m)
氨蒸汽	水	钢	2000	水喷淋强度1600kg/(h·m)
汽油蒸汽(深度稳定汽油)	水		200~350	汽油蒸汽进口流速6~10m/s 出口流速0.3~0.5m/s
汽油蒸汽(裂化汽油)	水		175~200	同上
瓦斯油蒸汽	水		200	瓦斯油出口流速2.5m/s(冷凝物和不凝性气体)

(2) 用作冷却器

表 3-11-2

管内流体	管外流体	传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备注
氯磺酸蒸汽	水	钢	20	
醋酸等蒸汽	水	钢	58	
水溶液	水		1200~2500	
50%糖水溶液	水(16°C)	玻璃	245~295	
甲醇	水	钢	422	水喷淋强度700kg/h·m

螺旋板式换热器

表 3-12

进行热交换的流体		材料	流动方式	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)
清水	清水		逆流	1500~1900
水蒸汽	清水		错流	1300~1500
废液	清水		逆流	1400~1800
有机物蒸汽	清水		错流	800~1000
苯蒸汽	水蒸汽混合物和清水		错流	800~1000
有机物	有机物		逆流	300~500
粗轻油	水蒸汽混合物和焦油中油		错流	300~500
焦油中油	焦油中油		逆流	140~170
焦油中油	清水		逆流	230~270
高粘度油	清水		逆流	200~300
油	油		逆流	80~120
气	气		逆流	25~40
液体	盐水			800~1600
废水(流速0.925m/s)	清水(流速0.925m/s)			1450
液体	水蒸汽			1300~2600
水	水	钢		1200~1800

其他形式换热器

表 3-13

型 式	进行热交换的流体		传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备 注
	液 体	液 体			
板式换热器	水	水	钢	1300~3500	EX-2型 EX-3型
板式换热器	水	水	钢	1300~1900	
板式换热器	水	水	钢	2000~2400	

续

表

型 式	进行热交换的流体		传热面材料	总传热系数 kcal/(m ² ·h·°C)	备 注
	液 体	液 体			
刮面式加热器	汁液	水蒸汽		1500~2000	密闭刮面式: 液体温度 20→110°C, 蒸汽温度140°C
刮面式加热器	牛乳	水蒸汽		1800~2500	密闭刮面式: 牛乳温度 10→130°C, 蒸汽温度160°C
刮面式加热器	18%淀粉糊	水蒸汽		1200~1500	密闭刮面式: 淀粉糊温度 20→110°C, 蒸汽温度130°C
刮面式冷却器	润滑油	水		500~800	密闭刮面式: 润滑油温度 150→140°C, 水温度15°C
刮面式冷却器	18%淀粉糊	水、盐水		1000~1300	密闭刮面式: 淀粉糊温度 110→15°C, 水、盐水温度 15~10°C
刮面式冷却器	粘胶	水		300~600	密闭刮面式; 粘胶温度 90→30°C, 水温度15°C
立方体列管冷凝器	醋酸蒸汽进口温度118°C	水	不透性石墨	700	不透性石墨块状热交换器
立方体列管冷凝器	甲醇蒸汽	水	不透性石墨	600~1000	不透性石墨块状热交换器
立方体列管冷凝器	丙酮蒸汽进口温度70°C	水	不透性石墨	200	不透性石墨块状热交换器
立方体列管冷凝器	盐酸酸性蒸汽进口温度120°C	水	不透性石墨	700	不透性石墨块状热交换器

二. 结垢热阻

表 3-14 水结垢热阻参考数据表

单位: (m²·K) / W

加热介质温度		115.6℃以下		115.6~204℃	
水温		≤51.7℃		>51.7℃	
水的种类		水流速/(m/s)		水流速/(m/s)	
		≤0.9	>0.9	≤0.9	>0.9
海水		0.0001	0.0001	0.00017	0.00017
微碱性水		0.00035	0.00017	0.00053	0.00035
冷却塔和人工喷水池		处理过的	0.00017	0.00017	0.00035
		未处理过的	0.00053	0.00053	0.00088
城市水或井水		0.00017	0.00017	0.00035	0.00035
河水		一般河水	0.00053	0.00035	0.0007
		排污河水	0.0014	0.001	0.0018
泥浆水和淤泥水		0.00053	0.00035	0.0007	0.00053
硬水 (大于 0.23 g/L)		0.00053	0.00053	0.00088	0.00088
发动机冷却套用水		0.00017	0.00017	0.00017	0.00017
蒸馏水		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
处理过的锅炉给水		0.00017	0.0001	0.00017	0.00017
锅炉排污水		0.00035	0.00035	0.00035	0.00035

表 3-15 原油结垢热阻参考数据表

单位：(m².K) / W

名称	温度/℃	流 速/(m/s)		
		0.6	0.6~1.2	≥1.2
脱盐原油	0~150	0.00053	0.00035	0.00035
	150~260	0.0007	0.00053	0.00035
	≥260	0.00088	0.0007	0.00053
未脱盐原油	0~93	0.00053	0.00035	0.00035
	93~150	0.00088	0.0007	0.0007
	150~260	0.00105	0.00088	0.0007
	≥260	0.00123	0.00105	0.00088

表 3-16 工业物流结垢热阻参考数据表

工业物流名称	污垢热阻/ $m^2 \cdot K/W$	工业物流名称	污垢热阻/ $m^2 \cdot K/W$
工业用物流		减压塔顶蒸汽	0.00035
油类		常减压装置馏分油	
燃料油	0.00088	轻石脑油	0.00017
变压器油	0.00017	汽油	0.00017
发动机润滑油	0.00017	石脑油和轻馏分油	0.00017
淬火油	0.0007	煤油	0.00017
气体和蒸汽		轻瓦斯油	0.00035
工厂排除的气体	0.00176	重瓦斯油	0.00053
发动机排气	0.00176	重燃料油	0.00088
不含油的蒸汽	0.0001	沥青和残渣油	0.00176
含油的乏蒸汽	0.00017	裂化和焦化装置物流	
含油的制冷机蒸汽	0.00035	塔顶蒸汽	0.00035
压缩空气	0.00035	轻循环油	0.00035
工业用有机传热介质	0.00017	重循环油	0.00053
液体		轻炼焦瓦斯油	0.00053
制冷剂液	0.00017	重炼焦瓦斯油	0.0007
水利物流	0.00017	油浆 (最小 1.4m/s)	0.00053
工业用有机传热介质	0.00017	轻液体产物	0.00035
化工过程用物流		催化重整和加氢脱硫过程物流	
气体和蒸汽		重整进料	0.00035
酸性气体	0.00017	重整流出物	0.00017
溶剂蒸汽	0.00017	加氢脱硫过程的进料和流出物	0.00035
稳定的塔顶产物	0.00017	塔顶蒸汽	0.00017
液体		液体产物, 大于 50API	0.00017
MEA 和 DEA 溶液	0.00035	30-50API	0.00035
DEG 和 TEG 溶液	0.00035	轻质产品加工物流	
稳定的侧线馏分和残留产物	0.00017	塔顶蒸汽和气体	0.00017
苛性碱溶液	0.00035	液体产物	0.00017
植物油	0.00053	吸收油	0.00035
天然气-汽油加工物流		含微量酸烷基化油	0.00035
气体和蒸汽		重沸器入物流	0.00053
天然气	0.00017	润滑油加工物流	
塔顶产物	0.00017	原料	0.00035
液体		溶解进料混合物	0.00035
贫油	0.00035	溶剂	0.00017
富油	0.00017	萃取物	0.00053
天然气和液化汽油及液化石油	0.00017	残液	0.00017
石油加工物流		沥青	0.00088
常减压装置气体和蒸汽		蜡浆	0.00053
常压塔顶蒸汽	0.00017	精制润滑油	0.00017

三. 金属导热系数λ

表 3-17

材料	温													
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
碳素钢	51.8	50.2	48.6	47.1	45.5	44.0	42.5	40.9						
碳钼 ($\frac{1}{2}$ %) 钢	50.0	48.5	46.8	45.3	43.8	43.4	42.4	40.9						
铬钼钢														
1% Cr, $\frac{1}{2}$ % Mo	46.8	46.8	45.1	44.3	42.1	41.6	40.7	38.4	36.4					
2 $\frac{1}{4}$ %Cr , 1% Mo	43.2	41.6	40.0	39.9	38.6	38.1	37.2	36.4	35.9	34.7				
5%Cr, $\frac{1}{2}$ %Mo	36.4	36.4	36.4	33.3	34.7	34.7	34.7	34.0	32.9	32.9				
12%Cr	24.5	26.1	26.1	26.1	27.2	27.2	27.7	27.7	28.2	29.4	29.4	31.2		
奥氏体 不锈钢														
18% Cr, 8%Ni	16.3	17.0	17.3	18.8	19.1	20.2	20.8	21.6	22.6	23.0	24.3	24.3	25.8	26.1

有色金属的导热系数 λ

表 3-18 铝和铝合金导热系数

W / (m. °C)

牌号	1070A、1060、1050A、1200、8A06	5A02	5A03、 5A05	3A21
导热系数	281	166	151	232
注：表中为 20~100°C 的值				

表 3-19 纯铜导热系数

W / (m. °C)

牌号	温度°C						
	- 256	- 160	- 79	0	20	100	150
T2、T3	~ 5024	450	400	391	390	380	374

表 3-20 铜合金导热系数

W / (m. °C)

牌号	HSn70-1	HA177-2	H68A	BFe30-1-1	BFe10-1-1
导热系数	91.3	100.4	117.2	35	36
注：表中为 0~100°C 的值					

表 3-21 钛和钛合金导热系数

W / (m. °C)

牌号	温度°C				
	常温	100	200	300	350
工业纯钛					

TA1	16.3	16.7	17.2
TA2			

附录

GB151—1999

壁温计算

F1 符号

K ——以换热管外表面积为基准计算的总传热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

q ——热强度, W/m^2 ;

γ_d ——污垢热阻, $m^2 \cdot ^\circ C/W$;

T_m 、 t_m ——分别为热、冷流体的平均温度, $^\circ C$;

T_i 、 t_o ——分别为热流体的进、出口温度, $^\circ C$;

t_i 、 t_o ——分别为冷流体的进、出口温度, $^\circ C$;

t_t ——管壁温度, $^\circ C$;

t_s ——壳壁温度, $^\circ C$;

Δt_M ——流体的有效平均温差, $^\circ C$;

α ——以换热管外表面积为基准计算的给热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

下标： h ——热流体侧；

c ——冷流体侧。

F2 壁温计算

F2.1 换热管壁温的计算

热流体侧的壁温按公式 (F1) 计算：

$$t_{th} = T_m - K \left(\frac{1}{\alpha_h} + r_{dh} \right) \Delta t_M = T_m - q \left(\frac{1}{\alpha_h} + r_{dh} \right) \quad (F1)$$

冷流体侧的壁温按公式 (F2) 计算：

$$t_{ic} = t_m + K \left(\frac{1}{\alpha_c} + r_{dc} \right) \Delta t_M = t_m + q \left(\frac{1}{\alpha_c} + r_{dc} \right) \quad (\text{F2})$$

一般情况下取：

$$t_i = \frac{1}{2} (t_{th} + t_{ic}) \quad (\text{F3})$$

当管壁热阻很小（此时 $t_{th} = t_{ic}$ ）且管壁很薄（此时 $q_h = q_c$ ）时，可按公式（F4）计算：

$$t_i = t_{th} = t_{ic} = \frac{T_m \left(\frac{1}{\alpha_c} + r_{dc} \right) + t_m \left(\frac{1}{\alpha_h} + r_{dh} \right)}{\frac{1}{\alpha_c} + r_{dc} + \frac{1}{\alpha_h} + r_{dh}} \quad (\text{F4})$$

作为估算，可取

$$t_i = \frac{T_m \alpha_h + t_m \alpha_c}{\alpha_h \alpha_c +} \quad (\text{F5})$$

F2.2 圆筒壁温的计算

圆筒壁温的计算方法与 F2.1 条管壁温度计算方法相同。

当圆筒外部有良好的保温，或壳程流体温度接近环境温度，或传热条件使得圆筒壁温度接近介质温度时，壳体壁温取壳程流体的平均速度。

F3 流体的平均温度

T_m 应按公式（F6）或公式（F8）计算； t_m 按公式（F7）或公式（F9）计算。

液体的平均温度（过渡流及湍流阶段）：

$$T_m = 0.4T_i + 0.6T_o \quad (\text{F6})$$

$$t_m = 0.4t_o + 0.6t_i \quad (\text{F7})$$

液体（层流阶段）和气体的平均温度：

$$T_m = \frac{1}{2} (T_i + T_o) \quad (\text{F8})$$

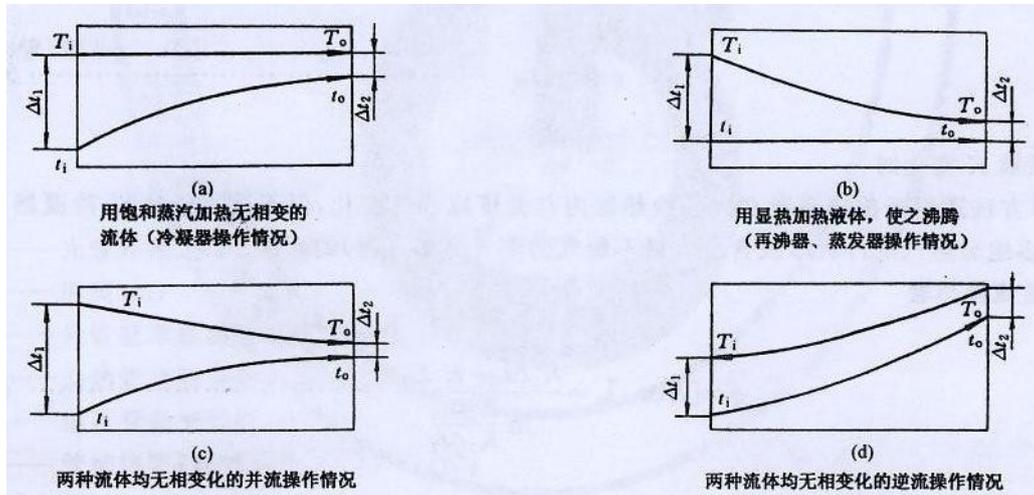
$$t_m = \frac{1}{2} (t_i + t_o) \quad (\text{F9})$$

F4 有效平均温差 Δt_m 的计算

本条适用于传热系数 K 值固定不变时 Δt_M 的计算。

F4.1 并流和逆流换热器

在纯并流和纯逆流换热器中，或一侧为等温时，流体温度变化情况如图 F1 所示。



有效平均温差可用对数平均温差 Δt_{\log} 表示：

$$\Delta t_M = \Delta t_{\log} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (F10)$$

式中： Δt_1 ——换热器大温差端的流体温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

Δt_2 ——换热器小温差端的流体温差， $^{\circ}\text{C}$ 。

F4.2 多程换热器

在两种流体均无相变化时，有效平均温差按公式 (F11) 计算：

$$\Delta t_M = \varphi \Delta t_{\log} \quad (F11)$$

式中： φ ——温度校正系数，根据 ρ 和 R 两个参数，查得。

$$R = \frac{\text{热流体温降}}{\text{冷流体温升}} = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i}$$

(F12)

$$\rho = \frac{\text{冷流体温升}}{\text{两流体的最初温差}} = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i}$$

(F13)

当 φ 值小于 0.8 时，换热器的经济效益是不合理的，此时应当增加管程数或壳程数，或者用几台换热器串联，必要时亦可调整温度条件。

当参数 R 值超过图中所示的范围或 φ 的读数不易确定时，可用 $\frac{1}{R}$ 代替 R，以 PR 代替 P，从图 F2 中相应图线查得 φ 值。

F5 热强度 q 的计算

F5.1 传热系数 K 值固定不变时

$$q = K\Delta t_M \quad (\text{F14})$$

F5.2 传热系数 K 变化时

本条件计算方法适用于传热系数在整个换热器内与温度成线性变化，但不适用于冷却—冷凝器（过热蒸汽的冷凝，多组分蒸汽的冷凝以及含有大量不凝气的蒸气冷却过程）的计算。

①对于逆流换热器

$$q = [K\Delta t_M]_m = \frac{K_2\Delta t_1 - K_1\Delta t_2}{\ln \frac{K_2\Delta t_1}{K_1\Delta t_2}} \quad (\text{F15})$$

②对于其他流向的换热器

$$q = [K\Delta t_M]_m = \varphi \frac{K_2\Delta t_1 - K_1\Delta t_2}{\ln \frac{K_2\Delta t_1}{K_1\Delta t_2}}$$

(F16)

公式 (F15) 和公式 (F16) 误差在 $\pm 10\%$ 范围以内。

式中： $[K\Delta t_M]_m$ ——整个换热器各段 $K\Delta t_M$ 的平均值；

φ ——系数，由图 F2 查得；

K_1 ——温差为 Δt_1 端的传热系数；

K_2 ——温差为 Δt_2 端的传热系数。

本条的情况也可近似地按 F5.1 的方法计算。

F6 总传热系数 K 和给热系数 α

流体的总传热系数 K 值和给热系数 α ，应在换热器的工艺计算时确定。

包括污垢在内的，以换热管外表面积为基准的总传热系数 K 按公式 (F17) 计算：

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{1}{\alpha_o} + r_{do} \right) \frac{1}{\eta} + r_w + \frac{1}{\alpha_i} \left(\frac{A_o}{A_i} \right) + r_{di} \left(\frac{A_o}{A_i} \right) \quad (\text{F17})$$

式中：K——总传热系数，W/m²·°C；

α_o ——管外流体给热系数，W/m²·°C；

α_i ——管内流体给热系数，W/m²·°C；

r_{do} ——管外污垢热阻，m²·°C/W；

r_{di} ——管内污垢热阻，m²·°C/W；

r_w ——用管外表面表示的管壁热阻如有延伸表面，也包括在内，m²·°C/W。

光管热阻：

$$r_w = \frac{d}{2\lambda_w} \ln \left(\frac{d}{d - 2\delta_w} \right)$$

翅片管（螺纹管）热阻：

$$r_w = \frac{\sqrt{w}}{\lambda_w} \cdot \left[\frac{d + 2N_f (d + H_f)}{(d - \delta_w)} \right]$$

式中：d——光管外径或螺纹管根部直径，m；

H_f ——齿高，m；

δ_w ——光管壁厚或螺纹管齿根壁厚，m；

λ_w ——换热管材料导热系数，W/m·°C；

N_f ——螺纹管每米齿数，m⁻¹；

r_w ——管壁热阻（外表面积），m²·°C/W；

$\frac{A_o}{A_i}$ ——换热管外表面积与内表面积之比；

η ——翅化比（螺纹管外表面积/光管外表面积），采用光管时 $\eta=1$ 。