

钢和合金的 高温性能

〔英〕C.G.康 伟 著
党 刚 译

中国工业出版社

钢和合金的高温性能

〔英〕C.G.康 伟 著

党 刚 译

中国工业出版社

本书根据“Heat-resisting steels and alloys”一书1953年版譯出，介绍了約90种耐热鋼和耐热合金的性能，簡明扼要地提供了主要高溫鋼种的数据，这些数据在一般书籍中是不易找到的。

本书的缺点是缺少最新的高溫鋼种。

目前出版的有关高溫鋼和合金性能方面的书籍甚少，本书可供冶金与机械設計和生产人員、研究人員、鋼材使用人員参考。

本书譯文由曹丽順作文字校对。

C.G. Conway

HEAT-RESISTING STEELS AND ALLOYS

LONDON, 1953

鋼和合金的高溫性能

党 剛 譯

(根据原冶金工业出版社譯印)

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯

(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京香厂路10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $5 \frac{9}{16}$ ·字数130,000

1959年12月北京第一版

1965年3月北京新一版·1965年3月北京第一次印刷

印数0001—3,090·定价(科四)0.72元

*

統一书号: 15165·3561(冶金-572)

目 录

第一章	緒言.....	1
第二章	总表和曲綫.....	5
第三章	碳素鋼和低合金鋼.....	16
第四章	螺栓鋼.....	50
第五章	閥門鋼.....	63
第六章	耐热鑄造合金.....	69
第七章	标准型奧氏体鋼.....	82
第八章	特殊耐热鋼和合金.....	121

第一章 緒 言

长久以来，就需要一本关于商品鋼材和合金的高溫性能的簡明技术資料書籍。在选出了一个厂家来供应鋼材或半成品，而还没有詳細考虑采用某种鋼材和合金以前，这本书能供給工程师以各种数字，作为設計的依据。

这些資料目前分散在各种研究報告和厂家的說明書中，就是很熟悉这些文献的人，也不容易很快找出他所需要的資料。

为了便于查考，本书将鋼和合金分成下列六类：

- (1) 碳素鋼、低合金鋼和馬氏体鋼。
- (2) 螺栓鋼。
- (3) 閥門鋼。
- (4) 美国鑄鋼。
- (5) 标准型奧氏体鋼。
- (6) 特殊耐热鋼和合金鋼。

工程师和冶金工作者們的經驗告訴我們，金屬的正常物理性能，如传导性、膨胀性等，在設計时并没有受到充分注意，至于这些性能会随着溫度而发生变化这一点，那怕这种变化是很重要的，也时常被忽視。因此，除了对每一鋼种有詳細的資料以外，本书还对这些性能作了一个概述。在查考鋼材和合金的氧化和結皮性能时，其蠕变强度受到溫度影响的全面介紹，对于究竟采用铁素体或价格較高的奧氏体鋼材这一点，就成为一种便捷的指南。

在大多数情况下，来源不同的鋼表现出种种大不相同的性能，特别是在抗蠕变能力这一方面。这在各次加热中变化很大，在一次加热中也有些不同。一般看来，金屬在高溫下抵抗可塑性变形的能力愈大，这种性能的变化也就愈大。本书旨在对某一定种类和型式的鋼材的性質，提出相当有代表性的数据，当然，使用鋼材

者还必須始終記住，变化是可能存在的，实际上也的确存在。

資料的排列法

本書把鋼材分成了多种类别，并且一般的介紹了它們在高溫时对于氧化的抵抗能力，所以对于同一类别的各种鋼材應該能够提供簡要的參考資料，而且帮助使用者选出合于需要的一种或两种鋼材。每一种鋼材都按下列各項目加以說明：

(1) 代表性成分、普通用途、优点和缺点——如果上列各項可以着重指出的話。

(2) 蠕变試驗数据，用图表說明。

(3) 物理和机械性能。

蠕变現象

在高溫工程設計中，蠕变現象是很重要的。这是指一种材料在負荷下，随着時間而繼續变形。变形有几种形式，視情况而異。一般來說，負荷、溫度、和应变都和時間有关，特別是当其中两个可变因素成为固定的时候。普通情况是在溫度基本不变，負荷也不变的情况下，观察应变的变化（應該注意，固定应力不同于固定負荷的情况，在实践中不常遇到）。鋼材的这些情况，一般形成如图 1 的曲綫。

第二种形式是溫度和应变都不变，在长期間內观察負荷的全部作用，例如螺栓在一定的应变下的张弛情况。負荷的低落相当于鋼材內部的弹性应变轉变为塑性应变，这是由于蠕变現象所造成的。这在螺栓鋼一章中将有簡要的說明，并附有一些张弛的数据。讀者切勿将一种鋼材的蠕变数据轉变为另一种鋼材的，除非仅仅作为一种近似值。

数据的开列

蠕变曲綫第 1 图的数据常由鋼材制造厂以种种的方式开列出来。显然，下列数据是可以收集得到的。

(1) 第二期的稳定蠕变率。

(2) 达到一定程度的蠕变应变所需的時間，如 0.1%，0.2%

等等，或者用另一种表明方式，即在一定时间内的蠕变应变量。

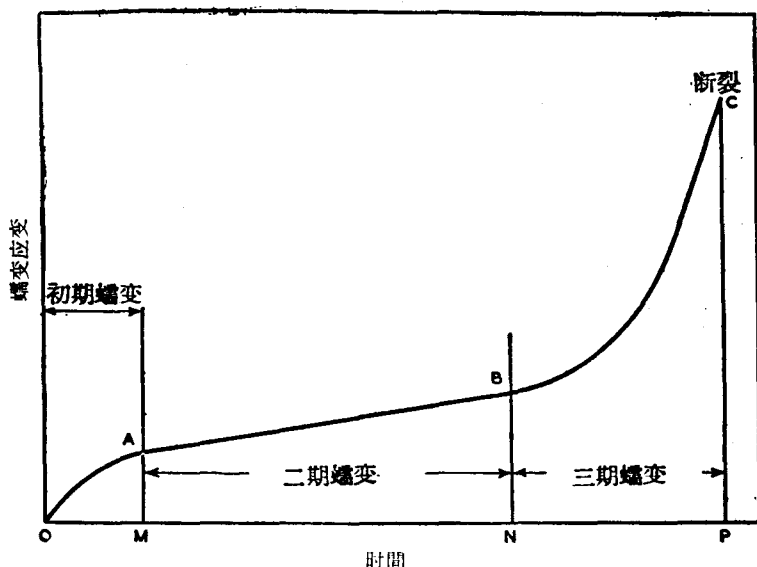


图 1 代表性蠕变曲线，表明初期、二期和三期蠕变图

(3) 达到第三期的时间。

(4) 达到破裂的时间。

通常由制造厂、开出的数字就是从这些种类的曲线得来的。

较普通的有：

(1) 达成 10^{-6} /小时和 10^{-7} /小时之类的蠕变率的应力。

(2) 在 1,000~10,000 小时内达成 0.1~0.5% 的蠕变率的应力。

(3) 在 1,000~10,000 小时内达成破裂的应力。

长时期的数据很不容易得到，因此，100,000 小时的数据，几乎都是推算出来的。事实上也应该这样来看待这些数据。

蠕变率一般都是开列出来的。在大多数情况下，这些数字和相同时间内的总蠕变应变很相近；除了有些钢材，其初期塑性

范围較高，而后来的蠕变率則变为較低。所有的蠕变率都是照前面那样开列，所以应该同一定時間內的总蠕变应变妥加区别。

美国一般的例子是用每小时（即 10^{-6} /小时）或者用每10,000小时1%来开列蠕变率，可是也有几种新出的专营型合金鋼列有总蠕变变。这在一两个实例中就是总变形，并包括弹性应变。

一般來說，以 10^{-6} /小时为标准的蠕变率，对于設計是有用的基础。但有时这个数字接近于1000小时的破裂应力，因此，对于那一类的鋼材或合金使用这种标准，要特別注意。

只要对現有的数据概括地审閱一下，就可以看出来許多較新的合金鋼反比通用了多年的高温合金鋼具有更为可靠的資料。

第二章 总表和曲线

本章收集有总表和曲线，分列于以下项目：

- (1) 导热系数。
- (2) 热膨胀。
- (3) 蠕变试验资料。
- (4) 杨氏模数。
- (5) 有用的换算系数和表格。

表 1

各种钢材的导热系数 C. G. S. 单位

(括弧内系英热单位)

钢 材	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	500°C 932°F	600°C 1112°F	700°C 1292°F
碱性平爐鉄	0.159 (38.5)	0.145 (35.2)	0.131 (31.8)	0.117 (28.4)	0.104 (25.2)	—	—
高碳鋼	0.109 (26.5)	0.104 (25.2)	0.099 (23.9)	0.093 (22.6)	0.088 (21.3)	—	—
4—6%鉻鋼	0.087 (21.2)	0.086 (20.7)	0.084 (20.3)	0.082 (19.9)	0.080 (19.5)	—	—
15%鉻鋼	0.062 (15.1)	0.063 (15.2)	0.063 (15.2)	0.063 (15.2)	0.063 (15.2)	—	—
12%鉻鋼	0.060 (14.7)	0.062 (15.1)	0.064 (15.5)	0.066 (16.0)	—	—	—
26%鉻鋼	0.050 (12.1)	0.052 (12.7)	0.055 (13.3)	0.057 (13.8)	0.058 (14.1)	—	—
18—8 低碳	0.039 (9.50)	0.042 (10.2)	0.045 (11.0)	0.049 (11.8)	0.052 (12.5)	—	—
18—12鈦	0.038 (9.20)	—	0.041 (9.90)	—	0.045 (10.8)	—	0.048 (11.6)
25—20	0.033 (8.00)	—	—	—	0.045 (10.8)	—	—

(1) 导热系数

各种钢材的导热系数和温度的关系见下表和图2。在普通室温时，合金钢的合金成分愈高，导热系数愈低，这种现象极为显著。极端的情况是，从碱性平炉铁的导热系数0.16 C、G、S单位降到25铬—20镍型合金钢的0.033厘米·克·秒单位。这样就相差了5倍。但是，当温度在500℃左右时，导热系数从这种铁的0.104 C、G、S单位，降到高成分合金奥氏体钢的0.045 C、G、S单位，差别的范围是缩小了。

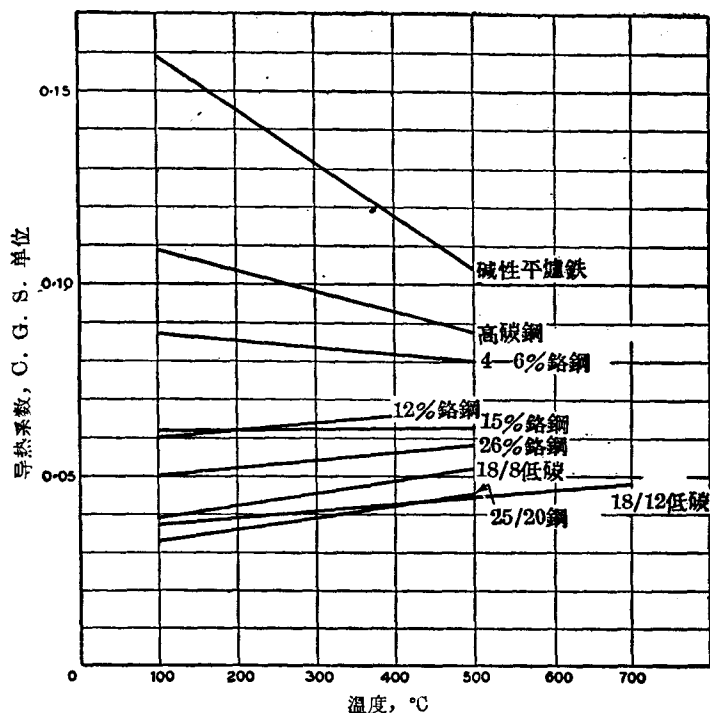


图2 各种钢材的导热系数图 (根据第1表的数值画出来的)

在所有的情况下，工厂的温度在适应钢材使用的范围以内时，其导热系数和温度的变化关系是直线式的。碱性平炉铁的导热系数降低得很快，而含合金成分高的钢材则稍微上升一些。

一般说来，如果传热须通过薄壁的盛器或管子，导热系数是次要问题，因为表面的氧化物或锈皮的绝热作用可以掩盖两种钢材的差别。遇到大块材料，或者热需要顺着钢板或钢皮流传时，则铁素体和奥氏体两种钢材的差别就很关重要，例如，在减少热应变到最低限度这一方面就是如此。

(2) 热膨胀

和导热系数一样，奥氏体钢材和铁素体钢材在热膨胀方面也有差别。每一种钢材的热膨胀特性，将在后文分别列述。这里先把这两大类钢材的热膨胀一般趋势列于图3。从图上可以看出，不论在何种温度范围里，奥氏体钢的长度增加程度，此类似的铁素体钢样要大50%左右。

在設計使用于高溫的机件时，因为应力的关系或者溫度的关系，在同一装配件中要使用不同的鋼种，那么，这种差别就很重要。如汽輪机的叶輪和凸緣等件的热应变是由于溫度陡度而引起的，因而所用鋼料的热膨胀会在工作性質上产生很大的差别。

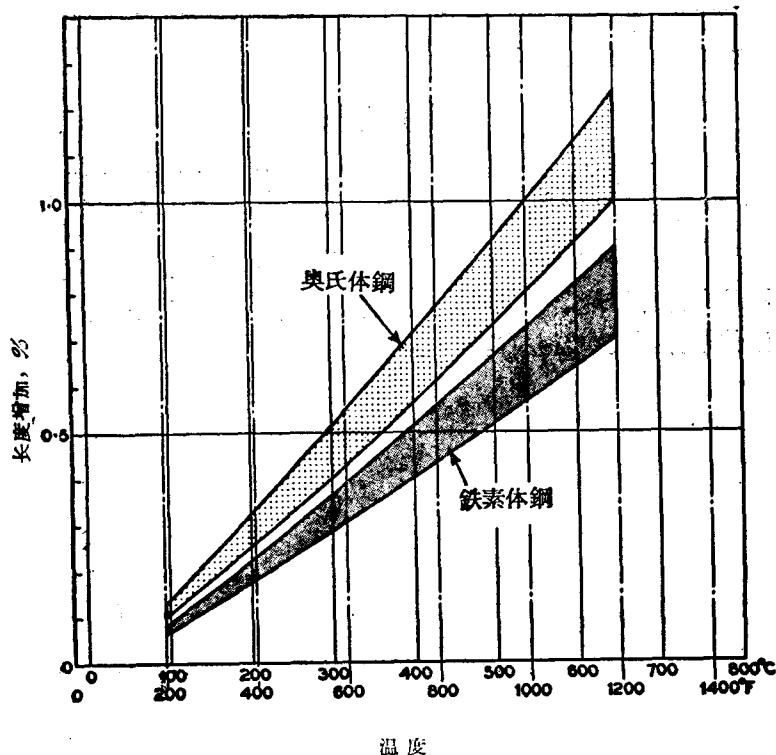


图3 各种鋼材的热膨胀范围图

(3) 蠕变試驗数据

这一部分的資料可以用图4里的曲綫总括起来。图的用处在于

于着重指出，把奥氏体钢作为一个类别来说，在 600°C 以上较铁素体钢显然为优，但较最近十年来发展的专营型合金钢却有逊色。此外，应该看出，当温度在 400°C 到 500°C 之间，铁素体钢材的应力负担能力较多种奥氏体钢为高；因此，在这一温度范围之内，钢材的选用主要是看部件的大小及其必须抵抗的腐蚀情况。由于低合金钢的价格一般较奥氏体钢为低廉，选料时应该注意住这一点，即凡有可能，就要考虑到表面防护的措施。

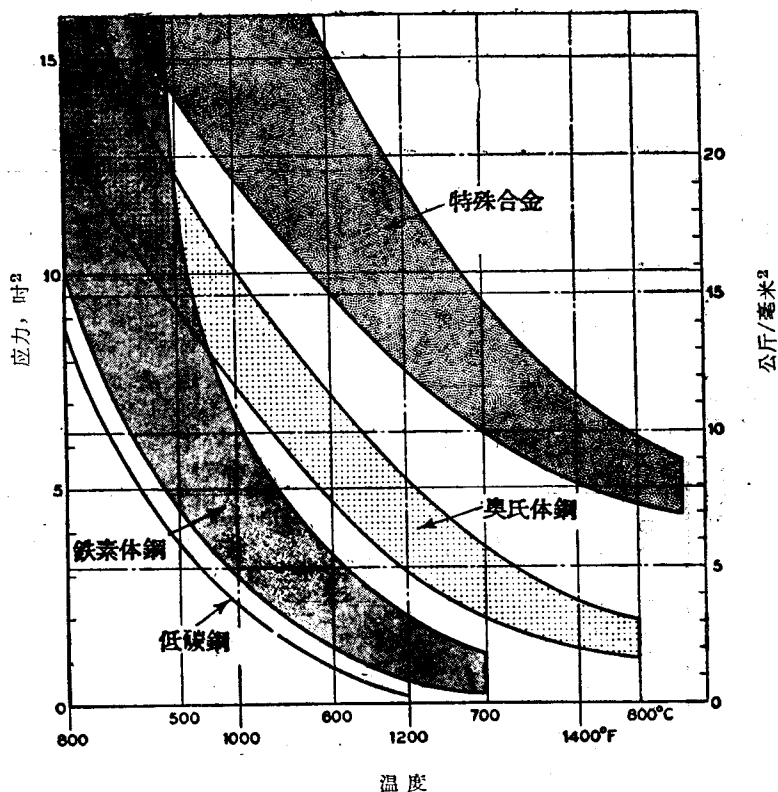


图4 各种钢材产生 10^{-6} /小时的蠕变率的应力范围图

(4) 鋼在高温下的彈性模數

楊氏模數: 磅/平方吋 $\times 10^6$ (括弧內系公斤/平方毫米 $\times 10^3$)

鋼 材	70°F 21°C	210°F 99°C	300°F 149°C	392°F 200°C	480°F 249°C	752°F 400°C	1112°F 600°C	1382°F 750°C	1472°F 800°C	1832°F 1000°C
0.10碳鋼	30.2 (21.14)	—	—	28.4 (19.88)	—	26.7 (18.69)	23.3 (16.31)	—	—	—
0.30碳鋼	31.2 (21.84)	—	—	29.6 (20.72)	—	27.3 (19.11)	24.2 (16.94)	—	—	—
12銘	31.8 (22.26)	—	—	30.0 (21.00)	—	27.6 (20.02)	24.2 (16.94)	20.2 (14.14)	—	—
30銘	27.3 (19.11)	—	—	25.8 (18.06)	—	23.1 (16.17)	18.8 (20.16)	—	15.5 (17.85)	—
18—8	27.5 (19.25)	26.5 (18.55)	26.0 (18.20)	25.5 (17.85)	24.6 (17.22)	—	—	—	—	—
18—8鉻	28.4 (19.88)	—	—	26.2 (18.34)	—	23.5 (16.45)	21.1 (14.77)	—	18.4 (12.88)	—
18—8鈦	29.4 (20.58)	—	—	27.1 (18.97)	—	24.4 (17.08)	21.8 (15.26)	—	19.3 (13.51)	—
25—20	28.4 (19.88)	—	—	26.2 (18.34)	—	24.0 (16.80)	21.7 (15.19)	—	19.5 (13.65)	17.0 (11.90)
25—12鎢	28.7 (20.09)	—	—	26.7 (18.69)	—	24.2 (16.94)	22.0 (15.40)	—	19.9 (13.93)	17.0 (11.90)
14—14鎢	29.3 (20.51)	—	—	27.1 (18.97)	—	24.6 (17.22)	22.4 (15.68)	—	19.9 (13.93)	—
65鎢—15銘	28.4 (19.88)	—	—	27.1 (18.97)	—	25.5 (17.85)	23.7 (16.59)	—	21.5 (15.05)	18.1 (12.67)
80鎢—20銘	—	—	—	31.4 (21.98)	—	28.5 (19.95)	26.3 (18.41)	—	19.6 (13.72)	—

(5) 有用的换算系数

换算项目	乘以
大气压换算为 0°C 时水银柱的毫米数	760
大气压换算为磅/平方吋	14.696
英热单位换算为公制热单位	0.556
英热单位换算为公斤—卡路里	0.252
卡路里换算为焦耳	4.185
公制热单位换算为英制热单位	1.8
公制热单位换算为公斤卡路里	0.454
立方厘米换算为立方吋	0.061
立方吋换算为立方米	0.028
立方吋换算为立方厘米	16.387
达因/平方厘米换算为吨/平方吋	6.4750×10^{-9}
呎换算为厘米	30.48
呎换算为米	0.305
呎—磅/分鍾换算为瓦	0.0226
英制加仑换算为公升	4.54596
英制加仑换算为美制加仑	1.20095
吋换算为厘米	2.54
焦耳换算为卡路里	0.239
公斤换算为磅	2.204
公斤—卡路里换算为英制热单位	3.968
公斤—卡路里换算为公制热单位	2.204
公斤/平方厘米换算为磅/平方吋	14.22
公斤/平方毫米换算为吨/平方吋	0.635
磅/平方吋换算为公斤/平方厘米	0.070
平方厘米换算为平方吋	0.155
平方吋换算为平方厘米	6.452
吨/平方吋换算为达因/平方厘米	1.5444×10^8
吨/平方吋换算为公斤/平方毫米	1.575
瓦换算为呎—磅/分鍾	44.24

导热系数

公制热单位换算为英制单位..... 2900

英制单位换算为公制热单位..... 0.000345

温度转换公式

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 9/5) + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$$

英制热单位换算为公斤-卡路里表

英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里
1	0.252	26	6.552	51	12.852	76	19.152
2	0.504	27	6.804	52	13.104	77	19.404
3	0.756	28	7.056	53	13.356	78	19.656
4	1.008	29	7.308	54	13.608	79	19.908
5	1.260	30	7.560	55	13.860	80	20.160
6	1.512	31	7.812	56	14.112	81	20.412
7	1.764	32	8.064	57	14.364	82	20.664
8	2.016	33	8.316	58	14.616	83	20.916
9	2.268	34	8.568	59	14.868	84	21.168
10	2.520	35	8.820	60	15.120	85	21.420
11	2.772	36	9.072	61	15.372	86	21.672
12	3.024	37	9.324	62	15.624	87	21.924
13	3.276	38	9.576	63	15.876	88	22.176
14	3.528	39	9.828	64	16.128	89	22.428
15	3.780	40	10.080	65	16.380	90	22.680
16	4.032	41	10.332	66	16.632	91	22.932
17	4.284	42	10.584	67	16.884	92	23.184
18	4.536	43	10.836	68	17.136	93	23.436
19	4.788	44	11.088	69	17.388	94	23.688
20	5.040	45	11.340	70	17.640	95	23.940
21	5.292	46	11.592	71	17.892	96	24.192
22	5.544	47	11.844	72	18.144	97	24.444
23	5.796	48	12.096	73	18.396	98	24.696
24	6.048	49	12.348	74	18.648	99	24.948
25	6.300	50	12.600	75	18.900	100	25.200

公斤-卡路里换算为英制热单位表

公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位	公斤- 卡路里	英制热 单 位
1	3.968	26	103.176	51	202.384	76	301.592
2	7.937	27	107.145	52	206.353	77	305.561
3	11.905	28	111.113	53	210.321	78	309.529
4	15.873	29	115.081	54	214.289	79	313.497
5	19.842	30	119.050	55	218.258	80	317.466
6	23.810	31	123.018	56	222.226	81	321.434
7	27.778	32	126.986	57	226.194	82	325.402
8	31.747	33	130.955	58	230.163	83	329.371
9	35.715	34	134.923	59	234.131	84	333.339
10	39.683	35	138.891	60	238.099	85	337.307
11	43.652	36	142.860	61	242.068	86	341.276
12	47.620	37	146.828	62	246.036	87	345.244
13	51.558	38	150.796	63	250.004	88	349.212
14	55.556	39	154.764	64	253.973	89	353.180
15	59.525	40	158.733	65	257.941	90	357.149
16	63.493	41	162.701	66	261.909	91	361.117
17	67.461	42	166.669	67	265.877	92	365.085
18	71.430	43	170.638	68	269.846	93	369.054
19	75.398	44	174.606	69	273.814	94	373.022
20	79.366	45	178.574	70	277.782	95	376.990
21	83.335	46	182.543	71	281.751	96	380.959
22	87.303	47	186.511	72	285.719	97	384.927
23	91.271	48	190.479	73	289.687	98	388.895
24	95.240	49	194.448	74	293.656	99	392.864
25	99.208	50	198.416	75	297.624	100	396.832