

写在前面的话：

谈到“汽车”你会想起什么？是纵横驰骋的速度机器，还是默默陪伴你的生活伙伴，亦或是越来越拥堵的交通；是曾经盆满钵满的投资收益，还是萦绕脑海的股票代码，亦或难以把握的剧烈波动？汽车这部改变世界的机器，一路急驰而来，不仅关乎投资，更是一种生活方式，一种文化内涵，慢慢地改变着我们的生活。

来吧，一起乘“汽车”，闻天下！我们每周推出“车闻天下”专刊，陪您一起看汽车、闻天下。如果你是车迷，迷恋于汽车的技术之美；如果你爱车，沉醉于自由驰骋的快感；如果你钟情投资，愿意挑战周期波动中的收益；甚至如果你并不了解汽车，只是好奇；那么，来吧，一起乘车观天下！我们希望能够借此方寸之间，用分析师的独特视角，以最轻松、有趣的方式，为您展开不一样的汽车画卷。这里有不一样的行业资讯，有浅显易懂的技术解读，有实用的买车用车建议，也有驾驶爱车去放飞心情的快乐。我们爱生活、爱汽车、爱投资、爱“车闻天下”。我们也希望这个平台能够包罗您对于汽车想了解的一切，如果您有好的创意、想法、想了解的信息，请按上面的方式反馈我们。感谢关注和支持！

本期引言：

我们已于3月22日和23日分别组织银轮股份投资者交流会和威孚高科的调研，由于两家公司的共同看点是柴油机国IV尾气后处理系统，而国IV法规实施渐行渐近，投资者对相关技术方案的关注度也在逐步上升，关注点逐步细化。我们在近几周的【车闻天下】中详细阐述柴油机后处理系统相关的技术、产业和竞争格局信息，为投资者提供更为系统化和详细的讲解，答疑解惑，敬请关注！

柴油机后处理专题之二——SCR

SCR的全称是 Selective Catalytic Reduction，中文译为选择性催化还原。之所以叫做“选择性”“催化”“还原”，是因为柴油机是富氧燃烧，排气中含有大量的氧气，使用还原性物质（如氨气、尿素、HC等）还原其中的具有较强氧化性的NO_x（氮氧化物）时，为使还原剂选择性地优先与NO_x而不是仅与O₂（氧气）反应，必须通过某些种类的催化剂来实现。

该技术是众多的脱硝技术中脱硝效率最高，最为成熟的脱硝技术，其NO_x的脱除率可达到80%以上。目前除了应该在柴油机后处理领域外，SCR技术已成为国内外电厂脱硝的主流技术——采用氨作为还原剂，喷入温度约300~420℃的烟气中，在催化剂的作用下，选择性地将NO_x还原成N₂和H₂O，而不是被O₂所氧化。

图 1：康明斯 SCR



资料来源：康明斯网站

图 2：SCR 系统



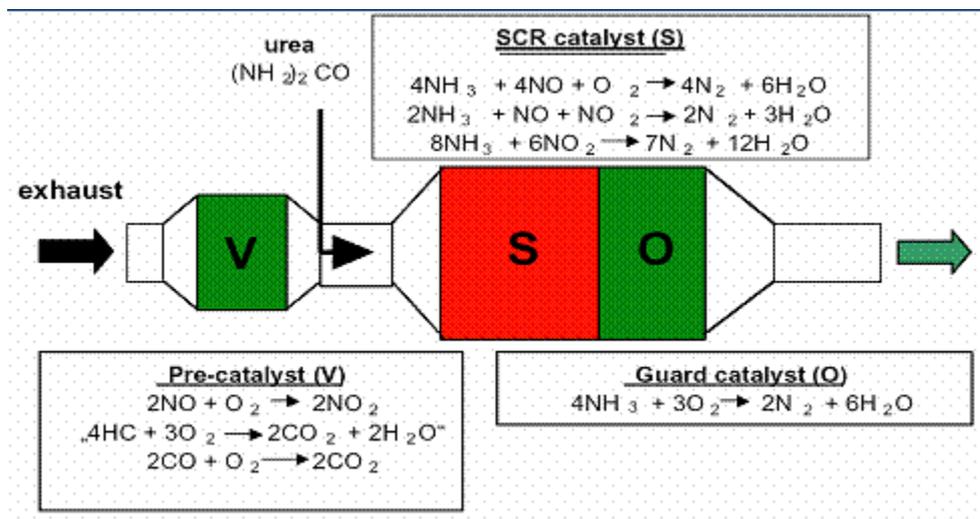
资料来源：Google 图片

目前国内具有 SCR 系统潜在量产能力的公司包括：**威孚高科（000581）、银轮股份（002126）、玉柴国际（NYSE: CYD）、天纳克（Tenneco）和万向通达等。**

工作原理

SCR 的原理如图所示，NH₃（氨气）和 NO_x 在催化剂的作用下进行反应，NO_x（包括 NO 和 NO₂ 等）随之被还原成 N₂（氮气）。该技术一般利用与各空气辅助的容易喷嘴，在催化剂前将尿素的水溶液通过喷嘴喷到柴油机排气中，也有方案考虑喷射粉末状尿素固体。尿素在排起系统中水解，会生成 NH₃。要较为精确的控制喷射速率以免氨气泄漏或者 NO_x 转化率较低的问题。尿素和 NO_x 反应会生成 N₂、H₂O（水）以及 CO₂（二氧化碳）。所使用的催化剂主要是一些金属氧化物，如 V₂O₅（五氧化二钒）、TiO₂（氧化钛，也叫钛白粉）和 WO₃（三氧化钨）。最佳的反应温度在 250~500℃ 之间。

图 3：SCR 的基本化学原理



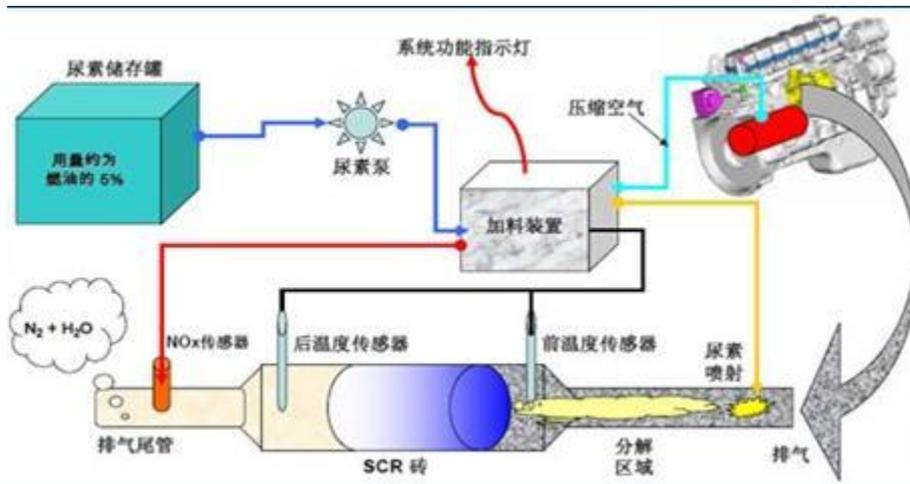
资料来源：清华大学

目前对于柴油机来说，SCR 方法是 NO_x 转化率最高的技术，可达 60%-90%。而且该技术不会导致柴油机颗粒排放 (PM) 的增加。同时，所使用的催化剂相对 DPF (颗粒捕捉器) 也有较高的耐硫性，根据相关整车公司和科研院所的实验结果，柴油含硫量达到 350PPM 时，催化剂仍可正常工作。

催化剂可用 V₂O₅-TiO₂、Ag-Al₂O₃，以及 Cu-Zeolite (沸石) 等不同系列，还原剂可用各种氨类物质 (包括氨气、氨水和尿素) 和各种 HC (可通过调整柴油机燃烧控制参数使排气中 HC 增加，或者直接向排气中喷入柴油或者醇类实现)。

构成和工作过程

图 4: SCR 系统工作原理



资料来源：汽车排放后处理技术

构成：SCR 系统主要包括催化器 (含催化剂和催化剂载体)、传感器 (氮氧化物传感器、温度传感器等)、控制器 (电子+执行)、尿素储存罐、空气和尿管道、计量泵和喷嘴，以及 DOC 作为前处理器 (非必须，用于调节 NO 和 NO₂ 的比例)、后氧化催化器 (非必须，用于氧化多余的 NH₃) 等。另外需要使用排起处理液 (DEF)，DEF 是 32.5% 的尿素水溶液，无毒、无污染、无爆炸性、不易燃，清澈的液体，可能有轻微的氨气味。泄漏出来的 DEF 很容易因为水分蒸发而变成白色的 DEF 结晶，在 -11° C 时开始结冰。

大致的工作过程是：SCR 控制系统根据发动机工况确定尿素溶液的喷射量；进而通过尿素泵从尿素储存罐中汲取尿素溶液，通过尿素喷嘴喷入排气管中，尿素计量泵根据 ECU 计算出的喷射量控制喷入量；各种传感器用于监测后处理的效果，并将信号返回至 ECU 中。

成本：由于国内 SCR 尚未大规模量产，最终的价格和成本尚难以准确判断，但 SCR 的大致成本结构为：催化剂 (含载体) 占 20%-30%，计量泵 20%-30%，传感器 20%-30%，系统集成和标定 20%-30%。

NO_x 转化率高，可达 60%-90%，配合更精确的前处理（如共轨等）升级欧五较为简单；

燃烧效率高，动力性更好，可提升动力性 3%-5%，最高可达 10%；

燃油经济性好，油耗较国三标准柴油机低 3%-7%；

对硫不敏感，可使用至少 350PPM 以上含硫量的柴油。

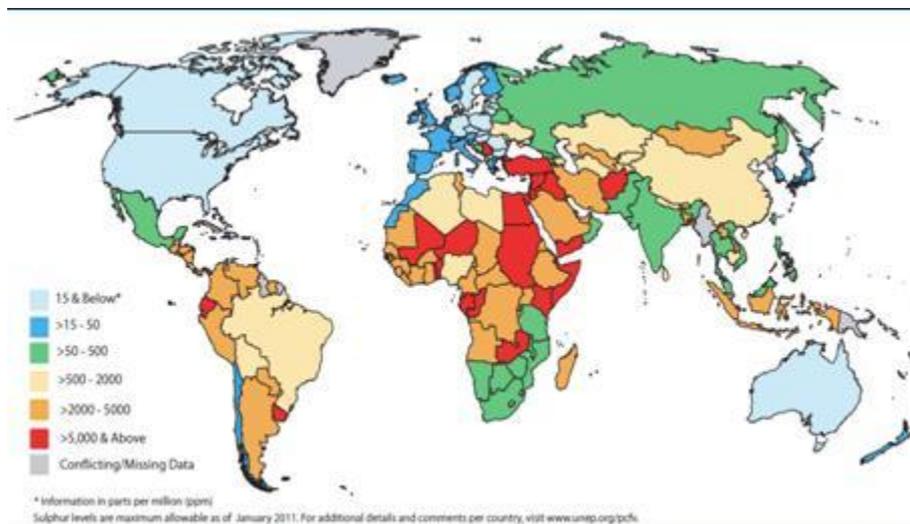
SCR 也有一些缺点：

成本较高，量产初期的价格可能会高于 10000 元；

需要携带尿素罐，体积较大，不便于轻型柴油车安装；

需要基础设施支持，对现有加油站等设施升级改造，使其能够添加尿素。

图 7：世界柴油含硫量（截至 2011 年 1 月）：北美最好，欧洲和日本较好，中国较差



资料来源：UNEP

但是结合我国油品、技术水平和 SCR 在实际使用中的效果，我们认为 SCR 成为我国重型柴油机主流后处理方案的可能性更大。

SCR 子系统及相关企业

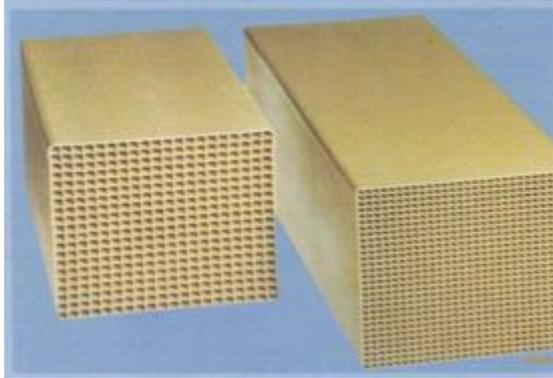
催化剂载体

SCR 载体的主要有陶瓷蜂窝载体、金属蜂窝载体两种形式。目前，部分企业已有相关产品在国外实施欧IV排放标准的地区应用，其载体技术都已经非常成熟，并具有最新的薄壁、高孔密度载体的生产能力。另外，部分企业在技术储备上，已经能批量供应普通的陶瓷蜂窝载体和颗粒物捕集器，产品技术上符合国IV标准要求，并有相应的产品应用实例，但在产品一致性等方面还与国际成熟产品有些差距。因此，国内主要载体厂家技术准备已经非常充分。

国内出产陶瓷载体的主要企业有：康宁（上海）有限公司、NGK（姑苏）环保陶瓷有限公司、江苏宜兴非金属化工机械厂和江苏高淳陶瓷股份有限公司（相关上市公司：600562，

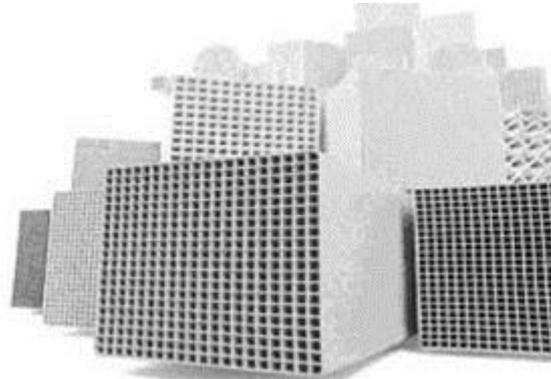
*ST 高陶)、中科凯瑞等。供给金属载体主要有德国依米泰克 (Emitec GmbH, 为西门子和 GKN 的合资公司) 和南京依柯卡特环保科技有限公司等。

图 8: SCR 催化剂载体



资料来源: Google 图片

图 9: SCR 催化剂载体



资料来源: Google 图片

催化剂

催化剂是后处理系统中的核心部件。催化剂的成分、含量及涂覆水平是催化器性能的重要指标,直接影响尾气的净化效果。目前,汽车采用的催化剂主要成分有贵金属、钒钼钨化合物、铁铜分子筛等。

在技术储备方面,主要企业都已经有能力进行国IV柴油机后处理催化器的涂覆。大部分催化剂厂家已经在国内设立了研发中心,说明企业非常注重提升研发实力来适应市场要求。生产准备上,目前大多数企业生产的产品主要是满足汽油车三元催化器和柴油机 DOC 的涂覆。对于国四车辆所需的 SCR 系统涂覆,很多企业在技术准备上已经满足,但鉴于未来实施时间的不确定性,尚未大规模量产,故部分企业采取在国外进行催化器涂覆的方式满足国内市场需求,待需求规模上升后,将适时转为国内供应的方式。

国内从事催化剂涂覆的主要企业有:巴斯夫催化剂(上海)有限公司、无锡威孚环保催化器有限公司(相关上市公司:000581,威孚高科)、庄信万丰(上海)催化剂有限公司、优美科汽车催化剂(苏州)有限公司、昆明贵研催化剂有限责任公司(相关上市公司:600459,贵研铂业)和福建朝日环保科技开发有限公司等。

催化器封装

尾气后处理系统催化器封装主要是用来保护催化器中的载体,使发动机排气能够与载体催化剂充分接触。催化器的封装方式大致分为蚌壳式、捆绑式和塞入式三种。

经过近些年发展,封装企业都基本形成了整套系统的封装能力,产品性能日趋成熟,一些企业已经有小批量在国内大城市配套应用,一些企业大规格载体的封装能力正在建设中。另外重型柴油车后处理封装技术相对汽油机三效催化封装技术来说,提升水平不算太大。而且主要封装企业生产准备充分,技术成熟,少部分企业已经加紧研发和跟进,将可以适时满足标准实施要求。

国内从事催化器封装的主要企业有：无锡威孚力达催化净化器有限责任公司（相关上市公司：000581，威孚高科）、埃姆康环保技术（上海）有限公司、天纳克同泰（大连）排气系统有限公司和上海天纳克排气系统有限公司、康明斯排放处理系统（中国）有限公司、苏州派格力减排系统有限公司、北京绿创环保设备股份有限公司。

尿素喷射系统

系统包含三个关键组件：尿素喷嘴、尿素计量泵和尿素喷射控制系统。目前，行业内尿素计量泵和尿素喷嘴主要采用博世、无锡威孚力达（相关上市公司：000581，威孚高科）、格兰富、康明斯、天纳克、Albonair 公司的产品，控制系统方面主要由博世和各 SCR 封装厂等掌握，如威孚高科（000581）、银轮股份（002126）等。

图 10：计量泵



资料来源：Google 图片

图 11：尿素喷嘴



资料来源：Google 图
片

图 12：氮氧化物传感器



资料来源：Continental

传感器

传感器中难度最高，同时也占据绝大部分成本的是氮氧化物传感器。目前国内高端传感器的设计制造能力较低，该传感器主要依靠进口。主要生产厂商如德国大陆集团、Huber Group、德尔福等。