

司炉工上岗培训用书

# 中小型燃油燃气锅炉 运行操作与维护

Zhongxiaoxing Ranyou Ranqi Guolu Yunxing Caozuo Yu WeiHu

赵钦新 葛升群 编著  
惠世恩 刘 鑫



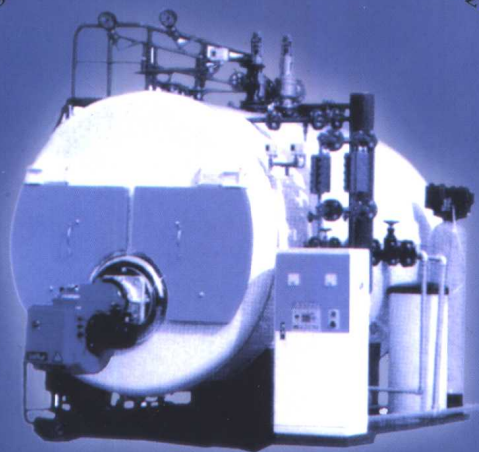
 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



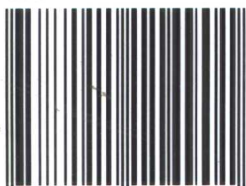
ISBN 7-111-11490-6/TK·211

封面设计 / 电脑制作 : 张静

Zhongxiaoxing Ranyou Ranqi Guolu Yunxing Caozuo Yu Weihu



ISBN 7-111-11490-6



9 787111 114901 >

定价: 24.00 元

地址: 北京市百万庄大街22号

邮政编码: 100037

联系电话: (010) 68326294

网址: <http://www.cmpbook.com>

E-mail: [online@cmpbook.com](mailto:online@cmpbook.com)

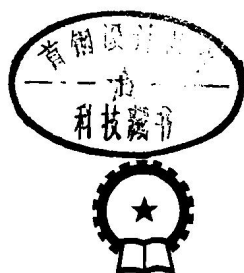
TK229  
2003375

司炉工上岗培训用书

# 中小型燃油燃气锅炉运行 操作与维护

赵钦新 葛升群 编著  
惠世恩 刘 鑫

BB05 3/05



机械工业出版社

本书由西安交通大学能源与动力工程学院锅炉研究所等有关单位的教授和专家集体编写。书中以典型的、常用的中小型燃油燃气锅炉为代表,在简要介绍了燃油燃气锅炉结构、燃料特性和热工知识的基础上,重点介绍了锅炉的运行与调节、检修与维护保养、事故诊断与处理、锅炉自动控制与调节,以及锅炉房的安全运行管理等。书末附有锅炉有关法规、标准、运行规程简介、相关网站和锅炉制造厂信息等。

本书严格按照燃油燃气锅炉安全运行与操作的各项规程编写,具有较强的实用性和针对性,既可作为司炉工上岗培训教材,也可供从事锅炉安全监察、环境保护、运行管理、热工测试、节能管理等部门的工作人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中小型燃油燃气锅炉运行操作与维护/赵钦新等编著.

—北京:机械工业出版社,2003.2

司炉工上岗培训用书

ISBN 7-111-11490-6

I. 中… II. 赵… III. ①燃油锅炉—锅炉运行—操作—技术培训—教材②燃气锅炉—锅炉运行—操作—技术培训—教材③燃油锅炉—维修—技术培训—教材④燃气锅炉—维修—技术培训—教材 IV. TK229

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007659 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:崔世荣 版式设计:张世琴 责任校对:李汝庚

封面设计:张静 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·12.375 印张·364 千字

0 001—4 000 册

定价:24.00 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、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

近十几年来，我国石油、天然气的开发速度大大提高，国家取消了对大中型城市燃用油品和天然气的限制，随着人们环保意识的增强，以及国民经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高，国家对能源消费政策进行了调整，为改善大中城市的环境污染和空气质量，政府开始鼓励公共企事业单位燃用油品及天然气，这就大大促进了燃油、燃气锅炉的发展，特别是在目前西气东输即将形成网络的情况下，中小型燃油、燃气锅炉将在大范围内得到普及。

由于中小型燃油、燃气锅炉是近几年才开始推广使用的，大多数司炉工未经系统正规培训，缺乏对中小型燃油、燃气锅炉的燃料、结构、操作运行和日常维护管理等方面的基础知识，技术素质普遍不高，极大地影响了燃油、燃气锅炉的安全经济运行水平的提高。1999年1月13日发生在宁夏某单位燃油锅炉爆炸事故，就深刻地说明了这个问题。这次事故曾引起了中央领导同志的极大重视，江泽民总书记指出：“运行中的锅炉，也必须定期严格检查，及时发现和消除隐患，防患于未然。”因此，加强安全教育和技术培训，是提高司炉人员安全意识、运行操作、故障检查和维修技能的有效手段，特别是对于减少和杜绝危险事故的发生更具有现实意义。本书正是在这种思想指导下组织力量编写的。

本书以通俗易懂的语言，简要介绍了中小型燃油、燃气锅炉的燃料、燃烧和传热理论等方面的基础知识；重点介绍

#### IV

了锅炉类型、燃烧器及其运行操作及日常维护和保养方法；此外，还介绍了国家和行业有关锅炉安全运行法规等方面知识。书中大量运用插图和表格，形象生动，实用易懂。

由于本书内容比较全面，各单位采用本书培训时，建议根据本单位的培训需要(是初、中级工培训，还是高级工培训)和实际情况(本单位采用的是燃油锅炉，还是燃气锅炉)，有的放矢选学本书相关章节的内容，将会收到事半功倍的培训效果。

本书由西安交通大学能源与动力工程学院锅炉研究所赵钦新博士、副教授(负责第一、二、八章和附录部分)、惠世恩教授(负责第三、六章)、陕西省锅炉压力容器检验所葛升群高级工程师(负责第四、五章)和陕西炎龙热能有限责任公司刘鑫工程师(负责第七章)共同编著，全书由赵钦新统稿。由西安交通大学能源与动力工程学院锅炉研究所章燕谋教授主审。

由于编写时间仓促，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

# 目 录

## 前 言

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 锅炉运行基础知识 .....     | 1  |
| 第一节 燃油燃气锅炉的概念 .....    | 1  |
| 一、燃油燃气锅炉与能源、环保政策 ..... | 1  |
| 二、锅炉的概念 .....          | 6  |
| 三、锅炉的基本构成 .....        | 13 |
| 第二节 燃料特性 .....         | 20 |
| 一、燃料的分类 .....          | 20 |
| 二、燃料的组成 .....          | 21 |
| 三、燃料的发热值 .....         | 24 |
| 第三节 流体基础 .....         | 27 |
| 一、流体的基本概念 .....        | 27 |
| 二、流体静压力及其特性 .....      | 27 |
| 第四节 热工基础 .....         | 29 |
| 一、基本知识 .....           | 29 |
| 二、能量概念 .....           | 30 |
| 三、水和水蒸气 .....          | 30 |
| 第五节 热传递原理 .....        | 32 |
| 一、热传导 .....            | 32 |
| 二、对流传热 .....           | 33 |
| 三、辐射传热 .....           | 35 |
| 四、锅炉热平衡及热效率 .....      | 36 |
| 第六节 锅炉水循环原理 .....      | 38 |
| 一、水循环概念 .....          | 38 |
| 二、自然循环故障 .....         | 40 |
| 第七节 锅炉水处理 .....        | 41 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 一、水中杂质及其危害 .....             | 41         |
| 二、工业锅炉水质标准 .....             | 43         |
| 三、水处理方法及特点 .....             | 45         |
| 四、锅炉给水除氧 .....               | 47         |
| <b>第二章 燃油燃气锅炉及附件结构 .....</b> | <b>49</b>  |
| 第一节 锅炉结构要求及特点 .....          | 49         |
| 一、结构要求 .....                 | 49         |
| 二、结构特点 .....                 | 49         |
| 三、结构分类 .....                 | 52         |
| 第二节 锅壳式燃油燃气锅炉 .....          | 52         |
| 一、立式锅壳式锅炉 .....              | 52         |
| 二、卧式锅壳式锅炉 .....              | 54         |
| 第三节 水管燃油燃气锅炉 .....           | 68         |
| 一、立式水管锅炉 .....               | 69         |
| 二、卧式水管锅炉 .....               | 72         |
| 第四节 特种锅炉 .....               | 81         |
| 一、组合模块式铸铁锅炉 .....            | 82         |
| 二、相变换热锅炉 .....               | 83         |
| 第五节 高效环保锅炉 .....             | 85         |
| 一、直接接触换热锅炉 .....             | 85         |
| 二、脉动燃烧锅炉 .....               | 87         |
| 三、冷凝式锅炉 .....                | 89         |
| 第六节 锅炉附件 .....               | 92         |
| 一、安全阀 .....                  | 92         |
| 二、压力表 .....                  | 96         |
| 三、水位计 .....                  | 97         |
| 四、防爆门 .....                  | 101        |
| 五、冷凝水排放装置 .....              | 104        |
| <b>第三章 油气燃烧和燃烧器 .....</b>    | <b>106</b> |
| 第一节 油燃烧过程与特点 .....           | 106        |
| 一、油燃烧过程 .....                | 106        |



|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、油燃烧特点 .....         | 107 |
| 第二节 油的雾化与喷油嘴 .....    | 108 |
| 一、油的雾化 .....          | 108 |
| 二、喷油嘴 .....           | 111 |
| 第三节 燃油燃烧器 .....       | 115 |
| 第四节 气体燃料的燃烧与燃烧器 ..... | 119 |
| 一、气体燃料的燃烧特点 .....     | 119 |
| 二、燃气燃烧器 .....         | 120 |
| 第五节 燃烧器的选配原则及布置 ..... | 125 |
| 一、燃油燃气锅炉燃烧器的选用 .....  | 125 |
| 二、燃油燃气锅炉燃烧器的布置 .....  | 136 |
| 第四章 燃油燃气锅炉运行与调节 ..... | 140 |
| 第一节 设备检查和准备 .....     | 140 |
| 一、锅炉运行操作应具备的条件 .....  | 140 |
| 二、锅炉运行前的检查和准备 .....   | 140 |
| 第二节 锅炉的起动 .....       | 145 |
| 一、锅炉上水 .....          | 145 |
| 二、锅炉管道和锅炉吹扫 .....     | 146 |
| 三、点火 .....            | 147 |
| 四、煮炉 .....            | 149 |
| 五、升压 .....            | 150 |
| 第三节 蒸汽锅炉运行操作与调整 ..... | 151 |
| 一、水位的监视与调节 .....      | 151 |
| 二、压力的监视与调节 .....      | 152 |
| 三、温度的监视与调节 .....      | 153 |
| 第四节 热水锅炉运行操作与调整 ..... | 154 |
| 一、系统的冲洗、充水与定压 .....   | 155 |
| 二、正常运行的控制与调节 .....    | 157 |
| 三、供热控制与调节 .....       | 161 |
| 第五节 锅炉运行中的燃烧调节 .....  | 161 |
| 一、燃料量的调节 .....        | 162 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 二、送风量的调节 .....           | 163 |
| 三、引风量的调节 .....           | 164 |
| 四、火焰的调节 .....            | 165 |
| 第六节 锅炉附件的运行操作 .....      | 166 |
| 一、压力表 .....              | 166 |
| 二、安全阀 .....              | 169 |
| 三、水位计 .....              | 172 |
| 四、温度仪表 .....             | 174 |
| 五、锅炉保护装置 .....           | 175 |
| 六、锅炉的点火程序控制和熄火保护装置 ..... | 176 |
| 第七节 吹灰与排污 .....          | 176 |
| 一、吹灰 .....               | 176 |
| 二、排污 .....               | 179 |
| 第八节 停炉 .....             | 181 |
| 一、正常停炉 .....             | 181 |
| 二、紧急停炉 .....             | 182 |
| 第五章 燃油燃气锅炉检修与维护保养 .....  | 185 |
| 第一节 锅炉的常规维护保养 .....      | 185 |
| 一、定期维护 .....             | 185 |
| 二、外部清扫 .....             | 186 |
| 三、水控制系统的保养 .....         | 187 |
| 四、保温层的维护保养 .....         | 187 |
| 第二节 停炉保养 .....           | 188 |
| 一、锅炉保养 .....             | 188 |
| 二、燃烧器保养 .....            | 190 |
| 第三节 锅炉常见故障处理 .....       | 190 |
| 一、锅炉本体常见的故障及处理 .....     | 190 |
| 二、锅炉主要安全附件的故障及处理 .....   | 195 |
| 三、锅炉附属设备常见的故障及处理 .....   | 199 |
| 四、燃油燃烧器常见的故障及处理 .....    | 201 |
| 五、燃气燃烧器常见的故障及处理 .....    | 204 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第四节 锅炉的定期检修 .....       | 206 |
| 一、定期检修的重要性 .....        | 206 |
| 二、锅炉的检验方法 .....         | 207 |
| 三、锅炉内外部的检验内容 .....      | 212 |
| 四、锅炉报废 .....            | 216 |
| 第五节 锅炉受热面的清灰和除垢 .....   | 217 |
| 一、受热面的清扫和清焦 .....       | 217 |
| 二、锅炉受热面的除垢 .....        | 218 |
| 第六章 燃油燃气锅炉事故诊断与处理 ..... | 223 |
| 第一节 锅炉事故概述 .....        | 223 |
| 一、锅炉事故原因及分类 .....       | 223 |
| 二、锅炉事故的处理与调查 .....      | 226 |
| 第二节 锅炉爆炸事故原因及预防 .....   | 234 |
| 一、锅炉爆炸事故的原因 .....       | 234 |
| 二、锅炉爆炸事故的预防 .....       | 239 |
| 第三节 锅炉爆炸事故的典型案例分析 ..... | 241 |
| 一、超压爆炸事故 .....          | 241 |
| 二、炉膛爆炸事故 .....          | 242 |
| 第四节 爆管事故原因及预防 .....     | 243 |
| 一、超温引起的爆管事故原因及预防 .....  | 244 |
| 二、机械引起的爆管事故原因及预防 .....  | 249 |
| 第五节 水系统事故原因及预防 .....    | 250 |
| 一、满水事故原因及预防 .....       | 250 |
| 二、缺水事故原因及预防 .....       | 252 |
| 三、汽水共腾事故原因及预防 .....     | 253 |
| 四、水冲击事故原因及预防 .....      | 255 |
| 五、水循环故障原因及预防 .....      | 257 |
| 第六节 热水锅炉常见事故原因及预防 ..... | 261 |
| 一、常见事故 .....            | 261 |
| 二、爆炸事故原因及预防 .....       | 264 |
| 三、水循环中断事故原因及处理 .....    | 265 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 四、汽化事故原因及处理 .....              | 267        |
| 五、水击事故原因及处理 .....              | 269        |
| 六、爆管事故原因及处理 .....              | 271        |
| 七、省煤器损坏事故原因及处理 .....           | 272        |
| 八、管板裂纹事故原因及处理 .....            | 273        |
| <b>第七章 燃油燃气锅炉自动控制与调节 .....</b> | <b>277</b> |
| 第一节 自动控制与调节 .....              | 277        |
| 一、锅炉自动控制的任务 .....              | 277        |
| 二、程序控制 .....                   | 278        |
| 第二节 自动控制与保护装置 .....            | 279        |
| 一、水位自动控制保护装置 .....             | 279        |
| 二、压力控制保护装置 .....               | 281        |
| 三、温度控制保护装置 .....               | 284        |
| 四、点火及火焰监测保护装置 .....            | 285        |
| 五、锅炉辅机设备的控制保护装置 .....          | 285        |
| 第三节 常用电气控制元件 .....             | 285        |
| 一、灯光显示元件 .....                 | 286        |
| 二、音响信号元件 .....                 | 286        |
| 三、操作元件 .....                   | 287        |
| 四、保护元件 .....                   | 287        |
| 五、控制执行元件 .....                 | 288        |
| 六、触摸屏人机界面 .....                | 290        |
| 第四节 自动控制仪表 .....               | 292        |
| 一、电工仪表 .....                   | 292        |
| 二、热工仪表 .....                   | 293        |
| 第五节 燃油燃烧器自动控制 .....            | 294        |
| 一、程序控制器 .....                  | 294        |
| 二、燃油锅炉的起动、停止程序 .....           | 294        |
| 三、燃油蒸汽锅炉的联锁保护 .....            | 297        |
| 第六节 自动控制电路与系统 .....            | 300        |
| 一、给水泵的控制与联锁保护 .....            | 300        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 二、风机的控制与联锁保护 .....            | 301        |
| 三、连续给水控制系统 .....              | 303        |
| 四、常压燃气锅炉继电仪表控制系统 .....        | 304        |
| 五、燃油蒸汽锅炉触摸屏和可编程序控制器控制系统 ..... | 306        |
| 六、小型锅炉房集散控制系统 .....           | 311        |
| 七、管理员站主要功能模块 .....            | 316        |
| <b>第七节 自动控制故障分析与调试 .....</b>  | <b>320</b> |
| 一、系统操作及调试 .....               | 320        |
| 二、故障实例分析 .....                | 321        |
| <b>第八章 锅炉房及其运行管理 .....</b>    | <b>324</b> |
| <b>第一节 锅炉房总体布置及要求 .....</b>   | <b>325</b> |
| 一、锅炉房的总体布置要求 .....            | 325        |
| 二、锅炉房设计的基本要求 .....            | 327        |
| <b>第二节 燃油燃气锅炉选型 .....</b>     | <b>329</b> |
| 一、锅炉选型与能源消费政策 .....           | 330        |
| 二、锅炉选型与环保政策 .....             | 330        |
| 三、锅炉结构、性能及制造质量 .....          | 333        |
| 四、锅炉选型与热负荷 .....              | 334        |
| <b>第三节 锅炉使用前的登记 .....</b>     | <b>334</b> |
| 一、锅炉使用登记的目的 .....             | 335        |
| 二、登记证的签发与管理 .....             | 335        |
| <b>第四节 锅炉房的全面管理 .....</b>     | <b>337</b> |
| 一、锅炉房管理的法制化 .....             | 337        |
| 二、锅炉房的全员管理 .....              | 338        |
| 三、锅炉房的安全管理规章制度 .....          | 341        |
| 四、锅炉房的经济运行管理 .....            | 348        |
| 五、锅炉设备的更新改造管理 .....           | 353        |
| <b>第五节 锅炉房的燃油燃气系统 .....</b>   | <b>355</b> |
| 一、锅炉房的燃油系统 .....              | 356        |
| 二、对燃油设施的要求 .....              | 357        |
| 三、锅炉房的燃气系统 .....              | 361        |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 四、对燃气设施的要求 .....                      | 362 |
| 第六节 锅炉运行中的检验及热工监测 .....               | 367 |
| 一、锅炉运行中的检验 .....                      | 367 |
| 二、锅炉的热工监测 .....                       | 369 |
| 附录 .....                              | 373 |
| 附录 A 锅炉相关法规及标准 .....                  | 373 |
| A-1 相关法规 .....                        | 373 |
| A-2 相关标准 .....                        | 374 |
| 附录 B 锅炉运行规程简介 .....                   | 375 |
| B-1 中小型锅炉运行规程 .....                   | 375 |
| B-2 CJJ/T88—2000 城镇供热系统安全运行技术规程 ..... | 375 |
| B-3 JB/T10354—2002 工业锅炉运行规程 .....     | 376 |
| 附录 C 锅炉相关网站介绍 .....                   | 376 |
| C-1 国内锅炉综合网站 .....                    | 376 |
| C-2 国内锅炉制造厂网站 .....                   | 377 |
| 附录 D 部分燃油燃气锅炉制造厂信息 .....              | 377 |
| 主要参考文献 .....                          | 380 |

# 第一章 锅炉运行基础知识

中小型燃油、燃气锅炉的安全经济运行涉及的知识面比较广，不仅要了解国家能源环保政策和燃料消费政策，还要了解和热工相关的工程热力学、传热学、流体力学方面的基础知识以及燃料燃烧理论、锅炉水循环、水处理化学等方面的综合知识。这些知识的运用对保证中小型锅炉的安全经济运行具有非常重要的意义。

## 第一节 燃油燃气锅炉的概念

中小型燃油、燃气锅炉在工业和生活上的应用及发展强烈地受到国家能源和环保政策的制约，因而传统的工业锅炉的燃料结构也发生了较大的变化。

### 一、燃油燃气锅炉与能源、环保政策

1. 油气资源与利用 能源是人类社会和经济发展的基本条件之一。回顾人类利用和开发能源的历史，人类在 18 世纪以前经历了以薪柴为主要能源的时代；约在 19 世纪进入以化石燃料为主的时代，化石燃料的消费急剧增大，初期主要以煤炭为主；至 20 世纪 20 年代，开始开发利用石油和天然气；从 20 世纪 50 至 60 年代逐步进入了以石油为主的时代。特别是第二次世界大战以后，石油以及天然气的开采与消费开始大幅度的增加，并以每年 2 亿 t 的速度持续增长。虽然经历了 20 世纪 70 年代的两次石油危机，石油价格高涨，但石油的消费量却不见有丝毫减少的趋势。

解放后我国能源结构曾发生过几次重大调整：

1) 第一次是 1963 年，经过 4 年会战，大庆油田基本建成投产，我国政府向全世界庄严宣布，中国人民依靠“洋油”的时代已经一去不复返了。1963 年以后，我国由单一的煤炭构成变成了以煤为主的煤、油、气多元能源结构，应该说这种能源结构变化适应了国民经济发展的需要。之后受能源结构调整的影响，加上对石油资源和原油开

采增长的乐观估计，盲目提出要“改变燃料结构”，增加我国燃料构成中油、气的比重，而且还将很多燃煤的工业和生活锅炉改成烧油，结果烧油量猛增，1978年的烧油量高达3829万t，很多锅炉改烧油，特别是大量烧原油，是很大的浪费，而且花费了大量资金把烧煤锅炉改成烧油锅炉。

2) 20世纪70年代初期和末期，国际上发生的两次石油危机，对世界经济发展产生极大的影响，各国政府纷纷调整能源政策，采取有效措施，降低石油消费量。我国政府也结合自身的实际情况，于1977年及时地提出了压缩烧油的政策，要求把烧油的锅炉改为烧煤。1976年，我国石油消费量在能源总消费量中的比重曾高达23%；贯彻压缩烧油政策10年后的1986年，石油消费的比重降到了17%。

3) 第三个重要的转折点发生在1993年，我国从一个石油出口国变成石油净进口国。一方面随着国民经济的快速发展，对能源需求量大增，同时石油、天然气开发速度加快，推动了多元化能源结构进程，因此从1993年开始，国家又开始放宽大中型城市中小型工业锅炉和生活锅炉燃用油品和天然气的限制，发展燃油、燃天然气和城市煤气的燃油、燃气锅炉，以取代那些耗能高、分布广、污染严重的燃煤生活锅炉和工业锅炉；另一方面说明我国石油供应短缺问题将长期存在。因此，目前国家正在实施石油进口替代战略，包括增加本国石油和天然气产量；到国外投资开发石油；充分利用国产煤炭；节约用油等。这一战略有利于确保国家石油供应安全可靠，又能保证国民经济及相关产业的快速稳定发展。

我国最终的可开采石油资源量为 $140 \times 10^8 \text{t}$ ，其数量是巨大的，但从人均占有量上来看，我国还是相对贫油的国家，人均石油资源量、人均石油产量和人均石油消费量大体上仅为世界平均值的 $1/5 \sim 1/6$ 。由于我国油品消费不断增加，自1993年起，国内油品已不能满足国内需求，而且自1996年开始，原油进口量已超过了原油出口量，我国目前已开始从国外大量进口油品。

地球上已探明的天然气地质储量超过140万亿 $\text{m}^3$ ，年开采2万多亿 $\text{m}^3$ ，可采68年。而天然气的勘探、开采和利用还有许多工作可做。据专家估计，我国生产部门采用的天然气可采资源，气层气为



$10.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，油田伴生气为  $1.05 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，合计为  $11.55 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。除了气层气和油田伴生气外，其他天然产出的碳氢化合物气体可称为非常规天然气资源，目前人们已认识或正在进行研究的非常规天然气有煤层气、水溶气和天然气水合物等，因此我国的非常规天然气有巨大的资源潜力。

多元化的能源结构是世界能源的发展趋势，也将是中国未来能源发展的战略选择。随着能源利用技术的发展，新能源和可再生能源将会持续增加。

油、天然气是一次能源中的清洁燃料，但在我国能源消费总量中占有的比重是比较低的，油、气燃料在能源消费结构中所占的比例不仅远远低于发达国家，而且比世界平均水平还要低 43%，甚至比印度还要低 20%。因此，我国今后的能源消费政策应该归结为下面三个层次的发展方向：

- ① 进一步提高化石燃料的能源利用率。
- ② 进一步提高化石燃料中油、气能源的利用比例。
- ③ 进一步开发和利用可再生能源。

我国要赶上中等发达国家的经济发展水平，能源结构首先要相应地达到较高水平，专家按照能源需求测算出 2050 年我国的一次能源消费结构应该为：煤炭占 30% ~ 35%，天然气、石油占 40% ~ 50%，一次电力占 15% ~ 20%。如果没有特殊要求的话，煤炭基本上将退出终端消费。按这种水平进行推算，近期 2005 年的一次能源消费结构应该为：煤炭占 67%，天然气、石油占 26%，一次电力占 7%。

随着经济和科学技术的发展，特别是人类对生活质量和生存环境要求的日益提高，油、天然气作为优质、洁净的燃料和原料，越来越引起人们的重视。特别是天然气，相对于油的开发利用滞后，因此加快天然气工业的发展，已成为当今世界的发展趋势。天然气在世界能源结构中所占比重将进一步提高。

2. 燃油燃气与环保 以煤为主的能源消费政策是造成环境污染和空气质量下降的主要原因。我国的大气污染一直以煤烟型的  $\text{SO}_x$  和烟尘污染为主。我国的华中、西南酸雨污染严重，华南酸雨污染有上升趋势，另外氮氧化物( $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ )污染也开始成为我国一些特大型城