

固体废物处理计算题

2.1.据统计，某城市 2005 年的人口数量为 20 万，生活垃圾产生量平均为 200t/d。根据该城市的经济发展和城市化进程，预计到 2010 年该城市的人口数量会增加到 22 万，为控制生活垃圾的过分增加，规划控制垃圾的人均产生量在 2010 年为 1.1kg/d。请选择合适的计算方法，预测该城市在 2006—2015 年期间各年的人口规模、生活垃圾产生量及垃圾产率。（10 分）

解：（1）人口预测（4 分）

2005 年人口数量为 20 万，2010 年人口数量预计为 22 万，按几何增加法（也可用其他方法）预测 2006—2015 年期间的各年人口规模，设未来每年人口增加率为 k ，则：

$$P_n = P_0 \cdot \exp(k \cdot n) \quad ①$$

式中 $P_n = 22$ 万， $P_0 = 20$ 万， $n = 2010 - 2005 = 5$ ，代入求得 $k = 0.01906$ ，则：

$$P_n = 20 \cdot \exp(0.01906 \cdot n)$$

（2）垃圾产率预测（4 分）

设 2005—2015 年垃圾产率呈几何增长，每年增长率为 x ，则：

$$W_n = W_0(1+x)^n \quad ②$$

式中 $W_n = 1.1 \text{ kg}/(\text{d} \cdot \text{人})$ ，

$$W_0 = 200000 \text{ (kg/d)} / 200000 \text{ (人)} = 1 \text{ kg}/(\text{d} \cdot \text{人})$$

$$n = 2010 - 2005 = 5$$

代入求得 $x = 0.0192$

设 2006—2015 年每年垃圾产生量为 N_n ，则：

$$N_n = P_n \cdot W_n \cdot 365 / 1000 \quad ③$$

式中 N_n 为 2006—2015 年每年的生活垃圾产生量；

P_n 为 2006—2015 年的每年人口规模；

W_n 为 2006—2015 年每年的垃圾产率；

$$n = 2006—2015。$$

（3）预测结果（2 分）

分别用式①、②、③求得 2006—2015 年的 W_n 、 N_n 、 P_n ，如下表：

n (年)	N_n	W_n	$P_n,$	$P_n,$
	kg/(d·人)	万人	t/d	t/a
2006	1.0192	20.384	207.75	75828.75
2007	1.0388	20.776	215.82	78774.3
2008	1.0587	21.176	224.19	81829.35
2009	1.079	21.584	232.89	85004.85
2010	1.10	22	242	88330
2011	1.121	22.422	251.35	91742.75
2012	1.142	22.854	260.99	95261.35
2013	1.164	23.396	272.33	99400.45
2014	1.186	23.742	281.58	102776.7
2015	1.209	24.2	292.58	106791.7

2.10.某城市垃圾的化学组成为 $C_{60.0}H_{25.4}O_{37.5}N_{7.8}S_{5.6}Cl$ ，其水份含量为 45.6%，灰分含量为 14.3%。请估算该废物的高位热值和低位热值。（12分）（ C_1 为有机碳， C_2 为无机碳）

答：（1）求垃圾的中各元素组分质量含量

生活垃圾有机物含量 = $100\% - 45.6\% - 14.3\% = 40.1\%$ （1分）

垃圾中有机物化学组成为 $C_{60.0}H_{25.4}O_{37.5}N_{7.8}S_{5.6}Cl$ 的垃圾，其分子量为 1669.3，（1分）则每 kg 垃圾中各元素组分含量为：

C 含量 = $0.401 \times 720 / 1669.3 = 0.173 \text{ kg/kg}$ ，碳（设全部为有机碳，即 $C_2=0$ ）；（1分）

H 含量 = $0.401 \times 25.4 / 1669.3 = 0.0061 \text{ kg/kg}$ ；（1分）

O 含量 = $0.401 \times 600 / 1669.3 = 0.144 \text{ kg/kg}$ ；（1分）

N 含量 = $0.401 \times 109.2 / 1669.3 = 0.026 \text{ kg/kg}$ ；（1分）

S 含量 = $0.401 \times 179.2 / 1669.3 = 0.043 \text{ kg/kg}$ ；（1分）

Cl 含量 = $0.401 \times 35.5 / 1669.3 = 0.0085 \text{ kg/kg}$ ；（1分）

（2）求 HH、HL

废物的高位热值 HH：（书本 32 页公式 2-22b）

$$H = 7831m C_1 + 35932(m H - m O/8 - m Cl/35.5) + 2212m s - 3546m C_2 + 1187m O - 578m N - 620m Cl \quad (1 \text{ 分})$$

$$= [7831 \times 0.173 + 35932(0.0061 - 0.144/8 - 0.0085/35.5) + 2212 \times 0.043 - 3546 \times 0 + 1187 \times 0.144 - 578 \times 0.026 - 620 \times 0.0085]$$

$$= 1157.1(\text{kcal/kg}) \quad (1 \text{ 分})$$

$$H L = H H - 583[m H_2O + 9(m H - m Cl/35.5)] \quad (\text{书本 32 页公式 2-23}) \quad (1 \text{ 分})$$

$$= 1157.1 - 583[0.173 + 9(0.006 - 0.0085/35.5)]$$

$$= 1020.5(\text{kcal/kg}) \quad (1 \text{ 分})$$

2.14. 对垃圾取样进行有机组分全量分析的结果见下表，请确定垃圾中有机组分的化学组分表达式（考虑 C、H、O、N、S）（13 分）

有机物种类	组分/kg					
	C	H	O	N	S	灰分
厨余	1.30	0.17	1.02	0.07	0.01	0.14
办公纸	13.92	1.92	14.08	0.10	0.06	1.92
包装板纸	2.51	0.34	2.54	0.02	0.01	0.28
塑料	4.14	0.50	1.57			0.69
织物	0.99	0.12	0.56	0.08		0.05
橡胶	0.39	0.05		0.01		0.05
皮革制品	0.24	0.03	0.05	0.04		0.04
庭院垃圾	3.11	0.39	2.47	0.22	0.02	0.29
木	0.79	0.10	0.68			0.02
小计	27.39	3.62	22.97	0.54	0.1	3.48
合计	58.1					
质量分数	0.471	0.0623	0.395	0.0093	0.0017	0.0599
摩尔比	0.0393	0.0623	0.0247	0.00066	0.000053	
以最小的 S 为 1 计算	741.4	1175.4	466	12.4	1	
合计	58.1					

答：(1) 求各组分质量分数

将各类垃圾成分中的相同元素质量相加，得到各元素质量及总质量，所有组分质量为 58.1kg，(1 分) 则各组分质量分数为：

C 质量分数 = $27.39/58.1 = 0.471 \text{kg/kg}$ (1 分)

H 质量分数 = $3.62/58.1 = 0.0623$ (1 分)

O 质量分数 = $22.97/58.1 = 0.395$ (1 分)

N 质量分数 = $0.54/58.1 = 0.0093$ (1 分)

S 质量分数 = $0.1/58.1 = 0.0017$ (1 分)

灰分质量分数 = $3.48/58.1 = 0.0599$

(2) 求各组分摩尔百分数

将各组分质量分数除以各自原子量得到各组分摩尔分数比，结果如下：C 摩尔分数比 = $0.0471/12 = 0.0393$

H 摩尔分数比 = $0.0623/1 = 0.0623$

O 摩尔分数比 = $0.395/16 = 0.0247$

N 摩尔分数比 = $0.0093/14 = 0.00066$

S 摩尔分数比 = $0.0017/32 = 0.000053$

设最小的 S 摩尔分数比为 1，则其他元素为：

C 摩尔分数比 = $0.0393/0.000053 = 615.4$ (1 分)

H 摩尔分数比 = $0.0623/0.000053 = 1175.4$ (1 分)

O 摩尔分数比 = $0.0247/0.000053 = 466$ (1 分)

N 摩尔分数比 = $0.00066/0.000053 = 12.4$ (1 分)

S 摩尔分数比 = $0.000053/0.000053 = 1$ (1 分)

(3) 确定分子式

所以垃圾中有机组分的化学表达式为 $\text{C}_{615.4}\text{H}_{1175.4}\text{O}_{466}\text{N}_{12.4}\text{S}$ (2 分)

3.4. 在垃圾收集工人和官员之间发生了一场纠纷，争执的中心是关于收集工人非工作时间的的问题。收集工人说他每天的非工作时间不会超过 8h 工作日的 15%，而官员则认为收集工人每天的非工作时间肯定超过了 8h 工作日的 15%。请你作为仲裁者对这一纠纷做出公正的评判，下列数据供你评判时参考：收运系统为拖拽收运系统；从车库

到第一个收集点以及从最后一个收集点返回车库的平均时间为 20min 和 15min，行驶过程中不考虑非工作因素；每个容器的平均装载

时间为 6min；在容器之间的平均行驶时间为 6min；在处置场卸垃圾的平均时间为 6min；收集点到处置场的平均往返时间为 16km，速度常数 a 和 b 分别为 0.004h 和 0.0125h/km；放置空容器的时间为 6min；每天清运的容器数量为 10 个。（6 分）

解：拖拽系统每次的时间为

$$T_{hcs} = (P_{hcs} + S + h) / (1 - \omega) = (t_{pc} + t_{uc} + t_{dbc} + S + a + bx) / (1 - \omega) \quad (1 \text{分})$$

$$= (0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.004 + 0.0125 \times 16) / (1 - \omega) = 0.604 / (1 - \omega) \quad (\text{h/次}) \quad (1 \text{分})$$

每天清运的容器数量是 10 个，则每天往返次数为 10 次，

$$N_d = H / T_{hcs}$$

由于还得扣除从车库到第一个收集点以及从最后一个收集点返回车库的平均时间为 20min 和 15min，

$$\text{因此：} N_d = [H - (t_1 + t_2)] / T_{hcs}$$

$$N_d \times T_{hcs} = H - (t_1 + t_2), \text{ 则：} \quad (1 \text{分})$$

$$10 \times 0.604 / (1 - \omega) = 8 - 0.33 - 0.25$$

$$\omega = 18.60\% > 15\% \quad (1 \text{分})$$

所以官员是正确的。（1 分）

3.5.一较大居民区，每周产生的垃圾总量大约为 460m³，每栋房子设置两个垃圾收集容器，每个容器的容积为 154L。每周人工收运垃圾车收集一次垃圾，垃圾车的容量为 27 m³，配备工人两名。试确定垃圾车每个往返的行驶时间以及需要的工作量。处置场距离居民区 24km；速度常数 a 和 b 分别为 0.022h 和 0.01375h/km；容器利用效率为 0.7；垃圾车压缩系数为 2；每天工作时间按 8h 考虑。（10 分）

补充已知条件：t_p = 1.92 分·人/点；卸车时间为 6 分钟，非生产时间占 ω = 15%，垃圾收集频率为 1 次/周。

答：（1）每次能收集的废物收集点数量

$$N_p = V \rho / (c_f n) = 27 \times 2 / (0.154 \times 0.7 \times 2) = 250.5 (\text{个}) \quad (2 \text{分})$$

取整数 $N_p = 250$ 个

(2) 求集装时间 P_{scs}

$$N_p = 60 \cdot P_{scs} \cdot n / t_p ; (1 \text{ 分})$$

$$\text{所以 } P_{scs} = N_p \cdot t_p / (60 \cdot n) = 250 \cdot 1.92 / (60 \cdot 2) = 4 \text{ (h/次)} (1 \text{ 分})$$

(3) 每周需要进行的行程数 N_W

$$T_p = 460 / (0.154 \cdot 2) = 1494 \text{ 个} (1 \text{ 分})$$

$N_W = T_p F / N_p = (1494 \times 1 / 250) \text{ 次/周} = 5.97 \text{ 次/周}$ ，取整数为 6 次/周 (1 分)

(4) 每周需要的工作时间 D_w

$$\text{垃圾车每个往返的行驶时间为 } h$$

$$h = a + bx = 0.022 + 0.01375 \cdot (24 \cdot 2) = 0.682 \text{ (h)} (1 \text{ 分})$$

$$D_w = n \cdot [N_W P_{scs} + t_w (S + a + bx)] / [(1 - \omega) H] (1 \text{ 分})$$

$$D_w = n \cdot [N_W P_{scs} + t_w (S + h)] / [(1 - \omega) H]$$

$$= \{2 \cdot [5.97 \times 4 + 6 \times (0.10 + 0.682)]\} / [(1 - 0.15) \times 8] = 8.4 \text{ d/周} (1 \text{ 分})$$

每人每周工作日：

$$D_w / n = (8.4 / 2) \text{ d} / (\text{周} \cdot \text{人}) = 4.2 \text{ d} / (\text{周} \cdot \text{人}) (1 \text{ 分})$$

3.7. 某城市近郊共有三座垃圾处置场，城区建有四座转运站负责转运全市收集的生活垃圾，转运站至处置场垃圾单位运价和垃圾量如下表所示，不计处置场的处置费用，请计算怎样调运各个转运站的垃圾量才能使其总运输费用最低。

项目		D _i (处置场)			W _i / (t/d)
		D1	D2	D3	
T _i (转运站)	T1	8.3	3.3	7.8	400
	T2	10.8	10.8	6.8	300
	T3	10.8	3.8	4.8	200
	T4	5.8	8.8	9.8	200
B _i / (t/d)		500	600	600	

备注：表中数字为从各转运站到各处置场的垃圾单位运价 (元/t) (10 分)

解：设 X_{ij} 为从转运站 T_i 运到处置场 D_j 的废物量 (1 分)

(1) 约束条件

据每一转运站运往各个处置场的转运量与每一转运站的转运量关系有：

$$X_{11}+X_{12}+X_{13} = 400 \text{ (1分)}$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23} = 300 \text{ (1分)}$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33} = 200 \text{ (1分)}$$

$$X_{41}+X_{42}+X_{43} = 200 \text{ (1分)}$$

据每一处置场接受来自各个转运站的垃圾转运量与每一处置场的处置量关系有：

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41} \leq 500 \text{ (1分)}$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42} \leq 600 \text{ (1分)}$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+X_{43} \leq 600 \text{ (1分)}$$

(2)目标函数

使总费用最小，即：

$$\begin{aligned} f(X) &= X_{11} \cdot C_{11} + X_{12} \cdot C_{12} + X_{13} \cdot C_{13} + \\ & X_{21} \cdot C_{21} + X_{22} \cdot C_{22} + X_{23} \cdot C_{23} + \\ & X_{31} \cdot C_{31} + X_{32} \cdot C_{32} + X_{33} \cdot C_{33} + \\ & X_{41} \cdot C_{41} + X_{42} \cdot C_{42} + X_{43} \cdot C_{43} \text{ (1分)} \\ &= X_{11} \cdot 8.3 + X_{12} \cdot 3.3 + X_{13} \cdot 7.8 \\ & + X_{21} \cdot 10.8 + X_{22} \cdot 10.8 + X_{23} \cdot 6.8 + \\ & X_{31} \cdot 10.8 + X_{32} \cdot 3.8 + X_{33} \cdot 4.8 + X_{41} \cdot 5.8 + X_{42} \cdot 8.8 + X_{43} \cdot 9.8 \text{ (1分)} \end{aligned}$$

(可用单纯形法来求解)

自己编制程序来求解。

4.2 某城市采用 5 m³ 的垃圾车收集和运送生活垃圾，为了解该系统的收运效率，按国家标准的采样方法进行采样并分析，结果表明，垃圾含水率 36%，装满垃圾后总量 2.1t（不含车重），垃圾颗粒体积为 3.5 m³。请计算垃圾的干密度和湿密度，车载垃圾的空隙比和空隙率。（4分）

解：已知 $V_m = 5 \text{ m}^3$, $W_w/W_m = 36\%$, $W_m = 2.1 \text{ t}$, $V_s = 3.5 \text{ m}^3$
设垃圾的干密度为 ρ_d ，湿密度为 ρ_w ，车载垃圾的空隙比为 e ，

空隙率为 ε , 则 : $\rho_d = W_s/V_m = 2.1 \times (1-36\%) / 5 = 0.2688(t/m^3)$
(1 分)

$$\rho_w = W_w/V_m = 2.1/5 = 0.42(t/m^3) \quad (1 分)$$

$$e = V_v/V_s = (5-3.5)/3.5 = 0.43 \quad (1 分)$$

$$\varepsilon = V_v/V_m = (5-3.5)/5 = 0.3 \quad (1 分)$$

4.3 废物压实后体积减少百分比 (R) 可用下式表示 : $R(\%) = (V_m - V_f) / V_m \times 100$ 。

请分析 R 和 n、r 之间的关系。并计算 , 当 R 分别为 85%、90%、95% 时的 n 值。 (5 分)

$$\text{解 : 已知 } R(\%) = (V_m - V_f) / V_m \times 100 \quad r = V_f / V_m \quad n = V_m / V_f$$

$$\text{所以 } r \times n = 1 \quad V_f = V_m \times r$$

$$\text{所以 } R(\%) = (V_m - V_m \times r) / V_m \times 100 = V_m(1-r) / V_m = 1-r \quad (1 分)$$

$$= 1 - 1/n \quad (1 分)$$

$$\text{所以 } n = 1/(1-R)$$

把 R=85%、90%、95% 代入得 :

$$R=85\% \text{ 时 , } n = 1/(1-0.85) = 6.67 \quad (1 分)$$

$$R=90\% \text{ 时 , } n = 1/(1-0.9) = 10 \quad (1 分)$$

$$R=95\% \text{ 时 , } n = 1/(1-0.95) = 20 \quad (1 分)$$

4.5 一台废物处理能力为 100t/h 的设备 , 经测试当其把平均尺寸为 8in 的废物破碎至 2in 时需动力 30kW.h/t , 请以此计算当用该设备把废物从平均 10in 破碎至 2in 时所需要的动力大小。 (3 分)

$$\text{解 : 已知 } D_1 = 8in, d_1 = 2in, E_1 = 30kW.h/t, D_2 = 10in, d_2 = 2in$$

$$\text{因为 } E = c \times \ln(D/d) \text{ 所以 } E_1 = c \times \ln(D_1/d_1) \text{ 代入求得 } c = 15 \text{ kW} \cdot \text{h/t} \quad (1 分)$$
$$\text{所以 } E_2 = c \times \ln(D_2/d_2) = 15 \times \ln(10/2) = 24.14 \quad (\text{ kW} \cdot \text{h/t}) \quad (2 分)$$

4.8 一分选设备处理废物能力 80t/h , 当处理玻璃含量为 8% 的废物时筛下物重 8t/h , 其中玻璃 6t/h , 请分别计算玻璃的回收率、纯度和综合效率。 (5 分) 解 : 混合废料中玻璃质量 : $x = 80t/h \times 8\% = 6.4t/h$; 其它 $y = 80t/h - x = 73.6t/h$ (1 分)

被筛分出的玻璃产率 $x_1=6t/h$; 其它 $y_1=8-x_1=2t/h$ (1 分)

所以玻璃回收率 $R_{x_1} = x_1/x=6/6.4=93.75\%$ (1 分)

玻璃纯度 $P_{x_1} = x_1/(x_1+y_1)=6/8=75\%$ (1 分)

玻璃的综合效率 $E = \text{绝对值} (x_1/x - y_1/y) \times 100\%$

$= (6/6.4 - 2/73.6) \times 100\% = 91.03\%$ (1 分)

4.9 一般情况下, 由于筛孔磨损而有部分大于筛孔尺寸的粗颗粒进入筛下产品, 因此, 筛下产品不是 $100\% Q_1$, 而是 $Q_1\gamma$, 试推导此时式 (4-13) 的筛分效率计算公式将变为 $\eta = \gamma (\alpha - \beta) / \alpha (\gamma - \beta) \%$ (6 分)

解: 设当筛孔不磨损即筛下产品是 $100\%Q_1$ 时, 筛分效率为:

$\eta = Q_1 / (Q \alpha) \times 100\%$ ① (1 分)

η 为筛分效率, %;

Q_1 筛下物质量;

Q 为入筛原料重量;

α 为原料中小于筛孔尺寸的颗粒重量的百分比, %。

设固体废物入筛质量 Q 等于筛上产品质量 Q_2 和筛下产品质量 Q_1 之和: $Q = Q_1 + Q_2$ ② (1 分)

固体废物中小于筛孔尺寸的细粒质量等于筛上产品与筛下产品中小于筛孔尺寸的细粒质量之和:

$Q\alpha = 100Q_1 + Q_2\beta$ ③ (1 分)

β 为筛上产品中所含有小于筛孔尺寸的细粒质量百分数, %。

将③代人②得: $Q_1 = (\alpha - \beta) Q / (100 - \beta)$ ④ (1 分)

将④代人①得: $\eta = 100 (\alpha - \beta) / \alpha (100 - \beta) \%$ ⑤ (1 分) 因为实际生产中由于筛网磨损而常有部分大于筛孔尺寸的粗粒进入筛下产品, 此时, 筛下产品不是 $100Q_1$, 而是 $Q_1\gamma$, 则将⑤式中 100 改为 γ , 即此时筛分效率计算公式为:

$\eta = \gamma (\alpha - \beta) / \alpha (\gamma - \beta) \%$ (1 分)

6.4 常用的是 Freundlich 等温线, 其经验模型为: $X/M = K(C_f)^{1/n}$ [其中, X 为被吸附的污染物质量, mg, $X = (C_i - C_f) \times V$; V 为溶液的体积, L; M 为活性炭的质量, mg; C_i 为污染物在溶液中的初

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/647015013041010015>