

中小型工业锅炉 选型与操作指南

中国电器工业协会工业锅炉分会 陈纪龙 编著
上海工业锅炉研究所 程其耀 审定



机械工业出版社
China Machine Press

TK229

C453

中小型工业锅炉选型与操作指南

中国电器工业协会工业锅炉分会 陈纪龙 编著
上海工业锅炉研究所 程其耀 审定



机械工业出版社

本书全面系统地向锅炉用户介绍国产典型优质锅炉产品的选型、性能和操作技能以及老式锅炉的技术改造经验等, 主要包括: 锅炉的基本知识、锅炉的分类与选用、锅炉结构、锅炉水处理、锅炉安全经济运行操作、锅炉运行的事故与处理、锅炉的节能与环保、锅炉房的安全管理等八章, 每章末均附有复习思考题。全书末附有国内主要锅炉生产企业和产品简介。本书可作为广大锅炉用户选型、使用和管理好锅炉, 使之达到安全、环保和经济运行的技术指南。

图书在版编目 (CIP) 数据

中小型工业锅炉选型与操作指南/陈纪龙编著. —北京: 机械工业出版社, 2000.6

ISBN 7-111-07976-0

I. 中… II. 陈… III. 工业锅炉, 中小型—指南 IV. TK229-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 08705 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 崔世荣 版式设计: 张世琴 责任校对: 李汝庚

封面设计: 方 芬 责任印制: 何全君

中国农业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·11.875 印张·310 千字

0 001—5 000 册

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

中小型工业锅炉量大面广，如何选型和使用好锅炉，使其达到安全、环保和经济运行是十分重要的。

为了指导司炉工的短期上岗培训操作，机械工业出版社出版了《中小型锅炉运行操作与维护》和《中小型锅炉运行故障与修理》两本书，适合初中以上文化素质和应急上岗培训之用。

本书由中国电器工业协会工业锅炉分会编辑、审定，可作为对司炉工进行培训的正规教材。它具有三个显著特点：一是从锅炉的不同类型、结构和工作原理出发，从技术理论和操作技能的结合上，对司炉工进行系统的、正规的技术培训；二是针对新建锅炉房和锅炉设备更新需要，向用户系统推荐国产典型的优质锅炉产品；三是为帮助用户对现有锅炉进行技术改造，提高出力，介绍了一些成功的经验和做法。本书的最终宗旨是以用户利益为第一原则，努力当好用户的参谋和助手，使用户能正确选择、使用和管理好锅炉，使锅炉全面达到安全、环保和经济运行要求。

本书共分八章。主要内容包括：锅炉的基本知识、锅炉的分类与选用、锅炉结构、锅炉水处理、锅炉安全经济运行、锅炉运行的事故与处理、锅炉的节能与环保、锅炉房的安全管理等，每章末附有复习思考题，以便帮助学员掌握重点内容并加深理解。全书末还附有 40 多家国内主要锅炉生产企业和产品简介，可供选型时参考。

在本书编写过程中，得到了许多锅炉制造单位的大力支持，例如上海四方锅炉厂、上海三浦锅炉有限公司、金牛公司、北京锅炉厂、济南锅炉厂、郑州锅炉厂、开封锅炉厂、泰安锅炉厂、营口锅炉总厂、武昌锅炉容器厂和上海工业锅炉厂等单位，提供了有关的产品资料；全书由工业锅炉分会理事长上海工业锅炉研

IV

究所所长、教授级高级工程师程其耀审定，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有不少谬误和不妥之处，希望读者批评指正。

中国电器工业协会工业锅炉分会

陈纪龙

目 录

前言

第一章 锅炉的基本知识	1
第一节 水蒸气性质	1
第二节 锅炉传热	7
第三节 燃料	12
第四节 燃烧	28
第五节 锅炉的风、燃料、烟系统和汽水系统	34
复习思考题	37
第二章 锅炉的分类与选择	39
第一节 锅炉型号和参数	39
第二节 锅炉分类及工业锅炉产品现状	42
第三节 我国典型锅炉产品简介	51
第四节 锅炉选型	93
第五节 锅炉市场发展趋势	96
复习思考题	100
第三章 锅炉结构	102
第一节 燃烧设备	102
第二节 受热面部件	126
第三节 锅炉辅机	142
第四节 安全附件	158
复习思考题	165
第四章 锅炉水处理	167
第一节 锅炉给水要求	167
第二节 锅炉给水的预处理	175
第三节 钠离子交换软化	175

第四节	离子交换剂	181
第五节	锅炉给水的除氧	185
第六节	锅炉水垢的清除	188
	复习思考题	192
第五章	锅炉安全经济运行	193
第一节	锅炉升火前的检查和准备工作	193
第二节	锅炉的升火与升压	199
第三节	锅炉的正常运行	209
第四节	锅炉的停炉和停炉保养	241
第五节	运行锅炉的日常维护保养	246
	复习思考题	269
第六章	锅炉运行事故分析与处理	271
第一节	锅炉事故	271
第二节	锅炉缺水事故	272
第三节	锅炉满水事故	274
第四节	汽水共腾	276
第五节	爆管事故	278
第六节	过热器管损坏事故	280
第七节	省煤器损坏事故	282
第八节	管式空气预热器严重泄漏事故	283
第九节	锅炉超压事故	284
第十节	水击事故	285
第十一节	炉墙及拱的损坏事故	286
第十二节	锅炉用电中断事故	287
第十三节	炉膛、烟道爆炸事故	288
第十四节	尾部烟道二次燃烧事故	289
第十五节	热水锅炉锅水汽水事故	290
第十六节	热水锅炉循环中断事故	291
	复习思考题	292
第七章	锅炉的节能与环保	294

第一节 锅炉热平衡	294
第二节 锅炉的节能	302
第三节 锅炉的环境保护	306
第四节 锅炉的技术改造	311
复习思考题	341
第八章 锅炉房的安全管理	343
第一节 锅炉房使用前的管理	343
第二节 锅炉房安全运行管理	345
第三节 锅炉的修理、改造及定期检验制度	350
第四节 锅炉的一般检验	351
复习思考题	354
主要参考文献	354
附录 国内主要锅炉生产企业和产品简介	355

第一章 锅炉的基本知识

第一节 水蒸气性质

锅炉的热力过程，通常指水加热生成水蒸气的过程。因此，必须首先要了解水蒸气的性质。

一、水蒸气参数

水蒸气状态参数主要指温度、压力、比体积（比容），另外还有比热容（比热）等参数。

1. 温度 温度是表示物体冷热的程度。工程上一般用摄氏温标和热力学温标（绝对温标）来度量。

摄氏温标的温度用“ t ”表示，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。在标准大气压力下，规定纯水的冰点为 0°C ，沸点为 100°C 。

热力学温标又称开氏温标，用“ T ”表示，单位为开尔文（K）。在标准大气压力下，规定纯水的冰点为 273.15K ，沸点为 373.15K 。

摄氏温标的温度 1°C 与热力学温标的温度 1K 在数值上相等，而它们温度之间的关系，可表示为

$$T = t + 273.15$$

工程上常简化成

$$T = t + 273 \quad (1-1)$$

2. 压力 压力是指单位面积上受到的垂直作用力。工程上常用的单位有：帕（Pa）、兆帕（MPa）。

非法定单位的单位工程大气压（at）、毫米水柱（ mmH_2O ）、毫米汞柱（ mmHg ）与法定单位的关系为

$$\begin{aligned} 1\text{at} &= 1\text{kgf}/\text{cm}^2 \\ &= 1000\text{mmH}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 735\text{mmHg} \\
 &= 9.80665 \times 10^4 \text{Pa} \\
 &= 0.0980665 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

由于锅炉设备通常用压力表上的指示值来计量锅炉工质的压力状态，因此引出表压力。表压力与绝对压力和大气压力之间的关系为

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + \text{大气压力}$$

因为大气压力近似于工程大气压力，则可简化为

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + 0.1 \text{MPa} \quad (1-2)$$

3. 比体积 比体积是单位质量的物质所具有的体积，单位为 m^3/kg 。比体积的表示式为

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-3)$$

式中 v ——比容 (m^3/kg);

V ——物质的体积 (m^3);

m ——物质的质量 (kg)。

气体的密度 ρ ，为比体积 v 的倒数，即

$$\rho = \frac{1}{v} \quad (1-4)$$

ρ 的单位为 kg/m^3 。

不同气体有不同的比体积。但对任何一种气体而言，在标准状态下， 1mol 的任何气体所占的体积都为 22.4L 。

气体的比体积与温度和压力有关，当温度一定时，随着压力的增加，比体积缩小；当压力一定时，随着温度的提高，比体积增大。

4. 比热容 比热容是指单位质量温度升高（或降低） 1°C 时所吸收（或放出）的热量。其单位质量物质吸收（或放出）的热量（又称热焓差）与比热容温度的关系为

$$Q = C(t_2 - t_1) \quad (1-5)$$

式中 Q ——单位质量物质吸收（或放出）的热量 (kJ/kg)；

C ——物质的比热容 ($\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$);

t_2 ——物质的终了温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_1 ——物质的初始温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

比热容不是一个恒定值,它与物质的温度、种类和所处的过程有关。比热容有两种:一种叫比定压热容 (c_p),是指物质吸热或放热过程是在一定的压力条件下进行的,又称定压过程;另一种叫比定容热容 (c_v),是指物质吸热或放热过程是在一定容积下进行的,又称定容过程。对于同种气体,比定压热容总是比比定容热容大。

二、水蒸气的发生过程

在锅炉运行时,其过程可视为工质水在定压条件下,吸收热量产生水蒸气的过程。这个过程,一般可分为以下三个阶段进行:

1. 水的加热阶段 锅炉给水由初温加热到沸腾温度,吸收汽化热。锅炉给水由给水泵送入锅炉内被定压加热,温度不断上升,当温度升到某一数值时,水开始沸腾,水开始沸腾时的温度,称为饱和温度,其对应的压力称为饱和压力。也就是一个饱和温度必对应于一个饱和压力,见表 1-1 饱和水和干饱和蒸汽的热力性质表。从表 1-1 可知,1.1MPa 饱和压力对应于 184.06°C ; 1.4MPa 饱和压力对应于 195.04°C ; 2.6MPa 饱和压力对应于 226.03°C 。

表 1-1 干饱和蒸汽表 (压力从 0.001~4.0MPa)^①

p	t_s	v'	v''	h'	h''	r
MPa	$^{\circ}\text{C}$	(m^3/kg)		(kJ/kg)		
0.001	6.699	0.0010001	131.6	28.14	2513.75	2485.70
0.01	45.451	0.0010101	14.95	190.25	2584.09	2394.01
0.05	80.860	0.0010298	3.300	338.54	2645.22	2306.50
0.10	99.087	0.0010430	1.725	415.29	2674.52	2259.19
0.15	110.788	0.0010525	1.180	464.65	2692.53	2227.79
0.20	119.615	0.0010603	0.9018	502.08	2705.51	2203.51
0.25	126.788	0.0010669	0.7317	532.56	2715.56	2182.99

(续)

p	t_s	v'	v''	h'	h''	r
MPa	℃	(m ³ /kg)		(kJ/kg)		
0.30	132.875	0.0010728	0.6168	558.52	2723.93	2164.99
0.35	138.189	0.0010782	0.5337	581.13	2730.63	2149.50
0.40	142.921	0.0010831	0.4708	601.64	2736.91	2135.27
0.45	147.198	0.0010877	0.4214	620.06	2741.93	2121.87
0.5	151.110	0.0010920	0.3816	636.81	2746.54	2109.72
0.6	158.076	0.0011000	0.3213	666.96	2754.49	2087.53
0.7	164.170	0.0011072	0.2778	693.75	2761.19	2067.44
0.8	169.607	0.0011140	0.2448	717.20	2766.63	2049.43
0.9	174.530	0.0011203	0.2188	738.97	2771.24	2032.27
1.0	179.038	0.0011262	0.1979	759.06	2775.42	2016.36
1.2	187.081	0.0011373	0.1663	794.65	2782.12	1987.47
1.4	194.132	0.0011476	0.1434	826.06	2787.15	1961.09
1.6	200.434	0.0011572	0.1260	854.53	2791.33	1936.81
1.8	206.149	0.0011663	0.1124	880.06	2794.27	1914.20
2.0	211.390	0.0011749	0.1015	903.93	2796.78	1892.85
2.2	216.238	0.0011833	0.09241	926.12	2798.87	1872.33
2.4	220.757	0.0011913	0.08482	947.05	2800.13	1853.07
2.6	224.992	0.0011991	0.07836	966.73	2800.96	1834.23
2.8	228.984	0.0012067	0.07279	985.57	2801.80	1816.23
3.0	232.761	0.0012142	0.06794	1003.16	2802.22	1799.07
3.2	236.349	0.0012215	0.06368	1020.32	2802.22	1782.32
3.4	239.769	0.0012286	0.05990	1036.65	2802.22	1765.57
3.6	243.038	0.0012356	0.05653	1052.14	2801.80	1749.66
3.8	246.170	0.0012425	0.05350	1067.22	2801.38	1734.17
4.0	249.178	0.0012494	0.05076	1081.87	2800.55	1718.68

① 本表所列水和蒸气性质参数，系根据 1963/1964 年第六届国际水蒸气性质会议的骨架表和 1967 年国际公式化委员会 (IFC) 提出的水蒸气计算公式计算而得，是当前国际上通用的数值。

使用符号：

p —— 压力 (MPa)；

t —— 温度 (℃)；

t_s —— 饱和温度 (℃)；

v —— 比体积 (m³/kg)；

v' 、 v'' —— 饱和状态下水和蒸汽的比体积 (m³/kg)；

h —— 焓 (比焓) (kJ/kg)；

h' 、 h'' —— 饱和状态下水和蒸汽的焓 (kJ/kg)；

r —— 水的汽化潜热 (kJ/kg)。

对于 1kg 锅炉给水，在某一压力下加热到饱和温度所需的热量 (q)，称为液体热，可由下式计算得出

$$q = h' - h_s \quad (1-6)$$

式中 q ——液体热 (kJ/kg)；

h' ——饱和水的比焓 (kJ/kg)；

h_s ——送入锅炉水的比焓 (kJ/kg)。

例如锅炉给水温度为 t 时，则它的所含热量（或焓）即等于水从 0℃ 定压加热到 t 时所吸收的热量，可由式 (1-6) 计算得到。

2. 汽化阶段 由饱和水变成饱和蒸汽，需要吸收汽化潜热。当锅炉给水加热到饱和温度后，继续加热会不断产生饱和蒸汽，并不断增多，而饱和水不断减少，直至完全汽化。在整个汽化阶段，虽然热量不断增加，但温度保持不变。

干饱和蒸汽：不含有水分的饱和蒸汽称为干饱和蒸汽。

湿饱和蒸汽：含有水分的饱和蒸汽称为湿饱和蒸汽。

蒸汽干度 (X)：指湿饱和蒸汽中干饱和蒸汽所占的百分数 (%)。

蒸汽湿度：指湿饱和蒸汽中水分所占的百分数 (%)，在数值上为 $1 - X$ 。

汽化潜热 (r)：1kg 饱和水在定压下加热至完全汽化成同温度下的干饱和蒸汽需要的热量，或将此干饱和蒸汽凝结成同温度下的饱和水所放出的热量，称为汽化潜热。其数学公式为

$$r = h'' - h' \quad (1-7)$$

式中 r ——汽化潜热 (kJ/kg)；

h'' ——干饱和蒸汽焓 (kJ/kg)。

汽化潜热随饱和压力的变化而变化，饱和压力越高，则汽化潜热越小。在表 1-1 中可查：1.1MPa 饱和压力下，汽化潜热 r 为 1999.3kJ；1.4MPa 下， r 为 1958.3kJ；当 2.6MPa 时， r 为 1829.5kJ。

当饱和压力升高到 22.12MPa 时，汽化潜热为零，相应的温度为 374.15℃。此时的压力称为临界压力，相应的温度称为临

界温度。

3. 过热阶段 将干饱和蒸汽继续定压加热，蒸汽温度即开始上升，从饱和温度上升到规定的过热温度，这样的蒸汽称为过热蒸汽。

过热度：过热蒸汽的温度高出同等压力下的饱和温度的数值。

过热热：蒸汽过热阶段所吸收的热量称为过热热。过热热 q 的计算公式为

$$q = h - h'' \quad (1-8)$$

式中 h ——过热蒸汽的焓 (kJ/kg)。

过热蒸汽的过热度越大，则过热热也要越大。

上述三个阶段，在锅炉的不同部件里发生。例如水的加热阶段，一般在省煤器中进行；汽化阶段是在水冷壁、对流管束，也有少量在沸腾式省煤器中进行；过热阶段在过热器和再热器中进行。但是，这三个阶段对于不同的锅炉参数，如给水温度、蒸汽温度不同而不同，表 1-2 为水、汽参数对吸热量分配的影响。

表 1-2 水、汽参数对吸热量分配的影响

出口汽压 (表压) /MPa	0.4	0.7	1.0	1.3	1.3	1.6	1.6	2.5
出口汽温/℃	151.85 (饱和)	170.42 (饱和)	184.06 (饱和)	195.04 (饱和)	350	204.30 (饱和)	350	400
给水温度/℃	20	20	60	60	105	60	105	105
给水焓/(kJ/kg)	84.3	84.6	252.0	252.2	441.2	252.4	441.4	442.0
饱和水焓/(kJ/kg)	640.1	720.9	781.1	830.1	830.1	871.8	871.8	971.7
汽化潜热/(kJ/kg)	2108.4	2047.5	1999.3	1958.3	1958.3	1922.0	1922.0	1829.5
饱和汽焓/(kJ/kg)	2748.5	2768.4	2780.4	2788.4	2788.4	2793.8	2793.8	2801.2
过热汽焓/(kJ/kg)	—	—	—	—	3149.7	—	3143.7	3238.0
焓总增量/(kJ/kg)	2664.2	2683.8	2528.4	2536.2	2708.5	2541.4	2702.5	2796.0

(续)

出口汽压 (表压) /MPa		0.4	0.7	1.0	1.3	1.3	1.6	1.6	2.5
热量分配 (%)	预热	20.86	23.71	20.93	22.79	14.36	24.37	15.93	18.95
	汽化	79.14	76.29	79.07	77.21	72.30	75.63	71.12	65.43
	过热	—	—	—	—	13.34	—	12.95	15.62

第二节 锅 炉 传 热

燃料在锅炉的燃烧设备中燃烧产生高温烟气, 高温烟气将热量传给锅炉的各种受热面中相对低于烟气温度的工质 (锅炉给水、汽水混合物、蒸汽等), 通过传热, 使烟气温度不断下降, 直至达到排烟温度, 然后离开锅炉排向大气。因此, 必须要了解燃料放出的热量是如何传递给工质, 将锅炉给水有效地变成需要的蒸汽或热水。图 1-1 为将受热面管子展开成单壁的传热示意图。由图可见: 热量首先由高温烟气 t_1 传到受热面管子外壁 t_{b1} , 然后由管子外壁传到内壁 t_{b2} , 最后由内壁传给工质 t_2 , 这一过程称为锅炉的传热过程。

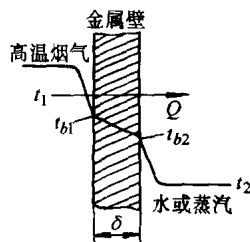


图 1-1 单壁传热

锅炉的传热方式有: 热传导、热对流和热辐射三种基本形式。在锅炉的实际传热过程中, 往往是这三种基本形式都同时存在。但是, 由于不同的受热面部件所处的环境条件不同, 往往总是由某一种或某两种形式起主要作用。

一、热传导

热传导是指直接接触的物体各部分间的传热过程。从微观看, 对金属而言, 主要靠金属的自由电子的运动进行导热; 对非导体的固体和液体, 主要靠分子、原子在平衡位置附近的振动进行传热; 气体则主要靠分子热运动时的相互碰撞进行导热。根据图 1-1 单壁传热的例子, 由于管子在锅炉运行中出现管子内外

壁温度有高低, 即外壁温度 t_{b1} 高于内壁温度 t_{b2} , 实践证明, 热传导所传递的热量 Q 和温度差 $(t_{b1} - t_{b2})$ 成正比, 和受热面的面积 H (面对热量的面积) 成正比, 和壁的厚度 δ (顺热量传递方向) 成反比, 即

$$Q = \lambda \frac{H (t_{b1} - t_{b2})}{\delta} \quad (1-9)$$

式中 Q ——单位时间内通过给定平面的热量 (W);

λ ——热导率 (W/(m·K));

t_{b1} 、 t_{b2} ——内外壁温度 (°C)。

对于单位面积而言

$$q = \lambda \frac{t_{b1} - t_{b2}}{\delta} \quad (1-10)$$

式中 q ——单位时间内通过单位面积的热量, 又称为热流密度 (W/m²)。

热导率 λ 与材料种类有关, 是评价材料导热性能优劣的重要指标。例如铜: λ 为 418.68W/(m·K); 钢材: λ 为 46.5W/(m·K); 硅藻土砖: λ 为 0.1W/(m·K); 超细玻璃棉毡: λ 为 0.039W/(m·K)。由此可见, 铜、钢材的导热性能优良, 可作为传热元件的材料; 硅藻土砖、超细玻璃棉毡导热性能差, 属于优质的保温材料。

热导率 λ 还和温度有关。例如 20 钢的温度由 100°C 上升至 600°C 时, 其 λ 值下降 30%; 而耐火和保温材料的 λ , 则随着温度的提高而提高, 一般会成倍或几倍的增长。

如果将几个壁合在一起, 则多壁传热公式为

$$Q = \frac{H \Delta t}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots} \quad (1-11)$$

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots} \quad (1-12)$$

式中 Δt ——多层壁的最外、最内侧壁面之间的温差 (°C);

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1}, \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \frac{\delta_3}{\lambda_3}, \dots \text{——第一、二、三、}\dots \text{层的每层热阻}$$

$$(\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W})。$$

从热传导原理可知，锅炉受热面的清洁是何等重要。受热面烟侧壁的灰垢、水（或蒸汽）侧壁的水垢，由于灰垢、水垢的热导率小，例如灰垢的 λ 为 $0.116 \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ ，水垢的 λ 为 $0.582 \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ ，即分别是钢材 λ 的 $\frac{1}{400}$ 和 $\frac{1}{80}$ ，势必会严重影响热量的传递。

例如，锅炉某一受热面管子，已知壁厚为 3.5mm ，外壁温度测得 181°C ，内壁温度测得 175°C ，当内外壁无污染时，该受热面的热流密度为多少？

按式 (1-12) 计算

$$q_1 = \frac{\Delta t}{\frac{\delta}{\lambda}} = 46.5 \times \frac{(181-175)}{0.0035} \text{W/m}^2$$

$$= 79714.3 \text{W/m}^2$$

若内侧污染，结水垢 1mm 时，受热面的热流密度则又为多少？

按式 (1-14) 计算

$$q_2 = \frac{\Delta t}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{181-175}{\frac{0.0035}{46.5} + \frac{0.001}{0.582}} \text{W/m}^2$$

$$= 3345.6 \text{W/m}^2$$

q_1 为 q_2 的 24 倍，说明结 1mm 的水垢后，其传递的热流密度会明显的下降。如果结了 1mm 厚水垢后，仍要保持原来的传递热量 q_1 的话，则外壁温度 t_{b1} 会升高多少？

按式 (1-12) 计算变成

$$t_{b1} = q_1 \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) + t_{b2}$$

$$= 79714.3 \times \left(\frac{0.0035}{46.5} + \frac{0.001}{0.582} \right) ^\circ\text{C} + 175^\circ\text{C} = 318^\circ\text{C}$$