



华夏英才基金学术文库

# 温室气体二氧化碳 捕集和利用技术进展

WENSHI QITI ERYANGHUATAN BUJI HE LIYONG JISHU JINZHAN

郭庆杰 主编



化学工业出版社



华夏英才基金学术文库

# 温室气体二氧化碳 捕集和利用技术进展

WENSHI QITI ERYANGHUATAN BUJI HE LIYONG JISHU JINZHAN

郭庆杰 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要包括：二氧化碳的来源、吸收法分离技术、吸附法分离技术、膜分离技术、化学链燃烧技术、惰性气氛下钙基载氧体热分解过程的动力学研究、钙基载氧体同固体燃料和气体燃料的反应特性和动力学研究、化学链制氢技术、二氧化碳的其他捕集技术，同时还介绍了二氧化碳封存技术，最后总结了二氧化碳加工聚合物技术并给出了二氧化碳捕集与利用展望。其中重点论述了载氧体化学链燃烧技术，主要内容有载氧体颗粒的制备和表征，化学链燃烧的热力学分析，化学链燃烧反应机理及其模拟，化学链燃烧的典型单元设备和工艺技术，化学链燃烧耦合技术分析，化学链制氢技术和化学链重整技术。

本书论述力求通俗易懂、理论与工艺实践相结合，可作为科研人员、工程技术人员的专业学术参考书，也可以作为大专院校教师、研究生的教学参考书。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

温室气体二氧化碳捕集和利用技术进展/郭庆杰主编.  
北京: 化学工业出版社, 2010.10  
ISBN 978-7-122-09309-7

I. 温… II. 郭… III. 有害气体-大气扩散-污染防治-技术 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 155600 号

---

责任编辑: 廖叶华  
责任校对: 周梦华

文字编辑: 咎景岩  
装帧设计: 韩 飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 13 字数 343 千字  
2010 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 38.50 元

版权所有 违者必究

## 前言

随着人们对全球变暖现状认识的深入以及“巴厘岛路线图”的制定，减少温室气体 CO<sub>2</sub> 等的排放量成为人们日益关注的焦点。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 在 2007 年初发表的第四次气候变化评估报告中指出，人类活动“很可能”是导致气候变暖的主要原因。2005 年 2 月 16 日《京都议定书》正式生效，要求发达国家应对全球气候变暖承担更多的历史责任。一些国际组织和发达国家推出了一些减排技术应对方案，如美国能源部提出了“未来电力” (Future Gen) 和“21 世纪远景气” (Vision 21) 计划，欧盟国家推出了“未来能源计划”等。然而 CO<sub>2</sub> 的排放主要来自于化石能源的燃烧，当今的能源仍然以化石燃料为主，因此 CO<sub>2</sub> 的捕集和封存技术对减少 CO 的排放量有着重大意义。碳捕集和封存技术的研究引起了大学、研究机构和各国政府极大的重视。

考虑到我国富煤、贫油气和水、耕地资源紧缺的现状，在各行各业认真贯彻中央节能减排，调整产业结构和大力发展风能等可再生能源的基础上，大力加强 CO<sub>2</sub> 捕集和封存技术的研究，如加快研究控制 CO<sub>2</sub> 排放的洁净煤技术、加快发展先进的 CO<sub>2</sub> 捕集和封存技术等。对于我国目前的绝大部分电厂、新建电厂和未来的洁净煤电技术来说，CO<sub>2</sub> 的捕集分离是关键。由于烟道气流量极大，CO<sub>2</sub> 浓度很低，体系复杂，因而分离设备体积庞大，能耗高。目前的 CO<sub>2</sub> 捕集成本在 40 美元/吨左右，约占碳捕集和封存总成本的 80%。只有大幅度地降低其成本，才有可能实施碳捕集和封存。目前化工领域已成功应用的 CO<sub>2</sub> 的捕集分离方法主要有吸收、膜分离和吸附等。

由于  $\text{CO}_2$  化学性质十分稳定，目前以  $\text{CO}_2$  作为资源进行化学加工难度很大，能耗和成本很高，而且规模有限。目前应加强基础研究，增加新技术的研究和开发，争取在  $\text{H}_2$  价位逐渐降低和催化剂等技术领域获得突破后进行工业化示范和大规模工业应用。因此， $\text{CO}_2$  资源的化学利用正在成为化学工程、环境工程以及绿色化学领域的研究热点。

对于这样一个备受关注、影响人类生活环境的领域，及时、系统地总结其最新研究成果是很必要的。作者在此背景下编写本书，希望对广大读者有所启发、有所帮助，推动温室气体二氧化碳捕获和应用技术的发展。

本书共分 12 章，由郭庆杰教授主编。第 1 章为绪论，重点介绍了二氧化碳的来源和全球碳排放的基本特征（郭庆杰教授、刘会娥副教授编写）；第 2 章描述了吸收法分离技术，介绍了用于二氧化碳分离的塔设备、内构件、填料以及吸收分离技术的前景（耿启金副教授编写）；第 3 章概述了吸附法分离技术，着重介绍了变压吸附技术的原理及其设备（孙德帅博士编写）；第 4 章则详述了膜分离技术的原理、膜材料及其膜设备（王许云副教授编写）；第 5 章讨论了化学链燃烧技术，包括化学链燃烧原理，载氧体的制备、表征和反应性，化学链燃烧设备（郭庆杰教授、刘永卓硕士编写）；第 6 章和第 7 章集中篇幅分别论述了惰性气氛下钙基载氧体热分解过程的动力学研究以及钙基载氧体同固体燃料和气体燃料的反应特性和动力学研究（郭庆杰教授、田红景博士编写）；第 8 章拓展了化学链技术的应用，论述了化学链技术的其他应用（徐东彦副教授编写）；第 9 章介绍了二氧化碳的其他捕集技术，主要是生物固碳技术（刘会娥副教授编写）；第 10 章论述了二氧化碳的封存技术（郭庆杰教授编写）；第 11 章简述了二氧化碳加工聚合物技术（耿启金副教授编写）；最后，第 12 章综述了二氧化碳捕集与利用展望（郭庆杰教授编写）。

本书所包含的科研成果得到了德国洪堡基金会、国家自然科学基金

金、山东省泰山学者建设工程项目、教育部新世纪优秀人才支持计划项目和山东省自然科学基金的资助，在此深表谢意！王许云副教授校对了全部书稿，研究生张健、郝俊怡绘制了全书部分图形，在此一并致谢！另外还要感谢华夏英才基金会资助本书出版。

本书论述力求通俗易懂、理论与工艺实践相结合，可作为科研人员、工程技术人员的专业学术参考书，也可以作为大专院校教师、研究生的教学参考书。由于编者水平所限，加之时间仓促，其中错漏和疏忽之处难免，恳请读者见谅。

**郭庆杰**

**2009年7月于青岛**

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 二氧化碳的来源 .....	1
1.1.1 化石燃料的燃烧 .....	1
1.1.2 工业副产二氧化碳 .....	4
1.1.3 天然资源 .....	6
1.2 全球碳排放的基本特征 .....	7
1.2.1 全球二氧化碳排放现状 .....	7
1.2.2 未来全球二氧化碳的排放趋势 .....	9
1.2.3 二氧化碳污染 .....	9
1.2.4 中国化石燃料燃烧的二氧化碳排放情况 .....	15
参考文献 .....	17
<b>第 2 章 吸收法分离技术</b> .....	<b>18</b>
2.1 吸收塔设备 .....	19
2.2 吸收溶剂 .....	20
2.3 吸收塔主要部件 .....	23
2.3.1 板式塔的结构 .....	24
2.3.2 填料塔的结构 .....	30
2.4 吸收分离技术的前景 .....	38
参考文献 .....	38
<b>第 3 章 吸附法分离技术</b> .....	<b>41</b>
3.1 吸附法分离技术简介 .....	42

3.2	多孔介质吸附	43
3.3	变压吸附	46
3.3.1	变压吸附原理	46
3.3.2	变压吸附法在 CO <sub>2</sub> 吸附中的应用	52
3.4	吸附材料	54
3.5	吸附法技术展望	58
	参考文献	60

## 第 4 章 膜分离技术 62

4.1	气体在膜内的传递机理	63
4.1.1	气体在多孔膜内的传递	63
4.1.2	气体在 高分子膜内的传递	66
4.2	CO <sub>2</sub> 分离膜	75
4.2.1	无机膜	75
4.2.2	聚合物膜	76
4.2.3	聚合物基纳米复合膜	80
4.2.4	促进传递膜	82
4.3	气体分离膜的制备方法	89
4.3.1	烧结法	89
4.3.2	溶胶-凝胶法	90
4.3.3	拉伸法	91
4.3.4	熔融法	91
4.3.5	蚀刻法	91
4.3.6	水上展开法	92
4.3.7	相转化法	92
4.3.8	包覆法	93
4.4	气体分离膜组件	93
4.5	气体膜法分离系统的组成及工业化应用	95
4.5.1	天然气净化	95



4.5.2 强化原油回收伴生气中 CO <sub>2</sub> 的分离回收 .....	97
4.6 二氧化碳膜法分离技术的发展趋势 .....	98
参考文献 .....	98

## 第 5 章 化学链燃烧技术 ..... 102

5.1 化学链燃烧技术的原理 .....	103
5.2 载氧体的制备材料 .....	105
5.2.1 金属氧化物载氧体 .....	106
5.2.2 非金属载氧体 .....	112
5.3 载氧体的制备方法 .....	116
5.3.1 机械混合法 .....	117
5.3.2 浸渍法 .....	118
5.3.3 冷冻成粒法 .....	120
5.3.4 共沉淀法 .....	122
5.3.5 溶胶-凝胶法 .....	122
5.4 载氧体表征手段 .....	124
5.5 载氧体的性能 .....	126
5.5.1 物理性能 .....	126
5.5.2 化学反应性 .....	129
5.5.3 载氧率 .....	131
5.5.4 抗碳沉积能力 .....	132
5.5.5 其他指标 .....	133
5.6 化学链反应热力学和动力学 .....	134
5.7 氧化还原动力学 .....	137
5.8 化学链燃烧反应器 .....	142
5.9 化学链燃烧系统 .....	147
参考文献 .....	149

## 第 6 章 惰性气氛下钙基载氧体热分解过程的动力学研究 ... 155

6.1 引言 .....	155
6.2 惰性气氛下 CaSO <sub>4</sub> 热分解过程的实验研究 .....	156

6.2.1	实验设备及仪器 .....	156
6.2.2	实验药品 .....	158
6.2.3	实验步骤 .....	158
6.3	惰性气氛下 $\text{CaSO}_4$ 热分解反应的实验结果 .....	158
6.3.1	反应前 $\text{CaSO}_4$ 颗粒的表面形态和粒度分析 .....	158
6.3.2	升温速率对 $\text{CaSO}_4$ 颗粒分解反应的影响 .....	159
6.3.3	反应气氛中氧气浓度对 $\text{CaSO}_4$ 颗粒分解, 反应的影响 .....	160
6.3.4	反应后 $\text{CaSO}_4$ 颗粒的表面形态分析 .....	162
6.4	$\text{CaSO}_4$ 热分解反应中动力学方程的建立 .....	163
6.4.1	非等温动力学分析方法 .....	164
6.4.2	最概然机理方程和动力学参数的确定 .....	168
6.5	小结 .....	175
	参考文献 .....	176

<b>第 7 章</b>	<b>钙基载氧体同固体燃料和气体燃料的反应特性和动力学研究</b>	<b>... 178</b>
--------------	-----------------------------------	----------------

7.1	引言 .....	178
7.2	热力学系统的建立和计算方法的研究 .....	179
7.2.1	平衡态热力学计算方法的研究 .....	179
7.2.2	反应温度对 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaS}$ 和 $\text{CaO}$ 相互 转化的影响 .....	180
7.2.3	化学平衡状态下 $\text{CaSO}_4$ 还原反应和再生 反应的研究 .....	182
7.3	热力学计算结果与讨论 .....	184
7.4	$\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 和 $\text{H}_2$ 反应过程的实验研究 .....	188
7.4.1	实验药品 .....	189
7.4.2	实验仪器 .....	189
7.4.3	实验步骤 .....	189
7.5	$\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 反应过程的性能研究 .....	190

7.5.1	升温速率对 $\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 反应过程的影响	190
7.5.2	反应温度对 $\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 反应过程的影响	194
7.5.3	$\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 反应过程动力学方程的建立	195
7.5.4	还原性气体浓度对 $\text{CaSO}_4$ 同 $\text{CO}$ 反应过程的影响	199
7.6	$\text{CaSO}_4$ 同 $\text{H}_2$ 反应过程的性能研究	203
7.6.1	反应温度对 $\text{CaSO}_4$ 同 $\text{H}_2$ 反应过程的影响	203
7.6.2	还原性气体浓度对 $\text{CaSO}_4$ 同 $\text{H}_2$ 反应过程的影响	205
7.6.3	$\text{CaSO}_4$ 同 $\text{H}_2$ 反应过程动力学方程的建立	208
7.7	$\text{CaS}$ 同 $\text{O}_2$ 反应过程的性能研究	209
7.7.1	反应温度对 $\text{CaS}$ 同 $\text{O}_2$ 反应过程的影响	209
7.7.2	氧化过程动力学方程的确定	211
7.8	复合型载氧体反应性能表征	213
7.8.1	浸渍金属离子对载氧体同气体燃料反应的影响	213
7.8.2	浸渍金属离子后载氧体同固体燃料反应的性能研究	214
7.8.3	复合型载氧体同污泥半焦和玉米秸秆半焦颗粒反应的性能	221
7.8.4	非金属-非金属复合型载氧体颗粒循环性能的研究	222
7.9	小结	224
	参考文献	225

## 第 8 章 化学链技术的其他应用 ..... 227

8.1	化学链制氢技术	227
8.1.1	基于化学链燃烧的甲烷水蒸气重整制氢技术	227
8.1.2	吸收增强式化学链重整制氢或合成气过程	236
8.1.3	以煤为原料的化学链制氢技术	237

8.1.4	基于化学链燃烧的吸收剂引导的焦炉煤气水蒸气重整制氢 .....	243
8.2	化学链重整技术 .....	251
8.3	化学链与其他技术的耦合 .....	255
8.3.1	天然气基的化学链燃烧动力系统 .....	256
8.3.2	煤气化化学链湿空气透平动力系统 .....	258
8.3.3	氢基化学链燃烧热力循环 .....	259
8.3.4	煤气化工艺与化学链式燃烧联合循环系统 .....	260
8.3.5	太阳能与化石燃料互补的新型化学链燃烧系统 ..	262
8.4	化学链技术展望 .....	264
	参考文献 .....	265

## **第9章 二氧化碳的其他捕集技术 .....** **268**

9.1	生物固碳简介 .....	268
9.1.1	陆地植被的固碳功能 .....	269
9.1.2	海洋生物的固碳功能 .....	276
9.2	固碳农业 .....	278
9.3	生物质能源 .....	283
9.3.1	我国农业生物质能资源潜力 .....	284
9.3.2	我国农业生物质能资源开发利用现状 .....	286
9.3.3	生物质资源开发与二氧化碳减排 .....	288
9.4	生物固碳技术展望 .....	290
	参考文献 .....	292

## **第10章 二氧化碳封存技术 .....** **294**

10.1	二氧化碳的储存 .....	294
10.1.1	容器储存 .....	294
10.1.2	二氧化碳储液站 .....	296
10.1.3	矿场上二氧化碳的地下储存 (地质储存) .....	298

10.2	二氧化碳的运输	300
10.3	二氧化碳的捕集与封存	308
10.3.1	二氧化碳的捕集	316
10.3.2	封存方式	318
	参考文献	330

## 第 11 章 二氧化碳加工聚合物技术 332

11.1	利用 CO <sub>2</sub> 合成小分子化合物的研究	333
11.1.1	农业化肥的生产研究	333
11.1.2	工业常用有机原料的合成	334
11.2	工业高分子材料的合成	345
11.2.1	催化剂体系的研究	346
11.2.2	反应的共单体	349
11.2.3	含氟聚合物	349
11.2.4	芳香族聚碳酸酯	351
11.3	超临界二氧化碳的应用研究	354
11.3.1	超临界二氧化碳在有机合成中的应用	356
11.3.2	超临界流体中不对称合成反应的基本问题	367
11.4	超临界二氧化碳胶束系统的研究	368
11.4.1	二氧化碳表面活性剂研究进展	370
11.4.2	超临界二氧化碳胶束催化有机合成	372
11.5	结语	375
	参考文献	375

## 第 12 章 二氧化碳捕集与利用展望 381

12.1	二氧化碳的捕集	381
12.2	二氧化碳捕集的总结与展望	383
12.2.1	燃烧后脱碳	384
12.2.2	燃烧前脱碳	385

12.2.3	富氧燃烧技术	386
12.3	二氧化碳的综合利用	388
12.4	二氧化碳的资源化	389
12.4.1	甲烷和二氧化碳的直接转化	389
12.4.2	二氧化碳还原反应的仿生催化	389
12.4.3	二氧化碳与甲烷的反应	391
12.4.4	其他有关研发动向	392
12.5	二氧化碳的利用前景	392
	参考文献	394

# 第 1 章 绪论

二氧化碳俗称碳酸气，又名碳酸酐。在标准状况下，二氧化碳是无色、无臭、略有酸性的气体，分子量为 44.01，不能燃烧，容易被液化，密度约为空气密度的 1.53 倍。在  $-78.5^{\circ}\text{C}$ 、101kPa 下，气体二氧化碳将变成固体二氧化碳，固体二氧化碳俗称“干冰”。一般状况下，二氧化碳性质稳定，但在高温或催化剂存在的情况下，二氧化碳可参与某些化学反应<sup>[1]</sup>。

## 1.1 二氧化碳的来源

二氧化碳的主要排放源为化石燃料燃烧。化石燃料使用所释放的二氧化碳量占人类活动二氧化碳排放总量的 80% 以上，人类毁林行为和生物死亡排放的二氧化碳量占全球温室气体排放总量的 17.3%<sup>[2]</sup>。

### 1.1.1 化石燃料的燃烧

化石燃料亦称矿石燃料，是一种碳氢化合物或其衍生物，主要指煤、石油和天然气，是目前最主要的一次能源。化石燃料的使用给人类提供能源，带来了巨大的物质财富，使人类生活水平得以迅速提高，但其使用也给人类的生活和自然界带来了许多负面影响，其中，二氧化碳的大量排放导致的温室效应即是其一。

全世界消费煤、石油和天然气以及放空天然气燃烧排放的二氧化碳总量从 1993 年的  $58.63 \times 10^8 \text{t}$  碳当量（1t 碳当量相当于 3.667t 二氧化碳）增长到 2009 年的  $77.54 \times 10^8 \text{t}$  碳当量，增加了 32.3%。1993~2009 年间，化石燃料的二氧化碳排放量年均增长 1.8%。其中，美国、中国、俄罗斯、日本和印度是全世界 5 个最

大的二氧化碳排放国，占世界二氧化碳排放总量的 52%。2003 年，美国化石燃料二氧化碳的排放量比 2002 年增加  $14.00 \times 10^6$  t 碳当量，达到  $15.82 \times 10^8$  t 碳当量，是位居第二的中国的 1.5 倍。而同年，中国化石燃料二氧化碳排放量与上年相比增加了  $13.09 \times 10^6$  t 碳当量。据国际能源署（IEA）《2007 年世界能源展望》统计，2005 年全世界通过消费石油、天然气和煤炭以及放空燃烧天然气排放的二氧化碳总量达到  $73.63 \times 10^8$  t 碳当量，预计随着能源需求增长，到 2030 年二氧化碳排放总量将达到  $114.54 \times 10^8$  t 碳当量，比 2005 年增长 56%。

在化石燃料中，消费石油排放的二氧化碳占世界化石燃料二氧化碳排放总量的 42%。1993~2003 年间，石油消费的二氧化碳排放量从  $24.82 \times 10^8$  t 碳当量增加至  $28.63 \times 10^8$  t 碳当量，增加了 15.4%。美国是世界原油消费大国，石油消费产生的二氧化碳占世界总量的 24%；中国居第二位，其次是日本、俄罗斯和德国，这 4 个国家的排放量约占世界总量的 20%。

煤在化石燃料消费和二氧化碳排放中占第二位，约  $9.54 \times 10^8$  t 碳当量，占化石燃料二氧化碳排放的 37% 左右。中国和美国是最大的煤消费国，其排放量占全部排放总量的 52%，而印度、俄罗斯和日本占 16%。

2009 年，由消费天然气排放的二氧化碳量约  $17.06 \times 10^8$  t 碳当量，占化石燃料二氧化碳排放量的 22% 左右，与 1993 年的  $12 \times 10^8$  t 碳当量相比，增加了 48.6%。美国和俄罗斯是消费天然气排放二氧化碳最多的国家，合计占全球总量的 38%，此外，英国、加拿大和德国占 10%。表 1-1 给出了 2001~2009 年全球各地区化石燃料的二氧化碳排放量。

尽管石油消费以能量计算比煤消耗量高 40%，但煤和石油的二氧化碳排放却大致相当（图 1-1）。20 世纪 90 年代以来，煤的消费虽保持相对的稳定，但随着能源需求的不断增长，石油和天然气的消费量却逐年上升。我国煤炭储量丰富，经济发展对能源的供给



表 1-1 2001~2009 年全球各地区化石燃料二氧化碳的排放量

单位:  $10^6$  t 碳当量

国家或地区		年度								
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
北美	加拿大	154.77	156.56	163.68	168.31	176.55	184.61	190.33	197.28	205.33
	美国	1563.49	1574.16	1582.39	1591.37	1600.27	1613.24	1624.81	1637.40	1650.39
	墨西哥	102.39	100.56	110.38	120.69	131.11	143.81	155.29	167.91	179.20
	合计	1820.65	1831.28	1856.45	1880.37	1907.93	1941.66	1970.43	2002.59	2034.92
中南美		277.31	275.55	279.27	282.39	285.61	287.97	291.67	295.21	300.41
西欧	法国	109.96	110.01	111.59	113.21	114.98	116.21	117.71	118.92	120.17
	德国	229.64	232.99	236.94	240.33	245.12	248.30	252.61	257.31	262.45
	意大利	120.56	121.81	126.95	129.37	132.64	135.27	138.91	140.56	143.17
	英国	150.91	152.23	153.97	155.60	157.43	157.32	159.71	161.54	163.77
	其他	426.99	431.6	440.33	444.22	449.25	455.90	459.32	465.31	470.59
	合计	1038.86	1048.64	1069.78	1082.73	1099.42	1113.00	1128.26	1143.64	1160.15
东欧	俄罗斯	421.20	421.65	422.03	423.51	424.90	425.92	427.31	429.33	431.82
	乌克兰	89.00	90.97	94.33	98.21	101.67	103.68	106.74	110.13	113.74
	其他	303.85	305.09	312.83	318.24	322.91	328.76	332.19	337.29	341.57
	合计	814.05	817.71	829.19	839.96	849.48	858.36	866.24	876.75	887.13
中东		301.53	311.76	324.79	336.19	347.29	358.60	369.13	381.21	399.41
非洲		245.86	249.41	264.23	276.68	285.34	296.38	309.51	319.09	334.51
亚太地区	澳大利亚	100.60	101.29	102.77	103.98	105.13	106.97	107.24	108.64	109.99
	中国	869.92	892.64	965.72	1032.67	1084.53	1137.29	1185.34	1237.94	1285.26
	印度	275.46	276.20	279.50	281.64	284.63	287.21	291.43	294.91	302.69
	日本	319.42	324.94	328.78	330.61	331.26	333.49	334.64	335.19	336.87
	韩国	119.51	125.92	128.05	130.26	132.91	134.67	136.37	138.62	140.22
	其他	386.13	408.33	424.38	452.37	483.29	513.29	541.37	577.91	612.61
	合计	2071.04	2129.32	2229.20	2331.53	2421.75	2512.92	2596.39	2693.21	2787.64
全球合计		6583.66	6663.67	6852.91	7029.85	7196.82	7368.89	7531.63	7711.70	7904.17