



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
汽车维修模块式短期培训教材

# 汽车电喷发动机 + 系列车型

主 编 祖国海

农村劳动力转移培训



教育部职业教育与成人教育司推荐教材  
汽车维修模块式短期培训教材

# 汽车电喷发动机 +系列车型

主 编 祖国海  
副主编



机械工业出版社

本书系统阐述了汽车用汽油机电子控制燃油喷射系统的结构、工作过程、故障诊断与检修方法,并对典型车型的结构、故障自诊断进行了介绍。主要包括:汽油机电子控制燃油喷射系统概述、燃油供给系统、进气系统、排气控制系统、点火系统、常见故障诊断与检修、常见典型车型故障码的调取与清除、常见典型车型的电子控制燃油喷射系统。本书图文并茂、条理清晰、实践性强。

本书可作为汽车修理工技能培训教材,也可作为从事汽车维修行业的人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电喷发动机+系列车型/祖国海主编. —北京:  
机械工业出版社, 2006.10

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 汽车维修  
模块式短期培训教材

ISBN 7-111-16324-9

I. 汽… II. 祖… III. 汽车-电子控制-发动机  
-车辆修理-技术培训-教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 114537 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 华 责任编辑: 陈玉芝

版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

140mm×203mm·7.375 印张·1 插页·195 千字

0 001—5 000 册

定价: 12.50 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) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

# 汽车维修模块式短期培训教材

## 编委会名单

|   |   |     |     |     |     |     |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 | 任 | 张吉国 |     |     |     |     |
| 副 | 主 | 林为群 | 张子波 | 张茂国 |     |     |
| 委 | 员 | 祁山  | 祖国海 | 陈作兴 |     |     |
|   |   | 朱迅  | 李霞  | 方瑞学 |     |     |
|   |   | 高宏伟 | 覃维献 | 黄俊平 |     |     |
| 本 | 书 | 主   | 编   | 祖国海 |     |     |
| 本 | 书 | 副   | 主   | 编   | 高宏伟 |     |
| 本 | 书 | 参   | 编   | 韩慧芝 | 王世明 | 林鹏翔 |
|   |   |     | 林泉  | 郑春光 | 赵宇  |     |
|   |   |     | 梁天宇 | 王建军 | 张伟民 |     |
|   |   |     | 刘健  |     |     |     |
| 本 | 书 | 主   | 审   | 林为群 | 张卫红 |     |

# 前 言

随着我国城市化进程的不断加快，每年都要有大量的农村剩余劳动力转移到城市中来。由于这些进城的农民工文化程度不高，又没有一技之长，也没有经过必要的职业技能培训，因此要在城市里顺利就业是比较困难的，汽车维修行业是吸收农村剩余劳动力和下岗再就业人员比较多的行业，也是发展比较快的行业。为了实施“农村劳动力技能就业计划”，促进农村劳动力转移培训，使其提高职业技能后再就业，是当务之急。

同时，为了贯彻国务院《关于大力发展职业教育的决定》和全国再就业会议精神，实施“下岗失业人员技能再就业计划”，深入推动再就业培训，我们精心策划了这套汽车维修模块式短期培训教材。这套教材也被教育部职业教育与成人教育司列为推荐教材。这套教材共有 8 种，即《汽车自动变速器 + 典型系列》、《汽车防滑控制系统（ABS）》、《汽车钣金》、《汽车电器维修》、《汽车电喷发动机 + 系列车型》、《汽车美容》、《汽车空调》、《汽车一、二级维护》。

这套教材有如下特点：

1. 面向农民工和下岗再就业人员。
2. 通俗易懂，简明扼要，以单元和课题的形式编写。
3. 不追求系统，而是突出技能培训。
4. 从基本知识讲起，重点突出操作技能。
5. 注意新技术、新工艺、新材料、新观念的介绍，充分体现 21 世纪汽车维修的基本特点。

这套教材既适合农村剩余劳动力转移就业培训，同时也适合转岗再就业培训用书。

本书由祖国海任主编，高宏伟任副主编，韩慧芝、王世明、林鹏翔、林泉、郑春光、赵宇、梁天宇、王建军、张伟民刘键参与编写，林为群、张卫红任主审。

由于是初次编写这类教材，不足之处敬请广大读者谅解，并希望及时给予批评和指正。

编 者

# 目 录

## 前言

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 绪论 .....                        | 1   |
| 单元一 汽油机电子控制燃油喷射系统概述 .....       | 3   |
| 课题1 汽油机电子控制燃油喷射系统的特征 .....      | 3   |
| 课题2 汽油机电子控制燃油喷射系统的分类 .....      | 8   |
| 课题3 汽油机电子控制燃油喷射系统的控制内容及功能 ..... | 17  |
| 单元二 燃油供给系统 .....                | 21  |
| 课题1 燃油供给系统的组成与工作过程 .....        | 21  |
| 课题2 燃油泵控制电路 .....               | 30  |
| 课题3 燃油供给系统的检修 .....             | 33  |
| 单元三 进气系统 .....                  | 54  |
| 课题1 进气系统的组成与工作过程 .....          | 54  |
| 课题2 进气控制系统 .....                | 70  |
| 课题3 进气系统的检修 .....               | 77  |
| 单元四 排气控制系统 .....                | 91  |
| 课题1 排气控制系统的组成与工作过程 .....        | 91  |
| 课题2 排气控制系统的检修 .....             | 102 |
| 单元五 点火系统 .....                  | 106 |
| 课题1 点火系统的组成与工作过程 .....          | 106 |
| 课题2 点火系统的检修 .....               | 117 |
| 单元六 常见故障诊断与检修 .....             | 122 |
| 课题1 常用维修工具及设备的使用方法 .....        | 122 |
| 课题2 故障诊断基本方法及检修注意事项 .....       | 150 |
| 课题3 常见故障诊断与排除 .....             | 154 |
| 单元七 常见典型车型故障码的调取与清除 .....       | 167 |
| 课题1 丰田车系 .....                  | 167 |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 课题 2 日产车系 .....                                     | 171        |
| 课题 3 本田车系 .....                                     | 174        |
| 课题 4 三菱/现代车系 .....                                  | 177        |
| 课题 5 克莱斯勒车系 .....                                   | 180        |
| 课题 6 通用/大宇车系 .....                                  | 182        |
| 课题 7 福特车系 .....                                     | 186        |
| 课题 8 大众车系 .....                                     | 189        |
| 课题 9 奔驰车系 .....                                     | 192        |
| 课题 10 宝马车系 .....                                    | 196        |
| 课题 11 第二代随车电子控制单元诊断系统 OBD—II 简介 .....               | 199        |
| <b>单元八 常见典型车型的电子控制燃油喷射系统 .....</b>                  | <b>201</b> |
| 课题 1 丰田 HIACE 小客车 2RZ—E 发动机电子<br>控制燃油喷射系统 .....     | 201        |
| 课题 2 丰田 CROWN3.0 小轿车 2JZ—GE 发动机<br>电子控制燃油喷射系统 ..... | 204        |
| 课题 3 雷克萨斯 LS400 小轿车 1UZ 发动机电子<br>控制燃油喷射系统 .....     | 208        |
| 课题 4 马自达 929 小轿车 JE 发动机电子控制燃油喷射系统 .....             | 213        |
| 课题 5 尼桑 MAXIMA 小轿车 VG30E 发动机电子<br>控制燃油喷射系统 .....    | 216        |
| 课题 6 本田 ACCORD2.0 小轿车 2.2L 发动机电子控制燃油<br>喷射系统 .....  | 218        |
| 课题 7 现代小轿车发动机电子控制燃油喷射系统 .....                       | 221        |
| 课题 8 大众车系 Motronic 电子控制燃油喷射系统 .....                 | 223        |
| 课题 9 奔驰车系 1H/EZL 电子控制燃油喷射系统 .....                   | 224        |
| <b>参考文献 .....</b>                                   | <b>226</b> |



# 绪 论

## 一、汽车电控技术的发展

电子技术与汽车技术相结合形成了汽车电控制技术（简称电控技术）。随着汽车技术和电子技术的发展，汽车电子技术也得到了迅速发展。而且汽车电控技术已经成为一个国家汽车工业发展水平的重要标志。

20 世纪 50 年代，汽车上最初采用的电子装置是收音机。

20 世纪 60 年代，汽车上开始使用晶体管整流交流发电机及晶体管电压调节器。此时，晶体管点火装置也开始在汽车上得到应用。

20 世纪 70 年代前期，随着汽车工业的发展，世界上发达国家的汽车数量不断增长，致使环境污染日趋严重。随后，世界上又出现了能源危机，于是，美国、日本等国家和欧共体相继制定了很多限制汽车的法规，如汽车排放法规、油耗法规、安全法规等。这些法规的出现给各国汽车生产厂家带来了极大的压力，汽车生产厂家既要保证发动机的动力要求，又要降低发动机的油耗，还必须满足排放法规的规定，为此汽车生产行业展开了激烈的竞争。采用传统方法生产已经不能满足时代进步的需要，各汽车生产厂家必须寻求更先进的技术手段。

20 世纪 70 年代后期，电子工业有了长足的进步，尤其是微型电子计算机出现以后，使用功能强、反应敏捷、可靠性高、价格便宜的微型电子计算机成为解决上述矛盾的有效手段和措施。因此，微机控制技术在汽车上的应用得到了迅速的发展。

特别是 20 世纪 90 年代以来，电子技术在汽车上的应用越来越普遍，从发动机到底盘以及车身附属装置等各总成，几乎都采用了不同程度的新型电子技术，而且发展速度迅猛。

目前,汽车发动机上常用的电控系统主要有:电控燃油喷射系统、电控点火系统、怠速控制系统、排放控制系统、进气控制系统、增压控制系统、警告提示系统、自我诊断与报警系统、失效保护系统和应急备用系统等。

早期的各种车用电控系统都是互相独立的,由于当时电子技术的发展水平十分有限,一个电控系统只能单独对汽车的某一功能进行控制。若采用多个控制系统,就要用多个电子控制单元,而几个控制系统都需要同一个传感器信号时,还需设置几个同样的传感器,所以将造成控制系统的结构和线路复杂,成本较高,维修困难。此外,采用独立控制系统,很难实现全面的综合优化控制,控制效果也较差。

现在,汽车上广泛应用的是集中控制系统,它是将多种控制功能集中到一个控制单元上,使汽车电控系统的结构和线路大大简化,成本也随之降低,为电控技术在汽车上的普及和推广提供了有利条件。

## 二、汽油发动机电控技术

传统汽车汽油发动机,先通过化油器来完成汽油和空气的混合,然后再进入气缸进行工作。随着社会的进步、科学技术的发展,传统化油器在发动机的动力性、经济性以及排放指标等方面都已不能满足社会的需求,于是,一种更为理想的新技术——电子控制燃油喷射系统(简称电喷)产生了。

电子控制燃油喷射系统含汽油机电子控制燃油喷射与柴油机电子控制燃油喷射两大类。本书仅介绍汽油机电子控制燃油喷射系统。

汽油机电子控制燃油喷射系统以电子控制单元为控制中心,在发动机的不同部位安装有各种传感器。工作时,各种传感器检测出发动机的各种相应的工作参数,并将所测得的参数传输给电子控制单元,电子控制单元经过运算、判断,然后发出指令给喷油器,实现精确喷油,使发动机在各种工况下都能获得最佳空气与燃油的混合比,从而使发动机获得良好的燃料经济性和排放性,同时也提高了汽车的使用性。

# 单元一 汽油机电子控制燃油喷射系统概述

## 课题1 汽油机电子控制燃油喷射系统的特征

传统的汽油发动机采用化油器装置，由化油器供给空气和燃油组成的混合气，混合气进入气缸，经活塞压缩后，用火花塞放电点火，混合气燃烧膨胀作功，推动活塞产生动力。点火时间靠分电器控制。

由于化油器的安装位置和进气管设计的原因，离化油器较近的气缸，可燃混合气能够较顺利地进入气缸燃烧，而离化油器较远的气缸，混合气进入气缸时，油滴容易粘附在进气支管壁上，混合气不能完全进入气缸，造成各缸混合气分配不均。

化油器控制着吸入气缸的混合气中燃油的浓度。化油器中进气管随发动机气缸中的活塞运动吸入空气，进气管中空气高速流动，产生负压力，把燃油抽过来进行混合。发动机高速运转，进气管中气流大，吸入的燃油多，混合气的浓度也大；反之，发动机怠速工作，吸入的气流小，混合气浓度也低。这样基本上保证了发动机不同状态下的工作。这种进气浓度是由化油器进气管的负压力来控制的，不能保证发动机在怠速、经济负荷、最大负荷等各个工作点时都处于最佳工作状态。于是化油器靠怠速油针、真空省油器和功率加浓器等装置来进行一定的调整，但因各个工作点上的流量特性基本上是不可主动控制的，这样，就会造成在某一状态时，混合气的浓度要比需要的高，燃油不能充分燃烧，最终造成排放的尾气不净；而另一个状态时，混合气的浓度又比需要的低，功率上不去；总之，不可能在各个工作点都达到最佳供油状态。

在这种条件下,电喷技术应运而生,电喷技术指的是电子控制燃油喷射技术。它取消了化油器的工作方式,而是采用电子控制的喷油器。在气缸每一次吸气时,都由电子控制燃油的供给量,并由喷油器喷射与空气混合,然后再吸入气缸。这样,在发动机工作的所有点,都对空气和燃油的混合进行最佳控制,从而使燃油的供给量满足发动机工作的要求。

这样就使发动机的动力性、经济性和尾气排放要求三者兼顾,都达到令人满意的综合最佳状态。可见,电喷技术是很先进的供油技术。

### 一、汽油机电子控制燃油喷射系统的优点

(1) 提高了汽油机的动力性和经济性 由于电子控制燃油喷射系统的进气管中不存在化油器,进气系统的进气阻力和进气压力损失较小,充气效率较高,因此发动机具有较好的动力性和经济性。另外,电子控制燃油喷射系统不对进气进行预热,这样就提高了进气的密度,有利于提高发动机动力性。

(2) 减少了排放污染 为了有效控制一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化合物的排放污染,电子控制燃油喷射系统采用氧传感器反馈控制,能精确地控制空燃比,使空燃比保持在 14.7 附近的最佳区域内。另外,还装置了三元催化净化装置、废气再循环装置,将大部分一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物氧化还原为二氧化碳、氮气和水,从而大大减少一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物等有害物的排放量。

电子控制燃油喷射系统还包括二次空气喷射、最佳点火提前角等控制功能,从而减少了汽油机有害物的排放量。

(3) 改善了各缸混合气的均匀性 传统汽油发动机将燃油喷射到进气总管里,与空气混合后进入各缸,这种方式不能保证各缸混合气的浓度一致。而电子控制燃油喷射系统采用电控多点喷射,将燃油喷射到各缸进气门附近,使各缸混合气的浓度基本保持一致。

(4) 工况过渡圆滑 当发动机运行工况发生变化时,由于电

子控制燃油喷射系统能根据传感器的输入信号迅速调整喷油量或喷射正时,提供与该种工况相适应的最佳空燃比,从而提高了汽油机对加、减速工况的响应速度及工况过渡的平稳性。另外,电子控制燃油喷射系统的汽油雾化质量好,蒸发速度快,在各种工况下混合气都具有良好的品质,有利于提高汽油机非稳定工况下的运转性能。

(5) 改善了汽油机高、低温起动性能和暖机性能 发动机在高温或低温条件下起动时,电子控制燃油喷射系统能根据起动时发动机冷却液的温度,提供与起动条件相适应的喷油量,使汽油机在高温和低温条件下都能顺利起动。低温起动后,电子控制燃油喷射系统又能根据发动机冷却液温度自动调整喷油量和空气供给量,加快汽油机暖车过程,使发动机很快就能进入运行状态。

## 二、汽油机电子控制系统的基本组成

汽油机电子控制系统主要由信号输入装置、电子控制单元(ECU)和执行器等部分组成。

### 1. 信号输入装置

汽油机电子控制系统的输入信号主要是通过各种传感器或其他输入装置将各种控制信号输入电子控制单元的。电子控制系统的传感器和输入信号见表 1-1。

表 1-1 电子控制系统的传感器和输入信号

| 序号 | 传感器和输入信号       | 作 用                                                                 |
|----|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1  | 空气流量传感器(空气流量计) | 空气流量传感器测量发动机吸入的空气量,并将信号输入给电子控制单元,电子控制单元将该信号和发动机转速作为燃油喷射和点火控制的主要控制信号 |
| 2  | 进气压力传感器        | 进气压力传感器测量进气管负压力,并将信号输入给电子控制单元,电子控制单元将该信号和发动机转速作为燃油喷射和点火控制的主控制信号     |
| 3  | 转速和曲轴位置传感器     | 曲轴位置传感器检测曲轴转角信号(转速信号),并输入给电子控制单元,作为燃油喷射和点火的主要控制信号                   |

(续)

| 序号 | 传感器和输入信号 | 作 用                                                                    |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------|
| 4  | 凸轮轴位置传感器 | 凸轮轴位置传感器向电子控制单元输入凸轮轴位置信号, 是点火控制的主控制信号                                  |
| 5  | 上止点位置传感器 | 上止点位置传感器向电子控制单元提供一缸上止点位置信号, 作为点火控制主控信号                                 |
| 6  | 缸序判别传感器  | 缸序判别传感器向电子控制单元提供各缸工作顺序信号, 作为点火控制主控信号                                   |
| 7  | 冷却液温度传感器 | 检测发动机冷却液温度, 向电子控制单元输入温度信号, 作为燃油喷射和点火正时的修正信号, 同时也是其他控制系统的控制信号           |
| 8  | 进气温度传感器  | 检测进气温度, 向电子控制单元输入进气温度信号, 作为燃油喷射和点火正时的修正信号                              |
| 9  | 节气门位置传感器 | 节气门位置传感器检测节气门的开度大小, 并将检测结果输入电子控制单元, 作为燃油喷射的主控制信号和点火控制的修正信号             |
| 10 | 氧传感器     | 检测排气中氧的含量, 向电子控制单元输入空燃比的反馈信号, 进行喷油量的闭环控制                               |
| 11 | 爆燃传感器    | 爆燃传感器向电子控制单元输入爆燃信号, 经电子控制单元处理后, 控制点火提前角, 抑制爆燃产生                        |
| 12 | 大气压力传感器  | 检测大气压力, 向电子控制单元输入大气压力信号, 修正喷油和点火控制                                     |
| 13 | 车速传感器    | 检测车速并向电子控制单元输入车速信号, 控制发动机转速, 实现超速断油控制。在发动机和自动变速器共同控制时, 也是自动变速器换挡的主控制信号 |
| 14 | 起动信号     | 发动机起动时, 由起动系向电子控制单元提供一个起动信号, 作为喷油量、点火提前角的修正信号                          |

(续)

| 序号 | 传感器和输入信号     | 作 用                                                       |
|----|--------------|-----------------------------------------------------------|
| 15 | 发电机负荷信号      | 当发电机负荷因开启用电量较大的电器设备而增大时,向电子控制单元输入发电机负荷信号,作为喷油量与点火提前角的修正信号 |
| 16 | 巡航(定速)控制开关信号 | 当进入巡航控制状态时,由巡航控制开关向电子控制单元输入巡航控制状态信号,由电子控制单元对车速进行自动控制      |

随着发动机电子控制功能的不断扩展,输入信号也相应有所增加。而发动机集中控制系统所使用的传感器及输入信号有很多都是相同的。这就意味着在发动机集中控制系统中,可以减少传感器的数量;一个传感器或一个输入信号,可以多次重复使用,作为几个控制系统的输入信号。

## 2. 电子控制单元

电子控制单元(ECU)俗称“电脑”,是一种电子综合控制装置,它的基本功能如下:

1) 接受传感器或其他装置输入的信息,并给传感器提供5V、8V、12V的参考(基准)电压,同时将输入的信息转变为微机所能接受的信号。

2) 存储、计算、分析处理信息 存储计算所用的程序,存储该车型的特点参数,存储运算中的数据(随存随取),存储故障信息。

3) 运算分析 根据信息参数求出执行命令数值,将输出的信息与标准值对比,查出故障。

4) 输出执行命令 输出喷油、点火等控制命令,输出故障信息。

5) 自我修正功能 在发动机控制系统中,电子控制单元不仅用来控制燃油喷射系统,同时还具有点火提前角控制、怠速控制、排放控制、进气控制、自诊断、失效保护和备用控制系统等

多种功能。

### 3. 执行器

执行器是一种受电子控制单元控制，并具体执行某项控制功能的装置。

在发动机控制系统中，执行器主要有下列各种形式：

电磁式喷油器，点火控制器，怠速控制阀、怠速电动机，EGR 阀，进气控制阀，二次空气喷射阀，活性炭罐排泄电磁阀，车速控制电磁阀，燃油泵继电器，冷却风扇继电器，空调压缩机继电器，自动变速器挡位电磁阀，增压器释压电磁阀，自诊断显示与报警装置，故障备用程序启动装置，仪表显示器。

## 课题 2 汽油机电子控制燃油喷射系统的分类

20 世纪六七十年代以来，汽油电喷技术得到了长足的发展和运用。欧、美、日的一些著名汽车公司都相继开发研制并实际应用了许多类型不同、档次各异的汽油机电子控制燃油喷射系统，即使是同一类型，应用于不同汽车公司生产的汽车上又有不同的名称。因此，对于使用和维护人员来说，感觉品种繁多。为此，我们将现代汽油机电子控制燃油喷射系统按一定的方式分类归纳。

### 一、按喷射位置分类

按喷射位置的不同，汽油机电子控制燃油喷射系统可分为缸内喷射和缸外喷射两种。

#### 1. 缸内喷射

喷油器安装在气缸盖上，汽油直接喷入发动机气缸内并与空气混合形成可燃混合气，如图 1-1 所示。

#### 2. 缸外喷射

喷油器安装在进气总管或者进气支管上，汽油由喷油器喷入进气

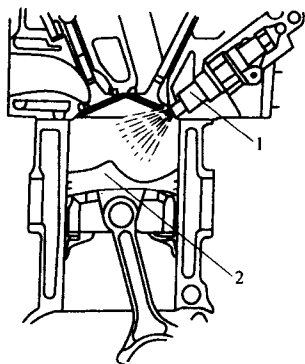


图 1-1 缸内喷射

1—喷油器 2—活塞



总管或者进气支管的进气门前，喷入的汽油在进气管中与空气混合形成可燃混合气，在进气行程被吸入气缸。缸外喷射又分为单点喷射和多点喷射。

(1) 单点喷射 单点喷射也称为集中喷射。它采用 1~2 个喷油器，喷油器安装在进气总管的节气门上方，如图 1-2 所示。

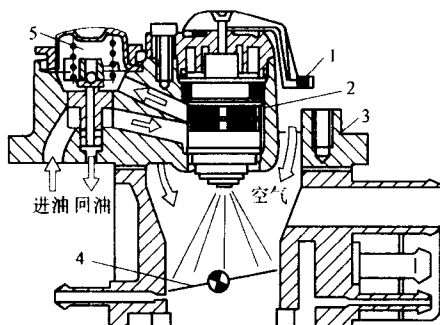


图 1-2 单点喷射

1—进气温度传感器 2—喷油器 3—节气门体  
4—节气门 5—燃油压力调节器

单点喷射的主要特点是结构简单。但是，由于单点喷射的燃油是喷在进气总管内的，因此各缸混合气的均匀性不好。

(2) 多点喷射 多点喷射是在每一个气缸的进气支管上都安装一个喷油器，汽油喷在进气门附近并与空气混合形成混合气，如图 1-3 所示。由于每一缸都有一个喷油器，因此各缸混合气的均匀性比较好。另外在设计进气管时，可充分利用空气的

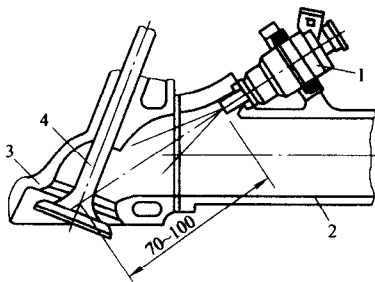


图 1-3 多点喷射

1—喷油器 2—进气支管  
3—气缸盖 4—进气门