

从美国清洁空气法案的推行 看我国VOC排放的治理

US CAAA 1990 Enforcement and China Opportunity

张定安 Dan Zhang

加拿大流体模拟集团

Fluid Modeling Group Canada

8, 2018



美国清洁空气法修正案

US CAAA 1990

- 1990年11月由美国布什总统签署，获两党压倒性多数通过。修正案的通过被说成是老布什执政期间最引人注目的成就。
- 该修正案是对1967颁布的CAA以及1970、1977修正案的进一步修正。是美国第一个最具影响的环保法案，也是世界上最全面的空气质量法案之一。
- 法案由EPA协调各州、地方政府执行。事实上，1970年12月成立的环保总署EPA，便是联邦政府以清洁空气法案为抓手，综合环保研究、设立空气质量标准、加强监管、执法力度，以确保对环境的保护。
- 法案不只是“监管”空气污染，联邦政府同时提供经费研究治理空气污染。

CAAA: Clean Air Act Amendment



修正案要点 CAAA 1990 Key Points

- 确立新的国家环境空气质量标准 national ambient air quality standards (NAAQS)
- 依法管理移动空气污染源 regulate mobile sources of air pollution
- 限制有害空气污染物排放 limit the emissions of certain pollutants from these sources
- 控制导致酸雨的SO₂ and NO_x 的排放 control emissions that lead to acid rain
- 1990修正案阐述4个方面污染源对环境和民众健康的影响 elaborate the impact of pollution sources on the environment and public health
 - 都市空气污染 Urban air pollution
 - 酸雨 Acid rain
 - 有毒气体排放 Hazardous air pollutants
 - 臭氧 Ozone

CAAA 要求实施技术性控制措施

Implementation of technical control measures

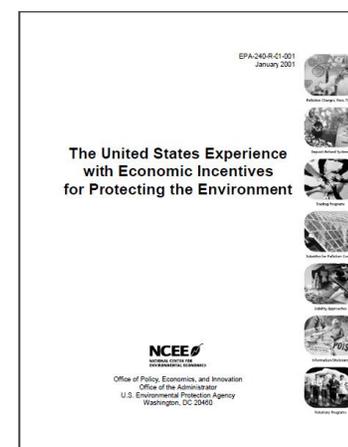
- 对于主要固定和移动空气污染源，法案规定单一空气污染物排放不超过10吨/年，或多种污染物排放不超过25吨/年。要求实施最大可实现控制技术
Require for Maximum Achievable Control Technology (MACT)
- 对于小型空气污染源，如汽油分配站，则要求实施通常可实现控制技术和
and for Generally Achievable Control Technology (GACT)
- 修正案同样对小型企业和小型空气污染源加以规范 regulate on small businesses and small sources of air pollution
 - 农业化学用场 家具制造、修理厂 照片处理实验室
 - 沥青制造和应用 加油站 印刷厂
 - 汽车车身店 医院 冰箱、空调维修服务
 - 面包糕点厂 实验室 柏油铺设业务
 - 铸造厂 伐木场 纺织厂
 - 酒厂 金属加工 木材加工厂
 - 干洗店 报纸出版 虫害控制场所

❖ 这里的吨，指美吨，= 2,000磅 = 907.18公斤

美国环境保护的经济效益

Economic benefits of environmental protection

- **节约\$500亿/年环保开支** One study (2001) for EPA estimated the potential savings from widespread use of economic incentives at the federal, state, and local level could be 1/4 of \$200 billion/yr. currently spent on environment pollution control in the United States.
- **环保成效**
 - achieve larger reductions in pollution; 降低污染
 - control pollution at lower costs; 降低控污染成本
 - control pollution caused by a multitude of small and dispersed sources; 降低小而分散的污染源
 - stimulate technological improvements and innovations in pollution control. 刺激技术改进和创新
- **污染费 / 排放许可** A pollution charge is a fee based on the quantity of pollutants that are discharged into the environment
- **交易方案 6章**. Trading Programs: low-cost sources will sell some of their permits while high-cost sources will buy permits. Since 1990, EPA has significantly expanded the use of trading in Clean Air Act programs.



CAAA 1990 实行获得健康改善

Health improvement

- ❖ CAAA 1990的实行，极大地减少了由于大气污染所引起的相关疾病案例的发生，产生的经济效益，远远超过其投入的成本

	Year 2010 (cases prevented)	Year 2020 (cases prevented)
Adult Mortality – particles 成人死亡率	160,000	230,000
Infant Mortality – particles 婴儿死亡率	230	280
Mortality – ozone 死亡率	4,300	71,000
Chronic Bronchitis 慢性支气管炎	54,000	75,000
Heart Disease - Acute Myocardial Infarction 急性心肌梗塞	130,000	200,000
Asthma Exacerbation 急性哮喘	1,700,000	2,400,000
Emergency Room Visits 急诊	86,000	120,000
School Loss Days 失学日	3,200,000	5,400,000
Lost Work Days 失工日	13,000,000	17,000,000



Andrew Wheeler
Acting Administrator, EPA,
July 5, 2018
美国环保总署，代署长



管理机构 Headquarters Offices

- 行政与人力资源管理 Administration and Resources Management
- 空气和辐射 Air and Radiation
- 化学安全与污染防治 Chemical Safety and Pollution Prevention
- 环境执法 Enforcement and Compliance Assurance - 强制执行，确保遵守
- 环境信息 Environmental Information
- 政策法律 General Counsel
- 监察 Inspector General
- 研究与开发 Research and Development
- 水资源 Water
- 其他.....

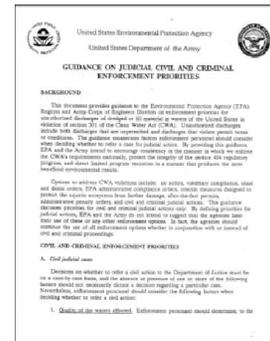


Scott Pruitt
前任署长
2, 2017 to 7, 2018

EPA 环保法的刑事执法

Criminal Enforcement of Environmental Law

- EPA成立的头十年，工业界还习惯于认为违法环保法的代价仅导致民事诉讼和行政惩罚
- 一份1991的报告指出，引进环保法刑事执法无疑是EPA最有效的威慑手段，且应该列为优先 (Environmental Criminal Enforcement Priorities in 1990s)
- 与罚金不同，违反环保法者不能把坐牢的惩罚转移给用户 (Unlike monetary penalty, imprisonment is the one cost that an environmental criminal cannot pass to consumers)
- 环保法的刑事执法是布什总统委任EPA的权利，并赋予公众知情权和参与权
- 民事和刑事的司法执法指导文件由美环保总署和美陆军部联合签署 (US EPA and US Department of Army: Guidance on Judicial Civil and Criminal Enforcement Priorities, 1990)



储油罐的VOCs排放

Emission from Storage Tanks



- 工业界使用的储油罐大都无油气回收的装置，任由其中的烃类气体直接排放至大气层。这些油气中含有VOC，HAP，以及温室气体。储油罐向大气层的直接排放是造成空气污染和雾霾的元凶之一。
- 据报道，2012年，我国石化炼制行业蒸发排放的VOCs近250万吨。预测至2020年将达4、5百万吨，它不仅造成严重的空气污染，而且还是极大的资源浪费。
- 美国在空气污染控制方面起步较早，且措施严厉，推行力度大。EPA要求工业界定期、定量报告储油罐的排放量，并征收排放费。
- 2015年财政部，发改委，环保部发布“挥发性有机物排污收费试点办法”的通知。收费由各省、自治区、直辖市根据本地区实际情况自定。
- 据称，排放量的计算各行其是，有的采用自己开发的软件，有的则通过手算来完成。同时也因为计算模型的不统一、不规范和不标准，往往让产生的计算结果成为无用的数据。

EPA: 储油罐排放费及其估算

Storage tank discharge fee and its estimation

- The fee rate (\$/ton) in 2017 is \$50.56, increased by \$0.40 from that in 2016. A typical storage tank emits about 1,000 ton/y, making \$50,000/y.
- Due to the high cost of onsite emission measurement and the huge measurement error, the industry and the environment agencies use software models for emission estimation.
- An API project was initiated in 1993 to develop a method that used the minimal and easy-to-acquire field data for HAPs and VOCs emissions estimation from oil tanks. It is known today as the AP-42 method that is well accepted by the industry and EPA.

September 16, 2016

MEMORANDUM

SUBJECT: Calculation of the Annual Part 71 Fee for Calendar Year 2017

FROM: Dylan Mataway-Novak
Operating Permits Group, AQP, OAQPS

TO: Operating Permits Contacts
Regions I-X

For Part 71 programs administered by EPA, the fee rate (\$/ton) effective during calendar year 2017 is \$50.56. This fee rate represents an increase of 0.80433% (\$0.40) from the fee rate in effect for calendar year 2016 (\$50.16). This increase is based on a calculation of the average monthly change in the Consumer Price Index (All Urban Consumers) for the 12-month period of September 2015 through August 2016 as reported by the U.S. Bureau of Labor Statistics.

Note that the fee rate in effect for a time period is generally used in all fee calculations during

油罐排放云计算模型

Cloud computing model for tank emission

- 一个准确、可靠的计算模型不仅可以作为统一的检测依据，有效的监管手段，也是评估任何VOCs减排措施的实效性的必不可少的工具。
- 早在1995，EPA曾委托API，研发一款软件用以估算储油罐的排放。FMG的成员曾是负责设计和开发E&P TANKS 版本1.0至版本3.0的开发者。
- 作为空气污染治理的第一步，我们不必去研发传统意义上的软件，而是推出一款统一、规范和标准的储油罐排放的计算模型。这款计算模型应该也可以建立在云计算的平台上。
- 云计算模型的优势，不仅可以作为环保部门对排放的检测和收费依据，而且因为采用卫星地图的储油罐地理定位，还可作为环保部门的远程监测工具。云计算平台结合权威的气象数据库，不仅能够计算现时的排放，还能根据以往的气象数据返算以前的排放量，以及预测今后的排放量。
- 在云计算平台基础上还可以建立大型数据库，分析、研究储油罐排放的地理分布，排放程度的轻重，为进一步治理提供大数据。

云计算排放模型在工业工程中的应用

Application of cloud emission model

- 油气勘探的开发和生产 (Oil and gas exploration and production)
- 炼油厂 (Refinery)
- 中游过程 (Midstream production)
- 化工厂 (Chemical plant)
- 制造业，如汽油、机油、防冻液、甲醇等 (Manufacturing Industry: gasoline, engine oil, antifreeze and methanol, etc.)



FMG油罐排放云计算模型

Tank Emission Model : FMGCloud_Tanks

- FMG研发的油罐排放模型是在云计算的平台上对传统软件的100%崭新的更替。用户不用安装软件，不用更新升级，可在电脑、iPad和手机上进行运算，可随时、随地使用。
- FMG 油罐排放模型基于互联网, 成为软件即服务 SaaS (Software as a Service)
- 便捷、快速的在线服务, 自行管理的计算样本, 数据可以存储、上传, 分享
- 中、英文双语言显示
- FMG平台安全、保密、可靠
- 免费使用! Free for use!



Fluid Modeling Group Canada 产品介绍

July 2018

模块说明 - 储油罐排放 (FMGCloud_Tank)

工业界广泛地使用储油罐用于在常温常压条件下储存原油、炼油及其他油品。大多数的储油罐都无油气回收的装置, 任由其中的烃类气体直接排放至大气层中。这些油气中含有 VOCs (Volatile Organic Compounds), HAPs (Hazardous Air Pollutants), 以及温室气体。储油罐向大气层的直接排放是造成空气污染和雾霾的元凶之一。



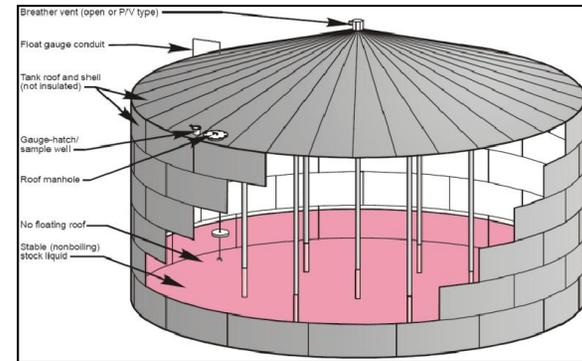
美国环保总署 (EPA) 要求工业界定期定量报告储油罐的排放量, 并征收排放费。由于在现场对储油罐排放进行检测所花费的代价太高, 测量的误差也很大。美国 EPA 和工业界都采用软件模型来进行估算。2015 年我国财政部, 发改委, 环保部发布 “挥发性有机物排污收费试点办法” 的通知。收费标准由各省、自治区、直辖市根据本地区实际情况自定。

FMG 研发的储油罐排放模型, 适用于固定顶罐 (立式或卧式) 和浮顶罐 (内浮顶式和外浮顶式) 两大类。固定顶储油罐向大气排放有三部分原因组成: 即, 由压差引起的闪蒸排放 (tank-flashing emissions), 由环境温度引起的持续性损耗也称呼吸损耗 (standing loss), 以及用泵向储油罐输入原油引起的工作排放 (working loss)。浮顶罐还牵涉到其他损耗, 但可归纳为呼吸损耗和工作损耗。本款模型按照严格的化工热力学原理计算闪蒸排放, 并采用美国石油研究院的 AP-42 法进行估算呼吸损耗和工作损耗。

固定顶罐 (立式和卧式)

Fixed Roof Tank (vertical and horizontal)

1. 由压差引起的闪蒸排放 (flash loss)
2. 由环境温差引起的持续性排放 (standing loss), 也称作“呼吸排放”(breathing loss), “静置损耗”或“小呼吸”。
3. 以及用泵向储油罐输入、输出原油引起的排放 (working loss), 也称作“工作损耗”或“大呼吸”。



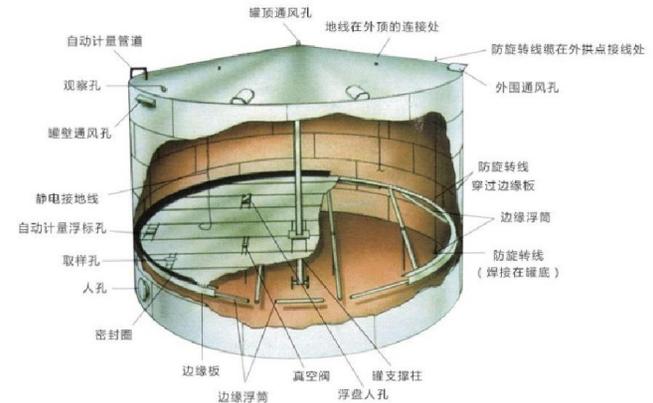
浮顶罐 (内浮顶式和外浮顶式)

Floating Roof Tank (internal and external)

1. 由压差引起的闪蒸排放 (flash loss)
2. 挂壁损耗 withdrawal loss (working loss)
3. 边缘密封损耗 rim seal loss
4. 浮盘附件损耗 deck fitting loss
5. 浮盘缝隙损耗 deck seam loss

(浮盘缝隙损耗通常可忽略)

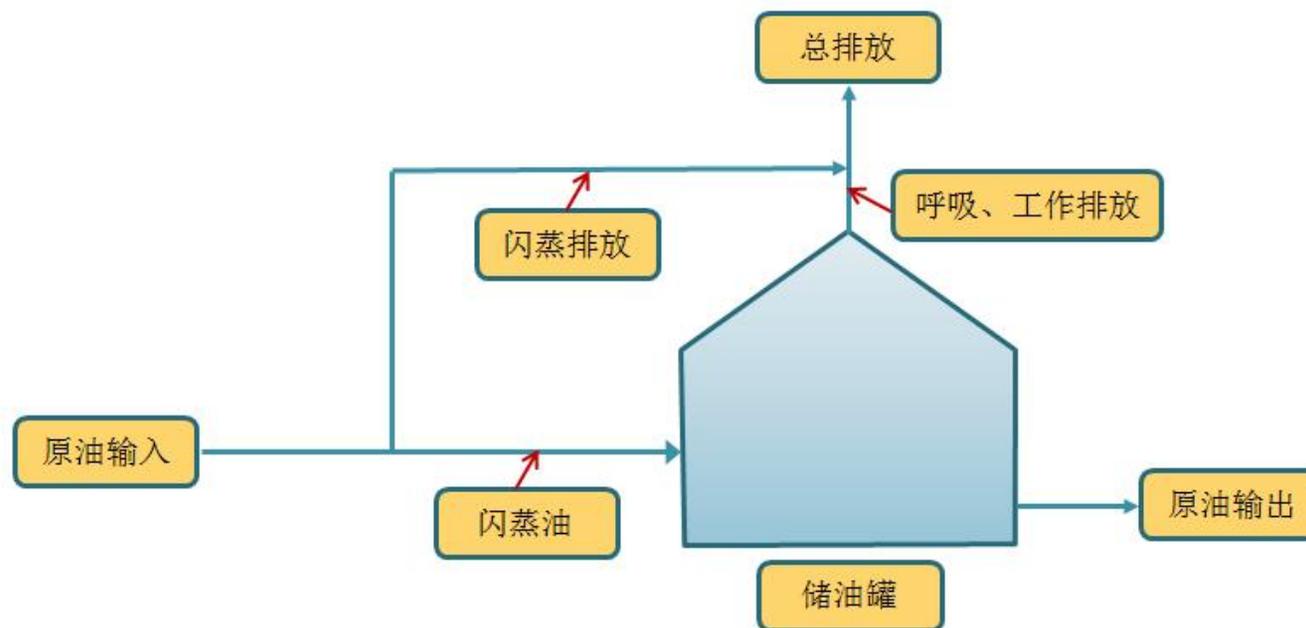
(standing storage loss)



❖ Withdrawal Loss 也称为大呼吸；而 Rim Seal, Deck Fitting 和 Deck Seam Loss 也统称为小呼吸。

储油罐VOC排放示意

Schematic diagram of tank VOC emission



- ❖ 闪蒸排放可用严格的化工热力学原理进行计算；而呼吸排放和工作排放，工业界通常采用美国石油研究院 (API) 的AP-42法进行估算。

储油罐排放模型计算方法

Methodology of tank emission model

- 闪蒸损耗：
 - 计算油品从压力容器或管线进入到常压储罐中，由于压力变化而引起的排放损失
 - 基于热力学原理对汽液相平衡，物料平衡，热量平衡的计算
- 储油罐呼吸损耗和工作损耗
 - 基于美国环保署（EPA）推荐的储罐排放估算方法，AP-42模型
 - 基于中国财政部、国家发展改革委、环境保护部制定发布的《石油化工业VOCs排放量计算办法》公式方法
 - 适用于固定顶罐、浮顶罐储存原油、馏分油及挥发性有机溶剂大呼吸和小呼吸排放损耗的估算

储油罐排放模型的输出功能

Output functions

- 按照国际的标准定义，输出 VOC，HAP 和温室气体的排放量以及总排放量。

Loss Summary	Flash Loss	Standing Loss	Working Loss	Total Emission
Total HAP (tonne)	79.51	0.82	4.91	85.24
Total VOC (tonne)	1045.68	11.05	66.27	1122.99
Total Greenhouse Gas (tonne)	235.36	2.05	12.29	249.70
Total Hydrocarbon (tonne)	1281.17	13.10	78.56	1372.83
Total Emission (tonne)	1469.92	14.55	87.26	1571.73

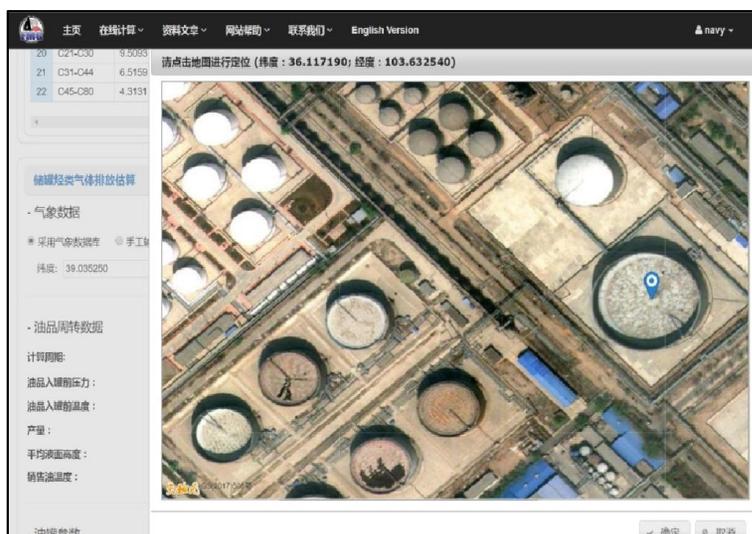
- 如环境温度变化未知，可用模型链接的卫星地图确定储罐的地理位置，进而采用模型置入的气象数据库，作为全年或逐月的气象数据。便于今后建立数据库时分析、研究气体排放的地理分布，排放程度的轻重，为进一步治理提供大数据。
- 自动产生一份 PDF 的文本，可用作向环保监管部门报告排放量。其模本可以定制。

FMG模型计算实例-1 Calculation case1

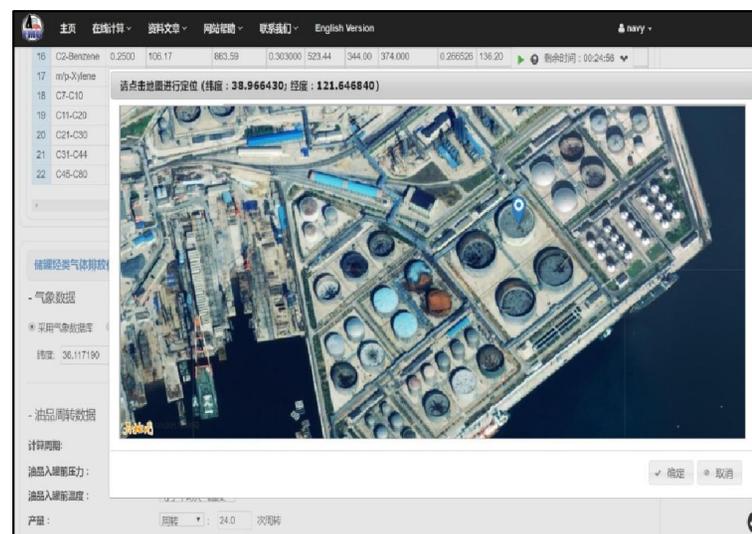
储存物质：常规原油 单个十万方外浮顶罐，每月周转两次

注：储油罐的定位及卫星图片采用天地图服务，下同

储罐排放损失	兰州石化	大连石化
空气污染物 (HAP) (吨/年)	31.6	30.0
挥发性有机物 (VOC) (吨/年)	1068.1	915.9
温室气体 (吨/年)	565.9	490.8
碳氢化合物 (吨/年)	1603.1	1380.3
损失总计 (吨/年)	1661.2	1432.2



兰州石化储罐基地

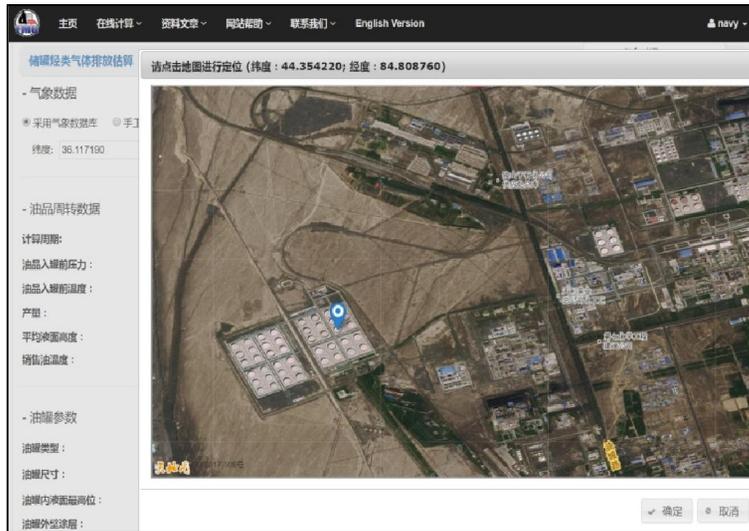


大连石化储罐基地

FMG模型计算实例-2 Calculation case2

储存物质：常规原油 单个十万方外浮顶罐，每月周转两次

储罐排放损失	独山子石化	咸阳石化
空气污染物 (HAP) (吨/年)	26.1	31.3
挥发性有机物 (VOC) (吨/年)	914.7	992.5
温室气体 (吨/年)	526.4	524.8
碳氢化合物 (吨/年)	1413.4	1488.9
损失总计 (吨/年)	1467.4	1543.6



独山子石化储罐基地



咸阳石化储罐基地

小结Summary

- 我国大气环境治理形势严峻，工业储油罐VOC排放及浪费现象惊人，急需建立并完善有效的估算方法，以便对污染源进行监管和控制，最终达到减少排放的目标。
- 本工作尝试研发的云计算平台，能够较准确、可靠地估算和预测各类储油罐的排放，可作为环保部门检测依据和监测工具。在此基础上可进一步生成储油罐库区排放污染分布图，建立大数据库，有效管控污染源及制定治理的长远规划。
- 青山绿水，蓝天白云，人皆向而往之，但是创建和维护一片净土需要付出代价。让我们一同努力，为下一辈人的福祉，作出我们这一代人的贡献。

