

基于CPNtools的环评工程分析信息化技术的研究

Research on Environmental Assessment Engineering Analysis Informatization Based on CPNtools

胡筱敏, 马云峰, 王宇佳, 赵 研
(东北大学资源与土木工程学院 沈阳 110004)

摘要 以东北制药总厂现状环境评价为例, 首先抽象出其采用的代数系统, 然后构建了与其同构的着色PetriNet模型, 并运用CPNtools完成了环境评价学的各种分析和论证, 从而为构建C⁴ISRE奠定了基础。

关键词 环境评价 环境评价信息化 环境保护指挥自动化系统 着色Petri Net CPNtools C⁴ISRE

Abstract Some methods are introduced in this article, such as the index of atmospheric purity, lichens micronucleus techniques and so on, monitoring of various pollutants by lichens is discussed. Based on the relative researches at home and overseas, the problems in native researches and prospects are discussed briefly.

Key words Environmental Assessment Environmental Assessment Informatization Environmental Protection Command Automation System Color Petri Net CPNtools C⁴ISRE

环境影响评价是指对拟议中的建设项目、区域开发计划和国家政策实施后可能对环境产生影响后果进行的系统性识别、预测和评估, 并提出减少这些影响的对策措施^[1]。传统的环评方法其方法论上是属于牛顿经典理论和还原论, 无法有效的体现生态环境系统的涌现性和演化性, 所以需要引入新的理论才能解决这个深层次的问题。

把以军事指挥自动化系统C⁴ISR为代表的军事战场仿真技术移植到环境评价领域, 建立环境保护指挥自动化系统C⁴ISRE^[2], 进而构建“环境保护领域的从定性到定量的综合集成研讨厅”的方法可以有效解决环评的诸多问题。

C⁴ISRE, Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, Environmental Assessment。环境指挥、环境控制、通信、计算机、环境监测、环境监察、环境评价, 即环

境评价自动化系统, 又称环境评价/灾难预警/应急指挥一体化分布式仿真系统, 或环境保护指挥自动化系统。

C⁴ISRE是指以计算机为核心, 具有环境指挥控制、环境污染态势侦察、预警探测、环境影响评价、通信、仿真演练和其他环境保护信息保障功能的环保领域的综合信息系统。它的主要功能是信息获取、处理、环境评价、决策支持和对环保队伍实施指挥与控制, 以及环境污染应急事件模拟、演练、指挥、处理等。C⁴ISRE是C⁴ISR理论和技术方法在环保领域的应用。

C⁴ISR系统的建模、仿真、分析都是基于Petri网理论^[3], 所以, 环境评价信息化的首要问题是实现环境评价报告的数字化, 即, 把传统的环境评价报告转变为Petri网的形式, 以适合C⁴ISR平台的自动化仿真、分析、处理、论证、评估等, 进而建立C⁴ISRE, 利用分布式、交互

收稿日期: 2011-02-23

作者简介: 胡筱敏(1958-), 男, 教授、博士生导师。研究方向: 环境系统分析。

式、人工智能、网络、虚拟现实等技术实现环境污染的评估、预测、灾难预警和应急指挥等。

1 环境评价工程分析所用代数系统的特点

项目工程分析是环境影响评价中分析项目建设环境内在因素的重要环节，是整个环境评价报告书编制的基础。以《东北制药总厂 现状环境影响评价报告书》（简称《东药》）a-吡咯烷酮成盐酯化生产系统的环境评价为例，抽象并分析了环境评价报告中工程分析所用的代数系统，构建了与其同构的Petri模型，从而实现了环境评价的计算机“形式符号体系”，为进一步实现环境评价信息化奠定了坚实的物质基础。

1.1 《东药》成盐酯化生产线工程分析代数系统的构成

《东药》成盐酯化生产线（简称a线）环境污染情况工程分析所用的数理逻辑代数体系主要由3类方式构成。

1.1.1 第一类是生产系统的化学反应方程式 在本例的成盐酯化生产系统中，共发生了两类化学反应，具体如下：

成盐：



酯化：



以成盐反应为例，计算一批原料的质量见表1。

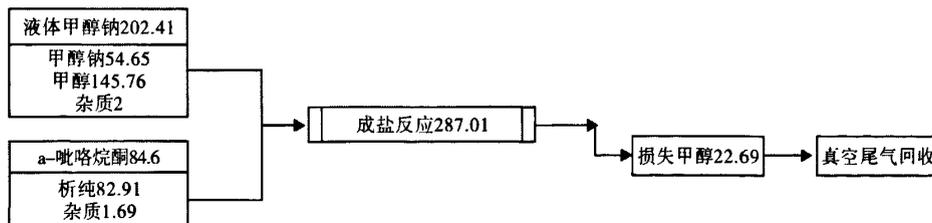


图2 a-吡咯烷酮的成盐酯化生产系统的物料平衡分析

2 环境评价Petri Net模型的模型应用与模拟研究

2.1 有色Petri网(CPN)

CPN是一种图形化的建模语言，它将一般

表1 成盐反应原料量

反应物		质量/kg
a 吡咯吡咯 烷酮	折纯	82.91
	杂质	1.69
	总量	84.6
液态 甲醇钠	甲醇钠	54.65
	甲醇	145.76
	杂质	2
	总量	202.41

1.1.2 第二类方法是工艺流程分析 工艺流程分析是实用不带数据的、简化的流程图和分析表系统的定性分析。成盐酯化生产系统的工艺流程分析，见图1(截图)。

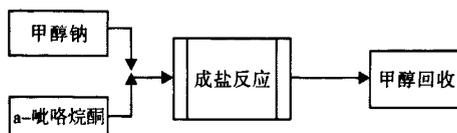


图1 成盐酯化工艺流程及排污节点分析

根据工艺流程及污染物排放节点分析，可得酯化反应，岗位的主要产污节点及污染因子见表2。

表2 酯化生产线污染节点及因子分析

岗 位	产生源	废气	废水	废渣
	成盐反应	甲醇	-	-
成 盐	甲苯带甲醇	甲苯、甲醇	-	一次洗液
酯 化	过滤除盐	-	Na盐、杂质	-
生 产 线	滤液浓缩	甲苯	-	-
	粗酯蒸馏	甲苯	-	-

1.1.3 第三类方法是污染物物料平衡分析 第三类方法是采用标有准确数据的、细致的流程图，酯化生产线物料平衡分析见图2(截图)。

Petri网的图形界面表示方法和高级编程语言的数据结构进行融合，前者与一般Petri网一样用于直观的对系统结构模型进行描述，而后者则提供了模型中所用到的相关数据类型和数值处理函数的逻辑表示，用于后期的计算机仿真实现^[4,5]。

2.2 基于CPNtools的a线环评Petri Net仿真分析

2.2.1 《东药》a线环境评价着色PetriNet仿真模型确定库所、变迁的定义见表3(节选)。

表3 库所P、T定义

库所	定义	变迁	定义
p ₁	CH ₃ ONa	t ₁	Salt Solution
p ₂	CH ₃ OH	t ₂	Salt Forming Reaction
p ₃	Impurity	t ₃	Residual Materials
p ₄	C ₆ H ₅ ONH	t ₄	Sum
p ₅	Impurity	t ₇	Emission
...

2.2.2 基于CPNtool的a线污染节点及因子分析

以污染物p₁₅(CH₃OH)为例分析, p₁₅(CH₃OH)污染物产生源追踪子网,见图3(节选)。

CPNtools将根据建立的Petri网模型, 自动分析污染物p₁₅(CH₃OH)排放情况, 并生成数据表, 污染物p₁₅(CH₃OH)排放情况分析见表4(节选)。

表4 污染物p₁₅(CH₃OH)排放情况分析

污染物	仿真次数	平均值	第一次	最后一次
p ₁₅ -CH ₃ OH-1	2	22 690	22 690	22 690
pgr1-CH ₃ OH-1	2	20 648	20 648	20 648
.....

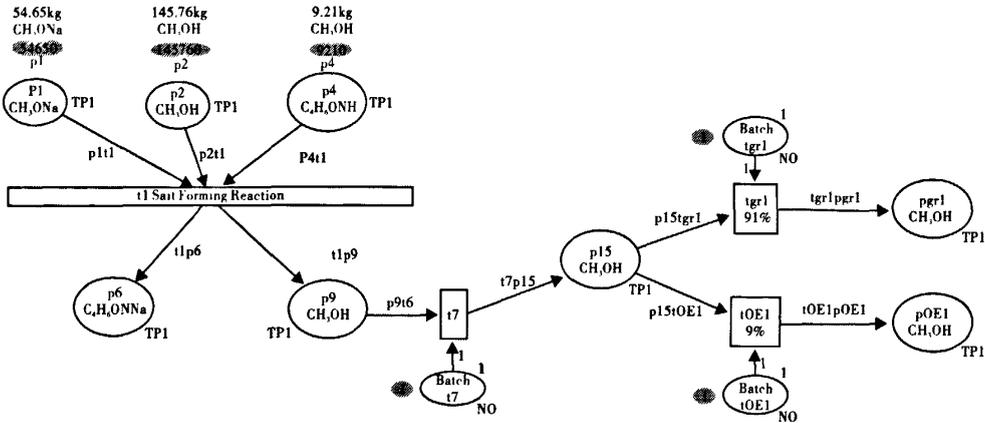


图3 p₁₀污染物产生源追踪子网Subset p₁₅ CH₃OH

CPNtools仿真后, 会自动生成污染物p₁₅(CH₃OH)排放情况仿真分析文件, 并通过GNUplot插件直接生成仿真分析图, 具体见图4。

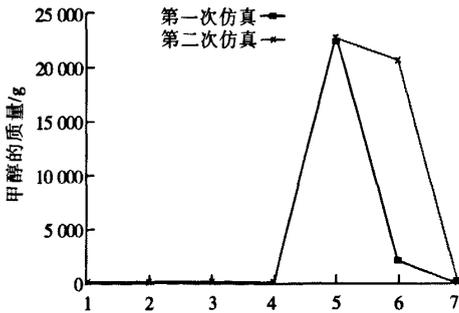


图4 污染物p₁₅(CH₃OH)的产生仿真分析

由表3、表4、图3、图4综合分析可得, 污染物p₁₅(CH₃OH)由t₂(成盐反应)和t₃(剩余物质汇合)化工过程产生, 然后经过t₄(物质汇合过

程)过程进行迁移, 通过t₇(外排过程)排放到大气中形成污染, 所以, 需要通过tgr₁(回收甲醇)的环保措施将其回收, 由于tgr₁(回收甲醇)的回收率为91% (20 648 g), 所以, 在回收过程中将有9% (2 042 g)的甲醇排放到大气中形成污染。

污染物p₁₅(CH₃OH)在仿真序列的第5步 (t₇甲醇外排)时产生并达到最高值22 690 g, 经过第6步、第7步后降低为0, 通过仿真可得, 污染物p₁₅(CH₃OH)的减少过程有两种途径—蓝线的过程和红线过程。这种现象说明, 在对甲醇进行尾气回收过程中, 同时就有甲醇排放出大气形成污染, 这两种过程是平行的随机过程, 所以, 若是想提高污染物p₁₅(CH₃OH)的回收率, 就需要设计出能够避免这种现象的新的尾气回收技术和装置。

(下转第72页)

秸秆混合燃烧发电技术简单,使用方便,设备投资省,是秸秆燃烧发电的发展方向。但仍需解决一系列技术问题:①要将生物质秸秆处理成符合燃煤锅炉或气化炉的要求。②由于秸秆与煤的燃烧特性不同且秸秆的不稳定性使得锅炉的稳定燃烧复杂化,可能造成锅炉效率的下降,以及锅炉运行的不稳定。③秸秆燃烧生成的碱会使燃煤电厂中脱硝催化剂失活,影响燃煤机组的脱硝效率。

我国开发的中小规模生物质秸秆气化发电技术具有投资少,发电成本较低,灵活性好的特点,比较适合于生物质秸秆的分散利用^[9]。但同时需要解决秸秆预处理、可燃气的除尘脱焦技术、燃气发电技术以及废水处理等问题,这些都是推广秸秆气化发电技术的障碍^[12]。

近几年,世界各国高度重视秸秆发电项目的开发,将其作为21世纪发展可再生能源的战略重点。我国秸秆发电的发展空间巨大,需要加大对其核心技术的研究与开发,解决好实际运行中存在的技术问题,推动秸秆发电的健康发展,充分发挥秸秆发电的环保优势。

(上接第65页)

3 结论

利用着色PetriNet的理论在建立了与工程分析所用代数系统同构的PetriNet模型后,应用CPNtools可以自动产生传统环境评价工程分析需要的工艺流程、产污节点分析、污染源分布、物料平衡和水平衡、有组织、无组织污染源统计及分析、污染物排放总量分析、清洁生产、物料、能耗、污染物产生分析、环保措施的可行性分析等,从而实现环境评价报告的自动化评审、保存、重用、仿真模拟等,并为环境监测、环境监察、环境执法、排污收费、生态监察等提供有

参考文献

- [1] 杨勇平,董长青,张俊姣. 生物质发电技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007:4.
- [2] Lars Nikolaisen, Carsten Nielsen, Mogens G Larsen, et al. Straw for Energy Production Technology-Environment-Economy[R]. The Centre for Biomass Technology,1998.
- [3] 刘首元. 我国秸秆发电产业化发展前景[J]. 水利电力机械, 2007,2(12): 207-210.
- [4] 姜述杰,赵伟英. 浅谈秸秆生物质直燃发电技术[J]. 锅炉制造, 2009(4):40-42.
- [5] 余英. 生物质能及其发电技术[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
- [6] 许瑞林. 江苏省可再生能源发展战略构想[J]. 上海电力, 2007(6): 618-621.
- [7] 傅友红,樊峰鸣,傅玉清. 我国秸秆发电的影响因素及对策[J]. 沈阳工程学院学报, 2007,3(3):201-210.
- [8] Spliethoff H, Hein K R G. Effect of co-combustion of biomass on emissions in pulverized fuel furnaces[J]. Fuel Processing Technology, 1998,54(1): 189-205.
- [9] Bengt-Johan Skrifvars, Rainer Backman, Mikko Hupa. Ash behavior in a CFB boiler during combustion of coal, peat or wood[J]. Fuel, 1998, 77(1): 65-70.
- [10] Bengt-Johan Skrifvars. Ash behavior in a pulverized wood fired boiler a case study[J]. Fuel, 2004,83: 1371-1379.
- [11] 黄剑光. 浅谈生物质气化在发电技术应用[J]. 应用能源技术, 2009(4): 25-29.
- [12] 何张陈,袁竹林. 农作物秸秆发电的各种技术路线分析与研究[J]. 能源研究与利用, 2008(2): 29-33.

力的技术支持。同时也为将环评理论移植到大型分布式仿真系统提供了有效的途径。

参考文献

- [1] 李爱贞,周兆驹,林国栋,等. 环境影响评价实用技术指南[M]. 北京:机械工业出版社,2008:1-27.
- [2] Ma Yunfeng, Hu Xiaomin, Huang Yonggang. The research on the Environmental Assessment Automation System-C³ISRE based on C³ISR theory[C]. 6th International Conference on Information Technology: New Generations, Nevada: Proceedings to be published by the IEEE Computer Society,2009: 1485-1497.
- [3] 罗雪山,罗爱民,张耀鸿,等. Petri网在C³ISR系统建模、仿真与分析中的应用[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2007:297-296.
- [4] University of Aarhus CPN Group Computer Tool for Color Petri Nets [EB/OL]. <http://wiki.daimi.au.dk/cpntools/cpntools.wiki>
- [5] 袁崇义. Petri网原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005:66-69.