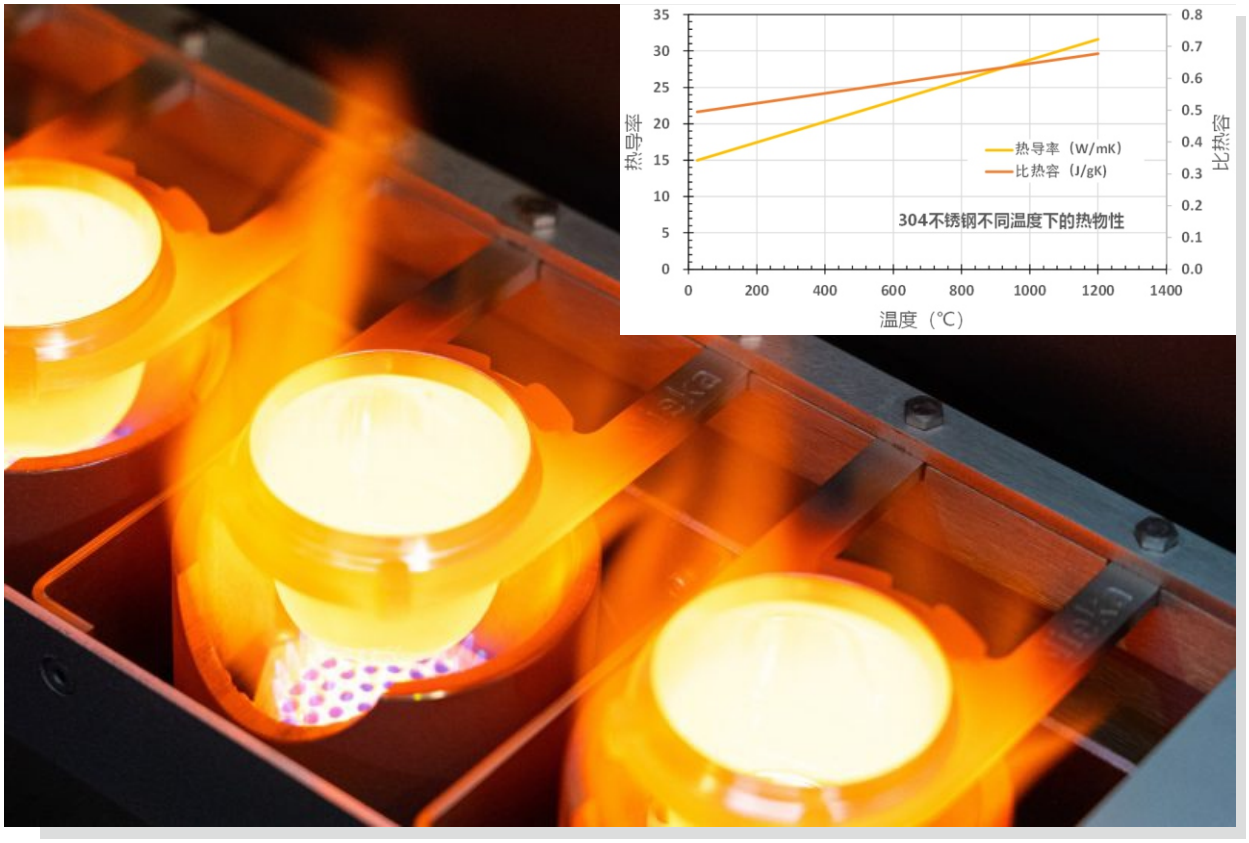
上海依阳实业
ShangHai Eyoung Thermal Analysis Technology

不锈钢304高温热物理性能汇编

Compilation of High Temperature Thermophysical Properties of Stainless Steel 304.



上海依阳实业有限公司
www.eyoungindustry.com

摘要：304 不锈钢应用领域十分广泛，准确了解其各种热物理性能参数十分重要，这些参数数据是进行高温设计和热仿真时的重要输入参数。本文汇总了目前国际上 304 不锈钢的高温热物理性能（热导率、比热容、热扩散率、密度、总半球发射率和总法向发射率）随温度变化的文献报道数据，由此便于使用这些数据进行热物性测试仪器的比对试验和考核，有利于提高高温设计和热仿真中参数输入的准确性。

1. 简介

不锈钢 304 是一种通用性的不锈钢，它广泛地用于制作要求综合性能良好（耐腐蚀和成型性）的设备和部件。典型 304 不锈钢的材料组分如表 1-1 所示。

表 1-1 304 不锈钢组分

材料	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni
比重-%	0.08	19.0	0.3	69	2	9.5

由于 304 不锈钢应用领域十分广泛，准确了解其各种热物理性能参数十分重要，这些参数数据是进行高温设计和热仿真时的重要输入参数。本文将汇总目前国际上 304 不锈钢的高温热物理性能（热导率、比热容、热扩散率、密度总半球发射率和法向半球发射率）随温度变化的文献报道数据，由此便于使用这些数据进行热物性测试仪器的比对试验和考核，有利于提高高温设计和热仿真中参数输入的准确性。

需要说明的是，这里所汇编的 304 不锈钢高温热物理性能数据都是小于熔点温度以下的数据，即 304 不锈钢在室温~1200℃范围内的热物理性能数据。

2. 热导率、比热容、热扩散率和密度数据

热导率、比热容、热扩散率和密度数据来自英国国家物理量实验室（NPL）出版的图书[1]，其中热导率是比热容、热扩散率和密度三个独立测试结果的乘积得到。比热容采用差热扫描量热仪（DSC）进行测试，热扩散率采用激光闪光法测定仪进行测试，密度采用顶杆法热膨胀仪测试线膨胀率后换算为体膨胀率后得到。热导率、比热容、热扩散率和密度随温度的变化规律分别如图 2-1~图 2-4 所示。

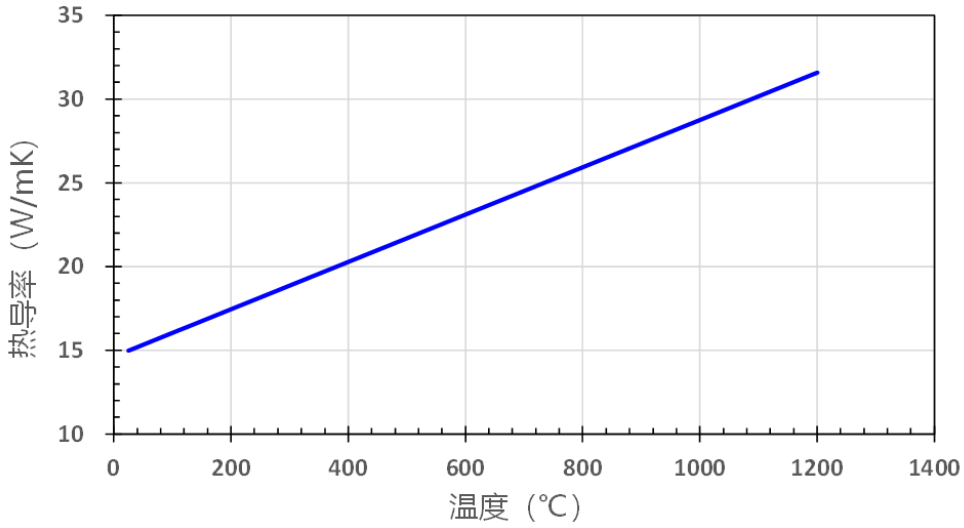


图 2-1 304 不锈钢热导率与温度的关系

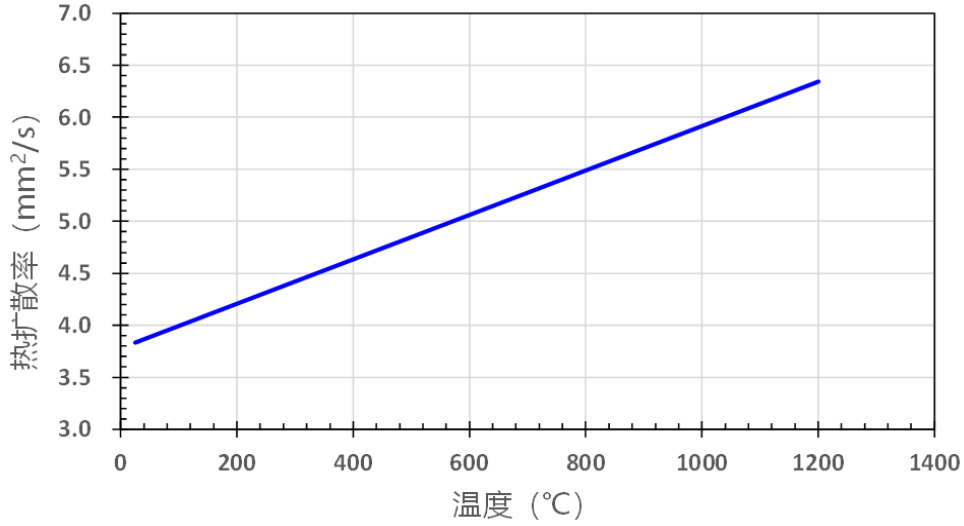


图 2-2 304 不锈钢热扩散率与温度的关系

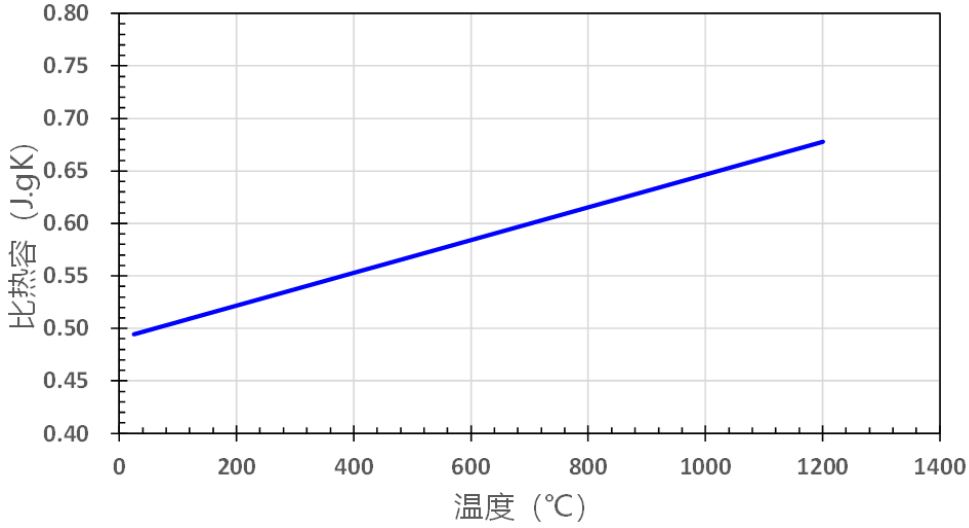


图 2-3 304 不锈钢比热容与温度的关系

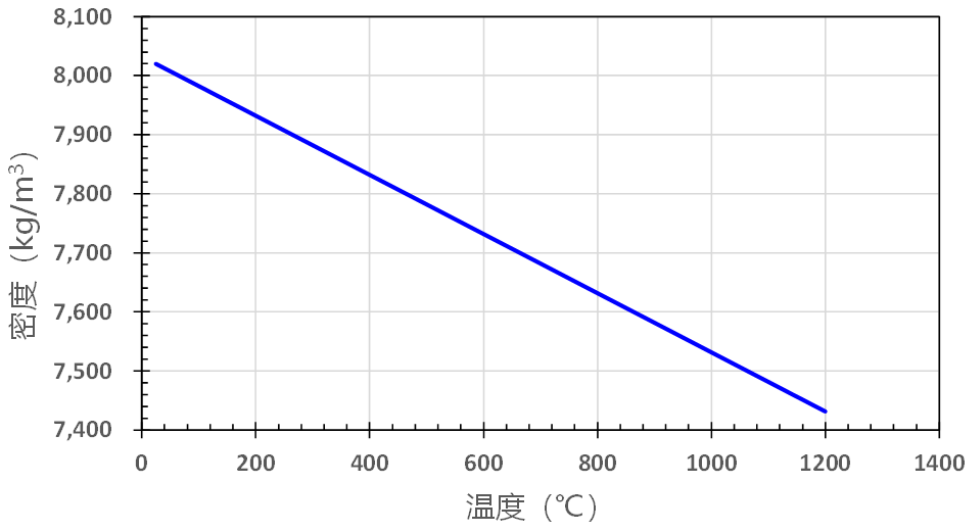


图 2-4 304 不锈钢密度与温度的关系

在这里需要说明的是密度随温度的变化结果，是由热膨胀系数测试获得，其中认为 304 不锈钢是各项同性且温度变化过程中质量不发生变化。由此通过测试 304 不锈钢的线膨胀率来得到体膨张率和样品的体积变化，最终用恒定质量除以不同温度下的体积得到密度随温度的变化结果。

汇总热导率、比热容、热扩散率和密度数据，如表 2-1 所示。

表 2-1 304 不锈钢热导率、比热容、热扩散率和密度数据汇总表

T(°C)	密度（kg/m^3）	比热容（J/gK）	热扩散率（mm^2/s）	热导率（W/mK）
25	8020	0.495	3.835	14.986
100	7982	0.506	3.995	16.046
200	7932	0.522	4.208	17.459
300	7882	0.537	4.421	18.872
400	7832	0.553	4.635	20.285
500	7782	0.569	4.848	21.698
600	7732	0.584	5.061	23.111
700	7682	0.600	5.275	24.524
800	7632	0.615	5.488	25.937
900	7582	0.631	5.701	27.350
1000	7532	0.647	5.915	28.763
1100	7481	0.662	6.128	30.176
1200	7431	0.678	6.341	31.589

3. 总法向发射率和总半球发射率数据

发射率也是材料的重要热物理性能参数之一，代表着材料表面的热辐射能力，是研究热辐射测量、辐射传热以及热效率分析的最重要基础物理性能数据。

对于 304 不锈钢很少有文献报道总半球向发射率数据，大多为法向光谱发射率和某一波长范围内的法向发射率，这些数据在热仿真和传热计算中并不十分好用。本文首先选择了英国国家物理量实验室（NPL）出版的图书[1]中报道的总法向发射率。

TPRL 测试总半球向发射率采用了稳态量热法，样品直接通电加热至高温进行测量，其五种表面状态下总半球发射率随温度变化数据如表 3-1 所示，测试结果如图 3-1 所示。

表 3-1 作为不同温度和表面处理状态下的 304 不锈钢总法向发射率测试数据

温度（℃）	发射率：高度抛光	发射率：机械抛光	发射率：980℃下氧化
30	0.088	0.130	0.696
200	0.106	0.154	0.703
300	0.116	0.169	0.708
400	0.126	0.183	0.713
500	0.137	0.197	0.717
600	0.147	0.211	0.722
700	0.157	0.225	0.726
800	0.168	0.239	0.731
900	0.178	0.253	0.736
1000	0.188	0.267	0.740
1100	0.199	0.281	0.745
1200	0.209	0.296	0.750

由表 3-1 所示数据可以看出，304 不锈钢的发射率整体偏小，即使在高温氧化热处理后其高温发射率也没有超过 0.8。

另外，本文还收录了采用瞬态量热法对抛光处理后的 304 不锈钢进行的总半球发射率的测试数据[2]，并将此总半球向发射率与总法向发射率进行比较，比较数据如表 3-2 所示，比较曲线如图 3-2 所示。

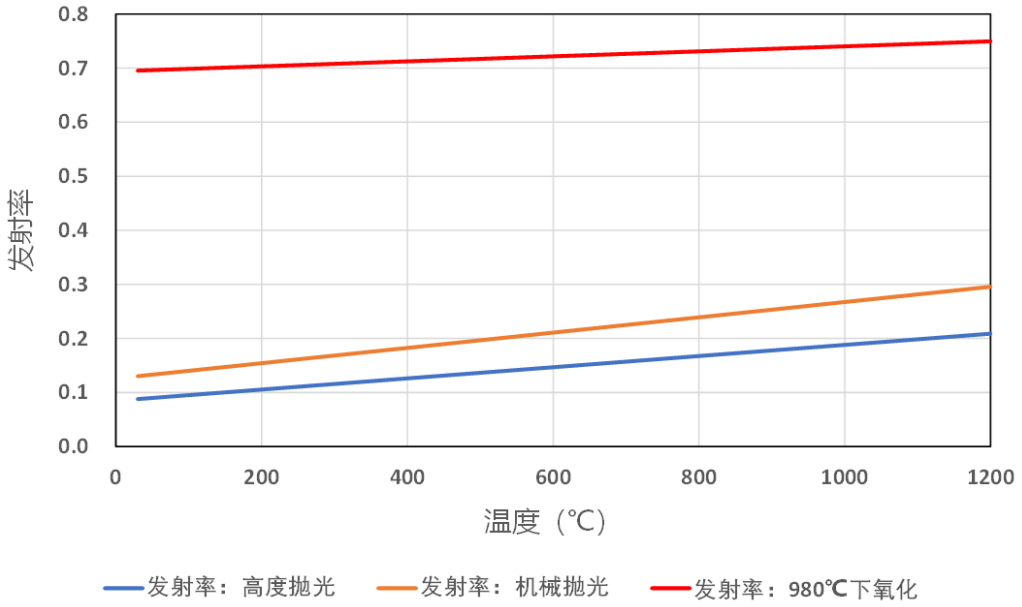


图 3-1 不同热处理后 304 不锈钢不同温度下的总法向发射率

表 3-2 抛光处理后的 304 不锈钢总半球发射率与总法向发射率测试数据

温度（℃）	发射率：感应加热	发射率：电子枪加热	总法向发射率
67	0.1043	0.1019	0.0919
107	0.1110	0.1115	0.0961
147	0.1177	0.1199	0.1002
187	0.1239	0.1272	0.1043
227	0.1302	0.1334	0.1084
267	0.1359	0.1385	0.1126
307	0.1416	0.1417	0.1167
347	0.1469	0.1447	0.1208
387	0.1521	0.1476	0.1250
427	0.1571	0.1506	0.1291
467	0.1617	0.1555	0.1332
507	0.1665	0.1634	0.1374
547	0.1709	0.1728	0.1415
587	0.1756	0.1840	0.1456
627	0.1791	0.1968	0.1498
667	0.1829	0.2112	0.1539
707	0.1866	0.2274	0.1580
747	0.1900	0.2451	0.1622
787	0.1932	0.2646	0.1663
827	0.1963	0.2856	0.1704

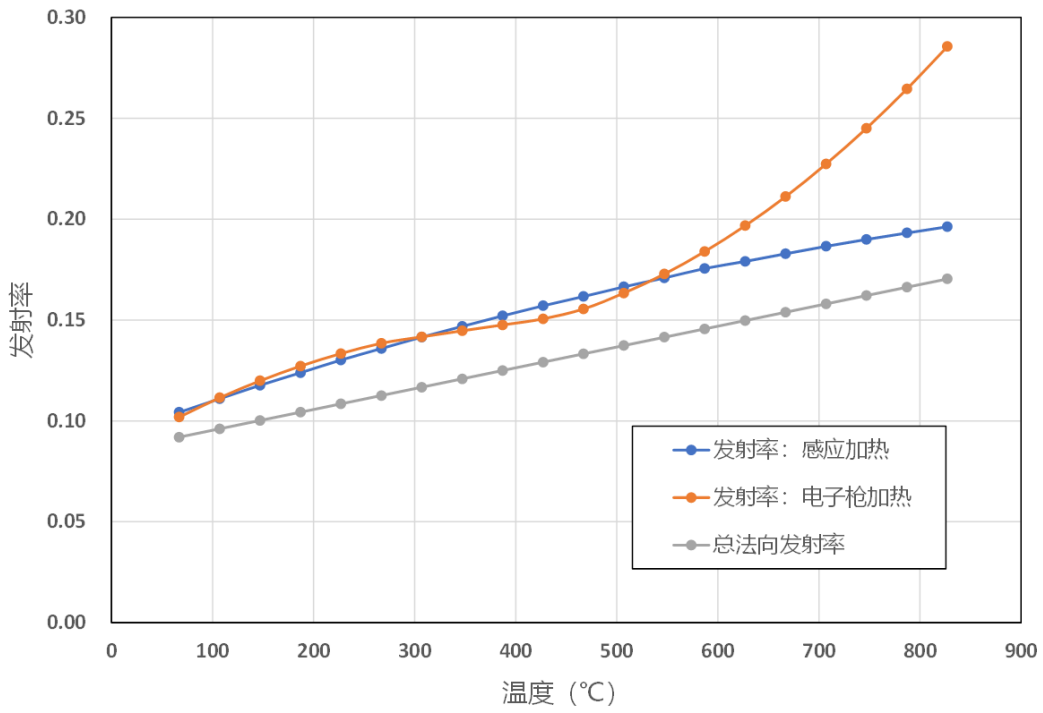


图 3-2 总半球发射率与总法向发射率比较

从上述两种测试方法获得的结果可以看出，感应加热方式测试得到总半球发射率要总法向发射率高出 15%~20%左右，而电子枪单面加热方式得到的总半球发射率在 500℃后开始变大。总之，通过光谱测量方式得到的总法向发射率一般会比总半球发射率偏小，304 不锈钢在不同表面状态和更高温度下的总半球发射率还需采用专门的测试设备进行测试。

4. 参考文献

[1] Mills K C. Recommended values of thermophysical properties for selected commercial alloys[M]. Woodhead Publishing, 2002.

[2] Roger C R, Yen S H, Ramanathan K G. Temperature variation of total hemispherical emissivity of stainless steel AISI 304[J]. JOSA, 1979, 69(10): 1384-1390.