第一章　有机固体废物的来源、种类和特性

第一节　固体废物的种类和来源

固体废物（简称废物）是指在社会的生产、流通、消费等一系列活动中产生的一般不再具有原使用价值而被丢弃的以固态和泥状赋存的物质，或者是提取目的组分后弃之不用的剩余物质。主要包括工业废物和生活废物。

固体废物问题是伴随着人类文明的发展而发展的。在工业化水平发展还不很大或者不存在工业文明时，人类在自然环境中的生活过程还比较简单，遇到的固体废物问题仅仅是生活垃圾问题。不过在漫长岁月里，由于生产力水平低下，人口增长缓慢，生活垃圾的产生量不大，增长率不高，没有对人类环境造成影响。但近几十年来，由于农村城市化发展比较迅速，尤其农村乡镇企业发展更为迅猛，中小城镇人口不断扩大，消费水平也不断提高，生活垃圾和工业垃圾产生量也不断增长，已成为严重的环境问题。

固体废物在自然生态系统中是不存在的，因为生态系统中物质是循环的（图 1-1）。绿色植物（森林植物、草本植物）从土壤或母质中吸收水分和矿物质通过光合作用利用了太阳能，将太阳能转化为生物有机物质贮存为化学能或生物能。消费者和分解者再继续利用植物残体维持自身的生命活动同时又向土壤环境提供植物可利用的养分，而同时又为土壤提供可供土壤形成肥力的基本物质——腐殖物质，从而使土壤库容逐渐增大。由此，物质和能量循环往复是使土壤生态系统得到良性循环的保障。而在农业生产的社会经济系统中，由于人的目的调节作用，尤其乡镇工业发展和人口爆炸式膨胀，引起天然矿藏资源的加速开采、森林资源的过度砍伐、草原的过度放牧、人工合成化合物的种类和数量的加速发展，引起土壤上从未有过的高度集约化生

需要全本请访问 www.ertongbook.com

产，形成资源掠夺式的利用。而在这一生产过程中，大量气态、液态和固态废物产生出来，加之不及时处理就被排放到环境中，尤其农田环境中，给土壤和农业带来了直接的和间接的损害和污染。

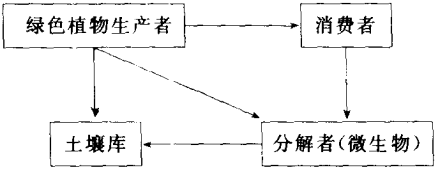


图 1-1 自然生态系统中的物质循环

一、固体废物的来源

固体废物来自人的生产和生活过程中的许多环节。表 1-1 中列出了从各类发生源产生的主要固体废物。

表 1-1 从各类发生源产生的固体废物

发 生 源	产生的主要固体废物
矿业	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦和水泥、砂石等
冶金、金属结构、交通、机械等工业	金属、渣、砂石、模型、芯、陶瓷、涂料、管道、绝热和绝缘材料、黏结剂、污垢、废木、塑料、橡胶、纸、各种建筑材料、烟尘等
建筑材料工业	金属、水泥、黏土、陶瓷、石膏、石棉、砂、石、纸、纤维等
食品加工业	肉、谷物、蔬菜、硬壳果、水果、烟草等
橡胶、皮革、塑料等工业	橡胶、塑料、皮革、布、线、纤维、染料、金属等
石油化工工业	化学药剂、金属、塑料、橡胶、陶瓷、沥青、污泥油毡、石棉、涂料等
电器、仪器仪表等工业	金属、玻璃、木、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料等
纺织服装工业	布头、纤维、金属、橡胶、塑料等
造纸、木材、印刷等工业	刨花、锯末、碎木、化学药剂、金属填料、塑料等

续表

发　生　源	产生的主要固体废物
居民生活	食物、垃圾、纸、木、布、庭院植物修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、燃料灰渣、脏土、碎砖瓦、废器具、粪便、杂品等
商业、机关	同上，另有管道、碎砌体、沥青、其他建筑材料，含有易爆、易燃腐蚀性、放射性废物以及废汽车、废电器、废器具等
市政维护、管理部门	脏土、碎砖瓦、树叶、死禽畜、金属、锅炉灰渣、污泥等
农业	秸秆、蔬菜、水果、果树枝条、糠秕、人和禽畜粪便、农药等
核工业和放射性医疗单位	金属、含放射性废渣、粉尘、污泥、器具和建筑材料等

二、固体废物的分类和主要理化性质

固体废物分类方法很多，按组成可分为有机废物和无机废物；按形态可分为固体（块状、粒状和粉状）和泥状（污泥）等废物；按来源可分为工业废物、矿业废物、城市垃圾、农业废物和放射性废物；按其危害状况分为有害废物和一般废物。但一般是按来源进行分类的。

(一)产业固体废物

产业固体废物是工农业生产企业在生产过程中未被利用的副产物，分为以下几类。

1. 工业固体废物

工业固体废物是指工业生产过程和工业加工过程产生的废渣、粉尘、碎屑、污泥等。主要包括冶金固体废物和高炉渣、钢渣、铜渣、锌渣、镍渣、铬渣、镉渣、汞渣、赤泥等；燃料灰渣如煤炭开采、加工利用过程中排出的煤矸石、粉煤灰、烟道灰等；化学工业固体废物指硫铁矿烧渣、煤造气炉渣、磷泥、磷石膏、纯碱盐泥、烧碱盐泥、化学矿山尾矿渣、蒸馏釜残渣、废催化剂等；石油工业废物指炼油和油品精炼过程排出的固体废物，如浮渣、含油污泥；粮食、食品工业固体废物指粮食、食品工业固体废物，如谷屑、下角料、渣滓。

2. 农林固体废物

农林牧副渔各项活动中丢弃的固体废物，主要成分是秸秆、树枝、

树叶等；动物尸体及骨髓，工厂化畜禽场产生的大量粪便废物。此外还有木材加工，如木屑约占木材加工量的 10%，数量极其可观；在我国某些产棉区，大量棉秆仍无用处；而每年被抛弃或做燃料的 140 万 t 花生壳资源也有待充分利用；近年来，在食用菌生产迅速发展的同时，还带来了食用菌废料（菇渣）的急剧增加。

（二）生活消费固体废物

是指居民生活、商业活动、市政建设与维护、机关办公等过程产生的固体废物。

生活垃圾也随着城市建设和发展以及人们生活水平的提高而发生组成和性质的变化。在家庭燃煤条件下，产生的垃圾主要是单气区垃圾，这种垃圾组成中主要是无机成分为主，而在双气（暖气和燃气）区如城市居民小区，产生的双气区垃圾组成中主要以有机成分为主。目前只有有条件的大中城市垃圾采用袋装或分类收集方法，而在绝大部分中小城镇还仍采用混合垃圾收集清运办法。因此，其垃圾组成主要是单气区、双气区及城市建设渣土、商业固体废物和其他杂物的混合垃圾。

（三）有害固体废物和放射性固体废物

有害固体废物，国际上称之为危险固体废物。这类废物具有毒性、易燃性、反应性、腐蚀性、爆炸性、传染性，因而可能对人类的生活环境产生危害等特点。由于这些特性， 1983 年联合国环境规划署已将这部分废物列为全球重大环境问题加以重点管理。这类固体废物约占一般固体废物总量的 1.5%～2.0%，其中大约一半为化学工业固体废物。据不完全统计，1985 年我国有害固体废物产生量为 1670 万 t，其中化学工业为 820 万 t。

放射性固体废物包括核燃料生产、加工，同位素应用，核电站、核研究机构、医疗单位放射性废物处理设施产生的废物。如尾矿、污染的废旧设备、仪器、防护用品、废树脂、水处理污泥及蒸发残渣等。

我国目前将固体废物分为四大类：城市生活垃圾、一般工业固体废物、有害固体废物和其他。其中放射性固体废物和有害的固体废物不属于一般工业固体废物，属于专门管理类型。

第二节　固体废物及其环境污染特点

一、固体废物的特点

长期以来人们一直对固体废物抱有与废气、废水和噪声不同的态度，因此在处理和资源化重视的程度上是有所不同的，这主要是由于固体废物具有不同于废气、废水和噪声的污染特性所决定的。区别于废气、废水和噪声，固体废物首先是所有污染物质的终极状态，有害成分呆滞性较大、扩散性较小和稳定性较强，因此或多或少认为固体废物可以通过简单的堆放、填埋等处理方法就可以解决问题；其次，固体废物又是污染的源头，因为在其堆放、填埋过程中，通过土壤、水体和大气等环境介质产生二次污染；此外，固体废物的状态决定其便于运输、贮存和加工。

二、固体废物的污染途径

固体废物多数主要是固体状态，尤其是城市垃圾，是由组成成分不同、颗粒大小不一的混合体，其中含有各种各样的有害成分，如重金属及有毒有害有机污染物，此外还有各种类型的种类繁多的病原微生物。这些有害固体废物如果处理不当，就会通过不同途径危害人体健康、污染农业环境。因此，其对环境和人体健康的主要危害途径是物理的、化学的和生物的污染途径。由于固体废物来源途径不同，所含的有毒有害成分以及病原微生物类型也不同，其污染途径也是不同的，一种是工矿企业固体废物所含化学成分形成的化学物质型污染（图 1-2）；另一种人畜粪便和生活垃圾是各种病源微生物的滋生地和繁殖场，对环境构成病原体型污染（图 1-3）。当然化学物质型污染也不是绝对没有病原体污染过程，只是工矿企业固体废物主要是以化学物质型污染为主；而病原体型污染也不是不存在化学物质污染过程，往往化学物质型污染和病原体污染相伴存在。

三、固体废物的污染危害

我国是世界上人口最多的国家，现有城市 350 多个，城市人口达 2 亿多，年产垃圾 5000 多万 t，并且每年还以 10%的速度在增长，1995 年城市垃圾总量已达到 12239 万 t，到 2000 年将为 17560 万 t。工业固

需要全本请访问 www.ertongbook.com

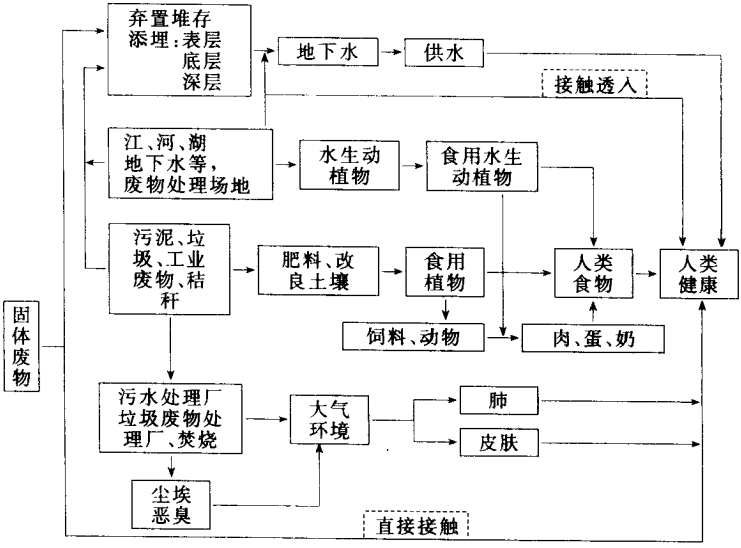


图 1-2 化学物质型固体废物致病的途径

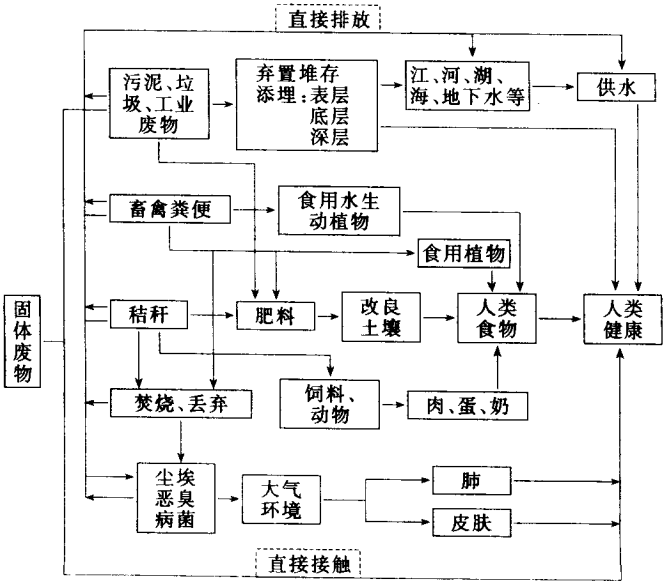


图 1-3 病原体型固体废物致病的途径

体废物是我国另外一类重要的废物， 1995年工业固体废物排放量达61420万t,预计到2000年可达69350万t,综合利用率仅为28.2%，而工业固体废物累计堆存量达67.5亿t。乡镇企业是我国国民经济的一支重要力量，1985年，全国共有乡镇企业1094万个，总产值为2481亿元,而到了1993年已达2.9万亿元。据统计，我国万元产值乡镇企业固体废渣的排放量为4.85t，因此粗略估算全国乡镇企业排放的废渣总量可达14亿t。

80年代以来，畜牧业生产由个体、乡、队分散饲养，改变为集体集约化生产，大多采用现代化高密度、大数量商品化生产分工。虽然在解决菜篮子问题上非常有效，但由于粪便排量大，处理和综合利用技术跟不上，造成粪便资源的浪费和污染环境。据1989统计，我国畜禽粪便的排放量达 $1.34\times10^{8}t/a$。仅北京市年排放的畜禽粪便就达500万t。在当今化肥使用简便、省时，加之施肥季节性强，在用肥淡季时，造成了粪便的积压浪费，并污染了环境。畜禽粪便对环境的污染，主要指粪尿本身及其分解产物。粪便一般含有较多水分，在堆放和贮藏过程中，会产生硫化氢、氨、二甲硫醇等引起恶臭。

另外，未经处理的粪便，一经排放到河道，引起地表水中的 *BOD*、*COD*、*SS* 急剧上升。粪尿中还含有大量病原微生物，如大肠杆菌、链球菌等细菌和病毒类。

农村农作物秸秆资源丰富，是数量巨大的一种农副产品。据统计，我国农作物秸秆年产生量约为5亿t,但利用率不足30%。相当多的地区，每年将大量秸秆就地烧毁。

城市垃圾成分也逐步发生变化，塑料等有害物质增多，加上农村生产结构发生很大变化，化肥施用量增大，生活垃圾已失去原来的消纳场所，因而大量堆积于城市郊区农田中。

城市垃圾处理不当，直接施用于农田，对农业环境的污染与危害主要表现在：一是对土壤理化性状将产生不良影响（表1-2、表1-3、表1-4、表1-5、表1-6)。中国农业科学院土肥所的试验表明：每公顷施150t未经处理的垃圾，在0～20cm的土层中，土壤渣砾（＞2mm）和砂粒 ＞0.01mm）的组分上升，而土壤黏粒（＜0.005mm）和粉砂粒

表 1-2　施用垃圾对土壤、稻谷中重金属含量的影响/(mg/kg)

处　理	Cd	Hg	Cr	Pb	Ni	Cu	Zn
施垃圾肥的土壤	1.5	0.07	12.0	82	—	—	92
对照土壤	0.6	0.05	12.0	24	—	—	20
施垃圾肥的稻谷	0.033	<0.008	<0.01	0.27	6.27	3.0	16.2
对照稻谷	0.007	<0.008	<0.001	0.18	0.18	2.7	19.0

表 1-3　我国某些地区污泥中重金属含量/(mg/kg)

类型	上海川沙	广州	北京高碑店污水处理厂	西安污水库	天津
Cd	25～48	6.5～624	1.9～54	450	0.1～45
Pb	135～339	16.0～1700	136～260	1040	44～1680
Cu	220～792		351～525	2912	73～2960
Zn	2895～3480	456～5360	605～1250		312～3120
Hg	6～19.8	0～47	17～90.2		2.13～9.10
Cr		30～1000	4.3～448	660	190～950
As			7.75～11.0		5.5～30.5

表 1-4　我国某些城市的垃圾组分/%

城市	垃圾组成							资料来源
	易腐物	灰土渣石	玻璃	金属	纸类	塑胶类	纤维	
沈阳	56.6	41.1	0.3	0.25	1.3	0.15	0.25	沈阳环保所（1985）
北京	47.0	44.3	0.9	0.69	—	0.75	4.2	于殿卿（1986）
上海	36.6	53.9	1.04	1.0	2.92	1.3	3.2	叶传泽（1986）
杭州	32.3	60.1	0.34	0.40	0.66	0.27	0.12	杭州市环卫所（1986）
广州	78	8.0	1.0	2.0		1.00		刘国成（1985）

表 1-5　城市居民燃料结构对垃圾成分的影响

类　型	沈　阳			武　汉	
	燃煤户	单气户	双气户	煤气化区	燃煤区
有机物/%	38.0	56.62	86.94	64.31	21.22
无机物/%	6.097	41.13	9.34	35.69	78.78

表 1-6 垃圾对土壤物理性状的影响

处　理	对　照		每 hm^2 施 150t 垃圾肥	
层次/cm	0～20	20～40	0～20	20～40
碴砾/%	15.5	16.8	37.5	31.8
黏粒/%	11.8	15.8	7.8	12.2
粉砂/%	71.9	67.6	53.8	56.2
失水率/%	16.9	13.6	13.1	16.4
折合土壤代换量/(cmol/kg)	—	—	339	—
保氮率下降/%	17.4	21.7	15.1	16.8

(0.01～0.005mm) 的组分大幅度下降，从而使土壤保水能力下降，土壤阳离子代换量减少 13%～22%，氮素和钾素流失严重。二是长期施用垃圾将导致农田中重金属含量积累。中国农科院土壤所对小麦连续两年施用垃圾试验，每年每公顷施 7.5t，发现小麦籽粒中重金属含量比施用化肥处理的高。三是日益增多的有机合成材料和塑料及其制品，大部分未经回收利用随垃圾进入农业环境。破碎的塑料薄膜残体被埋入土中，阻碍了土壤水分输送和植物根系的伸长，不利于作物生长发育。四是由于城市垃圾大多未经任何无害化处理直接施用于农田，就会将大量的细菌类病原菌、病毒和寄生虫卵带入土壤，成为各种疾病的传播源。

污泥是污水处理后的产物。从污水处理厂沉淀池排出的污泥叫生污泥，含有挥发性有机物质、病原菌、寄生虫、重金属以及某些难分解的有机毒物。由于污泥中含有大量有机质和氮、磷、钾以及微量元素，是理想的土壤改良剂和肥料。我国目前有污水处理厂 78 座，处理率仅为废水总量的 3%。因此每年有大量污泥作为肥料和土壤改良剂施入农田土壤中。但由于污泥中含有很多有毒成分，如果施用不当，其中的有毒成分会在农田土壤中积累，当达到一定数量时，就会危害农作物或通过食物链危害人体健康。

第三节　固体废物的污染控制途径与技术政策

固体废物对环境的污染不同于废水、废气和噪声。固体废物呆滞性大、扩散性小，它对农业环境的影响主要是通过灌溉水、空气和农田土壤进行的。废水和废气不同于固体废物，它们既是水体、土壤和农业环境的污染源，又是接受其所含污染物的环境。而固体废物往往是许多污染成分的终极状态。如对有害气体或飘尘通过治理，最终富集成为废渣；一些废水中的悬浮物和有机物质，通过污水处理最终分离出来成为污泥。而这些终极状态的“终态”物质如果处理不当，在长期的自然因素作用下，又会转入大气、水体或土壤，就有可能重新成为农业生产环境和人类生存环境的污染“源头”。因此，在对固体废物进行处理和处置即管理过程中应进行污染控制技术的开发和应用，以便减少固体废物产生量。

一、污染控制途径

1. 完善和改造生产工艺

乡镇企业的发展为经济腾飞创造了条件，但是由于企业人员素质不高，技术、设备、工艺水平落后，许多是城市工业淘汰下来的工艺与设备，使得产品产量低质量差，因此资源和能源使用不合理，生产过程中物料的流失较大，因此产生大量固体废物。因此应当从改造和完善企业技术入手，减少固体废物的产生量。

2. 发展物质循环工艺

往往每个进行单个产品的生产企业所产生的废物可能是下一个企业的原料。因此应发展多级物质循环工艺，这样最后只剩下少量废物进入环境，达到经济、环境和社会的综合效应。

3. 进行综合利用

积极开展固体废物资源化利用途径和技术开发，如将城市垃圾中的铁、玻璃和塑料分离出来并加以回收再利用，而剩余部分经过高温堆肥处理后转化为有机肥料 又如将粉煤灰开发利用作为复混颗粒肥的原料。

4. 进行无害化处理与处置

利用堆肥等生物学方法、热处理和固化处理方法对固体废物进行

无害化最终处置，以达到固体废物排放标准。

二、控制固体废物污染的技术政策

自70年代以来，发达国家由于废物处置场所紧张，处理费用日益增大，加之由于资源短缺提出了“资源循环”的口号，开始从固体废物中回收资源和能源，即固体废物资源化。我国是在80年代初期开始有限地进行资源化，并于80年代中期提出了“资源化、无害化和减量化”作为控制固体废物污染的技术政策。

由于资金、技术和其他原因，我国固体废物处理利用的发展趋势为以无害化为先导、资源化为目的，同时进行减量化。

无害化是指将固体废物通过工程处理，使之达到不损害人体健康，不污染周围环境的要求。无害化处理的方法很多，如垃圾卫生填埋、高温堆肥、沼气发酵等。此外采用焚烧、热解等方法也可以明显达到无害化目的。但是我国固体废物的类型不同，其特性也有很大不同，不能采用一种方法去处理任何一种废物。如城市垃圾处理若采用焚烧方法虽然可以有明显地无害化效果，但需配合能耗和具有高热能的垃圾才能实现，而我国的垃圾组成可燃成分偏低，不适宜于采用焚烧方法，而采用高温堆肥技术较为经济、有效。

减量化是通过适宜的手段减少或减小固体废物的数量和容积。其具体做法是采用固体废物处理方法，即通过如堆肥、焚烧等处理方法达到减量化。另外一方面是在生产过程中减少固体废物的产生。

资源化是采取工艺措施从固体废物中回收有用的物质和能源或者通过一定的技术措施达到使固体废物重新利用的目的。

第四节　固体废物的营养化学组成与利用潜力

固体废物是各种污染物质的最终状态，但并不是全部组成均是不能被再生利用的组分，如城市生活垃圾中除含有塑料、橡胶、木块和金属等废品外还含有大量有机成分，这些有机成分通常主要是瓜、果、壳、菜和其他一些生物可分解和转化成分；秸秆和畜禽粪便中除含有病源微生物如大肠杆菌和粪大肠杆菌外，还含有大量可再生利用的物质，如作为饲料的鸡粪中含有大量粗蛋白物质，秸秆中也含有大量粗

需要全本请访问 www.ertongbook.com

蛋白物质。污泥中虽然重金属含量较高，但其丰富的有机质和氮、磷、钾及微量元素，一直是人们比较青睐的肥料或改土剂之一。因此，固体废物能否资源化首先应了解其化学组成，尤其是营养组成，从而为进一步确定其利用潜力提供信息。

一、污泥和城市生活垃圾

污泥一般经过稳定化（生物稳定法、化学稳定法）和无害化处理，以达到消除臭味和杀死虫卵病菌的目的。为减少污泥的水分以减少其体积，需采取压缩脱水工艺。

污泥一般含有较高量的重金属，尤其是排水系统接纳不加控制的工业污水时，问题更为严重。要防止污泥的重金属过高造成危害，应注意限制含重金属工业废水的排放。另一方面，应根据重金属的种类及其含量，从配方添加剂、农艺措施等方面采取相应对策。

污泥的颗粒很细，富含有机质，含水量为 20%左右时有明显的弹性，其黏结性很好。在干燥过程中，污泥变硬，在 5%左右水分时，污泥颗粒极硬，很难粉碎。干燥过程中由软至极硬的过渡阶段的含水量很窄，这给应用污泥原料制肥带来了困难。一般采用掺入其他合适原料的方法解决。

污泥原料制成的肥料，作林地用肥或花卉肥是安全的，经过严格检测控制，也可以作食用作物用肥。

垃圾也含有较多的重金属和虫卵病菌，需要经过无害化处理。与污泥不同的是，垃圾成分复杂，粗细不等，需经过分拣后方可使用（表 1-7）。垃圾的处置一直是困扰城市建设的问题，而原有填埋场多已填满或即将填满，不得不向更远的郊县寻地填埋，使运垃圾的费用进一步增加。随着垃圾中有机组分含量和比例增大，垃圾资源的优越性也会进一步受重视。经分拣、发酵处理的垃圾，制成有机复混肥或改土剂施用，肥效和经济效益均优于直接施用。

污泥、垃圾的养分及重金属含量因地因时而异。表 1-8 为污泥和垃圾成分。

二、粉煤灰

粉煤灰是燃煤电厂或工厂燃煤动力车间排放的废物，是一种松散的固体集合物，含有 Al、Si、Fe、Ca、S、B、Zn 等微量元素(表 1-9)。大多

表 1-7 国内外垃圾成分比较

类别 / 国家	有机类/%					无机类/%				
	动植物厨房垃圾	纸张	塑料橡胶	破布	合计	煤渣土砂等	玻璃陶瓷	金属	其他	合计
美国	22	47	4.5		73.5	5	9	8	4	26
英国	28	33	1.5	3.55	66.0	19	5	10		34
日本	18.6	46	18.3		82.9	6.1			10.7	16.8
原联邦德国	16	31	4	2	53.0	22	13	5.2	7	47.2
法国	15	34	4	3	56.0	22	9	4	9	44
荷兰	50	22	6.2	2.2	80.0	4.3	11.9	3.2		19.4
比利时	40	30	5	2	77.0	5	8	5.3		22.9
福州	21.8	0.53	0.48		22.80	62.22	1.1	0.5	3.4	67.23
上海	2.7	1.63	0.40	0.47	45.2	53.79	0.43	0.53		54.75
北京	50.29	4.17	0.61	1.16	56.23	42.27	0.92	0.80		43.9
武汉	26.53	2.36	0.31	0.74	20.94	68.00	0.85	0.17	1.04	70.06
广州	38.00				40.0	55			5.0	60.0
哈尔滨	16.62	3.6	1.46	0.5	22.18	74.71	2.22	0.88		77.81
南宁	14.57	1.83	0.56	0.6	17.56	81.50	0.64	0.47		82.44
乐山	16.45	1.04	0.23	0.54	18.26	80.27	0.36	0.53	0.58	81.74

表 1-8 污泥和垃圾的成分

成分	有机质/%	全 N/%	全 K_2O /%	有效 P_2O_5/%	Cu /(mg/kg)	Zn /(mg/kg)	Ni /(mg/kg)	Pb /(mg/kg)
污泥	31.4	2.9	1.8	627	(250) 1000	(500) 5219	(100) 734	(300) 259
垃圾	51.9	2.8	2.7	356	41.6	5016	99	(400) 241

表 1-9 粉煤灰的化学成分/%

成分 / 地区	烧失量	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3
广州	3.52	52.9	26.0	7.2	—	2.2	0.8	1.8	—	0.78
西安	3.35	48.91	29.75	10.13	1.05	3.12	1.02	1.11	0.18	0.37
南宁		48.72	35.82	5.14	1.32	2.75	0.92	0.54	0.22	
苏州	6.25	51.87	28.53	4.56	1.30	3.70	0.98	1.4	0.42	0.69
杨浦	8.35	46.51	30.31	10.45	1.05	2.65	0.76	0.87	0.42	0.41
石家庄	2.0	50.22	25.97	4.58		3	0.11			1.78

数为极细的海绵状和空心玻璃球体，还有一些结晶物质和未燃碳。粉煤灰的理化性质取决于煤的品种、产地、煤粉的细度、燃烧方式和灰渣的收集（水冲洗沉淀或干排）。粉煤灰一般为微碱性，pH 值为 8～9，作为肥料资源，粉煤灰可提供 Si、Ca 及一些微量元素，通常把它作为一种 Si、Ca 肥应用。有机复混肥配方中加入一定量的粉煤灰，还可以提高压粒机的造粒速度，并改善粒状肥料的某些性能。利用粉煤灰和一些有机废物及添加剂相配合，还可以制成改土剂、人造营养土等系列产品。

三、禽畜粪便

随着农村经济和城乡畜牧业的发展，禽畜场规模化和数量越来越大，产生的粪便废物数量也越来越多，仅靠附近农民取用难以全部处置。这些废物不仅含水量高，而且有恶臭，运输受时间、地点限制，因此很有必要加工处理作为肥料产品或干粪原料出售。目前我国各种畜禽数量和畜禽粪便数量见表 1-10 所示。

表 1-10　1995 年畜禽粪便产生量 /万

畜禽	数量/万头	粪（干）	粪（湿）	N	P_2O_5	K_2O	养分总量
牛	13206	10845	198087	231	181	108	521
马	1007	1250	10072	20	11	9	40
驴	1075	1333	10745	22	12	9	43
骡	539	669	5389	11	65	21	
骆驼	35	65	527	1	1	0	2
猪	44169	8464	154592	316	226	248	790
羊	27686	5002	41529	99	76	38	212
家禽	630213	1610	12604	69	64	30	163
总量		29239	433544	769	576	448	1792

这类废物含有大量虫卵和病菌，必须进行消毒才能解决。可采用化学消毒法，也可在高温干燥过程中同时解决。

禽畜粪便有机质丰富，含有较高的 N、P、K 及微量元素，是很好的制肥原料，但有臭味，难以作为一种商品肥料出售，因此，需要除臭处理，可采取发酵除臭、化学除臭及物理化学除臭法。

各类不同动物粪便，有不同的特性，在配方时应给予注意，如鸡

粪较“热”，易烧苗。而牛粪则较安全，但牛粪中可能混有杂草种子，直接利用会造成农田尤其水田杂草（如裨草）发生。畜禽粪便中养分含量依禽畜种类而有较大变化，表 1-11 数据供参考。需要指出的是，由于饲料添加剂普遍使用，近年来禽畜粪便的 Cu、Zn 等微量元素含量增高，连续大量使用时，要考虑过量积累的可能性。

表 1-11　新鲜禽畜粪的养分平均含量/%

养分种类	水分	有机物	N	P_2O_5	K_2O
鸡粪	50.0	25.5	1.63	1.54	0.85
鸭粪	56.6	26.2	1.10	1.40	0.62
鹅粪	77.1	23.4	0.55	0.50	0.95
猪粪	82	15.0	0.56	0.40	0.44
牛粪	83	14.5	0.32	0.25	0.15
马粪	76	20.0	0.55	0.30	0.24
羊粪	65	28.0	0.65	0.50	0.25

四、糖厂废渣

糖厂废渣包括滤泥、蔗渣、蔗髓，100t 甘蔗可产糖 12t、蔗渣 23t（含水 50%）和干滤泥 0.7t。蔗渣纤维可以造纸及制纤维板。抽取纤维后剩下的蔗髓利用价值不高，即使燃烧其热值也很低，有的糖厂用于制糠醛，但相当一部分蔗髓无出路。蔗髓也可以作为制肥的有机原料，若经过堆放发酵效果更好，或加入促进其熟化的添加剂，可以 24h 内快速熟化，无须发酵。蔗渣、蔗髓无机养分含量很低，主要用作补充有机质。

滤泥依制糖工艺不同有两种：一是双碳酸法滤泥（碳法），另一种为亚硫酸法（亚法）滤泥。前者黄白色，含 Ca 高，有机质和糖分较少，后者灰褐色，有机质和残糖相对较高，而 Ca 则相对较低。亚法滤泥养分含量较高，直接施用也有较好肥效，碳法滤泥直接施用效果较差。各种滤泥的养分含量依土壤、品种、工艺等条件不同而有很大变化，表 1-12所列数据可供参考。但是，若作有机复混肥原料，两种滤泥都有很好的效果。滤泥发酵后易发臭，故需及时干燥，干燥后也便于运输及存放。

表 1-12 不同制糖工艺滤泥的成分/%

工艺方法	pH值	有机质	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	水分
碳酸法	8.0	23.51	0.69	0.65	0.27	35.97	4.72	55.91
亚硫酸法	6.0	58.66	1.19	1.24	0.52	5.59	1.07	69.55

五、植物秸秆和其他农林废物

各地农林业每年产生种类繁多、数量极大的植物性废物，是一种很好的肥料资源。其中，木屑约占木材加工量的10%，数量极其可观；我国是农业大国，各种农业废物不仅种类繁多而且数量巨大。

目前秸秆资源的计算方法有多种，一般采用粮食总产量乘上1或1.2的系数。联合国有关组织则提出一个秸秆量的计算公式：

$$\alpha = kc$$

式中 α ——秸秆量；

c ——粮食产量；

k ——粮秸比系数。

由于各种农作物粮秸比不同，其 k 值也不相同，联合国有关资料确定的系数 k 玉米为2.5、高粱为4、小麦、水稻为1.3、谷子为3.5、大豆为2.5、薯类为0.25。按照这些不同系数带入公式中可得出较为精确的秸秆资源量。需要说明的是，上面给出的系数 k 对我国各地来讲并非是最精确的，应根据本地的情况予以修正。

根据我国作物情况，修正以上参数，水稻、小麦、谷子、糖料、烟叶的值为1，玉米、高粱、油料作物为2，大豆为1.5，棉花为3，麻类为1.7。通过计算，我国1987年秸秆产量为58507.8万t，1988年秸秆产量为59747.2万t，1989年秸秆产量为60449.3万t，1990年秸秆产量为68432.1万t，1995年秸秆产量见表1-13。

秸秆中含有氮、磷、钾、镁、钙、硫等元素，这些元素是农作物生长必需的主要营养元素。因此，秸秆也是丰富的肥料资源。秸秆中有机质含量平均为15%，因作物不同各种营养元素的含量也不同，根据各种作物秸秆营养元素的含量及其秸秆产量估计，我国秸秆含碳量为44.2%，含氮量为0.62%，含磷（P_2O_5）为0.25%，含钾（K_2O）

量为 1.44%。

表 1-13 1995年我国主要农作物产量及秸秆产生量万 t

项 目	水稻	小麦	薯类	玉米	高粱	谷子	豆类
粮秸比	1∶1	1∶1	1∶1	1∶2	1∶2	1∶1	1∶1.5
农作物产量	18522	10221	3263	11198	475.50	302	1787
秸秆产量	18522	10221	3263	22397	951.06	302	2680
项 目	其他谷物	棉花	油料	麻类	糖料	烟叶	合计
粮秸比	1∶1	1∶3	1∶2	1∶1.7	1∶1	1∶1	
农作物产量	890.34	476	2250	89.70	7940.1	231	57650
秸秆产量	890.34	1430	4500	152.5	7940.1	231.4	79484

根据各个营养元素在秸秆中的百分含量，可算出 1995 年全国秸秆中含碳量为 35148.2 万 t，含氮量为 493.6 万 t，含磷（P_2O_5）量 197.9 万 t，含钾（K_2O）量为 1147.8 万 t。

此外在某些产棉区，正急待寻找一条棉杆合理利用的新途径；全国每年被抛弃或做燃料的 140万 t花生壳资源也有待充分利用；近年来，在食用菌生产迅速发展的同时，还带来了食用菌废料（菇渣）的急剧增加；而我国剑麻主要生产加工基地湛江地区，每年有大量加工剩余物——剑麻渣可供利用。上述农林废物中菇渣含 N 和 K_2O 均在 1%～2%之间，含 P_2O_5 为 0.3%左右，养分含量较高。其他废物中木质素、纤维素含量一般较高，直接施用效果不佳，一般需经发酵后使用，但发酵沤制过程耗时多（一般 15d 甚至更长），不便于工业化连续生产。利用化学处理方法可以在 1d 左右完成熟化，制肥后获得较好肥效 。

这类废物分布广、廉价易得，是进行堆肥和沼气发酵的理想材料，经过高温堆肥后在进一步制成有机无机复混肥产品和颗粒复混肥比废物直接施用有更好肥效和更高效益。

六、高浓度有机废液

酒精、味精厂产生高浓度有机废液。仅广东省糖业酒精废液达 150 万 t/a 是一种重要的污染源，尤其对河流污染严重。由于其浓度高，

需要全本请访问 www.ertongbook.com