

编者按:

内燃机油俗称“机油”，是目前市场用量最大、技术门槛最高的润滑油品种，高档内燃机油的配方技术长期被国外垄断。自2010年起，中国石化瞄准高端内燃机油自主化重大需求，组织中科院、润滑油公司针对不同规格的高档内燃机油开展科技攻关，在“十条龙”科技攻关模式的助推下，完成了“SN PLUS、CK-4等内燃机油开发与工业应用”。高档内燃机油的突破使中国石化内燃机油技术整体达到国际领先水平，实现了从“跟跑”到“并跑”的转变，为我国润滑油行业发展注入了石化力量。

今天就让我们一起了解一下内燃机油背后的故事。

本文版图由 孙文斌 钟锦声 陈子佩 黄作鑫 苏朔 金佳佳 提供

让爱车“喝”上更好的机油

产品名片

◆什么是内燃机油？

内燃机油是用于内燃机的润滑油，在发动机中担负着润滑、清洁、冷却、防锈等重要作用，被称作“发动机的血液”。

根据发动机的特性，内燃机油主要分为汽油机油和柴油机油两种。汽油机油适用于汽油发动机，主要应用于家用轿车。柴油机油适用于柴油发动机，主要用于货车、重型卡车、拖拉机等大排量机动车和工程作业车。

◆高档内燃机油vs普通内燃机油？

发动机工作时，活塞环对于汽缸壁的摩擦速度可以在10~15米/秒，长期的高速运动非常容易造成发动机内部构件的磨损。与低规格的内燃机油相比，高档内燃机油抗磨性更加优异，可以更加有效防止发动机内部构件的磨损和擦伤，显著延长发动机的使用寿命。

同时，发动机工作时，燃烧室温度可以达到2200摄氏度以上，在高温、空气和金属的共同催化下，内燃机油非常容易氧化变质。机油氧化变质后不仅会导致黏度变大、颜色变深，无法正常发挥润滑性能，还会生成酸性化合物腐蚀发动机。高档内燃机油抗氧化性更好，能够在有效保护发动机的同时显著减少机油更换频率。

◆如何判断内燃机油的品质？

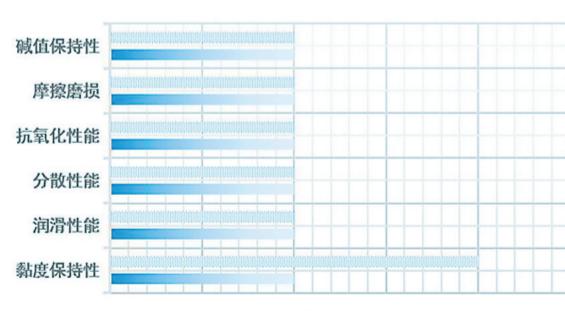
就像汽油可通过92号、95号、98号等不同规格的国家标准来表明品质，内燃机油也可以由其符合的内燃机油质量规格来表示其性能品质。

目前，国际通用的润滑油质量等级标准一项是美国石油学会(API)标准。API标准由两个字母定义的级别表明机油的质量水平和适合的发动机类型。其中，汽油发动机所使用的机油规格以首字母“S”开头(如SP/GF-6)，柴油发动机所使用的机油规格以首字母“C”开头(如CK-4)。级别中第二个字母的排序越靠后，则代表机油的等级越高，相应的性能和环保能力也越好。

另一项国际通用的润滑油质量等级标准是欧洲汽车制造商协会(ACEA)标准，只有满足该标准的产品才能在奔驰、宝马、奥迪等众多来自欧洲或采用欧洲发动机技术的汽车品牌上应用或在欧盟地区销售，如ACEA C5。

API标准和ACEA标准均是国际公认标准，在世界各国都具有通用性和普及性，是衡量内燃机油产品质量、赢得市场的重要保证。

自主技术SN产品VS进口技术产品



自主技术CI-4产品 VS 进口技术产品



行业声音

“经过大量适配性研究，包括发动机试验、整车试验等，结果均表明长城润滑油性能优异，完全满足我们公司对汽油机油质量的严格要求。国产大品牌值得信赖，今后我们将继续加大合作力度。”

——G汽车技术中心高级经理、润滑油项目负责人

“中国石化开发的自主技术CK-4柴油机油，是当前全球最高端质量级别的柴油机油，完全满足国6排放法规下发动机及汽车后处理系统技术需求。”

——中国内燃机学会副秘书长、发动机润滑油中国标准开发创新联盟副秘书长 杨国峰

◆中国石化的努力

SN PLUS、CK-4等内燃机油

“SN PLUS、CK-4等内燃机油开发与工业应用”项目，包含CK-4、CJ-4、CI-4、SP/GF-6、SN+、SN、ACEA C5共7项高档内燃机油的自主配方开发和工业化应用，其中CK-4、SP/GF-6、ACEA C5这三种规格的内燃机油技术指标更先进，研发和生产难度也更大，是高档内燃机油顶皇冠上最闪耀的明珠。



柴油机油 CK-4

CK-4柴油机油规格是2016年API公布的柴油机油规格。该规格可兼容废气再循环、颗粒捕捉器等复杂的尾气后处理系统，满足国6柴油发动机使用和排放要求，是目前最高等级的柴油机油规格。CK-4规格对配方中硫、磷、灰分等指标进行了严苛限制。极高的技术门槛和研发投入让众多添加剂公司望而却步，国内所有的国6发动机只能采用来自美国、英国等的四大添加剂公司CK-4配方技术。

石科院:攻克最高规格柴油机油自主配方

自2017年以来，石科院研发团队从添加剂构效机理研究出发，通过创新模拟试验方法和分子模拟技术开展了4000多项模拟试验评定，对500多个配方组合进行了反复推敲和精心验证。在数千次的摸索、推翻、验证过程中，他们攻克了高烟炱含量分散、高烟炱含量

下磨损控制，低硫磷、低灰分环保配方等多项关键技术，在美国西南研究院(SwRI)一次性通过全部10个发动机试验，使得中国石化成为国内首家掌握CK-4自主配方技术的生产商，消除了一直以来我国自主柴油机油技术与国际最高规格的代际差异。

润滑油:全面满足柴油发动机国6排放标准

润滑油公司精心组织开展CK-4复合剂及油品的试生产工作，并与研发时的样品数据进行对照，确保数据的一致性和稳定性。

在进行油品的切换过程中，他们积极开展不同条件的存储试验和油品混兑试验，确保发动机或储罐内有少量存油，不会导致新切换油出现沉淀、浑浊和分层等异常现象。生产专家优化探

索过程参数，突破生产瓶颈，同时利用自动批量调和系统实现1~10吨小批量快速生产。

经过不懈努力，按照时间节点要求，CK-4 15W-40产品如期一次性成功投产，列入润滑油尊龙系列柴油机油产品线。中国石化生产的长城尊龙T600达到CK-4级别，全面满足柴油发动机国6排放标准。

汽油机油 ACEA C5

由于欧洲汽车对内燃机油性能要求与美国及日韩的不同，ACEA标准对内燃机油的要求也与API标准不同，对于生物柴油兼容性、油泥分散性等方面要求更为严格。C5是ACEA于2016年提出的最新的轻型内燃机油规格，也是这一认证标准中目前的最高等级，适用于装有尾气后处理装置的汽油机和轻型柴油机，兼容生物柴油，是多数欧洲汽车和采用欧洲发动机技术汽车的指定用油。

石科院:剑指欧洲标准研发最高等级油品

石科院研发团队采用试验与分子模拟结合的方法分析技术难点，研究解决方案。根据ACEA C5规格对油品性能的要求，充分研究不同配方组成与油品性能的关系，通过调整20多种添加剂和基础油的种类及含量提高、平衡油品的各项性能。经过400余组油品配方、3000余项模拟试验的反复淬炼，最终成功攻克了多项业界难

题，成功实现了复合剂的全国化。石科院自主研发的油品一次性通过全部8项发动机试验及全部实验室试验，获得ACEA认证，中国石化一举成为全国首个成功研发自主知识产权ACEA C5内燃机油配方技术的企业，为我国车主实现机油国产化替代、降低用车成本、润滑油产品出口欧洲提供了强大技术支撑。



汽油机油 SP/GF-6

SP/GF-6汽油机油规格是API、国际润滑剂标准化委员会(ILSAC)于2020年推出的最新一代汽油机油规格，也是目前最高等级的汽油机油规格。与前代规格相比，SP/GF-6规格针对增压直喷汽油发动机，大幅提高了节能、清净和抗磨等方面性能，同时做出了严格的低硫磷环保限制，评定时需要通过8个全新设计的发动机台架试验，使得对应产品具有极高的技术门槛。



石科院:全国首次实现规格产品同步推出

面对国外公司的强力竞争，在集团公司总部相关部门的指导下，2015年，石科院研发团队提前布局，抢抓机遇，有针对性地开展SP/GF-6自主技术的开发。由于规格尚未正式形成，全球各大添加剂生产商都还没有可供借鉴的开发经验。石科院研发团队勇闯“无人区”，克服困难，完成了300余个油品配方组合的优化筛选设计，攻克了抗氧、抗磨损、清净和节能等多项技术难题，成功开发出三元高效抗氧剂组

合专利技术，大幅提升了油品高温抗氧化性能。产品顺利通过规格要求的全部发动机台架试验，抗氧化性能优于指标99%，燃油经济性优于指标60%。在单车两万公里的换油行驶试验中，各项使用性能表现极为优异。

目前该技术已获得9件中国授权发明专利，技术自主可控，在国内首次实现自主配方技术与发动机油API规格同步推出，实现了我国自主配方技术从“跟跑”到“并跑”的突破。

润滑油:让前沿技术加速进入汽车消费圈

为实现SP/GF-6产品工业化量产，润滑油公司对灌装生产线进行柔性化能力提升，采用模块化方式实现任意需求组合，满足不同包装生产需求。他们通过不断改进与优化工艺，大幅提高生产响应速度，提高产品交付能力；通过专项课题攻关，仅用两周时间就快速实现了SP/GF-6等国产化添加剂的顺利应用。

长城润滑油专家通过互联网云

发布形式，分享前沿技术，普及汽车维护知识，并详细讲解适用于金吉星SP/GF-6升级产品的不同汽车系统，帮助用户全面、立体地了解润滑技术需求，推进SP/GF-6等高端商品的拓市创效。他们还通过加油站零售扫码、“加油站+汽修厂”、零售商招募活动和规模客户开发等路径，在加速形成以中国石化加油站为基础的高端汽油机油消费生态圈过程中加快产品推广。

产品在售

SP/GF-6、CK-4规格机油已在中国石化多家加油站及易捷店售卖，长城润滑油的天猫旗舰店也同步上线销售。



SP/GF-6规格机油比较常见，市场上比较容易买到；CK-4规格机油市场上也可以买到，但因为单次的使用量较大，一般不在加油站销售。ACEA C5规格机油即将开始工业化生产，目前还不能在加油站买到。