

附件三：

《柴油发动机氮氧化物还原剂环境保护
技术要求》（征求意见稿）
编制说明

《柴油发动机氮氧化物还原剂环境保护技术要求》

标准编制组

二〇一一年十二月

项目名称：车用尿素溶液标准

项目统一编号：2011-2

承担单位：中国环境科学研究院

编制组主要成员：李爽、郝春晓

标准所技术管理承办人：李刚

标准所技术管理负责人：纪亮

标准处项目负责人：谷雪景

目 录

1	任务来源.....	1
2	工作过程.....	1
3	制定本标准的必要性.....	2
3.1	SCR技术在汽车排放控制领域的应用	2
3.2	SCR系统的组成	5
3.3	SCR系统的工作原理	6
3.4	车用尿素溶液对SCR的影响	7
3.5	实施重型柴油车国四、国五标准的意义	8
4	基本性质和行业发展预测.....	10
4.1	基本性质.....	10
4.2	生产方式和流程.....	11
4.3	市场需求和供应能力及预测.....	13
5	国内外相关标准研究.....	14
5.1	国外相关标准研究.....	14
5.2	国内相关标准研究.....	15
5.3	国际标准在世界的应用情况.....	17
6	标准主要技术内容及说明.....	19
6.1	采用的国际标准及一致性程度.....	19
6.2	标准的名称.....	20
6.3	关于前言和引言	20
6.4	关于规范性引用文件.....	21
6.5	关于术语的翻译.....	21
6.6	技术指标要求及说明.....	22
6.7	本标准技术要求与国内外标准的主要差异	28
6.8	试验方法及说明.....	30
6.9	关于ISO 22241 的技术勘误	34
6.10	关于产品的操作、运输和储存.....	34
6.11	关于加注接口.....	36
7	实施标准的成本分析.....	36
8	对实施本标准的建议.....	37
8.1	管理措施.....	37
8.2	技术措施.....	37
8.3	实施方案.....	38
	附录：相关标准清单.....	39
	参考文献.....	41

1 任务来源

依据环保部《关于开展 2011 年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知》（环办函〔2011〕312 号），环保部办公厅下达了制订国家环境保护标准“车用尿素溶液”的任务，项目统一编号 2011-2。

本项目主要承担单位为中国环境科学研究院。环保部机动车排污监控中心作为子项目承担单位二级机构与负责标准项目管理工作的中国环境科学研究院环境标准研究所签订了环境保护标准项目任务合同书。

2 工作过程

本项目任务书下达后，环保部机动车排污监控中心立即成立了标准编制组。编制组进行了相关资料的查阅和收集工作，收集了目前已发布的车用尿素溶液的国内外相关标准，及车用尿素溶液行业的国内外发展状况等有关资料。到目前为止，已经完成了标准开题论证报告，标准征求意见稿、标准征求意见稿编制说明等文件。

（1） 成立编制组

本项目任务书下达后，环保部机动车排污监控中心成立了标准编制组。

（2） 资料收集和翻译

编制组对车用尿素溶液相关的资料进行查阅和收集工作，收集了目前已发布的车用尿素溶液的国内外相关标准，对重要的国外标准进行了翻译，研究了国外标准的应用情况；又调研了车用尿素溶液行业的国内外发展状况。

（3） 调研

对北京市地方标准制定单位——北京化学试剂研究所，车用尿素溶液生产企业——江苏可兰素汽车环保科技有限公司、天津悦泰石化科技有限公司，示踪剂生产厂家——Tracercro 公司等进行了调研，就车用尿素溶液的生产、销售、储存、监管和标准制定等问题进行了深入的探讨。

2011 年 3 月，编制组亲赴位于南京的江苏可兰素汽车环保科技有限公司，与公司相关人员进行技术交流，并参观了车用尿素溶液品质检测实验室，了解了检测需用到的各仪器设备，同时对该企业自主研发的车用尿素溶液罐及加注设备、车用尿素溶液浓度快速检测仪也均进行了了解。

（4） 开题论证

2011 年 9 月 6 日，中国环境科学研究院环境标准研究所在环境保护部主持召开了标准开题报告论证会。专家组成员分别来自中国环境科学研究院车用燃料及添加剂实验室、北京化学试剂研究所、同济大学、济南汽车检测中心、中国汽车技术研究中心、北京市机动车排放管理中心和中石化。在会上，标准编制组提交了标准的征求意见稿初稿和开题论证报告，并向领导和专家们汇报了标准编制组所作的工作。经讨论，最后形成了开题报告论证会会议

纪要。

(5) 形成征求意见稿

根据开题论证会议精神，标准起草组对翻译稿进行了修改，规范了标准格式，统一了前言、引言、规范性引用文件、术语和定义、要求等通用性内容的翻译，并按 GB/T 1.1-2009 和 GB/T20000.2-2009 的表述要求进行了整理。并将本标准的名称改为“柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32”，是 ISO 22241 标准名称的直译。同时还对专家组提出的意见进行分析，确定了是否采纳及不采纳的原因说明。形成征求意见稿，并撰写了编制说明。

3 制定本标准的必要性

为满足重型柴油车国四、国 V 排放标准，我国的主要发动机厂家都采用了 SCR 技术。SCR 系统需要消耗反应剂（车用尿素溶液）才能正常工作，所以安装 SCR 后处理器的柴油车必须使用车用尿素溶液才能满足排放标准要求。车用尿素溶液是浓度约为 32.5% 的尿素水溶液，对各种杂质有严格的限制，否则不仅可能使车辆超标排放，还可能使 SCR 系统受到短期和长期的损害。国外已经有这种反应剂的标准并从 2005 年就开始应用，但目前，我国既没有这种反应剂的国家标准，也没有行业标准，仅有的三个地方标准要求还不统一。因此，为实施重型柴油车国四及国四以上排放标准，控制机动车的污染物排放，环保部制定车用尿素溶液的国家环境保护标准是非常必要和迫切的。

3.1 SCR技术在汽车排放控制领域的应用

在能源问题日趋紧张的今天，柴油机以其油耗低、扭矩大的优势，被广泛应用于车辆动力、船舶动力、发电、灌溉等各个领域，尤其在车辆动力方面的发展优势最为明显，近年来使用数量大幅度增长。图 1 显示了近十年我国汽油车和柴油车的年销售量增长情况。由图 1 可见，2010 年我国柴油车（包括客车、货车和轿车）的总销量达到 362 万辆，其中重型车（包括汽油车、柴油车和气体燃料车）产销量突破 245 万辆，其中 99% 是柴油车。随着柴油汽车销售量的快速增长，我国柴油汽车保有量也呈不断增长势头。图 2 显示了近十年我国汽油车和柴油车的保有量增长情况。2010 年包括客车、货车和轿车的柴油车总保有量达到 1845 万辆。图 3 显示了近十年我国车用柴油消耗量及未来十年车用柴油需求量预测。由图 3 可见，2010 年我国车用柴油消耗量已达到近 7500 万吨，未来十年仍以较快速度增长，预计到 2020 年车用柴油的需求量将达到 2 亿吨以上。

柴油机与同等功率的汽油机相比，颗粒物（PM）和氮氧化物（NO_x）是尾气中最主要的污染物。高温、富氧以及氧与氮在高温中滞留时间长，是燃烧过程中 NO_x 生成率大小的三要素。PM 是由三部分组成的，即燃烧过程中产生的干碳烟，吸附在干碳烟上的大分子 HC 和硫酸盐。仅凭机内净化来降低柴油机的排放需要在 PM 和 NO_x 之间进行平衡。尽管欧 III 柴油发动机已经进行了较多改进，如加强增压中冷、多气门技术、废气再循环及冷却、电控高压喷射系统（共轨、泵喷嘴、单体泵）等，但要满足欧 IV 及欧 IV 以上的排放标准

除了对发动机内部参数进一步优化，还必须采用后处理技术。柴油机的排气后处理技术主要有：(1)微粒捕集器DPF，降低微粒排放；(2)用来降低NOX的选择性还原催化转化器SCR；(3)氧化型催化剂DOC；(4)部分流微粒捕集器POC。

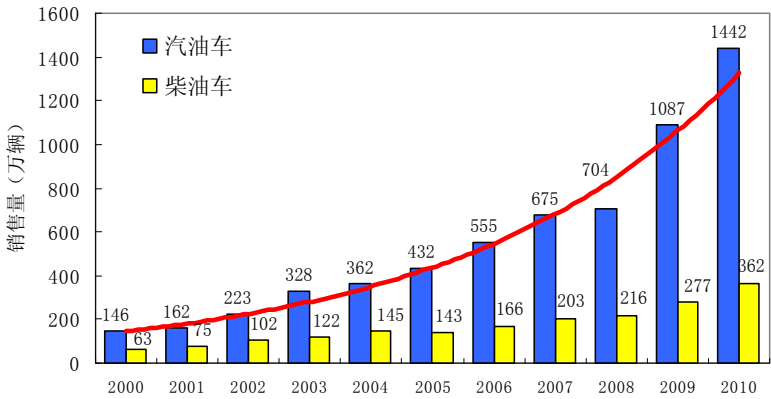


图1 2000-2010年汽柴油车的销售量（万辆）
数据来源：中国汽车工业协会《中国汽车工业产销快讯》

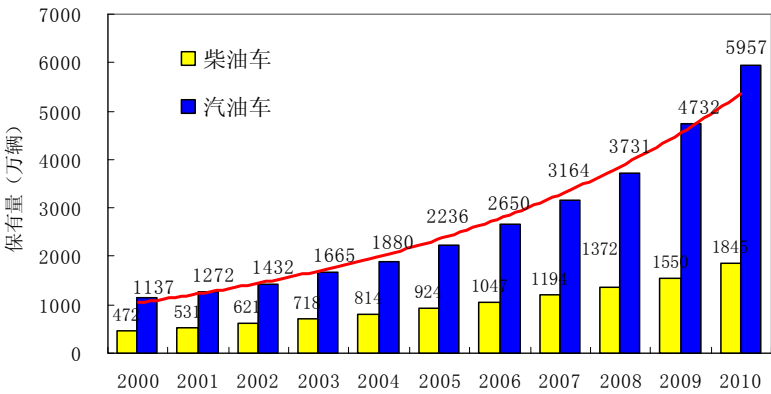


图2 2000-2010年汽柴油车的保有量（万辆）
数据来源：中国汽车技术研究中心

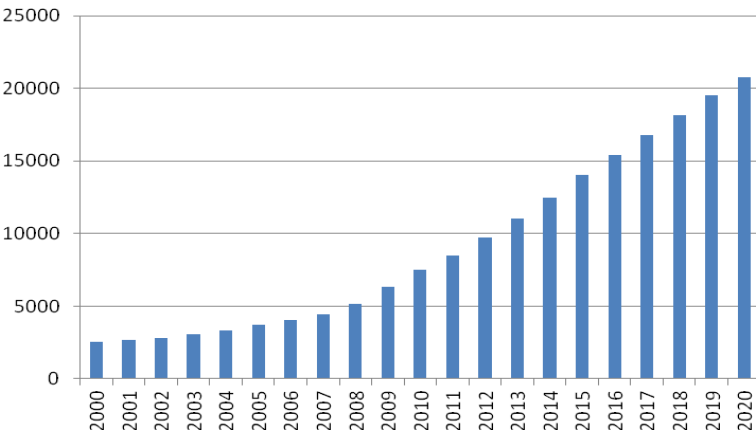


图3 我国车用柴油消耗量及需求预测（万吨）
数据来源：中国汽车技术研究中心

2005 年，欧洲重型柴油车开始实施欧 IV 排放标准。为了满足该标准的要求，主要的技术路线主要有两种：一种是 SCR 路线，即通过提高喷油压力，优化喷射定时，改善燃烧环境，从而降低发动机内颗粒物的排放；而此过程中产生较高的 NO_x 排放通过机外排气后处理，即通过选择性催化还原系统（SCR）使 NO_x 降至排放标准范围；另一种是 EGR+DPF/POC(废气再循环系统+颗粒捕集器/颗粒催化氧化器)，简称 DPF 路线，即先通过 EGR 降低排放中的 NO_x，再用 DPF 捕集生成的 PM。欧洲主要选用 SCR 来满足欧 IV/V 排放法规，主要是由于 SCR 技术有良好的燃油经济性。SCR 系统降低 NO_x 排放的效果非常好，一般为 80%。在美国 2010 年重型柴油机排放法规推出之前，美国主要采用 EGR+DPF 技术，这是因为美国的燃油价格低，而且 SCR 技术所需要的尿素供应基础设施建设尚未健全。

表 1 对两种技术路线的优缺点进行了比较。

表 1 SCR 和 EGR+DPF 技术路线的优缺点比较

	SCR	EGR+DPF
优点	● 油耗减少 5-7%，考虑尿素后仍节约 2-3% ● 硫含量不高于 350ppm 的柴油可适用 ● 发动机的结构可以不做改变	● 不需要新建加注尾气处理液的基础设施 ● 不需要司机参与尾气控制 ● 新增系统成本较低，质量更轻
缺点	● 装置的正常工作需要操作者的参与 ● 需建设尿素加注站等基础设施 ● 增加了车辆的额外载荷	● 要求柴油硫含量不高于 50ppm ● 油耗增加 ● 对发动机的改动较大

通过两种技术路线的优缺点比较可以看出，SCR 技术路线在节能和对燃油的要求上都比 DPF 路线更有优势，仅凭这两点就决定了 SCR 技术更适合我国的国情。2010 年中国原油的净进口量已经达到了 2.36 亿吨，原油对外依存度达到 54%；包括原油、成品油、液化石油气（LPG）和其他石油产品在内的中国石油净进口量则达到 2.54 亿吨，为历史最高水平。对进口石油的依赖不断加剧为我国的能源安全敲响了警钟。从消费者的角度，重型柴油车的用户一般对燃油经济性比较敏感，省油对他们来说也有很大的吸引力。更重要的 SCR 对柴油硫含量相对不敏感的特性正好可以适应我国柴油硫含量仍然较高的现状。

但是 SCR 路线最大的缺点就是需要司机不断地加注反应液才能保证排放控制效果。这一方面需要新建尿素加注站基础设施，另一方面要求操作者购买合格的尿素溶液并及时补充。如果 SCR 系统使用了不合格的尿素溶液，一方面会使排放超标，另一方面还可能使 SCR 系统受到损害，使车主遭受损失。如果车用尿素溶液消耗完而司机不及时补充，此时车辆 NO_x 排放量大幅增加，可能比国一车辆还高。这也是美国一开始没有把 SCR 路线作为主流的原因之一。但随着美国 2010 年柴油车更严格排放法规的推出，SCR 技术在美国也变得更加普及。目前，欧美日等发达国家已经形成了完整的车用尿素溶液生产、储运和销售体系及质量控制体系。

除了重型柴油车需要使用车用尿素溶液之外，随着轿车工业节能和低碳发展的需要，目前，越来越多的高档轿车也开始使用 SCR 技术；例如，大众汽车去年年底最新推出的“蓝驱技术系列”、在美国底特律 2011 车展上最新亮相的奔驰 S350BlueTEC 柴油动力豪华轿车，以及即将于 2011 年 8 月上市的搭载 TDI 发动机的新版帕萨特等诸多车型都把 SCR 作为其标

准配置。

从短期来看,发布车用尿素溶液的国家标准并建立供应体系是实施重型柴油车国四标准的前提;从长远来看,到了国 VI 阶段,车辆基本要达到零排放,无论是轻型车还是重型车,不仅需要无硫柴油,SCR、DPF 等最先进的排放控制装置都将成为车辆的标准配置。也就是说,SCR 技术绝不仅仅是一个过渡性技术,而是一个非常有发展前景的技术。所以,我国应解决车用尿素溶液的供应问题。这其中不仅包括硬件设施的建设,也包括软件系统的配套,前者是指我们需要建设一个发达的车用尿素溶液供应网络,后者就是要建立起一个完善的车用尿素溶液质量监管体系。

3.2 SCR系统的组成

SCR 技术起先是用于火电厂脱硝,在上世纪七十年代就已经广为人知。其原理是通过在富氧的尾气中喷入还原剂氨气,在催化剂表面把 NO_x 还原成无害的氮气和水。在柴油车尾气排放控制领域,一般使用尿素溶液作为还原剂,而不是不易储存的氨气。

典型的 SCR 系统组成主要包括:尿素溶液箱(罐)、供给模块、计量控制单元、尿素喷射器、SCR 催化转化器及温度传感器、尾气排放传感器等。见图 4。

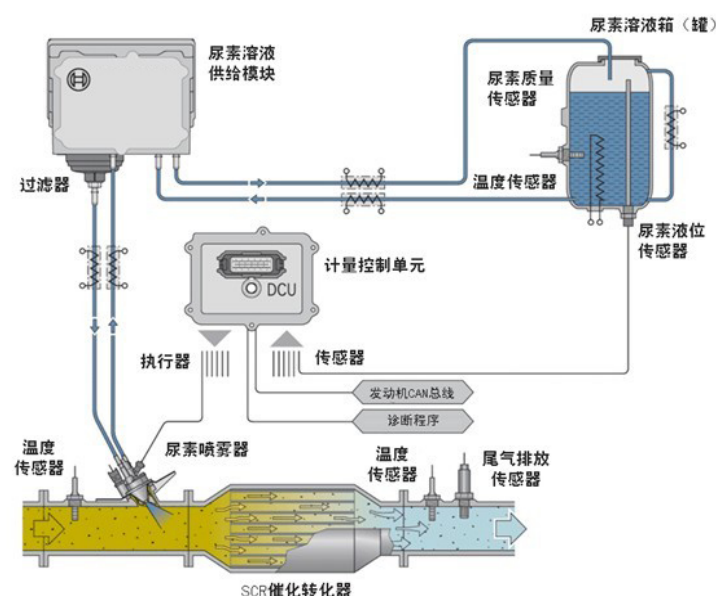


图 4 SCR 系统后处理装置示意图

- 尿素溶液箱（罐）**是用来储存反应剂的容器，容积一般为 18.9~113.6L。集成液位传感器、温度传感器和质量传感器等。由于尿素溶液具有一定的腐蚀性，因此需要选用兼容性的材质或进行防腐蚀处理。
- 计量喷射泵总成**包括计量喷射泵（供给模块）和计量控制单元（DCU）。泵的作用是以一定的压力输送尿素溶液。计量控制单元的作用是通过控制器局域网（CAN）总线与柴油机电子控制单元（ECU）通讯，获取柴油机运行状态信息和 SCR 系统上的各种传感器的数值。根据事先标定好的各种脉谱，实时计算柴油机实际工作情

况下 SCR 系统的尿素喷射量，从而使柴油发动机排气中的 NO_x 被精确还原。

- c) **尿素喷雾器**的作用是按照计量控制单元的指令把反应剂与压缩空气的混合物顺流喷射进入排气管中，并尽量使喷出的反应剂均匀雾化。反应剂的雾化程度、与尾气混合的均匀程度对 SCR 系统的处理效率有极大的影响。喷嘴的主体由不锈钢材料制成，安装在排气管上。
- d) **SCR 催化转化器**安装在排气气流中，是 NO_x 还原反应发生的场所。它的外表与消声器很像，只是尺寸大一些。在很多情况下，催化转化器就安装在消声器中，这时消声器的体积必须有所增加。一般采用蜂窝状的内部结构，为了提高 SCR 反应的程度要获得尽量大的内表面积，同时也要尽量减小转化器造成的排气背压升高。SCR 催化剂附着在催化转化器的内表面，工作时吸附在表面上的 NH₃ 与 NO_x 在催化剂作用下发生反应。
- e) **冷却液电磁阀**是为系统化冰服务的。由于尿素溶液在气温低于-11℃的时候会结冰，为了保证系统在低温条件的正常使用，系统配置有化冰功能。化冰的热源来自柴油机的冷却水。当电控单元通过尿素温度传感器感应到尿素溶液温度过低，可能出现结冰的时候，ECU 将打开冷却液电磁阀。热的柴油机冷却液就会顺着管道流向尿素溶液箱和尿素计量泵内置的换热器，这些地方的冰就会迅速融化。由于冷却液管道和尿素胶管扎在一起，外套保温管，所以尿素溶液管道内部的冰也会同时融化。

3.3 SCR系统的工作原理

SCR 的基本原理是在热的尾气流中添加尿素溶液，尿素溶液在 SCR 催化器中与 NO_x 反应，使之转化成氨气和水蒸气。

SCR 系统在工作时，ECU 将采集到的柴油机转速、转矩和催化器的进口温度等信息，按照控制策略需求形成控制尿素水溶液流量的指令，控制尿素水溶液与空气雾化的混合物经喷嘴进入排气管。在排气管中尿素水溶液经蒸发、热解（350~500℃）以及水解后，产生还原反应所需要的氨（NH₃），在催化剂（V₂O₅/WO₃-TiO₂）的催化作用下，尾气中的 NO_x 被 NH₃ 还原成氮气（N₂）和水（H₂O）。

主要的化学反应式包括：



反应（3）称为标准 SCR 反应。根据 NO_x 的生成机理，在一般燃烧温度条件下，柴油机排气中 NO_x 主要以 NO 的形式出现，NO 与 NO₂ 的比例一般在 9:1 以上。若不对柴油机尾气中 NO 和 NO₂ 比例进行调节，则 SCR 催化器中主要发生标准 SCR 反应。

反应（4）称为快速 SCR 反应。研究表明，此反应可以在较低温度下进行，并且在较低

温度下的反应速率是标准 SCR 反应速率的 17 倍。因此,提高 NO_x 中 NO₂ 的比例可以使 SCR 系统在较低温度下发生快速 SCR 反应,有利于提高 NO_x 转化率,尤其在低排温工况下更加有利。因此提高尾气中 NO₂ 的比率是提高 SCR 转化率的有效途径。

为了提高 NO₂ 的比例,可采用在 SCR 系统前面加装氧化催化转化器(DOC)的方法。其可以使 NO 发生氧化反应生成 NO₂,从而提高 NO_x 中 NO₂ 的比例。根据快速 SCR 反应的化学方程式可以看出 NO_x 中 NO₂ 与 NO 的最佳比例为 1:1,此时可以最大限度的发生快速反应。但是,若 NO₂ 与 NO 的比例超过 1:1,就有可能发生反应(5)。这个反应的反应速率在三个还原反应中速率最低。因此若将 NO₂ 在 NO_x 中的比例提高到 50%以上,SCR 反应的速率反而会降低;而且 NO₂ 的毒性是 NO 的 5-8 倍,释放 NO₂ 到大气中危害会更大,因此氧化装置的作用应该使 NO₂ 与 NO 接近最佳比例 1,但不要超过 1。

反应(6)是在高温时发生的 NH₃ 的氧化反应,即此时 NH₃ 失去了优先与 NO_x 反应的选择性,因此是应该避免的反应。但是在排气尾端,可以在催化剂存在的条件下利用此反应对泄露的 NH₃ 进行清除。

SCR 系统的 NO_x 转换率可高达 80%,且消除量与尿素的用量成比例。采用 SCR 技术的欧 IV 发动机只要对 SCR 进行优化,增加尿素使用剂量,就可以达到欧 V 排放标准。对于一辆带 SCR 的重型柴油车来说,车用尿素溶液和柴油的体积消耗之比在国四阶段约为 3.5%,在国 V 阶段约为 5%。按每百公里油耗 40L 计算,进行长途运输的卡车如配有 100L 的尿素罐,若为国四车辆,补充一次车用尿素溶液可行驶 7000km,若为国 V 车辆,可行驶 5000km。

3.4 车用尿素溶液对SCR的影响

车用尿素溶液质量从对 SCR 系统的影响角度主要包含两方面的含义,一个是尿素浓度,一个是杂质含量。尿素浓度直接影响 NO_x 的转化效率,而杂质含量如果太高则会有损害催化转化器的风险。

车用尿素溶液中的尿素浓度对 SCR 系统的 NO_x 转化率有直接影响。由于采用 SCR 技术的发动机和汽车制造商已经在把 32.5%的尿素溶液作为 NO_x 还原剂的问题上达成一致,所以这些制造商都用 32.5%这个尿素浓度来标定 SCR 系统,保证 NO_x 的削减率水平满足排放标准要求。随着尿素浓度的降低,NO_x 的削减率也会随之降低,当低于 28%时一般就会造成 NO_x 超标排放。所以,对于车用尿素溶液生产者来说,保证尿素浓度在 32.5%左右比较窄的范围内波动是必要的。

车用尿素溶液中的杂质主要指醛类、缩二脲、不溶物、磷酸盐和金属离子。醛类和缩二脲易发生聚合作用,生成高分子物质堵塞管道和催化器骨架。不溶于水的杂质易堵塞喷嘴,损害气泵,影响喷雾效果,降低 NO_x 转化效率。在高温下不溶物燃烧产生的积碳可能堵塞催化器骨架。磷和金属离子浓度过高会使催化器中毒,降低催化器活性,特别是钾离子和钙离子。所以在国际标准中对杂质含量有非常严格的限制。

3.5 实施重型柴油车国四、国五标准的意义

3.5.1 对实现节能减排工作目标的意义

党中央和国务院高度重视节能减排工作，在如期完成“十一五”提出的减排目标后，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》又把氮氧化物作为实施总量控制的主要污染物，并提出减排 10% 的目标。要完成氮氧化物减排目标，任务十分艰巨。从今年上半年的形势来看，氮氧化物的排放量不但没有下降，还上升了 6.17%，为今后几年的减排工作带来很大压力。

2010 年我国氮氧化物排放总量为 2273.6 万吨，其中机动车贡献了 600 万吨，占四分之一还多。机动车已成为“十二五”污染减排的主要领域之一。预计今后五年，我国机动车保有量新增 1 亿辆以上，新增车用燃油消耗 1 亿至 1.5 亿吨，由此带来的新增排放压力十分巨大。据测算，即使在新增机动车全部满足最新控制要求的情况下，仍将新增氮氧化物排放 216 万吨。在消化这些污染“增量”的基础上，进一步削减污染物“存量”的任务相当艰巨。2011 年 10 月 17 日，国务院最新发布的《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发【2011】35 号）中特别提到“开展机动车船尾气氮氧化物治理”，可见国家对减排机动车排放的氮氧化物的重视。

我国的重型柴油车占机动车保有量的 4%，却贡献了约 56% 的氮氧化物排放。可以说，机动车领域的 NO_x 减排工作中，重型柴油车是一个重点。加速淘汰老旧车辆是削减“存量”的重要手段，但在每年新增 200 多万辆新车的形势下，要控制“增量”就必须尽快实施更加严格的新车排放标准。国务院印发的《“十二五”节能减排综合性工作方案》【国发（2011）26 号】就明确要求在十二五期间“实施第四阶段机动车排放标准，在有条件的重点城市和地区逐步实施第五阶段排放标准。”表 2 和表 3 分别显示了重型柴油机污染物排放法规限值（稳态工况）和重型柴油机瞬态排放限值（ETC 工况）。仅从氮氧化物来看，国四比国三下降 30%，国 V 比国三下降 60%。所以，尽早实施重型柴油车国四和国 V 标准对控制机动车 NO_x 排放总量、实现节能减排目标意义重大。

表 2 重型柴油机污染物排放法规限值（稳态工况）

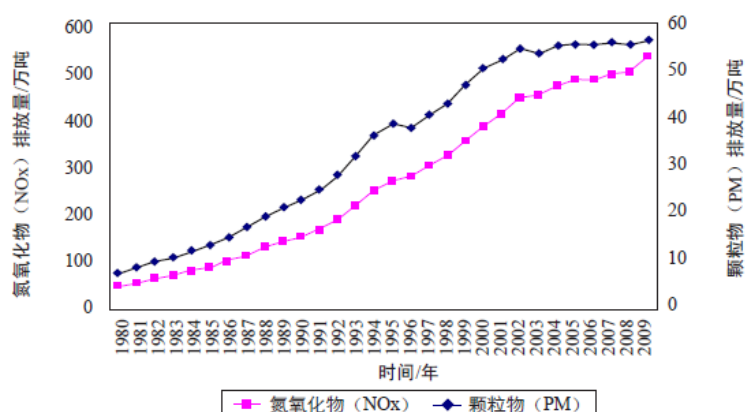
阶段	CO	HC	NOx	PM	烟度	工况循环
	g/kWh					
I	4.5	1.1	8.0	0.36	—	R49
II	4.0	1.1	7.0	0.15	—	R49
III	2.1	0.66	5.0	0.1	0.8	ESC&ELR
IV	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	ESC&ELR
V	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5	ESC&ELR

表 3 重型柴油机瞬态排放限值（ETC 工况）

阶段	CO g/kWh	NMHC g/kWh	CH4 g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
III	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16
IV	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
V	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03

3.5.2 对改善空气质量的意義

在过去的十年中，中国机动车保有量飞速增长。2009 年，中国成为世界上汽车产销量第一大国，汽车年销售量达到 1400 万辆，摩托车销售量超过 5000 万辆。随之而来的，是机动车污染对环境空气质量的影响愈发突出。中国机动车污染防治年报（2010 年度）显示，中国机动车污染日益严重，机动车尾气排放已成为中国大中城市空气污染的主要来源之一。汽车是机动车污染物总量的主要贡献者，其排放的一氧化碳和碳氢化合物超过 70%，氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM）超过 90%。图 5 显示了 1980-2009 年我国汽车 NO_x 和 PM 排放量逐年增加的变化趋势。

图 5 全国汽车 NO_x 和 PM 排放量（1980-2009）

在我国，柴油车是机动车排放的 NO_x 和 PM 的主要贡献者。2009 年，柴油汽车保有量占汽车总保有量的 17.7%，但 NO_x 和 PM 的排放量分别达到 316 万吨和 56 万吨，对汽车排放的 NO_x 和 PM 的贡献率分别为 59.6% 和 100%。氮氧化物不仅危害人体健康，还会产生光化学烟雾、区域细粒子污染、灰霾等二次污染。柴油车排放的颗粒物对人体呼吸系统有极大的危害，可引起慢性肺病；由于这些颗粒物都很细小，于空气中停留时间很长，这样就增加了接触人体的机会，还会吸附很多有毒有害物质，危害人体健康。提高车辆的排放控制要求对于改善环境空气质量具有重要作用。

4 基本性质和行业发展预测

4.1 基本性质

尿素（Urea）别名碳酰二胺、碳酰胺、脲，是由碳、氮、氧和氢组成的有机化合物，其化学公式为 CON_2H_4 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 或 $\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$ 。尿素是人体或其他哺乳动物中含氮物质代谢的主要最终产物，尿素在肝脏产生后融入血液，最后通过肾脏由尿排出。

尿素最重要的用途是用作肥料，含氮量 46%，在农业上是一种优质高效的中性高含氮量化肥，也可用于塑料、纺织业、制药业和刨花板的生产。

尿素纯品为无色无臭、针状或棱柱状晶体，农用尿素大都加工成颗粒状。

尿素易溶于水、醇，不溶于乙醚、氯仿。

尿素的化学性质主要包括缩合反应、水解反应、加成反应等。

尿素在常温常压下性质比较稳定，尿素在加热的条件下易发生分子间缩合脱氨生成缩二脲、缩三脲及三聚氰酸等化合物。

当尿素水溶液温度高于 130°C 时，尿素会直接水解为氨和二氧化碳。

尿素急性毒性低，并不对皮肤和眼睛造成刺激，根据危险物质条例，尿素未被列为危险物质，在化学品法中也无需使用任何标签。尿素对地表水构成的风险较小，且可被生物降解。

车用尿素溶液的组成成分为 32.5% 的高纯尿素和 67.5% 的去离子水，是一种无色、无味的澄清液体，不易燃，只要操作正确，对人体、动物和环境没有危害。但应避免车用尿素溶液与某些化学物质直接接触，特别是硝酸盐和亚硝酸盐。如果少量车用尿素溶液溅出，水分蒸发，会形成结晶。如果万一发生火灾，应用水冷却车用尿素溶液的容器，避免因温度上升而使尿素溶液迅速分解出二氧化碳和氨气，导致压力上升和容器爆炸。氨气是有刺激性气味的有毒气体。如果产品发生泄漏，应用泵转移到适当的容器，或用吸收剂覆盖后转移到容器中以待用可控方式处理。不要把泄漏的尿素溶液直接排入地表水，也不要直接排入下水道，而应和当地污水处理部门联系。若要回收未使用产品可联系生产商。剩下的少量尿素溶液可用大量水稀释后排入下水道。由于尿素有非常好的水溶性（ 1.080g/L ），所以当与油混合时，尿素会留在水相里。在几天的时间里，尿素就可以彻底代谢分解掉。

车用尿素溶液的物理性质见表 4。

表 4 车用尿素溶液的物理特性

气味	无味或轻微氨味
外观	无色
浓度	$32.5\% \pm 0.7\%$
初始冰点	-11.5°C
运动粘度（ 25°C ）	约 $1.4\text{mm}^2/\text{s}$ （ $1.4\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）
热传导率（ 25°C ）	约 $0.570\text{W/m}\cdot\text{K}$
比热容（ 25°C ）	约 $3.40\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
表面张力（ 20°C ）	不小于 65mN/m

车用尿素溶液具有腐蚀性，对铜、铸铁、焊料、铸铝的腐蚀性大，所以对与其接触的储罐、管道和配件的材料有严格要求。所以标准中列出了详细的可以使用和不可以使用的材料清单。

在通常的储存条件下，储存稳定性试验表明车用尿素溶液的浓度不会改变。但是，当储存温度过高（>50℃）时，车用尿素溶液会分解，生成缩二脲、氨、碳酸铵和氨基甲酸酯。这很容易被发现，因为氨的味道会散发出来。当环境温度低于-11℃时，车用尿素溶液会开始结晶。

在运输和储存车用尿素溶液的时候应避免光照，以防止温度升高而滋生藻类；尽量保持温度在-5℃~25℃。由于环境温度低于-11℃时，车用尿素溶液会结晶，所以在这种情况下，储罐、泵和喷嘴都需要加热以防止结晶。加热温度不要高于 30℃，以防车用尿素溶液分解。车用尿素溶液结晶后，体积膨胀率达 7%，所以在储存时的容积率不得高于 90%。

4.2 生产方式和流程

尿素最先发现于 1773 年，1828 年科学家佛勒在实验室用氰酸与氨进行反应，第一次得到合成尿素。工业上，尿素是由液氨和二氧化碳在高压和一定温度下反应生成。氨和二氧化碳先反应成氨基甲酸铵；然后氨基甲酸铵脱水生成尿素，反应式如下：



煤炭、天然气和石油是生产尿素的三大原料，通常被称为煤头、气头和油头三类。我国生产的尿素以煤头尿素为主。

车用尿素溶液可以有两种生产方式：

1. 在尿素工厂里把热熔的尿素用去离子水稀释；
2. 把固体尿素溶解在去离子水里。

第一种方式主要发生在大型化工厂里，这时固体尿素可以按照车用尿素溶液的产品标准来生产。由于目前国内车用尿素需求还很小，所以车用尿素供应商均为小型化工企业，他们通常是购买固体尿素原料而不是自己生产。在尿素生产过程中，添加剂等杂质可以通过直接接触非特制金属设备，而将金属离子带入尿素产品中。相比工业尿素和农业尿素，车用尿素在金属杂质、甲醛、缩二脲等物质的含量要求上更加严格，和医用、化妆品尿素原料的要求相当甚至更严。所以，车用尿素通常是以工业尿素为原料经加工提纯等过程生产出来。这些小型化工企业的车用尿素溶液生产流程主要包括尿素提纯、水处理和配制溶液 3 个阶段。

（1） 尿素提纯

主要原理：在温度小于 70℃时，尿素在水溶液中溶解；在温度 30℃以下时，尿素重新从水溶液中结晶出来。每溶解结晶一次，其纯度会得到大幅提高，一般利用工业一级尿素溶解结晶一次，即可达到车用尿素标准要求，其产出比例约为 1.5:1。流程图如图 所示：

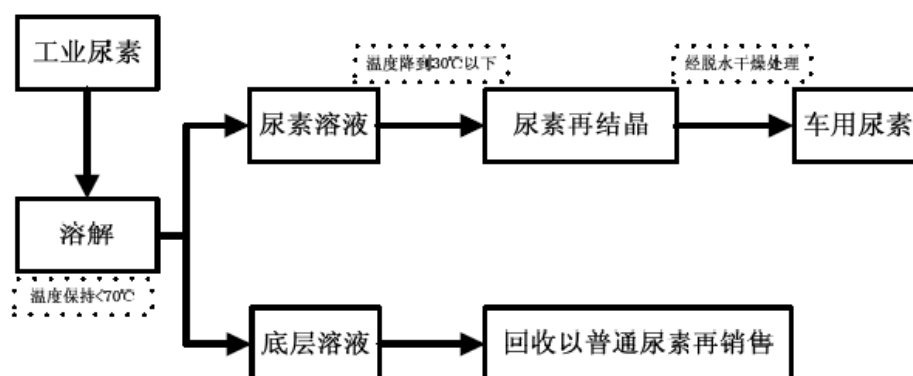


图 6 尿素提纯流程图

(2) 水处理

车用尿素溶液对杂质的含量控制很严格，由于普通自来水含无机盐、金属离子和少量有机物，如氯化物、硫酸盐、碳酸盐、铁、钙、镁等微量元素，因此不能直接用于配置车用尿素溶液，必须经过相关处理才能达到用于配制车用尿素溶液的要求。因此，生产供应商主要有三种来源来获得满足要求的纯水。

- 使用自来水

需要自身具有一套水处理净化工艺流程，经过相应的提纯过程达到配制车用尿素溶液所需纯水的要求，但是自来水在生产过程中一般会使用各种杀菌化学制剂，不易处理干净。

- 使用深层地下水

同样需要一套水处理净化装置，按一定的工艺流程处理后得到符合要求的纯水。其水处理流程如图 所示：

- 购买去离子水

在车用尿素溶液的市场的初期阶段，因其需求量较小，从经济成本上考虑，生产供应商一般不会投资建立一套自有的水处理工艺设备，可能会通过购买达到要求的去离子水来配制车用尿素溶液。短期内这种规划是合理的。

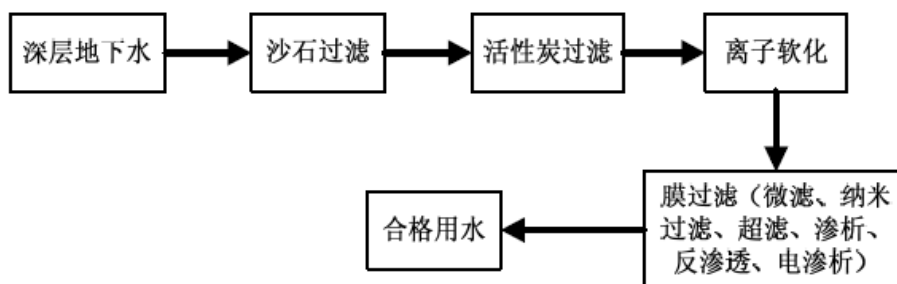


图 7 车用尿素溶液用水处理流程图

(3) 配制车用尿素溶液

根据车用尿素溶液的浓度要求计算配比，将适量的纯水和提纯后的固体尿素原料在混合设备中经充分混合溶解后，再进行灌装。产品的配制流程图见图 8：

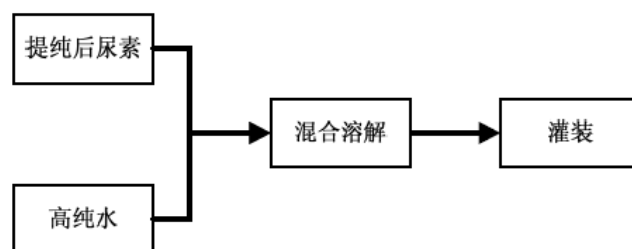


图 8 尿素溶液配制流程图

4.3 市场需求和供应能力及预测

目前，国内车用尿素溶液市场的发展还处于起步阶段。2008 年，为迎接北京奥运会的召开，北京公交公司购置了约 6000 台装有 SCR 系统的公交车。北京市目前已经有 1 万多辆配置 SCR 系统的柴油公交车投入运营，北京的国四公交车主要以康明斯和玉柴机器为主，目前的份额大概是各占 50%。为迎接上海世博会，上海浦东公交公司引进了近百辆装有 SCR 系统、符合欧 IV 排放法规的柴油客车用于世博专线的运营。之后，深圳、广州、南京、杭州、烟台等城市都开始使用欧 IV 或欧 V 的公交车。目前我国的国四重型柴油车保有量约为 25000 辆，对车用尿素溶液的需求量还较小，大概每年 1.9 万吨左右。但我国目前每年的重型柴油车销售量在 200 万辆以上，一旦实施重型柴油车国四标准，车用尿素溶液的需求量将大幅增长。根据 Integer 公司的预测，我国实施国四标准后车用尿素溶液的需求量将逐年递增，五年后车用尿素溶液的年需求量将达到 280 万吨以上。

我国是世界最大的尿素生产国和消耗国，消耗量占全球产量 39%。从 2007 年起，我国新建投产的尿素企业如雨后春笋般地涌现，使得尿素产能过剩的状况愈发严重。2007 至 2010 这四年间，国内尿素总产能由 5400 万吨迅速增加到 7269 万吨，而国内工农业尿素需求约 5200 万吨，产生过剩近 2000 万吨。见表 5。所以这些年来，全国尿素企业开工率逐年下降，从 2007 年的 94%，下降到 2010 年的 72%。由于国家政策不支持资源性产品大量出口，加上全球的尿素需求疲软，我国过剩的尿素产能正无处消化。车用尿素溶液的出现不会对我国尿素行业造成冲击，反而有利于过剩产能的消化。

表 5 我国尿素产能与表观消费量（万吨）¹

年份	产能	农业用	工业用	出口	表观消费量
2007	5400	4015	700	525	5240
2008	6300	4414	800	436	5650
2009	6758	4804	500	338	5642
2010	7269	3781	700	703	5184

目前国内的车用尿素溶液主要以桶装形式供应市场。未来重型柴油车国四标准实施后，预计会像欧洲一样有多种供应方式。车用尿素溶液的价格主要受能源价格、分销模式、需求、包装方式等因素的影响。目前我国 10L 包装的车用尿素溶液的价格为 3.8~4.7 元/升，中型散装容器包装的价格是 3.0~3.8 元/升。随着市场需求的增长和更多的企业进入这个行业，车用

¹ <http://cn.made-in-china.com/info/article-1998394.html>

尿素溶液的价格还有一定的下降空间。

5 国内外相关标准研究

5.1 国外相关标准研究

德国标准化委员会（DIN）早在 2005 就发布了至今世界上仍广泛使用的车用尿素溶液质量标准，后该标准被国际标准化组织转化为国际标准 ISO 22241。欧洲和美国都直接以 ISO 22241 为技术依据建立了车用尿素溶液的质量监管制度。日本在 ISO 22241 发布前曾发布过车用尿素溶液的标准，但是在 2009 年用与国际标准统一后的新标准替代了原来的质量标准。

1) 德国标准

由于 SCR 技术最早被欧洲发动机厂商广泛采用，所以世界上第一个车用尿素溶液的标准也是在欧洲诞生的。2005 年 6 月和 8 月，德国标准化委员会（DIN）分别发布了 DIN 70071:2005-06《柴油机 NO_x 还原剂 AUS 32 试验方法》和 DIN 70070: 2005-08《柴油机 NO_x 还原剂 AUS 32 质量要求》。DIN 是联邦德国的标准化主管机构，从事制定德国工业标准，并代表政府参加国际标准化活动。

2) 国际标准化组织标准

2006 年，国际标准化组织(ISO)把德国的车用尿素溶液标准转化为国际标准，DIN 70070 对应的是 ISO 22241-1:2006《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第一部分：质量要求》，DIN 70071 对应的是 ISO 22241-2:2006《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第二部分：试验方法》。2008 年和 2009 年又发布了 ISO 22241-3:2008《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第三部分：操作、运输及储存》和 ISO 22241-4:2009《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第四部分：加注接口》。

3) 英国标准

英国为实施 ISO 22241 用封面法（参见本编制说明的 6.1 部分）直接采用 ISO 22241，即在国际标准上加上采用国国家标准的编号后，发布了 BS ISO 22241-1:2006《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第一部分：质量要求》，BS ISO 22241-1:2006《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第二部分：试验方法》，BS ISO 22241-1:2006《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第三部分：操作、运输及储存》和 BS ISO 22241-1:2009《柴油发动机 NO_x 还原剂 AUS32 第四部分：加注接口》，与 ISO 标准不存在技术性差异。

4) 日本标准

2005 年，日本工业标准委员会（JISC）首次发布车用尿素溶液标准 JIS K 2247-1: 2005《柴油机氮氧化物还原剂 AUS 32——第 1 部分：质量要求》。2009 年日本修改性采用 ISO 22241-1 和 ISO 22241-2 重新发布 JIS K 2247-1: 2009《柴油机氮氧化物还原剂 AUS 32——第 1 部分：质量要求》和 JIS K 2247-2:2009《柴油机氮氧化物还原剂 AUS 32——第 2 部分：试验方法》，把旧版本中的尿素含量、密度、折射率、醛类含量、铝含量、碳酸盐含量和一

致性确认等项目与 ISO 22241 进行了统一。2011 年日本参照 ISO 22241-3 发布了 JIS K 2247-3:2011《柴油机氮氧化物还原剂 AUS 32——第 3 部分：处理、运输和存储》。

在技术指标的要求上，德国标准、ISO 标准、英国标准和最新日本标准没有差异。见表 6。

表 6 国外车用尿素溶液标准质量要求对比

项目	ISO 22241-1: 2006	BS ISO 22241-1: 2006	DIN 70070: 2005	JIS K 2247-1: 2005（已作废）	JIS K 2247-1: 2009
尿素含量，%	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.3	31.8~33.2
密度， (20℃)kg/m ³	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1092.0	1087.0~1093.0
折光率， (20℃)	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3817~1.3840	1.3814~1.3843
碱度（以 NH ₃ 计），%	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
缩二脲，%	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
醛，mg/kg	≤5	≤5	≤5	≤10	≤5
不溶物， mg/kg	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20
磷酸盐， mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钙，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铁，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铜，mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
锌，mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
铬，mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
镍，mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
铝，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	——	≤0.5
镁，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钠，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钾，mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
碳酸盐(以 CO ₂ 计)， % (m/m)	——	——	——	≤0.2	——
一致性红外确 认	与标准图谱一 致	与标准图谱一 致	与标准图谱一 致	——	与标准图谱一致

5.2 国内相关标准研究

我国已发布的关于尿素的质量要求的国家标准主要有两个，分别是 GB 2440-2001 《尿素》和 GB/T 696-2008《化学试剂脲（尿素）》，前者适用于农业肥料和工业上塑料、树脂、涂料、医药等工业的原料，后者用于化学试剂尿素。表 7 和表 8 给出了这两个固体尿素国家标准对部分技术指标的要求。

表 7 GB 2440-2001 《尿素》对尿素的部分技术要求

%

项目	工业用			农业用		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
缩二脲 $\leq$	0.5	0.9	1.0	0.9	1.0	1.5
铁 $\leq$	0.0005	0.0005	0.0010			
碱度 $\leq$	0.01	0.02	0.03			
硫酸盐 (以 SO_4^{2-} 计) $\leq$	0.005	0.010	0.020			
水不溶物 $\leq$	0.005	0.010	0.040			
亚甲基二脲 (以 HCHO 计) $\leq$				0.6	0.6	0.6
注：若尿素生产工业中不加甲醛，可不作亚甲基二脲含量的测定。						

表 8 GB/T 696-2008 《化学试剂脲（尿素）》对尿素的部分技术要求

%

项目	分析纯	化学纯
水不溶物 $\leq$	≤ 0.005	≤ 0.02
灼烧残渣 (以硫酸盐计) $\leq$	≤ 0.01	≤ 0.02
氯化物 (Cl) $\leq$	≤ 0.0003	≤ 0.001
硫酸盐 (SO_4) $\leq$	≤ 0.001	≤ 0.005
氨 (NH_3) $\leq$	≤ 0.005	≤ 0.005
铁 (Fe) $\leq$	≤ 0.0002	≤ 0.0005
缩二脲 $\leq$	≤ 0.2	≤ 0.4

随着 SCR 技术在我国的应用,我国也出现了一些车用尿素溶液的地方标准和企业标准,本标准编制组对这些标准也进行了研究,包括北京市地方标准 DB 11/552-2008《车用尿素溶液》,深圳市经济特区技术规范 SZJG33-2010《车用尿素溶液》,上海市刚刚发布的上海市地方标准 DB31/T538-2011《车用尿素溶液》、江苏可兰素企业标准 Q/3200KLS 01-2009《车用尿素溶液 (AUS 32)》和天津悦泰石化科技有限公司企业产品标准 Q/12QT4267—2010《车用尿素液》。国内车用尿素溶液标准质量要求对比见表 9。

在碱度、缩二脲、不溶物、磷酸盐、钙、铁、铜、锌、铬、镍、铝、镁、钠和钾这些指标上,国内各标准与 ISO22241 的要求完全一致。北京市地方标准的尿素含量、密度、折光率这几个指标的限值与 ISO 标准存在微小的差别,是因为北京市在制定标准时参照了当时还没有作废的日本标准 JIS K 2247-1:2005。北京地方标准、深圳地方标准和天津悦泰企业标准规定的醛含量要求比 ISO22241 宽松。北京标准、深圳标准和天津悦泰标准都要求不大于 9mg/kg,而 ISO22241 要求不大于 5mg/kg。另外,北京标准没有要求用红外光谱进行一致性确认,其他地方标准和企业标准都有此要求。北京标准和天津悦泰标准比 ISO 标准多了氯化物和碳酸盐这两个指标,并要求含量都不大于 0.2mg/kg,上海标准只增加了氯化物而没有增加碳酸盐。

表 9 国内车用尿素溶液标准质量要求及其与 ISO 标准的对比

项目	北京地方标准 DB11/552-2008	深圳地方标准 SZJG33-2010	上海地方标准 DB31/T538-2011	江苏可兰素 Q/3200KLS 01-2009	天津悦泰 Q/12QT4267-2010	ISO 22241-1: 2006
尿素含量, %	31.8~33.3	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2
密度,(20℃)kg/m ³	1087.0~1092.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0
折光率,(20℃)	1.3817~1.3840	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843
碱度 (以 NH ₃ 计), %	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
缩二脲, %	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
醛,mg/kg	≤ 9	≤ 9	≤5	≤5	≤ 9	≤5
不溶物, mg/kg	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20
磷酸盐, mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钙, mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铁,mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
铜,mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
锌,mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
铬,mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
镍,mg/kg	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
铝,mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
镁,mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钠,mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
钾,mg/kg	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.5
红外定性	——	与标准谱图一致	与标准谱图一致	与标准谱图一致		与标准谱图一致
碳酸盐(以 CO ₂ 计), % (m/m)	≤ 0.2	——	——	——	≤ 0.2	——
氯化物, mg/kg	≤ 0.2	——	≤0.2	——	≤ 0.2	——
冰点, °C				-11±1		——

对比国家已经发布的固体尿素标准《尿素》、《化学试剂脲》和国内外的车用尿素溶液标准可以发现,车用尿素溶液的标准是相当严格的。从表 7 和表 8 可以看出,在各种质量等级的固体尿素中,分析纯尿素的纯度最高,化学纯尿素与工业用优等品尿素纯度基本相当,农业用尿素的品质要求最低。但即使是纯度最高的分析纯尿素,用去离子水稀释后也不一定能满足 ISO 22241-1 的要求。以铁为例,分析纯尿素要求铁含量不大于 0.0002%,即使用不含铁的去离子水去稀释,得到的尿素溶液中的铁含量(0.65mg/kg)仍高于 ISO 22241-1 要求的不大于 0.5 mg/kg。

5.3 国际标准在世界的应用情况

欧洲和美国是使用车用尿素溶液使用量最大的地区和国家,本部分着重介绍他们是如何以国际标准 ISO22241 为依据建立起车用尿素溶液的质量监管制度,从而保证 SCR 车辆的氮氧化物减排效果。

1) 欧洲

车用尿素溶液在欧洲被称之为“AdBlue”。“Adblue”最早是 Green Chem 为车用尿素溶液起的一个商品名字,并于 2003 年注册为商标,后将该商标转让给德国汽车工业协会(VDA)。拥有 600 多家会员公司、代表德国汽车工业利益的德国汽车工业协会(VDA)已经在全世界主要的汽车市场都为车用尿素溶液产品注册了“AdBlue”这个商标。带有 AdBlue 商标的车用尿素溶液产品的最低要求是满足 ISO 22241-1、ISO 22241-2 和 ISO 22241-3 的规

定。任何车用尿素溶液生产商要获得“AdBlue”这一商标的使用权，必须向德国汽车工业联合会质量管理中心（VDA-QMC）提出申请，并交纳一定数额的费用，并经过极其严格的认证程序后才可获得为期两年的商标使用权。德国汽车工业联合会质量管理中心按照 ISO 22241 系列标准和现有的指导文件对分销链上所有环节上的 AdBlue 开展检查。如果发现某 AdBlue 商标使用者销售的 AdBlue 产品不符合 ISO 22241 的要求，德国汽车工业联合会质量管理中心可随时终止该企业的 AdBlue 商标使用权。截止到 2011 年 8 月 15 日，已经有 74 个企业（包括汽车生产厂、供应商和化工公司等）获得 AdBlue 商标使用权。大多数的 SCR 车辆生产厂商都认可 AdBlue 的品质，所以他们把使用 AdBlue 车用尿素溶液和 SCR 的耐久性质量保证联系起来。他们一般会在车辆的产品说明书中，明确要求车辆使用者在购买和使用车用尿素溶液时认准 AdBlue 这个商标，在这种情况下车辆生产厂商才对 SCR 装置的耐久性质量保证负责。经过过去六年的推广和宣传，欧洲 SCR 车的用户和司机都知道只有使用带有 AdBlue 商标的车用尿素溶液才可以保障其合法质保权益。

目前在欧洲有 90% 的欧 IV 和欧 V 的重型柴油车带有 SCR 装置，这些车都必须加注 AdBlue。经过八年的发展，欧洲的 AdBlue 销售网络已经比较发达。2004 年，欧洲只有 60 个尿素补给站，以点的方式进行尿素添加；2006 年，欧洲的 AdBlue 销售网络已经形成，主要有零售点和尿素泵站两种形式，以零售点居多；2007 年销售网络更加密集，零售点和尿素泵站两种形式各占一半。2010 年除了密集的零售点，尿素泵站已经覆盖欧洲大部分地区，AdBlue 的使用量达 120 万吨。目前，任何人登录 www.findadblue.com 网站可以很容易地找到离自己最近的 Adblue 加注站。目前在全欧洲所有的加油站都可以买到 AdBlue，其中 4022 个站点可以通过加注泵加注尿素，7040 个站点有罐装 AdBlue 销售。

2) 美国

车用尿素溶液在美国被称之为“DEF”（Diesel Exhaust Fluid），但与欧洲的情况不一样的是，DEF 只是一个名称，并不是一个商标。美国没有发布过车用尿素溶液的官方标准，推测主要原因是：美国已经建立起比较完善的新车和在用车达标排放管理体系，如果车辆/发动机的排放（包括在用车符合性）不能满足法规的要求，生产商将会面临严厉的处罚。消费者使用什么样的车用尿素溶液对于选择 SCR 技术来满足排放法规的柴油发动机生产商来说是非常重要的，因为如果消费者使用了品质差的车用尿素溶液产品，不仅可能使排放控制装置提前报废而增加维护/保养成本，还可能使自己面临被 EPA 处罚的风险。所以，柴油发动机厂商本身有动力去采取各种措施来保证消费者使用合格的车用尿素溶液产品来避免排放出现超标或排放装置达不到耐久性要求，包括在产品说明书中要求使用经过认证的车用尿素溶液产品、在车辆上加装尿素质量传感器等。

为了方便消费者找到满足柴油发动机厂商要求的 DEF，2009 年 3 月开始，美国石油协会（API）建立了一个自愿性的项目对 DEF 产品进行认证和监测，并提供信息服务帮助消费者在最短的时间内找到 API 认证的 DEF 产品²。这个认证项目和 API 之前建立的自愿性的发动机油认证项目（Engine Oil Licensing and Certification Systems）类似。要使用 API 授予的 DEF 认证标识（见右图），DEF 厂商必须保证其产品满足 ISO 22241 标准要求，并向 API 交付一定的标识使用费，其中包括初次认证费、年费和每加仑 DEF 的标识使用费。API 通过第三方机构从市场上抽样并进行分析。如果发现了不合格样品，API 会根据实际情况（超标程度、不合格产品已存在于市场的时间、厂商所做的补救努力、对消费者可能造成的损害）采取以下行动中的一个或几个：



² <http://www.apidef.org/>

- a. 暂时取消该产品的 API 标识使用权，直到采取纠正措施；
- b. 终止该产品的 API 标识使用权。
- c. 终止该厂商的所有 DEF 产品的 API 标识使用权。
- d. 要求该厂商从市场上撤回带 API 标识的不合格产品

问题的解决结果必须得到 API 的满意，API 才有可能延长该产品的 API 标识使用权以及为该厂商授予新的 API 标识使用权。

如果 API 发现有厂商盗用了 API 标识，API 会要求立即停止使用，并请求证实侵权行为已经改正。

至今，API 已经认证了 28 家公司（22 个在美国，2 个在加拿大，1 个在中国大陆，1 个在台湾，1 个在墨西哥）的 40 多个品牌的 DEF 产品。计划 2011 年在市场上抽 50 多个 DEF 样品进行检测，2012 年抽样数量达到 100 个以上。

在车辆方面，美国 EPA 要求带 SCR 的车辆安装车用尿素溶液质量传感器。当传感器检测到不合格的车用尿素溶液时，将有报警灯亮起或报警信息出现。如果司机在 500 英里或 10 小时内没有采取措施，发动机的最大扭矩将下降 25%。如果司机在 1000 英里或 20 小时内没有采取措施，车辆的最大速度会被限制在 5 英里每小时。如果司机断开车用尿素溶液传感器或计量阀、SCR 接线、NOx 传感器或车用尿素溶液质量传感器也会激发车辆的干预措施。EPA 2010 年法规要求如果车辆中的 DEF 用完了，发动机最终会自动停机。

关于美国 DEF 供应的基础设施建设问题，美国 EPA 将更多的责任交给汽车制造商，并提出三种可行办法：

- 汽车分销商供应尿素：由汽车制造商负责向其分销商提供足够用的尿素，满足客户需要。
- 卡车服务站供应尿素：卡车制造商应负责在卡车服务站或其他公用加油站有足够的尿素供应，以满足卡车尿素添加的需求。
- 应急计划：汽车制造商应负责建立尿素供应应急计划，比如开通全天 24 小时服务热线，满足用户需求。

6 标准主要技术内容及说明

6.1 采用的国际标准及一致性程度

国际标准是指国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）和国际电信联盟（ITU）制定的标准，以及国际标准化组织确认并公布的其他国际组织制定的标准。国际标准通常是全球工业界、研究人员、消费者和法规制定部门经验的结晶，包含了各国的共同需要。随着国际贸易的不断发展，各国产品在国际市场上的竞争越来越激烈，对产品的通用性和互换性也提出了更高的要求。如果国家标准和国际标准不一致就会给国际贸易带来障碍，所以世界各国越来越多地采用国际标准。我国于 1978 年加入 ISO，在 2008 年 10 月的第 31 届国际标准化组织大会上，中国正式成为 ISO 的常任理事国。

ISO/IEC 导则 21-1981（E）中规定，一般采用六种方法将有国际标准和国外先进标准订入（编入）采用国国家标准。

- 1) 认可法 由国家标准机构直接宣布某项国际标准为国家标准，其具体办法是发一认可公告或通知，公告和通知中一般不附带国际标准的正文，也不在原标准

文本上加注采用国家的编号。

- 2) 封面法 在国际标准上加上采用国国家标准的编号，并附一简要说明和要求，如说明对原标准作了哪些编辑修改，以及如何贯彻等要求。
- 3) 完全重印法 将国际标准翻译或不作翻译，采用原标准标题，重新印刷作为国家标准，并可在国际标准正文前面，加一篇引言，作一些说明或指示、要求。
- 4) 翻译法 国家标准采用国际标准的译文，可以用两种文字（原文和译文）或一种文字出版，采用时，也可在前言中说明被采用国际标准作了哪些编辑性修改，或作一些要求说明。
- 5) 重新制定法 根据某项国际标准，重新起草国家标准，即把国际标准"熔入"国家标准之中，或作层次上的修改或作结构上的变动，但一般要保留国际标准的主要指标，或基本上保留原结构格局。
- 6) 包括与引用法 制定国家标准时，完全引用或部分引用国际标准的内容。根据国际标准的"包容"情况及专业深度，制定国家标准时，可以选择相关部分进行贯彻，其余部分不贯彻；也可包括其国际标准的一部分，其余根据需要补充新的内容和指标。

本标准是为配合国家排放标准 GB 17691《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ阶段)》实施而制定的，GB 17691 是修改采用欧盟的法规，欧盟使用的车用尿素溶液标准是 ISO 22241，美国和日本也是如此。ISO 22241 从 2006 年发布后在汽车工业界得到广泛应用，且应用效果较好，至今还没有进行过修订。在车用尿素溶液的国家标准发布之前，我国的汽车行业已经把 ISO 22241 当作国家标准来使用。同时，把车用尿素溶液的标准与国际接轨也有利于我国汽车的出口。本标准编制单位在请教了业内专家，听取了各相关方的意见和建议后，最终决定修改性采用 ISO 22241 标准。

6.2 标准的名称

本标准名称为“柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32”，是 ISO 22241 标准名称的直译。在确定本标准名称时首先参考了国外的普遍做法，如德国标准、英国标准和日本标准都使用了“柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32”这个名称。国内业内人士也一致认为不宜采用国内已有标准采用的“车用尿素溶液”这个名称，因为这个名称很容易使人联想到农用尿素。农用尿素在我国非常容易获得，如果简单地把农用尿素加自来水调成 32.5%的尿素溶液就作为车用尿素溶液使用将使 SCR 系统面临巨大的风险。这也是世界各国都没有使用“车用尿素溶液”这个名称的主要原因。

6.3 关于前言和引言

本标准未保留 ISO 22241 的前言和引言，而是按照 HJ 565—2010《环境保护标准编制出版技术指南》的要求重新撰写了本标准的前言。

6.4 关于规范性引用文件

表 10 给出了本标准中引用的国际文件及其对应的我国文件汇总表。

表 10 本标准中引用的国际文件及其对应的我国文件汇总表

本标准引用的国际文件	与国际文件有一致性对应关系的我国文件
ISO 3675 原油和液体石油产品 密度实验室测定法 密度计法	GB/T 1884—2000 原油和液体石油产品 密度实验室测定法 密度计法 (ISO 3675: 1987, EQV)
ISO 4259 石油产品 与试验方法有关的精密度数据的确定和运用	GB/T 6683—1997 石油产品 试验方法精密度数据确定法 (ISO 4259: 1992, NEQ)
ISO 12185 原油和石油产品密度测定法 U 形振动管法	SH/T 0604—2000 原油和石油产品 密度测定法 U 形振动管法 (ISO 12185: 1996, EQV)
ISO 3696 分析实验室用水 技术要求和试验方法	GB/T 6682—2008 分析实验室用水 规格和试验方法 (ISO 3696:1987, MOD)
ISO 9001 质量管理体系 要求 (Quality management systems – Requirements)	GB/T 19001—2008 质量管理体系 要求 (ISO 9001: 2008, IDT)
ISO 2575 道路汽车操作件、指示器和信号装置的标志 (Road vehicles – Symbols for control, indicators and tell-tales)	GB 4094—2005 汽车操纵件、指示器及信号装置的标志 (ISO 2575:1995, NEQ)
ISO 3833 道路车辆 类型 术语和定义 (Road vehicles – Types – Terms and definitions)	GB/T 3730.1—2001 汽车术语和类型 (ISO 3833:1994, MOD)

6.5 关于术语的翻译

就本标准中出现的一些特定术语的翻译，规定如表 11。

表 11 术语翻译汇总表

原文	译文
NOx reduction agent	氮氧化物还原剂
technically pure urea	技术纯尿素
pure water	纯水
shelf life	保质期
production batch of AUS 32	AUS 32 的生产批次
bulk operation	散装操作
packaged shipment	打包出货
refilling system	加注系统
off-board refilling system	车外加注系统
on-board refilling system	车辆加注系统
Filler nozzle	加注喷嘴
Filler neck	加注器颈
Inlet adapter	进口连接器
Filler cap	加注孔盖
open refilling system	开放式加注系统
sealed refilling system	密闭式加注系统
vehicle	车辆

6.6 技术指标要求及说明

标准规定在**分销链上所有点**的车用尿素溶液产品都应满足技术指标要求。车用尿素溶液需要检测的项目共有主要十九项，包括尿素含量、密度、折光率、碱度、缩二脲含量、甲醛含量、不溶物含量、磷酸盐含量、红外谱图和十种金属离子含量（钙、铬、铜、铁、钾、镁、钠、镍、锌和铝）。

由于本标准是翻译法等同采用 ISO 标准，就不再重复研究各指标限值确定的依据。但本标准编制组也收集了一些关于这些项目对 SCR 系统的影响和（或）限值的确定依据的研究资料，在这里提供给本标准的使用者，以帮助他们理解制定这些指标限值的背景。

（1） 尿素含量

尿素含量直接影响 SCR 系统的 NO_x 转化效率和尿素溶液的结晶点。在 SCR 还原系统中，尿素溶液的浓度是关键因素之一。

在不同浓度的尿素水溶液中，32.5%浓度的尿素水溶液具有最低的结晶点（见图 9）；且该浓度的尿素水溶液即使处于半结冰状态，溶液的浓度也保持不变。所以，欧洲大部分柴油车生产商倾向于使用尿素浓度为 32.5%的尿素水溶液（AUS32）作为还原剂。

除影响尿素溶液的结晶点，尿素浓度还直接影响 SCR 系统的 NO_x 削减率和氨气的泄漏量。尿素浓度过高会造成氨气的滑失，形成二次污染物氨气。尿素浓度过低（如低于 28%），可能会造成排放超标。

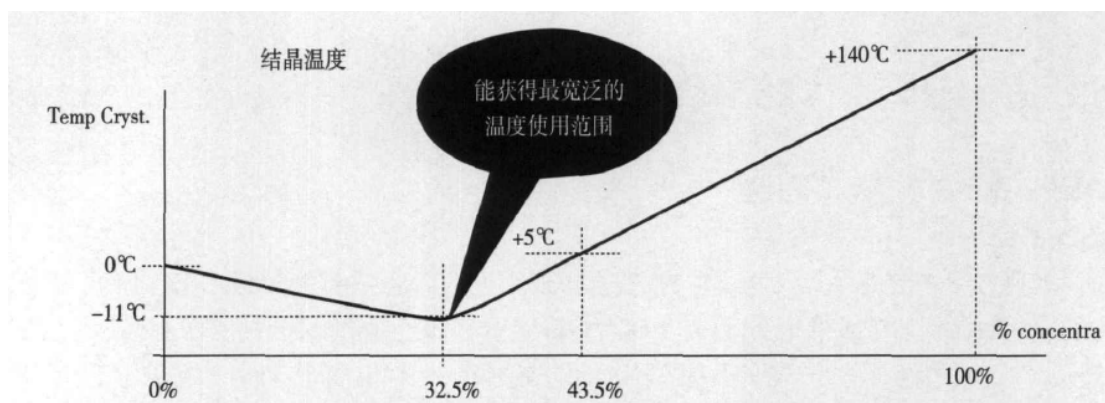


图 9 尿素溶液浓度与结晶点的关系图

(2) 密度

车用尿素溶液密度与浓度密切相关,在一定温度下尿素溶液的浓度与密度具有一一对应的关系^[2],且随浓度的增大而增大。表 12 列出了 20℃时 30%~38%尿素溶液浓度与密度的对应关系。检测密度有助于辅助验证车用尿素溶液的浓度和质量。

表 12 20℃时尿素水溶液浓度与密度的对应关系

浓度 (%)	30	30.5	31	31.5	32	32.5	33	33.5	34
密度 (g/mL)	1.080	1.082	1.083	1.085	1.086	1.087	1.088	1.089	1.092
浓度 (%)	34.5	35	35.5	36	36.5	37	37.5	38	
密度 (g/mL)	1.093	1.094	1.095	1.097	1.098	1.100	1.101	1.102	

(3) 折射率

在一定温度下,折光率与溶液中尿素含量呈极显著线性正相关,相关系数达 0.9999 以上。因此,用折光率法可直接测定溶液中尿素的含量。一些企业开发的检测车用尿素溶液浓度的便携式检测仪就是基于该原理。该方法具有分析速度快、测定效率高、不需任何化学试剂和无污染等优点。

(4) 碱度

尿素在酸、碱、酶作用下(酸、碱需加热)能水解产生氨,碱度太高说明部分尿素不纯或已经分解,尿素分解生成具有挥发性气体的氨气其带来的不仅仅是车用尿素溶液产品的气味变得刺鼻,而且也意味着尿素浓度的变低,降低了 SCR 系统的 NOX 的转化率。要满足车用尿素溶液的碱度要求就应按照表 13 的要求储存和运输。

表 13 不同储存温度下的 AUS 32 保质期

保持恒定储存环境温度 (°C)	保质期不少于 (月)
≤10	36
≤25 ^a	18
≤30	12
≤35	6
> 35	— ^b
注: 影响本表中保质期长短的主要因素是储存温度和 AUS 32 的初始碱度。另一个因素是通风和密封储存容器对挥发性的影响。	
a: 为避免尿素分解,应避免运输或储存温度高于 25 °C	
b: 保质期明显缩短,每次使用前都应检测。	

(5) 缩二脲

缩二脲又称双缩脲，是两分子尿素热缩脱氨的产物。尿素的生产过程中会产生副产物缩二脲。若存储时高温时间持续过长，车用尿素溶液也很可能会产生缩二脲。车用尿素溶液中的缩二脲很容易和醛类杂质发生聚合作用，生成高分子物质，使其不容易热解成小分子物质排出 SCR 系统外，容易在管道发生堆积造成晶体析出，造成管道堵塞和催化剂骨架的堵塞。所以，车用尿素溶液中的缩二脲含量需要严格控制，相当于工业用一等品和农业用优等品的水平。表 14 显示了不同用途尿素及车用尿素溶液中缩二脲的标准限值。

表 14 各种固体尿素和车用尿素溶液中的缩二脲标准限值比较

项目	工业用			农业用			化学试剂		AUS 32
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	分析纯	化学纯	
缩二脲 (%) ≤	0.5	0.9	1.0	0.9	1.0	1.5	0.2	0.4	0.3

缩二脲在水中的溶解度比尿素小得多，约差 100 倍，需要热溶剂才可以溶解，可以用重结晶的方法去除尿素溶液中的缩二脲。具体方法是：先用尽量小体积的热水或者热酒精溶解样品，过滤掉不溶杂质，然后让溶液自然冷却到室温或 4℃ 让里面的缩二脲结晶析出。

(6) 醛类

尿素的生产工艺并不会产生醛类杂质，所以工业尿素和化学试剂尿素根本就没有醛类物质的标准限值。但是在生产农业尿素时为了造粒就添加了甲醛，含量在 0.6% 以下。造粒后的农业尿素在散装运输和贮存时可减少破碎和粉尘损失，而且相比造粒前具有缓释功能，可是肥效充分发挥并保持更长久。

但对于车用尿素溶液，应严格控制醛类物质含量。因为车用尿素溶液中含有微量的缩二脲，醛类 (HCHO) 物质很容易与缩二脲发生聚合作用，生成高分子物质，使其不容易热解成小分子物质排出 SCR 系统外，容易在管道发生堆积造成晶体析出，造成管道堵塞和催化剂骨架的堵塞。德国标准、ISO 标准和最新的日本标准都要求车用尿素溶液中的醛类物质含量不超过 5mg/kg。北京市地方标准在制定时出于北京奥运会的迫切需要，考虑当时国内企业的生产能力，放宽了对该指标的要求，深圳市地方标准也参考了北京的做法。但实际上国内的生产企业现在完全可以满足国际标准的要求，所以本标准采用了国际标准的限值，即醛含量不超过 5mg/kg。

把农用尿素的醛类限值和车用尿素溶液的醛类限值相比较可以看出，两者相差 3 个数量级。如果有不法分子为了赚取超额利润或者不了解车用尿素溶液性质的用户把农用尿素直接加水来获取的尿素溶液，仅从醛类这一个指标上就严重超过车用尿素溶液标准的要求，SCR 系统将面临巨大风险。所以，应通过加强市场监管和宣传教育等方式严格防止此类情况发生。

(7) 不溶物

不溶物是尿素溶液中的不溶于水的杂质，其存在对尿素溶液的输液管道和喷嘴具有堵塞的危害。杂质过多甚至造成喷嘴堵塞，气泵损坏，完全失去喷雾效果，进而降低了 NO_x 与尿素反应的有效接触，对 NO_x 转化有不利的影响。不溶物过多也会对用于 SCR 系统的催化剂造成不利影响，主要是在高温条件下杂质燃烧产生的积炭对催化剂骨架进行堵塞，造成催化剂效率降低最终使得催化剂在设计寿命大大降低。为了达到车用尿素溶液品质要求，必须经过多种过滤和精密过滤系统，要求必须最终的过滤精度在 0.22 μ，而且在包装材料和包装

空间要求无尘化，达到医药级的净化标准。

(8) 磷酸盐和金属离子

SCR 催化器是 SCR 还原技术的核心，而 SCR 催化剂又是 SCR 催化器的核心之一。 $V_2O_5/WO_3 - TiO_2$ 类催化剂以其良好的性能在燃煤电厂和车辆上都成为主流商用 SCR 催化剂。 TiO_2 型催化剂是以 TiO_2 为载体，负载 W、Mo、V、Mn 等活性金属。其中最成熟的配方就是 $V_2O_5-WO_3(MoO_3)-TiO_2$ 。金属离子（钙、铁、铜、锌、铬、镍、铝、镁、钠、钾）和磷元素的存在会减少 SCR 系统的 V_2O_5/WO_3-TiO_2 催化剂表面的活性位，从而降低 NO_x 的转化率，缩短 SCR 催化剂的寿命。

在 SCR 反应条件下，催化剂表面同时存在 Brønsted 酸性位（B 酸性位）和 Lewis 酸性位（L 酸性位），这些酸性位是 SCR 反应的活性位，可以把 NH_3 强烈吸附在催化剂表面，而 SCR 反应发生在吸附活化后的 NH_3 与气相或弱吸附的 NO 之间。 NH_3 在催化剂表面的吸附是进行 NO_x 转化的前提。

NH_3 通常以两种形态吸附在 $V_2O_5-TiO_2$ 催化剂表面，即 L 酸性位上的 NH_3 分子和 B 酸性位上的 NH_4^+ 离子，图 10 显示了 $V_2O_5-TiO_2$ 催化剂上吸附态 NH_3 的结构示意图。Topsoe 等用 FTIR-MS 技术研究了不同酸的酸浓度与 NO 转化率的关系，得出 B 酸性位上的 NH_4^+ 在 SCR 反应中起主要作用。具体反应机理是： NH_3 首先吸附在 B 酸性位上形成 $-NH_4^+$ ，然后被邻近的 $V^{5+}=O$ 氧化形成 $-NH_3$ ， $-NH_3$ 与气相中的 NO 结合形成 $-NH_3NO$ ，然后分解成 N_2 和 H_2O ，图 11 给出了该原理的催化反应循环。

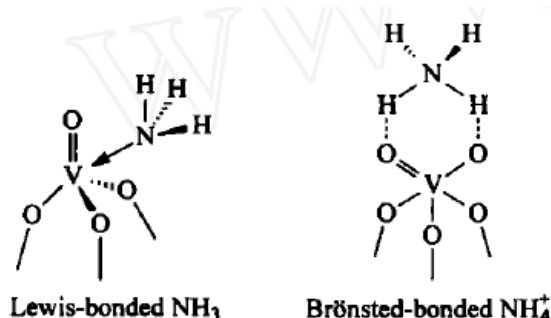


图 10 $V_2O_5-TiO_2$ 催化剂上吸附态 NH_3 的结构示意图

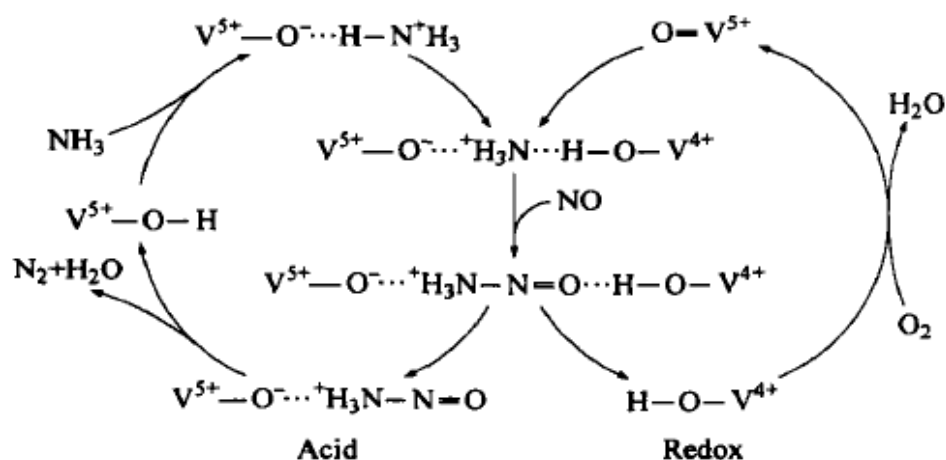


图 11 Topsoe 提出的在有 O_2 条件下钒/钛 SCR 催化剂上的 SCR 反应历程

碱金属和碱土金属使钒基 SCR 催化剂中毒的机理是：有害元素的存在使得 SCR 催化剂活性位之一的 B 酸性位（V-OH 和 W-OH）的数量大大减少，降低了催化剂上活性位的密度，从而导致催化剂活性下降，NO_x 转化率降低。以碱金属中毒过程示意图见图 12。

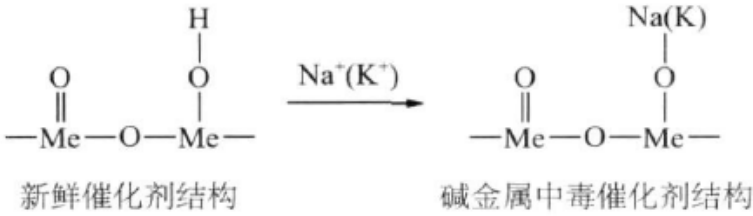


图 12 SCR 催化剂碱金属中毒示意图

图 13 显示了钾、钙、镁、锌、磷等元素对 V₂O₅/WO₃-TiO₂ 的失活作用。

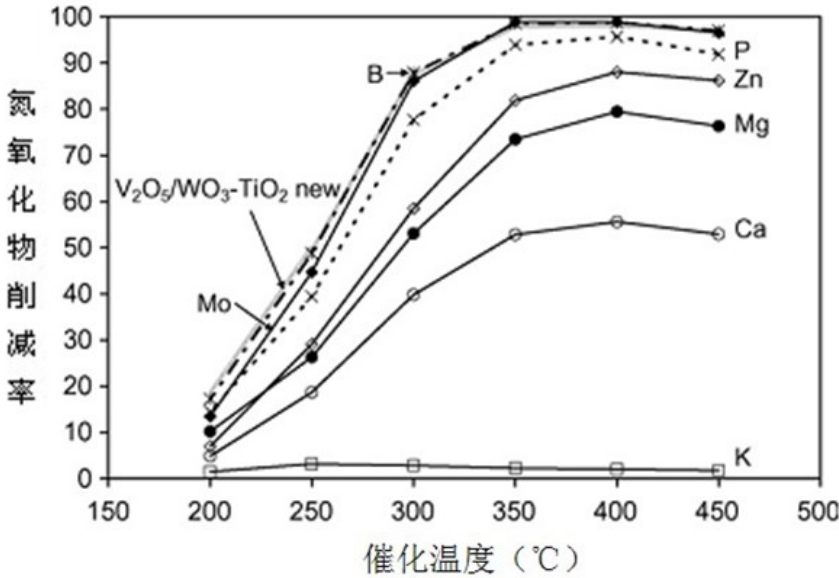


图 13 各种元素对 V₂O₅/WO₃-TiO₂ 催化剂的失活作用

磷元素的一些化合物对 SCR 系统的催化剂有钝化作用，包括磷酸、五氧化二磷（P₂O₅）和磷酸盐。Kamata 等通过脱销活性测试发现，催化剂的活性随着 P₂O₅ 负载量的增加而下降，但相比碱金属的影响要小很多。比表面积测定（BET）也结果表明，催化剂的比表面积和比孔随着表面 P₂O₅ 负载量的增加而逐渐减小。Kamata 等还通过拉曼光谱等试验证明了磷使 SCR 催化剂中毒机理是磷取代了 V-OH 和 W-OH 中的 V 和 W，生成了 P-OH 基团。另外磷也可以和催化剂表面的 V=O 活性位发生反应，生成 VOPO₄ 一类的物质，从而减少了活性位的数量。

图 14 是关于磷酸盐与钙离子结合对催化剂的影响图。从图可以看出，磷酸盐对催化剂影响与单独的金属离子影响是类似的，都可以使催化剂出现中毒现象。

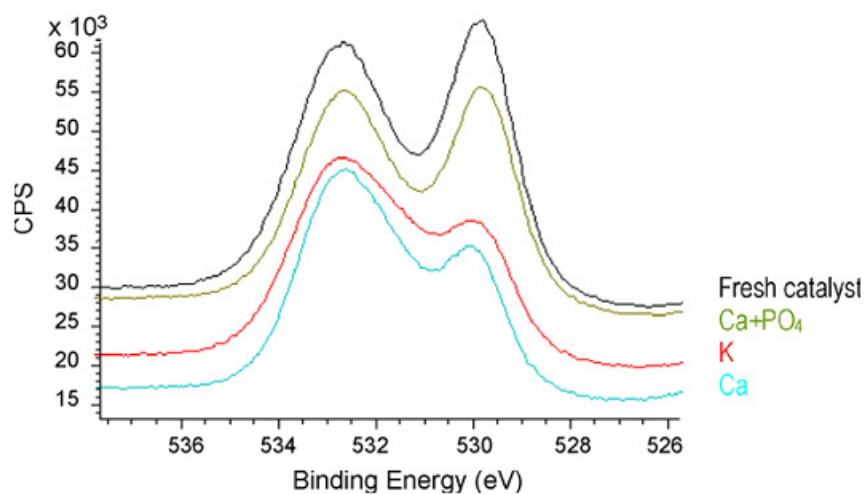


图 14 Ca, K 及 Ca+PO₄对催化剂影响的光电子能谱图

Krocher 等通过盐溶液浸渍的方法使催化剂失活后，比较了中毒后的催化剂活性与初始活性的比值 K ，给出了常见元素（包括元素的混合物和盐类）使催化剂失活的能力比较。见表 15。

表 15 常见元素使催化剂失活的能力比较

Elements	$K(\text{calcination at } 400\text{ }^{\circ}\text{C for 5 h})$	$K(\text{calcination at } 550\text{ }^{\circ}\text{C for 5 h})$
Slight deactivation		
B	0.98	0.99
P/B	0.94	0.97
CaSO ₄	0.93	0.93
Mo	0.93	0.93
Mg/ P	0.91	0.92
P	0.89	0.92
Moderate deactivation		
MgSO ₄	0.92	0.86
Ca/ P	0.79	0.86
Zn/ P	0.80	0.83
Zn	0.71	0.79
Zn/ B	0.64	0.78
Zn/ CaSO ₄	0.78	0.76
0.1 mol/ %K	0.73	0.73
Ca	0.67	0.73
Medium strong deactivation		
Ca/ B	0.53	0.64
Ca	0.46	0.50
0.2 mol/ %K	0.32	0.43
Strong deactivation		
Ca/ Zn	0.22	0.33
K/ CaSO ₄	0.29	0.28
KHSO ₄	0.19	0.28
Very strong deactivation		
K/ Zn	0.05	0.12
K/ B	0.06	0.09
K ₂ SO ₄	0.05	0.08
K/ P	0.07	0.15
0.4 mol/ %K	0.04	0.07
K/ Ca	0.03	0.04

6.7 本标准技术要求与国内外标准的主要差异

本标准的技术要求与 ISO 22241-1 完全相同, 与德国标准 DIN 70070:2005、日本标准 JIS

K 2247-1:2009 也完全相同，与北京市地方标准 DB11/552- 2008、深圳市地方标准 SZJG33-2010 和上海市地方标准 DB31/T538-2011 的指标要求略有差别。国内外标准中的技术要求的差异见表 16。

对于碱度、缩二脲、不溶物、磷酸盐、钙、铁、铜、锌、铬、镍、铝、镁、钠和钾这些指标，各标准的要求完全一致。北京市地方标准的尿素含量、密度、折光率这几个指标的限值与其他标准有微小的差别，是因为北京市在制定标准时参照了当时还没有作废的日本标准 JIS K 2247-1:2005。对于醛含量，由于当时为了满足北京奥运会的迫切需要，考虑当时国内企业的生产能力，放宽了对该指标的要求，深圳市地方标准也参考了北京的做法。但实际上国内的生产企业现在完全可以满足国际标准的要求，即醛含量不超过 5mg/kg，在开题论证会上专家们也都对此表示肯定。

表 16 车用尿素溶液国内外标准指标要求的差异

项目	本标准 ISO 22241-1 DIN 70070 JIS K 2247-1	北京地方标准 DB11/552- 2008	深圳地方标准 SZJG33-2010	上海地方标准 DB31/T538-2011	江苏可兰素 Q/3200KLS 01-2009	天津悦泰 Q/12QT4267-2010
尿素含量，%	31.8~33.2	31.8~33.3	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2	31.8~33.2
密度,(20℃)kg/m ³	1087.0~1093.0	1087.0~1092.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0	1087.0~1093.0
折光率,(20℃)	1.3814~1.3843	1.3817~1.3840	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843	1.3814~1.3843
醛,mg/kg	≤5	≤9	≤9	≤5	≤5	≤9
红外定性	与标准谱图一致	——	与标准谱图一致	与标准谱图一致	与标准谱图一致	——
碳酸盐(以 CO ₂ 计), % (m/m)	——	≤0.2	——	——	——	≤0.2
氯化物, mg/kg	——	≤0.2	——	≤0.2	——	≤0.2
冰点, °C	——	——	——	——	-11±1	——

在开题论证会上，专家组希望本标准编制组对是否增加氯化物和碳酸盐这两个指标进一步研究论证。经研究后，本标准决定不增加氯化物和碳酸盐这两个指标。原因主要有三方面：

第一，本标准是为配合国家排放标准 GB 17691《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ 阶段》而制定的，而该排放标准是参照欧盟法规制定的。欧盟使用的车用尿素溶液标准是 ISO 22241，美国和日本也是如此。可见，世界上的发动机及汽车厂商已经达成高度一致的对车用尿素溶液品质的要求。ISO 22241 这个标准在国际上得到了广泛的应用，在经过了五、六年时间的检验后仍具有很高的权威性。在必要性不是很大的情况下，本标准在原则上不对 ISO 标准进行技术上的修改。可参见本标准编制说明的“采用的国际标准及一致性程度”部分。

第二，北京和上海的地方标准虽然在国际标准的基础上增加了指标要求，但都没有提供增加的指标限值的确定依据。例如，北京和上海地方标准规定氯离子浓度不超过 0.2mg/kg，但在编制说明里并没有提供实验数据或其他论据证明这个限值是怎么得来的，生产企业有无可能满足此项要求。受到时间的限制，本标准无法确定北京地方标准和上海地方标准中氯化物和碳酸盐指标限值的科学性和合理性。但通过用离子色谱（IC）分析一些我国市场上符合 ISO 22241-1 要求的车用尿素溶液样品的氯离子含量的检测结果来看，没有发现满足氯化物浓度不超过 0.2mg/kg 要求的样品（一般在 1~2ppm 的水平）。在这种情况下，本标准编制组会密切关注对这两项指标的相关研究动态，但暂不考虑增加这两个指标的技术要求。

第三，北京和上海地方标准增加这两个指标的初衷是为了防止不法分子用农业尿素和自

来水生产车用尿素溶液，但实际上不用增加这两个指标，ISO 就可以做到。一方面 ISO 标准已经明确规定车用尿素溶液是用“技术纯尿素”和“纯水”生产，并且对“技术纯尿素”和“纯水”有明确的定义；另一方面也对各种金属阳离子和醛类化合物含量有了严格的限制。ISO 中“技术纯尿素”定义为“工业生产的只含有痕量缩二脲、氨和水的尿素，不能含有其他杂质，包括醛、硫和硫化物、氯化物、硝酸盐等”。并且在注释中解释了没有提出后面所列杂质的限值和分析方法的原因（只是为了区分通常可能含有这些物质的农业尿素。）从原则上说，没有限值不等于就没有要求，定性的规定和定量的规定在本质上是一样的，生产企业也必须遵守。但实际上，对这些非生产过程产生的杂质，ISO 并不是全部没有提出限值，“醛”是有限值的。本标准编制组认为，ISO 的这一决定是权衡利弊之后的结果。既然通过限定“醛”的含量就可以避免用“农业尿素”充当“技术纯尿素”，就不必把所有可能的杂质都规定一个限值。同样，通过限定阳离子（金属离子）的含量就可以避免用“自来水”充当“纯水”，就没有必要限定阴离子（氯离子、碳酸盐）的限值。标准首先是要保证产品质量，但在这个前提下也要尽量缩减检测成本。增加氯离子和碳酸盐指标并不影响对产品品质的要求，所以不宜放入标准中。

6.8 试验方法及说明

本标准中对车用尿素溶液的检测方法全部采用 ISO 22241-2 中规定的方法。每种试验方法需要计算重复性（r）和再现性（R）来验证方法的精密度。在整个分销链里必须遵循严格的取样程序，从而保证试验结果的可靠性。按照本标准要求，对车用尿素溶液全项指标的检测需要的价格比较昂贵的仪器主要包括电感耦合等离子体原子发射光谱仪（ICP-OES）（100 万）、傅里叶变换红外光谱仪（30 万）、燃烧法定氮仪（30 万）、折射计（25 万）。所有试验方法中对实验室能力要求最高的是 ICP-OES 法测定痕量金属元素的含量。本标准没有采用地方标准中规定的化学分析等其他方法，一方面是因为这些方法本身的准确度和精密度达不到对产品品质的要求，另一方面不想因为检测门槛过低导致过多的企业进入此行业给政府监管带来困难。下面就各项指标的试验方法分别予以解释。

（1） 尿素含量

尿素含量的测定拟采用两种方法，即 ISO 22241-2 附录 B 的总氮法（用定氮仪测定氮含量再转换成尿素含量），或 ISO 22241-2 附录 C 的折射率法（通过折射率与尿素浓度的关系确定尿素含量）。两种方法的主要差异见表 17。

表 17 总氮法和折射率法测定尿素含量的主要差异

	总氮法	折射率法
用到的标准物质	纯尿素或其他含氮标准物质	纯尿素
主要仪器	定氮仪	折射计
重复性	0.4%	0.1%
是否需要知道缩二脲含量	是	是

由于折射率本身是车用尿素溶液质量要求的必测项目，且折射率法的重复性好于总氮法，所以在实际应用中，折射率法可以作为测定尿素含量的主要方法。

国内的三个地方标准都是采用参照 GB/T 696《化学试剂 脲（尿素）》中的化学分析方

法来测定尿素含量。该方法的原理是样品经处理后，转换成六次甲基四胺盐和氢离子后用碱滴定。和总氮法和折射率法相比，此法操作复杂，且准确度和精密度较差。

(2) 密度

密度的测定拟规定两种试验方法，即 ISO 3675《原油和液体石油产品 实验室密度确定 密度计法》和 ISO 12185《原油和石油产品密度测定 U 形管法》。这两个标准分别与我国的 GB/T 1884—2000《原油和液体石油产品 密度实验室测定法 密度计法》和 SH/T 0604—2000《原油和石油产品 密度测定法 U 形振动管法》是等同的关系。

(3) 折射率

折射率的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 C 的方法，用折射计测定折射率，与国内地方标准规定的 GB/T 614《化学试剂 折光率测定通用方法》原理相同。

(4) 碱度

碱度的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 D 的电位滴定法，即用一定体积的标准盐酸溶液电位滴定车用尿素溶液样品至 pH=5.7。

国内的地方标准参照 GB/T 696《化学试剂 脲（尿素）》中的氨的测定，采用的是用甲基红做指示剂的酸碱滴定法。试验的重复性和再现性比电位滴定法差。

(5) 缩二脲

缩二脲的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 E 的分光光度法，即预先建立一条缩二脲含量和吸光度的关系曲线，然后测定样品的吸光度，在关系曲线上确定样品中缩二脲含量。该方法被除北京地方标准之外的国内外标准所采用。北京地方标准参照 GB/T 696《化学试剂 脲（尿素）》中缩二脲的测定方法，用目视比色法检测缩二脲。该方法在微量缩二脲的情况下，比色效果不明显，且只能获得半定量的结果（即“合格”或“不合格”），不能得到缩二脲的具体浓度数值。

(6) 醛类

醛类的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 F 的分光光度法。甲醛在强的硫酸溶液中与变色酸生成最大吸收峰在 565nm 的紫色物质。用不同浓度的标准甲醛溶液来绘制工作曲线，通过测定样品中甲醛与铬变酸生成的紫色物质在 565nm 的光谱吸光度，与工作曲线参比后得出样品中甲醛的浓度。

(7) 不溶物

不溶物的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 G 的重量法。国内的地方标准参照 GB/T 696《化学试剂 脲（尿素）》中的水不溶物的测定，采用的是 GB/T 9738《化学试剂 水不溶物测定通用方法》。虽然此方法原理与 ISO 22241-2 的附录 G 一致，但过滤设备的孔径偏大，得到不溶物质量没有 ISO 方法的精确，因此不予采用。

(8) 磷酸盐

磷酸盐的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 H 的光度法。首先将样品与碳酸钙一起蒸发和灰化，形成磷酸盐矿物质。再向磷酸化合物中加入盐酸，使磷酸盐转化为正磷酸盐。正磷酸盐离子在酸性溶剂中与钼酸盐和锑离子反应，生成锑磷钼酸盐复合物。该复合物被抗坏血酸还原，生成亮蓝色的络合物-钼蓝。通过测定该络合物的吸光度可得到正磷酸盐离子的浓度。

(9) 金属离子（钙、铁、铜、锌、铬、镍、铝、镁、钠、钾）

金属离子的测定拟采用 ISO 22241-2 附录 I 的 ICP-OES 法（电感耦合等离子体原子发射

光谱法)，该方法准确快捷，虽 ICP 仪器价格偏高，但正规企业可以承受得起。

国内的地方标准考虑到 ICP 仪器价格比较高，不是所有的企业都有能力承受，因此，增加了火焰原子吸收光谱法（AAS）、化学分析法等方法。但一方面这些方法精密度和准确度不能满足要求，另一方面其操作复杂，所以本标准没有增加这些方法。

（1） 一致性确认

一致性确认采用 ISO 22241-2 附录 J 的傅里叶变换红外光谱法（FTIR）。由于所有浓度大于 10%的尿素溶液都具有带相同特征峰的红外光谱，所以用对比红外光谱的方法可以定性地比较未知样品与已知样品是否一致。

国内外试验方法的对比见表 18。

表 18 国内外试验方法的对比

项目	本标准 ISO 22241-2 DIN 70071	日本标准 JIS K 2247-2:2009	北京标准 DB11/552- 2008	深圳标准 SZJG33-2010	上海标准 DB31/T538-2011
尿素含量 ^a	自动定氮仪- 总氮法 或折射率法	自动定氮仪-总氮法 或折射率法	滴定法，基于 GB/T 696	滴定法，基于 GB/T 696	滴定法，基于 GB/T 696
密度 ^b (20 ℃)	ISO 3675 密 度计法 或 ISO 12185U 形管法	ISO 3675 密度计 法 或 ISO 12185U 形管法	GB/T 611 密度 瓶法及韦氏 天平法	GB/T 611 或 ASTM D 4052 自动数字密度 计法	GB/T 1884 密度 计法
折 射 率 ^c ， (20℃)	折射仪-通用 方法	折射仪-通用方法	折射仪-通用 方法	折射仪-通用方法	折射仪-通用方法
碱 度 （ 以 NH ₃ 计）	电位计-酸碱 滴定法	电位计-酸碱滴定法	酸碱指示剂- 滴定法	酸碱指示剂-滴定法	酸碱指示剂-滴定 法
缩二脲	分光光度法	分光光度法	目视比色法	分光光度法	分光光度法
醛类	分光光度法	分光光度法	分光光度法	分光光度法	分光光度法
不溶物	重量法	重量法	重量法	重量法	重量法
磷 酸 盐 (PO ₄)	分光光度法	分光光度法	分光光度法	分光光度法	分光光度法
钾(K)	ICP-OES 法	ICP-OES 法或 ICP-MS 法或分光 光度法	AAS 法	ICP-OES 法（仲裁） 或 AAS 法	ICP-OES 法
钠(Na)					
铜(Cu)					
锌(Zn)					
铬(Cr)					
镍(Ni)					
钙(Ca)					
镁(Mg)					
铁(Fe)					
铝(Al)			化学分析法	ICP-AES（仲裁） 或化学分析法	
一致性确认	FTIR 法	FTIR 法	——	FTIR 法	FTIR 法
氯化物	——	——	化学分析法		化学分析法
碳酸盐	——	——	目视比浊法	——	——
1： ICP-OES 指电感耦合等离子体发射光谱。 2： AAS 指原子吸收光谱法。 3： FTIR 指傅里叶变换红外光谱。					

6.9 关于ISO 22241 的技术勘误

迄今为止，ISO 22241 没有发布过修正案，但在 2008 年 1 月 15 日对 ISO 22241-2 发布过一个“技术勘误”，即：将 14 页，D.5.4，第二段中“盐酸溶液(0.1 mol/L)”改为“盐酸溶液(0.01 mol/L)”。本标准已经按照该勘误内容对文本进行了相应修改。

6.10 关于产品的操作、运输和储存

2008年，欧盟化学工业协会（European Chemical Industry Council）的车用级尿素工作组（Automotive Grade Urea）为保证车用尿素溶液在生产、储存和分销过程中的产品质量一致性，发布了一个自愿性的车用尿素溶液的质量保证指导文件（AUS 32 Quality Assurance Guidance Document，以下简称 AUS 32-QAGD）。国际标准化组织以该文件为基础制定了 ISO 22241-3《柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32 第3部分：操作、运输和储存》和 ISO 22241-4《柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32 第4部分：加注接口》。由于车用尿素溶液对杂质的要求非常苛刻，所以车用尿素溶液的操作、运输和储存必须遵守一定的规范，否则产品品质可能受到重大影响。ISO 22241-3《柴油发动机 氮氧化物还原剂 AUS 32 第3部分：操作、运输和储存》专门对车用尿素溶液的操作、运输和储存提出要求和建议，其中包括对直接与产品接触的材料的要求、运输和储存的物理条件、接触表面的洁净度要求、容器和设备的操作程序等。这些要求和建议对于保证供应链上所有点的车用尿素溶液都满足质量要求是非常必要的。

车用尿素溶液的生产商、储运商和分销商可以按照图15和图16进行产品质量控制。

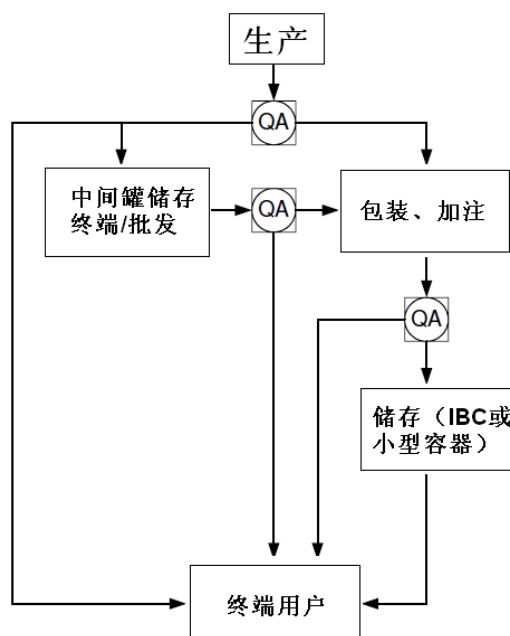


图15 车用尿素溶液的质量保证环节

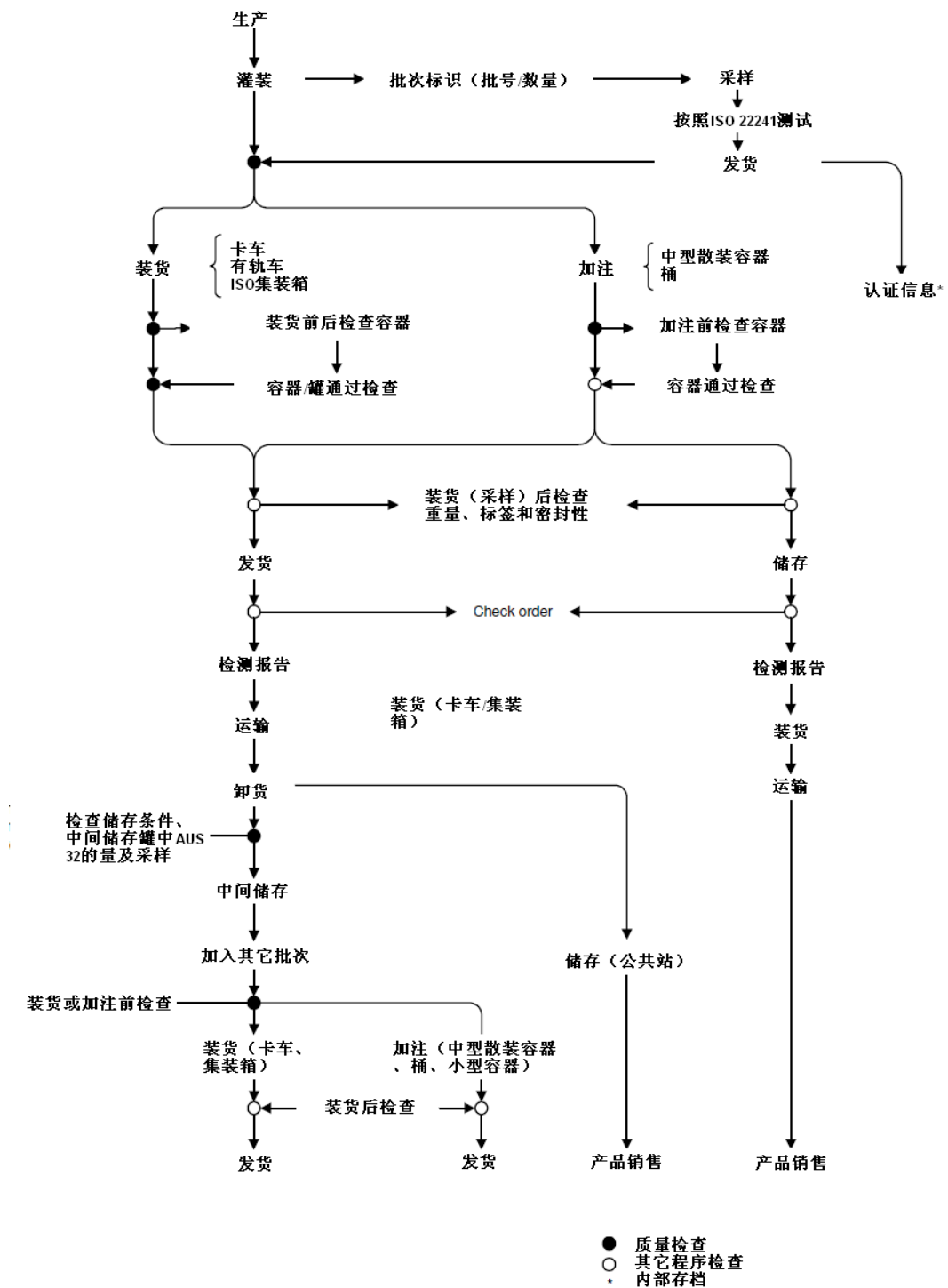


图16 车用尿素溶液的物流分解图

概括地说，要保证车用尿素溶液在整个分销链中的质量必须注意以下技术和程序要求：

- 使用与车用尿素溶液兼容的材料
- 储存和运输过程中的物理条件
- 保存期
- 与车用尿素溶液接触的材料洁净度
- 采样、测试和监测的质量控制
- 产品签发和不合格产品的处理

- 产品的可追溯性
- 存档
- 核查

6.11 关于加注接口

本标准的第 4 部分规定了开放式加注系统最基本的功能要求和几何尺寸要求,这是为了保证车辆加注系统和车外加注系统之间的兼容性。

7 实施标准的成本分析

车用尿素溶液和柴油一样属于消耗品,对车辆使用者来说等于是增加了一笔额外的开支。对于一辆带 SCR 的重型柴油车来说,车用尿素溶液和柴油的体积消耗之比在国四阶段约为 3.5%,在国五阶段约为 5%。但带 SCR 装置的车又通过优化燃烧节省了燃油,综合效应表现为运行成本下降。运用下列公式可以计算一辆重型柴油车从国三升级到 SCR 国四(国五)后,每年的车用尿素溶液开支,节省的燃油开支和净燃油开支节省。

$$N_{\text{还原剂}} = 3.5\% \times (1 - 5\%) \times 100 \times C \times S \times m$$

其中:

- $N_{\text{还原剂}}$: 车用尿素溶液开支 (元/年);
- S : 行驶里程 (万公里/年);
- C : 平均油耗 (升/百公里);
- m : 车用尿素溶液价格 (元/升)。
- 3.5%: 国四阶段车用尿素溶液消耗与燃油消耗之比 (约数, 国五阶段约为 5%);
- 5%: 节油比例 (约数, 与国三阶段相比)。

$$N_{\text{节油}} = 5\% \times 100 \times C \times S \times n$$

- $N_{\text{节油}}$: 节省的燃油开支 (元/年);
- S : 行驶里程 (万公里/年);
- C : 平均油耗 (升/百公里);
- n : 柴油价格 (元/升);
- 5%: 节油比例 (约数, 与国三阶段相比)。

$$\Delta N = N_{\text{节油}} - N_{\text{还原剂}}$$

- ΔN : 净燃油开支节省 (元/年);
- $N_{\text{节油}}$: 节省的燃油开支 (元/年);
- $N_{\text{还原剂}}$: 车用尿素溶液开支 (元/年)。

以一辆典型的长途货运车为例,假设年行驶里程为 10 万公里/年,平均油耗为 35 升/百

公里，车用尿素溶液的价格为 4.0 元/升，柴油的价格为 7.5 元/升，可以计算出从国三升级到国四后，该车每年的燃油开支节省 13125 元，车用尿素溶液开支为 4655 元，扣除车用尿素溶液开支后的开支节省为 8470 元。

如前所述，我国实施重型柴油车国四标准后，车用尿素溶液的需求量将逐年增加，根据 Integer 公司的预测，到第五年时，我国的车用尿素溶液的使用量至少为 280 万吨。经估算，同时将节约柴油 320 万吨左右，根据车用尿素溶液和柴油的价格差，当年这些新车的燃料使用成本将节约 180 亿元。车用尿素溶液 5 年累计使用量预计为 550 万吨以上，同时，这 5 年将累计节约柴油 640 万吨以上，燃料使用成本将节约 370 亿元左右。

8 对实施本标准的建议

8.1 管理措施

本标准是为了配合 GB 17691-2005 中重型柴油车国四标准的实施而制定的。在 GB 17691-2005 中，发动机和整车厂没有被强制安装车用尿素溶液的质量传感器，车用尿素溶液被造假、稀释等违规使用的风险很高。使用品质不合格的车用尿素溶液可以造成 SCR 的加速老化，引起 SCR 系统质量保证服务的纠纷，使得装备有 SCR 系统的重型柴油车的 NO_x 排放剧增；如果 SCR 系统完全失效，此时的 NO_x 排放甚至于超过排放标准限值的数倍。这就意味着政府应出台强有力的监管措施，保证合格的车用尿素溶液产品被购买和使用，保证国四标准的顺利实施。对管理措施建议如下：

- 实行生产许可证制度，以确保生产供应商的技术水平和硬件设备等方面条件能够满足车用尿素溶液生产的特殊品质要求。
- 实行产品品质风险保证金制度，以防止生产供应商在发生产品品质事故、企业破产倒闭等过程中，无力承担赔偿责任而将相关责任转嫁给社会。
- 利用产品注册商标机制进行监管，使终端用户易于对合格的车用尿素溶液产品进行识别，解决假冒伪劣产品制造者和使用者之间的信息不对称。
- 监管部门对产品经销商的储存和加注设备进行不定期检查，确保其设备对车用尿素溶液的品质不会产生影响。
- 监管部门只允许经销商销售具有生产资质的供应商所提供的车用尿素溶液产品，并对加注站的车用尿素溶液产品进行随机抽查，确保产品质量合格。

8.2 技术措施

采取有效的技术措施，对车用尿素的监管可以起到立竿见影的作用。可以通过对车用尿素溶液本身控制、车辆监督控制等实现。

- 示踪剂技术

向车用尿素溶液中添加示踪剂可以作为产品流通和品质监管的有效技术手段。通过在不同阶段对示踪剂的分析与检验可以追溯到经过预先登记、备案的产品生产产地、批号、纯度

等信息，使得产品质量监督和环保管理部门可以实施对产品的生产、运输、储存及销售的整个供应链中可能出现的掺假作弊行为的甄别。主要应用于防止具有认证或资质的车用尿素溶液生产厂商的产品被仿冒或掺假稀释流入市场。

- **OBD2 技术（与我国标准的写法一致）**

当储存罐中车用尿素溶液存储量低于某一限值时，OBD2 报警提醒司机及时加注车用尿素溶液；当司机加注品质不合格的尿素溶液或储存罐中车用尿素溶液耗尽时，尾气中 NO_x 排放量升高，OBD2 报警通知司机，同时限制重型柴油车的扭矩、速度和发动机可启动次数，直至司机添加品质合格的车用尿素溶液使尾气中 NO_x 的排放量降低，并满足排放限值要求时，车辆动力恢复正常。

8.3 实施方案

- **针对社会营运柴油车**

结合 I/M 制度，采用专业检验设备，对道路上运行的带 SCR 系统的重型柴油车进行抽检，监督检验其加注的车用尿素溶液产品的浓度和品质。并结合示踪剂快速检测设备，检验生产商的合法性。

- **针对特殊车队**

由每个车队的技术队长负责，下设艺名专职技术人员对每辆车的车用尿素溶液加注情况和 OBD 故障报警情况进行统计，同时对带 SCR 系统的车辆出现的技术问题及时分析解决，结果上报车队所属公司及环保管理部门。

附录：相关标准清单

1. DIN 70070, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 1: Quality requirements"
2. DIN 70071, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 2: Test methods"
3. ISO 22241-1, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 1: Quality requirements"
4. ISO 22241-2, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 2: Test methods"
5. ISO 22241-3, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 3: Handling, transportation and storage"
6. ISO 22241-4, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 4: Refilling interface"
7. JIS K 2247-1, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 1: Quality requirements"
8. JIS K 2247-2, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 2: Test methods"
9. JIS K 2247-3, "Diesel engines — NOx reduction agent AUS 32 —Part 3: Handling, transportation and storage"
10. GB 2440-2001 《尿素》
11. GB/T 696-2008 《化学试剂脲（尿素）》
12. GB17691-2005 《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ阶段）》
13. GB 2440-2001 《尿素》
14. GB/T 696-2008 《化学试剂脲（尿素）》
15. DB 11/552-2008 《车用尿素溶液》
16. SZJG 33-2010 《车用尿素溶液》
17. DB 31/T538-2011 《车用尿素溶液》
18. Q/3200KLS 01-2009 《车用尿素溶液（AUS 32）》
19. Q/12QT4267-2010 《车用尿素液》
20. GB/T 1884—2000 《原油和液体石油产品 密度实验室测定法 密度计法》（ISO 3675: 1987, EQV）
21. GB/T 6683—1997 《石油产品 试验方法精密度数据确定法》（ISO 4259: 1992, NEQ）
22. SH/T 0604—2000 《原油和石油产品 密度测定法 U 形振动管法》（ISO 12185: 1996, EQV）
23. GB/T 6682—2008 《分析实验室用水 规格和试验方法》（ISO 3696:1987, MOD）
24. GB/T 19001—2008 《质量管理体系 要求》（ISO 9001: 2008, IDT）
25. GB 4094—2005 《汽车操纵件、指示器及信号装置的标志》（ISO 2575:1995, NEQ）
26. GB/T 3730.1—2001 《汽车术语和类型》（ISO 3833:1994, MOD）
27. SH/T 0724-2002 《液体烃的折射率和折射色散测定法》
28. GB/T-2009 《杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质的计算》

29. GB/T 2441.1-2008 《尿素的测定方法 第1部分：总氮含量》
30. GB/T 2441.2-2010 《尿素的测定方法 第2部分：缩二脲含量 分光光度法》
31. GB/T 2441.4-2010 《尿素的测定方法 第4部分：铁含量 邻菲罗啉分光光度法》
32. GB/T 2441.5-2010 《尿素的测定方法 第5部分：碱度 容量法》
33. GB/T 2441.6-2010 《尿素的测定方法 第6部分：水不溶物含量 重量法》
34. GB/T 2441.7-2010 《尿素的测定方法 第9部分：亚甲基二脲含量 分光光度法》
35. GB 9738-1988 《不溶物测定通用方法》
36. GB/T 9723-2007 《化学试剂 火焰原子吸收光谱法通则》
37. GB/T 9739-2006 《化学试剂 铁测定通用方法》
38. GB/T 9727-2007 《磷酸盐测定通用方法》
39. GB/T 9729-2007 《氯化物测定通用方法》
40. GB/T 9721-2006 《化学试剂 分析吸收分光光度法通则（紫外和可见光部分）》
41. GB/T 614-2006 《化学试剂 折光率测定通用方法》
42. GB/T 6379.2-2004 《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》（ISO 5725-2: 1994, IDT）
43. GB/T 20000.2-2009 《标准化工作指南 第2部分：采用国际标准》
44. HJ 565—2010 《环境保护标准编制出版技术指南》
45. HJ 451-2008 《环境保护产品技术要求 柴油车排气后处理装置》
46. HJ 437-2008 《发动机与汽车车载诊断（OBD）系统技术要求》

参考文献

1. DGMK Research Report 616-1, AdBlue as a Reducing Agent for the Decrease of NO_x Emissions from Diesel Engines of Commercial Vehicles, 2002-2003
2. DGMK Research Report 616-2, AdBlue as a Reducing Agent for the Decrease of NO_x Emissions from Diesel Engines of Commercial Vehicles, Part 2: Laboratory and Field Testing of AdBlue, 2003-2004
3. Diesel Exhaust Fluid Certification Program Overview, American Petroleum Institute, February 2009
4. Quality Management in Automotive Industry, Minimum requirements on Management Systems in AdBlue production and distribution chain, following the ISO standards 22241, part 1-3, Version 1.5, September 2010
5. M. Koebel, M.Elsener, M.Kleemann, Urea-SCR: a promising technique to reduce NO_x emissions from automotive diesel engines, Catalysis Today 59(2000), 335-345
6. Krocher O, Elsener M, Chemical Deactivation of V₂O₅/WO₃-TiO₂ SCR catalysts by additives and impurities from fuels, lubrication oils and urea solution Part I. [J] Applied Catalysis B: Environmental, 2008,75:215-227
7. D. Nicosia, I. Czekaj, O. Krocher. Chemical deactivation of V₂O₅/WO₃-TiO₂ SCR catalysts by additives and impurities from fuels, lubrication oils and urea solution Part II. Characterization study of the effect of alkali and alkaline earth metals. [J] Applied Catalysis B: Environmental, 2008,77:228-236.
8. Kamata H, Takahashi K, Odenbrand C U I. Surface Acid Property and its Relation to SCR Activity of Phosphorus Added to Commercial V₂O₅-WO₃/TiO₂ Catalyst[J]. Catalysis Letters, 1998, 53: 65-71.
9. 佟德辉,降低车用柴油机 NO_x 排放的 SCR 技术控制策略研究,山东大学博士学位论文,2009 年
10. 张新昌、赵扬、冯明星,柴油车 SCR 系统用车用尿素液的发展及市场前景,石油商技,2010, 28 (5)
11. 赵鹏、戴辅民,SCR 系统用尿素还原剂技术的探讨,中国汽车工程学会燃料与润滑油分会第十四届年会论文集
12. 吴敦飞等,车用尿素溶液及其开发,安徽化工,2010 年增刊
13. 刘慷等,选择性催化还原催化剂在燃煤电厂中应用的注意事项,广东电力,2009 年 7 月
14. 毛洪钧等,北京市国四重型柴油车车用尿素供应方案及监管和效果评估项目报告,2011 年 5 月
15. 黄亮,电位滴定法连续测定尿素溶液中 NH₃ 和 CO₂ 含量及可行性探讨,贵州化工,2007 年 6 月,第 32 卷第 3 期

16. 折光率测定尿素含量的方法研究
17. 尿素生产技术, 迟永庆编, 2010 年 2 月, 化学工业出版社
18. 中国柴油机技术现状和柴油消耗量预测, 北京卡达克科技中心, 2011.10
19. 云端等, V₂O₅-WO₃/TiO₂ SCR 催化剂的失活机理及分析, 煤炭转化, 2009 年 1 月, 第 32 卷, 第 1 期
20. 赵毅等, V₂O₅-WO₃/TiO₂ 基 SCR 催化剂的研究进展, 材料导报: 综述篇, 2009 年 1 月(上) 第 23 卷第 1 期
21. 刘清雅等, NH₃ 在选择性催化还原 NO 过程中的吸附与活化, 催化学报, 2006 年 7 月, 第 27 卷第 7 期
22. Integer 公司, China Diesel Emission & AdBlue Market Study 2011