

冷凝式锅炉及其系统

车得福 著



机械工业出版社
China Machine Press

● ISBN 7-111-10283-5/TK·206

封面设计：电脑制作：姚毅

ISBN 7-111-10283-5



9 787111 102830 >

定价：19.00 元

地址：北京市百万庄大街22号

联系电话：(010) 68326294

邮政编码：100037

网址：<http://www.cmpbook.com>

E-mail:online@cmpbook.com

冷凝式锅炉及其系统

车得福 著



机械工业出版社

本书是在总结作者多年从事冷凝式高效锅炉研究和开发工作所取得的成果的基础上并参考国内外有关文献而写成。全书共分七章,重点介绍冷凝式锅炉的工作原理及其系统的经济性;各种冷凝式锅炉及其系统的特点,包括冷凝式锅炉的分类及基本型式、冷凝式供热锅炉及其系统、热电厂中的冷凝式锅炉及其系统、家用冷凝式快速燃气热水器;冷凝式锅炉的腐蚀问题及预防;生活及工业锅炉烟道(囱)中水蒸气凝结的预防、大型电站锅炉烟道(囱)中水蒸气凝结的预防;间壁式冷凝换热器和接触式冷凝换热器的设计;冷凝液的特性及处理。

本书可供各类锅炉生产厂家的工程师及从事供热(暖通)、能源、环保、动力、冶金、化工设备的设计、制造、运行的技术人员阅读,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷凝式锅炉及其系统/车得福著. —北京:机械工业出版社, 2002.6
ISBN 7-111-10283-5

I. 冷... II. 车... III. 锅炉, 冷凝式 IV. TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031151 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: 刘永 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李汝庚
封面设计: 姚毅 责任印制: 何全君
北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
890mm × 1240mm A5 · 8.75 印张 · 258 千字
000 1—3 000 册
定价: 19.00 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
封面无防伪标均为盗版

前 言

传统锅炉中，排烟还具有相当高的温度（ $100 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ），烟气中的水蒸气仍处于过热状态，不可能凝结成为液态水而放出汽化潜热。因此，我国和世界上的许多其他国家一样，锅炉热力计算中采用低位发热量作为计算基准，但美国采用高位发热量。如果锅炉的排烟温度降低到足够低的水平，那么烟气中呈过热状态的水蒸气就会凝结而放出汽化潜热。我们把通过冷凝烟气中的水蒸气，使得其中的汽化潜热得以利用的锅炉称为冷凝式锅炉（condensing boiler）。显然，与传统锅炉相比，这种锅炉在设计思想上有很大的不同。由于凝结水的汽化潜热得以回收利用，锅炉的热效率将大大提高，甚至按低位发热量为基准计算的热效率可能达到或超过 100%。

另一方面，如果采取一定的措施将冷凝水加以利用，例如用于灌溉或人畜的饮用，对于干旱少雨的西部地区则具有巨大的吸引力，会产生显著的社会效益和经济效益，对西部大开发战略的实施、确保西部地区经济的可持续发展、民族团结和社会稳定都会产生积极作用。

由于冷凝烟气中水蒸气的同时可以方便地除去烟气中的有害物质，因此，采用冷凝式锅炉对保护环境也具有重要意义。

冷凝式锅炉首先在西方发达国家得到了研究和应用。自 20 世纪 70 年代以来，荷兰、法国、英国、奥地利、德国和美国相继进行了冷凝式锅炉的研制，锅炉增设各种型式的换热器，回收并利用烟气中水蒸气冷凝时放出的汽化潜热。由于在供热系统中广泛使用冷凝式锅炉而使燃料消耗量大大减少，从而节约了能源。大量的试验结果表明，当燃用天然气时，典型的热效率提高值为 10% ~ 15%。

国外冷凝式供热锅炉的生产与应用已具有一定规模。荷兰于 20 世纪 70 年代开始研究，到 1984 年冷凝式锅炉已占住宅供暖锅炉的 10%，工业建筑供暖的 25% 以上用冷凝式锅炉，1985 年总共生产了 2.5 万台，占全部供暖锅炉年产量的 20%。到 1995 年，住宅中使用

230 万台, 工业建筑中至少使用 15 万台, 这样每年可节省 20 亿 m^3 燃气。法国在 1985 年仅有 7500 台冷凝式锅炉, 现在每年增加 5 万台以上, 凡有燃气供应的新建房屋已全部用冷凝式锅炉供热。估计 2000 年全部供热锅炉中冷凝式已占一半以上。

我国是一个发展中国家, 保护环境和合理利用资源是基本国策, 不能走先污染、后治理的老路。因此, 除创造条件使用洁净燃料外, 大力开发研制冷凝式锅炉, 采用既能提高锅炉热效率, 又能使附加产品得到综合利用的热能利用系统, 将是既能保护环境, 又能大幅度节约非常珍贵的化石燃料的有效方法。

我国尚没有冷凝式锅炉的生产厂家, 但国外的冷凝式锅炉的制造商正在进军中国市场。根据目前我国能源紧缺、能耗高的现状, 发展供热事业更应考虑采用先进的节能技术与产品, 对于各种类型的冷凝式锅炉的研制与应用应给予足够的重视。

西安交通大学锅炉研究所正致力于冷凝式高效率锅炉的研究和开发工作, 已经取得阶段性成果。考虑到目前国内外还没有一本专门论述冷凝式锅炉的著作, 著者在总结自己的研究成果的基础上, 并参考大量国内外文献资料写成了本书。期望本书的出版能为促进我国冷凝式锅炉的发展做出贡献, 以适应我国加入 WTO 后所面临的挑战。

全书共分 7 章。第 1 章为绪论, 主要介绍了我国能源利用及锅炉工业发展现状、冷凝式锅炉的作用及重要意义、冷凝式锅炉的发展历史与现状; 第 2 章为冷凝式锅炉的工作原理, 主要介绍了常规锅炉排烟温度降低潜力及存在的问题、烟气的显热和潜热及其回收、冷凝式锅炉及其系统的经济性; 第 3 章为各种冷凝式锅炉及其系统, 主要介绍了冷凝式锅炉的分类及基本型式、冷凝式供热锅炉及其系统、热电厂中的冷凝式锅炉及其系统、家用冷凝式快速燃气热水器; 第 4 章为冷凝式锅炉的腐蚀问题及其对策, 主要介绍了常规锅炉低温腐蚀发生的机理及影响因素、酸露点温度的预测、冷凝式锅炉的腐蚀问题及其预防; 第 5 章为烟道 (囱) 中水蒸气凝结问题及其预防, 主要介绍了烟道中水蒸气凝结的可能性、生活及工业锅炉烟道 (囱) 中水蒸气凝结的预防、大型电站锅炉烟道 (囱) 中水蒸气凝结的预防; 第 6 章为冷凝换热器的设计, 主要介绍了间壁式冷凝换热器的设计、接触式冷

凝换热器的设计；第7章为冷凝液的特性及处理。

本书初稿承蒙西安交通大学庄正宁教授认真审阅，提出了许多修改意见，使本书增色不少，在此著者表示诚挚的谢意。成书过程中，得到著者的研究生刘银河、亢艳滨、郑东宏等在手稿编辑、图表处理方面的协助，郑东宏并撰写了第6章6.2节的初稿。文字处理得到了西安交通大学热能工程系马华蓉女士的帮助。在此一并表示感谢。著者还要感谢妻子、西安交通大学建筑环境与设备工程系刘艳华副教授以及女儿车畅给予的理解和支持。

由于是第一次将这方面内容编著成书，书中有些内容是作者所领导的研究小组尚未发表的成果，加之著者学识有限，书中缺点和错误实难避免，恳请读者批评指正。

西安交通大学热能工程系教授
车得福

2002年1月

dfche@mail.xjtu.edu.cn



车得福，1962年11月出生，吉林德惠人。于1983年、1986年、1990年分别获西安交通大学热能工程专业学士、硕士和博士学位。1989年~1990年赴新西兰奥克兰大学学习(联合培养博士生)，1995年~1996年赴美国洛杉矶加州大学(UCLA)进修。1998年获陕西省优秀留学回国人员称号。现任西安交通大学热能工程系教授、系主任兼锅炉研究所所长、中国工程热物理学会副秘书长、中国电机工程学会锅炉专业委员会委员、陕西省机械工程学会理事、动力工程分会理事、西安热能动力学会理事长等。研究方向为锅炉及换热器设计、多相流与传热、化石燃料燃烧及其污染控制。参加和完成的科研课题有十余项。目前主持国家重点基础研究发展规划项目《燃煤污染防治的基础研究》的二级课题《煤中氮的赋存形态及其迁徙规律》的研究。获首批《高等学校骨干教师资助计划》的资助。三项科研成果获省部级奖励，拥有两项专利，发表学术论文60余篇。参加了《实用锅炉手册》(化学工业出版社，1999年)和《燃油燃气锅炉》(西安交通大学出版社，2000年)的编写。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 我国能源利用及锅炉工业发展现状	1
1.1.1 我国能源的基本构成及消费特点	1
1.1.2 锅炉消耗能源的特点及节能、环保的重要性	11
1.1.3 锅炉燃料、燃烧产物及其特点	14
1.1.4 我国锅炉工业发展现状	23
1.2 冷凝式锅炉的作用及重要意义	27
1.2.1 冷凝式锅炉的涵义	27
1.2.2 锅炉热效率的两种表示方法及涵义	27
1.2.3 冷凝式锅炉对国民经济发展的意义	29
1.3 冷凝式锅炉的发展历史与应用现状	33
1.3.1 冷凝式锅炉的发展历史	33
1.3.2 冷凝式锅炉的应用现状	34
第 2 章 冷凝式锅炉的工作原理	36
2.1 常规锅炉降低排烟温度的潜力	36
2.1.1 常规锅炉排烟温度选取的原则	36
2.1.2 超低排烟温度的高效率锅炉	39
2.2 烟气的显热和潜热及其回收	44
2.2.1 湿空气、湿烟气及其性质	44
2.2.2 热能的品位	49
2.2.3 常规锅炉各种受热面的传热特点	50
2.2.4 烟气的显热和潜热及其回收方法	53
2.3 冷凝式锅炉及其系统的经济性	55
2.3.1 排烟热损失分析及冷凝式锅炉的极限热效率	55
2.3.2 冷凝式锅炉系统效率提高的潜力	59

2.3.3 冷凝式锅炉性能(热效率)的实验测量	63
第3章 各种冷凝式锅炉及其系统	81
3.1 冷凝式锅炉的分类及基本型式	81
3.1.1 冷凝式锅炉的分类	81
3.1.2 冷凝式锅炉的基本型式	81
3.2 冷凝式供热锅炉及其系统	98
3.2.1 Fagersta 系统	98
3.2.2 CON—X 热回收装置	104
3.2.3 俄国方式	109
3.2.4 冷凝式余热回收系统	117
3.3 热电厂中的冷凝式锅炉及其系统	126
3.4 家用冷凝式快速燃气热水器	138
3.4.1 节能效果理论分析	139
3.4.2 热水器热效率与排烟温度的关系	141
3.4.3 冷凝式天然气快速热水器试验研究	143
第4章 冷凝式锅炉的腐蚀问题及其对策	158
4.1 常规锅炉低温腐蚀发生的机理及影响因素	158
4.1.1 低温腐蚀发生的机理	158
4.1.2 影响低温腐蚀的因素	162
4.2 酸露点温度的预测	173
4.2.1 现有预测方法的总结	173
4.2.2 实例比较	181
4.3 冷凝式锅炉的腐蚀问题及其预防	185
4.3.1 冷凝式锅炉的腐蚀问题	185
4.3.2 冷凝式换热器材料及受热面的型式选择	186
第5章 烟道(囱)中水蒸气凝结问题及其预防	194
5.1 烟道中水蒸气凝结的可能性	194
5.2 生活及工业锅炉烟道(囱)中水蒸气凝结的预防	198
5.3 大型电站锅炉烟道(囱)中水蒸气凝结的预防	208

第 6 章 冷凝换热器的设计	216
6.1 间壁式冷凝换热器的设计	216
6.2 接触式冷凝换热器的设计	224
第 7 章 冷凝液的特性及处理	235
7.1 冷凝液的特性	235
7.2 冷凝液的处理	251
参考文献	263

第 1 章 绪 论

1.1 我国能源利用及锅炉工业发展现状

1.1.1 我国能源的基本构成及消费特点

人们通常把能够提供能量和做功的自然资源称为“能源”。

能源是经济发展和社会进步的重要物质基础，它不仅是国民经济发展的动力，而且是衡量一个国家综合国力和人民生活水平以及国家文明发达程度的重要指标。保证稳定的能源，过去是、现在是、将来仍然是每个国家发展战略的优先领域。

随着人类社会的发展以及新的能源种类的不断发现，能源的利用量和利用方式也随之发生了变化。18 世纪的工业革命，由于蒸汽机的发明，使能源由草木转向了煤炭；19 世纪末，内燃机又将能源扩展到石油。第二次世界大战以后，人们意识到化石燃料终究会枯竭，于是核能得到大力发展，与此同时，人们又积极探索开发其他能源。随着经济发展速度的加快，能源消耗量迅速增大。能源的生产和消费方式对环境的影响也日益突出。目前，世界各国都面临着经济发展与环境保护的协调问题。

能源可分为三类：第一类是来自太阳的能量，有直接来自太阳的辐射能，即通常所说的太阳能；有间接来自太阳的能源，如化石燃料、水能、风能、海洋能。第二类是地球本身贮存的能量，如地球内部的地热能和地球上的可用铀、钍、氘、氚等裂变聚变的核能。第三类是月亮、太阳、地球之间产生的能量，如潮汐能。

在这些能源中，已有一部分正在被人类消费使用。被广泛应用的能源称为常规能源，如煤、石油、天然气、水力、核裂变等。除水能外，由于化石燃料和核裂变燃料的消耗速度远大于生成速度，故称为贮存性能源。另一些由于技术、经济等的限制，尚未大规模开发利用的资源，称之为新能源。如太阳能、地热能、海洋能、生物质能、核

聚变等。新能源不仅数量巨大，种类繁多，而且使用清洁，不易污染环境；又因它们（除核能外）消耗与补充速度可以持平，故又称连续性能源，或可再生能源。水能也属此类。

视利用过程对环境造成污染程度的轻重不同，目前主要的常规能源，煤、石油等燃料都被认为是不清洁能源；天然气污染较轻，有时被认为是清洁能源；水力则是清洁能源。而新能源一般都被认为是清洁能源。

自然界中以现成形式存在，可直接取用的能源称为一次能源，如煤、水力、太阳能等等。经过加工或形式转换的能源称为二次能源。如焦炭、汽油、电力、蒸汽等等。

化石燃料指煤、石油、天然气、油页岩等。之所以叫化石燃料，是因为这类燃料是地壳内动植物遗体经过漫长的地质年代，经历长期的化学、物理变化而形成的。化石燃料中的化学能最初来源于太阳。植物通过光合作用收集、转化了太阳能，接着转存于动植物的有机体中，成为化石燃料的原料。从数百万年前照到绿色植被的太阳能，到今天埋在地下的化石燃料的化学能，不仅需要漫长的岁月，而且转换效率极低。因此，目前地球上储存的化石燃料是非常宝贵的。

煤是人类最早利用的矿物燃料。19 世纪末到 20 世纪初，煤成为主要能源。其间，世界煤炭产量增长很快，1870 年世界煤产量为 2.5 亿 t，1910 年为 11 亿 t。近几十年来，发达国家增加石油等其他能源的消费，煤炭不再是第一能源。例如，美国的煤炭在石油、天然气之后居第三位；日本则因煤炭资源缺乏，主要能源是石油、天然气、水力和核能。但就世界范围内来说，尤其在中国，在今后十年乃至几十年内，煤炭仍将是主要能源之一。在燃用化石燃料中，燃煤对环境污染最为严重。目前，世界各国都在积极发展煤炭清洁利用技术。

地球上的煤炭资源难以准确估计。煤在地球上的分布也很不均匀。大部分煤蕴藏在北温带。亚洲的煤炭资源占世界总量的一半；北美洲的煤炭资源则是除亚洲外其他大陆总和的一半以上。俄罗斯、美国、中国、波兰、德国、英国、澳大利亚、南非和印度等九个国家集中了世界煤炭资源的 90% 以上。中国、美国、俄罗斯三国的煤产量常常占世界总产量的一半以上。

我国煤炭资源储量多，分布广而不均衡。1992 年探明煤炭保有储量约为 9800 亿 t。中国大陆，31 个省、市、自治区、除上海市外，都有煤炭资源。全国 2000 多个县，851 个县有可观的煤炭探明储量。目前，山西、内蒙古、贵州、安徽、陕西五省区合计煤炭储量占全国总储量的 75%。江南 10 省、区合计煤炭储量仅占全国总储量的 2%，山西目前仍是我国最大的煤炭基地，煤炭保有储量占全国的 1/3，煤炭年产量占全国的 1/4，均为全国第一位。但是随着煤炭勘探工作发展，我国煤炭储量分布正在变化。华东、中南地区煤炭资源少，且人口和工业密集，经济发展快，长期以来存在北煤南运的问题。

我国煤炭不仅储量大，而且品种多，质量较好，无烟煤、烟煤、褐煤及石煤，样样俱全。华北地区煤炭储量多而质量好，华东、中南地区煤炭储量少且煤质差。

人类进入 20 世纪，从内燃机发明到目前为止，石油是人类尤其是发达国家的最重要的一种能源。石油及其产品的勘探、生产、运输、贸易、消费，不仅使石油工业成为世界上最大的工业之一，而且在环境和地质科学中，石油占据了极其重要的位置。

石油在生油层中生成，在压力作用下，迁移到颗粒粗、孔隙大的储油层中。与煤不同，石油若沿岩层渗透到地面，则会逸出外部环境而散失，因此尽管油田也是有深有浅，但最终石油总是保存于不透水层圈闭之中。美国宾夕法尼亚的第一口油井深 21.2m，而俄克拉荷马的一口井则深达 9160m。采油时，靠自然压力或压入水、气体以增加压力，使石油从油井流出，大部分石油仍留在岩石孔缝中。采油技术不同，采出的石油占油田总储量的百分率也不同。目前能采出油田全部储油的 1/3。在探测新油田的同时，人们还设法从现有油田中采出更多的石油。

石油的产出遍及各大洲。但目前的石油分布是不均匀的。由于经济和工业技术等方面的原因，有些地区勘探和开采进行得非常迅猛，有的地区则发展得比较缓慢，但这并不意味着这些地区石油资源不丰富。新油田的发现也许会改变世界石油的布局。目前主要的产油国集中在两个石油带：一是东半球的地中海—中东—印尼一带，中东的产油大国如沙特阿拉伯、科威特、伊朗、伊拉克等；另一是西半球的沿

太平洋西海岸地区，从美国阿拉斯加、加拿大、美国西部、墨西哥、委内瑞拉、哥伦比亚到阿根廷。

中国被认为是贫油国家的时代虽然成为过去，但我国的石油资源看来不及煤炭资源丰富。目前石油探明储量集中在黑、鲁、冀三省，其可采量约占全国总量的 70%，全国有 22 个省区发现了油、气田。主要油田有大庆、胜利、大港、任丘、辽河、克拉玛依、冷湖、玉门、南阳等。此外在沿海大陆架勘探中，先后发现了渤海、南黄海、东海、珠江口、北部湾和莺歌海六个大型含油盆地。

20 世纪前半叶，1904 年 ~ 1948 年的 45 年间，中国生产石油总量为 295 万 t；年产量从未超过 10 万 t。20 世纪 50 年代以来，我国进行了大量的石油地质勘探工作。先是西部的准葛尔、塔里木、柴达木盆地，后是松辽、渤海湾盆地，发现和开发了克拉玛依、冷湖、大庆等油田。到 1963 年，中国原油年产量达到 648 万 t，从而结束了使用洋油的历史；1965 年开始出口原油。1978 年，中国原油年产量突破 1 亿 t，进入世界主要产油大国行列。中国历年原油产量总的来说是逐年增长的，其中 1978 年 ~ 1983 年在 1 亿 t 徘徊。

天然气主要指油系天然气即油田气和气田气；此外还有煤系天然气。天然气的发现通常与石油相似，但不完全相同，例如，近年来在比石油更深的地层下发现了天然气。不论是与石油伴生的油田气还是单独的气田气，天然气的成分通常都是较轻的烷烃，主要是甲烷，还有乙烷、丙烷和丁烷等。燃用天然气，排放的污染物很少。天然气主要用作工业、民用燃料以及化工原料，也用于发电。例如，日本 1992 年、1993 年天然气发电量均占全年总发电量的 23%。目前，天然气已成为世界主要能源之一，它与石油、煤炭、水力和核能构成了世界能源的五大支柱。

世界天然气资源所含能量，大体与石油储量相当。目前估计全球总资源量在 2.5×10^6 亿 ~ 3.5×10^6 亿 m^3 之间。主要产气国有美国、俄罗斯、加拿大、荷兰、墨西哥等。美国也是天然气消费大国，近年来的年消费量约占世界总消费量的 60%，另外的消费大户是日本和欧共体国家。

我国是世界上最早发现和利用天然气的国家之一。早在 2000 年

前的汉代，我国人民已将产天然气的气井，称为“火井”。虽然如此，但发展却十分缓慢。1949 年以前，全国只有石油沟、圣灯山（均在四川省内）两个气田。新中国成立后，由于政府重视能源的开发，在 50 年代，我国已发现了 10 个新气田，天然气年产量达 2.9 亿 m^3 ，比 1949 年增长了 26 倍。后来又在四川省建成天然气矿区，年产量在 50 亿 m^3 以上，成为我国主要的天然气生产基地。我国现已探明近 100 个气田，天然气产量增长了 1200 倍。建国以来，生产天然气 1500 亿 m^3 ，平均每年递增 24.6%。自 1980 年以来，在塔里木盆地的浩瀚戈壁深处，已打出数口油气井，每天喷出数万吨石油和上百万立方米的天然气。

我国天然气资源 80% 以上分布在西部地区，东部（含台湾）地区不足 20%。由于目前勘探程度低，天然气生产主要集中在东部油气产区和中部纯气产区。此外，新疆、青海、陕北等地，油气田生产也在逐步增多。主要基地见表 1-1。

表 1-1 我国天然气资源分布一览表

盆地 (地区)	地理 位置	天然气 种类	沉积岩 面积/万 m^2	沉积岩 体积/万 m^3	资源量/ 10^4 亿 m^3	探明储量占 全国比重 (%)
塔里木	北疆库尔勒—泽普一线	裂解气	56 000	33.6	8.03	9.8
准噶尔	南疆克拉玛依一带	油型气 煤成气	13 200	7.82	4.13	
柴达木	青海三湖一带	生物气	12 000	5.16	0.2	1.23
鄂尔多斯	陕甘宁 黄河流域	煤成气	32 000	13.76	3.16	1.2
四川	四川中部 广大地区	裂解气	19 000	15.2	8.12	23
滇黔桂	楚雄、 百色一带	裂解气	47 900	28.0	2.5	0.2
江淮	淮河流域	煤成气	11 000	3.85	0.94	0.1
华北	含辽河、 黄骅、 济阳、 东濮、 等坳陷	油型气	20 000	6.0	1.57	39.2

(续)

盆地 (地区)	地理 位置	天然 气种类	沉积岩 面积/万 m ²	沉积岩 体积/万 m ³	资源量/ 10 ⁴ 亿 m ³	探明储量占 全国比重 (%)
松辽	嫩江、第 二松花江、 东辽河 一带	油型气 煤成气	25 300	8.0	1.07	23.1
海域	东海、北部 湾莺歌 海等	油型气 煤成气	74 600	18.2	2.73	1.7

当前世界石油与天然气产量比为 2:1, 我国为 9.6:1。近 30 年来, 世界天然气勘探迅速发展。到 20 世纪 90 年代, 世界探明的天然气可采储量为 100 万亿 m³, 比 1960 年增长 15 倍左右。在油气总储量的比例中, 天然气由 16.6% 增至 45% 以上。油与气资源比例已逐渐接近, 气将超过油。据估计, 天然气最低储量可达 300 万亿 m³, 目前已探明的可采储量仅占 1/3, 累计产量仅占 13.5%。

天然气有多种成因类型, 例如煤成因的天然气, 石油成因的天然气, 地下甲烷富集而成的天然气等, 它们在地下分布广泛, 潜在蕴藏量很大, 前景可观, 能够成为本世纪的主要能源。

而今又发现一种新型能源——天然气水化物, 这是一种尚未被人们熟知的新型能源。据分析, 陆地上 27% 和洋底 90% 的地区都具备形成天然气水化物带的有利条件。经估算, 其总资源量在陆上为 5300 亿 t 煤当量, 洋底为 161 万亿 t 标准煤。合计为世界煤炭总资源量的 10 倍, 石油的 136 倍, 天然气的 487 倍, 因此, 被认为是最有希望的未来新型能源。

天然气水化物是一种具网格构造的天然气和水的笼形包合物, 分子式可写作 $M \cdot 6H_2O$ 或 $M \cdot 17H_2O$ 。式中 M 代表形成水化物的天然气分子。它的结晶格架中的孔隙被天然气充填后, 便形成天然气水化物。前苏联科学家提出这样一种假说, 当温度达 295K (热力学温度), 压力达 25MPa (250 大气压) 时, 就形成固态的天然气水化物气藏。一单位体积的水化物, 能包含 200 倍的天然气, 所以一旦能够把水化物中的天然气释放出来, 将是可观的。

目前, 世界上已发现有 60 多处水化物矿床。除极地外, 在大西