

天然气汽车译文选

吉宗瑛 计多嘉 等译



石油工业出版社

天然气汽车译文选

吉宗珺 计多嘉 等译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是从“世界第一届天然气车辆 (NGV) 应用新进展学术会议文集”中选译汇编而成的。内容有各国将压缩天然气用于公路运输的情况简介, 汽油机、柴油机改用天然气有关改装、测试、控制等方面技术问题的讨论。此外还包括天然气汽车的排放控制; 气瓶的加工、检验规范和加气的方案、设备、规划等方面的经验介绍。对我国从事将天然气用于公路运输的有关人员和高等学校中公路运输、汽车发动机及内燃机等专业的师生均有参考价值。

天然气汽车译文选

百宗瑛 计多嘉 等译

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京顺义燕华印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 6⁵/₈。印张 143千字 印1--1,000

1991年7月北京第1版 1991年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0532-8/TE·508

定价: 2.20元

绪 言

在世界范围内石油资源日益减少、天然气资源日趋增长的背景下，一些国家优先将天然气经高压后代替汽油、柴油来开动汽车，从而推动了天然气开采、汽车改装、气体压缩及储运等一系列工艺技术的发展，并逐步形成了一个天然气汽车工业体系。意大利、新西兰、加拿大、苏联等国天然气汽车数量不断增加，并且还在继续发展。同时，还由于天然气汽车具有很多优点，如节省燃料费、因地制宜利用分散气资源、减少空气污染、比使用汽油汽车更加安全等，世界各国争先发展天然气汽车，并制造相应的设备及编制发展规划。基于这种形势，1986年成立了世界天然气在运输业上应用协会（IANGV），在1988年10月组织召开了世界第一届天然气在运输业上应用新进展学术会议及展览，旨在互相传播、交流天然气汽车这一领域中新成果、新技术、新方法，并确保以天然气为燃料的车辆及燃料供给设备的有效、安全、持久、耐用。

这本书的文章就是从这次会议上宣读的论文中选出的。

我国使用天然气开汽车虽然很早，但均是低压带气包式的汽车，与高压天然气汽车相比运程短、阻力大、不美观。近年来，四川、中原、大庆等油气田已开展了高压天然气开汽车工作，并取得了一定成果，但从全国范围看高压天然气汽车工作仍处于起步阶段，这本书的出版，将梗概地介绍世界上有关国家发展天然气汽车工业的经验、技术及规划，以

13x527/07

促进我国天然气汽车工业的发展起一个抛砖引玉的作用。

在本译文集编译过程中，承蒙中国石油天然气总公司李天相副总经理、李虞庚总工程师的关照，石油勘探开发研究院、北京对外科技交流中心、国家计委工业一司大力支持，在此表示衷心感谢。

国家计委工业一司 蓝锡巨

杜永林

1990年2月

目 录

世界天然气汽车工业的新进展	(1)
小型双燃料发动机特性的改善	(21)
天然气用于重载发动机	(43)
Cummins L10型天然气汽车发动机的发展	(62)
克莱斯勒 318 天然气发动机的耐久试验	(72)
天然气发动机闭合回路式的燃料系统与低排放	(82)
Transperth在柴油车上改装用压缩天然气的经验 概述	(95)
低排放汽车的改装及其对市场的影响	(103)
汽车柴油发动机用电点火和双燃料改装的比较	(112)
柴油-天然气车辆之电子转换系统	(130)
轻型压缩天然气气瓶	(147)
使用ULLIT型气瓶的压缩天然气罐较安全	(152)
代用燃料压缩天然气气瓶的技术要求和试验	(161)
有关液化天然气 (LNG) 厂的介绍及对液化 天然气贮存、运输设备的展望	(173)
新西兰压缩天然气汽车充气站设备的发展	(182)
母子站概念	(188)

世界天然气汽车工业的新进展

1988年10月20日至11月1日在澳大利亚悉尼召开了世界第一届天然气在运输业上应用新进展学术会议及展览，我国派出了由国家计委蓝锡巨、杜永林、戴毅，石油天然气总公司谌铁荪、肖芝盛，机械电子工业部戴仲尧，航空工业部沈炳炎、陈茂根等9人组成的代表团参加了会议。这次会议分两个阶段进行。10月21日至10月26日在新西兰奥克兰、惠灵顿参观有关汽车改烧天然气后的发动机、加气站、运输车以及有关试验室等。10月27日开始在澳大利亚悉尼进行学术报告并举办设备展览。

参加这次会议的有美国、加拿大、印尼、泰国等25个国家250多名代表，苏联也派出了由9人组成的代表团参加了会议。

新西兰是使用压缩天然气（CNG）作为汽车燃料最为广泛的国家之一。改装汽车发动机类型多、数量大、分布广泛。在奥克兰市到处可见CNG加压气站。在奥克兰大学里建立了使用CNG改装柴油车的试验室。会议代表还参观了改烧CNG的各种型号汽车以及城市街道两旁的改烧天然气汽车的改装车间，同时参加会议的代表还兴致勃勃地乘坐了使用高压天然气的大轿车游览了城市，并做了各种路面情况下汽车行驶状况的试验，效果令人满意。

澳大利亚是积极推广使用CNG国家之一，是举行这次会议的东道国。学术会议上各国代表宣读了58篇论文，就各

自国家使用天然气于汽车的迫切性、技术关键、发展规划、扶植政策做了报告。我国代表团于10月28日下午作了“中国天然气汽车工业的展望”的学术报告，受到与会者的关注，报告后很多代表向我团索取资料，复印100份后，很快发放一空。

在学术会议期间，同时举办了展览，各国几十家公司将自己改装的汽车发动机、充气站设施、高压气瓶等陈列展出，同时还放映了天然气汽车运行、改装以及制造高压气瓶工艺过程的录像，使与会者饶有兴趣。

会议结束后，中国代表团拜会了澳大利亚能源部、贸易委员会、天然气协会，并参观了吉普斯兰盆地的油田、气田及墨尔本气体燃料公司，从而对澳大利亚能源政策及石油天然气有关情况有了进一步的了解。

一、世界各国使用天然气汽车有较快发展

世界使用压缩天然气作为汽车燃料的工作有较快发展，尤其在严重缺油和天然气丰富的国家里。据会议上发表的不完全资料统计：意大利有27万辆、苏联20万辆、新西兰15万辆、美国3万辆、加拿大1.9万辆、阿根廷1万辆天然气汽车。以上六个国家，天然气汽车已超过67.9万辆，占全世界天然气汽车总数98.3%。大多数国家使用天然气汽车数量还少，有的还处于示范或试验阶段。据会议上宣读的论文展望，今后天然气用于汽车的工作将有很大发展。加拿大预计到1992年改装9万辆天然气汽车，建立快充法的公共加气站390座。苏联计划今后几年有100万辆卡车、大轿车使用压缩天然气和液化石油气。澳大利亚规划今后准备改装2.5万辆汽车（主要为运输卡车，此外有2000辆公共汽车）。印度尼西亚、泰国、挪威等国家也将大量发展天然气汽车工业。

二、天然气汽车的优点

这次会议上很多论文进一步阐述了天然气汽车的优点，初步归纳有以下几点：

1. 可以替代十分短缺的汽、柴油，充分利用天然气资源

近几年我国每年汽、柴油缺口已达500多万吨，而石油产量增加幅度变小，供需之间矛盾日益严重，随着国民经济的发展，汽、柴油的缺口将不断加大。据 C. Marchetti 资料，2000年世界将出现“天然气时代”，天然气将在整个能源中占60%以上，石油占20%左右，煤炭占5~10%，核能占10~15%，太阳能占20%。我国天然气资源相当丰富，天然气工业将有较大发展，用天然气代替汽、柴油是有着良好发展前景的。

2. 经济效益好

由于天然气价格便宜，汽车改烧压缩天然气可以节省燃料开支，汽车的行程越多，节约也越多。下面以加拿大出租汽车的一个车队作为例子。

①车队车辆数	50辆
②每辆车每天的行程	449公里
③每年使用车辆的天数	365天
④每辆车每100公里的汽油消耗量	17.65升
⑤每辆车每年的汽油消耗量 $449 \div 100 \times$ 17.65×365	28926升
⑥50辆车每年的汽油消耗量	1446300升
⑦汽油零售价格	0.43加元/升
⑧50辆车每年的汽油费	621909加元
⑨按热值计算1加仑汽油约等于3立方米气。如果烧气，	

50辆车每年的天然气消耗量 (1美加仑=3.79升)

$1446300 \div 3.79 \times 3$	1144828米 ³
⑩天然气零售价格	0.142加元/米 ³
⑪50辆车每年的天然气开支	162566加元/米 ³
⑫50辆车如果一半烧油, 一半烧气, 每年的燃料费 (621909+162566) $\div$ 2	392238加元
⑬50辆车每年节约燃料费 621909-392238	229671加元
⑭50辆车烧天然气的改装费	60000加元
⑮使用慢充法, 充气站的基建投资	303800加元
⑯50辆车烧气需要的全部投资 60000+303800	363800加元
⑰投资回收周期 $363800 \div 229671$	1.6年

也就是说50辆车改烧天然气后, 1.6年可以回收全部投资, 1.6年以后每年将有22.9671万加元的经济收入, 如若增加到5万辆汽车, 则有2.29671亿加元的效益。

我国中原油田用氧气瓶代替高压气瓶, 利用井口压力代替压缩机, 对6辆汽车进行试验表明1米³气可代替1.264公斤汽油 (即1000米³气相当1.264吨汽油)。根据重庆建筑工程学院试验证明: 汽车用压缩天然气做燃料, 1米³天然气可代替0.85~0.95公斤汽油。按后种方案计算经济效益, 改装40辆大货车为例:

(1) 压缩天然气站固定资产及生产规模

压缩机2台(产气量1米 ³ /分, 工作压力25兆帕)	12万元
储气瓶组 (每组20支瓶, 50升/支) 2组	1.8万元
充气计量机	3万元
设备安装费	2万元

建筑面积150米 ² (单价200元/米 ²)	3万元
固定资产合计	21.8万元
压缩天然气年产量(按一天12个小时算)	52.56万(米) ³
年产气量相当于等量汽油	453吨
每日可供汽车数 (按东风车日耗气45米 ³ , 年工作率80% 计算)	40辆

(2) 年产气量52.56万(米)³压缩天然气站成本分析

固定资产贷款利息提留 (按总投资10%计)	2.18万元
固定资产折旧提留 (按10年提留)	2.18万元/年
大修费提留 (按总投资5%提留)	1.09万元/年
小修费提留 (按总投资2%提留)	0.44万元/年
电费 (按60kW, 0.1元/度计算)	2.63万元/年
工资福利基金 (共4人) 200元/月·人	0.96万元/年
议价天然气总成本 (0.33元/米 ³)	17.35万元/年
压缩天然气单位成本	0.51元/米 ³
压缩天然气总成本	26.83万元/年

(3) 汽车改用压缩天然气对生产成本的影响 (以东风车为例)

汽车行驶里程 (150公里/日, 年工作率80%)	43800 公里/年
消耗天然气	13140米 ³ /年
汽车改装费	4000元/辆
改装配件固定资产折旧提留 (按10年计)	400元/年
改装配件贷款利息提留 (按总投资10%计)	400元/年
保修费 (按总投资5%计)	200元/年
年成本增加额	1000元/年
压缩天然气系统单位成本增加额0.08元/米 ³ , 则汽车改	

用天然气后，年使用 1米^3 经过压缩加工的天然气所需的费用为 $0.59\text{元}/\text{米}^3$ ($0.51\text{元}/\text{米}^3 + 0.08\text{元}/\text{米}^3$)。若按 1米^3 代替 0.85公斤 汽油，议价汽油按 $1.5\text{元}/\text{公斤}$ 计算，使用每 1米^3 天然气可节约油费 0.69元 ，按 40辆车 年供气按 $52.56\text{万}(\text{米})^3$ 计算，可节约燃料费 $31.26\text{万元}/\text{年}$ 。总投资为 $37.8\text{万元} + 3.78\text{万元}$ (折旧费)，可以得出静态回收期 1.1年 ，即用天然气代替汽油可以节约燃料费 53% 以上，收回投资后该车队每年因节约燃料费将净增利润 30多万元 ，若 4万辆 汽车改装使用天然气，收回投资 1.1年后 净利润达 3亿多元 。特别对于我国老解放牌汽车由于能耗高、污染严重，多数车亏本，正在被运输行业淘汰，如果将其改造成天然气为燃料，既省油又能充分利用现有设备，使老解放汽车起死回生，扭亏为盈。而东风EQ140、解放CA141等新型汽车改为天然气双燃料系统，其经济效益将更好，燃料成本下降 50% 以上。

3. 可以充分利用分散的天然气资源，使其发挥应有的作用

对于一些分散的油田气，例如储量不落实、产量少、生产地点偏僻等，在美国及我国，用铺设输气管线的方案是很难下决心的。因此出现了一些利用方案，其中比较经济可行的是美国德克萨斯天然气运输公司于1975年开发的汽车运输压缩天然气技术，这项技术一则在短期试井或长期油田开发中避免天然气放空烧掉；二则可以因地制宜地用天然气开汽车。这对于我国每年 10多亿立方 天然气放空烧掉，以及一批零散气井没有加以利用是一个很好的借鉴。具体作法是在最近的天然气井井口或长途运输管线终端，通过设置一个“母站”，把经过压缩的天然气装在平板拖车的钢瓶里，运到若干“子站”（充气站），用作天然气汽车的燃料。压缩天然

气用专门设计的平板拖车运输，车上装有8个到12个平放着的圆筒式贮气瓶，直径约56厘米，长约10米，每次运天然气约4000立方米。平板拖车到了充气站以后，依靠压差将压缩天然气贮存在充气站上的气瓶里。

4. 使用压缩天然气比汽油安全

汽油具有良好的挥发性，随着气温升高挥发性加强。汽车燃料系统从构造上看并没有十分严密的封闭措施，尤其是在汽车加注汽油时，油箱附近空气中易形成可燃性混合气，加之汽油燃点 430°C ，遇微小火花极易着火，汽车经碰撞、翻覆或漏油后发生火灾是常见的事故。而压缩天然气(CNG)在车辆上的储存、传输和加注均是在严格封闭的管道内进行，不会泄露，即或是有泄漏现象发生，由于天然气比空气轻，在空气中遇微风而被驱散，加上天然气燃点高达 700°C 左右，不易形成可燃性混合气，所以汽车用天然气相对来讲不易产生火灾事故，比用汽油安全。压缩天然气贮气瓶试验压力为工作压力3倍左右，安装有防爆设施，用机枪子弹打或用 800°C 火焰燃烧气瓶均不会发生爆炸。贮气瓶安装在车辆上最安全的位置，因此当车辆发生碰撞或翻覆时不可能发生象汽油溢出车后爆燃失火或爆炸现象。根据意大利有关资料，在汽车使用天然气的30年历史中没有发生过因压缩天然气而引起的任何伤亡事故。美国曾从1970年以来的汽车事故中抽样调查了1300起碰撞事故，发现没有一起燃烧事故。一个天然气汽车示范车队行驶路程4.341亿英里，没有发生一起死亡事故。荷兰在试验中曾以70公里/小时的速度碰撞加压的贮气瓶，气瓶也未被破坏。天然气汽车另一个比较安全的原因是：汽油车改装燃烧天然气技术完全成熟。车上的气瓶比油箱坚固得多，天然气比空气轻，如果漏出，很快在大

气中消失，汽油漏出时聚集在地上容易发生事故，天然气在空气中的含量为4~14%时才能起火，这个范围是很窄的，天然气起火温度比汽油高得多，因此总的来讲使用压缩天然气比使用汽油作燃料的汽车更安全。

5. 天然气汽车对空气的污染大大降低

汽车排出的废气是当今对大气环境，尤其是大城市里的空气污染的一种移动式污染源，它对城市空气的污染在西方国家占污染源总量的60~70%，随着汽车数量的增加，这种污染危害已受到整个世界的重视。各个先进国家均对汽车废气排放指标作了规定，汽车废气中的CO、HC、NO_x及粉尘中含铅物质能够阻碍人体内氧气和血红蛋白的结合，能致癌，对眼睛、咽喉有刺激，在空气中形成酸雾。66~85号汽油内四乙铅含量达千分之一左右。若有机动车9万辆的城市，年耗汽油25万吨左右，即有250公斤四乙铅被汽车排放到大气中漂浮，将严重危害人民的身体健康。天然气在纯净状态是无味、无嗅、无色的气体，并且在低浓度情况下不会危害人的正常呼吸，只在高浓度时，才会使人窒息。天然气开采出来以后，为了安全起见，人为的加入臭味（乙烷基硫醇气体），当它的浓度达到0.5%时，这种气味可确保该气体被发觉，这个浓度低于使人休克和维持混合气体燃烧的最低限度的标准，它是一种安全指标。

天然气与汽油成分比较

	辛烷值	四乙铅	胶质	含硫量	CO (%)	HC(ppm)
天然气	>120	无	无	<27	0.1	220
汽油	66~85	1000	<50	<1500	4.1	1100

实验证明汽车用天然气作燃料，CO排放量分别是国家标准的1/60和1/15，同时根除了四乙铅的排放。

三、天然气汽车改装技术不断向新的领域发展

使用压缩天然气的汽车是用普通汽车改装或者特制的天然气汽车。改装的汽车应增加一套供气系统，包括高压贮气瓶、高压气管线、减压阀、天然气和空气的混合器、燃料选择开关、点火调节装置等。所有配件用螺栓固定，以便安装或拆卸。改装后的汽车可以使用双燃料系统，可以用压缩天然气或汽油。单用压缩天然气车目前在苏联开始批量生产，大多数国家尚处于试用阶段。汽车的充气方法有慢充和快充两种。慢充法是把压缩天然气直接充进汽车的贮气瓶，适用于早出晚归的车队。经过大约6小时充满贮气瓶后，压缩机自动停止供气。快充法与普通汽车加油站的做法相似，汽车可随时充气，插入充气头，等2~5分钟即可。快充法充气站上有一定数量的贮气瓶贮存压缩天然气，并利用压差往汽车上的贮气瓶充气。无论快、慢充气，均要有压缩机。慢充时分用一台压缩机对数量较多的汽车同时充气，比较经济。汽车改用天然气作燃料时，贮气瓶里的压缩天然气通过高压气管线进入减压阀，使压力降到接近大气压，然后在切断供应汽油的情况下，通过软管进入安装在化油器上端的混合器，同一定比例的空气混合后经过化油器进入燃烧室。转动安装在驾驶室里的燃料选择开关，可以随时选用压缩天然气或汽油。驾驶室里还有一台燃料仪，能够显示车上贮气瓶里剩余压缩天然气的数量，由于压缩天然气和汽油的辛烷值不同，可用电子点火调节装置变更烧气时的点火时间。

近几年来，柴油车烧天然气的技术也获得成功。新西兰、澳大利亚均在大力研究和试制柴油汽车改装烧CNG，这是一

个有发展的新方向。我们参观的奥克兰大学试验室及CNG子站和母站的改装车间等都在积极进行这项工作。这不仅因为这两个国家柴油缺口较大，还因为柴油车功率大、改装后燃料费用节约多、经济效益好。这次展览会上有用美国万国公司 法国雷诺公司等大型柴油汽车改装成用CNG的 双燃料汽车展品，也有西德MAN公司重型柴油汽车 改装成全烧CNG的展品；也见到美国康明斯各类型的柴油机，有的改成双燃料发动机，有的改用全用CNG的天然气发动机。目前随着计算机应用的日益广泛，微机也逐步应用到CNG发动机控制上，如加拿大 AFS 柴油机改成双燃料发动机后，CNG分别进入各汽缸的时间是用微机控制的。美国卡特皮拉公司生产的3208柴油机改成双燃料后，用微机根据空气进量来控制需要CNG的进入量。

CNG不仅用作汽车燃料，在澳大利亚亦用作 轮船 的燃料。如在一艘7500吨排水量的船上用CNG与柴油的双燃料发动机已运行近6年，效果较好。总之通过这次会议及展览，进一步了解到世界用CNG作汽车燃料已由汽油车逐步向柴油车转变。柴油车改烧CNG的方法有两种。一种是双燃料发动机，即用CNG作燃料，用柴油点火，这样的发动机CNG用量约占燃料的75~80%。AFS发动机由于用微机控制，CNG用量可达90%以上，该种改法较简单。另一种改法是全用CNG作燃料，将柴油机压缩比改小，取掉柴油机喷油系统，代之以电点火系统，这种改法实际上是将柴油机改成了天然气发动机，这种改法较复杂。

柴油机改用CNG后，功率有所增加，汽油机改用CNG后，由于天然气与空气混合后经过同一进气管，减少了空气进量，致使功率下降，一般下降10~15%，但柴油机改装成

双燃料后，柴油机压缩比未变，发动机燃烧完全、热效率高，所以功率升高，若改用全燃CNG时，压缩比虽有所下降，但较汽油机压缩比仍高，所以功率亦增加。如日本HINO公共汽车将柴油机改成全燃CNG，压缩比由17.9改至11，功率一般增加5~15%，五十铃KT26卡车将压缩比由17改至10.8，功率上升16.6~38%。在柴油机改装上，增压发动机改装成双燃料发动机后，CNG进入混合器与空气混合，可在增压器前，亦可在增压器后，我们看到美国康明斯N14-400HP和6CT的柴油机改成双燃料发动机后，CNG皆在增压前与空气混合，日本五十铃6L柴油机改成双燃料发动机后，CNG在空气增压后与其混合，这时CNG的进气压力应高于增压后压力约20~30磅/英寸²。另外，二行程柴油机亦在研究试验改用CNG作燃料，澳大利亚维多利亚州的气体燃料公司正在做这方面的实验。

四、一些国家对天然气汽车发展作了长期规划

会上宣读的论文中有一些国家对本国天然气汽车工业的发展作了长期发展规划。下面着重介绍一下加拿大和苏联两个国家的情况。

1. 加拿大天然气汽车发展规划

加拿大天然气汽车工业是1982年开始大规模发展的。1986年发展了天然气和汽油双燃料汽车11000辆，1988年增加到19000辆，同期的充气站由81座发展到约120座。

按能源价值计算，天然气至少要比汽油便宜40%，当前每升汽油的价格是45~50加分，天然气每升当量是27~30加分。

当前有两个气瓶的汽车改装费约3000加元，估计将逐步下降，公用充气站的成本约30万加元。预计在五年计划中政