

冯俊小 等著

LIANBIJI-HUIZHUANYAO-HUANLENGJI XITONG
ZHILIANG、RELIANG、YONG PINGHENG

链算机—回转窑—环冷机系统 质量、热量、烟平衡



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

链算机-回转窑-环冷机系统 质量、热量、烟平衡

冯俊小 等著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2013

内 容 提 要

本书介绍了链算机-回转窑-环冷机系统的工艺及设备,同时对系统的质量、热量平衡测试,质量、能量和烟平衡的计算方法进行了分析和论述,并对链-回-环球团生产系统进行了节能分析和研究。此外,书中还介绍了链-回-环系统质量、热量平衡计算软件。

本书可供从事链-回-环球团矿生产系统的工程技术人员阅读,亦可供相关专业师生和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

链算机-回转窑-环冷机系统质量、热量、烟平衡/冯俊小等著. —北京:冶金工业出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-5024-6361-8

I. ①链… II. ①冯… III. ①链算机—回转窑—冷却系统—热平衡—研究 IV. ①TF3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 184490 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 宋 良 王雪涛 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6361-8

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京慧美印刷有限公司印刷

2013 年 9 月第 1 版, 2013 年 9 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 12 印张; 231 千字; 176 页

32.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081 (兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

序

球团矿和烧结矿都是高炉炼铁的主要原料，球团矿具有含铁品位高、强度好、粒度整齐、生产耗能低等优点，更适合细粒度的磁铁精矿的造块。中国铁精矿的年产量超过了2亿吨，其中绝大部分是磁铁精矿，理应大力发展球团矿，但长期以来由于能源的限制，球团矿发展并不快。

2000年，首钢矿业公司将原有的直接还原设备改造成为具有100万吨/年生产能力的链算机-回转窑系统，于同年10月投产，很快就达到并超过了设计的目标，并成功实现以煤粉为燃料，从而为中国在矿山大规模生产球团矿开创了先河。

随后，首钢矿业公司在已有成功经验的基础上，进一步扩大球团矿生产规模，于2001年开始筹建年产200万吨球团矿的第二系列链算机-回转窑，投产以后，经过一段时间的改造和调整，达到并超过了设计的生产能力，产品的质量和能耗都达到国内领先的水平。

此后的12年来，链算机-回转窑生产球团矿工艺技术在中国得到迅速发展，许多钢铁企业纷纷建厂，最大生产能力达到每年500万吨。到目前为止，由其生产的球团矿的年产量已经超过了1亿吨。

长期以来，国内一直缺乏链-回-环系统的热诊断测试分析研究方面的文献资料，企业对该生产线的操作、管理和运行现状缺乏深入了解，对链算机、回转窑和环冷机的结构、热利用状况以及球团加热质量等没有可靠的依据进行评判，这就造成了对今后该生产线的节能、降耗工作缺乏统筹规划。而近些年来中国新建的数十套链算机-回转窑

设备也存在着同样的问题，对于设计和生产中出现的许多问题都有着丰富的经验和深刻的教训，但是大都没有进行系统的总结。

为了填补国内对链算机-回转窑系统缺少全面热工测试的空白，同时总结经验，并使之上升到理论高度，北京科技大学与某大型钢铁企业联合，投入大量的人力和物力，对链算机-回转窑球团生产线进行了系统的热工测试。在对链算机-回转窑球团生产线进行全面热诊断测试、计算和分析研究的基础上，研究和确定了各个热设备的热利用率等热工参数；分析实际生产中存在的问题，制定了相应的改进措施，为优化链算机-回转窑系统操作过程提供可靠的依据。这些工作为本书的撰写奠定了坚实的实践基础。

本书在简述链算机-回转窑系统、设备和工艺的基础上，就其热过程进行了详细分析。根据热力学第一定律和第二定律分析了链算机-回转窑球团生产过程的热量平衡关系和烟平衡关系，以及热量和烟各项收入和支出的计算式，并以国内某钢铁联合企业的实例进行了说明。

本书对链算机-回转窑球团生产系统热工研究取得了比较理想的成果。我们深信，这对全国新建链算机-回转窑球团矿生产线的设计和已建链算机-回转窑生产线的操作运行必将产生重要的指导作用和深远的影响。

孔令坛

前 言

链算机-回转窑-环冷机（简称链-回-环系统）铁矿氧化球团矿焙烧工艺是一种生产铁矿氧化球团矿的良好方法。早在 1911 年，瑞典人 A. G. 安德松（Andersson）就发明了铁矿氧化球团矿，但直到 20 世纪 60 年代才出现了链-回-环球团法这一先进的铁矿氧化球团矿生产技术。20 世纪 80 年代末，中国引进了链-回-环球团矿生产技术和装备。在引进的同时，中国科技工作者结合中国国情对链-回-环球团矿生产工艺、设备等方面进行了深入研究，做了许多技术改进和设备改造，使该项技术在我国得到了空前的发展和进步。近些年来各大钢铁公司纷纷投资兴建了一大批链-回-环球团矿生产线，到目前为止，超过 50% 的优质球团矿是由该方法生产的。链-回-环系统在中国钢铁生产中扮演着愈来愈重要的角色。

球团矿在链-回-环系统内经历了预热、干燥、加热、焙烧和冷却等过程，其中包含着复杂的质量传输、能量转换、能量传输和物理化学反应过程。一直以来在链-回-环系统质量平衡、热量平衡以及烟平衡方面的研究相对较少。本课题组在国家高技术研究发展计划（863 计划）课题（No. 2007AA05Z215）的支持下，进行了相关的研究，并将研究成果总结编写了本书。书中介绍了链-回-环系统的工艺及设备，同时对系统的质量、热量平衡测试，质量、能量和烟平衡的计算方法进行了分析和论述。作者于 2008 年 7 月对国内某钢铁集团矿业公司的链-回-环系统进行了热工测试，书中第 6 章结合第 3、4、5 章内容对测试数据进行整理和计算，举例说明以便读者理解，并对链-回-环球团

生产系统进行了节能分析和研究。书中对链-回-环系统质量、热量平衡计算软件也做了介绍，以望对该系统实现自动控制做些铺垫。

本书的出版，得到了国家高技术研究发展计划（863 计划）课题（No. 2007AA05Z215）的资助，同时也得到了“洛伊教育基金”、“凤凰教育基金”、“赛迪教育基金”和“威仕炉教育基金”的大力支持，在此表示衷心的感谢。

在编写过程中，得到了北京科技大学孔令坛、胡永平教授的悉心指导和大力帮助；同时，链-回-环系统热平衡和烟平衡计算的有关工作得到了首钢集团矿业公司徐景海、张永明、杨金保、刘福来、张旦等工程技术人员的大力支持和鼎力相助；在书稿的文字编辑和质量、能量和烟平衡计算方面，得到了北京科技大学张宇、谢知音、陈艳梅博士，赵志南、姬江峰、刘天力、朱彦飞、张志远硕士的大力帮助，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中有不足之处，敬请读者斧正。

冯俊小

于北京科技大学

2013 年 6 月

符 号 表

符 号	名 称	单 位
m	物料质量	t/h
c	物质定压比热容	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$
T	温度	K
Q	系统收入的热量	kJ/h
Q'	系统支出的热量	kJ/h
V	气体流量	m^3/h (标态)
$\alpha_{\text{对流}}$	对流换热系数	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
$\alpha_{\text{辐射}}$	辐射换热系数	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
α_i	对流与辐射综合换热系数	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
Nu	努塞尔数	
Gr	格拉晓夫数	
α_V	体胀系数	$1/\text{K}$
A	截面积	m^2
$\sim w$	流速	m/h
q	热流量	kJ/h
η	热效率	%
d	管道直径	m
p_d	气体动压	Pa
p_0	气体静压	Pa
p	大气压	Pa
ρ	气体密度	kg/m^3

μ	皮脱系数	kJ/h
G	产量	t/h
B	能耗	t/h
b	燃料消耗	kg/h
h_q	水的气化潜热	kJ/kg
ΔH	反应热	kJ/kg
Q_{Dw}^{y}	固体燃料的低位发热量	kJ/kg
Q_{Dw}^{s}	气体燃料的低位发热量	kJ/kg
S	有效面积	m^2
K	利用系数	$\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
L	长度	m
H	厚度	m
φ	体积分数	$\%$
w	质量分数	
M	摩尔质量	kg/mol
V_{mol}	标准摩尔体积	L/m^3
L_0	理论空气需要量	m^3/kg
L_n	实际空气需要量	m^3/kg
m_i	料球中成分质量	kg
c_{pi}	料球中成分比热容	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$
T_e	环境温度	K
n_{FeO}	参加反应的 FeO 摩尔量	mol
γ	水的气化潜热	kJ/kg
φ	辐射角系数	
下标		
L	链算机	
H	回转窑	
h	环冷机	
q	球团	

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
冶金工业节能与余热利用技术指南	王绍文 主编	58.00
球团矿生产技术	张一敏 主编	38.00
烧结冷却系统余热回收利用技术规范 (YB/T 4254—2012)		30.00
钢铁行业蓄热式工业炉窑热平衡测试与计算 (YB/T 4313—2012)		55.00
能源与环境 (本科国规教材)	冯俊小 主编	35.00
热工基础与工业窑炉 (本科教材)	徐利华 等编	26.00
热能转换与利用 (第2版) (本科教材)	汤学忠 主编	32.00
燃料及燃烧 (第2版) (本科教材)	韩昭沧 主编	29.50
冶金热工基础 (本科教材)	朱光俊 主编	36.00
热能与动力工程基础 (本科国规教材)	王承阳 主编	29.00
热工测量仪表 (第3版) (本科国规教材)	张 华 等编	38.00
热工实验原理和技术 (本科教材)	刑桂菊 等编	25.00
钢铁冶金原理 (第4版) (本科教材)	黄希祐 编	82.00
冶金与材料热力学 (本科教材)	李文超 等编	65.00
冶金热工基础 (本科教材)	朱光俊 主编	36.00
钢铁冶金原燃料及辅助材料 (本科教材)	储满生 主编	59.00
铁矿粉烧结原理与工艺 (本科教材)	龙红明 主编	28.00
烧结矿与球团矿生产 (高职高专教材)	王悦祥 主编	29.00
烧结矿与球团矿生产实训 (高职高专教材)	吕晓芳 主编	36.00
烧结生产技术 (培训教材)	肖 扬 主编	64.00
烧结生产设备使用与维护 (培训教材)	肖 扬 主编	49.00
球团矿生产技术问答 (上) (培训丛书)	范广权 主编	49.00
球团矿生产技术问答 (下) (培训丛书)	范广权 主编	42.00

目 录

1 概 述	1
1.1 世界铁矿氧化球团发展简史	1
1.2 链算机-回转窑法发展历程	2
1.3 中国球团技术的发展概况	4
1.4 球团技术的发展趋势	8
2 链算机-回转窑-环冷机系统工艺及设备	9
2.1 链算机系统的工艺及设备	9
2.1.1 链算机工艺流程	10
2.1.2 链算机主要设备及结构特点	10
2.1.3 链算机工艺类型及选择	14
2.2 回转窑系统的工艺及设备	15
2.2.1 回转窑工艺流程	16
2.2.2 回转窑主要设备及结构特点	16
2.2.3 回转窑主要参数	18
2.3 环冷机系统的工艺及设备	19
2.3.1 环冷机工艺流程	19
2.3.2 环冷机组成和结构特点	20
2.3.3 环冷机工艺参数	23
2.4 链-回-环系统主要技术经济指标	24
3 链算机-回转窑-环冷机系统质量平衡	26
3.1 链算机系统的质量平衡	26
3.1.1 链算机系统质量收入	26
3.1.2 链算机系统质量支出	27
3.1.3 链算机系统质量平衡表	28
3.2 回转窑系统的质量平衡	28

3.2.1	回转窑系统质量收入	28
3.2.2	回转窑系统质量支出	29
3.2.3	回转窑系统质量平衡表	31
3.3	环冷机系统的质量平衡	31
3.3.1	环冷机系统质量收入	31
3.3.2	环冷机系统质量支出	32
3.3.3	环冷机系统质量平衡表	33
4	链算机-回转窑-环冷机系统热量平衡	34
4.1	链算机系统的热量平衡	34
4.1.1	链算机系统热量收入	34
4.1.2	链算机系统热量支出	35
4.1.3	链算机系统热效率	37
4.1.4	链算机热量平衡表	37
4.2	回转窑系统的热量平衡	38
4.2.1	回转窑系统热量收入	38
4.2.2	回转窑系统热量支出	39
4.2.3	回转窑系统热效率	40
4.2.4	回转窑热量平衡表	40
4.3	环冷机系统的热量平衡	41
4.3.1	环冷机系统热量收入	41
4.3.2	环冷机系统热量支出	41
4.3.3	环冷机系统热效率	45
4.3.4	环冷机系统热量平衡表	45
5	链算机-回转窑-环冷机系统烟平衡	47
5.1	链算机系统的烟平衡	47
5.1.1	进入链算机系统烟值	47
5.1.2	离开链算机系统烟值及烟损	48
5.1.3	链算机系统烟效率	49
5.1.4	链算机系统烟平衡表	49
5.2	回转窑系统的烟平衡	50
5.2.1	进入回转窑系统烟值	50
5.2.2	离开回转窑系统烟值及烟损	51
5.2.3	回转窑系统烟效率	51

5.2.4 回转窑系统烟平衡表	51
5.3 环冷机系统的烟平衡	52
5.3.1 进入环冷机系统烟值	52
5.3.2 离开环冷机系统烟值及烟损	52
5.3.3 环冷机系统烟效率	53
5.3.4 环冷机系统烟平衡表	53
6 链算机-回转窑-环冷机系统质量、热量、烟平衡计算及分析	54
6.1 链算机系统的质量、热量、烟平衡计算	55
6.1.1 链算机系统质量平衡计算	55
6.1.2 链算机系统热量平衡计算	57
6.1.3 链算机系统烟平衡计算	65
6.1.4 计算结果分析和研究	69
6.2 回转窑系统的质量、热量、烟平衡计算	70
6.2.1 回转窑系统质量平衡计算	70
6.2.2 回转窑系统热量平衡计算	73
6.2.3 回转窑系统烟平衡计算	79
6.2.4 计算结果分析和研究	80
6.3 环冷机系统的质量、热量、烟平衡计算	82
6.3.1 环冷机系统质量平衡计算	82
6.3.2 环冷机系统热量平衡计算	84
6.3.3 环冷机系统烟平衡计算	91
6.3.4 计算结果分析和研究	93
6.4 链算机-回转窑-环冷机系统节能分析计算	95
6.4.1 链算机-回转窑-环冷机系统热平衡表及烟平衡表	95
6.4.2 链算机-回转窑-环冷机系统热量收入和支出图	97
6.4.3 链算机-回转窑-环冷机系统主要评价指标	98
6.4.4 链算机-回转窑-环冷机系统节能措施分析	99
7 链算机-回转窑-环冷机系统质量、热量、烟平衡计算软件	101
7.1 软件功能	101
7.2 软件原理	101
7.2.1 球团矿配料、化学成分和生产成本计算	101
7.2.2 物料平衡和热平衡计算原理	101
7.2.3 能耗计算原理	102

7.3 使用说明	103
7.3.1 配矿	103
7.3.2 物料平衡及热平衡	103
7.3.3 能耗分析	104
7.4 操作步骤	104
附录 链算机-回转窑热工测试原始数据	110
参考文献.....	173

1 概 述

链算机-回转窑-环冷机球团法是目前世界上铁矿氧化球团三种主要生产方法之一，它的发展历史虽短，但因其突出的优点受到世界各国的高度重视。近十年该技术在我国的钢铁生产行业备受关注，技术水平和装备水平不断提高，生产规模发展迅速。与带式焙烧等其他几种铁矿氧化球团生产工艺技术的发展一样，链算机-回转窑-环冷机球团法并不是一种孤立的铁矿氧化球团生产技术，它也是随着世界科学技术的进步以及钢铁生产技术水平的不断提高而发展起来的。本章主要介绍铁矿氧化球团生产工艺技术的发展历史、链算机-回转窑-环冷机铁矿氧化球团生产方法的发展背景、发展过程和中国球团矿生产技术装备的发展状况，并展望其未来的发展前景。

1.1 世界铁矿氧化球团发展简史

早在1911年瑞典人A. G. 安德松（Andersson）就开始对铁矿氧化球团进行研究，并获得成功，他提出的铁矿氧化球团生产方法是把铁矿粉、黏结剂等原料按照一定的比例混合搅拌均匀，再把混合搅拌均匀的物料装到圆形筒内滚动制成生球，然后将生球进行干燥、加热，最后经过进一步的高温焙烧获得铁矿氧化球团。A. G. 安德松就该铁矿氧化球团生产技术于1912年和1913年分别申请并取得了瑞典专利权和法国专利权。尽管A. G. 安德松的发明具有重大意义，但鉴于当时国际钢铁工业的整个生产工艺技术和装备条件，该项专利技术没有得到及时的实施利用而变为生产力。后来，德国人C. A. 布莱克斯贝尔格（Bleckelsberg）也发明了一种与A. G. 安德松类似的铁矿氧化球团生产方法，其生产方法是将铁矿粉与硅酸钠混合均匀，再将混合料造成球团，然后采用加热的方式使球团充分固结。1930年C. A. 布莱克斯贝尔格曾在德国莱茵豪森建造了一座铁矿氧化球团生产实验工厂，但是由于生产出的球团矿产品在当时缺乏竞争力，实验厂只好关闭。该方法于1933年取得了美国的专利权。就在同一时期，美国矿业局的巴雷特（Barrett）和迪安（Dean）也提出了一种铁矿氧化球团的生产方法，该方法是在不加其他添加剂的情况下，将铁矿粉在圆筒内造球，然后将造出的生球在500℃到矿石软化点之间这一温度范围条件下进行焙烧，以提高球团的强度等性能。这一方法取得了美国专利权。

直到第二次世界大战以后, 铁矿氧化球团才投入规模化生产并取得快速发展。20 世纪 40 年代, 美国富铁矿资源已近枯竭, 麦萨比地区拥有储量巨大的铁燧岩型贫磁铁矿。这种铁燧岩平均铁含量在 35% 左右, 磁铁矿呈细粒嵌布。这种矿石需破碎并且磨到小于 0.043mm (325 目) 的颗粒占 65% 乃至 90% 以上, 再经过选矿才能获得精矿粉, 然而, 用以往的烧结法很难处理这样的细粒矿粉, 从而球团法作为谋求利用低品位铁燧岩的一种手段, 开始在美国发展起来。美国明尼苏达大学 E. W. 戴维斯 (Davis) 博士率先主持进行了铁燧岩细粒精矿球团法的研究工作, 他们提出了圆筒造球和竖炉焙烧的铁矿球团生产工艺。1940 年, 该方法在矿山实验厂试验成功。时隔六年后的 1946 年, 在美国阿希兰竖炉球团厂试验成功。1948 年, 在美国伊利矿山公司建成年产 30 万吨的竖炉球团实验工厂。

1951 ~ 1952 年, 美国麦奇公司 (Arthur G. McKee & Company) 和爱立斯·恰默斯公司 (Allis-Chalmers Corporation, 以下简称 A-C 公司) 在带式烧结机的基础上提出了带式焙烧机生产铁矿氧化球团的生产工艺, 并于 1953 年进行了生产能力为 1000 吨/日的带式焙烧机试验。德国鲁奇公司 (Lurgi Gesellschaft Fuer Chemie und Huettenwesen) 也进行了带式焙烧机球团生产的研制试验。美国里塞夫矿山公司于 1955 年 10 月建成了世界上第一座带式焙烧机球团厂, 这是世界上第一座工业性铁矿氧化球团生产厂。同一时期, 美国、加拿大、瑞典等国也相继建成了世界上第一批工业性竖炉铁矿氧化球团生产厂。这便是世界上铁矿氧化球团大规模工业生产的开端。

1960 年 7 月, 美国 A-C 公司设计建造了世界上第一座链算机-回转窑铁矿氧化球团生产厂, 并顺利在美国投入生产运行。1966 年, 瑞典格兰耶斯公司研究成功了以水泥为黏结剂的冷固结球团法, 1970 年, 该公司建成世界上第一座格兰耶斯法冷固结球团厂。1974 年, 麦奇公司设计制造了一套带式焙烧机在墨西哥佩拉球团厂投入运转。

在 20 世纪 50 年代, 铁矿氧化球团的生产技术只有带式焙烧机法和竖炉法, 到了 60 年代, 出现了链算机-回转窑球团法, 并且这三种方法都有了较大的发展。进入 70 年代, 由于产能小、球团质量差等原因, 竖炉法生产技术渐趋衰落, 一些竖炉球团厂相继关闭。但是带式焙烧机法与链算机-回转窑法却发展更加迅速。表 1-1 为近年世界各国铁矿石和球团矿产量 (Mt)。从表 1-1 可以看出, 世界各国铁矿石的产量在逐年增加, 铁矿氧化球团的产量随着矿石产量的增加也在增长。

1.2 链算机-回转窑法发展历程

链算机-回转窑法最早是由德国人 O. 立列普 (Lellep) 提出的, 并取得专利

表 1-1 近年世界各国铁矿石和球团矿产量

(Mt)

国别	铁 矿 石 产 量						球 团 矿 产 量					
	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	国家或地区	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年		
瑞典	20.3	21.5	22.3	23.3	23.3	瑞典	15.3	15.9	16.5	17.6		
欧洲 (不含独联体)	24.4	25.3	26.2	30.1	30.7	荷兰	4.4	4.4	4.4	4.4		
哈萨克斯坦	15.4	17.3	18.7	16.5	18.6	其他欧洲国家	1.1	1.1	1.1	1.1	1.169	
俄罗斯	84.2	91.8	97	96.8	103.9	欧洲总计	20.8	21.4	22	23.17		
乌克兰	58.9	62.5	65.6	68.6	73.1	独联体	56.6	60.25	60.17	62.13		
独联体	158.6	171.6	181.3	181.8	195.6	加拿大	25.56	22.97	25.81	27.35		
欧洲总计	182.9	196.9	207.5	211.9	226.3	美国	48.5	55.45	55.3	53.63		
加拿大	30.9	33.3	28.6	30.1	34.1	墨西哥	9.1	9.1	9.1	9.33		
美国	51.5	48.5	54.7	54.3	52.9	北美总计	83.16	87.53	90.21	90.31		
巴西	225.1	245.6	270.5	292.4	318.6	巴西	45.27	50.36	52.03	50.8		
委内瑞拉	20.9	19.2	20	21.2	22.1	智利	4.528	4.598	4.397	4.397		
美洲总计	350.4	371.3	400.2	425.2	454.8	秘鲁	3.485	3.5	2.829	3.5		
毛里塔尼亚	9.6	10.1	10.7	10.7	11.1	委内瑞拉	8.3	6.8	6.2	8.7		
南非	36.5	38.1	39.3	39.5	41.1	南美总计	61.59	65.26	65.49	67.4		
突尼斯	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	伊朗	7.5	7.5	7.5	9.9		
非洲	51.8	53.3	54.3	55.3	57.1	巴林	3.7	3.7	4	4		
印度	86.4	99.1	120.6	145.5	165	中东总计	11.2	11.2	11.8	15.4		
亚洲 (不含中国)	103	116.4	139.7	167.9	190.6	印度	11.3	11.5	12.5	13		
中国	108.8	122.7	145.7	200.3	276.4	日本	4	4.1	4.1	4.1		
亚洲总计	211.8	239.1	285.5	368.2	467	中国	33	35	40	45		
澳大利亚	187.2	212	234.7	257.5	275.1	澳大利亚	3.8	3.8	3.8	2		
大洋洲总计	188.9	213.9	237	259.8	277.3	亚太总计	52.1	54.4	60.4	64.1		
世界总计	985.9	1074.5	1184.4	1320.4	1482.6	世界总计	285.4	300	310.6	322.7		