

企业生态工程研究

——以峨嵋半导体材料厂为例

张义章

陈吕军

(四川峨嵋半导体材料厂, 峨嵋 614200)

(清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要 应用生态学的基本原理和系统工程的方法, 遵循生态工程“整体、协调、循环、再生”的原则, 进行了峨嵋半导体材料厂企业生态工程的研究。研究内容包括: 企业生态系统的设计; 通过生产过程中生态工艺的建立和完善, 能源的有效利用, 废弃物的资源化, 大气、水污染物的净化设施的建立, 绿化工程的建设以及企业生态环境的监测等环节进行企业生态工程的实施和企业生态工程的综合评价。并在分析企业生态结构的基础上较为详细地论述了企业生态工程的基本理论。研究结果表明, 企业生态工程的实现使企业的资源和能源得到最大限度的利用, 减少了污染物的排放量, 从而减少了由于工业生产对人类所产生的危害, 使企业真正达到经济、社会、环境三效益的统一。

关键词 生态工程, 企业生态工程, 清洁生产, 污染控制。

工业污染是我国环境污染的主要来源, 占全部污染负荷的 70%—80%。那种传统的、靠大量消耗资源得以支撑的工业发展模式必须代之以资源节约型的、在环境质量和资源基础上都可以长期承受的新型工业发展模式。

峨嵋半导体材料厂是我国研究生产半导体材料和高纯金属的重点企业。其环保工作有 3 大特点: ①生产过程中工艺-环境-人之间的相互关系和对生态环境的定量评估以及资源的有效利用方面存在较多的问题; ②生产过程中使用和产生的有毒有害物质较多; ③环境质量要求较高。由于生产和研制的产品均为高纯度的, 厂内环境要求洁净; 厂址位于峨嵋山风景旅游区, 外部生态环境要求也较高。为了进一步控制污染、改善生态环境质量, 突破传统的“三废”治理老路, 促进环境保护和企业生产协调发展, 实现企业生态平衡, 使企业在市场竞争中综合效益最高、风险最小、存活机会最大, 在该厂进行了企业生态工程的研究、设计和实施。

1 企业生态工程的基本原理

1962 年, 生态学家 H. T. Odum^[1]首先提出了生态工艺(Ecotechnology)的概念。1979 年, 马世骏教授^[2]提出了“生态工程”的学术思想, 给生态工程下了较完整的定义, 引入了系统论的原理, 明确了生态工程是人工规划和调控的系统工程。

继而他又进一步提出“模拟生态系统原理而建成的生产工艺体系即生态工程”。相对于城市生态工程、农业生态工程和森林生态工程等, 企业生态工程的研究国际上报道不多。所谓企业生态工程概括地讲, 就是利用生态系统的原理和系统工程的方法以及现代科学技术组装的无废物、少废物和无污染、少污染的生产工艺体系。具体地说, 就是把整个企业看作一个系统, 通过一系列生态工艺链的连接和组合, 使工业企业逐步实现“物质最佳循环”、“能量最大利用”、有效地控制企业在生产和生活活动中所产生的环境污染, 保护和重建生态环境, 以实现企业经济效益, 生态效益和社会效益的最大统一。

2 峨嵋半导体材料厂企业生态系统的设计

2.1 企业生态结构的变化

企业生态结构是指企业生态系统的构成要素及其时空分布和物质、能量循环转移的途径。系统结构是功能的基础, 调整系统结构是对环境资源合理开发和利用的重要手段。企业生态系统是一个“自然-经济-社会”人工复合生态系统, 可以分为生态环境、工业生产和人员社会 3 个子系统。生态环境子系统结构包括它的生物因素和环境因素。工业生产子系统结构包括它的原材料和

能源输入、生产过程、产品输出等。人员社会子系统结构包括它的人员结构、教育系统及生活服务系统等。3个子系统之间紧密相关。峨嵋半导体材料厂在开展企业生态工程前各子系统之间的关系如图1所示。这是一种单一产品的生产结构和简单的生态循环关系,是一种以牺牲环境、高物质能量投入低产出多污染的传统工业生产模式。为了使企业生态系统内部的物质和能量流动向良性方向发展,增加企业生态系统的稳定性,提高企业生态结构的效能,在图1中增加人工辅助系统,调整企业生产生活结构,形成物质的多重循环利用,这就是企业生态工程要实现的企业生态结构,如图2所示。

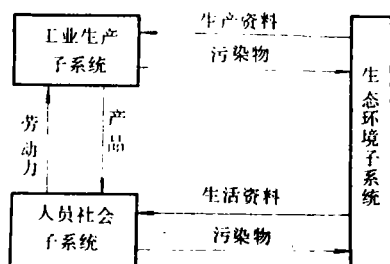


图1 开展企业生态工程前企业生态结构

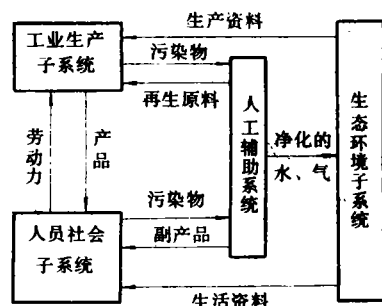


图2 开展企业生态工程后的企业生态结构

2.2 峨嵋半导体材料厂企业生态系统的设计

系统设计的目的是追求企业经济发展和生态环境的改善和保护同步增长。在设计过程中,遵循生态工程“整体、协调、循环、再生”的原则,全面考察并系统分析生产和生活活动对环境的影响,广泛利用生态系统的调节(自净)能力,运用生态系统的物质循环原理,建立闭路循环工

艺,实现资源和能源最大限度的合理利用,使废弃物减少到生态系统的自净能力限度内而且使这些废弃物尽可能被自然界的生态系统所分解、吸收和利用,实现企业整个生态系统的良性循环,增加企业生态系统的稳定性和生产力。图3是设计的企业生态系统示意图。

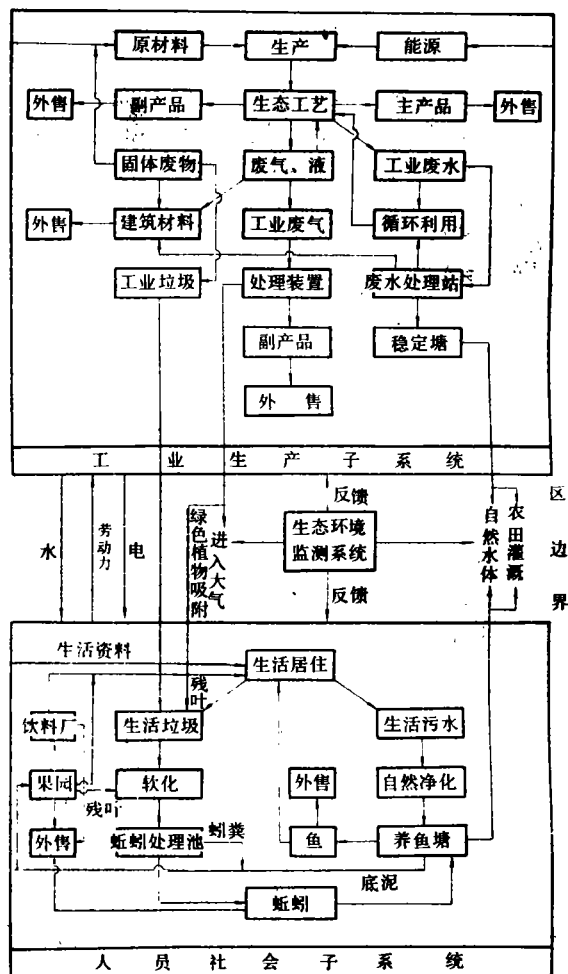


图3 峨嵋半导体材料厂企业生态系统示意图

3 企业生态工程的实施

根据所设计的生态系统,通过以下6个方面进行实施。

3.1 生产过程中生态工艺的建立和完善

生态工艺不是单纯从技术、经济角度来改造生产活动,而是从生态经济的角度出发,根据合理利用资源、保护生态环境的原则,考察工业产品从设计、制造至销售的全过程,以期协调社会

和自然的相互关系,在全面深入调查企业生产工艺的情况下,淘汰老工艺,建立新工艺,以降低单位产品的原材料消耗;同时综合利用原材料,使一个生产过程(或部门)产生的废料成为下一个生产过程(或部门)的原料;或经过再加工成为副产品等,尽可能实现物料的闭路循环和多级利用。本研究已初步建立了无污染或低污染的硅和高纯金属生产的生态工艺。由于工艺网络极为复杂,本文不再详细说明。图 4 是生态工艺的几种运行模式。

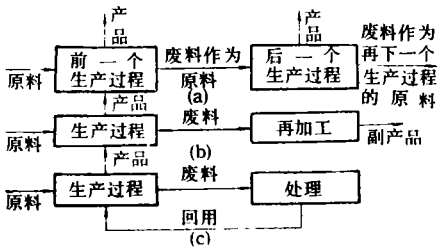


图 4 生态工艺的几种运行模式

生态工艺的建立,使该厂工业硅实收率达 86%,高纯金属实收率为 99%。由生态工艺回收或回用创造的价值占企业工业总产值的 23%。

3.2 能源的有效利用

生态工程实施前企业有效热利用仅占企业总能耗的 34%,为提高有效热的利用率,减轻污染负荷,在企业生态工程建设中,进行了锅炉改造、氢气回收、软化水冷却循环工艺等节能措施,不仅提高有效热利用率 14% 以上,而且使能量流向更为合理,运行稳定可靠,为有效利用能源、控制环境污染提供了保障。

3.3 废弃物的资源化

对前 2 项产生的以及人们生活活动中产生的、在一定时间和地点不再需要而丢弃的固体、半固体或泥浆状物质和废水,建立了生产和生活既独立又有联系的废弃物资源化系统,如图 5 所示。该系统是企业生态环境建设的重要组成部分,已产生了很好的经济效益和生态环境效益。

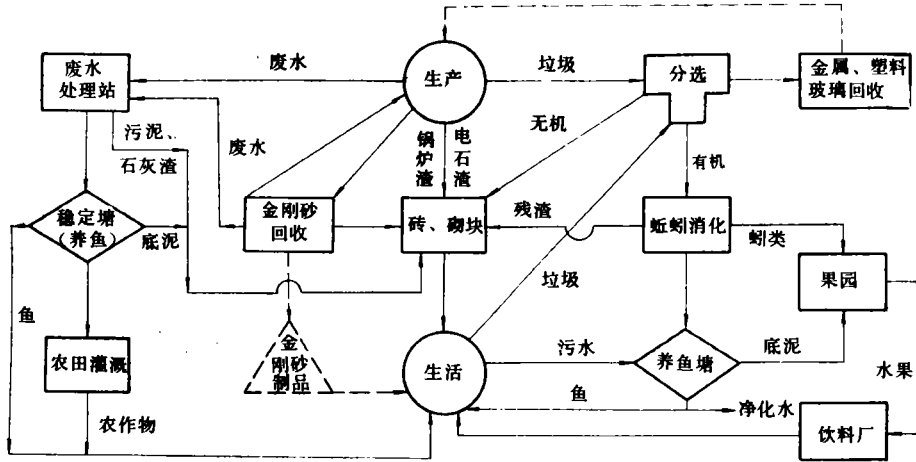


图 5 废弃物资源化系统示意图

3.4 建立大气、水污染物的净化设施

对生态工艺尚不能利用或不能完全利用的气液固物质,则采用净化工艺,这些净化工艺的一部分已在废弃物资源化系统中得到了体现。与一般净化相比,生态工程中净化工艺不是简单的处理或处置单元,而是一个资源的进一步回收过程。图 6、图 7 分别是高纯金属生产的废气净化

系统和锅炉、多晶硅生产中的粉尘处理系统。

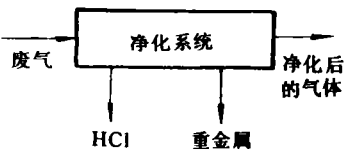


图 6 高纯金属废气净化系统

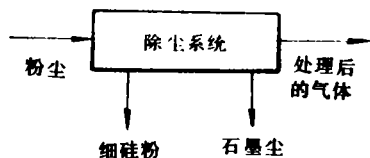


图 7 粉尘处理系统

3.5 绿化工程建设

植物是外部生态环境的重要组成部分。在实施绿化工程时,遵循生产区以绿化为主、辅之美化,生活区以美化为主、辅之香化,并向果园化(经济林)、立体化方向发展的原则,充分利用植物对污染物的吸收作用和调节气候的作用,使企业绿化营造的人工植物群落成为生态工程中的一个重要环节。

根据生物量调查,企业生态系统内绿化植物总生物量为 429.05t,单位面积生物量达 26.6t/hm²,绿化覆盖率为 37.48%。

3.6 企业生态环境的监测

在生态工程实施过程中,对工业废水、工业废气及大气、水、土壤、噪声环境质量、植物、气象进行了制度化监测,为进行生态工程的评价和 Information 反馈提供了详细的资料。

4 企业生态工程的综合评价

(1)指标体系 企业生态工程指标体系由工业生产子系统、生态环境子系统和人员社会子系统组成。指标体系如图 8 所示。

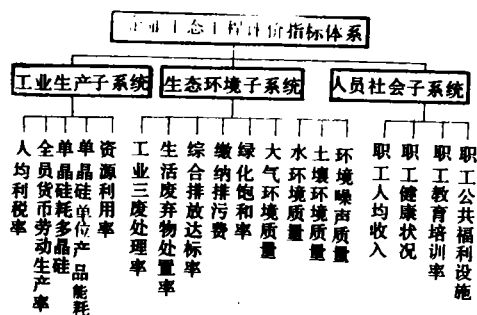


图 8 企业生态工程指标体系

(2)评价方法 通过专家咨询确定指标,应用指数法进行评价,权重也由专家咨询确定。

(3)评价结果 按上述评价方法及权重得出企业生态系统的各项指数见表 1

表 1 企业生态工程评价指数

子系统	指数 P_i	权重 W_i
工业生产	0.935	0.30
生态环境	0.90	0.50
人员社会	0.90	0.20

总指数 $P = \sum_{i=1}^3 P_i W_i = 0.91$, 通过评价,该企业生态系统已处于优级循环。

5 结论

(1)应用生态学原理和系统工程的方法,对现有工业企业进行重新规划、设计、调控和改造,为生态工程在工业中的应用和发展开拓了一条新路子。

(2)企业生态工程突破了以往就污染治污染的“三废”治理老路,把企业作为一个生态系统,在工业生产中建立“生产链”实现了无废和少废的清洁生产工艺,污染控制上形成了“用-弃-用”的模式,在绿色植物资源利用上突出了生物净化功能。为从根本上控制工业企业的污染提供了一个积极的实体模式。

(3)企业生态工程改善了生态环境质量,取得了显著的经济和社会效益,使环境与发展同步。

(4)该研究为工业对生态环境的影响以及消除这种影响提供了经验,对企业生态化建设有推广应用价值。

参考文献

- William J Mitsch. Ecological Engineering——An Introduction to Ecotechnology. John Wiley & Sons, Inc., 1989, 3—12
- 马世骏. 生态学杂志. 1983, 2(4): 20

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

New Progress in Environmental Strategy. Mao Wen'yong (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(4), 1994, pp. 1—4

The new progresses in environmental strategy since the 1980s were discussed, which were characterized by the following aspects: (1) Environmental strategy has been expanded to cover the fields of socioeconomic development, forming a new strategy for environment and development; (2) Priority of environmental strategy has shifted from pollution control to ecosystems and resources conservation; (3) Measures for pollution control have changed from the end-of-pipe treatment of wastes to cleaner production, including the production of green products; (4) One of the primary approaches to ecological and environmental conservation has been found to be developing economy while eliminating poverty; and (5) The national strategy of a developing country for environment and development should be in combination with the global environmental strategy while taking international cooperation into account. The future environmental strategy of China, expressed by the China's Agenda 21, has been also described.

Key words: environmental strategy, pollution control, ecological conservation, cleaner production, China's Agenda 21.

Study on the Industrial Ecological Engineering in the Emei Semiconductor Materials Factory. Zhang Yizhang (Emei Semiconductor Materials Factory, Sichuan Province 614200), Chen Lujun (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(4), 1994, pp. 5—8

A study on the industrial ecological engineering (IEE) was conducted in the Emei Semiconductor Materials Factory by applying the fundamentals of ecology and the methodology of systems engineering and by following the ecological engineering principles of integration, coordination, circulation and regeneration. The design, implementation and evaluation of IEE were also carried out, including the perfection of production chains and the conversion of industrial and domestic wastes to resources. The basic theories on IEE were also described in more details based on the analysis of ecological structures in industries. The results show that the realization of IEE allowed the resources and energy being most efficiently used in the factory, reducing the discharge of pollutants that in turn decreased the damage of industrial production to human beings, thus really achieving the unification of social, economic and environmental benefits.

Key words: ecological engineering (eco-engineering), industrial eco-engineering (IEE), cleaner production, pollution control.

Study on the Inhibition of Mixed Heavy Metals to Anaerobic Digestion. Wang Jusi, Zhao Lihui et al. (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), Wang Zhenglan et al. (Beijing Institute of Solar Energy); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(4), 1994, pp. 9—13

The inhibition of mixed heavy metals (copper, zinc, nickel and chromium) to the anaerobic system in a digester, and the relationship between the concentration of heavy metals daily added and the degree of their inhibition were studied. No inhibition was found when the daily addition of mixed heavy metals was less than 20 mg/L. The digestion system was slightly inhibited when the daily addition was 20—30 mg/L; was seriously inhibited when the daily addition was more than 50 mg/L; and was in normal operation when the ratio of the concentration of heavy metals daily added to that of activated sludge (dry matter) was less than 0.064% and the total concentration of dissolved, mixed heavy metals in the system was less than 1.0 mg/L. The results show that mixed heavy metals had a much stronger toxicity to an anaerobic system than each of the single heavy metals.

Key words: anaerobic digestion, heavy metal, inhibition.

Study on the Total Amount Control of Atmospheric SO₂ Emission in Handan City, Hebei Province. Fang Dong et al. (Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **15**(4), 1994, pp. 14—18

The current status of SO₂ pollution in Handan City has been evaluated by using the general programme LEECM-2 which can generate a matrix of urban air pollution transmission functions and the shares of contribution. Then based on this, the total amount control of atmospheric SO₂ emission was studied. The results show that the programme LEECM-2 provides a convenient and practical calculation tool for the total amount control of air pollution, which will be helpful to promote the efforts for the total emission control in small-and medium-sized cities. The results also show that the basic reduction, equal weight reduction, source intensity optimization and economic optimization must be taken into an integrated account to develop a pollution reduction strategy for fairly and reasonably sharing the emission based on the principle of polluter pays.

Key words: air pollution, total emission control,