

清洁空气技术评估报告

车用固态氨系统



清洁空气创新中心
Innovation Center for
Clean-air Solutions

清洁空气创新中心

清洁空气技术评估组

2016年12月

声 明

清洁空气创新中心开展的清洁空气技术详细评估工作是以技术评估申请方提供的数据、信息和资料为基础开展的，申请方有义务保证其所有信息的真实性和准确性。中心将详细评估结果编写入详细评估报告，为该技术产品的环境效益，技术性能和经济成本等方面的性能给出综合性分析。

本报告仅用做技术评估用途，未经我中心许可不得发布、转载，或擅自修改、曲解报告中的内容，否则中心将不承担因此带来的任何法律责任。该评估报告的最终解释权归清洁空气创新中心所有。

目 录

1	背景	1
1.1	技术评估组和详评流程	1
2	产品概述	2
2.1	技术/产品名称	2
2.2	产品介绍	2
2.3	知识产权信息	3
3	技术评过程	5
3.1	评估方案制定	5
3.1.1	主要评估参数	5
3.1.1	参考评估标准	5
3.2	技术评估	6
3.2.1	文件评估	6
3.2.2	现场评估	6
4	主要评估结论	8
	附件一：技术评估申请方提交文件清单	11
	附件二：“创蓝奖：技术评估组全体成员列表	12
	附件三：基于专利组合的评价意见	13
	附件四：知识产权承诺书	15

1 背景

清洁空气创新中心（以下简称“中心”）是创蓝奖的承办单位，中心组织专家开展对参评技术的评选工作。佛吉亚排气控制技术开发（上海）有限公司（以下简称“佛吉亚公司”）作为车用固态氨系统技术申报单位参与了 2016 年创蓝奖申请。

中心组织专家对佛吉亚公司的车用固态氨系统技术进行了初步评估，认为该产品技术路线合理，在柴油机尾气处理方面有技术优势。在此基础上，评审组对该技术开展了详评工作，以进一步验证该技术产品的核心技术性能、环境效益以及经济性等特征。经双方协商一致，该技术的详细评估工作自 2016 年 11 月起开展。

为开展本技术产品的详评工作，中心专门组建了专项技术评估组，依照《清洁空气技术评估方法学》，通过文件审核，现场调研核证和测试等方式，对产品开展了详细技术评估（以下简称“详评”）。详评工作于 2016 年 12 月完成。

1.1 技术评估组和详评流程

“创蓝奖”技术评估组由工作组和专家组组成，成员主要包括清洁空气创新中心的技术专家和国内外相关行业领域的核心技术专家。柴油机减排技术领域评估组成员如下表，“创蓝奖”技术评估组全体成员列表详见附件二。

表 1 柴油机减排技术评估组成员表

柴油机减排技术评估组成员	
汤大钢	解洪兴
王燕军	凌炫
岳欣	王丽莎
李俊华	李连飞
葛蕴珊	何新
苏盛	苗亚宁
尹航	杨晓航
许军	Joseph Kubsh

被评估技术先要通过初评，完成相关技术参数收集整理和技术原理合理性评估后，再申请开展详评。详评的主要工作内容包括：制定专项技术评估方案；文

件审核；现场核证；综合评估；评估报告编制。

2 产品概述

2.1 技术/产品名称

车用固态氨系统

2.2 产品介绍

车用固态氨系统为选择性催化还原技术（SCR）的氨产生系统。该技术利用固态物质氯化锶 $SrCl_2$ 吸收氨气，并以固态络合物 $Sr(NH_3)_8Cl_2$ 的形式将其储存，在需要时释放出来将柴油机尾气中的氮氧化物转化为氮气和水。

$SrCl_2$ 储存在密封罐中， $Sr(NH_3)_8Cl_2$ 络合物在 $55-80^{\circ}C$ 发生逆反应，通过加热储罐的方式释放出 NH_3 。车用固态氨系统主要部件为储罐单元、计量喷射单元、控制单元和传感器。

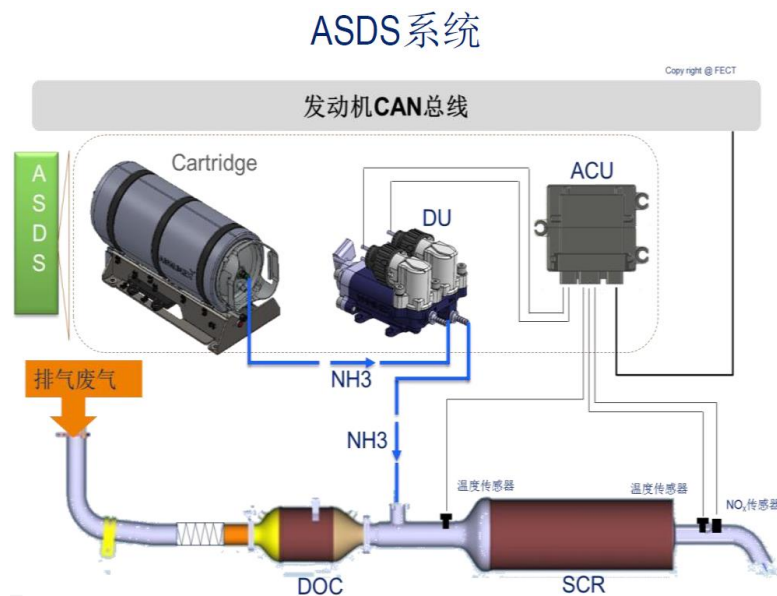


图 1 ASDS 固态氨系统示意图

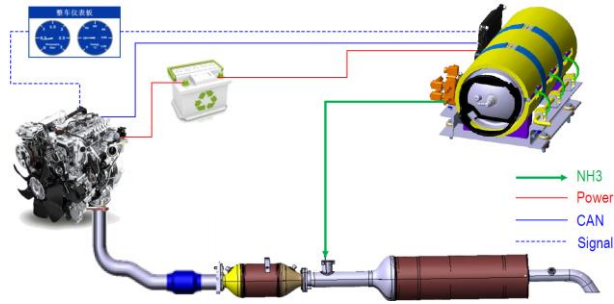


图 2 ASDS 固态氨系统示意图



图 3 氯化铵

2.3 知识产权信息

佛吉亚公司公司已提交关于知识产权方面的承诺书（附件四）。共收到其发来的相关发明专利项 6 项，以下是详细信息。

表 2 专利信息

专利名称	公开号	发明人	专利权人	状态
用于产生氨的设备	CN 103470347 B	弗雷德里克·格雷贝	佛吉亚排气系统有限公司	有权
氨发生装置	CN 103470350 B	沙维尔·巴尔托洛；大卫·加福雷利	佛吉亚排气系统有限公司	有权
用于提供成比例气体流的组件、相关联的方法及配备有这种组件的车辆排气管路	CN 103566755 B	弗朗索瓦·拉库蒂尔 本杰明·奥布林格	佛吉亚排气系统有限公司	有权
氨储存装置和装配有该装置的排气管线	CN 103672397 A	塞巴斯蒂安·吉纳赫特	佛吉亚排气系统有限公司	审核中
尤其用于机动车辆排气系统的具有优化的填充时间的氨存储筒	CN 104234796 A	爱丽丝·德维纳皮金	佛吉亚排气系统有限公司	审核中
用于还原内燃机的排气中的一氧化氮和二氧化氮排放物的设备	CN 105556081 A	塞巴斯蒂安·吉纳赫特 爱丽丝·德维纳皮金 克里斯托弗·巴韦雷尔 克里斯托弗·维奥	佛吉亚排气系统有限公司	审核中

评估组对佛吉亚公司申报技术的专利组合进行了评估，专利组合反映出该机构在“车用固态氨系统”领域具有多项重要的创新。专利组合评价意见详见附件三。

3 技术评过程

3.1 评估方案制定

技术评估组依据技术评估申请方佛吉亚公司的申请对其技术产品开展了详细评估，并专门制定了专项技术评估方案，通过文件审核和现场评估等方式对该技术产品的核心性能参数进行了综合评估。

3.1.1 主要评估参数

技术评估组针对该技术产品制定了主要评估参数表，并向佛吉亚公司收集了相关参数的技术性能信息。如下表：

表 3 主要评估参数

	主要评估参数	申请方提供相关技术性能描述
技术性能	固态氨系统运行方式	通过对储罐加热，释放氨气，通过计量单元注入排气中。用完的储罐回收后进行氨气加注，重复利用
环境性能	氨转化效率	低温条件下高于尿素系统
经济效益	节油	在达到相同氮氧化物转化率，尿素系统需要发动机热管理，需要额外喷油，固态氨系统节省该部分燃油消耗

3.1.1 参考评估标准

GB 17691-2005 《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》

HJ 689-2014 《城市车辆用柴油发动机排气污染物排放限值及测量方法 (WHTC 工况法)》

GB/T18297-2001 《汽车发动机性能试验方法》

3.2 技术评估

3.2.1 文件评估

技术评估组对申请方提交的技术评估申请表，技术产品介绍文件，应用案例信息，技术参数表，技术产品检测报告，知识产权信息等相关文件进行了系统评估。并分别于 2016 年 9 月 29 日组织专家对车用固态氨系统技术提交的文件进行了评估，并对评估方案给出了建议。评估组对现有和追加的文件进行了进一步评审，对被评估技术产品的技术原理和技术性能等开展了综合评估。

3.2.2 现场评估

详评阶段通过现场核证和综合评估的方式，对其技术产品开展了详细评估。并于 2016 年 11 月 29 日对运行在上海安亭 2 路公交线的车用固态氨系统的应用情况进行了实地调研和核证。

佛吉亚工程师使用 OBD 系统现场采集了安装佛吉亚固态氨系统的安亭 2 路公交车的监控数据并作展示。该车型为上海申沃客车有限公司制造的 6107CHEV 车型，使用混合动力，发动机净功率 132kW。



图4 上海安亭2路公交线调研

固态氨系统数据采集

数据现场展示

数据现场展示

车型铭牌

4 主要评估结论

技术评估组对佛吉亚公司申报的固态氨系统通过文件审核和现场调研的方式开展了详细技术评估工作。主要结论包括：

技术性能：经过资料审阅、氨气加注工厂和实际道路的调研了解到，该固态氨系统的应用符合佛吉亚公司的描述。

环境效益：

固态氨技术启动温度低，低温效果好。在低速工况较多，和寒冷气候条件下运行更好，在同催化剂条件下比尿素系统氮氧化物转化率高。佛吉亚公司提供如下数据。在高尾气排温情况下氮氧化物转化率基本相同，参见图 1 与图 2；但在低温条件 ASDS 固态氨系统转化效率明显高于 Adblue 尿素系统，参见图 3。

表 4 ASDS 固态氨系统与博世 Adblue 尿素系统 EST 测试数据

ASDS Test	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Average Efficiency	Fuel Consumption	Fuel Consumption	Temp.DosRis
	g/kw.h	g/kw.h	%	%	Kg/cycle	Kg/cycle	degC
ESC-1	10.30	0.67	93.54	93.38	18.59	18.55	190
ESC-2	10.25	0.69	93.29		18.58		190
ESC-3	10.32	0.797	92.28		18.51		190
ESC-4	10.07	0.56	94.42		18.50		190

Adblue Test	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Average Efficiency	Fuel Consumption	Average Fuel Consumption	Temp.DosRis
	g/kw.h	g/kw.h	%	%	Kg/cycle	Kg/cycle	degC
ESC-1	10.45	0.77	92.63	92.14	18.43	18.50	190
ESC-2	10.52	0.85	91.89		18.45		190
ESC-3	10.62	0.85	92.01		18.64		190
ESC-4	10.60	0.84	92.04		18.47		190

表 5 ASDS 固态氨系统与博士 Adblue 尿素系统 ETC 测试数据

ASDS Test	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Equivalent Dosed Adblue	NH3 Consumption	Fuel Consumption	Temp.DosRis	Average Efficiency
	g/kw.h	g/kw.h	%	g	g	Kg/cycle	degC	%
ETC-1	10.24	0.79	92.29	574	105	6.26	190	91.96
ETC-2	10.05	0.84	91.64	572	106	6.28	190	

Adblue Test	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Dosed Adblue	Equivalent Dosed NH3	Fuel Consumption	Temp.DosRis	Average Efficiency
	g/kw.h	g/kw.h	%	g	g	Kg/cycle	degC	%
ETC-1	10.55	1.00	90.52	567	104.52	6.21	190	91.56
ETC-2	10.12	0.75	92.59	566	104.33	6.20	190	

表 6 ASDS 固态氨与 Adblue WHTC 测试数据

ASDS Test 1	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Equivalent Dosed Adblue	NH3 Consumption	Fuel Consumption	Temp_DosRis	Weighted Efficiency
	g/kw.h	g/kw.h	%	g	g	Kg/cycle	degC	%
Cold WHTC	16.95	7.90	53.39	295.01	54.38	3.80	120	64.93
Hot WHTC	16.03	5.32	66.81	351	64.70	3.70	120	

ASDS Test 2	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Equivalent Dosed Adblue	NH3 Consumption	Fuel Consumption	Temp_DosRis	Weighted Efficiency
	g/kw.h	g/kw.h	%	g	g	Kg/cycle	degC	%
Cold WHTC	16.37	8.01	51.07	303.8	56	3.80	120	66.53
Hot WHTC	15.09	4.67	69.05	341.78	63	3.70	120	

Adblue Test	RawNOx	NOxOut	Efficiency	Adblue Consumption	Equivalent Dosed NH3	Fuel Consumption	Temp_DosRis	Weighted Efficiency
	g/kw.h	g/kw.h	%	g	g	Kg/cycle	degC	%
Cold WHTC	14.95	10.71	28.36	154.29	28.44	3.7	190	39.73
Hot WHTC	15.56	9.09	41.58	190.96	35.2	3.6	190	

佛吉亚同时提供了在上海进行的针对低温条件下的公司内部道路测试资料，低温条件下 NOx 转化率明显高于尿素系统。具体结果参见下图

表 7 ASDS 固态氨与 Adblue 尿素系统道路测试结果

日期	控制系统	环境温度	起始里程	结束里程	行驶里程	行驶时间	平均车速	平均焓后 排温	平均转换 效率	氨气消耗量
		°C	km	km	km	min	km/h	°C	%	g
2015/1/23	ASDS	3	32442	32475	33	83	23.8	206.6	36.7 *	141
		6	32475	32534	59	120	29.4	214.5	75.3	326
8		32534	32567	33	73	27.1	215.4	67.7	147	
8		32570	32580	10	29	20	204.6	67.2	64	
8		32580	32613	33	84	23.5	196.8	65.7	186	
2015/1/27		Adblue	6	32613	32644	31	73	25.4	207.2	35.5
2015/1/28	3		32646	32674	28	68	24.7	197.2	19.9	
5	32674		32689	15	37	24.3	195.1	12.4		

◆2015/1/23 的转换效率较低，主要是因为ASDS系统在线激活，导致前30min基本无氨气喷射；激活后则再无此现象。

气态氨气直接注入排气中，可以与尾气充分混合，氮氧化物转化效率高于尿素系统。

规避尿素结晶问题，提高氮氧化物转化率

经济成本：

该系统减少发动机温度控制需求，可以降低油耗，在低温条件下效果更明显。

规避尿素结晶问题，减少维修保养成本

应用状况:

有两台加装固态氨系统的公交车应用于上海安亭公交 2 线

在韩国水原市、英国伦敦、丹麦哥本哈根的公交系统有应用。丹麦哥本哈根由 300 台公交车正在使用该系统，在其 2015-2016 冬季，经测算，公交实际运行排气温度 80%时间低于 220℃，AdBlue 几乎不发挥作用。而其使用的车用固态氨系统与铜基催化剂的 SCR 系统，平均温度 170℃的时候转化效率 72%。

评估局限性:

评估组对固态氨系统的技术性能和环境效益评估的主要数据依据是由佛吉亚公司提供，现场核正和数据采集过程仅为技术评估提供参考。

附件一：技术评估申请方提交文件清单

- 技术性能及环境效益相关报告
- 经济成本效益相关资料
- 应用案例介绍文件
- 技术产品及其原理相关文件

附件二：“创蓝奖”技术评估组全体成员列表

姓名	机构
“创蓝奖”技术评估组-工作组成员	
解洪兴	清洁空气创新中心
凌炫	清洁空气创新中心
王丽莎	清洁空气创新中心
李连飞	清洁空气创新中心
何新	清洁空气创新中心
苗亚宁	清洁空气创新中心
杨晓航	清洁空气创新中心
“创蓝奖”技术评估组-知识产权专家	
许军	深圳中欧创新专利咨询有限公司
“创蓝奖”技术评估组-专家组成员	
叶代启	华南理工大学环境与能源学院
朱天乐	北航化学与环境学院
席劲璞	清华大学环境学院
栾志强	解放军防化研究院
马永亮	清华大学环境学院
莫华	环保部评估中心
田贺忠	北京师范大学
朱法华	国电研究院
刘媛	环保产业协会
陈运法	中科院过程所
张长斌	中科院生态环境研究中心
朱春	上海市建筑科学研究院
燕中凯	中国环境保护产业协会
杨景玲	中冶建中研究总院有限公司环保事业部
彭应登	北京环境科学研究院
刘欣	北京市环保局
卓建坤	清华大学热能系
汤大钢	环境保护部机动车排污监控中心
王燕军	环境保护部机动车排污监控中心
岳欣	中国环境科学研究院
葛蕴珊	北京理工大学
苏盛	厦门环境保护机动车污染控制技术中心
尹航	环境保护部机动车排污监控中心
闫静	北京环境保护科学研究院
Gail Lacy	US Environmental Protection Agency
Rebecca Schultz	US Environmental Protection Agency
Joseph Kubsh	Manufacturers of Emission Controls Association
Lidia Morawska	International Laboratory for Air Quality and Health
Christopher James	The Regulatory Assistance Project

附件三：基于专利组合的评价意见

申请机构：佛吉亚排气控制技术开发（上海）有限公司（简称“佛吉亚”）

关联机构：佛吉亚排气系统有限公司（法国母公司）

核心技术：车用固态氨系统

评价依据：

- 1) “创蓝奖”申请表；
- 2) 机构提供的专利组合信息；
- 3) 围绕专利组合获取的各类检索信息

专利组合：

- 1) PCT（未提供信息）
- 2) 中国发明
 - 1#：（已授权）CN103470347B_用于产生氨的设备；
 - 2#：（已授权）CN103470350B_氨发生装置；
 - 3#：（实审中）CN103566755A_用于提供成比例气体流的组件，相关联的方法配备有这种组件的车辆排气管路；
 - 4#：（实审中）CN103672397A_氨储存装置和装配有该装置的排气管线；
 - 5#：（实审中）CN104234796A_尤其用于机动车辆排气系统的具有优化填充时间的氨存储筒；
 - 6#：（实审中）CN105556081 (A)_用于还原内燃机的排气中的一氧化氮和二氧化氮排放物的设备；

上述 5 项发明专利与申报的技术密切相关。其中前面 5 项通过巴黎公约途径进入中国；第 6 项通过 PCT 途径进入中国。

主要结论:

总体来看,专利组合反映出该机构在“车用固态氨系统”领域具有多项重要的创新。

其他建议:

1) 从第 5 件发明专利的著录信息(该发明专利通过 PCT 途径在 30 个月期限最后一天进入中国)可以推测,佛吉亚对于获得中国专利权采用了晚授权的策略。那么,为什么前面 5 件发明专利采用了巴黎公约途径进入中国的方式?也许,佛吉亚在不同时段,针对中国市场,采用了不同的专利战略。

2) 因为专利法在不同国家间有或多或少的差异,通常在寻求获得某个国家的专利权时,会对原始专利文件进行适当的修改,以确保专利文件的质量。

附件四：知识产权承诺书



“创蓝奖”申请方 知识产权承诺书

我公司承诺：

1. 我愿意为推动中国空气质量改善及最佳可行空气污染治理技术的发展做出贡献。
2. 我公司提供的参评技术为我公司拥有知识产权的技术或经合法途径获得授权并有权进行“创蓝奖”评比的技术；
3. 我公司提供的参评技术不侵犯第三方知识产权和其他合法权益；
4. 我公司提供的与参评技术有关的信息真实可靠；
5. 我公司提供的保密信息均已于提交前标注了“保密”、“秘密”或类似标签，未经注明的视为可以公开的资料。
6. 不利用评奖相关资料做夸大和虚假宣传。
7. 如因我公司提供的参评技术而侵犯第三方的权益或与第三方产生争议，由我公司承担全部责任并赔偿及负担“创蓝奖”主办方及相关方因此所受的损失。

公司名：

公司签章：

法人签名：

日期：

