为预测合理的垃圾收费标准，本文使用了在经济学上公共事业定价中较为常用的一种方法，即二部定价法。它的原理是在公共事业的收费中包含一部分的固定费用，即这一部分费用是固定的，不随着垃圾处理量的变化而变化，如设备的折旧和垃圾厂的投资等。收费中还包含一部分的浮动费用，即这一部分费用取决于垃圾处理量，垃圾处理量越大其费用也越高，在垃圾处理量为零的时候其费用也为零，如人员的工资和必要的损耗等。浮动费用也被称之为从量费用，即服从数量。根据固定费用和浮动费用的比例关系，有不同的公式来计算这一点。本文从实际情况出发，分别计算固定费用和浮动费用。

这种定价方法的优点是因为考虑到了垃圾因数量递增而产生的额外费用，即经济学上的边际成本，可以较好的应用于这种公共事业的定价。同时考虑到了企业为创造收支平衡和社会福利的兼顾，具有良好的操作性。但这种方法存在着局限性，即对于使用这种公共服务较少的人具有巨大的劣势，因为它们实际付出的费用多于他们应该付出的费用，将自己的开支补贴他人产生的成本，带来一部分社会福利的损失。但这样的问题是可以避免的。

1.二部定价法的合理性

在本文选用模型以减少垃圾排放量时，主要考虑到了以下两点，一是将居民垃圾产生的多少与其花费的费用联系，另外还要考虑到垃圾处理的成本。而二部定价法可以良好的调和这两个目标，将其分为固定成本和浮动成本。固定成本主要是垃圾厂开始建设的时候一次性投入的成本，而浮动成本是每处理单位质量的垃圾额外产生的成本，根据垃圾产生量来计算。诚然，二部定价法可能会造成使用量少的人为使用量多的人付费这样一种情况。但是对于垃圾这种公共服务来说这种问题会变得很为少见，因为公共服务属于社会必需品而非奢侈品，它的弹性在各种商品中很小。在社会的各个个体中，垃圾产生量不会有巨大的差异，不会因为收入状况和社会地位而发生巨大的不同。除非是垃圾产生量极少的极少数用户，几乎全部用户都会超出固定费用的范围而达到浮动费用的计算范围。若确实出现了这样一部分人，在后期制定政策时可以考虑对这极少的一部分人进行适当的倾斜和照顾。

2.模型建立

垃圾处理成本是多方面的，既包括垃圾处理本身的成本，也包括政府和社会对于管理垃圾产生的成本，还包括垃圾运输的成本，甚至还有监督垃圾执行的成本等等。为了应用二部定价法对垃圾处理进行定价，本文明确这两部分的成本，固定成本主要指垃圾处理不随垃圾量变化而产生的成本，而浮动成本包括垃圾处理企业运营的各种费用。

根据二部定价法的原理，本文提出如下公式：

其中为生活垃圾处理费中的固定费用，为生活垃圾处理费中的浮动费用。当垃圾产生量小于或等于最优产生量时，垃圾收费则只为固定费用，即

那么固定费用的计算公式如下所示：

4.2 式中为生活垃圾处理场的总固定成本。而当垃圾产生量大于最优产生量时，则对超出最优产生总量的部分，即，单独征费。

其中为总运营费用， 为行业内企业的平均利润率。则得到垃圾的变动费用为：

得到基础的模型以后，本文需要将各个居民产生的垃圾量与基础垃圾量作比较，可得到居民应收的垃圾费用为以下分段函数：

其中每个居民排放的垃圾量为，每个居民排放垃圾的最优量， 为居民应缴纳的垃圾费用。

3.数据的获取

根据国家统计局官方网站数据，可以查询到如下数据，其中第一行为生活垃圾清运量(万吨)，第二行为生活垃圾无害化处理量(万吨)，第三行为生活垃圾无害化处理率(%)，第四行为全市常住人口(万人)。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 872.6 | 790.3 | 733.8 | 671.7 | 648.3 | 634.4 | 633 |
| 871.2 | 622.4 | 730.8 | 667 | 633.1 | 623.2 | 613.7 |
| 99.8 | 78.8 | 99.6 | 99.3 | 99.1 | 98.2 | 97 |
| 2173 | 2171 | 2152 | 2115 | 2069 | 2019 | 1962 |
|  |  |  |  |  |  |
| 2009年 | 2008年 | 2007年 | 2006年 | 2005年 | 2004年 |
| 656.1 | 656.6 | 600.9 | 538.2 | 454.6 | 491 |
| 644.4 | 641.6 | 575.3 | 497.7 | 436.2 | 392.8 |
| 98.2 | 97.7 | 95.7 | 92.5 | 96 | 80 |
| 1860 | 1771 | 1676 | 1601 | 1538 | 1493 |

为确定生活垃圾处理场的总固定成本的值，本文上网查阅了一些数据。由于北京市提出“到“十三五”末，北京的生活垃圾处理能力将达到3.0万吨/日，资源化处理比例会进一步提高，基本实现原生生活垃圾零填埋”，同时北京市以往三个较大的垃圾填埋场：阿苏卫，高安屯，六里屯填埋场已于过去的两年内封场关停停止填埋，因此本文认为目前垃圾填埋的部分可以忽略不计。

对垃圾处理方式比例的测算如下：根据本文初赛测算的数据，北京市约有8%的垃圾进行堆肥处理。而北京市的垃圾堆肥厂仅有南宫堆肥厂一个，其日处理能力为2000吨。可得其年处理能力约为66万吨。而本市近两年堆肥处理垃圾方式按比例测算分别为69.81万吨和63.22万吨，良好的匹配了以上的数据。因此本文采用92%的垃圾焚烧处理，8%的垃圾堆肥处理进行计算

对焚烧厂的固定成本测算如下：以北京门头沟的鲁家山垃圾焚烧厂为例，其投资约20亿元，建成后日处理垃圾3000吨，年处理生活垃圾100万吨。垃圾量因时间增加垃圾量会增加，而在实施这个方案以后增加速度会减慢，因此本文以2016年的垃圾产生量作为数据进行全市焚烧厂固定费用测算。按照垃圾场20年设备即需更新换代一次来计算，焚烧厂的

每年的垃圾量为：

固定费用为：

对堆肥厂的固定成本测算如下：估算南宫堆肥厂的建设成本约为3.6亿元，使用年限20年，因此其固定费用约为

因此总费用约为

对于利润率的值，本文经过查阅资料得到其利润率约为10%。

对于垃圾最优数量的测算发现，在2005年北京市的垃圾清运量出现拐点，即2005年垃圾清运量最少。因此本文将2005年数据作为的值，即454.6万吨。利用公式

其中表示当年人口，根据统计局数据取得2005年值为1538万人，得到的值为285.6千克每人。

为确定的值，本文利用初赛时获得的数据，在包括运输，收集和处理的成本后，堆肥成本76.72元每吨，焚烧成本32.44元每吨。取近七年数据求得代数平均得到约为712.0万吨每年，则

4.数值的计算

计算可得：

本文计算可得，当每年每人垃圾排放量不超过最优垃圾最优数量千克时，只需缴纳

的固定费用，约为0.18元每千克。当超出时则超出部分需要缴纳0.29元每千克的浮动费用。在实际操作中，如果真的出现了垃圾产生量极少的人，可根据具体情况，给予的这部分人群一定的补贴，如进行减免和优惠等。公式如下：

5.居民效果检验

根据北京市统计年鉴发布的数据，可以得到每人垃圾的产生量平均为。检验近年的数据发现每人每年平均垃圾清运量如下，单位为千克：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 401.56 | 364.03 | 340.99 | 317.59 | 313.34 | 314.22 | 322.63 |
| 2009年 | 2008年 | 2007年 | 2006年 | 2005年 | 2004年 |  |
| 352.74 | 370.75 | 358.53 | 336.16 | 295.58 | 328.87 |

每人每年应缴费用如下：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 85.14 | 74.26 | 67.58 | 60.79 | 59.56 | 59.81 | 62.25 |
| 2009年 | 2008年 | 2007年 | 2006年 | 2005年 | 2004年 |  |
| 70.99 | 76.21 | 72.66 | 66.18 | 54.41 | 64.06 |  |

若按照一户四口人计算，每人每年现今应缴费用约为40元。按照本文测算的标准垃圾费用已经被大幅度的提高了。然而，费用的增加可以提高居民对于垃圾减排的行为仪式，居民会有动机来减少自身的垃圾产生量，这样可以增加垃圾的减量效果。同时，对于现有的环卫设施来说，由于垃圾总量在不断的减小，因此其负荷也在减小。在处理的时候难度可以被降低，同时可以节省处理垃圾的成本。对于居民而言他们会在扔垃圾的时候有所顾忌，考虑自己的收入和扔垃圾的必要性。他们会因为价格的增加而减少排放量，来使自己获取相对大的回报。同时可以提高居民对于垃圾减排的意识，他们会在考虑以后减少自己的花费而增加自己的效益。在本文设计的这种体系下，他们能做的仅有的方式就是减少垃圾排量。生产的垃圾量越少那么缴纳的费用越少。这也可以减少他们扔垃圾的行为。甚至他们会在选购商品时就会考虑其垃圾包装的多少。他们可能会倾向于选择包装减省的商品以减少自己的垃圾排量。通过这种方式，生产产品的公司观察到了这样的市场变化可能也会践行减少包装的行动，从而形成全社会一同减少垃圾排量的目标。

6．垃圾减排效果预测

在预测垃圾减排效果时，本文首先需要预测目前状况下的垃圾排量。本文采用根据经济发展和人口数据进行回归来得到函数，进而预测未来的垃圾排放量。已有的数据如下表所示：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 25669.13 | 23014.59 | 21330.83 | 19800.81 | 17879.4 | 16251.93 | 14113.58 |
| 11005.1 | 10338 | 9638 | 8872.1 | 8123.5 | 7222.2 | 6340.3 |
| 14678 | 15122 | 15104 | 14234 | 14346 | 13701 | 13804 |
| 2009年 | 2008年 | 2007年 | 2006年 | 2005年 | 2004年 |  |
| 12153.03 | 11115 | 9846.81 | 8117.78 | 6969.52 | 6033.21 |  |
| 5309.9 | 4645.5 | 3835.2 | 3295.3 | 2911.7 | 2191.8 |  |
| 12835 | 12850 | 11741 | 9936 | 11248 | 11002 |  |

第一行为常住人口（万人），第二行为地区生产总值（亿元），第三行为社会消费品零售总额（亿元），第四行为道路清扫保洁面积（万平方米）

依据北京市总体规划，北京市近年的GDP涨幅约为6.5%，CPI涨幅约为3%，常住人口涨幅依据积分落户政策每年不超过2万人。因此本文得到以下五年的预估数据：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 |
| 2173 | 2175 | 2177 | 2179 | 2181 | 2183 |
| 27337.62345 | 29114.56897 | 31007.02 | 33022.47 | 35168.93 | 37454.91 |
| 11335.253 | 11675.31059 | 12025.57 | 12386.34 | 12757.93 | 13140.66 |
| 14946 | 14839 | 15119 | 14696 | 14756 | 15089 |

利用Matlab回归命令，可以得到以下的参数：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 回归 | 点估计参数 | 区间估计参数 |  | 统计量 |  |
| 常数 | -279.26 | -1130.70 | 572.18 | 0.93 | 相关系数r2 |
| 人口 | 0.36 | -0.30 | 1.03 | 25.95 | F值 |
| GDP | 0.10 | 0.03 | 0.17 | 0.00 | 概率p |
| CPI | -0.22 | -0.40 | -0.04 | 1389.43 | Hostelling统计量 |
| 道路面积 | 0.01 | -0.04 | 0.06 |  |  |
|  | 点估计残差 | 区间估计残差 |  |  |  |
|  | -1.25 | -46.47 | 43.98 |  |  |
|  | 38.36 | -29.54 | 106.27 |  |  |
|  | 7.56 | -73.20 | 88.33 |  |  |
|  | -43.71 | -118.83 | 31.40 |  |  |
|  | -19.27 | -101.46 | 62.92 |  |  |
|  | -39.91 | -114.73 | 34.90 |  |  |
|  | 3.48 | -77.17 | 84.13 |  |  |
|  | 47.87 | -24.50 | 120.24 |  |  |
|  | 40.47 | -30.07 | 111.02 |  |  |
|  | -17.64 | -89.94 | 54.67 |  |  |
|  | 24.61 | -3.43 | 52.65 |  |  |
|  | -16.57 | -74.92 | 41.78 |  |  |
|  | -24.01 | -93.58 | 45.56 |  |  |

观察相关系数r2和F值发现其均较大，说明利用线性回归对于这个问题应用得良好。由于区间估计参数范围过大，因此本文采用点估计的方式进行下面的运算。设y为垃圾年产生量，x1为人口，x2为GDP，x3为CPI，x4为道路面积，为常数，，，，为各项系数，则点估计式可表示为：

将2017-2022年数据代入上式，可以用该方程来预测未来垃圾的产生量。本文得到以下数据垃圾产量：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 |
| 975.5085712 | 1082.913791 | 1204.046 | 1328.098 | 1468.351 | 1623.391 |

接下来，本文进行需要的费用计算。继续计算每人垃圾的产生量平均可以得到以下数据，其中第一行是每人垃圾排量单位为千克每人，第二行为每人每月垃圾费用，单位元每人。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 |
| 448.9224902 | 497.891398 | 553.0759 | 609.4989 | 673.2465 | 743.6512 |
| 98.87752216 | 113.0785054 | 129.082 | 145.4447 | 163.9315 | 184.3489 |

由于实施这种二部收费的目标是能够通过增加收费的价格来改变居民的意识，促进居民提升垃圾减量的熟悉程度和践行。居民会通过这种制度的施行，来生活中刻意的去减少个人排放垃圾多少的行为。本文在查阅文献时了解到Jenkins R. R.在其论文Municipal demand for solid-waste-disposal services: The impact of user fees得到了以下结论：垃圾排放量需求的价格弹性为-0.12。这个数据的意思是在生活垃圾收费标准每变化1%时城市的生活垃圾产量则会相应的变动0.12%，且生活垃圾收费高低与生活垃圾产量变动方向相反，也就是生活垃圾收费越高垃圾产量越低。Wertz K L.在其论文Economic factors influencing households' production of refuse中也得出了一项类似的数据，而他采用的值为-0.15。本文通过采用这两种方式以预测北京市未来几年的生活垃圾的减量化效果。依据以上数据，可以得到以下公式：

其中表示削减的垃圾排量，表示原始的费用，在此时为40元。依据以上公式，可以得到各年削减的垃圾排量，其中第一行为第一种方式测算出的数据，第二行为第二种方式测算出的数据，单位都是万吨。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 |  |
| 172.31 | 237.41 | 321.78 | 420.12 | 545.92 | 703.00 |  |
| 215.38 | 296.77 | 402.22 | 525.15 | 682.41 | 878.75 |  |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 118.17 | 81.23 | 60.71 | 41.89 | 38.04 | 37.70 | 42.25 |
| 147.71 | 101.53 | 75.89 | 52.37 | 47.55 | 47.13 | 52.82 |
| 2009年 | 2008年 | 2007年 | 2006年 | 2005年 | 2004年 |  |
| 61.00 | 71.33 | 58.88 | 42.27 | 19.65 | 35.44 |  |
| 76.25 | 89.16 | 73.60 | 52.84 | 24.57 | 44.30 |  |

依据以上数据，可以发现在若已经实行过去的年份，每年均可减排50万吨左右，尤其是在未来几年这个减排的数字会急剧扩大，甚至可以达到每年大约削减一半垃圾排放量的目的。这对未来的环境保护是大有裨益的。这可以大幅提升北京市的环境，提升北京市以人为本的国际一流的和谐宜居城市的建成，更可以改善城市环境，使得市民生活在一个山明水净的优良环境中生活。

Jenkins R R. Municipal demand for solid-waste-disposal services: The impact of user fees [J].

Wertz K L. Economic factors influencing households' production of refuse [J]. Journal of Environmental Economics & Management, 1976, 2(4): 263-272.