

天然气燃烧过程 与应用手册

项友谦 王 启 等 编著

中国建筑工业出版社

天然气燃烧过程与应用手册

项友谦 王 启 等 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

天然气燃烧过程与应用手册/项友谦, 王启等编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2008

ISBN 978-7-112-10161-0

I. 天… II. ①项…②王… III. 天然气—燃烧过程—技术手册
IV. TE64-62 TQ038.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 081525 号

本书包括 19 章内容: 分别是: 绪论、热化学和燃烧动力学、传递原理与燃气喷射过程模型、燃气燃烧火焰及方法、燃烧过程计算、燃气燃烧器、燃气互换性与燃烧器适应性、天然气的改质、燃烧污染物排放与控制、燃气安全、天然气联合循环发电、燃气锅炉、天然气冷热电联供系统、直燃型溴化锂吸收式制冷机、燃气机热泵、燃气热水器与两用炉、燃气工业炉、燃气汽车、民用燃气用具基本要求与检测。

本书可供从事燃气燃烧与应用领域的科研、教学、设计、生产与管理人员使用。

* * *

责任编辑: 胡明安 姚荣华

责任设计: 董建平

责任校对: 王 爽 王金珠

天然气燃烧过程与应用手册

项友谦 王 启 等 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥排版公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 36 字数: 896 千字

2008 年 9 月第一版 2008 年 9 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 78.00 元

ISBN 978-7-112-10161-0

(16964)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码: 100037)

前 言

能源是人类进步和发展的重要物质基础。能源工业是国家的基础产业,直接关系到国家的安全、经济的繁荣和人民生活的质量。目前,世界上天然气探明剩余可采储量按热当量计算已超过了石油,天然气已经与煤、石油并称为主要的一次能源。

近年来,我国天然气工业有了快速的发展,生产能力与消费能力有了较大的增长。天然气与其他化石燃料相比,氢碳比最高,并经过净化处理,堪称清洁能源;与其他燃气相比,可液化储存与输送,价格比较便宜,是优质的城市燃气。天然气应用涉及行业比较多,为了调节各领域的关系,国家制定了一系列的天然气利用政策,提出了天然气的利用范围和顺序,确保天然气优先用于城市燃气,促进天然气科学利用,提高天然气资源的利用效率。这对缓解我国天然气的供需矛盾、优化我国天然气的使用结构、促进节能减排具有重要的意义。

天然气燃烧应用的理论、技术与设备在不断地发展,天然气燃烧应用技术的多样化,为广大天然气用户利用方案提供了更多的选择,同时也对用户如何选择天然气应用的技术提出了新的要求。应该看到还有许多技术问题需要我们进一步研究:①我国目前天然气的开采量还满足不了日益增长的需要,应该注意节约用气;②我国天然气的价格高,其单位热价虽约为电的二分之一,却为煤的三倍,要设法降低天然气的使用成本;③随着天然气的大量使用,其调峰问题也日显突出,应该选择合适的天然气应用技术,以有助于天然气负荷的削峰填谷;④天然气应用技术与设备发展很快,出现许多新的工艺与设备,应根据用户的要求和国家的方针政策,选择最佳的工艺方案;⑤天然气能量梯级利用问题。

天然气燃烧应用涉及到许多理论与技术问题。过去我国在燃气燃烧方面出版过相关的教科书、专著和手册,恐难满足目前天然气燃烧应用技术方面的需要。在中国市政工程华北设计研究院、国家燃气用具质量监督检验中心“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BA03B02)的大力支持下,组织了业内有关教学、科研、设计和工程技术等方面的人员,编写这本手册。主要内容是介绍天然气燃烧应用过程的燃烧理论、燃烧技术与燃烧应用的工艺与设备。天然气燃烧技术与其他燃气的燃烧技术近似。本书可供从事燃气燃烧与应用领域的科研、教学、设计、生产与管理人员使用。

本书各章分工为:第1章 李颜强、项友谦;第2章 高文学;第3章 项友谦;第4章 钱申贤、秦朝葵、周伟国;第5章 魏敦崧、周伟国;第6章 侯晓春、秦朝葵、周伟国、鞠睿;第7章 宓亢琪、严荣松;第8章 马鸿敬、项友谦、殷剑君;第9章 傅忠诚;第10章 彭世尼;第11章 刘凤国;第12章 侯根富;第13章 段洁仪;第14章 由世俊;第15章 杨昭;第16章 郭全;第17章 伍国福、王颂秋、伍劲涛;第18章 刘永志;第19章 王启、潘翠景、刘彤。编写过程中,高文学、刘凤国、严荣松、鞠睿等同志协助做了大量工作。



在本书选题、编辑与出版过程中,得到中国建筑业出版社刘慈慰、姚荣华、胡明安等同志的大力支持,特此表示感谢。

本书由于涉及面宽，各章自成体系，可能有不一致之处。由于本人水平所限，内容可能有疏漏和错误之处，恳请读者指正。

项友谦

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 天然气作为城市能源的发展	1
1.2 天然气的资源与开发	1
1.2.1 全球情况	1
1.2.2 国内情况	4
1.2.3 我国城市天然气工业的发展	4
1.3 天然气的燃烧应用	5
1.3.1 天然气燃烧应用的特点	5
1.3.2 天然气燃烧应用技术的发展	6
1.3.3 天然气燃烧应用技术概述	6
1.3.4 天然气燃烧应用的意义	8
1.4 本书编写目的	9
第2章 热化学和燃烧动力学	10
2.1 热力学概述	10
2.1.1 热力学基本定律	10
2.1.2 状态方程与守恒原理	12
2.2 热力学第一定律与热化学	12
2.2.1 热力学第一定律、功与能	12
2.2.2 化合物的生成热	13
2.2.3 燃烧热	14
2.2.4 热化学定律	15
2.2.5 绝热火焰温度计算	16
2.3 热力学第二定律与燃烧反应平衡	16
2.3.1 热力学第二定律	16
2.3.2 化学平衡	17
2.4 化学动力学与反应速率	21
2.4.1 化学动力学基本概念	21
2.4.2 燃烧动力学的基本化学反应	24
2.4.3 影响反应速率的因素	26



第3章 传递原理与燃气喷射过程模型	28
3.1 概论	28
3.1.1 分子传递的基本定律	28
3.1.2 紊流传递的类似性	30
3.2 传递方程推导	31
3.2.1 层流传递方程	31
3.2.2 紊流传递方程	35
3.3 燃气自由射流燃烧模型	38
3.3.1 自由射流	38
3.3.2 紊流自由射流	39
第4章 燃气燃烧火焰及方法	43
4.1 火焰的引发	43
4.1.1 热力着火	43
4.1.2 点燃(强制着火、点火)	45
4.2 预混燃气层流燃烧火焰	51
4.2.1 预混燃气层流燃烧火焰结构	51
4.2.2 火焰传播的热理论	53
4.2.3 影响火焰传播速度的因素	55
4.3 预混燃气紊流燃烧火焰	57
4.3.1 预混燃气紊流燃烧火焰结构	57
4.3.2 紊流火焰表面燃烧理论	58
4.3.3 紊流火焰实验结果	60
4.4 燃气射流扩散火焰	61
4.4.1 层流扩散燃烧	62
4.4.2 紊流扩散火焰	64
4.4.3 扩散火焰中的多相过程	65
4.5 受限和旋转射流火焰	68
4.5.1 受限射流火焰	68
4.5.2 旋转射流	71
4.5.3 旋流火焰	73
4.6 火焰的稳定	75
4.6.1 火焰的燃烧工况	75
4.6.2 预混火焰稳定原理	76
4.6.3 提高火焰稳定性的措施	80
4.7 燃气火焰的辐射	83
4.8 燃气燃烧方法	86
4.8.1 燃烧方法分类	86
4.8.2 全预混燃烧	86



4.8.3 浸没燃烧	87
4.8.4 脉冲燃烧	89
第5章 燃烧过程计算	91
5.1 燃烧过程理论空气量与空气系数计算	91
5.1.1 概述	91
5.1.2 燃烧反应计量方程式	91
5.1.3 理论空气需要量	92
5.1.4 燃烧空气需要量	93
5.2 燃烧产物计算	93
5.2.1 理论烟气量及烟气成分	93
5.2.2 完全燃烧时的实际烟气量以及烟气成分	94
5.2.3 烟气的密度	95
5.2.4 不完全燃烧时的燃烧产物	96
5.2.5 空气系数的确定	98
5.3 燃烧温度计算	101
5.3.1 燃烧反应的热平衡	101
5.3.2 量热计温度的计算	102
5.3.3 理论燃烧温度的计算	105
5.3.4 实际燃烧温度	107
5.4 燃烧过程及燃烧室的计算	107
5.4.1 燃烧过程概述	107
5.4.2 燃烧过程模拟与数值计算	112
第6章 燃气燃烧器	119
6.1 燃气燃烧器概况	119
6.1.1 燃气燃烧器的一般分类	119
6.1.2 燃烧器的结构	120
6.1.3 对燃烧器的技术要求	146
6.1.4 燃气燃烧器的应用	146
6.2 工业炉燃气喷头	147
6.2.1 工业炉燃气喷头类型及特点	147
6.2.2 典型天然气喷头	147
6.2.3 新节能燃烧技术及其喷头	153
6.3 燃气锅炉燃烧器	161
6.3.1 锅炉用燃气燃烧器的类型及特点	161
6.3.2 锅炉全自动燃气燃烧器	166
6.4 燃气发动机	168
6.4.1 燃气内燃机	168



6.4.2 天然气地面燃机	169
6.5 燃烧器的安全运行	174
6.5.1 点火装置	174
6.5.2 压力、计量自动调节装置	178
6.5.3 燃烧安全、自控装置	179
6.5.4 燃烧器噪声及其防止措施	182
第7章 燃气互换性与燃烧器适应性	184
7.1 燃气互换性判定方法	184
7.1.1 华白数	184
7.1.2 燃烧势	185
7.1.3 美国燃气协会 (A. G. A.) 互换指数	186
7.2 城市燃气置换气的配制	187
7.2.1 液化石油气混空气配制天然气的置换气	187
7.2.2 多种燃气配制天然气的置换气	188
7.3 配制试验与检测用置换燃气	193
7.3.1 两种原料气配制	193
7.3.2 三种原料气配制	194
7.4 燃烧器适应性与改造	195
7.4.1 互换性与燃烧器的关系	195
7.4.2 燃烧器适应性	196
7.4.3 燃烧器改造	201
第8章 天然气的改质	204
8.1 引言	204
8.1.1 天然气改质问题的提出	204
8.1.2 改质方法的选择	204
8.2 水蒸气间歇式改质催化剂	205
8.2.1 催化剂概况	205
8.2.2 国产天然气改质催化剂的研制	206
8.3 水蒸气间歇式催化改质工艺	209
8.3.1 翁尼亚-盖奇法	209
8.3.2 我国天然气循环催化改质工程实践	211
8.3.3 间隙式催化改质过程影响因素分析	219
第9章 燃烧污染物排放与控制	222
9.1 燃烧污染物的排放	222
9.1.1 能源利用过程中的环境污染	222
9.1.2 污染物的性质及危害	222



9.2 燃具 NO_x 和 CO 排放标准	225
9.2.1 民用燃具的 NO_x 排放标准	225
9.2.2 民用燃具的 CO 排放标准	228
9.2.3 工业燃烧设备的 NO_x 、CO 排放标准	229
9.2.4 汽车的污染物排放标准	232
9.3 燃烧污染物生成机理	233
9.3.1 氮氧化物 (NO_x) 生成机理	233
9.3.2 一氧化碳的生成特点	238
9.3.3 碳氢化合物的生成特点	240
9.3.4 煤烟的生成特点	240
9.4 影响燃烧过程氮氧化物 (NO_x) 生成的因素	242
9.4.1 热力型 NO 生成的影响因素	242
9.4.2 快速型 NO 生成的影响因素	244
9.4.3 燃料型 NO 生成的影响因素	244
9.5 抑制燃烧过程氮氧化物生成的方法及控制技术	246
9.5.1 抑制热力型氮氧化物 (NO_x) 生成的方法	246
9.5.2 抑制快速型氮氧化物 (NO_x) 生成的方法	249
9.5.3 抑制燃料型氮氧化物 (NO_x) 生成的方法	249
9.5.4 低氮氧化物 (NO_x) 燃烧控制技术及装置	251
第 10 章 燃气安全	264
10.1 燃气安全概述	264
10.1.1 有关安全的基本概念	264
10.1.2 燃气爆炸与防护概论	264
10.1.3 灾害预防概述	265
10.1.4 燃气爆炸的预防与防护技术	268
10.2 燃气的泄漏与扩散	269
10.2.1 燃气的泄漏	269
10.2.2 泄漏燃气的扩散	270
10.2.3 有毒燃气泄漏扩散的中毒效应	276
10.3 燃气的爆炸因素与爆炸效应	277
10.3.1 可燃混合气爆炸的因素	277
10.3.2 爆燃	281
10.3.3 可燃混合气体的爆炸效应	287
10.4 燃气爆炸的预防与防护	292
10.4.1 燃气成分控制技术	292
10.4.2 超压预防技术	295
10.4.3 静电消除技术	296



10.4.4	安全切断技术	299
10.4.5	爆炸泄压技术	300
10.4.6	火焰隔离技术	304
第11章 天然气联合循环发电		307
11.1	常规联合循环方案简介	307
11.2	常规燃气-蒸汽联合循环性能的理论分析	308
11.2.1	热效率与功率计算关系式的推导	308
11.2.2	有补燃和无补燃的联合循环特性的比较	312
11.3	余热锅炉型燃气-蒸汽联合循环性能、结构与系统	313
11.3.1	燃气轮机	313
11.3.2	压气机	315
11.3.3	燃气透平原理	315
11.3.4	联合循环中的其他热力设备与机组的整体布置	316
11.4	燃气-蒸汽联合循环机组的参数与性能	324
第12章 燃气锅炉		328
12.1	概述	328
12.2	燃气锅炉的构造	328
12.2.1	锅炉加热方式简介	329
12.2.2	锅壳式(火管式)燃气锅炉	329
12.2.3	水管燃气锅炉	334
12.3	组合模块式铸铁锅炉	337
12.3.1	使用范围和结构要求	337
12.3.2	整体结构	338
12.4	燃气锅炉的热平衡计算	339
12.4.1	锅炉输入热量	340
12.4.2	排烟热损失	340
12.4.3	气体不完全燃烧热损失	341
12.4.4	散热损失	341
12.4.5	锅炉有效利用热	343
12.4.6	锅炉的热效率和燃料消耗量	344
12.5	燃烧器的选择与布置	344
12.5.1	锅炉对燃烧器的要求	344
12.5.2	燃烧器数目的确定	345
12.5.3	燃气锅炉燃烧器选用和布置	346
12.6	锅炉燃烧器	347
12.7	国内外燃气锅炉选用分析	348



12.7.1 燃气锅炉选用原则	348
12.7.2 选用国内外燃气锅炉注意事项	349
12.8 燃气锅炉的运行与事故处理	350
12.8.1 燃气锅炉的运行	350
12.8.2 燃气锅炉事故处理及其预防	355
第13章 天然气冷热电联供系统	358
13.1 冷热电联供技术的发展	358
13.1.1 冷热电三联供概述	358
13.1.2 天然气冷热电联供技术应用范围及推广前景	358
13.2 天然气三联供系统设备及余热利用	359
13.2.1 发电设备	359
13.2.2 三联供系统主要发电设备评价	364
13.2.3 三联供系统的余热利用	365
13.3 三联供系统技术方案	367
13.4 联供系统的节能评价与经济性分析	372
13.4.1 节能评价分析	372
13.4.2 三联供系统的经济性分析	375
13.5 天然气联供系统的应用示例	376
第14章 直燃型溴化锂吸收式制冷机	380
14.1 溴化锂吸收式制冷原理	380
14.1.1 溴化锂吸收式制冷基本原理	380
14.1.2 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组	381
14.2 溴化锂水溶液的性质	384
14.2.1 溴化锂溶液的物理性质	385
14.2.2 溴化锂溶液的腐蚀性及其常用缓蚀剂	386
14.2.3 溴化锂溶液的热力性质	387
14.3 直燃型溴化锂吸收式制冷机的形式、结构与设备	389
14.3.1 溴化锂吸收式制冷机的形式	389
14.3.2 溴化锂吸收式制冷机的溶液循环方式	391
14.3.3 直燃型溴化锂吸收式制冷机主要设备的结构	394
14.3.4 直燃型溴化锂吸收式制冷机的燃烧设备和安全装置	399
14.4 直燃型溴化锂吸收式制冷机的性能特点	405
14.4.1 外部条件对制冷量的影响及其调节方法	405
14.4.2 内部条件对制冷量的影响及其调节方法	409
第15章 燃气机热泵	414
15.1 燃气机热泵的发展背景	414



15.1.1	燃气供应及负荷现状	414
15.1.2	燃气电力空调发展的协调互补性	414
15.2	燃气机热泵的工作原理与特点	415
15.2.1	热泵的概念	415
15.2.2	热泵的分类	416
15.2.3	热泵的性能系数	417
15.2.4	燃气机热泵的原理	418
15.2.5	燃气机热泵与电动热泵的比较	419
15.2.6	燃气机热泵的特点	420
15.3	燃气机热泵系统的结构	422
15.3.1	发动机	423
15.3.2	燃气机热泵系统的节流机构	425
15.3.3	燃气机热泵的控制设施	428
15.4	燃气机热泵的能源利用	429
15.4.1	燃气机热泵的一次能源利用率	429
15.4.2	余热利用	432
15.5	燃气机热泵的应用	437
15.5.1	应用概况	437
15.5.2	燃气机热泵在游泳池的应用	438
15.5.3	燃气机热泵在建筑空调采暖上的应用	438
15.5.4	燃气机热泵应用对电力与燃气负荷的季节调节作用	440
第 16 章	燃气热水器与燃气两用炉	444
16.1	燃气热水器与燃气两用炉的结构	444
16.1.1	燃气热水器的结构	444
16.1.2	燃气两用炉的结构	445
16.1.3	燃气两用炉工作原理	447
16.2	冷凝式燃气两用炉	451
16.2.1	冷凝式燃气两用炉的结构	451
16.2.2	冷凝式燃气两用炉的换热器	452
16.2.3	燃气燃烧系统与控制方式	453
16.3	燃气热水器与燃气两用炉的技术指标	458
16.3.1	燃气热水器技术指标	458
16.3.2	燃气两用炉技术指标	459
16.4	燃气热水器与燃气两用炉的应用	461
16.4.1	燃气热水器用于集中生活热水供应系统	461
16.4.2	燃气热水器用于独立生活热水供应系统	463



第 17 章 燃气工业炉	466
17.1 总论	466
17.1.1 燃气工业炉定义与优点	466
17.1.2 工业炉分类	466
17.1.3 燃气工业炉基本构成	469
17.1.4 燃气工业炉设计	474
17.2 工业炉的热工特性	475
17.2.1 炉体的热工特性	475
17.2.2 火焰炉炉膛内的热工作过程	477
17.2.3 炉内的气体流动	480
17.2.4 工业炉的耗气量计算	484
17.2.5 燃气工业炉的热力计算	487
17.2.6 燃气工业炉空气动力计算	491
17.2.7 工业炉换热计算	493
17.3 典型工业炉结构	495
17.3.1 室式炉	495
17.3.2 台车式炉	497
17.3.3 井式炉	498
17.3.4 振底式炉	500
17.3.5 环形炉	501
17.3.6 步进式炉	502
17.3.7 罩式炉	503
17.3.8 室式干燥炉	504
17.3.9 坩埚炉	506
17.3.10 可控气氛炉	507
17.4 工业炉对燃烧器的技术要求	508
第 18 章 燃气汽车	509
18.1 概况	509
18.1.1 燃气汽车的分类	509
18.1.2 燃气汽车的燃料	509
18.2 燃气汽车燃料供应系统	512
18.2.1 LPG 汽车	512
18.2.2 压缩天然气汽车	513
18.2.3 液化天然气汽车	514
18.3 燃气汽车专用设备	516
18.3.1 LPG 汽车专用装置	516
18.3.2 压缩天然气汽车专用设备	516
18.3.3 LNG 汽车专用设备	521



18.3.4 天然气-汽油双燃料汽车的比较	523
18.4 天然气汽车性能与技术经济指标	524
18.4.1 天然气在发动机中的燃烧特点	524
18.4.2 天然气发动机燃烧系统	525
18.4.3 液化石油气发动机台架试验	525
18.4.4 液化石油气汽车转鼓试验机试验及公路实车加速性能试验	528
18.4.5 压缩天然气发动机台架试验	529
18.4.6 压缩天然气汽车百公里平均燃料消耗量试验	532
18.4.7 公路行驶试验	532
18.4.8 公共交通公司的运行结果	533
第19章 民用燃气用具基本要求与检测	537
19.1 概述	537
19.1.1 燃气用具的种类	537
19.1.2 燃具质量评价标准	538
19.1.3 试验方法的标准	539
19.2 燃具燃烧工况试验	541
19.2.1 燃烧稳定性测试及判定	541
19.2.2 噪声试验	543
19.2.3 烟气中 CO 含量测定	544
19.3 燃具热工性能试验	548
19.3.1 热流量(热负荷)试验	548
19.3.2 热效率试验	550
19.4 燃具安全性能试验	552
19.4.1 燃气阀门及管路气密性试验	552
19.4.2 燃气点火器与熄火保护装置性能检测	552
19.4.3 燃具各部件及周围木壁的温升试验	553
19.5 燃具耐用性试验	554
19.5.1 燃具部件耐用性试验的目的及其重要性	554
19.5.2 耐用性试验的基本要求	555
19.5.3 膜片、垫圈和润滑脂耐燃气性能试验	555
19.6 电器部件试验	556
19.6.1 燃具电器部件	556
19.6.2 燃具电子控制器试验	556

第 1 章 绪 论

1.1 天然气作为城市能源的发展

能源是人类进步和发展的重要物质基础。能源工业作为国民经济的基础产业，直接关系到经济的繁荣、国家的安全和人民生活水平的提高。目前，世界上煤、石油、天然气是主要的一次能源，天然气用作城市能源主要包括城市燃气和工业燃气。进入 20 世纪后，城市燃气的气源结构开始发生很大的变化，天然气供应量迅速增加。1998 年天然气在世界一次能源中的比重已达到 24%（见表 1-1）。

1998 年全球能源需求结构

表 1-1

	天然气	石油	煤	其他能源	合计
所占份额（%）	24	40	26	10	100

近十几年来，随着大气中 CO_2 浓度的不断增加，温室效应越来越明显，给人类的生存环境带来很大威胁。天然气的主要成分是 CH_4 ，按相同热量计，产生的温室气体只有煤炭的 1/2，石油的 2/3。天然气燃烧所造成的空气污染是石油的 1/4，是煤炭的 1/8000，它的价格却是石油的 80%。天然气这一洁净能源随着其应用技术的进步，已成为人类首选的能源。由于天然气能源的环境效益、社会效益及在可持续发展中的作用，各国都在加强天然气的地质勘探，目前天然气的探明剩余可采储量按热当量计算已超过了石油，国内外许多经济学家、能源专家认为，天然气在未来 10~20 年内将会超过石油而成为人类的主要能源，世界将跨入一个天然气能源的时代。

1.2 天然气的资源与开发

1.2.1 全球情况

天然气是赋存于地壳的岩石圈中、煤层中或者以水合物形式藏于地层和海洋深处的化石能源。天然气分为常规天然气与非常规天然气，在地壳岩层中聚集的气田天然气或与石油伴生天然气称为常规天然气。煤层气、天然气水合物、地下水圈溶解气、致密砂岩气、深盆气等称为非常规天然气。对于天然气资源，根据其勘探和掌握的程度以及可供开发利用的条件，按照国际燃气联盟（IGU）的规定，天然气资源划分为三种储量：探明储量、附加储量和潜在储量。全球各地区天然气探明储量的变化见表 1-2。

全球天然气探明储量统计 (10^{12} m^3)

表 1-2

地 区	1988 年	1992 年	1996 年	2000 年	2004 年	占全球 (%)
北 美	9.5	9.3	8.4	7.5	7.3	4.1
中 南 美	4.9	5.5	6.1	7.0	7.1	4.0
欧洲和北亚	47.8	62.1	62.5	61.7	64.0	35.6
中 东	34.3	44.0	49.3	59.8	72.8	40.6
非 洲	7.7	9.9	10.2	12.5	14.1	7.8
亚洲*与大洋洲	8.9	9.4	10.4	12.3	14.2	7.9
总 计	113.0	140.1	146.9	160.8	179.5	100.0

* 此处亚洲不含北亚和中东部分,下同。

随着天然气开采技术的提高,全球天然气的生产量基本上与需要量同步增长。全球天然气生产量见表 1-3,消耗量见表 1-4,全球各地区天然气预计消费量见表 1-5。

全球天然气生产量统计 (10^9 m^3)

表 1-3

地 区	1988 年	1992 年	1996 年	2000 年	2004 年	占全球 (%)
北 美	618.3	668.5	733.3	769.8	762.8	28.3
中 南 美	54.5	61.0	81.4	97.9	129.1	4.8
欧洲和北亚	933.5	952.4	945.4	959.5	1051.5	39.1
中 东	93.3	114.0	158.0	206.8	279.9	10.4
非 洲	58.8	75.3	88.9	126.6	145.1	5.4
亚洲*与大洋洲	133.4	174.4	228.9	272.9	323.2	12.0
总 计	1891.4	2045.5	2235.5	2433.2	2691.6	100.0

* 此处亚洲不含北亚和中东部分,下同。

全球天然气消耗量统计 (10^9 m^3)

表 1-4

地 区	1988 年	1992 年	1996 年	2000 年	2004 年	占全球 (%)
北 美	608.4	684.0	763.4	791.2	784.3	29.2
中 南 美	54.5	61.0	81.4	94.0	117.9	4.4
欧洲和北亚	935.6	965.9	977.5	1012.9	1108.5	41.1
中 东	90.5	110.6	150.7	185.4	242.2	9.0
非 洲	35.6	40.3	47.2	55.2	68.8	2.6
亚洲*与大洋洲	134.7	180.1	239.6	299.7	367.7	13.7
总 计	1859.3	2042.0	2259.9	2438.3	2689.3	100.0

* 此处亚洲不含北亚和中东部分,下同。