

· 研究简报 ·

(21) 110-116

固体废弃物资源化技术的发展态势

The Analysis of Trend of Development of Technology of Reusing Solid Waste in Our Country

X705

熊文强 杨光[✓] 李蜀庆 陈万志 陈德敏
Xiong Wengqiang Yang Guang Li Shuqing Chen Wanzhi Chen Demin

(重庆大学资源综合利用工程研究中心, 重庆, 630044)

A 摘要 分析了我国工业固体废物的情况, 跟踪国外固体废弃物资源化技术的发展态势, 结合国情研究提出: 立足综合利用, 突破关键技术, 提高利用率, 坚持普及推广, 是推进我国固体废弃物资源化技术发展的必然趋势。

关键词 固体废弃物; 资源化技术; 发展态势

中国图书馆资料分类法分类号 X506

固体废物 废物利用,

ABSTRACT To analyse the situation of industrial solid waste in our country, tracking the trend of development of technology of reusing solid waste in outer country, connecting with research of statement, we can point out standing on comprehensive utilization, breaking through key technology, improving utilization factor, keeping at popularation, it is in vitably trend to advance the development of technology of reusing solid waste in our country.

远景

KEYWORDS solid waste; technology of reusing; trend of development

0 引 言

固体废弃物是生产和消费过程中产生的固态、半固态废弃物质的总称。主要有3个特点: 1) 污染持久。既是污染水、大气、土壤的污染“源头”, 又是废水废气处理的“终态物”。2) 品种繁多, 数量巨大。大都具有某些工业原材料所具有的一些化学、物理特性, 比废水、废气更易收集、运输、加工, 大多可以进行再利用, 具有巨大的资源潜力。3) 具有“固体”外形的危险性液体、气体废物, 需用容器盛装, 使其具有“固体”形状。

据统计测算, 我国工业固体废弃物约占固体废弃物总量的87%。随着我国工业和经济的不断发展, 工业固体废弃物逐年增多。据统计资料: 1988年为5.61亿t, 1989年为5.72亿t, 1990年为5.78亿t, 1991年为5.88亿t, 1992年为6.19亿t。大量固体废弃物不仅占用大量宝贵的土地, 而且也严重地污染环境。据粗略测算, 固体废弃物污染环境造成的经济损

* 收文日期 1994-03-26

国家自然科学基金资助项目

失每年高达 200 亿元。

众所周知,我国资源的人均占有量远低于世界平均水平,有的资源还十分匮乏,但资源利用率却与世界水平差距甚大。长期以来,我国经济发展基本上走的是一条高投入、高消耗的道路。据统计,从 1952 年到 1987 年间,我国国民经济增长 8.9 倍,铁矿石消耗增长 24 倍,至今许多矿山的后备资源已显不足,地质勘探若无新的突破,到本世纪末,45 种主要矿产中约有一半将不能满足要求,而到 2020 年绝大多数矿产将出现缺口,资源耗竭已成为一种十分现实和日益迫近的威胁。

一方面资源危急,另一方面资源浪费巨大,没有得到合理利用的资源大部分又以固体废弃物的形态进入环境,造成严重环境问题。一切污染的根源在于资源的不合理利用和浪费,有人说“固体废弃物是放错了地方的资源”,国外又称为“二次矿藏”。因而开展对我国固体废弃物资源化问题的研究,对提高我国固体废弃物资源化率和以资源合理利用为核心的环保战略,建立可持续的工业发展模式,具有重要的现实意义和深远的战略意义。本文仅对我国固体废弃物资源化技术发展态势作一分析研究。

1 我国工业固体废弃物基本情况及趋势预测

1.1 基本情况

近年来我国工业固体废弃物的产生及其综合利用情况统计汇总见表 1。

表 1 我国工业固体废物统计汇总表

年份	产生总量 (万 t)	处理量 (万 t)	处置量 (万 t)	综合利用量 (万 t)	综合利用率 (%)	排放量 (万 t)	处置率 (%)	其中排入江河湖海量 (万 t)	历年堆存总量 (万 t)	占地 面积 (万 m ²)	其中 占农田 面积 (万 m ²)
1988	56 132	6 196	27 439	14 715	26.2	4 816	48.9	1 250	658 646	53 795	3 862
1989	57 173	5 448	30 988	16 137	28.2	5 265	54.2	1 264	674 892	55 404	3 574
1990	57 797	4 884	32 026	16 943	29.3	4 767	55.4	1 162	648 173	58 390	4 040
1991	58 759	—	11 696	22 284	37.9	3 376	19.9	1 181	596 253	50 538	5 208
1992	61 884	—	13 986	25 554	41.3	2 587	22.6	1 083	591 608	54 223	3 711

注:表 1 数据来源于环境统计年报及中国环境年鉴

由表 1 所知,我国工业固体废弃物的产生量巨大,并呈逐年上升趋势,而综合利用量虽也逐年上升,但幅度不大,水平较低。分析我国工业固体废物的情况有这样几个特点(以 1992 年情况分析)。

1.1.1 区域分布不平衡

由表 2 可知,工业固体废物产生量处于前 10 位的分别是:辽宁、河北、四川、山东、山西、黑龙江、江西、安徽、江苏、河南。这 10 个省共产生工业固体废物 40 156 万 t,占全国总量的 59.2%,全国万元产值平均产生量为 3.45 t/万元,而这 10 个省中就有 7 个高于平均水平。

由此可知,这 10 个省是我国产生工业固体废物的主要地区。

表2 全国各地区工业固体废物产生情况汇总表^[1]

地区	产生总量 (万 t)	万元产值 产生量 (万 t/万元)	地区	产生总量 (万 t)	万元产值 产生量 (万 t/万元)	地区	产生总量 (万 t)	万元产值 产生量 (万 t/万元)
全国总计	61 884	3.45	江苏	2 450	1.43	广西	1 372	4.16
北京	833	1.41	浙江	945	1.19	海南	129	2.28
天津	417	0.78	安徽	2 523	5.00	四川	4 218	3.88
河北	5 623	7.60	福建	676	1.61	贵州	1 342	5.51
山西	3 899	9.11	江西	3 398	10.20	云南	1 848	6.31
内蒙	2 027	7.87	山东	3 941	2.60	陕西	1 563	4.07
辽宁	8 064	5.75	河南	2 176	2.93	甘肃	1 214	4.99
吉林	1 522	3.69	湖北	1 889	2.28	青海	219	4.82
黑龙江	3 864	4.90	湖南	2 013	3.11	宁夏	344	6.39
上海	1 142	0.70	广东	1 758	1.02	新疆	426	2.40

1.1.2 明显的行业特征

表3 各行业工业固体废物的产生和排放情况

行 业	产生情况			排放情况		
	产生量	占总量 百分比	万元产值 产生量	排放量	占总量 百分比	万元产值 排放量
	(万 t)	(%)	(t/万元)	(万 t)	(%)	(t/万元)
全国总计	61 884		3.45	2 587		0.14
矿业	28 741	46.40	29.90	1 283	49.60	1.33
食品饮料和烟草制造业	2 317	3.74	1.10	95	3.70	0.05
电力蒸汽热水生产和供应业	9 373	15.10	18.05	318	12.29	0.61
化学工业	3 862	6.20	2.15	182	7.04	0.10
建筑材料及其它非金属矿物制品业	1 403	2.27	25.14	96	3.71	1.72
黑色金属冶炼及压延加工业	9 425	15.20	6.80	242	9.35	0.17
有色金属冶炼及压延加工业	1 935	3.13	3.57	34	1.31	0.06
机械电气电子设备制造业	1 172	1.89	0.26	7	0.27	0.02
纺织、皮革、造纸、石油加工、医药化纤、橡胶金属制品、塑料、炼焦、煤气等 12 种行业	3 020	4.88	0.85	324	12.53	0.04
其它行业	739	1.19	0.61	51	0.20	0.04

由表3可知,矿业、食品饮料、电力蒸汽、化学工业、建筑材料、黑色金属、有色金属、机械电气等8个行业是产生工业固体废物的主要行业,共产生固体废物58 228万t,占全国总量的94.1%,其中矿业居第一,产生量占全国总量的46.4%,排放量占全国总量的49.6%,明显看出其行业特点,万元产值产生量和排放量也均如此,分别是29.9 t/万元和1.33 t/万元,大大高于其它行业。

万元产值产生量和排放量不仅反映了各行业的单位产值的排放情况,而且在一定程度上还反映了该行业的经济发展和环境管理水平。

1.1.3 综合利用率低,资源化技术潜力大

1992年,全国共综合利用工业固体废物25554万t,综合利用率41.3%,见表4所示。

表4 工业固体废物综合利用情况^[1] 万t

项 目	冶炼废渣	粉煤灰	炉 渣	煤矸石	化工废渣	尾 矿
产生量	6 153	8 976	7 955	13 343	2 476	18 436
利用量	5 035	3 579	5 358	5 181	1 665	1 316
利用率(%)	81.7	40.9	57.5	38.8	57.2	7.1

由表4可知,除冶炼废渣、炉渣、化工废渣外,数量巨大的粉煤灰、煤矸石,特别是尾矿其综合利用率是很低的,远远落后于国外先进水平,其综合利用,资源化技术的潜力很大。

1.2 趋势预测

根据我们研究预测,到2000年我国工业固体废物产生量将达到9.38亿t,固体废物问题将给社会和环境造成巨大压力。预测情况见表5所示。

表5 2000年我国工业固体废物情况预测

产生总量	冶炼废渣	粉煤灰	炉 渣	煤矸石	化工废渣	尾 矿	放射性废渣	其 它
93 823	12 523	13 709	8 841	17 210	4 670	25 258	904	10 708

截止1992年底,全国历年积存的工业固体废物已达59.2亿t,累计占地4907.07万m²,其中占耕地333.99万m²。许多地方堆存固体废弃物已无地可征而影响生产,污染环境。预计到2000年即使国家按最大可能累计投资395.78亿元,用于治理固体废弃物,到时固体废弃物的堆存量仍将达到111.5亿t,占地6276万m²,其中占耕地1116万m²。

2 固体废弃物资源化技术发展态势

针对我国固体废物品种繁多,数量巨大的特点,根据其不同状态、理化特点,使用价值将其分为3类:即一般废物、工业废物和危险废物。下面予以讨论。

2.1 城市垃圾(一般废物)

我国城市垃圾年产量已达7000万t,且每年以10%的速度增长。城市垃圾既是污染环境,破坏生态平衡和危害人们身体健康的祸害,又是可以再生利用的资源 and 能源。据有关资料,1990年我国城市垃圾中可堆腐物和可回收利用物质分别为2650万t和730万t,预测2000年垃圾总量将达9600万t,其中可堆腐物和可回收利用物质将分别达到4740万t和2839万t(见表6所示)。

我国城市垃圾的特点是总量大,但可堆腐物,可焚烧物和可回收利用物质的含量低,热值也低。要实现我国城市垃圾资源化,唯一可行的方案是实施分类收集,分类清运,分类综合处理。发达国家的经验也是如此。1993年12月我们对国内有关专家进行了咨询调查,同意该意见的占82.4%。与国外所不同的是:我们必须从我国的国情出发,研究开发适用于我国垃圾成分特点和经济技术水平的垃圾处理技术,特别是关键技术。如:

表6 我国城市垃圾中可能回收的资源量估算^[2]

类别	1990年			1995年			2000年		
	重点城市	中小城市	合计	重点城市	中小城市	合计	重点城市	中小城市	合计
垃圾总量	3840	2250	5100	4800	3200	8000	5750	3840	9500
废纸	338	62	400	673	282	955	1119	538	1657
金属	51	17	78	122	51	173	200	98	298
塑料	37	31	58	103	31	134	191	82	273
玻璃	55	39	94	110	46	155	181	111	292
织物	66	23	89	130	55	185	215	104	319
可堆积物	2111	539	2550	2471	1760	4231	2764	1977	4741
可产上等堆肥	700~	80~	780~	800~	600~	1400~	900~	650~	1550~
	1050	270	1300	1250	900	2150	1400	1000	2400

2.1.1 高温快速堆肥

利用微生物对垃圾中可降解有机物的代谢作用,使其成为稳定性良好的腐殖土状物质,用于农肥或改良土壤,并达到消除病原体的效果。对我国这样一个以农业为基础的发展中国家来说,既是一种重要的垃圾处理方法,又是一种增加土壤肥力的主要有机肥来源。而高温快速堆肥技术的要害是提高堆肥质量和降低堆肥成本,其关键技术是选择适宜的以一次发酵和精处理为主的堆肥工艺与研制开发大型机械发酵装置。

2.1.2 填埋产沼工程技术

兼有垃圾处理与最终处置的双重作用,是一种处理量大,处理费用低,土地可以还原利用,能回收沼气能源的技术方法。但要兼顾考虑垃圾中可消化的有机含量(一般应大于50%);并要有足够的垃圾产生量和适宜的防止地下水,地表水产生二次污染的自然地理条件。

2.1.3 建立区域性大型集中焚烧系统

对城市垃圾中不易生物化学处理的高热值部分(能回收的除外),如塑料、纸、纸板、木质纤维、园林废弃物、医院垃圾、旅游垃圾、有毒有害垃圾等不易堆腐,填埋又可惜或有害的垃圾,采用集中焚烧处理,既达到减容和无害,便于处置,又可回收热能。其关键技术是:降低设备运行费用及投资,设计结构简单合理、耗能小的热处理主体设备和配套设施,且防止二次污染,目前,深圳已作了探索性试验。

2.1.4 生态工程处理系统

生态工程处理系统是一种经济、简便、处理量大、耗能低、效益显著的垃圾处理技术。此技术欧美已进行了很多研究,尤以英国用得最为广泛,技术也较成熟^[3]。我国青岛市作了初期试验,取得了一定的效果。生态工程处理系统关键是避免垃圾在生物降解发酵过程中产生的高热和沼气对植物生长的影响,作为生态工程处理重金属污染物积累的植被类型,应选择灌木、草类,既能达到加速土地再生资源化过程,又能避免重金属进入食物链。

2.2 工业废渣(工业废物)

工业废渣的处理,当今已受到世界各国的重视,许多国家都把工业废渣作为一种新资源,通过其综合利用达到既减少自然资源的消耗,又解决了工业废渣的污染治理问题。如美国将粉煤灰和矿渣列为国家12种矿物资源的第7位和第10位,排在石灰和石膏之前。工业废渣作为一种新资源在建材工业中的运用也非常广泛,许多国家都在致力发展符合本国国

情的利用技术,我国也有多年应用推广经验。下面仅以粉煤灰为例讨论。

我国粉煤灰的资源非常丰富,是世界第三大产灰国。近年来产生、利用情况见表7所示。由表7及统计资料可知,全国粉煤灰综合利用率由1988年的24.2%上升到1992年的40.9%,5年累计用灰12303万t,节约灰场投资10多亿元,节约耕地120万m²,粉煤灰向江河湖海排放量由1988年的858万t降到1992年的275万t,年利用递增量逐渐大于年产生递增量,总体形势趋好。

表7 全国粉煤灰产生、利用情况

项 目	1988	1989	1990	1991	1992
产生量 (万 t)	6399	7241	7467	8364	8976
综合利用量 (万 t)	1550	1973	1958	3150	3672
综合利用率 (%)	24.2	27.2	26.2	37.7	40.9
排放量 (万 t)	858	1159	571	400	275
年产生递增量 (万 t)	750	842	226	897	612
产利用递增量 (万 t)	415	423	-15	1192	522

根据我国的能源战略规划,2000年电力工业装机容量将达2.4亿kW,其中火电达到1.6亿kW,经我们预测到时粉煤灰的产生量将达到1.37亿t,比1992年增加4724万t,年产生平均递增590万t,综合利用的任务非常艰巨,我们必须对此有清醒的认识。今后我国粉煤灰资源化问题应着重考虑:

1) 要以仿生态系统的工业链综合利用为主,首先安排考虑吃灰量大,投资少见效快的产品和项目,整治当前污染的同时进行新科研项目及课题的研究,然后再向高层次开发,使社会效益、环境效益和经济效益能稳步协调发展。

2) 从燃烧方式上研究新型燃烧工艺,开创灰渣利用的新局面。目前国内外已有研究,如增钙燃烧旋风炉用于热电联产的发电厂,能根本解决粉煤灰的出路,这种燃烧方式的电厂被称为“无废渣燃煤发电厂”,可创造出综合的经济、社会和环境的高效益。

3) 开发大量利用粉煤灰的新途径,如进一步扩大压实地基应用推广、水泥掺和料推广。据统计,我国水泥年产量已达1.6亿t,如按50%的水泥掺粉煤灰,平均掺量按10%计,则每年可利用粉煤灰800万t,且效益十分可观。

4) 开发非烧结粉煤灰陶粒技术,采用非烧结生产工艺生产粉煤灰陶粒具有:工艺简单投资少,节约能源吃灰量大,具有一定活性等显著特点,是我国综合利用粉煤灰的一条有效途径。

5) 提高粉煤灰制作建筑材料设备的成套化、系列化、自动化水平。我国粉煤灰利用作建筑材料虽然种类形式较多,但其制作设备的成套化、系列化、自动化水平较低,工人劳动强度大,作业环境差,急需改变这种状况。

2.3 危险废物

在固体废物的危害中,最为严重的是危险废物,危险废物已成为国际公认的严重环境问题之一,我国危险废物的产生量已达4000万t,且每年以7%的速度增加,预测到2000年将达到6250万t,对自然环境和人类健康造成严重威胁。50年代我国锦州铁合金厂堆存的铬渣,数年后周围35Km²范围内的水质均遭到六价铬的污染,使7个自然屯的1800眼井水不能饮用,耕牛不能下田,企业和国家花了近1000万元进行治理。全国有色金属冶炼过程中,一年约有5000t砷,500t镉,50t汞从废物中流失^[4],其危害是无法估计的。现在,国内只有

一些大中型企业产生的量大的危险废物有治理设施,而产生量较少的以及小型企业和乡镇企业产生的危险废物,均无控制地任意排放,混入垃圾或排入地下水道,造成的污染事故不胜枚举。

为了环境与经济的协调发展,世界各国近年来对危险废物问题非常重视,研究开发出多种治理技术。其中,利用水泥窑集中焚烧危险废物不失为一项成功之举,它既充分利用了危险废物中所蕴藏的热能,减少水泥厂的燃料消耗,又可大大节约建焚烧炉的投资,而且解毒彻底。美国、加拿大、丹麦、荷兰、德国、英国等对此都作了成功的试验^[9],我国也列为“八五”攻关项目,进行探索性试验。

据估计,我国危险废物中仅可燃性危险废物年排可回收利用量就约有200万t,而我国水泥行业年耗标煤约5000万t(1993)年,水泥综合能耗占水泥成本的50%左右,如将这些可燃性危险废物用于水泥窑集中焚烧,至少可节约150万t标煤,具有明显的节能经济效益和重大的社会环境效益,一举多得,值得进一步研究推广。

另外,对危险废物的治理技术,国外将研究:用等离子弧融化炉,通过产生摄氏1万度的热气冲击波,使有毒分子融解成为安全的化合物;红外加热器,用红外线摧毁有害物质;物理和化学处理法,用先进的分离技术,全面破坏废物的化学结构;生物反应器,每一种有机化学物质似乎都是非常特殊的微生物的食物,利用有毒垃圾中自然产生的细菌,可以消灭有毒的化学物质,细菌吃掉它后,分泌出二氧化碳和水之类的副产品。这些都值得我们借鉴。

3 结束语

现在我们正处在一个竞争激烈,科学技术和经济发展非常迅速的时代,全球环境保护工作正以研究全球环境问题为中心,掀起了第二次高潮。巴西环境与发展大会之后,党中央、国务院批准了我国环境与发展的十大对策,固体废弃物资源化问题也提到了相当的高度,并将作为今后十年科学技术的主要研究内容之一。

随着科学技术的不断发展,固体废弃物资源化技术将向纵深展开。例如:高分子废弃物的资源化技术;粉煤灰固化有效利用技术;含油污泥资源化及无公害处理技术;煤燃烧残渣的资源化及无公害处理技术;造纸工业废弃物的有效利用;移动发生源污染处理技术;低废无废的清洁工艺等,都将会蓬勃开展。

总之,我们一定要从我国的国情出发,针对我国固体废弃物的特点,立足于综合利用,突破关键技术,提高利用率,坚持普及推广。可以预见,我国固体废弃物资源化技术的发展态势将出现废物资源、环境一体化,技术改造、环境经济效益齐头并进的新局面。

参 考 文 献

- 1 中国环境年鉴、北京:中国环境科学出版社,1993
- 2 陈国志. 废物处理与管理. 北京:中国科学技术出版社,1990:26~34
- 3 Solid Waste disposal in the Netherlands / L. T. Brasscr 11J. Air Waste Manag. Assoc, 1990, 40(10): 1364~1367
- 4 石膏. 废物处理与管理. 北京:中国科学技术出版社,1990:164~173
- 5 熊文强等. 有害废弃物作生产水泥燃料的研究. 重庆大学学报,1994,17(4):90~95