

垃圾资源化——世界垃圾资源开发利用现状及整治对策

Present State of World's Rubbish Resources and Its Solutions

方创琳

(西北师范大学地理系)

提要:垃圾是科学技术进步与变异的中间产物。技术进步使垃圾成为一种独特的国土资源。本文从垃圾资源化利用的角度探讨全球垃圾资源生产现状及开发处理现状特点,提出世界垃圾资源综合开发整治对策,旨在促进全球自然资源的良性循环,维系地球生态持久文明,为缓解全球性资源与环境危机开拓崭新思路。

垃圾是人类生产中必然产生的遗留废料,或是人类新陈代谢排泄物和消费品消费后的废弃物品。随着自然资源不断开发利用和社会文明的发展,特别是随着人口高度集中和城市化迅速发展以及刺激型消费政策的实施,世界各国垃圾以快于其经济增长速度2.5~3倍的平均速度增长。垃圾的大量增加,使垃圾处理日趋困难,成为现代都市越来越严重的环境问题。无论是发达国家还是发展中国家,都不可避免地面临自然资源垃圾化和垃圾成灾的严重威胁,并因此而付出十分昂贵的代价。分析资源垃圾化的根本原因,一方面是由于自然资源本身缺乏回归自然的机制,一旦被人类过多利用必然会被抛弃成为垃圾或部分成为垃圾;更重要的一方面在于科学技术变异带来的负效果。科学技术把人类置身于一个矛盾的世界中,使在技术进步的同时诞生了经济翻番和垃圾翻番这对孪生兄弟,加快了全球性资源枯竭的速度,增大了生态赤字。技术变异带来了垃圾翻番,寻求垃圾资源化利用之术又不得不回归于技术。科学技术的飞速发展和人类认识水平的提高越来越证明,世界上一切垃圾都具有反复循环再生利用的价值,进而又使垃圾资源化成为现实,并赋予了垃圾资源以人文性、强污染性、速生性、组分复合性、隐域增殖性、城市化性和技术密集性等资源发生学属性,正是这些属性展示出垃圾资源综合利用的乐观前景。

一、世界垃圾资源生产态势

自然界本来没有垃圾,亦即没有处于原始天然状态的垃圾。自从人类诞生以来,垃圾便应运而生和蔓延。由此看来,垃圾是人类的杰作,人是垃圾的最大制造者和生产者。全球性经济发展和人口剧增,使垃圾生产者的数量越来越大,垃圾资源生产量越积越多。据测算,垃圾产生量与国民生产总值的正相关系数高达0.4382,全世界垃圾年平均增长速度高达8.42%,而全世界森林资源年更新速度却不到1~3%,可见垃圾资源比自然资源更具速生性。这种速生性使其成为高产资源。通过对大量相关资料的分析得出,1990年全世界垃圾资源生产如表1所示。由表中看出,1990年全世界共新增垃圾(不包括工业垃圾)15.74亿吨,平均每天新增垃圾419.49万吨,人均年产垃圾301.88公斤,人均日产垃圾0.81公斤。在全球经济发展普遍缓慢(平均增长速度3~5%)的情况下,垃圾资源却以年平均8.24%的最低速度增长,最高的中国达10%以上。以此速度推算,到2000年,全球垃圾年产生量可达到34.76亿吨,到2010年达79.66亿吨,若将1990~2010年这20年的垃圾预测总量累加,则超过1100亿吨大关,垃圾平均密度将达到811990公斤/平方公里,平均每人将拥有垃圾16920公斤(2010年全球人口按65亿计算),若包括工业垃圾(废渣等)在内,垃圾累积总量将超过10000亿吨。按此速度增长,不到一个世纪(96年),地球表面陆地将全部被垃圾斥满,人类生存的空间将全部被垃圾包围,地球将变成自然界最大的垃圾箱,21世纪将成为充满

“人造灾害”的世纪。

探究垃圾资源速生高产的原因,可归纳为:

1. 人口数量增长导致垃圾总量绝对增加

亚洲是世界上人口最多也是垃圾产量最高的

一个洲。亚洲人口占世界人口的58.85%,垃圾年产生量占世界总量的55.50%以上,达87333.55万吨/年,次为欧洲(占16.60%)和北美洲(占14.68%),人口最少的大洋洲仅占0.33%。

表1 世界垃圾资源生产现状及预测 (1990 年)

地区	日产垃圾 (万吨)	人均 日产垃圾 (公斤)	年产垃圾 (万吨)	人均 年产垃圾 (公斤)	垃圾密度 (公斤/公里 ²)	垃圾总量 增长率 %	2000 年 垃圾总量 (万吨)	2010 年 垃圾总量 (万吨)
北美洲	63.30	1.50	23104.50	547.50	9536.28	7.80	48964.79	103770.03
美国	50.00	2.00	18250.00	730.00	19471.65	8.00	39368.86	85062.44
南美洲	17.69	0.62	6456.85	226.30	3593.13	6.80	12466.16	24068.29
欧洲	71.57	0.91	26123.05	332.15	25864.41	7.20	52356.62	104934.78
英国	4.58	0.80	1671.70	292.00	68484.23	6.40	3108.68	5780.84
法国	6.43	1.10	2346.95	401.50	42594.37	7.60	4882.46	10156.61
德国	7.02	0.90	2562.30	328.50	71773.11	7.90	5481.62	11723.54
瑞士	0.57	0.85	208.05	310.25	50375.30	8.40	466.09	1044.13
亚洲	239.27	0.78	87333.05	284.70	19848.53	9.40	214463.97	526656.59
中国	64.96	0.56	23710.40	204.40	24698.33	10.00	61500.57	159511.71
日本	15.59	1.27	5690.35	463.55	150537.04	9.00	13470.76	31891.06
印度	43.68	0.52	15943.20	189.80	53595.99	8.60	36383.92	83016.37
非洲	26.24	0.42	9577.60	153.30	3171.39	6.70	18318.92	35038.46
大洋洲	1.42	0.55	518.30	200.75	577.81	7.20	1038.79	2081.98
总计	419.49	0.81	157347.85	301.88	11302.58	8.24	347609.43	796550.13

表2 世界高生产密度国与高垃圾密度国
比较表(1989 年)

国名	人口密度 (人/公里 ²)	生产密度 (万美元/公里 ²)	垃圾密度 (公斤/公里 ²)
日本	324.81	756.61	150 537.04
德国	218.49	336.33	71 773.11
英国	234.74	342.18	68 484.23
美国	26.67	55.85	19 471.65
法国	106.08	172.39	42 594.37
中国	120.83	4.42	24 698.33
印度	282.38	7.59	53 595.99

2. 人均消费水平提高导致人均垃圾产量增加

发达国家居民生活水平高,消费量大,国家经济性质的逐渐福利化和服务化使人均垃圾产量明显高于发展中国家。经济发达的美国、日本人均年

产垃圾分别达730 公斤和463.55 公斤,分别是非洲平均值的4.76 倍和3.02 倍,中国的2.56倍和1.63 倍。

3. 高生产密度区是高垃圾密度区

日本是世界上生产密度最大的国家,因而也是世界上垃圾密度最大的国家,每平方公里垃圾总量高达150 537.04 公斤,分别是非洲和中国的47.47 倍和6.09 倍,见表2。日本面对这种高垃圾密度的现状,千方百计解决垃圾消纳办法,最有效的填海途径目前也处在了山穷水尽的地步。日本东京湾可供填埋的容量再过三四年将全部暴满。垃圾成了日本最大的心腹之患,沉重的负担使日本人不得不考虑自己的生活方式,开展减少垃圾量的运动,并由此而付出更高的代价。据估计,每个东京居民每年要负担27900 日元用于垃圾清扫处理。除日本外,德国、英国等高生产密度国家也是高垃圾密度国家。德国为了减少垃圾量,专门在中小学开设垃圾课,对坐在课堂上的未来垃圾制造者进行教育。

表3 发达国家垃圾资源开发处理现状(%)

国家 处理技术	美国	日本	德国	英国	法国	荷兰	瑞士	意大利	瑞典	丹麦	比利时	新西兰	澳大利亚	平均
卫生填埋	70	28	71	79	50	61	5	86	65	32	62	64	65	57.15
焚烧	25	66	25	10	20	13	70	3	33	66	27	30	24	31.31
堆肥	5	1.4	1	1	10	13	14	1	2	2	9	6	11	5.88
处理率	100	95.4	97	90	80	87	89	90	100	100	98	100	100	94.34

表4 全球垃圾资源开发处理技术的环保经济分析

项目	卫生填埋技术	焚烧技术	堆肥技术
垃圾处理率	60.58%	33.18%	6.24%
集中处理区域	发达国家	发达国家	发展中国家
技术可靠性	可靠	可靠	可靠
占地面积	大	小	中
适用条件	对垃圾质量无要求	垃圾热值大于800~1000 千卡/公斤	有机物含量大于40%
最终处理	无	残渣占10%,须填埋	残渣占20~25%,须填埋
垃圾产品	沼气,发电,供热	发电,供热	高级复合肥料,沼气
地面水污染	有,但可减轻	残渣填埋时有	无
地下水污染	有,较难控制	有,较难控制	无
大气污染	有,较易控制	剧毒物难控制	有,但很微弱
土壤污染	限于堆埋场区	无	较轻
单位投资额	低,2~4 元/吨	高,35~45 元/吨	中等,7~10 元/吨
成本	低,4~6 元/吨	高,30~35 元/吨	中等,10~15 元/吨
利润	低,5~10 元/吨	高,45~105 元/吨	中等,12~25 元/吨

二、世界垃圾资源开发处理现状

全球垃圾资源速生、高产和强污染加剧着垃圾资源与日剧增同自然资源日渐枯竭的现实矛盾,加剧着资源危机和生态危机。资源与生态的双重赤字和科学技术的进步迫使人类转而重视垃圾资源的综合开发利用。人类已开始自觉和不自觉地投入垃圾处理技术的研究,许多国家根据本国的垃圾有机成分含量高的特点,用垃圾生产高能燃料、复合肥料,制造沼气和发电,并把沼气最终用于城市管道燃气、汽车燃料、工业燃料和公共食堂燃料。据统计,1989年全世界已开发和计划开发的垃圾填埋场480座,沼气开发量达51.52亿米³/年,建成和正在运转的垃圾焚烧厂330座,法国垃圾发电装机容量达97万千瓦/年、日本达125万千瓦/年、美国127万千瓦/年。无数垃圾综合开发利用的成功经验表明,

垃圾“含金量”甚高,每投资1元可回收8元社会总产值。垃圾再生利用经济价值大,投资少,见效快,开发利用前景广阔。全球垃圾资源开发处理现状特点为:

1. 发达国家垃圾资源开发处理量远高于发展中国家

发达国家开发利用垃圾资源起步早,时间长,技术先进,处理率平均高达94.34%,见表3。而发展中国家如尼泊尔、菲律宾、泰国垃圾处理率目前仅为20%,其它80%的垃圾露天裸堆,严重污染环境。我国垃圾资源开发处理率更低,不到5%。

2. 垃圾处理技术在发达国家以卫生填埋为主,在发展中国家以堆肥为主。

从发达国家垃圾处理状况来看,目前以卫生填埋为主,占垃圾总处理率的60.58%,其中美国、德国、英国、荷兰、瑞典、比利时、澳大利亚和新西兰等国因采用压缩填埋、破碎填埋和渗沥循环填埋等技

术,使卫生填埋比例高达60~80%,意大利高达86%以上。次为焚烧技术,占垃圾总处理量的33.18%,日本、瑞士、丹麦等国因垃圾有机含量高,焚烧处理量高达66~70%。显然,堆肥处理技术作为古老传统的技术在发达国家逐渐被淘汰,或被好氧处理和成套机械卧式滚筒堆肥技术所取代。大多数发展中国家因垃圾资源中富含蔬菜等有机成分,且湿度大于40%,适宜于堆肥。堆肥技术被发展中国家普遍认为是最有前途的处理技术。全球垃圾资源处理技术的环保经济效益见表4。采用何种处理技术,取决于垃圾生产国的国情、垃圾成分特点、技术水平等因素,具体开发利用过程中应权衡利弊,不拘一格,择优选择,综合利用。

3. 垃圾资源开发处理系列化

这是全球垃圾处理的新趋势。法国发明的系列处理技术是将垃圾放在一个集中点,然后由机械传送到备有特殊装置的管道中,再用水冲压垃圾。在冲压过程中,沉物从凹槽中排出,迅速发酵堆成肥,而其他坚硬物质随着重压变成干块,用其制砖瓦、水泥或焚烧取暖。德国采用高温堆肥—焚烧联合技术,用装有筛选和风选设备的滚筒堆肥机先将软颗粒破碎。通过筛选,小颗粒堆成肥,软质可燃物经风选后焚烧发电,剩余的少量大颗粒最终填埋。整个处理过程,环环相扣,连续进行。夏威夷群岛上世界绝无仅有的变粪便为宝的“伏尼星”实验室是一个集生物工程、种植、加工、能源为一体的农工商技综合体,每天185吨粪便,经加工改造后,变成十分抢手的饲料、食品和其他有用产品。其他国家类似垃圾处理系列化的成功试验屡见报道。

4. 垃圾资源综合利用多元化

全球性材料科学的迅速发展使垃圾资源成分愈益复杂,导致垃圾综合回收利用方式的日益多元化。世界各国根据各自垃圾资源的理化成分、排出工艺特征、处理工艺复杂程度和能力、综合利用价值、投入产出效益等方面的异同因类制宜,同时并用多种处理方式。许多国家采用手、机械和自动化分选,用磁铁吸引废铁,用光滤系统和光电管分选各种玻璃,用弹跳振动分选软硬物质,用锥形旋风分离器或其他分离器分选比重不同物质,用弯曲管道底部送风法分选轻重不同物质,并将分选的物质通过化学方法回收再生。目前已能采用热解法从垃圾中提取燃料气、燃料油和油脂,采用水解法提取酒精,采用低温氧化或湿式燃烧法将有机垃圾转化为碳氧化物等。法国威洛加公司采用垃圾厌氧消化法生产甲烷,节能效果显著。美国利用废旧塑料(年塑料垃圾产量1300万吨)回炉生产与利用新原料相比,节省能源85~90%。德国不仅开发再循环原浆技术回收多种塑料,还使塑料垃圾分子结构在高温高压下发生氢化,将塑料还原成原油。波兰、捷克、匈牙利回收碎玻璃占生产玻璃容器原料的30~35%。芬兰将炉渣、麦

秸、破布、硬纸捣碎混合制成十分坚固的垃圾墙。俄罗斯、日本、法国、中国等利用垃圾制取沼气、化肥、复合肥料、高级饲料、红砖等。

纵观近年来全球垃圾资源开发利用现状,比60~70年代更注重综合效益。但在开发利用过程中仍存在着不少问题,诸如处理率低于产生率,堆埋占地和对土壤的破坏,焚烧后的烟气污染,高分子聚合物和放射性垃圾的回收,以及垃圾处理经费的日益提高等问题都亟待人们去解决。

三、世界垃圾资源综合开发整治对策

针对世界垃圾资源生产现状和开发处理现状特点,围绕垃圾资源化、无害化、减容化和最小量化,从垃圾资源综合开发利用的环保经济效益角度出发,提出如下整治对策。

1. 树立垃圾资源化利用意识,综合开发垃圾资源产业

全球范围内垃圾资源化利用意识淡薄导致了垃圾高产低用的现状,应通过各种媒介和传布途径广泛宣传垃圾综合开发利用潜在经济价值和开发技术,创建垃圾资源学和垃圾经济学,强化垃圾资源化利用意识,在此基础上,综合开发各类垃圾资源产业。首先,采用资本的倾斜投入兴办各种垃圾开发处理有限公司,如再生资源开发公司、垃圾清扫公司、处理公司、回收公司等,把垃圾开发作为国土经济开发的有机组成部分。其次,采用独资、集资、合资等灵活多样的方式大力发展垃圾工业企业。一方面采用堆埋、焚烧等技术建立垃圾工厂。目前世界上第一家垃圾工厂已在丹麦赫尔辛基投入运行,年处理垃圾2万吨,第二座建在德国巴登。另一方面根据垃圾组成成分特点,因类制宜地发展垃圾资源回炉再生产业,如废塑料加工产业、废纸加工产业、废橡胶加工产业等。发展回炉加工产业不仅投资少,而且见效快。如新建钢铁联合企业吨钢投资5000元,而废钢加工企业吨钢投资仅300元。第三,开发垃圾系统处理工程,组建垃圾资源综合开发产业链,推动垃圾资源的系列开发和最终价值开发。第四,建立垃圾资源信息产业、信息中心和信息数据库,提供垃圾回收、再生利用信息,促进垃圾资源的全面开发和综合利用。

2. 通过技术革新充分开发利用有限资源,实现垃圾最小量化。

垃圾是技术变异的中间产物,开发垃圾资源必须回归于技术。只有坚定不移地依靠科技进步,革新工艺技术,才能充分利用有限的自然资源,杜绝跑、冒、滴、漏,并将垃圾消除于产生过程。对于工业垃圾,要从地质工作做起,实行综合勘探、综合评价、综合开发和综合利用,努力提高采、选、冶中废

弃物利用率,减少资源损失。对不可避免会产生的废弃物要坚持综合利用工程和主体工程同时设计、同时施工、同时投产,将综合利用贯穿于整个工艺过程的始终,力求工业垃圾最小量化。实行工业垃圾最小量化,不仅可减少环境污染,而且经济效益显著。美国全面实行最小量化后可获得250亿美元的经济效益,因此专门建立了垃圾最小量化技术开发研究数据库,并给予垃圾最小量化计划以财政资助。对于生活垃圾,要采取节约为主,净菜进城等方式进行垃圾源削减和循环利用,实现生活垃圾的最小量化。

3. 强化垃圾资源综合利用高新技术的应用研究

垃圾资源产业属技术密集型产业。技术把资源变成垃圾,又把垃圾还原成资源。只有搞好综合利用技术的开发,才能提高垃圾处理率和综合利用效益。为此须从以下几方面抓好垃圾资源综合利用高新技术的应用研究。一是抓好综合利用典型和科学技术示范工程。对于带有全局性、方向性、强污染、难以开发利用的垃圾,要组织技术攻关,集中人力、物力和财力,培植综合利用典型,搞好技术示范

工程,取得经验,全面推广。二是开展国际综合利用技术交流,加强国际性经济技术协作,建立跨国技术开发公司,完善技术市场,做好技术转让工作。立足国情,各取所需,各尽其用,各显其能,各获其利,多渠道开发利用全球垃圾资源,减少垃圾污染。

4. 制订优惠政策,健全垃圾资源综合开发整治法。

垃圾资源综合开发整治的政策和立法直接反映着一个国家对垃圾处理的积极或消极态度。发达国家基本均有一整套垃圾综合整治的优惠政策和相应的立法管理制度,如美国的《资源保护和回收法》(RCRA)、《综合环境响应、补偿和责任法》(CERCLA),英国的《污染控制法》,法国的《固体废弃物法》,日本的《清扫法》等。发展中国家的各国政府应从长远全球利益出发,尽快制订出整治垃圾的各项优惠政策,如对垃圾产业延长免税留利期限,建立综合利用专项基金,优先享受中长期低息贷款,实行政策倾斜,增加环卫投资等。在此基础上,健全垃圾资源综合开发整治法,加强对垃圾资源开发利用的法制管理和科学管理。

(责任编辑 冷远猷)

科技动态

电力系统非线性分布协调控制理论 及其应用研究取得突破性进展

〔本刊讯〕由学部委员、清华大学高景德、卢强教授领导的一支由博士后、博士、硕士组成的研究队伍,最近在国际上率先将非线性系统微分几何结构理论与电力系统控制理论、电机与电力系统动态学、计算机技术、数学和物理仿真技术相结合,建立起电力系统非线性分布协调控制理论新体系,借助它在解决大型电力系统非线性分散稳定性控制方面取得突破性进展。他们基本上解决了该领域内四个国际上长期未能解决的课题,使我国

在此领域处于国际领先地位。此外,他们还研制成了世界第一台“全数字式非线性励磁控制器”和“水轮电机水门开度非线性控制器”,推广应用后可将电力系统的稳定性和安全性提高到一个新的高度。

(国家自然科学基金委员会供稿)

(责任编辑 刘先曙)