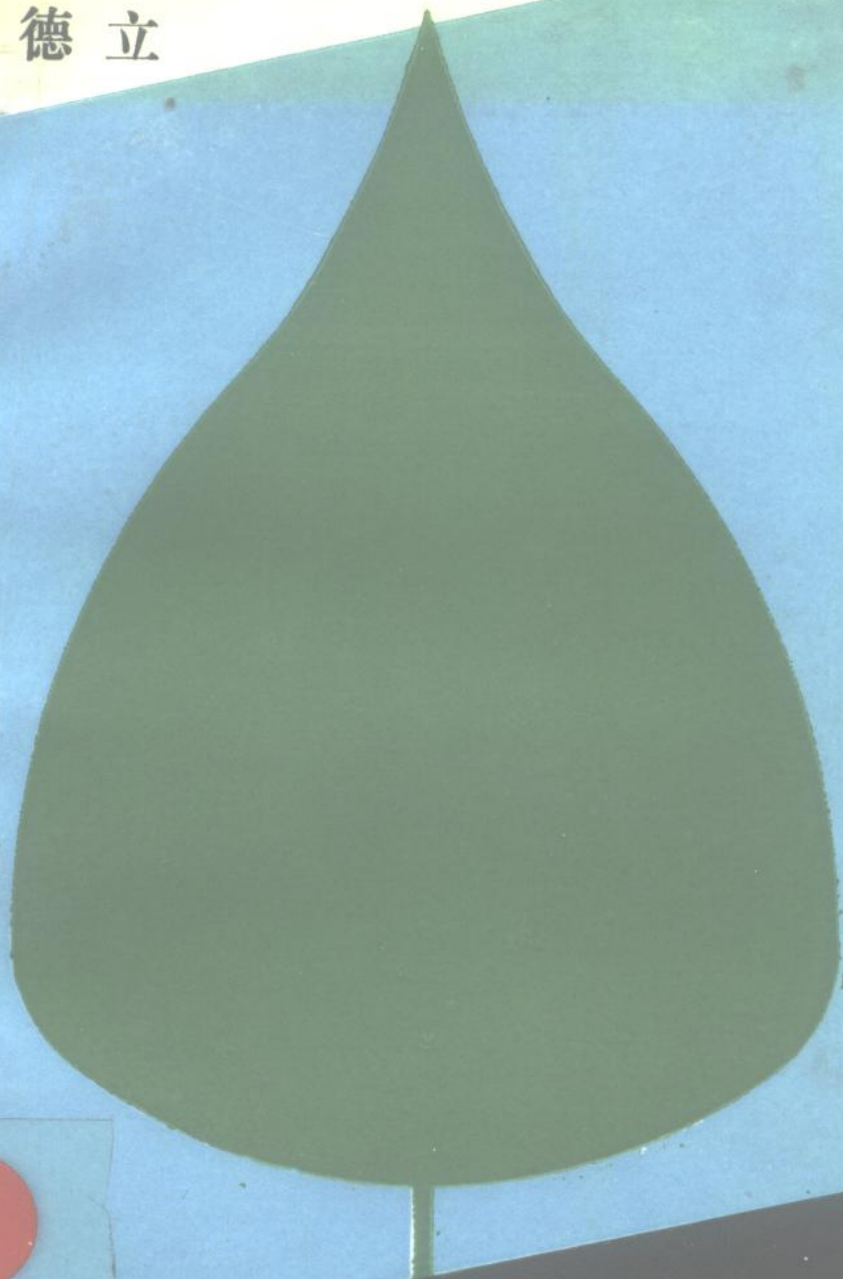


席德立



无废工艺 工业发展
新模式 ●

X 383
X 09

361213

无 废 工 艺

—— 工业发展新模式

席 德 立



清 华 大 学 出 版 社

DM06/13

内 容 摘 要

合理利用资源和保护环境是当今人类的迫切任务。新发展起来的无废工艺是实现社会和自然和谐统一的工业发展新模式。

本书结合具体的工业部门，如矿产、黑色冶金、有色冶金、石油炼制、化学工业以及电力工业详细地介绍了无废工艺的主要内容。

全书共分七章：第一章工业发展及其生态后果；第二章自然资源及其利用；第三章无废工艺的理论基础；第四章实现无废工艺的主要途径；第五章主要工业部门创建无废生产的方向和进展；第六章创建无废工业区；第七章无废工艺的经济评价。

本书内容充实，叙述流畅、生动。

本书除作为环保专业的教材外，还可为从事工业及环保规划、设计和工艺研究的人员参考。

无 废 工 艺

——工业发展新模式

席德立



清华大学出版社出版

北京 清华园

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行



开本：850×1168 1/32 印张：9.5 字数：244 千字

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数：0001—3000

ISBN 7-302-00507-9/X·8

定价：4.60 元

目 录

引 言	(1)
第一章 工业发展及其生态后果	(5)
一、工业生产的一般特点	(5)
二、工业废料及污染	(13)
三、工业发展的生态后果	(22)
1. 对气候的影响	(23)
2. 臭氧层的破坏	(25)
3. 酸雨	(28)
4. 对世界海洋的影响	(32)
四、控制和消除工业污染的途径	(35)
第二章 自然资源及其利用	(40)
一、自然资源的概况	(40)
二、主要自然资源的特点和储量	(43)
1. 能源资源	(43)
2. 土地	(47)
3. 森林	(47)
4. 水资源和海洋资源	(48)
5. 大气	(52)
6. 生物资源	(53)
7. 矿产资源	(53)
三、自然资源的利用和耗竭	(57)
1. 概况	(57)
2. 能源资源的利用	(59)

3. 水资源的利用·····	(63)
4. 矿产资源的利用和耗竭·····	(66)
四、资源的代用和复用·····	(70)
第三章 无废工艺的理论基础 ·····	(75)
一、生态系统和生态学基本规律·····	(75)
二、无废工艺的概念·····	(85)
三、创建无废工艺的基本原则和步骤·····	(88)
1. 系统性·····	(88)
2. 综合性·····	(89)
3. 物流的闭合性·····	(89)
4. 生态无害性·····	(89)
5. 生产组织的合理性·····	(90)
第四章 实现无废生产的主要途径 ·····	(93)
一、原料的综合利用·····	(93)
1. 页岩的综合利用·····	(95)
2. 磷铁矿的综合利用·····	(96)
3. 磷灰石霞石矿的综合利用·····	(96)
二、改革原有工艺, 开发全新流程·····	(103)
三、实现物料的闭路循环·····	(117)
四、工业废料转化成二次资源·····	(134)
1. 冶金炉渣·····	(134)
2. 发电厂的粉煤灰和煤渣·····	(137)
3. 磷石膏·····	(137)
4. 黄铁矿烧渣·····	(139)
5. 泥渣·····	(140)
五、改进产品的设计, 加强废品的回收利用·····	(144)
第五章 主要工业部门创建无废生产的方向和进展 ·····	(159)
一、矿产工业·····	(159)
1. 减少矿藏开发时的损失·····	(160)

2. 矿业废料的利用	(162)
3. 土地复垦	(165)
二、冶金工业	(170)
1. 黑色冶金	(171)
2. 有色冶金	(176)
三、电力工业	(182)
1. 提高燃料的利用效率	(183)
2. 粉煤灰、煤渣的综合利用	(184)
3. 燃煤烟气的治理	(184)
4. 实现无废水排放, 保护水体	(191)
5. 废热利用	(193)
四、石油炼制	(193)
1. 减少石油炼制过程中的能量消耗	(195)
2. 减少烃类的排放	(200)
3. 硫的回收	(202)
4. 控订石油炼制的少废和无废工艺计划	(205)
五、化学工业	(207)
1. 硫酸	(209)
2. 磷酸和磷肥	(215)
3. 纯碱	(221)
4. 氯碱	(226)
5. 尿素	(232)
第六章 创建无废工业区	(247)
一、工业发展的空间和时间因素	(247)
二、工业区的一般概念	(251)
三、无废工业区——工业生态化的基本单元	(255)
四、无废工业区的能源供应和供水问题	(262)
第七章 无废工艺的经济评价	(272)
一、无废工艺经济评价的重要性及特点	(274)

二、无废工艺经济评价的原则.....	(275)
三、经济评价方法.....	(279)
1. 财务评价（企业经济效益评价）	(279)
2. 国民经济评价.....	(282)
四、计算工业污染造成的经济损失.....	(285)
结语.....	(293)
参考文献.....	(296)

引 言

在人类即将跨入21世纪的时候，如果我们回顾一下自身的发展历史，就会发现，近百年来人类所创造的劳动业绩，大大超过了在此之前所积累的总和。17世纪以前，人均能源消耗与史前期相差不大，从17世纪中叶起，人口开始以指数规律增长。18世纪蒸汽机的发明，引起了产业革命，从此，在人类的经济活动中出现了一个新的生产领域：使用机器的工业生产。19世纪发现了电磁现象，奠定了现代技术的基础，机器生产从蒸汽机供应能量转向了新的能源形式——电力。不少国家开始走上了工业化的道路，机器的使用范围越来越广，工业生产的规模越来越大，世界面貌迅速改观。在工业发展的基础上，科学技术也得到了飞速发展。

工业生产固然提高了人类的物质福利，但也造成了消极的影响。特别是最近四五十年以来，随着工业的加速度发展以及越来越多的发展中国家开始走上工业化道路，社会与自然的关系出现了一种新的格局。如果说过去，甚至在本世纪初，只是一种社会对自然单方面索取的关系，那么现在，自然开始向社会索取代价。环境污染和资源耗竭就是体现自然和社会对抗的两种征候。

工业造成了全球性的污染，首当其冲的是城市。城市里密集的工业企业，源源不断地排放出各种有毒的烟雾、气体、污水和固体废料。城市居民最不可缺少的生存条件：新鲜的空气、清洁的饮水和充足的阳光，日益显得来之不易。城市以外的广大地区，由于农业生产越来越多地依赖于工业所提供的化肥和农药，

不但和工业一样把污染物扩散到地球上的每个角落，而且留在农产品中的残毒构成了威胁人类健康的危险因素。此外，被称为地球之肺和基因宝库的森林正以每分钟0.2平方公里的速度被砍伐，使大量物种失去了生息之地，造成不可挽回的灭绝，同时也影响水土保持和风调雨顺。目前，世界上已有43%的陆地面积成为干旱地区，沙漠化趋势有增无减。人类为提高自己的生活水平和福利条件所进行的经济活动开始显露消极的副作用，即可能形成一种不利于人类健康甚至使人的遗传因子发生畸变从而危及子孙后代的有害环境。

工业的发展还要求有相应的资源开发作为保证，对资源的需求正按指数规律上升。据统计，1980年世界所需各种原料达1000亿吨。人们习惯概念中取之不尽、用之不竭的自然资源开始呈现紧张和短缺。即使在目前，世界上就有不少地方陷于缺水的困境；美国有些地区的用水量已经超过了绿色植物的产氧量。因资源贫化引起原料价格的上涨，已成为不可避免的趋势。这种趋势导致产品成本的升高，社会负担的加重，阻碍工业的进一步发展。预测表明，在未来一百年内，为数众多的矿产资源将宣告枯竭，人们开始意识到地球的狭小和有限。

值得注意的是，环境污染是和资源的不合理利用直接联系在一起的。在1000亿吨原料中成为最终产品为人们所利用的仅仅只占2—4%，亦即大部分原料经过工业加工后成了废料。废料废弃于环境之中，造成严重的污染。若要将所有废料都加以无害化处理，使它们达到允许的排放标准，则所需的费用很可能超过产品的生产成本。

由此可见，我们面临着这样一种形势：工业废料量的增长超过工业产品产量的增长；工业收益的增长赶不上三废治理费用的增长。这说明，工业发展到了现阶段，传统方式已难以为继。难怪70年代有些西方学者就惊呼：“经济增长到了尽头”，“人类的进步造成了威胁”，他们主张放慢工业发展的速度，要求发展

中国放弃工业化的目标，有人甚至鼓吹人们“返朴归真”，倒退到工业社会以前的田园生活中去。

不言而喻，历史的倒退是不可能的。人类既不能盲目乐观，麻木不仁，也不必惊恐失措，消极悲观。我们需要的是冷静地面对现实，勇敢地面向未来，在科学的基础上作出正确的决策，为此需要一种新的观念和新的战略目标。

于是，人们的目光转向了大自然。

现在自然界有150万种动物和50万种植物以各种各样的方式生息在大大小小的生态系统之中，利用自然界的物质和能量进行生产和消费。在这里，能量和物质得到最充分、最经济的利用。无所谓废物，一种生物排出的废料正是其它生物的生存养料，也无所谓污染，一切都可由自然所消化和净化。生态系统的这种功能原则和系统结构为人类正确、合理地利用自然资源和组织生产活动提供了宝贵的榜样。

依据自然的启示，我们可以建立一种新的概念——工业生产生态化，亦即按照生态系统的原则、规划、组织、管理、运营工业生产，综合利用原料，使一个生产过程、企业或部门的废料成为另一个生产过程、企业或部门的原料，在可能的层次上实现物料的闭路循环。无废工艺学就是从分析工业生产的特点出发，探讨实现无废生产的原则、条件、实施途径、评价方法等问题的一门新兴的学科。

无废工艺学不是单纯从技术、经济的角度来改进生产活动，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、制造到消费的全过程，以期协调社会和自然的相互关系。它所着眼的不是消除污染引起的后果，而是消除造成污染的根源。

无废工艺是个综合性的概念，除了直义的对无废料的工业生产外，还包括节能、省料、无害等要求。

当然，“无废”实际上只是一个相对的概念，一种理想的模

式。它指出了工业发展应该遵循的战略目标。无废生产的实现，不但要求开发新的工艺过程和设备，还需要改变现有的工业组织原则和管理体制。这是一个逐步完善和长期努力的过程。

创建无废生产也不是一个单纯的技术、经济问题，而是涉及心理、社会、政治、国际合作等多方面的综合性问题。

“无废工艺”的概念在国外出现只有十来年的历史，各国的提法有所不同，有的叫“清洁工艺”、“比较清洁的工艺”，有的称之为“无公害工艺”，有的定名为“生态工艺”，也有的叫做“少废无废工艺”。名称不一，内容相近。我们倾向于“无废工艺”的提法，因为它从唯物主义的角度表达了比较明确、完整和长远的含义。

尽管提法不同，但作为一种建立社会和自然和谐关系的根本性措施，无废工艺受到了世界各国越来越多的注意和承认，不少国家正着手制订具体的远景规划，把工业的各个部门转移到无废工艺的基础上来。

我国虽然实现了社会主义工业化，但要达到四个现代化的宏伟目标，工业生产的规模还需翻上几番。然而，当前我国的工业污染已相当严重，资源的紧张也渐见端倪。从我国的国情来看，一方面大多数资源的人均拥有量低于世界平均水平，更加要求精打细算物尽其用；另一方面我国主要工业产品的单位能耗和物耗却普遍高于世界水平，不但白白浪费宝贵资源而且严重污染环境。一方面我国治理污染的开支逐年增加，感到不胜负担；另一方面工业废料污染环境造成的巨额经济损失又无法回避。显然，如果我们不能理顺这种矛盾关系，不能突破这一恶性循环，想不走西方国家“先污染、后治理”的老路，也只能是一句空话。开发和应用无废工艺，创建无废生产，这就是突破口！我们相信，社会主义制度下的生产资料公有制和计划经济，将使无废工艺大有用武之地，而无废工业生产亦为更广泛、更充分地发挥社会主义的优越性提供了一个广阔的领域。

第一章 工业发展及其生态后果

一、工业生产的一般特点

现代工业脱胎于中世纪的手工业。18世纪60年代开始的产业革命，使工业走上了使用机器的大生产的道路。随着社会的发展，工业有了迅速的增长。目前，工业已成为国民经济中起主导作用的最重要的部门，对社会生产力的发展水平有着决定性影响。这种影响也已深深地渗透到每个社会成员的物质生活和精神生活之中。不论历史背景、社会制度如何，工业化是所有国家、民族经济发展的必由之路，世界上越来越多的国家完成了工业化的进程。

工业是所有企业（工厂、矿山、电站等）的总和。这些企业从事于开采原料、燃料，生产动力，采伐森林，加工各种产品，为工业本身以及国民经济其它部门提供生产资料 and 消费资料。

工业是由不同的工业部门构成的。所谓工业部门，是指所生产产品的经济用途、使用的主要原材料、生产工艺过程性质相同的工业企业的总和。

工业按产品的经济用途可分为生产生产资料的工业和生产消费资料的工业两大类（简称甲、乙两类工业）。这种分类方法体现了马克思主义政治经济学揭示的工业再生产运动的规律，世界上不少工业发达的国家采用这种分类法。我国第一个五年计划期间，也曾这样分类，后来取消了，至今尚有待恢复。目前，我们通常把主要生产生产资料的工业部门称为重工业，把主要生产消

费资料的工业部门称为轻工业。

工业还可按主要原材料相同的原则分为原料采掘工业和加工工业两大类。

原料采掘工业直接从自然界取得加工工业所需的原料和燃料，其范围包括能源（煤、石油、天然气、泥炭、页岩等）、金属矿产、非金属矿产、盐类、非矿质建筑材料、森林采伐、水产等工业；属于加工工业的有：冶金、轧制、化工、石油化工、机器制造、木材加工、造纸、水泥、建材、轻纺、食品、维修工业等等。

我国现行的工业部门分类方法，把整个工业部门分为12个综合部门，44个部门和155个具体部门。12个综合部门是：冶金工业、电力工业、煤炭和炼焦工业、石油工业、化学工业、机械工业、建材工业、森林工业、食品工业、纺织、缝纫及皮革工业、造纸及文教用品工业以及其它工业。每个综合部门分为若干部门，如冶金工业分为黑色冶金工业和有色冶金工业，电力工业分为火电、水电、供电等。每个工业部门又分为若干具体工业部门。

事实上，一个国家的工业是一个复杂的网络，网络中纵向有不同的层次，每一层次之间又有着横向的联系。随着科学技术的进步，所开发的原料种类愈来愈多，工业产品的品种数目也愈来愈大。例如，现代化学使我们已知的化合物达到了600万种，其中作为工业产品加以利用的已有数十万种。新的工业部门也在不断涌现，如原子能工业、电子工业、航天工业、海洋开发工业、环境保护工业等等。

各国因自然资源、社会制度、经济体制、发展程度的不同，有着不同的工业结构，表1.1—表1.3介绍了发达资本主义国家、苏联和我国的工业结构状况。

从下面表中的数据可以看出，现代工业的核心仍是机械工业。机械工业的基础则是提供金属材料的冶金工业，而后者又立

足于矿产工业，因此对矿产资源的开发和利用，乃是现代社会物质生产的主要支柱。此外，从表中还可以发现，化学工业在工业中的比重正在逐步提高。

为了使整个工业得到均衡的发展，各工业部门之间必须保持一定的比例关系。这种比例关系的确立，在社会主义制度下是靠

表 1.1 发达资本主义国家的工业结构

工 业 部 门	产值所占比例/%		
	1958	1963	1972
电力	6.4	6.8	8.4
冶金	7.6	7.4	7.0
机械	30.7	32.5	33.2
化工	10.5	12.0	15.8
木材加工	3.5	3.3	3.1
造纸	7.6	7.3	6.8
建材	3.9	3.9	3.6
服装、制鞋	4.6	4.2	3.1
纺织	5.1	4.8	4.1
食品	11.8	10.5	9.1

表 1.2 苏联的工业结构

工 业 部 门	产值所占比例/%		
	1960	1970	1974
电力	2.4	2.9	2.9
燃料	2.7	6.2	5.8
化工、石化	3.9	6.0	6.7
机械	16.6	23.0	26.7
木材、造纸	6.9	5.2	4.7
建材	4.0	4.1	4.1
轻工	22.5	17.0	15.1
食品	25.4	21.2	19.6

表 1.3 我国的工业结构

(以全国工业总产值为100%)

工 业 部 门	产值所占比例/%		
	1957	1975	1981
冶金	8.5	9.0	8.0
电力	1.7	3.9	3.7
煤炭	2.9	2.8	2.2
石油	1.1	5.6	4.7
化工	6.8	11.3	12.5
机械	16.9	27.7	23.6
建材	3.2	3.1	3.5
森林	5.8	1.9	1.7
食品	19.7	12.0	12.3
纺织	20.4	12.3	16.7
造纸	2.2	1.3	1.2

自觉的计划经济的指导，在资本主义制度下，则是通过市场调节自发地实现的。工业结构是否合理，不但关系到经济效益，对环境的影响也有密切的联系。这一点，现在开始引起人们的重视。

工业部门的划分是历史上形成的，带有传统的特点。虽然工业中所用的过程的类型并不多，只限于采掘过程、物理过程、机械过程、化学过程（包括冶金过程）以及生化过程，但不同工业部门之间的壁垒却很森严，所谓“隔行如隔山”。这种传统特点也反映在工业的管理上。资本主义国家早期的资本积累和后来的资本集中过程一般都是在行业的范围内进行的。社会主义国家则大多实行部门管理体制。随着工业的发展，这种部门界限正在逐步打破，因为它割裂了工业部门之间的天然联系，不利于原料的综合利用，不利于作出综合性的决策以谋求综合的生态经济效益。目前，西方国家开始盛行一种以财团为功能单位的综合、随机的经营方式，经营管理范围不但远远超出某个特定的工业部

门，而且超出了单个工业领域，囊括金融、工业、农业、运输业、服务业、商业等各个经济活动领域，奉行“哪儿能赚钱，就往哪儿投资”的原则。不少社会主义国家也开始转向部门管理和地区管理相结合的原则。从实现无废生产的要求来看，采取地区管理方式，恐怕是一种发展趋势。这在后面的有关章节中还将比较详细地加以论述。

工业企业不论属于哪个行业和部门，要在社会上发挥自己的功能，必须具备一些共同的基本条件。这些条件可以大致地分为三类：第一类是有形的条件，亦即自然物质性的要素，包括土地、厂房建筑、机器设备、动力供应、供水设施、运输条件和原材料等等；第二类是无形的条件，即社会经济性要素，如资金、工艺、管理、市场、信息等等；第三类则是劳动力。后两类条件不受空间的限制，具有流动性的特点，而第一类条件具有相对的固定性，亦即具有一定的地域性。这是在选择厂址的时候首先要考虑的问题。正是这种地域性，使工厂企业和周围环境紧密地联系在一起，工业生产的生态后果亦由此而起。

具备了上述基本要素的工业企业要能在社会上立足，还必须表现出它的存在价值，亦即应发挥一定的功能。按照马克思主义的政治经济学理论，工业产品作为商品，具有使用价值和价值两种属性。因此，相应地工业生产担负着两种功能，一种是物质性功能，即将原料变成具有一定使用价值的产品。这是原材料的加工过程，一般由工艺学和工程学研究；另一种则是经济性功能，即从投资中获得利润。这是投资的增值过程，赋予产品以新的价值。一般由工业经济学研究。前一种过程使工业生产与环境密不可分，反映了工业的生态方面。这是以往为人忽视的方面，现在已有一门新的学科——工业生态学从事这方面的研究。工业生产的经济功能是其社会属性的体现，反映了阶级、社会集团和人相互之间的关系。工业具有两种属性这一概念对于分析诸如自然资源的利用、废料的生成、污染造成的损失等问题具有重要的意

义。

工业作为主要的物质生产领域，我们历来强调的是它的积极结果：生产了多少产品，创造了多少利润，提供了多少就业机会，提高了多少生活水平。这些都是工业的正面功能。但是我们往往忽视工业还有它的消极的一面。例如，工业在提供产品的同时，使用了多少宝贵的资源，占用了多少农田，产出了多少废料，这些废料在多大程度上污染了环境、损害了居民的健康，降低了生活质量，灭绝了多少生物物种；在创造利润的同时，因污染造成了多少经济损失。这种损失可能并不完全由造成污染的当事企业承担，而是转嫁给了社会，社会遭受的损失往往远大于企业获得的利润。这种损失也可能不由当代人支付，而由我们的后代加倍偿还。这种所谓的“外部不经济性”可以看作是向自然欠下的债务。工业生产的这个消极面，随着工业发展的增长，正在日益暴露和尖锐。工业的这种两面性源自其两种属性（见图1.1），正是我们开发无废工艺的出发点。

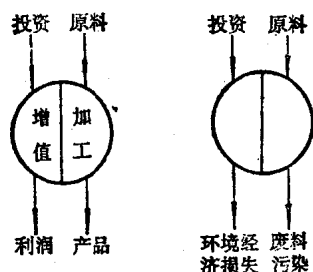


图 1.1 工业功能的两重性及工业的两面性

单纯从技术的角度来考察，工业作为社会主要的物质生产部门，它的发展大致经历了三个阶段：以手工劳动为主、机器生产为辅的早期阶段发展为以机器生产为主的阶段，目前正在向自动化、智能化生产的方向发展。但是，如果从更加广泛的工业和自然的关系这一角度考察，工业生产可分为三种模式。这三种模式