

交通运输行业标准

《重负荷机动车发动机冷却液用补充添加剂（SCA）》

（征求意见稿）

编制说明

《重负荷机动车发动机冷却液用补充添加剂（SCA）》编制组

2017年6月

目 录

1 工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	1
2 项目背景	1
2.1 国外概况	1
2.2 国内概况	7
3 编制原则	8
4 主要技术内容的确定	9
4.1 标准范围	9
4.2 引用文件	9
4.3 术语定义	9
4.4 产品分类	10
4.5 技术要求及试验方法	10
4.6 检验规则	14
4.7 标志、包装和运输	14
5 验证试验	15
6 预期的经济效果、社会效果及环境效果分析	16
7 采用国际标准和国外先进标准的程度	16
8 与有关的现行法律、法规和标准的关系	17
9 重大分歧意见的处理经过和依据	17
10 其他应予说明的事项	17

1 工作简况

1.1 任务来源

根据交通运输部科技司《关于下达 2016 年交通运输标准化计划的通知》（交科技函（2016）506 号）文件要求，由交通运输部公路科学研究院（简称“公路院”）组织开展《重负荷发动机冷却液用补充添加剂》交通行业标准的制定工作（计划编号：JT 2016-143）。

本项目主要承担单位为交通运输部公路科学研究院，主要起草人为张旻、唐林、王静、王平等，其中，张旻负责标准制定的组织工作，唐林、王静负责标准的编写及试验验证工作，王平负责标准的调研工作。

1.2 工作过程

2016 年 9 月公路院汽运中心成立标准编制组，内部明确了分工和任务。

2016 年 10 月查阅并搜集国内外重负荷发动机冷却液用补充添加剂的资料。

2016 年 12 月完成 ASTM D5752-10《重负荷发动机冷却液预添加用补充添加剂（SCA）技术规范》等外文资料的中文翻译稿。

2017 年 2 月结合国内外资料，初步编写标准初稿及其编制说明。

2017 年 5 月编制组召开讨论会，对标准初稿进行逐条讨论，提出进一步修改意见。

2017 年 6 月依据编制组讨论意见进行修改，形成标准征求意见稿及其编制说明。

2 项目背景

2.1 国外概况

2.1.1 SCA 技术

20 世纪 50 年代中期，美国康明斯（Cummins）公司首先在冷却液中应用补充添加剂（SCA）来控制铸铁汽缸的缸套穴蚀，随后 SCA 在重负荷冷却系统维护中得到广泛的应用。SCA 的主要作用是防止汽缸缸套穴蚀和冷却系统热表面结垢，同时补充在正常使用过程中添加剂的消耗。

SCA 的发展主要经历了 3 代，最初 SCA 以铬酸盐型配方为主，但由于铬酸

盐污染环境同时能氧化冷却液的二元醇型防冻剂而产生相容性问题，所以后来逐渐被硼砂-亚硝酸盐型 SCA 所代替。

硼砂-亚硝酸盐型 SCA 配方的主要组分为硼砂、亚硝酸盐、硅酸盐和硝酸盐，同时还含有少量抗泡剂、表面活性剂、防垢剂等。其中硼砂主要作为缓蚀剂，将 pH 值控制在合适的范围，亚硝酸盐防止汽缸缸套的气穴腐蚀，硅酸盐和硝酸盐对铝进行保护。硼砂-亚硝酸盐型 SCA 获得了广泛的应用，但同时在使用过程中也发现了很多问题，这种配方的 SCA 中抑制缸套穴蚀的主要组分是亚硝酸盐，亚硝酸盐是属于氧化膜型缓蚀剂，缓蚀剂浓度不足时非常危险，容易在材料表面产生局部腐蚀甚至腐蚀穿孔，所以在使用过程中一般将亚硝酸盐的浓度维持在很高，但亚硝酸盐浓度高对焊锡具有侵蚀作用，容易使接头处腐蚀而出现泄漏。硼砂能加剧铝合金的传热腐蚀和气穴腐蚀。在 SCA 中保护铝合金的主要缓蚀剂为硅酸盐，但若在补充冷却系统使用硬水时，硅酸盐会与硬水中的钙镁离子反应而失去对铝的保护。在实际使用过程中，SCA 的浓度经常达到推荐浓度的 3~4 倍，硅酸盐含量高容易出现硅酸盐凝胶，使硅酸盐析出，同时溶液中的固溶体含量高，还会引起水泵泄露。

由于硼砂-亚硝酸盐型 SCA 在使用过程中存在的很多不足，SCA 的开发和使用都希望获得足够的缸套穴蚀保护，同时能够降低亚硝酸盐的含量以减轻对焊锡的侵蚀，并且改善在硬水条件下对铝合金的保护效果。20 世纪 80 年代中期，钼酸盐型缓蚀剂在冷却液中的应用促进了 SCA 技术的发展。对于钼酸盐缓蚀剂在冷却液中的使用效果，国外研究人员使用玻璃器皿腐蚀试验、铝合金在无压和加压状态下的传热腐蚀试验、福特公司 BL3-2 铝泵气穴腐蚀试验及恒电流试验等方法进行了系统的研究。通过对钼酸盐、磷酸盐和硼砂在单独使用和复配使用条件下的防腐效果进行研究，得出以下结论：（1）钼酸盐、磷酸盐和硼砂中的任何两种复配使用，可以防止铸铁和铸铝腐蚀；铜、钢和低铅焊锡三种金属，可以用硼砂与硝酸盐组合，或者钼酸盐与磷酸盐组合与甲基苯三唑混合使用，可以得到很好的保护。磷酸盐对高铅焊锡具有很强的腐蚀作用，但与钼酸盐配合使用可将腐蚀程度大大降低。（2）钼酸盐对加压和无压状态下的铝合金传热腐蚀都具有保护作用。低浓度的磷酸盐在无压和加压状态下的传热铝合金都具有侵蚀作用，但高浓度磷酸盐对无压状态下的传热铝合金侵蚀作用很小，在加压状态下则

具有保护作用。而硼砂在所有的浓度范围内都对传热铝合金具有侵蚀作用。对铝合金的传热腐蚀可以通过高浓度的磷酸盐和合适浓度的钼酸盐配合实现。（3）钼酸盐和磷酸盐对铝泵的气穴腐蚀都具有抑制作用，硼砂浓度超过一定值时会加剧铝泵的气穴腐蚀。（4）钼酸盐与磷酸盐具有协同缓蚀作用，配合使用时能降低添加剂的消耗速率。

由于钼酸盐对铝合金的很好的保护作用，对其他金属无侵蚀，同时与磷酸盐之间的协同缓蚀作用能够对铸铁进行保护，弗列加/康明斯公司在 20 世纪 80 年底开发出了以磷酸盐和钼酸盐为主的第三代磷酸-钼酸盐型 SCA 配方。磷酸-钼酸盐型 SCA 中，用磷酸盐和钼酸盐代替了硼砂-亚硝酸盐配方中的硼砂，磷酸盐作为缓冲剂，使用钼酸盐和亚硝酸盐共同作用抑制汽缸缸套穴蚀。由于磷酸盐和钼酸盐之间的协同缓蚀作用，降低了亚硝酸盐和硅酸盐的浓度。磷酸-钼酸盐型 SCA 与硼砂-亚硝酸盐型 SCA 相比具有以下几方面的优点：（1）对铝合金更好的保护效果。磷酸-钼酸盐型 SCA 在添加硬水时具有更好的保护效果。硼砂-亚硝酸盐型 SCA 主要依靠硅酸盐对铝进行保护，在添加硬水时，硅酸盐与硬水反应便失去了对铝合金的保护效果。在磷酸-钼酸盐型 SCA 配方中，即使硅酸盐与硬水反应后，配方中的磷酸盐和钼酸盐都能对铝合金提供保护作用。而且这种配方的 SCA 对铝传热腐蚀的保护效果更好。（2）对焊锡保护效果更好。硼砂-亚硝酸盐型 SCA 使用高浓度的亚硝酸盐防止汽缸缸套穴蚀，但高浓度的亚硝酸盐对焊锡具有侵蚀作用。亚硝酸盐的含量在超过 3000mg/kg 时，就会引起焊锡腐蚀，而硼砂-亚硝酸盐型 SCA 推荐的亚硝酸盐含量为这一含量的二倍。在磷酸-钼酸盐型 SCA 中，亚硝酸盐的含量大大降低，约为 700mg/kg，所以由于亚硝酸盐侵蚀作用引起的焊锡腐蚀明显减少，容易对焊锡进行保护。（3）与冷却液的相容性得到了提高。SCA 在冷却液中使用，冷却液或 SCA 中的硅酸盐有时会产生凝胶出现相容性问题，所以在 ASTM D4985 的重负荷冷却液规范中要求冷却液的硅酸盐含量低，目的就是避免在使用过程中与 SCA 产生相容性问题。在磷酸-钼酸盐型 SCA 配方中，由于钼酸盐对铝合金都具有保护作用，降低了 SCA 中硅酸盐的含量，因而硅酸盐凝胶的可能性降低，相容性能得到提高。（4）改善了缸套穴蚀保护效果。SCA 最重要的功能是防止汽缸缸套穴蚀，硼砂-亚硝酸盐型 SCA 通过使用高浓度亚硝酸盐提供了很好的缸套穴蚀保护效果。在磷酸-钼酸

盐型 SCA 中，不但磷酸盐和钼酸盐对铸铁的全面腐蚀的保护具有协同缓蚀作用，而且钼酸盐与亚硝酸盐对铸铁的缸套穴蚀保护也具有协同缓蚀作用，各使用 250 mg/kg 的亚硝酸盐和钼酸盐复配后的效果要比单独使用 500 mg/kg 的任何一种缓蚀剂的防腐效果都要好得多。在磷酸-钼酸盐型 SCA 中，由于钼酸盐与亚硝酸盐之间存在的协同缓蚀作用，亚硝酸盐的含量比硼砂-亚硝酸盐型 SCA 降低了 50%~60%，而且对缸套穴蚀的保护效果更好。

2.1.2 SCA 规范

补充添加剂（SCA）虽然使用了相当长的一段时间，而且 ASTM 在 1985 年开始发布了需预加 SCA 的重负荷发动机冷却液规范，但直到 1995 年才颁布了第一个 SCA 规范 D5752《用于重负荷发动机冷却液预加的补充添加剂（SCAs）规范》。D5752 主要内容如下：

（1）SCA 产品可以与水、稀释后的浓缩液、稀释液成品混合使用，也可升级轻负荷冷却液使其达到 D6210 重负荷冷却液的技术要求。使用 SCA 的冷却液应为低硅型产品，如果是乙二醇型冷却液应符合 D4985。

（2）通用要求。SCA 依据厂家推荐的比例，加入到水或水/二元醇混合液中，产品性能应与满足 D6210 的冷却液相同，除了沸点和冰点指标。液体 SCA 储存在原厂包装容器中，在-7°C~55°C环境下不应产生化学变化。出现的任何沉淀物在加热搅拌下应能完全溶解。固定及膏状 SCA 的生产、包装及储存中应防止出现化学或物理变化。不考虑湿度的话，储存在-7°C~55°C环境下不变质。如果发动机厂家、车辆厂家或维修厂家推荐向符合 D6210 规范的全配方冷却液中添加预加剂量的 SCA 产品，那么推荐者有责任进行相容性测试，并进行合理试验。目前，仅推荐向符合 D4985 规范的冷却液中使用预加剂量的 SCA 产品。

（3）技术要求。试验溶液准备见表 1。所用二元醇，包括乙二醇及丙二醇，应符合 E1177 规范。所用蒸馏水应符合 D1193 中的IV型水。新配制的试验溶液数量应充足，足够完成指定的试验。试验溶液在试验开始前的储存时间不能超过 96h。

表 1 试验溶液组成（用于表 2 使用性能试验）

试验项目及方法	SCA 加入浓度	基础溶液
玻璃器皿腐 D1384	厂家推荐预加剂量的 一半	标准腐蚀水（每升水中含硫酸钠 148mg、 氯化钠 165mg 及碳酸氢钠 138mg，下同）
玻璃器皿腐蚀 D1384	厂家推荐预加剂量的三 倍	33%体积二元醇+67%体积标准腐蚀水
泡沫倾向	厂家推荐预加剂量	33%体积二元醇+67%体积标准腐蚀水

D1881		
模拟使用腐蚀 D2570	厂家推荐预加剂量	44%体积二元醇+56%体积标准腐蚀水
铝泵气穴腐蚀 D2809	厂家推荐预加剂量	16.7%体积二元醇+83.3%体积标准腐蚀水
铸铝合金传热腐蚀 D4340	厂家推荐预加剂量	25%体积二元醇+75%体积腐蚀水（每升水中含氯化钠 165mg）

依据表 1 准备的试验溶液，其使用性能应符合表 2 要求。

表 2 使用性能要求

项目	指标	试验方法
玻璃器皿腐蚀，质量损失，mg/试片 紫铜 焊锡 黄铜 钢 铸铁 铝	≤ 10 ≤ 30 ≤ 10 ≤ 10 ≤ 10 ≤ 30	D1384
模拟使用腐蚀，质量损失，mg/试片 紫铜 焊锡 黄铜 钢 铸铁 铝	≤ 20 ≤ 60 ≤ 20 ≤ 20 ≤ 20 ≤ 60	D2570
泡沫倾向 泡沫体积，mL 泡沫消失时间，S	≤ 150 ≤ 5	D1881
铝泵气穴腐蚀，等级	$\geq 8\text{min}$	D2809
铸铝合金传热腐蚀， $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{周}$	≤ 1.0	D4340
抗超声波气穴腐蚀性能	见附件 A1	制定中
SCA 与二元醇型冷却液相容性	——	D5828
抗热表面结垢和沉积物性能 ^C	——	制定中

通用性能应符合表 3 要求，理化性能要求符合表 4 要求。

表 3 通用性能要求

项目	指标	试验方法
对非金属材料的影响 ^A	无有害影响	制定中
储存稳定性	见通用要求	——

^A试验溶液配制：将 SCA 产品按照厂家推荐的预加剂量，加入到二元醇（乙二醇或丙二醇）：水的比例为 50:50（体积比）的混合溶液中。

表 4 理化性能要求

项目 ^A	指标	试验方法
灰分，质量分数，%	≤ 5	D1119
pH	7.5~11.0	D1287
储备碱度	报告值 ^B	D1121

氯含量, ppm	≤25	D3634, D5827 ^C
硅含量, ppm	≤250	D6129, D6130
对汽车有机涂料的影响	无影响 ^D	D1882
^A 试验溶液配制: 将 SCA 产品按照厂家推荐的预加剂量 (通常为 3% 体积比), 加入到水中得到。		

(4) 化学组分要求。SCA 还应具有抗气穴腐蚀 (也称缸套点蚀) 和热表面结垢的能力。热表面结垢主要发生在缸盖、缸盖垫或液冷排气歧管、油冷却器、后部冷却器以及废弃循环 (EGR) 冷却器。ASTM 正在制定关于气穴腐蚀和热表面结垢的方法。在正式方法出来之前, 应执行以下强制要求:

在 ASTM 有效评估缸套衬里腐蚀的试验方法制定之前, 符合本规范的 SCA 产品在依据厂家推荐的预加剂量条件下, 应符合以下要求: 冷却系统中亚硝酸 (以 NO_2^- 含量计) 含量不得低于 1200ppm; 或者冷却系统中亚硝酸 (以 NO_2^- 含量计) 和钼 (以 MoO_4^- 含量计) 的总含量不得小于 780ppm, 其中亚硝酸和钼的单组分含量不得低于 300ppm。低于上面要求, 将不能有效保护冷却系统。上述化学组分要求在下列情况, 可不作要求: SCA 厂家和发动机厂家, 对除了上述一种或多种化学组分限值达成一致; 双方就某些试验数据或实际性能试验达成一致, 这些试验能证明 SCA 组分能有效减少气穴腐蚀; 实际性能试验可以在单缸或多缸发动机进行。在选择发动机或车辆厂家时, 该类试验可在“独立发动机台架”或集成发动机如车辆、动力船或固定机组等设备上进行。目前针对热表面结垢及沉积物, 暂无专门的化学组分要求, 该试验方法正式发布后, 将列于表 2 中。

2.1.3 SCA 应用

重负荷车辆的年行驶里程远高于轻负荷车辆, 其冷却液中添加剂的消耗速度更快, 同时重负荷发动机的汽缸缸套由于活塞的撞击振动很容易产生气穴腐蚀。为了减少车辆在维修时停工所损失的收入, 重型车队应该在柴油发动机中使用一种特定的配方冷冻液。这种类型的防冻液在工业中作为“低硅酸盐”防冻液, 或者为 ASTM D4985 所确定的防冻液。但根据设计, 在还没有加入车辆前, 低硅酸盐的防冻液是需要添加补充添加剂 (SCA)。在市场上符合 ASTM D4985 规格但相互竞争的防冻液的化学性能各异, 所以 SCA 规范一定要设计成兼容的, 并且能够令多种不同的防冻液相互补充。SCA 使冷却系统中的添加剂维持在正常的浓度水平, 在重负荷冷却系统的维护中起到了重要的作用, 重负荷柴油发动机制造商通常要求在冷却液维护过程中加入 SCA 以对湿式发动机缸套提供足够的保护。康明斯公司和弗列加 (Fleetguard) 公司的使用经验是, 不使用 SCA 汽缸缸

套在里程不到4.8万公里就会出现穴蚀。

康明斯柴油机采用专门的DCA4 (Dry Chemical Additive 4) 干式化学添加剂及添加剂测试纸用于其柴油机的维护和保养。康明斯系列柴油机均为散热器式的水冷系统, 主要由散热器、水泵、气缸体水道、气缸盖水道、出水管、节温器、水滤器、中冷器、机油冷却器, 以及选用件空气压缩机、液压油冷却器、湿式排气管等构成。康明斯发动机冷却系统常见故障有气缸套和水泵叶轮穴蚀(点蚀), 金属部件腐蚀, 热表面结垢等, 针对以上故障现象可以采取多种措施降低危害, 其中标准的作法是在冷却液中添加由美国弗列加 (Fleetguard) 公司研制, 并由国内公司生产的DCA4干式化学添加剂。DCA4添加剂要根据DCA4测试纸的检测结果来进行添加, 也就是说在康明斯柴油机冷却系统的维护保养过程中两者要同时使用。DCA4测试纸目前主要有两种形式, 一种是袋装, 内部有一张比色卡和若干测试纸; 另一种为瓶装, 内装测试纸若干, 比色卡贴附于瓶体。DCA4测试纸使用方法如下: 首先, 将试纸末端测试药垫与比色卡对应行(乙二醇含量/凝固点) 比对, 得出冷却液凝固点并记录; 其次, 将试纸中间位置测试药垫与比色卡对应列(钼酸盐) 比对, 得出冷却液钼酸盐含量水平并记录; 最后, 将试纸最后的测试药垫与比色卡对应行(亚硝酸盐) 比对, 得出冷却液亚硝酸盐含量水平并记录。根据DCA4测试纸与比色卡的对比结果, 得到冷却液添加剂(SCA) 浓度, 然后根据冷却液添加剂得浓度进行DCA4试剂的添加,

2.2 国内概况

我国是重负荷柴油车辆拥有量较高的国家, 这些车辆绝大部分活跃于道路运输行业。据统计 2015 年我国汽车用柴油机年销量超过 257 万台, 2016 年我国公路运输车辆达到 1500 万辆。发动机冷冻液对于减少车辆故障的重要意义很少为人理解。维修管理人员和工业专家估计一个重负荷柴油发动机的停机, 40%以上是和冷冻系统有关。实际上, 如采取适当的预防性的维护, 所有这些问题都是可以防止的。冷冻液带走发动机过剩的热量。没有冷冻液的情况下, 发动机金属将很快软化变形, 导致严重损失。而且因为水对发动机金属是有腐蚀性的, 冷冻液必须包含防腐剂以防生锈和其他削弱引擎零件或散热器的损害。有许多金属需要保护, 如: 铁、钢、铸铁、铜、黄铜和焊接物。而且, 冷冻液必须不能破坏引擎里的橡胶管和衬垫。除此之外, 冷却液还必须能提供防冻和防沸保护。

重负荷车辆所用冷却液主要有两种来源：一是采用全配方重负荷冷却液，满足 D6210 标准要求；二是联合使用低硅型轻负荷冷却液和 SCA，SCA 除了可以首次预装到冷却系统外，SCA 还可以通过后续补加，来弥补使用过程中消耗的添加剂，延长了冷却液在重负荷发动机上的使用时间。

在使用 SCA 的过程中，应注意所使用的重负荷冷却液所满足的规范。如果已是全配方重负荷冷却液，在使用前不需要预加。同时应注意预加量与维护过程中的维护剂量不同，一般预加量按照体积分数的 3% 使用，维护剂量比预加量低，一般为预加量的 1/3，在使用过程中一定要按照 SCA 推荐的浓度进行使用。使用 SCA 时，不要超过建议的使用剂量，否则浓度过高会造成添加剂析出，堵塞散热器和加温器芯，同时过高的溶解固体含量还会引起水泵泄漏。不同重负荷车辆补充添加剂的使用方式可能有所不同，有的可直接加入，有的 SCA 是通过冷却液过滤器加入的，但必须注意预加与补充应使用不同的滤芯。使用 SCA 定期补加和维护的冷却液，使用寿命一般为 16—32 万公里或者 1~2 年。

在防冻冷却液的竞争中，能够满足 ASTM D4985 低硅型冷却液规格的化学成分却各不相同，所以在设计的补充添加剂（SCA）时，必须考虑兼容许多不同的防冻冷却液。在实际投入使用的冷却液中，有一些化学成分的重叠在所难免。此外，防冻剂、水和 SCA 的混合物很难监测，这就可能导致 3 个组成部分其中之一过多或过少的消耗，结果带来的问题是要么保护的不够，要么化学物质失衡。事实上 SCA 本身产品质量不过关或者使用不恰当，会给冷却系统带来一系列问题：①抑制剂的沉淀或析出，尤其是硅酸盐和磷酸盐；②补充添加剂（SCA）浓度过高；③过早出现水泵漏水故障；④损坏气缸套；⑤损坏散热器。

随着国外发动机企业如康明斯等很早进军国内汽车行业及工程机械行业，配套的 SCA 技术也于 20 世纪 90 年代末在国内应用起来。目前我国已经制定了全配方重负荷冷却液标准和轻负荷冷却液标准（GB 29743），但对于 SCA 尚缺乏相关技术规范。

3 编制原则

3.1 科学先进原则。积极采用国外先进标准规范，充分借鉴国外关于重负荷冷却液补充添加剂的技术资料，并结合国内国情加以消化吸收。

3.2 效益最佳原则。从国内冷却液行业全局出发，在深入调研的基础上，吸收重负荷车辆用户、冷却液补充添加剂生产企业、汽车维修企业、检测机构和行业管理部门等各相关单位的意见，考虑全社会的综合效益。

4 主要技术内容的确定

4.1 标准范围

本标准规定了符合重负荷车辆冷却液预加使用的补充添加剂应满足的技术条件。本标准的主要技术内容包括：相关术语定义、技术要求和试验方法、检验规则、标志、包装和贮存等。为与 GB20743-2013《机动车发动机冷却液》保持一致，本标准名称更改为《重负荷机动车发动机冷却液用补充添加剂（SCA）》。

本标准适用范围：（1）重负荷发动机冷却液用补充添加剂（以下简称“补充添加剂”）是以预加剂量为前提的，补充添加剂用量的多少直接影响测试项目的试验结果，因此界定补充添加剂用量十分重要，按照国外相关标准，采用预加剂量这一概念。（2）从补充添加剂组分来看，本标准适用于含亚硝酸盐、钼酸盐组分的重负荷发动机冷却液用补充添加剂，这两种组分在保证最低浓度的情况下，被证明能有效防止缸套穴蚀。（3）从产品添加对象看，补充添加剂适用于加入到低硅型轻负荷冷却液中，使得添加后的冷却液能够满足重负荷发动机使用要求；补充添加剂也可加入到水或水/二元醇溶液中（如稀释液成品、稀释后的浓缩液等），其防冻效果需单独评估；在未进行相容性试验前，不建议将补充添加剂加入至全配方重负荷冷却液。

4.2 引用文件

本标准制定过程中，主要参考了发动机冷却液国家标准GB 29743-2013《机动车发动机冷却液》和美国材料试验协会制定的ASTM D5752-10《用于重负荷发动机预装冷却液的补充添加剂规范》。引用文件基本是涉及补充添加剂技术指标所用到的试验方法。关于补充添加剂试验溶液专门制定了附录A。本标准引用的离子含量试验方法为JT/T XXX《机动车发动机冷却液无机阴离子测定法 离子色谱法》，已于2017年1月完成送审。

4.3 术语定义

补充添加剂（supplemental coolant additives）通常用来加入到轻负荷冷却液

中，使得添加后的冷却液能够满足重负荷发动机使用要求的一类物质。补充添加剂从功能上看，为一类缓蚀剂物质，用于强化缓蚀效果，使冷却液达到重负荷发动机使用要求，或者补充冷却液使用过程中添加剂的消耗，延长冷却液使用寿命。补充添加剂不能提供冰点保护效果，这部分功能是由二元醇提供。

预加剂量（precharged dosage）初次加入到每单位待添加液体中的补充添加剂用量，一般由生产商规定。补充添加剂不同于发动机冷却液，发动机冷却液是独立产品，可直接使用，其用量多少取决于车辆冷却系统大小；而补充添加剂需与冷却液联合使用，这就涉及到配比问题。预加剂量是补充添加剂的一种用量方式，是指将补充添加剂按照预加剂量的比例要求，初次或首次加入到被添加冷却液中，此时添加后的冷却液将能够满足重负荷发动机的使用要求。很明显，预加剂量大小将由补充添加剂厂商自主确定，并需有明确标注以使用户知悉。

4.4 产品分类

本标准规定的补充添加剂可以为液体、膏状物或固体，具体形态由供需双方协商确定。补充添加剂的英文全称 Supplemental Coolant Additives，简称 SCA，也是国内外行业通用的叫法，因此规定补充添加剂代号为“SCA”。

4.5 技术要求及试验方法

本标准规定的补充添加剂，其技术要求的项目及试验方法参考 ASTM D5752-10《用于重负荷发动机预装冷却液的补充添加剂规范》和 GB 29743-2013《机动车发动机冷却液》。补充添加剂的技术要求分成两部分：理化性能和使用性能。

(1) 理化性能要求

补充添加剂的理化性能要求分为常规理化指标和化学组分指标。补充添加剂在进行理化性能项目试验前，均需配成规定要求的试验溶液，具体来说就是将补充添加剂按照厂家推荐的预加剂量比例，加入到水中调配而成。

常规理化性能要求包括灰分、pH 值、储备碱度、氯含量、硅含量、对汽车有机涂料影响等 6 项。试验项目的设置及技术指标均参考自 ASTM D5752-10，试验方法均引用国内相关标准。具体见下表 5：

表 5 补充添加剂理化性能要求

项 目	要 求	试验方法
-----	-----	------

灰分（质量分数）/%	≤5	SH/T 0067
pH 值	7.5~11.0	SH/T 0069
储备碱度/mL	报告值	SH/T 0091
氯含量/（mg/kg）	≤60	SH/T 0621 ^a JT/T XXX
硅含量/（mg/kg）	≤250	NB/SH/T 0828
对汽车有机涂料的影响	无影响	SH/T 0084
^a 出现争议的情况下，SH/T 0621 为仲裁方法。		

化学组分性能要求是针对补充添加剂的使用场合重负发动机提出的。SCA 还应具有抗气穴腐蚀（也称缸套点蚀）和热表面结垢的能力。热表面结垢主要发生在缸盖、缸盖垫或液冷排气歧管、油冷却器、后部冷却器以及废弃循环（EGR）冷却器。ASTM 正在制定关于气穴腐蚀和热表面结垢的方法，在 ASTM 有效评估缸套衬里腐蚀的试验方法制定出之前，应执行特定化学组分的强制要求。SCA 厂家和使用单位已对几种化学组分进行了广泛的试验，结果表明这些组分在实际发动机试验中能缸套衬里腐蚀影响降至最低。重负荷发动机用户经验表明，SCA 组分低于特定限值要求（下表 6）的将不能提供长效的气穴腐蚀保护能力。化学组分试验项目的设置及技术指标均参考自 ASTM D5752-10 强制性附件 A1。

表 6 补充添加剂化学组分要求

项 目		单组分要求	双组分要求	试验方法
亚硝酸盐（以 NO ₂ 计）含量/（mg/kg）		≥1200	—	JT/T XXX
亚硝酸盐（以 NO ₂ 计）和钼酸盐（以 MoO ₄ 计）	总量/（mg/kg）	—	≥780	JT/T XXX NB/SH/T 0828
	单组分含量/（mg/kg）	—	≥300	

其他化学组分的新配方也可能会提供满意的保护效果。供需双方通过验证试验协商一致，新组分可代替上述所列组分。验证试验包括实验室间气穴对比试验、发动机损坏评级对比试验等。相关方协商可选择一种或两种验证方法。

（2）使用性能要求

补充添加剂的使用性能要求与冷却液产品标准类似。补充添加剂在进行使用性能项目试验前，均需配成规定要求的试验溶液（下表 7），配制的试验溶液应能满足检验用量需求，并在 96 小时内用于试验。

表 7 使用性能试验溶液配制

项目	试验溶液组成		
	补充添加剂	二元醇	腐蚀水

		(乙二醇或丙二醇)	
玻璃器皿腐蚀(低剂量)	按预加剂量的 50%添加	—	100% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入硫酸钠 148mg、氯化钠 165mg、碳酸氢钠 138mg 配成)
玻璃器皿腐蚀(高剂量)	按预加剂量的 3 倍添加	33% (体积分数)	67% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入硫酸钠 148mg、氯化钠 165mg、碳酸氢钠 138mg 配成)
模拟使用腐蚀	按预加剂量添加	44% (体积分数)	56% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入硫酸钠 148mg、氯化钠 165mg、碳酸氢钠 138mg 配成)
泡沫倾向	按预加剂量添加	33% (体积分数)	67% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入硫酸钠 148mg、氯化钠 165mg、碳酸氢钠 138mg 配成)
铸铝合金传热腐蚀	按预加剂量添加	25% (体积分数)	75% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入氯化钠 220mg 配成)
铝泵气穴腐蚀	按预加剂量添加	16.7% (体积分数)	83.3% (体积分数) 腐蚀水 (腐蚀水由每升水中加入硫酸钠 148mg、氯化钠 165mg、碳酸氢钠 138mg 配成)

使用性能要求包括灰分、玻璃器皿腐蚀、模拟使用腐蚀、泡沫倾向、铸铝合金传热腐蚀及铝泵气穴腐蚀等 6 项。试验项目的设置及技术指标均参考自 ASTM D5752-10, 试验方法均引用国内相关标准。具体见下表 8:

表 8 补充添加剂使用性能要求

项目		要求	试验方法
玻璃器皿腐蚀 (低剂量) (88°C±2°C, 336h±2h)	质量变化 mg/试片	紫铜	-10 ~ +10
		黄铜	-10 ~ +10
		钢	-10 ~ +10
		铸铁	-10 ~ +10
		焊锡	-30 ~ +30
		铸铝	-30 ~ +30
玻璃器皿腐蚀 (高剂量) (88°C±2°C, 336h±2h)	质量变化 mg/试片	紫铜	-10 ~ +10
		黄铜	-10 ~ +10
		钢	-10 ~ +10
		铸铁	-10 ~ +10
		焊锡	-30 ~ +30
		铸铝	-30 ~ +30
模拟使用腐蚀 (88°C±3°C, 1064h±2h)	质量变化 mg/试片	紫铜	-20 ~ +20
		黄铜	-20 ~ +20
		钢	-20 ~ +20

		铸铁	-20 ~ +20	
		焊锡	-60 ~ +60	
		铸铝	-60 ~ +60	
泡沫倾向	泡沫体积/mL		≤150	SH/T 0066 ^a
	泡沫消失时间/s		≤5.0	
铸铝合金传热腐蚀 (135 ± 0.5℃, 103kPa ± 3kPa, 100h) 质量变化 / (mg/cm ²)			±1.0	SH/T 0620
铝泵气穴腐蚀(113℃±1℃, 103kPa±3kPa, 100h)/级			≥8	SH/T 0087
^a 泡沫倾向试验用参比液按 GB 29743 附录 B 配制。				

玻璃器皿腐蚀——玻璃器皿腐蚀采用静态模拟浸泡试验法来评价冷却液的防腐特性。该法选取冷却系统代表性的金属材料,置于模拟的冷却液使用环境中,比较试验前后材料失重得出结果。实验设备简单,重复性较好,是冷却液最基本的腐蚀评价方法,为国内外标准广泛采用。检测方法采用 SH/T 0085《发动机冷却液腐蚀测定法(玻璃器皿法)》,该方法是依据 ASTM D1384 制定的。补充添加剂的玻璃器皿腐蚀采用两种不同的试验溶液,分别是低剂量 SCA 和高剂量 SCA。

模拟使用腐蚀——模拟使用腐蚀是玻璃器皿腐蚀的“升级版”。该项模拟冷却液在冷却系统中使用的各种条件,周期较长,性能评价上更贴近实际。模拟使用腐蚀项目是很好的冷却液开发工具,检测方法采用 SH/T 0088《发动机冷却液模拟使用腐蚀测定法》,该方法是依据 ASTM D2570 制定的。

泡沫倾向——泡沫倾向试验主要是测试冷却液中消泡剂的效果。冷却液在工作条件下,容易产生泡沫,过多的泡沫会加剧穴蚀,降低散热效果,还可能造成冷却液溢流损失。除了 ASTM D1881 考察 88 条件下的泡沫倾向,ASTM 还制订 D4921 常温下冷却液泡沫测试方法,用于模拟发动机低温运转的情况。本标准采用的 SH/T 0066《发动机冷却液泡沫倾向测定法(玻璃器皿法)》是依据 ASTM D1881 制定的。

铸铝合金传热腐蚀——铸铝合金传热腐蚀检测针对的是发动机铝质气缸盖。铝合金由于导热性好,利于提高压缩比,在轻型发动机中应用越来越广泛。冷却液从气缸盖中的水套流过并带走热量,同时也对水套壁表面的金属保护膜造成一定影响。发动机工作时,发动机冷却液能否有效地抑制铝质气缸盖传热表面的腐蚀极为重要,因为形成的腐蚀产物通过循环,都可能沉积在散热器的内表面,从

而导致散热器堵塞及散热效果降低。我国参考ASTM D4340制定了SH/T 0620《发动机冷却液对传热状态下的铸铝合金腐蚀测定法》。

铝泵气穴腐蚀——铝泵气穴腐蚀项目考察的是冷却系统中的水泵。水泵是冷却系统的“心脏”，其作用是对冷却液加压，保证冷却液在冷却系中循环流动。汽车发动机广泛采用离心式水泵。水泵基本结构由水泵壳体、叶轮等组成，其中水泵壳体主要由铝或铸铁铝铸制。铝泵气穴腐蚀（aluminum water pump cavitation）主要发生在壳体内表面，靠近出水口处。散热器中的冷却液在水泵进口与叶轮中心的压差作用下，进入水泵内，冷却液在水泵低压腔容易形成气泡，经过叶轮旋转加压，气泡在壳体表面破裂，产生的能量冲击表面金属保护膜，时间长久，造成表面出现孔洞。检验依据 SH/T 0087《发动机冷却液铝泵气穴腐蚀特性试验法》，是参照 ASTM D2809 制定的。

4.6 检验规则

补充添加剂的检验规则部分内容引自 GB 29743-2013。检验类型分为型式检验和出厂检验两类。

型式检验项目为标准正文第 5 章规定的所有检验项目。型式检验的情形包括：新产品投产或产品定型鉴定时；原材料、工艺等发生较大变化，可能影响产品质量时；出厂检验或周期检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；国家相关机构质量监督检验出现不合格时；在用户使用提出反馈或出现重大质量投诉时；产品转产或转厂生产时；2 年进行一次全项检测等。

出厂检验是对正式生产的产品在交货时必须进行的最终检验，检查交货时的产品质量是否具有型式检验中确认的质量。产品经出厂检验合格，才能作为合格品交货。出厂检验项目是型式检验项目的一部分。出厂批次检验项目包括：灰分、pH 值、储备碱度、氯含量、硅含量、亚硝酸盐含量、钼酸盐含量、泡沫倾向等。

4.7 标志和贮存

补充添加剂按下列规定进行标志，至少应包括以下内容：a) 使用方法（适用添加对象、预加剂量等）；b) 生产企业名称及地址；c) 生产日期或批号。补充添加剂的使用方法信息非常重要，这点需要厂家明确标示出，以方便用户正常使用。预加剂量可以设定为某一具体数值，也或是区间范围。

补充添加剂应贮存放置在阴暗、通风的地方，避免阳光直射。ASTM D5752-10

要求液体 SCA 储存在原厂包装容器中，在-7°C~55°C环境下不应产生化学变化。出现的任何沉淀物在加热搅拌下应能完全溶解；固体及膏状 SCA 的生产、包装及储存中应防止出现化学或物理变化，不考虑湿度的话，储存在-7°C~55°C环境下不变质。总体说来 SCA 应该储存在 7~55°C环境间，低于-7°C可能会导致液体 SCA 组分析出或不均匀，高于 55°C则可能会导致某些组分变质。

5 验证试验

补充添加剂可以为液体、膏状物或固体，目前市面上较多的是无机型 SCA，常见的组分有磷酸盐、钼酸盐、亚硝酸盐等。

选取国内市售的某厂家补充添加剂产品，按照其标注的使用说明，以及本标准进行验证试验，结果如下表 9：

表 9 补充添加剂验证试验结果

项 目		要求	检验结果	判定	
灰分（质量分数）/ %		≤5	1.34	合格	
pH 值		7.5~11.0	8.5	合格	
储备碱度/mL		报告值	6.5	——	
氯含量/（mg/kg）		≤60	13	合格	
硅含量/（mg/kg）		≤250	33	合格	
对汽车有机涂料的影响		无影响	无影响	合格	
玻璃器皿腐蚀 （88°C ±2°C,3 36h±2h ）低剂 量	质量变化 mg/试片	紫铜	±10	0.5	合格
		黄铜	±10	0.6	合格
		钢	±10	0.3	合格
		铸铁	±10	-2.3	合格
		焊锡	±30	3.4	合格
		铸铝	±30	1.1	合格
模拟使用腐蚀 （88°C ±3°C,1 064h±2 h）	质量变化 mg/试片	紫铜	±20	2.3	合格
		黄铜	±20	2.2	合格
		钢	±20	1.2	合格
		铸铁	±20	2.6	合格
		焊锡	±60	7.2	合格
		铸铝	±60	6.0	合格
泡沫倾	泡沫体积/mL	≤150	40	合格	

向	泡沫消失时间/s	≤5.0	2.0	合格
铸铝合金传热腐蚀（135℃±1℃，168h±2h）质量变化/（mg/cm ² ）		±1.0	0.33	合格
铝泵气穴腐蚀（113℃±1℃，103kPa±3 kPa，100h）/级		≥8	9	合格
亚硝酸盐（以NO ₂ 计）和钼酸盐（以MoO ₄ 计）	总量/（mg/kg）	≥780	1836	合格
	单组分含量/（mg/kg）	≥300	1151 （亚硝酸盐）	合格
			685 （钼酸盐含量）	合格

本项目的验证试验，可得出如下结论：

（1）对补充添加剂进行测试，结果表明本标准制定的技术要求合理且可行。本标准设置的试验项目、技术指标及试验方法参考国内外相关规范：试验项目及技术指标参考 ASTM D5752，试验项目均为发动机冷却液产品成熟的测试项目，技术指标为保障冷却系统正常工作的最低要求，相关的试验方法在国内也均实施很多年，因此本标准科学合理且适用国情。

（2）补充添加剂的标准规范不是一成不变的，相关的如抗气穴腐蚀方法、抗热表面结垢方法以及相容性方法，都还在进一步完善之中，成熟后也将纳入标准中。

6 预期的经济效果、社会效果及环境效果分析

我国是重负荷柴油道路运输车辆拥有量较多的国家，2016 年国内公路运输车辆将近 1500 万辆。据国外资料统计，冷却系统故障在导致重负荷柴油发动机停机的因素中占近 40%左右，而国内由于重负荷冷却液普及率尚不如发达国家，这种情况应该更加严重。恰当地选用发动机冷冻液并进行适当维护，可以大大减少冷却系统故障问题。制定出的补充添加剂标准，为国内重负荷运输车辆用户在使用冷却液方面提供技术指导，为 SCA 厂家生产提供技术依据，为产品质量监管提供技术规范，该标准参考采用国外先进标准，同时弥补了国内重负荷冷却液补充添加剂标准规范的空白。

7 采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准制定过程中，参考了美国材料试验协会制定的 ASTM D5752-10《用

于重负荷发动机预装冷却液的补充添加剂规范》。ASTM D5752-10 于 1995 年发布，是国外最早提出的补充添加剂规范，受到冷却液行业认可并广泛使用，用于指导补充添加剂的生产及检验等。

8 与有关的现行法律、法规和标准的关系

本标准的制定是对发动机冷却液国家标准 GB 29743-2013《机动车发动机冷却液》有益补充，进一步完善了重负荷车辆冷却液的相关技术内容。GB 29743 中规定的重负荷冷却液为全配方型，对重负荷车辆使用的可预加补充添加剂没有涉及。

9 重大分歧意见的处理经过和依据

无

10 其他应予说明的事项

无

参考文献：

- (1) GB 29743-2013《机动车发动机冷却液》
- (2) ASTM D5752-10 *Standard Specification for Supplemental Coolant Additives (SCAs) for Use in Precharging Coolants for Heavy-Duty Engines*