

交通行业首批节能示范项目

电子控制式气缸注油器应用

-----中国远洋运输（集团）总公司

2007年9月

目 录

综合点评	1
经验材料	2
一、背景.....	2
二、基本原理	3
三、具体做法	5
四、具体措施	7
1、完善节能管理、加强节能宣传.....	7
2、强化基础管理、制定操作程序.....	7
3、制订应急预案、确保船舶安全.....	7
4、连续跟踪检测、检验改装效果.....	7
五、项目成效	8
1、大幅度地降低了气缸油耗量.....	8
2、有利于减轻柴油机气缸套磨损.....	8
3、有利于环境保护.....	9
4、减少了维修保养的工作量.....	9
六、适用范围	9
推广建议	15
一、交通运输主管方面	15
二、运输企业方面	15

综合点评

中远集团所属的中远集装箱运输有限公司(简称中远集运)是目前中国最大的集装箱班轮运输公司，拥有 142 艘集装箱船舶，43 万 TEU，是水运交通行业的能耗大户。为响应国家节能减排的号召，践行中远集团在“全球契约”中对社会的承诺，实现企业的可持续发展，根据公司滑油消耗特点，积极研究和采用国外先进气缸注油技术。自 2001 年通过对国外电子气缸注油器的研究、消化、吸收，于 2003 年选用 ALPHA 电子气缸注油器，对实船进行了改装使用。经过近一年的运行，取得了良好的效果。在此基础上，通过了中远集团组织专家对该项目的成果鉴定，决定在本系统内进行推广。目前中远集运已有 20 艘船舶使用了该设备，气缸油消耗量减少达 30%以上，经济效益和社会效益显著。

传统的机械式气缸注油器的注油量是与转速成正比的，而电子控制式气缸注油器采用了注油量与发动机平均有效压力成正比的方式，具有注油定时准确、注油量精准、布油均匀、工作可靠等特点，在不增加缸套磨损量的前提下，可大幅度地降低气缸油的消耗，减少污油排放及对大气的污染。

中远集运在国内首先将 ALPHA 电控注油器用于 MAN B&W MC 系列柴油机上，在改装、使用和管理等方面已获得成功。该技术在航运企业具有良好的推广前景。

经验材料

一、背景

据统计，航运企业油耗占总成本的 10~20%，而船舶主机润滑油成本占主机维护总成本的 70%。在国际能源日趋短缺的紧张形势下，如何降低油料消耗，减少环境污染，提高企业效益，始终是各航运公司的研究课题。

电子控制式气缸润滑技术最早是在 2001 年 5 月德国汉堡举行的第 23 届国际内燃机大会上与用户见面的，引起了众多船舶柴油机制造商与航运企业的关注。在随后的一年多时间里，世界著名的船用柴油机制造厂均将该项技术应用到其产品中，也有众多的国外船东将该技术应用到现有船舶柴油机气缸油润滑系统的改造中，并取得了成功，产生了很好的经济效益。

中远集团及中远集运通过对国外电控气缸注油器的研究、消化、吸收，与有关产品制造商进行了技术交流，就现有船舶技术改造进行了可行性论证，选用了 ALPHA 电控气缸注油器对实船进行改装使用。经过近一年的运行，取得了良好的效果。在此基础上，经中远集团组织专家对该项目进行成果鉴定后，决定在本系统实施推广。目前中远集运已有 20 艘船舶使用了该设备，气缸油消耗量减少达 30%以上，经济效益和社会效益显著。

二、基本原理

传统的机械式气缸注油方式是：注油器在活塞上行时，注油点位于第一、二道活塞环之间向缸内注油。但实际上，现有注油设备难以做到精确地定时向气缸内注油。研究表明，只有当缸内气体压力低于气缸油注油管中的压力时，气缸油才会注入缸内。在短裙活塞柴油机中，这样的机会曲轴转一转有二次，一次是在上止点附近，活塞下边缘打开注油孔，另一次是在下止点附近，缸内进行扫气时；而对于长裙活塞，这样的机会曲轴转一转只有一次，即在缸内进行扫气时。由于现有机械式定时注油很难精确地将气缸油按需注入缸内，所以在实际操作中，主管人员为防止缸壁缺少润滑而造成缸壁严重磨损或导致咬缸事故发生，采取加大注油量，造成实际耗油大大高于气缸润滑所需。这不但造成气缸油的大量浪费，同时还造成柴油机活塞顶面、环带区、气口、排气阀处的结碳，引起活塞环粘着、气流通道的不畅，严重时多余气缸油进入活塞下部引起扫气箱着火。

电控气缸注油器是电子定时控制的气缸油供应系统，是由泵站、气缸油注油器、主控单元、备控单元、人机界面、编码器、转速传感器、油门刻度发送器、反馈部分等组成。气缸油的注射动力来自泵站调节的液压通用回路，供油压力为 4.5Mpa。通过该系统将等量的润滑油均匀输送到各注油针阀，再通过电子定时控制气缸油注入。图 1 为电子气缸注油器原理图。

该系统不仅具有准确的供油定时，而且能够根据主机的平均有效压力(油门及转速)的变化及时改变气缸油供油量。此外，它还提高

了注油压力，改进了注油嘴结构，增加了气缸套上的油槽数量，并优化了油槽方向。

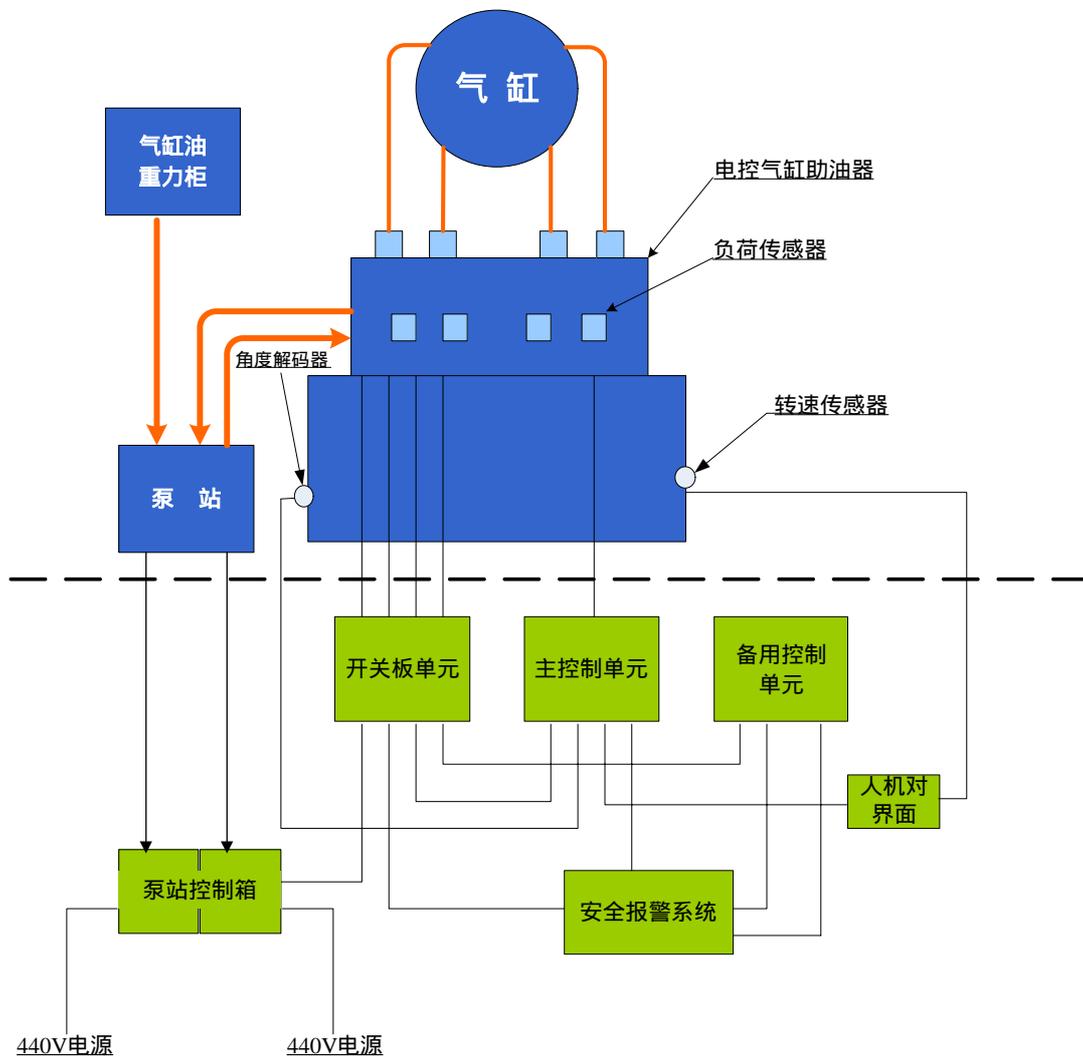


图1为电子气缸注油器原理图

该气缸油注油器的最大优点是：

- (1) 降低了气缸油消耗量，比使用机械式气缸油注油器节省气缸油；
- (2) 缩短气缸检修后的磨合过程，减少磨合期气缸油消耗量；
- (3) 减少气缸套的磨损，延长主机缸套使用寿命。

三、具体做法

在中远集团的指导下，项目组得到了柴油机及电控气缸注油器厂商对实施该项目的技术支持，同时组织资深轮机管理技术人员与院校的科研人员组成一个项目课题组，确保了该项目的顺利开展。

1、收集电子气缸注油器技术资料，对新设备新技术进行技术消化；收集了解电子定时气缸油润滑技术资料与成功的使用经验，为下一步实船应用做好技术保障；做好向中远(集团)总公司提出立项申请的前期工作；2003年5月完成向中远(集团)总公司提出立项申请与费用预算，2003年10月获得集团批复。

2、中远集运负责引进由柴油机制造商 MAN B&W 公司推荐的 ALPHA 电控气缸注油器，选择 10L80MC 为试验机型，对现有润滑系统进行技术改造、试用，最后确定“天后”轮为本项目的试验船，并与2003年8月16日至8月22日，在香港友联船厂坞修期间，由中远集运安排对主机气缸油供给装置进行了改造，安装了一套 ALPHA 电控气缸注油器。



图 2 气缸内新型布油槽



图 3 电子注油器安装位置



图 4 电子注油器泵站



图 5 电子注油器主控面板

3、项目组对电控气缸注油润滑系统进行技术消化。各方协同为实船应用做好技术保障与相关管理人员的技术培训工作，对试验船舶进行技术跟踪与服务，测得实船试验数据，并着重测量气缸油耗量、缸套的磨损量，检查气缸残油、缸内结碳、排气道、扫气箱脏堵、活塞头及废气锅炉污染等情况，与使用机械式注油系统的同类型船舶进行比较，得出数据进行分析，指导试验船舶对电控气缸注油器润滑系统的使用。

4、项目组不间断地做好试验船舶的技术跟踪，总结经验，提出注意事项，在条件成熟时双方召开实验船舶、公司管理人员与生产厂商技术座谈会，进行技术交流、总结，为全面推广该项科技成果做了一定的技术准备。

四、具体措施

1、完善节能管理、加强节能宣传

中远集团已经建立了由集团总公司、各二级公司以及船舶的三级船舶节能减排管理体系。集团总公司由安全技术监督部行使节能减排管理职能；中远集运的船舶燃润油的供应由贸易保障部负责，监督管理由安全技术管理部负责；船舶的节能减排由船舶领导负责。各企业、部门按照公司制订的《燃润油管理程序》负责组织实施，使企业节能管理工作更加规范化、制度化、科学化、合理化。

通过各种手段在全体船岸员工中宣传节能减排的重要性和紧迫性，使船舶领导积极主动地执行公司下达的有利于节约燃润油的各项措施，让船员严格执行计划维修保养体系，从而达到节能减排的目的。

2、强化基础管理、制定操作程序

为了充分发挥该设备的节能减排功能，方便船员维护保养，公司组织制订了该设备操作程序，并下发相关船舶执行。

3、制订应急预案、确保船舶安全

在改装后的船舶上，保留原有机械式注油装置，并组织船员定期进行恢复原系统的应急演练，确保主机及船舶的安全。

4、连续跟踪检测、检验改装效果

对改装后的船舶进行连续技术跟踪，测得实船试验数据，采集

了大量的气缸油耗量、缸套的磨损量、气缸残油的数据，检验改装效果，为进一步发挥电子控制注油器的效能积累使用经验，力争效能最大化。

五、项目成效

1、大幅度地降低了气缸油耗量

表 1 为“天后”轮主机气缸油供给装置改造前 15 个航次的《船舶油料航次消耗报告》中对主机气缸油消耗情况所作的统计，表 2 为改造后 15 个航次《船舶油料航次消耗报告》中对主机气缸油消耗情况的统计。从表 1 和表 2 中数据可以清楚的看到，“天后”轮主机气缸油日消耗量改造前的平均数为 811.96 千克/天(气缸油平均耗油率 1.3913 克/千瓦小时)，改造后的平均数为 620.63 千克/天气缸油平均耗油率 1.1002 克/千瓦小时)，平均每天可节约气缸油 191.33 千克，年节省气缸油 55.80 吨，节油效果十分显著。

2、有利于减轻柴油机气缸套磨损

电控气缸注油润滑装置的基本设计思想是在维持缸套适当的磨损率的同时降低气缸油消耗量。在对 MAN B&W 10L80MC 柴油机气缸套磨损的研究过程中显示，柴油机未装电控气缸注油润滑装置前运行 6258 小时，吊缸检查，缸套磨损量为 0.088mm/kh，柴油机安装电控气缸注油润滑装置后运行 8148 小时，吊缸检查，缸套磨损量为 0.049mm/kh。由此可见，电控气缸注油润滑装置有利于减轻柴油机

气缸套磨损。

3、有利于环境保护

气缸油放残柜内残油油量明显减少，据观察比原来少 20%左右，减轻了污油处理工作量与费用，并有利于船舶履约要求。

环境问题在国际上引起越来越广泛的关注，航运界也新出台许多法制法规以限制船舶废气排放。气缸油注油率的大小对废气中灰尘微粒含量有很大的影响，柴油机排放废气中固体微粒的主要成份为：炭灰、灰炆、氧化硫(SO_x)、碳氢化合物(HC)。气缸油的燃烧产物主要是炭灰和灰炆。

4、减少了维修保养的工作量

采用新系统新技术后，柴油机气缸油的使用更趋科学性与合理性，使原本由于气缸油注入过多所造成的柴油机活塞顶面、环带区、气口、排气阀处的结碳，引起活塞环、排气阀的粘着、气流通道的不畅、严重时多余气缸油进入活塞下部造成扫气箱着火的各种故障与安全隐患大大降低，日常的维修工作量也随之减少，降低了维修费用与船员的工作强度，柴油机的工作可靠性明显提高，由此产生的间接效益也相当可观。

六、适用范围

该项技术目前在 MAN B&W MC 系列柴油机上的使用已取得了成功的经验，在船舶剩余寿命 10 年以上、缸径大于 600mm 的柴油

机上使用具有较好的节能减排效果。

表1 “天后”轮改造前15个航次(2002/08/21--2003/08/16)主机气缸油消耗情况统计

航次	开始与结束时间	航区	航次总海里数	主机平均转速 rpm	主机总运行时间 h	航次消耗气缸油 千克	平均日消耗量千克/24h
116E	2002.08.21-04:00	VAL—SHA	9093	79.53	431.66	15100	839.55
117W	2002.10.10-14:00	SHA—VAL	9594	81.62	462.50	15700	814.70
118E	2002.11.02-08:00	VAL—SHA	9080	81.88	446.45	15323	823.72
119W	2002.12.01-08:00	SHA—VAL	9536	82.00	447.58	16222	869.85
120E	2002.12.21-22:00	VAL—SHA	9024	82.00	431.67	15489	861.16
121W	2003.01.18-21:00	SHA—BAR	9330	81.00	446.67	17066	916.97
122E	2003.02.06-22:00	BAR—SHA	8966	81.25	412.08	15490	902.15
123W	2003.03.06-05:00	SHA—VAL	9512	79.28	462.58	16143	837.55
124E	2003.03.27-15:00	VAL—SHA	9049	79.00	437.42	14367	788.28
125W	2003.04.22-14:00	SHA—BAR	9232	79.00	450.07	15400	821.20
126E	2003.05.14-16:00	BAR—SHA	8986	77.25	444.17	14387	777.38
127W	2003.06.10-18:00	SHA—VAL	9526	74.50	478.55	14809	742.69
128E	2003.07.02-00:00	VAL—SHA	9076	77.25	444.47	14055	758.93
116W	2003.07.28-18:00	SHA—VAL	9470	80.00	485.81	13060	645.19
116E	2003.08.16-10:00	VAL—HKG	8206	79.67	384.03	12900	806.19
合计/平均数				79.68	6665.71	225511	811.96

表2 “天后”轮改造后15个航次(2003/08/22--2004/08/24)主机气缸油消耗情况统计

航次	开始与结束时间	航区	航次总海里数	主机平均转速 rpm	主机总运行时间 h	航次消耗气缸油 kg	平均日消耗量 kg/24h
117W	2003.08.22-23:30	HKG—VAL	8656	78.74	421.55	14050	799.91
117E	2003.10.07-20:00	VAL--SHA	9076	78.50	429.77	11960	667.89
118W	2003.11.12-19:00	SHA--NAP	10209	78.18	514.10	12440	580.74
118E	2003.12.01-12:00	NAP--HKG	7642	79.57	369.55	9300	603.98
119W	2003.12.24-19:00	HKG--BAR	8782	78.88	425.63	15400	868.36
119E	2004.01.14-22:00	BAR--SHA	8995	79.68	452.64	5400	286.32
120W	2004.02.10-19:00	SHA--VAL	9525	76.45	481.53	8366	416.97
120E	2004.03.03-22:00	VAL--SHA	9070	77.43	452.72	11834	627.35
121W	2004.04.01-05:00	SHA-VAL	9466	77.57	468.96	12300	629.48
121E	2004.04.22-08:00	VAL-SHA	9078	79.65	437.10	12500	686.34
122W	2004.05.18-20:00	SHA--VAL	9463	79.51	466.52	11850	609.62
122E	2004.06.08-22:00	VAL--SHA	9070	78.96	437.44	11750	644.66
123W	2004.07.07-06:00	SHA--VAL	9546	79.08	499.00	12900	620.44
123E	2004.07.28-06:00	VAL--SHA	9078	79.66	432.38	12500	693.83
124W	2004.08.24-22:00	SHA-VAL	9554	79.11	484.28	12600	624.43
合计/平均数				78.73	6773.17	175150	620.63

经实船使用，电子定时气缸注油装置具有很好的投资回报率。

表 3 给出的两个实例清楚地说明了该装置的回报率以及成本回收期情况。

按中远集运现有船舶算，有一半以上的船舶可以采用该项技术，按气缸油节约量为 30% 计算(4200 吨/年)，一年就可节约 700 多万美元。

表 3 改装效能经济分析表

机型 MAN B&W	12K90MC	8S60MC-C
SMCR(千瓦)	54840	18080
NCR(=85%SMCR) (千瓦)	46610	15370
燃油含硫量 (%)	3	3
机械式气缸油注油率(克/千瓦小时)	1.22	1.50
电控气缸油注油率(克/千瓦小时)	1.02	1.02
运行时间 (小时/年)	7000	7000
节省气缸油数量(吨/年)	65.23	51.64
气缸油价格(美元/吨)	1700	1700
节省费用(美元)	110932	87793
电控气缸油注油装置价格(美元)	220000	106000
偿还期 (年)	1.98	1.21

推广建议

中远集运是目前中国最大的集装箱班轮运输公司，是水运交通行业的能耗大户。为实现企业的可持续发展，在努力降低燃油消耗的同时，积极研究和采用国外先进气缸注油技术。通过对国外电控气缸注油器的研究、消化、吸收，选用了 ALPHA 电控气缸注油器对实船进行改装使用。经过近一年的运行，取得了良好的效果。目前中远集运已有 20 艘船舶使用了该设备，气缸油消耗量减少达 30%以上，经济效益和社会效益显著。

为了做好船舶主机应用电控气缸注油器先进经验的推广工作，建议如下：

一、交通运输主管方面

- 1、加强节能减排工作的宣传力度，提高全行业的节能减排意识。
- 2、各级领导高度重视，加大技术改造项目的投入力度；政府各级主管部门要对该项目的推广、使用给予优惠政策。
- 3、该项目的企业效益、社会效益显著，在交通行业的技术节能方面树立了典型，从而可带动全行业在技术节能上取得成效。建议由交通部主管部门制作成影像材料，向全行业推广。

二、运输企业方面

- 1、企业领导必须对节能减排工作高度重视，加大本企业技术改

造项目的投入力度。

2、组织科技创新团队，选择经验丰富、责任心强、吃苦耐劳、具有创新意识专业技术人员，研究、开发、使用节能减排新技术，使节能减排工作落到实处。

3、在船舶主机应用电控气缸注油器的过程中，各企业应组织好学习、培训工作。中远集运应提前做好此技术推广前的各项准备工作，包括对其他企业的培训；同时，使用企业应克服畏难情绪，加强对新技术的理解，让使用者熟悉、掌握和正确使用新技术、新设备。

4、在船舶主机应用电控气缸注油器的过程中，各企业应密切跟踪监测柴油机活塞顶面、环带区、气口、排气阀处的结碳情况、缸套磨损情况等参数并加以总结，确保该项技术正常实施。

5、进一步挖掘技术节能减排的潜力。建议对于船舶剩余寿命 10 年以上、缸径大于 600mm 的柴油机上推广使用该项技术并加快推广应用步伐。

6、安装电控气缸注油器的船舶应制定详细的维修保养计划，充实到船舶现有的计划维修保养体系中。