

GRT节能油添加剂的性能评定

楚书凤 薛群基 范煜 唐继廉 金芝珊*

(中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放研究实验室)

【摘要】 用摩擦磨损试验机和皮特W—1、1105、AV—B等发动机台架试验设备评价了含有GRT节能油添加剂的内燃机油的润滑性能、高温氧化腐蚀性和高温清净分散性。试验表明, 加入GRT节能油添加剂后, 改善了机油的承载能力, 降低了摩擦、对摩件的磨损和高温下的氧化腐蚀, 且对机油的高温清净分散性没有影响。实际行车试验表明, 使用GRT节能油添加剂可获得节约燃料油7%的效果。

The Evaluation of GRT Energy Saving Oil Additive

Chu Shufeng Xue Qunji Fan Yu Tang Jilian Jin Zhishan*

(Laboratory of Solid Lubrication, Lanzhou Institute of
Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences)

【Abstract】 The lubrication ability, high temperature detergency and dispersivity of the combustion engine oils containing GRT energy saving oil additive were conducted on friction and wear apparatus as well as Peter W—1, 1105 and AV—B engine test rig. Results show that the addition of GRT additive can improve the load carrying capacity and friction behavior; decrease the wear of friction couple and high temperature oxidative corrosion protection of the base oils, but do not affect their deposit formation character. Road test were taken to clarify the laboratory results. It was indicated that using GRT additive produced the benefits of 7% fuel saving.

前 言

自七十年代初石油危机以来, 世界各国

都十分重视节能技术的开发。我所在1982年开始了“机油中添加强体润滑剂节约燃料油”的研究^[1], 其主要工作包括: 微细化固体润滑剂的选择和评价; 固-油分散体系

*参加本工作的还有陈晓伯、黄春祥、李玉梅、李翼生、高幼银、胡修元等同志。

所需的分散稳定添加剂的制备及性能研究; 固-油分散体系的配方及制备工艺的研究; GRT节能油添加剂与油溶性添加剂的相互作用研究, 以及含GRT的机油之润滑性、稳定性和油品常规性能的测试。本文详细地报导了采用先进的相转移工艺生产的GRT节能油添加剂的各项性能测试结果, 并在相同的试验条件下与国外同类添加剂如Force、NASA 101、STP和48Plus等进行了对比评价。此外, 还进行了发动机台架试验和实际行车试验。以上结果表明, 使用GRT节能油添加剂可降低发动机部件的摩擦和磨损, 延长使用寿命, 并能取得明显的节油效

果, 也表明GRT的各项性能均已达到八十年代国外同类产品的水平。

现将评定结果报导于后:

一、GRT的原料和理化性能

表1给出了制备GRT节能油添加剂的原料、指标和产地。控制石墨微粒的粒度指标是为了获得均匀分散和稳定悬浮的固-油体系。微细化的石墨, 可以进入摩擦接触区并在摩擦面上形成固体润滑膜, 以改善润滑效果; 同时, 不使机油滤清器的微孔堵塞, 避免引起循环通路中断。

表1 GRT节能油添加剂的原料

名 称	指 标	生 产 单 位
石墨微粒(滤饼) KL83-21 基础油	含水量约75%, 粒度在1 μm以下的占95% 分子量4000~8000, 热交联温度230℃ 商品内燃机润滑油	山东南聚石墨矿 兰州化学物理所 兰州炼油化工总厂

含有水分的石墨微粒采用相转移工艺使其由水相转化为油相, 制得固(石墨微粒)-油的均匀分散体。表2列出了由相转移工艺制备的GRT节能油添加剂中石墨的粒度

分析结果。这些产品经过使用表明, GRT中的石墨粒度能够满足使用要求。从而制订了GRT节能油添加剂的质量控制指标(见表3)。

表2 GRT节能油添加剂中的石墨粒度

批 号	批 量 (kg)	石墨原料的粒度		GRT中石墨的粒度		产品使用单位及用途
		1 μm以下(%)	最大粒径(μm)	1 μm以下(%)	最大粒径(μm)	
1	5	98.67	2.45	94.66	2.94	供兰炼台架试验用
2	5			97.29	2.37	供兰炼台架试验用
3	8			95.44	2.51	供兰州化物所行车试验用
4	20	96.45	2.57	93.70	3.48	供总后油料所行车试验用
5	10			94.07	2.49	供总后油料所行车试验用
6	16			93.85	2.62	供南聚石墨矿试验用

表3 GRT节能油添加剂质量控制指标

项 目	指 标	检 验 方 法
石墨粒度	1 μm以下(%)	大于90
	最大粒径(μm)	不大于3 μm, 含量低于0.3%
水 分	痕量	GB260
腐 蚀 度	1 a	ASTM D130

GRT节能油添加剂是以商品内燃机润滑油为基础油，它对机油理化性能的影响与其基础油有很大关系。表4所列10W-30，CC级（机油）中加入以该油为基础油调制

的GRT添加剂前后的各种理化性能指标。由表4可见，加入GRT后的10W-30，CC级油的粘度、残炭和灰分都比原来的有所提高，但其它性能却没有明显变化。

表4 GRT对10W-30，CC级油理化性能的影响

	运动粘度 100℃(m ² /s, ×10 ⁻⁷)	运动粘度比 50℃/100℃	酸 值 (mgKOH/g)	残 炭 (%)	灰 分 (%)	开口闪点 (℃)	凝 点 (℃)
10W-30, CC级油	9.54	4	0.50	0.68	0.5336	190	-50
10W-30, CC级油 +GRT*	12.11	4.5	0.57	0.904	0.6930	199	-50
检验方法	GB265	GB265	SYB2608	GB268	GB508	GB267	GB510

*GRT节能油添加剂的加入量为1% (wt)。

二、实验室评价

1. GRT节能油添加剂润滑性能的评价

改善摩擦表面的润滑状态是减少摩擦损耗的重要途径之一。添加GRT节能油添加剂可提高内燃机油的减摩、抗磨性能，其实验室评价结果列于表5~7中。在各种试验油中GRT的含量均为1% (wt)。

由Falex试验结果可以看出，除10°汽油机油外，GRT对被试内燃机油的极压性能和抗磨性能都有明显提高，SRV试验结

果表明，内燃机油中添加GRT可降低摩擦系数。这是由于GRT中含有固体润滑剂——石墨。用含有GRT的机油作润滑剂，在发动机中经过一定时间运转后，可使相对运动的摩擦表面上形成一层固体润滑膜。在正常运转条件下，这层固体膜与润滑油膜同时起作用；而在苛刻的运转条件下，例如，启动、刹车、减速、突然加速和冲击负荷等情况下，在润滑油膜没有完全形成或是其遭受破坏时，固体润滑膜仍能起润滑作用，它可防止摩擦副表面的金属直接接触，因而降低了摩擦和材料的磨损。

表5 GRT节能油添加剂对内燃机油极压性能的影响

	10° 汽油机油	15° 汽油机油	11° 柴油机油	8° 稠化油	13° 稠化油	11° 稠化油	14° 稠化油
不加GRT	2	3	4	4	2	3	4
加GRT	2	2	2	3	1	2	3

表中数字为失效负荷(N): 1—5560, 2—4443, 3—3336, 4—2224。
试验条件: Falex试验机, 按ASTM D3233 A法评定油品极压性能。
对摩擦件材料: V型块AISI-1137钢, 轴AISI-3135钢。

表6 GRT节能油添加剂对内燃机油抗磨性能的影响

		10° 汽油机油	15° 汽油机油	11° 柴油机油	8° 稠化油	11° 稠化油	13° 稠化油
不加GRT	磨损齿数**	2	24秒钟后 失效*	42秒钟后 失效	17秒钟后 失效	8	7
	摩擦系数	0.060~0.075				0.088~0.098	0.062~0.069
加GRT	磨损齿数	3	5	12	13分钟后 失效	5	6
	摩擦系数	0.060~0.074	0.079~0.092	0.071~0.092		0.063~0.074	0.054~0.074

*失效: 表示在所加负荷下未能经受住15分钟试验。

**磨损齿数: 齿数越大, 磨损量越大。

试验条件: Falex试验机, 负荷为2224N, 按ASTM D 2670法进行试验, 对摩擦件材料同表5。

表 7

GRT节能油添加剂对内燃机油摩擦系数的影响

	10° 汽油机油	15° 汽油机油	11° 柴油机油	8° 稠化油	11° 稠化油	13° 稠化油	14° 稠化油
不加GRT	0.075~0.090	0.090~0.095	0.095~0.110	0.130~0.150	0.073~0.075	0.072~0.078	0.082~0.085
加GRT	0.073~0.080	0.073~0.085	0.090~0.100	0.073~0.100	0.074~0.077	0.075~0.078	0.072~0.080

试验条件：SRV试验机，负荷200N，振幅1mm，频率50Hz，时间30min，点接触。
对摩件材料：GCr15钢。

2. 几种减摩添加剂润滑效果的对比

近年来许多国家都在积极开发新型的减摩添加剂。不少国外产品进入我国市场。例如，TP、NASA 101、STP、BEST、K·W等油溶性添加剂，ARCO、P·P、Force、48Plus和Super等含有固体润滑剂的添加剂。我们在实验室条件下就其中几种减摩添加剂的润滑性能与GRT节能油添加剂进行了对比评价（各种减摩添加剂在机油中的添加量按其各自的说明加入）。结果列在表8和表9中。

表 8 几种减摩添加剂对内燃机

油极压性能的影响

	无添加剂	GRT	Force	NASA 101	STP	48 Plus
10°汽油机油	2	2	1	2	1	2
15°汽油机油	2	2	2	3	2	3
11°柴油机油	4	3	2	3	2	3
8°稠化油	4	3	3	3	3	4
11°稠化油	3	2	3	3	3	3
13°稠化油	2	1	2	2	2	2
14°稠化油	4	3	3	4	3	4

表中数字为失效负荷(N)：1—5560，2—4445，3—3336，4—2224。

试验条件：同表5。

表 9

几种减摩添加剂对内燃机油抗磨性能的影响

		无添加剂	GRT	Force	NASA 101	STP	48 Plus
10° 汽油机油	磨损齿数	2	3	3	3	0	5
	摩擦系数	0.060~0.075	0.060~0.074	0.063~0.071	0.067~0.077	0.060	0.071~0.085
15° 汽油机油	磨损齿数	24秒钟后失效	5	4	15	2	12.5分钟后失效
	摩擦系数		0.079~0.092	0.067~0.095	0.087~0.089	0.054~0.060	
11° 柴油机油	磨损齿数	42秒钟后失效	12	8	3.5分钟后失效	12分钟后失效	7分钟后失效
	摩擦系数		0.071~0.089	0.082~0.101			
8° 稠化油	磨损齿数	17秒钟后失效	13分钟后失效	6分钟后失效	30秒钟后失效	7分钟后失效	5分钟后失效
	摩擦系数						
11° 稠化油	磨损齿数	8	5	3	8	4	9
	摩擦系数	0.088~0.098	0.063~0.074	0.062~0.080	0.070~0.089	0.060	0.080~0.096
13° 稠化油	磨损齿数	7	6	5	6	4	6
	摩擦系数	0.062~0.069	0.054~0.074	0.061	0.071	0.061~0.067	0.060~0.071

表注同表6。

如表中所列，各种减摩添加剂对于提高机油的极压性能大都是有效的；GRT、Force、STP对多数内燃机油的极压性能有明显的提高；Force和STP对10°汽油机油

也有效。就抗磨性能结果而言，也是各种添加剂都有效，其中GRT和Force对各种内燃机油（除10°汽油机油外）的抗磨性有明显提高；STP对10°和15°汽油机油的效果显

著。表10是在10W-30, SB级油中加入各种添加剂后减摩效果的评定结果。

能油添加剂在改善润滑性能方面与国外同类产品水平相当。

从以上试验结果可得出结论, GRT节

表10 几种减摩剂对10W-30, SB级油减摩抗磨性能的影响

	Falex 试验		四球机试验 烧结负荷 (N)	SRV 试验 失效负荷 (N)
	失效负荷 (N)	磨损齿数 摩擦系数		
无添加剂	3336	19 0.076~0.099	686	500
Force	4448	8 0.077~0.080	686	650~700
ARCO	4448	8 0.068~0.074	735	700~900
48 Plus	4448	10 0.068~0.077	686	650~700
P·P	4448	8 0.071~0.077	735	650~800
GRT	4448	8 0.076~0.079	737	700~850

试验条件: 四球机试验, 转速1200r/min, 室温;

Falex试验同表5、表6;

SRV试验, 振幅1mm, 频率50Hz, 点接触, 对磨材料GCr15, 负荷以50N为一级增量, 每一级负荷保持1分钟。

3. GRT节能油添加剂与内燃机油中常用添加剂的相互作用

在内燃机油中通常含有各种清净分散剂、抗氧抗腐剂、增粘剂、降凝剂等。GRT的加入与这些添加剂的相互作用如何将会影响各种添加剂作用的发挥。因此我们选择了几种常用添加剂, 如二烷基二硫代磷酸锌

(兰202)、丁二酰亚胺(兰113B)、石油磺酸钠(T102B)、硫磷化聚异丁烯钡盐(T108)和烷基水杨酸钙(T109)等来考察GRT与它们之间的相互作用。其结果如表11所列。GRT对兰202和T102B等添加剂具有明显的协同作用, 对于其它添加剂也有很好的配伍性。

表11 GRT节能油添加剂与常用添加剂的相互作用 (Falex试验)

	试验油*	试验油加常用添加剂				
		兰202	兰113B	T102B	T108	T109
在试验油中的含量 (wt%)	0	1	1	3	1	1
失效负荷 (N)	4448	5560	4448	5560	4448	4448

* 试验油为10W-30, SB级加1% (wt) GRT节能油添加剂。

试验条件同表5。

4. GRT节能油添加剂对腐蚀性的影响

用俄歇电子能谱仪(AES)对含有各种减摩添加剂的机油润滑的摩擦表面进行了元素分析,结果如表12所列。加有Force、NASA101、STP和48Plus添加剂的机油润滑的摩擦面上,硫和氯元素的含量明显高于未加添加剂的机油的含量,而对于加有GRT的却没有检测到氯,硫的含量也仅与未加它的油相当。含硫和氯的减摩添加剂的减摩机理是由这些元素在摩擦过程中与金属表面生成的化学反应膜起润滑作用。这种反应膜只有一定的寿命,其形成与磨损是迅速地交替进行的,因此实际上是一种有控制的腐蚀现象。而GRT节能油添加剂则是另一种润滑机理,其中所含的石墨对金属件无腐蚀作用。

表12 摩擦表面上的元素分析

	无添加剂	GRT	Force	NASA 101	STP	48Plus
碳	*	*	*	*	*	*
氧	*	*	*	*	*	*
铁	*	*	*	*	*	*
硫	*	*	**	**	**	**
氯	—	—	*	*	—	*
锌	*	*	*	*	*	*

试验用的机油为13^o稠化油。

*表示检测到该元素。

**表示该元素的含量高于基础油中的。

5. GRT节能油添加剂的稳定性

固体微粒的粒度和固-油界面性能对含

表13

皮特W—1型台架的评定结果

润滑油	评定内容	铜铅轴瓦的失重(mg)			活塞清净性评定分数*				机油耗量(g/35h)
		上瓦	下瓦	总计	外裙	内腔	内裙	油孔堵塞	
10W—30, CC级油		20.2	15.9	36.1	10	9.05	10	10	954
10W—30, CC级油+GRT		16.1	16.8	32.9	10	9.06	10	10	890

*活塞清净性评定分数越低越好。

试验方法:SY2629—84。

由表13看出在10W—30, CC级油中加GRT后在高温下对铜铅轴瓦的腐蚀有明显的改善,对机油的清净分散性没有影响,而

有固体润滑剂的减摩添加剂之稳定性有重要影响。因此对于GRT节能油添加剂,除了要严格控制其中的石墨粒度外,还需考察其分散性和悬浮性是否满足要求。因此我们用高速离心机在最大加速度为45170g的条件下(转速为20000r/mim)对其进行了评价试验。同时在粘度相近的条件下与同类产品ARCO、Force进行了对比。旋转半小时后,几种含添加剂的试验油样都在离心管底部有少量微粒沉淀。1小时后,含Force的油样中,微粒全部沉淀,含ARCO和GRT的基本上保持稳定。将含GRT的油样自然存放半年以上未发现分层现象,所以认为GRT节能油添加剂在稳定性方面是能够满足使用要求的。

三、发动机台架试验

理化指标和实验室数据尚不能提供足够的依据来判定润滑油或添加剂在发动机中使用性能的好坏,而实验室台架模拟试验比较接近实际情况。我们在兰州炼油化工总厂研究所及总后油料所进行了单缸发动机台架试验,用不同的机油评定了GRT节能油添加剂在高温下对这些油的抗氧化性、清净分散性和腐蚀性的影响。表13、14是总后油料所提供的试验数据,表15是由兰炼研究所提供的。

机油耗量却明显减少。表14为柴油增压发动机单缸试验台架皮特—AVB的评定结果。数据表明,加入GRT节能油添加剂后在高

表14

皮特—AVB型台架的评定结果(分数*)

润滑油	评定部位								一槽充碳量 (%)	环 粘 结
	一 环 槽	二 环 槽	三 环 槽	二 环 台	三 环 台	外 裙	内 顶	总评分		
10W—30, CC级油	0.40	4.9	8.75	7.85	7.49	9.78	8.80	68.5	89	10
10W—30, CC级油+GRT	0.19	7.81	8.85	7.95	7.54	9.26	6.70	66.1	89	10

* 清净分散性评定分数越低越好。

试验方法: SY2628—84。

温下对油品清净分散性没有影响。表15为用981B机油来考察GRT对油品高温氧化腐蚀性和清净分散性的单缸发动机台架试验结果。这些结果说明,内燃机油中加入GRT节能油添加剂后对油品的上述性能无不良影响;在台架试验过程中未见滤清器堵塞、油路中断和油泥沉积等现象。

表15 高温氧化性及清净性评定结果

台架 润滑油	皮特W—1评定的 轴瓦失重(mg)	浮游机(普) 级*	1105单缸 分数**
981B油	15.6	0.5	6.1
981B油+ GRT	11.0	0.5	7.9

* 浮游机评级为0~6级,0级为最好。

** 1105单缸评分以0分最好,分数越高清净性越差。

四、实际行车试验

尽管实验室的各种试验与实际情况有一定的关联性,但实际行车试验仍是最可靠的验证机油及添加剂效果的方法,因而我们又

表17

行车试验概况

	1*车	2*车	8*车
油 样	10W-30, CC级+GRT	10W-30, CC级	10W-30, CC级+GRT
行驶里程(km)	25000	25000	17000
时 间	1985年6月到1986年5月		
气 温(℃)	最高36, 最低-21		
路 面 情 况	柏油路80%, 山路10%, 土路5%, 碎石路5%		
负 载 情 况	负载10吨, 满载空载各50%		
冷却液温度(℃)	70~80		
机油压力(Pa)	$2 \times 10^5 \sim 3.5 \times 10^5$		

进行了下述的行车试验。

1. 总后油料所奔驰—2026型汽车试验

用三台车况良好的奔驰—2026型车进行了25000公里行车试验。1*、3*两台车装试验油(10W—30, CC级加GRT), 2*车装参比油。表16为试验用车的主要参数;表17为行车试验概况;表18为各路段的燃料油平均消耗量及润滑油耗量。

表16 奔驰—2026型汽车发动机主要技术指标

项 目	主要技术参数
型式与型号	OM—402, V—8, 90° 四冲程水冷非增压柴油机
缸程/冲程长(mm)	125/130
压缩比	17.5
额定功率/额定转速(W/r/min)	188300/2500
冷却液温度(℃)	70~95
机油温度(℃)	75~85
机油压力(Pa)	$2 \times 10^5 \sim 4 \times 10^5$
升功率(W/dm ³)	15200
活塞平均速度(m/s)	10.82
平均有效压力(Pa)	7.2×10^5
强化系数	38.92

表18 燃料油和润滑油消耗量

	燃料油(柴油)耗量($10^{-5}m^3/km$)			燃料油节油率 [*] (%)	润滑油耗量($10^{-6}m^3/km$)
	0~3000 km	3000~12000 km	12000~25000 km		
1*车	36.4	33.8	33.5	7.1	0.020
2*车	34.5	34.5	34.5	—	0.094

* 由于车况不同, 节油率的计算按本台车的后期与初始相比。

在统计中发现, 开始的3000公里路段内, 装试验油的1*和3*车没有出现明显的节油效果, 而后, 燃料油的消耗量明显降低, 并一直持续到12000公里换油时。换油后的行程中, 开始就有明显的节油效果, 并持续到试验结束。这可能是由于在前面12000公里的行程中, 摩擦表面上已形成了固体润滑膜之故。而用参比油的2*车, 车况最好, 一开始耗油就较少, 且一直保持稳定。尽管如此, 长距离行驶后1*车的耗油量逐渐下降, 直至低于2*车的, 特别是润滑油的消耗大大低于参比车的, 这充分显示了GRT的节能效果。

在行车过程中, 分别于6000、9000和12000公里时从机油滤清器放油口处于热车状态下取油样进行常规理化分析, 结果表明, 各项指标均无明显变化。

行驶25000公里后, 对发动机主要摩擦

件进行了拆检和测量: 测量了汽缸套、活塞裙、活塞销、活塞销孔、连杆头铜套、活塞环和连杆轴瓦的失重, 评定了活塞组的清净性、油底壳、机油滤清器油泥、沉积物的生成倾向等。结果表明, 三台车各对摩擦副的磨损值均不大, 特别是从连杆轴瓦的失重情况可以看出加入GRT对磨损的改善。油底壳和机油滤清器处均无油泥和其它沉积物生成, 表明GRT并不影响油品的清净分散性。虽然加入GRT的综合效果与参比油的差距不很明显(这有待更长距离的试验), 但从以上结果已经可以证明GRT节能油添加剂不仅能满足实际使用要求, 而且还可节约燃料油和润滑油。

2. 吉普车行车试验

用我所212型北京吉普车进行行车试验的概况如下: 车型 BJ212A型

车况 大修后行驶10000公里

路况 甘肃地区越野公路

时间 1984年11月到1985年3月

行车试验选择在冬季是为了考察野外低温启动和加速的效果。表19为燃料油和润滑油消耗的情况。由表可见, 轻型车与载重车的试验结果基本一致, 都有明显的节约燃料油及润滑油的效果。

表19 燃料油和润滑油的消耗量

润滑油	汽油耗量 (升/百公里)	节油(%)		润滑油耗量 (升/百公里)
		以14*稠化油为基准	以10W-30 SB级油为基准	
14*稠化油	20.24	—	—	0.36
10W-30, SB级油	18.50	8.6	—	0.18
10W-30, SB级油 + GRT	17.15	15.3	7.3	<0.1
10W-30, SB级油 + GRT	16.67*	17.6*	9.9*	<0.1

* 为行程10000公里的平均耗油量及节油率。

表20 汽车操作性能对比

润滑油	每升油行程(公里/升)	爬坡挡位	冷车启动	机油压力(Pa, $\times 10^5$)	水温($^{\circ}C$)
14*稠化油	4.95	二挡	困难	4	85
10W-30, SB级油	5.40	二挡	困难	4	80
10W-30, SB级油 + GRT	6.00	三挡	容易	1	75

表20给出了操作性能试验结果,用含有GRT的油润滑时,冬季行车过程中容易启动,而且爬坡性能好,说明了固体润滑作用以及发动机动力消耗减少的结果。但机油压力明显降低,需作进一步考察。

五、主要结论

通过对含有GRT节能油添加剂的内燃机油的实验室评价、台架试验和实际行车试验可以得出如下结论:

1. GRT使机油的粘度、残炭、灰分略有提高,但对其它理化指标均无明显影响。
2. 润滑试验表明,GRT是一种优良的减摩和抗磨添加剂,在润滑性能方面都达到了国外同类产品的水平。
3. 台架试验结果表明,含GRT的机油

的清净性能能够达到规范标准,满足使用要求,并在高温下对氧化腐蚀性能有明显的改善。

4. 行车试验结果表明,使用GRT节能油添加剂可获得节约燃料油7%、润滑油50%以上的效益。

5. 认为GRT节能油添加剂可以推广试用,以进一步考核其社会及经济效益。

致 谢

向兰州炼油化工总厂、山东南墅石墨矿和总后油料所在本研究工作中的支持和合作表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 薛群基、楚书凤等, 固体润滑, 9(1989), 1-16。

· 学术动态 ·

第四届全国气体润滑技术交流会召开

由中国机械工程学会摩擦学学会气体润滑专业委员会主持、航空航天部609所筹办的第四届全国气体润滑技术交流会于1988年11月28日~12月4日在湖北襄樊召开。会上交流了40余篇学术论文,主要内容有:气体静压轴承各种特性的理论分析和计算方法;各种形式的空气静压轴承的应用研究和研制;新型气体动压轴承,如悬臂型弹性薄片

动压轴承、波箔型动压轴承、可倾瓦动压轴承等的研制、应用及理论分析;介绍了国内外有关气体静、动压轴承的研究和发展概况等。其中,八篇被评为优秀论文。

气体润滑专业委员会在交流会期间总结了几年来的工作,并为今后工作制订了计划。另外,在会上还增补了部分委员。

金文荣 供稿