

485型柴油机引汽掺水法节油初探

郭茂德*

齐纯海

薛继梅 刘远航

巨正元

(西北农业大学农机系)

(扶风县农机站)

摘 要

本文在丰收—35拖拉机作业及其发动机台架试验时,通过进气系统对引汽掺水装置的节油效果进行了实地考察。我们立意求得引汽掺水法柴油机转速与功率的最优选择,结果表明,进气系统引汽掺水法是能够降低油耗的,其本身结构简单,易于推广。

关键词 485型柴油机;引汽掺水法;节油。

前 言

我国是世界上柴油机掺水节油试验研究最早的国家之一。早在五十年代,就曾对拖拉机燃料掺水节油作过试验,但当时在试验和理论研究上尚处于萌芽状态,未能坚持下来。六十年代国外也开始了研究,尤其近几年发展较快。为了节能,目前这项措施在国内又重新引起了重视,一些地方又相继开始了研究工作。

关于柴油掺水的方法,国外主要采用水和柴油按一定比例混合并加入乳化剂经电超声或机械式液力剪切器等设备预制成乳化油进行燃烧,国内如浙江大学等单位试验用电超声装置制备乳化油。

由于预制乳化油,需加一种表面活性剂(乳化剂),所以成本高,预制困难,且乳化质量难于保证,会造成对燃油系统精密偶件的严重锈蚀。因此我们采用水不经燃油系统,而从柴油机进气直接引入水蒸汽的掺水节油试验。这种引汽装置结构简单,加装容易,节油效果显著,成本低廉。通过1984年在陕西省扶风县春运作业、夏耕作业和台架试验等多次进行引汽与不引汽对比测定证明,在小时耗油量相同的条件下,引汽后可提高1.3马力,排气烟度可降低6.93~22%,排温可降低4.59~8.3%,取得了较好的节油效果。

●本文撰写者。

本文于1985年7月11日收到。

一、引汽掺水装置

(一) 引汽掺水装置的结构和工作原理

485型柴油机，引汽掺水装置的结构按功用可分以下三部分，如图1所示。

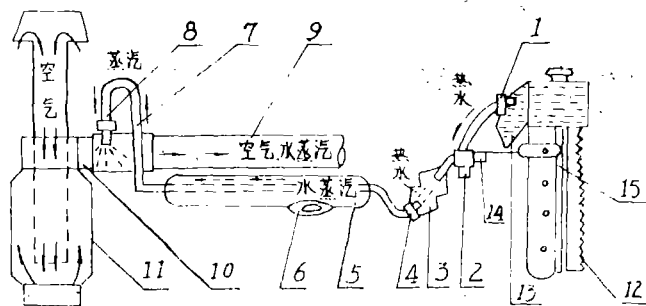


图1 485型柴油机引汽掺水节油装置示意图

1. 引水针头；2. 沉淀杯；3. 滴管；4. 送水针头；5. 铜管；
6. 发动机排气管；7. 送气管；8. 喷管；9. 进气管；10. 进
- 气胶管接头；11. 空气滤清器；12. 水箱；13. 水箱回水管；
14. 控制开关；15. 固定铁板。

1. 供水引水部分：由16°引水针头（1）、沉淀杯（2）、滴管（3）、送水针头（4）和联接乳胶管等组成。其功用是按需要供给气化装置以定量的用水。

2. 汽化部分：由发动机排气支管（5）和一根横穿排气支管的铜管（6）（内 $\phi 6\text{ mm}$ ，外 $\phi 8\text{ mm}$ ）组成，其功用是利用排气管的余热，将供给的定量用水汽化。

3. 蒸汽传送装置：由从排气管引出的送气管（7）和蒸汽喷管（8）组成，其功用是将水蒸汽有效地送入进气管。

当16°引水针头端插入水箱与发动机相联接的上水胶管，另一端通过乳胶管、沉淀杯、滴管和送水针头相连通时，即将定量的水引进横穿排气支管的铜管内。并利用排气管的余热将铜管内的水加热成蒸汽。该蒸汽沿着气管经喷管被喷入柴油机的进气管中，使蒸汽和滤清后的新鲜空气混合进入气缸，而达到向缸内引汽的目的。在沉淀杯上设有一开关，用来控制从水箱回水管中引出的滴水量，以达到控制掺气量^[1]。

(二) 引汽掺水装置的使用和注意事项

1. 拖拉机工作时，待发动机的温度正常后，即可打开引水装置开关，并调节到需要的水量，将送气装置的蒸汽喷管插入发动机进气支管，实现引汽掺水。

2. 临时停止引汽时，只需将引水开关关闭即可。

3. 停车前10分钟，必须关闭引水开关，以防止水蒸汽存留在气缸中，产生锈蚀。

4. 安装引汽掺水装置前，应对发动机冷却系统进行一次清洗，平时应注意向水箱加清洁软水，并应防止水管漏水。

5. 引汽量的调节应按需受控制好, 因为引汽过多, 反而费油。

二、485型柴油机引汽掺水节油效果的试验研究

为了探求丰收—35拖拉机配用的485型柴油机引汽掺水节油的效果, 我们于1984年5月20日至1984年6月6日在陕西省扶风县城关费家大队、县农场、农机修造厂及该地有关标定的公路区段采样, 对丰收—35拖拉机带配套农具及其所配套的485型柴油机分别进行了春运、夏耕和台架的引汽对比试验, 情况如下:

(一) 道路运输试验

1. 试验目的

(1) 研究该试验拖拉机带配套农用拖车进行春季道路运输作业, 采用引汽掺水装置后的节油效果。

(2) 检查引汽装置的使用可靠性能。

2. 试验条件

(1) 丰收—35拖拉机及其配套农用拖车各一台, 该样机为扶风县城关农机公司294号车组, 技术状态基本良好。

(2) 使用0°柴油及发动机冷却水。

(3) 为保证测试数据的精确度, 在引汽与不引汽时应采用同一车辆、同一驾驶员、同一载重量、同一路面、同一车况、同一距离和同一气候。

(4) 测试用仪器、仪表: 钻石牌秒表一只, 卫星牌干湿温度计一支, 试验用三通管油耗计一只。

3. 试验对比指标:

(1) 载重运输用吨公里油耗(克/吨公里)。

(2) 空车运行用车公里油耗(克/车公里)。

令引汽的油耗为 $G_{引}$, 不引汽油耗为 $G_{不}$, 节油率为 δ , 则

$$\delta = \frac{G_{不} - G_{引}}{G_{不}} \times 100\%$$

4. 各次试验状况及结果

(1) 我们于1984年5月22日在扶风县城关至法门公路段划小区采样进行空车坡路(柏油路面)运输测试, 坡度约10°, 测距1.5公里, 使用Ⅳ档, 拖车空载, 气温22~25℃, 湿度60~65%, 试验记录结果见表1。

由表1可知, 空车运输试验重复三次, 均节油, 其节油率平均为0.67%。

(2) 5月23日, 在扶风县城关至法门公路段划小区采样进行坡路载重运输试验, 测试点的路面和距离条件同(1), 使用Ⅳ档, 通过测区运输量: $4 \times 1.5 = 6$ 吨公里, 气温19~21℃, 湿度55~68%。试验记录数据和单位油耗(克/吨公里)的对比情况见表2。

表1

空车运输试验结果

项目 序号	通过测区时间 (t)		通过测区油耗 (克)		单位油耗 (克/车公里)		节油 (克/车公里)	节油率 δ (%)
	t _引	t _不	Q _引	Q _不	G _引	G _不		
1	2'15"	2'12"	329.8	331.5	219.9	221.0	1.10	0.50
2	2'14"	2'8"	323.0	325.6	215.4	217.0	1.60	0.74
3	2'8"	2'7"	329.8	332.4	219.9	221.6	1.70	0.76
平均							1.46	0.67

表2

坡路载重运输试验结果

项目 序号	通过测区时间		通过测区油耗		单位油耗 (克/吨公里)		节油 (克/吨公里)	节油率 δ (%)
	t _引	t _不	Q _引	Q _不	G _引	G _不		
1	5'24"	5'23"	760	785	126.6	130.8	4.20	3.20
2	5'27"	5'26"	772	796	128.6	132.6	4.00	2.93
3	5'18"	5'45"	793	808	132.1	134.6	2.50	1.80
4	5'17"	5'18"	798	811	133.0	135.1	2.10	1.60
5	5'18"	5'18"	780	794	130.0	132.3	2.30	1.70
6	5'15"	5'19"	801	811	133.5	135.1	1.60	1.20
7	5'16"	5'18"	777	769	129.5	127.8	-1.70	-1.10
8	5'16"	5'16"	745	789	124.2	131.5	7.30	5.60
平均							2.53	2.10

由表2可知,坡路载重运输试验重复八次,七次节油,一次费油,节油率平均为2.1%。

(3) 5月25日,在扶风县西(安)宝(鸡)公路段划小区进行平路载重运输试验时,柏油平直路面,测区距离3公里,通过测区运输量 $4 \times 3 = 12$ 吨公里,使用Ⅳ档,气温19~26℃,湿度平均55%。试验记录结果和单位油耗(克/吨公里)对比情况见表3。

由表3可知,平路载重运输试验重复八次,七次节油,一次不节油也不费油,节油率平均为1.21%。

5.结论:

表3 平路载重运输试验结果

项目 序号	通过测区时间 (t)		通过测区油耗 (克)		单位油耗 (克/吨公里)		节油 (克/吨公里)	节油率 δ (%)
	t _引	t _不	Q _引	Q _不	G _引	G _不		
1	8'59"	9'00"	1210	1210	100.8	100.8	0.00	0.00
2	8'48"	8'54"	1224	1246	102.0	103.8	1.80	1.27
3	8'54"	8'51"	1203	1207	100.2	100.6	0.40	0.27
4	8'48"	8'49"	1193	1204	99.4	102.0	2.60	2.50
5	8'48"	8'56"	1154	1166	96.1	97.1	1.00	1.20
6	8'40"	8'42"	1134	1154	94.5	96.1	1.60	1.70
7	8'42"	8'39"	1102	1132	91.8	94.3	2.50	2.70
8	8'32"	8'30"	1105	1110	92.0	92.5	0.50	0.50
平均							1.30	1.21

丰收—35拖拉机带其配套的农用拖车，在关中平原扶风县进行春季道路运输试验证实，无论空车运输和重载运输作业，在引汽工况下均有不同程度的节油效果。

- (1) 空车运输时节油率平均为0.67%。
- (2) 在平直柏油路面上载重运输作业时，节油率平均为1.2%；
- (3) 在具有一定丘陵坡度（约10°）的柏油路面上载重运输时，节油率平均为2.1%。
- (4) 该装置可以达到引汽节油的目的，但不经久耐用，需要进一步改进。

(二) 夏耕试验

1. 试验目的

- (1) 研究该试验拖拉机夏耕作业采用引汽掺水装置后的节油效果。
- (2) 检查引汽装置的使用可靠性能。

2. 试验条件

- (1) 丰收—35拖拉机及其配套二铧犁各一台，样机与技术状况与运输试验相同。
- (2) 使用0°柴油，发动机冷却水。
- (3) 工作条件及环境状况：耕作地块为大麦茬地、油菜茬地，质地属黄绵土，比阻0.65公斤/厘米²，地势平坦，干湿度均匀，在当地具有一定代表性。
- (4) 试验用仪器、仪表钻石牌秒表1只，50米皮尺1条、气温计1支，干湿度计1只，测深尺1只，标杆2根，试验用三通油耗计1只。

3. 测试要求：

(1) 引汽与不引汽的对比试验应在同一地块, 每次引汽与不引汽采样在时间顺序上应保持连续性, 气温、湿度尽量保持一致。

(2) 测试过程中, 尽量保持耕深一致, 直线行驶, 避免重漏耕, 机组通过测区时, 驾驶员不许分离离合器, 换档, 操纵制动器和改变油门位置。

4. 测试对比指标: 单位油耗 (克/亩)。

令不引汽的亩油耗为 $G_{不}$, 引汽的亩油耗为 $G_{引}$, 则

$$\text{每亩节油量 (克/亩)} = G_{不} - G_{引}$$

$$\text{节油率} \delta = \frac{G_{不} - G_{引}}{G_{不}} \times 100\%$$

5. 试验状况及结果

夏耕作业, 在选定的三块田区内进行了引汽与不引汽对比试验, 共采取15对数据, 测试情况和结果如下:

(1) 5月29日~30日上午

试验地点: 扶风县城关公社费家大队, 下河村大队。

前茬情况: 费家大队为大麦地, 下河村大队为油菜地。

土壤地表状况: 黄绵土, 比阻 0.65 公斤/cm^2 , 地势平坦, 测区长70M。

机具: 丰收—35拖拉机带L×D—2—30A, 使用档位慢Ⅱ; 耕深18~20cm。

平均气温: 29°C , 平均湿度47%。试验记录数据与亩耗油对比见表4。

表4

夏耕试验结果

序号	作业时间 (t)		作业油耗 (克)		单位油耗 (克/亩)		节油 (克/亩)	节油率 δ (%)	试验日期 (年、月、日)	试验地点	供试田茬口及土质
	$t_{不}$	$t_{引}$	$Q_{不}$	$Q_{引}$	$G_{不}$	$G_{引}$					
1	1'2"	1'11"	122.4	119.0	1360	1320	40.4	3.00	1984.5.29	扶风城关费家大队	大麦茬黄绵土
2	1'4"	1'7"	127.5	121.5	1416	1350	66.0	4.60	1984.5.29	"	"
3	1'6"	1'6"	144.5	139.4	1605	1550	45.0	2.80	1984.5.30	扶风城关下河村队	油菜茬黄绵土
4	1'3"	1'0"	139.4	134.3	1550	1490	60.0	3.87	1984.5.30	"	"
5	1'3"	1'2"	121.5	117.3	1350	1310	40.0	2.9	1984.5.30	"	"
平均							50.2	3.43			

从表4可知, 在扶风县城关公社费家大队和下河村大队二块田区进行夏耕试验重复五次, 都节油, 节油率平均为3.43%。

(2) 5月30日下午

试验地点: 扶风县农场卜村作业站。

前茬情况: 油菜地。土壤地表状况: 黄绵土, 地势平坦, 测区长100M。机具和工

作档位同(1),耕深20~22cm,气湿平均29℃,湿度平均47%。试验记录数据与耗油对比见表5。

表5 夏耕试验结果

项目 序号	作业时间 (t)		作业油耗 (克)		单位油耗 (克/亩)		节油 (克/亩)	节油率 δ (%)
	t _不	t _引	Q _不	Q _引	G _不	G _引		
1	37"	34"	104.55	100.30	1773	1667	106.00	4.60
2	36"	33"	100.50	93.96	1675	1566	109.00	4.50
3	33"	35"	93.50	88.40	1590	1473	117.00	5.40
4	34"	36"	99.48	93.54	1658	1559	99.00	4.20
5	37"	36"	100.30	91.25	1671	1521	150.00	8.80
6	36"	36"	105.40	99.45	1753	1657.5	95.50	5.70
7	33"	35"	97.75	91.80	1629	1530	99.00	6.10
8	35"	35"	100.30	93.50	1670	1558	112.00	7.30
9	35"	34"	94.35	88.40	1573	1473	100.00	6.80
10	35"	35"	88.40	83.30	1473	1388	85.00	5.70
平均							107.65	5.92

由表5可知,在扶风县农场卜村作业站进行夏耕试验,重复十次,都节油,节油率平均为5.92%。

6. 结论

丰收—35拖拉机带L×D—2—30A配套犁在扶风县不同耕作条件下进行夏耕时,引汽掺水节油的情况如下:

- (1) 耕深为18~20cm,土壤湿度适宜时,节油率平均为3.43%。
- (2) 耕深为20~22cm,土壤湿度适宜时,节油率平均为5.92%。
- (3) 装置使用情况与运输试验相同。

(三) 正交试验^[9]

1. 试验目的: 探求最佳水油比。
2. 试验时间: 1984年6月4日。
3. 试验地点: 扶风县农机修造厂发动机马力试验间。
4. 试验对比指标: 耗油率ge(克/马力小时)。
5. 试验条件

(1) 该丰收—35拖拉机配用的发动机—485型柴油机、样机技术状况同前。

(2) 室内环境：室温平均27℃，湿度平均45%。

(3) 试验用主要仪器、仪表：

I. SG115M型水力测功机。

II. Tcy—69型油耗，转速自动测量仪。

III. LZ—45型转速表。

IV. 车用水温表。

V. 卫星牌干湿温度计。

6. 试验安排与结果

(1) 根据试验的目的，选功率 Ne 和引水量 W 二个试验因素。因素 Ne 取三个水平，因素 W 取五个水平，详见进气系统引汽掺水试验因素水平表。

(2) 由于 Ne 与 W 不等水平，故按拟合法选 $L_{25}(56)$ 正交表安排试验。当发动机在标定转速($n=2000$ 转/分)时，其试验方案及结果分析见表7，各因素取不同水平时与平均比油耗的关系见图6^[9]。

从表7与图2可知，第8号试验采用引水量 $W_3=80$ 滴/分，发动机负荷 $Ne_2=20$ 马力时的比油耗 ge 为最低，即 W_3Ne_2 为最佳组合，11号试验 W_4Ne_2 次之， W_2Ne_2 再次之，引水量用 W_5 时，反而费油，其 ge 与 W_1 无明显差异。

表6

进气系统引汽掺水试验因素水平表

因 素 水 平	W 引水量 (滴/分)	Ne 功率 (马力)
1	0 (W_1)	14(Ne_1)
2	60 (W_2)	20(Ne_2)
3	80 (W_3)	28(Ne_3)
4	100 (W_4)	
5	120 (W_5)	

7. 水油比的计算与分析

经标定，本试验所用滴管的滴水量 Q 为0.06克/滴；

$$\text{水油比 } m = \frac{(W/60) \times Q}{\Delta G / \Delta t} \times 100\% = \frac{(W/60) \times 0.06}{\Delta G / \Delta t} \times 100\%。$$

各因素水平下水油比 m ，比油耗 ge 和节油率 δ 的计算结果见表8。

由表8可知，当引水量 W 取80滴/分水平时，平均比油耗 $\overline{ge}$ 最低，为236.5克/马力小时，节油率 $\overline{\delta}$ 最高为4.02%，最佳平均水油比 $\overline{m}$ 为6.31%。

8. 结论

表7

进气系统引汽掺水节油正交试验方案及结果分析表^[9]

列号 试验号	引水量 W (转/分)	功率 N_e (马力)	单位时间 燃油消耗量 $\Delta G/\Delta t$	小时耗油量 $G_T = 3.6 \Delta G/\Delta t$ (公斤/小时)	比油耗 $g_e = \frac{1000 G_T}{N_e}$ (克/马力小时)	节油率 $\delta(\%)$
1	1 (W_1)	1 (N_{e1})	60/54.7	3.948	282.00	
2	1 (W_1)	2 (N_{e2})	60/50.0	4.320	216.00	
3	1 (W_1)	3 (N_{e3})	60/32.0	6.748	241.00	
4	2 (W_2)	1 (N_{e1})	60/55.0	3.895	278.20	1.36
5	2 (W_2)	2 (N_{e2})	60/50.9	4.240	212.00	1.90
6	2 (W_2)	3 (N_{e3})	60/33.0	6.552	234.00	2.90
7	3 (W_3)	1 (N_{e1})	60/56.7	3.802	271.57	3.70
8	3 (W_3)	2 (N_{e2})	60/53.4	4.120	206.00	4.63
9	3 (W_3)	3 (N_{e3})	60/33.2	6.496	232.00	3.73
10	4 (W_4)	1 (N_{e1})	60/55.0	3.928	280.59	0.50
11	4 (W_4)	2 (N_{e2})	60/51.4	4.200	210.00	2.70
12	4 (W_4)	3 (N_{e3})	60/33.0	6.580	235.00	2.50
13	5 (W_5)	1 (N_{e1})	60/54.7	3.108	282.00	0.00
14	5 (W_5)	2 (N_{e2})	60/50.4	4.280	214.00	0.92
15	5 (W_5)	3 (N_{e3})	60/32.0	6.664	238.00	1.24
K_1	739.00	1394.36				
K_2	724.20	1058.00				
K_3	709.57	1180.00				
K_4	725.59					
K_5	734.00					
$\bar{K}_1$	246.30	278.87				
$\bar{K}_2$	241.40	211.60				

续表7 进气系统引汽掺水节油正交试验方案及结果分析表^[9]

列号 试验号	引水量 W (转/分)	功率 Ne (马力)	单位时间 燃油消耗量 $\Delta G/\Delta t$	小时耗油量 $G_T=3.6\Delta G/\Delta t$ (公斤/小时)	比油耗 $ge=\frac{1000G_T}{Ne}$ (克/马力小时)	节油率 $\delta(\%)$
$\overline{K}_3$	236.52	236.00				
$\overline{K}_4$	241.90					
$\overline{K}_5$	244.70					
R	9.78	67.27				

注：总合 = $K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 = 3236.36$

*比油耗最低

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 ——分别为第一, 第二, 第三, 第四, 第五水平之和。

$\overline{K}_1, \overline{K}_2, \overline{K}_3, \overline{K}_4, \overline{K}_5$ ——分别为第一, 第二, 第三, 第四和第五水平之和的平均值。

R——各平均指标的极值。

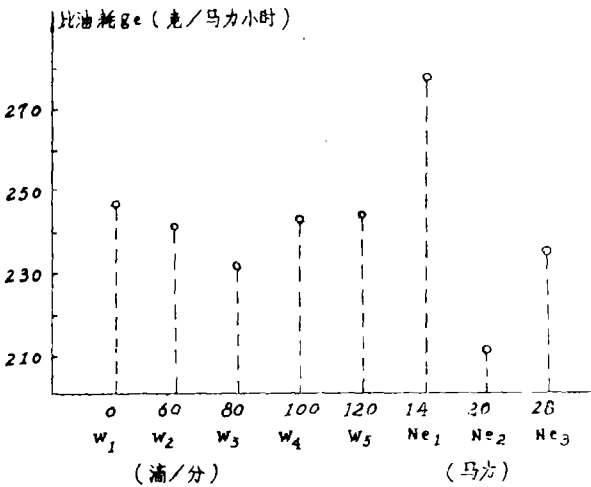


图2 各因素取不同水平时与平均比油耗的关系图最佳组合 W_3Ne_2

(1) 485型柴油机, 经台架正交试验证实:

当水油比 $\overline{m}$ 在4.63%时节油, 节油率 $\overline{\delta}$ 达2.05%;

当水油比 $\overline{m}$ 在6.31%时节油, 节油率 $\overline{\delta}$ 达4.02%;

当水油比 $\overline{m}$ 在7.8%时节油, 节油率 $\overline{\delta}$ 达1.9%;

当水油比 $\overline{m}$ 在8.9%时节油, 节油率 $\overline{\delta}$ 达0.72%。

比较上述试验结果可知, 在该试验条件下的最佳水油比 $\overline{m}$ 在6.31%左右。

表8 平均水油比、比油耗、节油率计算表

W(水) Ne(功率)	60滴/分			80滴/分			100滴/分			120滴/分		
	水油比 (%)	比油耗 ge(克/马力小时)	节油率 δ (%)	水油比 (%)	比油耗 ge(克/马力小时)	节油率 δ (%)	水油比 (%)	比油耗 ge(克/马力小时)	节油率 δ (%)	水油比 (%)	比油耗 ge(克/马力小时)	节油率 δ (%)
14马力	5.50	278.20	1.36	7.56	271.57	3.70	9.17	280.59	0.50	10.90	282.00	0.00
20马力	5.09	212.00	1.90	6.98	206.00	4.63	8.73	210.10	2.70	9.56	214.00	0.92
28马力	3.30	234.00	2.90	4.40	232.00	3.73	5.50	235.00	2.50	6.40	238.00	1.24
平均	4.63	241.40	2.05	6.31	236.50	4.02	7.80	241.80	1.90	8.90	244.70	0.72

(2) 该引汽掺水装置可以达到节油目的，缺点是不能随负荷的变化调节引汽量，有待于以后改进。

(四) 对比负荷特性试验 [5]

1. 试验目的：研究485型柴油机引汽与不引汽时耗油率ge（克/马力小时）随负荷变化的规律，测量排气烟度和温度变化，探求节油效果和废气含烟量、排温的降低程度。

2. 试验时间：1984年6月5日～6日

3. 试验地点：扶风县农机修造厂发动机马力试验间

4. 试验内容和对比指标

(1) 试验内容

- I. 发动机转速n = 1600转/分时的负荷特性；
- II. 发动机转速n = 1800转/分时的负荷特性；
- III. 发动机转速n = 2000转/分时的负荷特性。

(2) 对比指标，比油耗ge（克/马力小时）。

5. 试验条件

(1) 样机技术状况与正交试验相同，在做n = 2000转/分负荷特性试验时，因车况出现异常，换装了新喷油咀。

(2) 使用0#柴油与清洁自来水。

(3) 室内环境：平均室温23℃；平均湿度58%。

(4) 试验用主要仪器、仪表

- I. SG115M型水力测功机；
 - II. Tcy—69油耗、转速自动测量仪；
 - III. Lz—45型转速表；
 - IV. XCE—101动卷式温度指示仪（精度10级）
- V. FOD—102烟度计；
 - VI. 车用水温表；
 - VII. 卫星牌干湿、温度计

表9 485型柴油机负荷 ($n=1600$ 转/分) 特性试验结果*

项目 序号	发动机 转速 n (转/分)	测功机 读数 P (kg)	有效功率 N_e (马力)	单位时间 耗油量 $\Delta G/\Delta t$ (克/秒)	小时耗油量 $G_T = 3.6 \Delta G/\Delta t$ (公斤/小时)	比油耗 $g_e = \frac{1000 G_T}{N_e}$ (克/马力小时)	排气温 度 T_r ($^{\circ}C$)	烟度 (R_n)	机油压力 (Kg/cm 2)	水温 ($^{\circ}C$)
不 引 汽	1	1.0	1.62	60/92	2.35	1424.85	510	0.7	3.0	78
	2	4.0	6.40	60/78	2.76	432.67	530	0.8	3.0	80
	3	6.0	9.60	60/75	2.88	300.00	570	0.8	2.8	71
	4	10.0	16.20	60/54	4	250.00	650	3.5	2.5	80
	5	13.0	21.06	60/38	5.68	269.86	790	6.2	2.5	70
	6	15.0	24.00	60/27	7.99	333.30	890	8.5	2.5	80
引 汽	1	1.5	2.50	60/89	2.42	767.80	490	0.7	2.5	70
	2	5.5	9.00	60/73	3.17	323.00	550	0.8	2.5	80
	3	8.5	14.00	60/64	3.37	240.60	600	0.8	2.5	80
	4	10.0	16.00	60/60	3.6	225.00	625	3.0	3.0	82
	5	12.0	19.20	60/49	4.93	225.20	680	3.0	3.0	80
	6	15.0	24.30	60/30	7.20	291.00	790	9.2	2.5	80

*测功机型号: SG115M; 试验地点: 扶凤县农机修造厂发动机试验间;

室温: 23 $^{\circ}C$; 相对湿度: 58%; 试验日期1984年6月5日。

表10 485型柴油机负荷 (n = 1800转/分) 特性试验结果*

项目 序号	发动机 转速n (转/分)	测功机 读数P (Kg)	有效功率 Ne (马力)	单位时间 耗油量 $\Delta G/\Delta t$ (克/秒)	小时耗油量 $\Delta G_T = 3.6 \Delta G/\Delta t$ (公斤/小时)	比油耗 $ge = \frac{1000 G_t}{Ne}$ (O_k)	排气温 度 T_r (O_c)	烟度 (R_B)	机油压力 (Kg/cm ²)	水温 (O_c)
不引汽	1 1820	1	1.82	60/84	2.61	1395.75	550	0.60	2.8	75
	2 1780	3	5.34	60/75	2.88	539.32	565	0.55	3.0	78
	3 1800	7	12.60	60/58.5	3.69	291.00	610	1.00	2.8	80
	4 1780	9	15.48	60/54	4.00	258.00	640	0.55	2.8	75
	5 1780	11	19.58	60/46	4.69	239.85	710	2.00	2.8	75
	6 1780	14	24.08	60/32	6.75	280.35	830	7.20	2.8	75
引汽	1 1820	1	1.82	60/87	2.48	1380.00	470	0.37	2.8	80
	2 1800	4	7.20	60/74	2.91	405.00	550	0.55	2.5	76
	3 1800	6	10.80	60/66	3.27	327.00	590	0.40	2.5	80
	4 1780	7	12.46	60/61	3.54	285.80	595	0.50	2.6	80
	5 1800	10	18.00	60/52	4.15	230.00	650	0.90	2.8	79
	6 1800	13	23.80	60/35	6.17	256.00	790	6.00	2.5	80

*测功机型号: SG115M, 试验地点: 扶凤县农机修造厂发动机试验间;

室温: 23 O_c ; 相对湿度: 58%; 试验日期1984年C月5日。

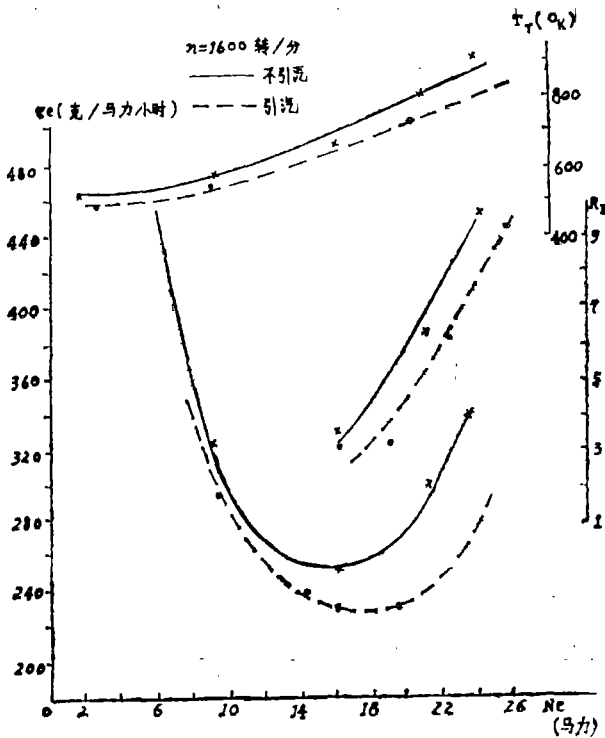


图3 485型柴油机 $n = 1600$ 转/分负荷特性

6. 试验结果与数据处理

因为是对比试验, 所测结果均未换算到国家标准大气状况, 也未取实验室基准, 按常规处理。所得结果如下:

(1) 发动机转速 $n = 1600$ 转/分、 1800 转/分与 2000 转/分的负荷特性试验数据见表 9、10、11。

(2) 根据表 9、10、11 分别绘出不同转速下引汽与不引汽时 $g_e = f(N_e)$, $t_r = f(N_e)$, $R_s = f(N_e)$ 曲线, 见图 3、4、5。

(3) 根据表 9、10、11 分别绘出引汽与不引汽时功率—小时耗油量曲线, 见图 6、7、8。

(4) 根据图 3、4、5:

I. 计算平均节油率;

II. 计算烟度降低的程度;

III. 计算排温平均降低的程度。

(5) 根据图 3、4、5 计算小时耗油量不变时功率提高的平均值。

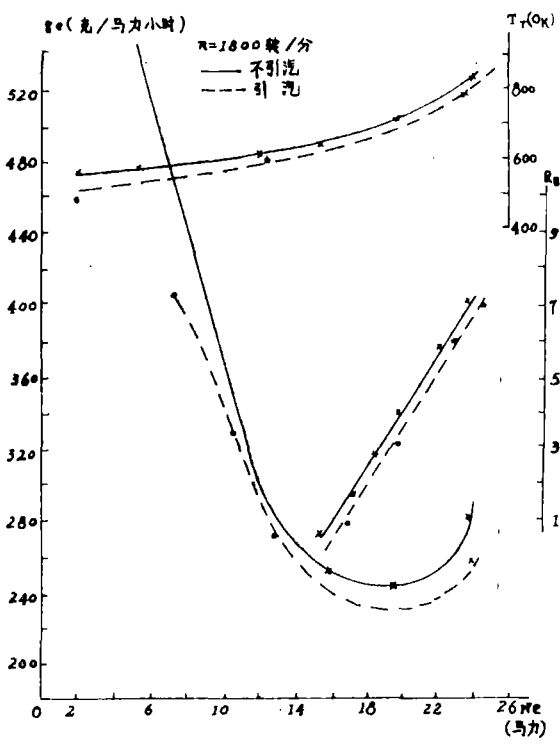


图4 485型柴油机 $n=1800$ 转/分 负荷特性 (马力)

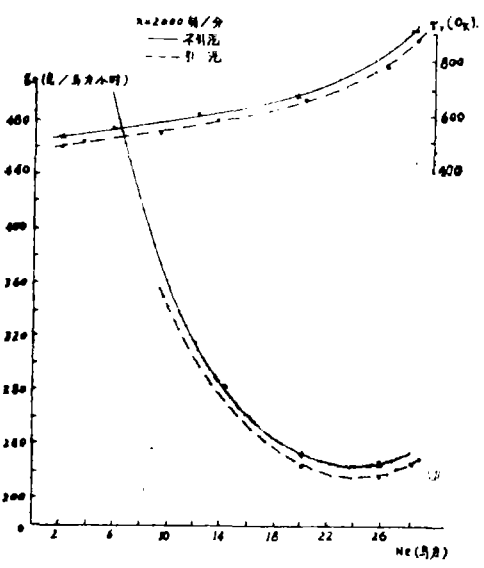


图5 485型柴油机 $n=2000$ 转/分 负荷特性

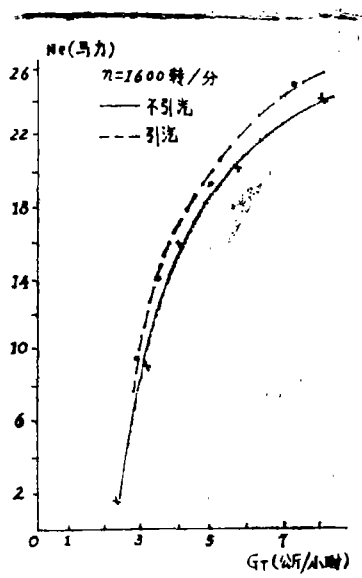


图6 功率—小时耗油量关系曲线
图 G_T (公斤/小时)

485型柴油机负荷 (n = 2000转/分) 特性试验结果*

表11

项目	发动机转速n (转/分)	测功机读数P (Kg)	有效功率Ne (马力)	单位时间耗油量 $\Delta G/\Delta t$ (克/秒)	小时耗油量 $G_r = 3.6 \Delta G/\Delta t$ (公斤/小时)	比油耗 $ge = \frac{1000 G_r}{Ne}$ (克/马力小时)	排气温度Tr (°C)	烟度(R _b)	机油压力 (Kg/cm ²)	水温 (°C)	备注
序号	1	2000	1	2	60/80.0	2.70	1350.00	530	2.9	75	1.试验前换了四个喷嘴
	2	2000	3	6	60/72.0	3.00	500.00	550	2.8	73	
	3	2000	7	14	60/55.0	3.92	280.00	620	2.5	75	2.烟度因车况变化未测
	4	2000	10	20	60/47.0	4.59	229.75	680	2.5	70	
	5	2000	13	26	60/37.0	5.77	222.00	780	2.5	80	
	6	2000	14	28	60/33.5	6.44	230.38	900	2.5	85	
引 汽	1	2000	2	4	60/81.0	2.66	666.00	510	2.5	70	
	2	2000	5	10	60/67.0	3.33	333.80	550	2.5	70	
	3	2000	7	14	60/58.3	3.72	266.00	590	2.5	72	
	4	2000	10	20	60/48.3	4.47	223.60	670	2.5	80	
	5	2000	13	26	60/39.0	5.56	214.00	770	2.5	82	
	6	2000	14	28	60/34.0	6.23	222.00	870	2.5	80	

*测功机型号: SG115M; 试验地点: 扶风县农机修造厂发动机试验间, 室温: 24°C; 相对湿度: 52%; 试验时间: 1984年5月6日。

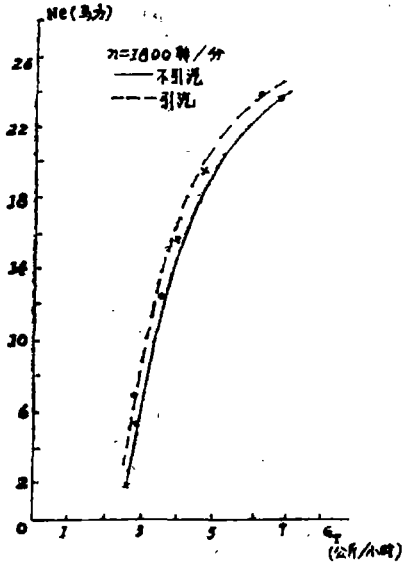


图7 功率—小时耗油量关系曲线图
(公斤/小时)

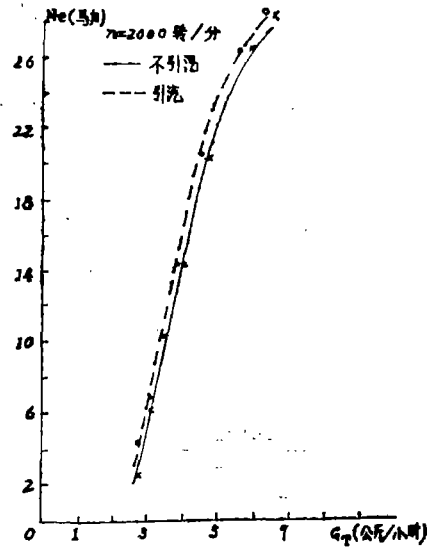


图8 功率—小时耗油量关系曲线

7. 分析与结论

(1) 该配用的485型柴油机加装引汽掺水节油装置后,在三种不同转速条件下进行负荷特性试验,当 $n=1600$ 转/分时,功率从10马力的至22马力的,节油率平均为8.20%; $n=1800$ 转/分时,功率从12马力的至24马力的,节油率平均为4.59%; $n=2000$ 转/分时,功率从12马力的至28马力的,节油率平均为3.75%。

(2) 在小时耗油量相同时的条件下,引汽后可提高功率1.3马力的。

(3) 发动机转速 $n=1600$ 转/分时,排温平均降低8.32%; $n=1800$ 转/分时,排气温度降低5.06%; $n=2000$ 转/分时,排温平均降低4.59%。

(4) 发动机转速 $n=1600$ 转/分时,烟度平均降低22%; $n=1800$ 转/分时,烟度平均降低6.93%; $n=2000$ 转/分时,因车况异常未测。

(5) 在作1600转/分及1800转/分负荷特性时,最低比耗油都超过了规定最大值(210克/马力小时),但节油效果仍比较大;在作2000转/分负荷特性时,工况出现异常,后换装了新喷油咀,故比油耗下降,马力提高,节油率亦较前两种转速时低一些。

上述两种情况说明,当燃油系的雾化质量不良时,引入水蒸汽更能显示出改善燃烧状况提高节油效果的威力。

结论:该485型柴油机,在其一定的工作转速和相应的工作负荷范围内,使用引汽掺水装置后均有相应的节油效果,其节油率有随负荷增加而增大的趋势,引汽时的烟度值和排温值均较不引汽时有明显的降低。

三、引汽掺水节油机理的探讨

(一) 引入水蒸汽有利于改善燃油雾化细度、增加活化分子浓度、缩短滞燃期^[1,2,3,4]

从压缩行程的末期燃料喷入汽缸，直到排气门开启，燃烧产物自汽缸排出的整个燃烧——膨胀时间，燃料在汽缸内经历着喷射、雾化、蒸发、汽化和空气混合及燃烧的极为复杂的物理化学变化过程，此过程常常交织在一起同时进行。由于柴油机燃烧时间的短暂和情况的复杂性，虽然世界上经历了将近一个世纪的研究，至今仍不能对其中许多细节问题给出明确的回答，但是为了分析研究的方便，一般根据燃烧过程进程的实际特征，把燃烧过程划分为四个阶段，用展开示功图表示（见图9）。

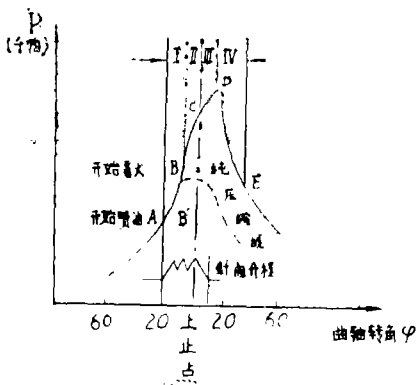


图9 柴油机燃烧过程的展开示功图

- I、滞燃期AB段
- II、速燃期BC段
- III、缓燃期CD段
- IV、补燃期DE段

滞燃期由物理的和化学反应过程所构成，虽然有人认为化学反应过程对滞燃期的实际长短起主导作用，但物理过程也决不应忽视，反应过程中油粒的细化、蒸发、扩散等对混合气质量有极为重要的影响。

1. 从内燃机原理知道，当柴油以很高的压力和速度从喷咀的喷孔中喷出时，是在汽缸中高速气流阻力产生的内部扰动力作用下，被分裂成细小的油粒，并形成圆锥形油束的，在空气中引入水蒸汽，会使空气的密度增加，旋流的强度增大，因而增加了作用在油束油粒上的阻力，使油束锥角加大，改善了雾化油粒的细度，宜于迅速蒸发与空气混合。

2. 空气中引入水蒸汽后，新气中的无数小水滴，在压缩过程中，由于吸热而形成过热蒸汽，燃油喷入时与空气、蒸汽混合。在继续蒸发的过程中，水珠剧烈膨胀冲破外面包围着它的油膜而发生爆炸，再次把油滴分裂，破碎成超细的颗粒，增大了燃油的面容比。这不仅加剧了油粒细化与空气更好的混合和进一步改善了混合气质量，而且也加速了蒸发过程，增多了燃油与氧分子的接触机会。

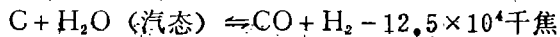
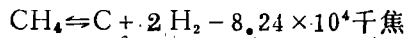
3. 燃油喷入燃烧室后，当局部区域升高到一定温度时，该区域的燃油即发生热裂化而产生自由原子O、H及OH形成火化中心，进行链锁反应，此时水蒸汽也分裂出羟基(OH)，增加了火化分子的浓度，从而提高了化学反应速度，缩短了滞燃期，使火源提早产生（如图14所示），这时着火开始点可由B提前到B'。

(二) 柴油机引入水蒸汽有利于加快燃烧速度，抑制燃料的高温裂解和析碳，使燃烧趋于完全^[1,3,6]

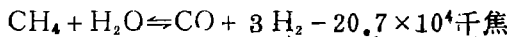
1. 在速燃期, 链反应着火虽处于次要地位, 但此时期的温度已很高, 水蒸汽分裂出的羟基 (OH) 也增多, 更加快了链热爆炸的反应速度。

2. 滞燃期缩短, 发动机工作平稳, 似乎不利于燃油的完全燃烧。因着火后, 后续喷入的燃油量相对增多, 高负荷时, 燃油后喷量更多, 尚未形成均匀混合气 (或液相) 参予高温引发着火的量就更多, 着火后高温气体包围着液体的油滴造成了裂解反应最有利的条件, 易产生烟碳。但实际上由于引入水蒸汽提高了混合气质量, 并且因水蒸汽的气提效应能除去二氧化碳、氮的氧化物和氮气等在油的表面所形成的抑制层, 从而加速了氧化过程, 对阻止燃料的高温裂解有一定作用^[8, 3]。

3. 高负荷时, 由于混合气过浓, 局部地区缺氧, 析碳反应更为严重。在速燃期, 当气缸内的温度达到1000℃以上时柴油中的碳粒子便开始析出, 并集结成小颗粒, 很难再完全燃烧, 而此时水蒸汽与烟炭小颗粒接触, 会发生如下反应 (以甲烷裂解时与水蒸汽进行的转化反应为例):



上两式的总和即:



氢气与一氧化碳都是可燃性气体, 燃烧时有较大的火焰发射率, 正象炉膛中的碳在水滴落下的地方, 形成水煤反应一样, 火焰会窜得老高, 从而把生成的可燃性气体燃烧掉, 抑制了析炭。由于减少了火焰中的碳, 便有利于燃油的完全燃烧。

综合上述结果, 都加快了燃烧速度, 使放热量集中, 由于引入水蒸汽使燃料尽可能在速燃期和缓燃期燃烧完全, 减少了补燃量, 使排气温度降低, 提高了循环热效率, 减少了发动机的排气热损失。

四、小 结

1. 引汽掺水法节油技术在485型柴油机上取得了初步成果, 试验证明在该机上加一引汽掺水装置, 工作时对燃油适当掺入水蒸汽 (控制在6%左右), 确有节油效果, 在小时耗油量相同的条件下, 一般引汽后可提高1.3马力, 耗油率平均可降低15克/马力小时左右, 烟度和排温明显下降。在试验研究中, 为了获得最佳的节油效果, 我们曾对引汽掺水装置的针头、管道和掺水量的控制做过改进和探索, 取得了一些经验数据。但限于设备和条件, 所做试验尚不够十分精确, 项目还欠全面, 缺乏专题长期试验, 但引汽掺水法节油的效果是肯定的, 并在一定负荷范围内表现出节油率有随负荷增加而增大的趋势。为了提高引汽掺水法的节油效果, 应进一步改进推广用于其它机型。

2. 该引汽装置虽然具有前述优点, 在试验结束后经拆检亦未发现任何锈蚀机件等情况, 但从运用角度衡量尚存在以下缺点:

①耐用可靠性差 如和横穿排气支管的加热铜管相联的乳胶管不耐高温, 易软化变

质破损漏气。应改为铜管或耐高温性较强的橡胶管,以延长其使用寿命。

②引汽工作不够理想 如该装置缺少节流机构,引汽量一旦调定,就不能随发动机负荷的变化而变化,因而对保证不同负荷条件下的最佳水油比不够理想,也不利于节油效能的充分发挥。

③引水质量差 如该装置引用水箱的水不够清洁,长期引入气缸,可能带来不利。因此,从长远看还需要在结构上进一步研究改进。

参 考 文 献

- [1] 龚思培、贺福泽著:柴油机进气引入水蒸汽节油的机理探讨,《成都农机学院学报》,1982年第1期,第39—47页。
- [2] 西安交通大学内燃机教研室编:《内燃机原理》,中国农业机械出版社,1981年2月。
- [3] 华中农学院主编:《拖拉机汽车学》第三、五册,农业出版社,1983年7月。
- [4] 程 宏编著:《拖拉机汽车发动机原理》,中国工业出版社,1962年5月。
- [5] [美]D.J.潘德生、N.A.韩纳英著,陆坤元、范国宝译:《发动机的有害排放物及其控制》,机械工业出版社,1980年9月。
- [6] 刘宝泉、李素梅编:《节约能源1000例(2)》,中国科学文献出版社,1982年3月。
- [7] 许晋源、徐通模编:《燃烧学》,机械工业出版社,1984年10月。
- [8] 中国科学院数学研究所统计组编:《常用数理统计方法》,科学出版社,1983年10月。

A Preliminary Discussion of the Approach of Leading Steam and Incorporating Water into 485 Type Diesel Engine for Saving Feul

Guo Maode

Qi Chenhai

Xuc Jimei Liu Yuanhang

Ju Zhengyuan

(Farm Machinery Department,
Northwestern Agricultural
University)

(Farm machinery Station of
Fufeng county)

Abstract

This paper briefly examines the effect of the device of leading steam and incorporating water into Diesel Engine through air entering system when Fengshou—35 type tractor is in operation and its engine frame is under tests. Much importance is attached to the optimum selection of rotation speeds and power of Diesel Engine when steam is led into and water incorporated through air entering system. Results show that steam led into and water incorporated into through air entering system can reduce feul consumption, and the device itself is simple in structure and easy to be extended.

Key words : 485 type Diesel Engine, the approach of leading steam and incorporating water, saving feul