**Supplemental Material**

 **Contamination characteristics of PM2.5, mass concentration and source analysis of metal elements in PM2.5 in Lanzhou, China**

Yingquan Li1,2, Baowei Zhao1,\*, Kaixiang Duan1, Juexian Cai1,2,3, Wujiang Niu4 and Xiao Dong2,3

1 School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; yingquanli@mail.lzjtu.cn (Y.L.); 022412125@hncj.edu.cn (K.D.); caijuexian@sina.com (J.C.);

2 Gansu Dust Suppression for Transportation and Storage Engineering Research Center, Lanzhou 730070, China; xiaodong\_lztj@sina.com (X.D.);

3 Lanzhou Tianji Environmental Protection Limited Company, Lanzhou 730070, China (X.D.);

4 Environmental Monitoring Center Station in Gansu Province, Lanzhou 730020, China; wujiangniu1958@sina.com (W.N.)

\*Correspondence: zhbw2001@sina.com, Tel.: +86-931-4955760

January 28, 2021

**List of Contents:**

**Figure S1.** The instrument details and schematic diagram of PM2.5 sampler in this study, the particle was detected by β-ray attenuation principle. (Page 2)

**Table S1.** The setting parameters of instrument. (Page 3)

**Table S2.** Quality control in metal determination process. (Page 3)

**Table S3.** The concentration of atmospheric PM2.5 in Lanzhou (mg·m-3). This is the original data of Figure 2 in the manuscript. (LZU, Lanzhou University; BPI, Biological Products Institute; RDI, Railway Design Institute; SWH, Staff and Works Hospital; LYH, Lanyuan Hotel). (Page 3)

**Table S4.** The concentration of bound heavy metals in atmospheric PM2.5 in Lanzhou (μg·m-3). This is the original data of Figure 5 and Figure 6 in the manuscript. (Page 7)

 

**Figure S1.** The instrument details and schematic diagram of PM2.5 sampler in this study, the particle was detected by β-ray attenuation principle.

**Table S1.** The setting parameters of instrument.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ICP-MS | Atomized gas | Cooling gas  | Auxiliary gas  | Extraction voltage | RF power | Sampling depth |
|  | 0.86L/min | 13.0L/min | 0.80L/min | -134.0 V | 1216 W | 150 steps |
| AFS | Carrier gas  | Shielding gas  | Negative high voltage | Current-carrying | Lamp current (As) | Lamp current (Hg) |
|  | 400ml/min | 800ml/min | 270 | 5% HCl | 60mA | 30mA |

**Table S2.** Quality control in metal determination process.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Heavy metal | Regression equation | R | Detection limit (μg/L) | Measurement value |
| Blank (μg/L) | Sample(μg/L) | Recovery rate（%） |
| V | y=15592x+7843 | 0.9999 | 0.0002 | 32.05±2.20 | 43.30±2.71 | 123.0±1.41 |
| Mn | y=29106x+10316 | 0.9999 | 0.0001 | 42.80±3.25 | 66.20±5.71 | 92.10±4.67 |
| Co | y=21445x+534 | 0.9999 | 0.0002 | 1.980±0.24 | 3.000±0.01 | 100.5±0.71 |
| Sb | y=11504x+256 | 0.9999 | 0.0004 | 3.005±0.01 | 3.810±0.13 | 97.50±3.53 |
| Fe | y=14811x+1104735 | 0.9994 | 0.0580 | 2561±45.25 | 2495±275.8 | 99.45±1.20 |
| Cu | y=5377x+3674 | 0.9999 | 0.0005 | 42.60±5.23 | 47.55±2.05 | 95.20±2.26 |
| Cd | y=5026x+201 | 0.9994 | 0.0005 | 1.170±0.01 | 3.750±0.07 | 101.5±0.71 |
| Pb | y=72353x+34120 | 0.9991 | 0.0008 | 11.95±0.21 | 49.75±0.21 | 114.5±2.12 |
| Hg | y=568.013x-6.0304 | 0.9998 | 0.0007 | 0.210±0.01 | 0.440±0.04 | 86.40±2.55 |
| As | y=246.817x+67.383 | 0.9998 | 0.0067 | 0.570±0.04 | 3.000±0.48 | 86.10±0.99 |

**Table S3.** The concentration of atmospheric PM2.5 in Lanzhou (mg·m-3). This is the original data of Figure 2 in the manuscript. (LZU, Lanzhou University; BPI, Biological Products Institute; RDI, Railway Design Institute; SWH, Staff and Works Hospital; LYH, Lanyuan Hotel)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | BPI | RDI | SWH |
|  | Spring | Summer | Autumn | Winter | Spring | Summer | Autumn | Winter | Spring | Summer | Autumn | Winter |
| 1 | 0.028  | 0.065  | 0.051  | 0.017  | 0.019  | 0.063  | 0.039  | 0.028  | 0.041  | 0.064  | 0.064  | 0.033  |
| 2 | 0.046  | 0.057  | 0.050  | 0.017  | 0.033  | 0.055  | 0.039  | 0.026  | 0.031  | 0.073  | 0.073  | 0.040  |
| 3 | 0.048  | 0.055  | 0.046  | 0.030  | 0.044  | 0.049  | 0.040  | 0.036  | 0.041  | 0.098  | 0.098  | 0.038  |
| 4 | 0.054  | 0.060  | 0.062  | 0.048  | 0.047  | 0.067  | 0.051  | 0.057  | 0.068  | 0.085  | 0.085  | 0.098  |
| 5 | 0.021  | 0.053  | 0.094  | 0.053  | 0.022  | 0.058  | 0.055  | 0.091  | 0.057  | 0.085  | 0.085  | 0.088  |
| 6 | 0.019  | 0.042  | 0.052  | 0.060  | 0.017  | 0.048  | 0.035  | 0.113  | 0.027  | 0.067  | 0.067  | 0.091  |
| 7 | 0.018  | 0.016  | 0.042  | 0.084  | 0.018  | 0.023  | 0.039  | 0.104  | 0.023  | 0.030  | 0.030  | 0.104  |
| 8 | 0.039  | 0.023  | 0.051  | 0.084  | 0.027  | 0.016  | 0.051  | 0.079  | 0.328  | 0.033  | 0.033  | 0.113  |
| 9 | 0.044  | 0.026  | 0.048  | 0.071  | 0.039  | 0.020  | 0.056  | 0.098  | 0.050  | 0.036  | 0.036  | 0.089  |
| 10 | 0.046  | 0.029  | 0.052  | 0.059  | 0.043  | 0.021  | 0.051  | 0.081  | 0.227  | 0.047  | 0.047  | 0.093  |
| 11 | 0.048  | 0.035  | 0.050  | 0.066  | 0.045  | 0.023  | 0.049  | 0.089  | 0.060  | 0.042  | 0.042  | 0.098  |
| 12 | 0.059  | 0.031  | 0.081  | 0.098  | 0.054  | 0.025  | 0.069  | 0.108  | 0.088  | 0.063  | 0.063  | 0.181  |
| 13 | 0.022  | 0.042  | 0.078  | 0.104  | 0.020  | 0.050  | 0.088  | 0.141  | 0.072  | 0.075  | 0.075  | 0.150  |
| 14 | 0.020  | 0.033  | 0.043  | 0.069  | 0.015  | 0.045  | 0.046  | 0.081  | 0.028  | 0.059  | 0.059  | 0.119  |
| 15 | 0.021  | 0.048  | 0.058  | 0.056  | 0.018  | 0.026  | 0.064  | 0.087  | 0.024  | 0.063  | 0.063  | 0.091  |
| 16 | 0.027  | 0.033  | 0.073  | 0.062  | 0.024  | 0.029  | 0.080  | 0.063  | 0.028  | 0.040  | 0.040  | 0.086  |
| 17 | 0.046  | 0.033  | 0.046  | 0.054  | 0.037  | 0.021  | 0.059  | 0.056  | 0.044  | 0.035  | 0.035  | 0.062  |
| 18 | 0.074  | 0.035  | 0.042  | 0.052  | 0.039  | 0.024  | 0.035  | 0.056  | 0.211  | 0.046  | 0.046  | 0.058  |
| 19 | 0.059  | 0.052  | 0.045  | 0.063  | 0.044  | 0.056  | 0.037  | 0.065  | 0.062  | 0.056  | 0.056  | 0.067  |
| 20 | 0.072  | 0.062  | 0.043  | 0.084  | 0.061  | 0.086  | 0.033  | 0.080  | 0.091  | 0.084  | 0.084  | 0.095  |
| 21 | 0.044  | 0.060  | 0.056  | 0.064  | 0.046  | 0.026  | 0.048  | 0.092  | 0.082  | 0.074  | 0.074  | 0.092  |
| 22 | 0.021  | 0.028  | 0.046  | 0.063  | 0.016  | 0.034  | 0.040  | 0.074  | 0.023  | 0.058  | 0.058  | 0.090  |
| 23 | 0.024  | 0.042  | 0.040  | 0.069  | 0.016  | 0.038  | 0.033  | 0.093  | 0.028  | 0.046  | 0.046  | 0.102  |
| 24 | 0.092  | 0.061  | 0.033  | 0.077  | 0.029  | 0.044  | 0.028  | 0.068  | 0.073  | 0.048  | 0.048  | 0.085  |
| 25 | 0.167  | 0.054  | 0.015  | 0.096  | 0.030  | 0.045  | 0.013  | 0.064  | 0.056  | 0.045  | 0.045  | 0.068  |
| 26 | 0.080  | 0.055  | 0.016  | 0.065  | 0.031  | 0.060  | 0.013  | 0.082  | 0.070  | 0.058  | 0.058  | 0.069  |
| 27 | 0.056  | 0.071  | 0.014  | 0.067  | 0.034  | 0.098  | 0.013  | 0.089  | 0.071  | 0.070  | 0.070  | 0.080  |
| 28 | 0.356  | 0.104  | 0.015  | 0.090  | 0.061  | 0.081  | 0.015  | 0.116  | 0.099  | 0.127  | 0.127  | 0.072  |
| 29 | 0.057  | 0.075  | 0.030  | 0.121  | 0.027  | 0.037  | 0.029  | 0.150  | 0.082  | 0.117  | 0.117  | 0.078  |
| 30 | 0.226  | 0.037  | 0.028  | 0.151  | 0.020  | 0.020  | 0.025  | 0.140  | 0.028  | 0.072  | 0.072  | 0.102  |
| 31 | 0.267  | 0.027  | 0.023  | 0.151  | 0.018  | 0.027  | 0.019  | 0.147  | 0.025  | 0.055  | 0.055  | 0.162  |
| 32 | 0.745  | 0.035  | 0.026  | 0.161  | 0.027  | 0.037  | 0.022  | 0.171  | 0.056  | 0.073  | 0.073  | 0.169  |
| 33 | 0.068  | 0.047  | 0.023  | 0.143  | 0.043  | 0.046  | 0.022  | 0.161  | 0.065  | 0.067  | 0.067  | 0.148  |
| 34 | 0.058  | 0.052  | 0.025  | 0.136  | 0.050  | 0.042  | 0.020  | 0.155  | 0.064  | 0.062  | 0.062  | 0.144  |
| 35 | 0.064  | 0.065  | 0.036  | 0.149  | 0.049  | 0.059  | 0.035  | 0.161  | 0.080  | 0.063  | 0.063  | 0.148  |
| 36 | 0.109  | 0.074  | 0.027  | 0.198  | 0.087  | 0.058  | 0.031  | 0.170  | 0.137  | 0.985  | 0.129  | 0.207  |
| 37 | 0.103  | 0.048  | 0.032  | 0.200  | 0.072  | 0.026  | 0.028  | 0.138  | 0.120  | 0.037  | 0.985  | 0.259  |
| 38 | 0.038  | 0.035  | 0.023  | 0.169  | 0.024  | 0.017  | 0.017  | 0.214  | 0.060  | 0.038  | 0.037  | 0.215  |
| 39 | 0.030  | 0.026  | 0.026  | 0.152  | 0.023  | 0.013  | 0.028  | 0.155  | 0.027  | 0.033  | 0.038  | 0.194  |
| 40 | 0.055  | 0.025  | 0.029  | 0.163  | 0.036  | 0.019  | 0.021  | 0.132  | 0.057  | 0.058  | 0.033  | 0.142  |
| 41 | 0.091  | 0.039  | 0.034  | 0.093  | 0.043  | 0.038  | 0.026  | 0.145  | 0.086  | 0.062  | 0.058  | 0.117  |
| 42 | 0.084  | 0.058  | 0.026  | 0.053  | 0.055  | 0.040  | 0.022  | 0.136  | 0.107  | 0.097  | 0.062  | 0.079  |
| 43 | 0.077  | 0.072  | 0.032  | 0.052  | 0.057  | 0.049  | 0.026  | 0.109  | 0.090  | 0.092  | 0.097  | 0.059  |
| 44 | 0.113  | 0.086  | 0.032  | 0.084  | 0.085  | 0.066  | 0.034  | 0.083  | 0.149  | 0.097  | 0.092  | 0.095  |
| 45 | 0.069  | 0.073  | 0.035  | 0.094  | 0.052  | 0.063  | 0.034  | 0.115  | 0.143  | 0.041  | 0.097  | 0.129  |
| 46 | 0.047  | 0.050  | 0.018  | 0.075  | 0.031  | 0.043  | 0.018  | 0.109  | 0.054  | 0.035  | 0.041  | 0.085  |
| 47 | 0.038  | 0.039  | 0.022  | 0.081  | 0.032  | 0.030  | 0.017  | 0.101  | 0.040  | 0.036  | 0.035  | 0.098  |
| 48 | 0.059  | 0.030  | 0.023  | 0.099  | 0.043  | 0.021  | 0.019  | 0.114  | 0.045  | 0.036  | 0.036  | 0.136  |
| 49 | 0.072  | 0.033  | 0.028  | 0.080  | 0.050  | 0.029  | 0.020  | 0.111  | 0.065  | 0.039  | 0.036  | 0.123  |
| 50 | 0.062  | 0.032  | 0.042  | 0.055  | 0.055  | 0.037  | 0.036  | 0.102  | 0.062  | 0.065  | 0.039  | 0.108  |
| 51 | 0.074  | 0.038  | 0.051  | 0.084  | 0.178  | 0.030  | 0.046  | 0.100  | 0.077  | 0.038  | 0.065  | 0.112  |
| 52 | 0.105  | 0.031  | 0.059  | 0.132  | 0.080  | 0.025  | 0.053  | 0.118  | 0.138  | 0.038  | 0.038  | 0.169  |
| 53 | 0.088  | 0.042  | 0.055  | 0.153  | 0.066  | 0.027  | 0.044  | 0.175  | 0.114  | 0.037  | 0.038  | 0.199  |
| 54 | 0.039  | 0.035  | 0.032  | 0.128  | 0.035  | 0.028  | 0.025  | 0.173  | 0.053  | 0.032  | 0.037  | 0.140  |
| 55 | 0.036  | 0.026  | 0.038  | 0.171  | 0.033  | 0.021  | 0.026  | 0.151  | 0.039  | 0.023  | 0.032  | 0.159  |
| 56 | 0.093  | 0.025  | 0.051  | 0.152  | 0.051  | 0.016  | 0.039  | 0.161  | 0.108  | 0.021  | 0.023  | 0.151  |
| 57 | 0.080  | 0.021  | 0.053  | 0.119  | 0.056  | 0.015  | 0.042  | 0.156  | 0.113  | 0.038  | 0.021  | 0.127  |
| 58 | 0.066  | 0.035  | 0.054  | 0.117  | 0.057  | 0.019  | 0.045  | 0.145  | 0.103  | 0.044  | 0.038  | 0.127  |
| 59 | 0.066  | 0.025  | 0.052  | 0.128  | 0.067  | 0.024  | 0.042  | 0.131  | 0.122  | 0.034  | 0.044  | 0.133  |
| 60 | 0.108  | 0.052  | 0.075  | 0.165  | 0.089  | 0.033  | 0.051  | 0.156  | 0.144  | 0.040  | 0.034  | 0.211  |
| 61 | 0.080  | 0.050  | 0.046  | 0.190  | 0.065  | 0.025  | 0.053  | 0.197  | 0.141  | 0.043  | 0.040  | 0.232  |
| 62 | 0.041  | 0.032  | 0.026  | 0.164  | 0.116  | 0.023  | 0.022  | 0.193  | 0.059  | 0.032  | 0.043  | 0.164  |
| 63 | 0.048  | 0.028  | 0.047  | 0.121  | 0.223  | 0.019  | 0.039  | 0.157  | 0.028  | 0.024  | 0.032  | 0.173  |
| 64 | 0.118  | 0.030  | 0.077  | 0.179  | 0.088  | 0.027  | 0.059  | 0.179  | 0.048  | 0.024  | 0.024  | 0.147  |
| 65 | 0.361  | 0.041  | 0.059  | 0.096  | 0.314  | 0.032  | 0.070  | 0.135  | 0.468  | 0.035  | 0.024  | 0.093  |
| 66 | 0.209  | 0.043  | 0.056  | 0.068  | 0.219  | 0.057  | 0.069  | 0.122  | 0.237  | 0.074  | 0.035  | 0.078  |
| 67 | 0.406  | 0.035  | 0.063  | 0.068  | 0.094  | 0.046  | 0.068  | 0.105  | 0.119  | 0.077  | 0.074  | 0.075  |
| 68 | 0.710  | 0.039  | 0.092  | 0.118  | 0.088  | 0.030  | 0.080  | 0.138  | 0.111  | 0.050  | 0.077  | 0.116  |
| 69 | 0.600  | 0.051  | 0.092  | 0.181  | 0.103  | 0.035  | 0.096  | 0.185  | 0.131  | 0.045  | 0.050  | 0.119  |
| 70 | 0.181  | 0.044  | 0.063  | 0.120  | 0.092  | 0.043  | 0.061  | 0.147  | 0.415  | 0.059  | 0.045  | 0.140  |
| 71 | 0.151  | 0.049  | 0.058  | 0.118  | 0.066  | 0.033  | 0.048  | 0.133  | 0.107  | 0.061  | 0.059  | 0.160  |
| 72 | 0.189  | 0.045  | 0.071  | 0.125  | 0.166  | 0.042  | 0.073  | 0.151  | 0.078  | 0.049  | 0.061  | 0.134  |
| 73 | 0.182  | 0.034  | 0.053  | 0.106  | 0.347  | 0.034  | 0.067  | 0.012  | 0.065  | 0.047  | 0.049  | 0.127  |
| 74 | 0.144  | 0.043  | 0.052  | 0.098  | 0.252  | 0.029  | 0.068  | 0.125  | 0.123  | 0.049  | 0.047  | 0.125  |
| 75 | 0.167  | 0.031  | 0.058  | 0.112  | 0.143  | 0.036  | 0.068  | 0.138  | 0.117  | 0.056  | 0.049  | 0.131  |
| 76 | 0.113  | 0.030  | 0.092  | 0.172  | 0.191  | 0.029  | 0.085  | 1.783  | 0.137  | 0.051  | 0.056  | 0.193  |
| 77 | 0.118  | 0.035  | 0.080  | 0.198  | 0.085  | 0.031  | 0.083  | 0.217  | 0.136  | 0.055  | 0.051  | 0.206  |
| 78 | 0.136  | 0.037  | 0.062  | 0.163  | 0.086  | 0.047  | 0.055  | 0.176  | 0.097  | 0.054  | 0.055  | 0.167  |
| 79 | 0.139  | 0.035  | 0.063  | 0.135  | 0.112  | 0.034  | 0.057  | 0.126  | 0.117  | 0.052  | 0.054  | 0.106  |
| 80 | 0.126  | 0.032  | 0.023  | 0.098  | 0.115  | 0.026  | 0.015  | 0.128  | 0.151  | 0.055  | 0.059  | 0.091  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | LYH | LZU |
| Spring | Summer | Autumn | Winter | Spring | Summer | Autumn | Winter |
| 1 | 0.028  | 0.012  | 0.045  | 0.025  | 0.034  | 0.039  | 0.026  | 0.030  |
| 2 | 0.019  | 0.027  | 0.037  | 0.027  | 0.046  | 0.063  | 0.027  | 0.042  |
| 3 | 0.036  | 0.029  | 0.046  | 0.037  | 0.050  | 0.052  | 0.031  | 0.027  |
| 4 | 0.111  | 0.035  | 0.057  | 0.050  | 0.041  | 0.023  | 0.039  | 0.047  |
| 5 | 0.106  | 0.041  | 0.060  | 0.103  | 0.015  | 0.020  | 0.058  | 0.035  |
| 6 | 0.025  | 0.038  | 0.042  | 0.141  | 0.017  | 0.012  | 0.041  | 0.040  |
| 7 | 0.024  | 0.012  | 0.039  | 0.100  | 0.020  | 0.009  | 0.033  | 0.045  |
| 8 | 0.025  | 0.014  | 0.041  | 0.097  | 0.017  | 0.016  | 0.043  | 0.046  |
| 9 | 0.042  | 0.012  | 0.050  | 0.098  | 0.041  | 0.012  | 0.021  | 0.046  |
| 10 | 0.039  | 0.023  | 0.056  | 0.097  | 0.042  | 0.005  | 0.018  | 0.047  |
| 11 | 0.067  | 0.021  | 0.064  | 0.085  | 0.041  | 0.003  | 0.030  | 0.058  |
| 12 | 0.088  | 0.024  | 0.088  | 0.111  | 0.037  | 0.006  | 0.042  | 0.052  |
| 13 | 0.094  | 0.032  | 0.134  | 0.237  | 0.010  | 0.020  | 0.032  | 0.056  |
| 14 | 0.031  | 0.024  | 0.070  | 0.111  | 0.014  | 0.014  | 0.020  | 0.073  |
| 15 | 0.023  | 0.041  | 0.068  | 0.098  | 0.013  | 0.046  | 0.025  | 0.078  |
| 16 | 0.022  | 0.027  | 0.106  | 0.077  | 0.019  | 0.024  | 0.028  | 0.104  |
| 17 | 0.034  | 0.022  | 0.090  | 0.059  | 0.040  | 0.026  | 0.026  | 0.092  |
| 18 | 0.040  | 0.035  | 0.061  | 0.059  | 0.036  | 0.029  | 0.024  | 0.100  |
| 19 | 0.068  | 0.028  | 0.056  | 0.057  | 0.050  | 0.040  | 0.022  | 0.101  |
| 20 | 0.091  | 0.026  | 0.053  | 0.084  | 0.064  | 0.033  | 0.020  | 0.106  |
| 21 | 0.128  | 0.038  | 0.041  | 0.163  | 0.024  | 0.053  | 0.033  | 0.115  |
| 22 | 0.018  | 0.019  | 0.040  | 0.136  | 0.024  | 0.037  | 0.068  | 0.086  |
| 23 | 0.033  | 0.021  | 0.034  | 0.098  | 0.023  | 0.025  | 0.040  | 0.094  |
| 24 | 0.038  | 0.025  | 0.033  | 0.085  | 0.026  | 0.032  | 0.048  | 0.109  |
| 25 | 0.046  | 0.023  | 0.019  | 0.079  | 0.046  | 0.021  | 0.031  | 0.117  |
| 26 | 0.036  | 0.041  | 0.014  | 0.078  | 0.049  | 0.022  | 0.023  | 0.082  |
| 27 | 0.044  | 0.050  | 0.015  | 0.083  | 0.046  | 0.030  | 0.026  | 0.091  |
| 28 | 0.103  | 0.066  | 0.028  | 0.102  | 0.081  | 0.037  | 0.032  | 0.098  |
| 29 | 0.044  | 0.063  | 0.031  | 0.232  | 0.043  | 0.025  | 0.023  | 0.100  |
| 30 | 0.027  | 0.032  | 0.033  | 0.246  | 0.031  | 0.016  | 0.014  | 0.110  |
| 31 | 0.027  | 0.033  | 0.021  | 0.182  | 0.026  | 0.012  | 0.020  | 0.116  |
| 32 | 0.044  | 0.054  | 0.030  | 0.245  | 0.020  | 0.021  | 0.023  | 0.134  |
| 33 | 0.059  | 0.059  | 0.026  | 0.195  | 0.045  | 0.020  | 0.027  | 0.137  |
| 34 | 0.113  | 0.101  | 0.020  | 0.154  | 0.048  | 0.020  | 0.022  | 0.117  |
| 35 | 0.074  | 0.133  | 0.032  | 0.147  | 0.050  | 0.021  | 0.032  | 0.109  |
| 36 | 0.129  | 0.078  | 0.038  | 0.183  | 0.059  | 0.029  | 0.032  | 0.103  |
| 37 | 0.129  | 0.049  | 0.043  | 0.292  | 0.047  | 0.029  | 0.022  | 0.140  |
| 38 | 0.084  | 0.034  | 0.027  | 0.241  | 0.025  | 0.008  | 0.021  | 0.105  |
| 39 | 0.020  | 0.028  | 0.026  | 0.194  | 0.020  | 0.014  | 0.025  | 0.099  |
| 40 | 0.038  | 0.036  | 0.028  | 0.097  | 0.025  | 0.019  | 0.028  | 0.131  |
| 41 | 0.038  | 0.059  | 0.031  | 0.091  | 0.052  | 0.020  | 0.031  | 0.148  |
| 42 | 0.051  | 0.081  | 0.038  | 0.058  | 0.053  | 0.020  | 0.026  | 0.133  |
| 43 | 0.090  | 0.070  | 0.062  | 0.047  | 0.046  | 0.025  | 0.032  | 0.098  |
| 44 | 0.102  | 0.089  | 0.056  | 0.068  | 0.057  | 0.022  | 0.030  | 0.080  |
| 45 | 0.081  | 0.069  | 0.048  | 0.107  | 0.077  | 0.034  | 0.033  | 0.099  |
| 46 | 0.057  | 0.039  | 0.030  | 0.120  | 0.052  | 0.081  | 0.020  | 0.065  |
| 47 | 0.039  | 0.044  | 0.023  | 0.094  | 0.038  | 0.045  | 0.018  | 0.067  |
| 48 | 0.052  | 0.057  | 0.026  | 0.112  | 0.036  | 0.031  | 0.019  | 0.139  |
| 49 | 0.051  | 0.042  | 0.027  | 0.104  | 0.039  | 0.024  | 0.030  | 0.114  |
| 50 | 0.108  | 0.056  | 0.038  | 0.090  | 0.038  | 0.027  | 0.035  | 0.082  |
| 51 | 0.103  | 0.057  | 0.059  | 0.087  | 0.050  | 0.030  | 0.029  | 0.069  |
| 52 | 0.144  | 0.052  | 0.078  | 0.135  | 0.056  | 0.022  | 0.037  | 0.082  |
| 53 | 0.164  | 0.034  | 0.057  | 0.223  | 0.048  | 0.014  | 0.032  | 0.085  |
| 54 | 0.075  | 0.028  | 0.039  | 0.188  | 0.037  | 0.021  | 0.022  | 0.079  |
| 55 | 0.029  | 0.036  | 0.030  | 0.148  | 0.032  | 0.022  | 0.020  | 0.088  |
| 56 | 0.045  | 0.035  | 0.035  | 0.179  | 0.038  | 0.022  | 0.034  | 0.121  |
| 57 | 0.042  | 0.031  | 0.038  | 0.157  | 0.044  | 0.014  | 0.043  | 0.088  |
| 58 | 0.096  | 0.023  | 0.057  | 0.145  | 0.036  | 0.008  | 0.049  | 0.072  |
| 59 | 0.105  | 0.027  | 0.064  | 0.137  | 0.032  | 0.013  | 0.050  | 0.072  |
| 60 | 0.146  | 0.056  | 0.066  | 0.150  | 0.035  | 0.017  | 0.033  | 0.092  |
| 61 | 0.144  | 0.030  | 0.047  | 0.285  | 0.032  | 0.013  | 0.047  | 0.106  |
| 62 | 0.064  | 0.033  | 0.020  | 0.169  | 0.026  | 0.017  | 0.032  | 0.076  |
| 63 | 0.023  | 0.048  | 0.033  | 0.160  | 0.023  | 0.017  | 0.032  | 0.091  |
| 64 | 0.044  | 0.052  | 0.057  | 0.171  | 0.025  | 0.023  | 0.047  | 0.132  |
| 65 | 0.439  | 0.089  | 0.079  | 0.126  | 0.108  | 0.026  | 0.047  | 0.136  |
| 66 | 0.239  | 0.076  | 0.075  | 0.132  | 0.153  | 0.030  | 0.059  | 0.088  |
| 67 | 0.191  | 0.052  | 0.087  | 0.070  | 0.116  | 0.029  | 0.050  | 0.070  |
| 68 | 0.123  | 0.039  | 0.101  | 0.087  | 0.127  | 0.036  | 0.055  | 0.072  |
| 69 | 0.140  | 0.046  | 0.097  | 0.119  | 0.120  | 0.031  | 0.055  | 0.080  |
| 70 | 0.144  | 0.064  | 0.069  | 0.148  | 0.093  | 0.020  | 0.036  | 0.048  |
| 71 | 0.102  | 0.055  | 0.055  | 0.143  | 0.078  | 0.024  | 0.020  | 0.042  |
| 72 | 0.081  | 0.051  | 0.083  | 0.213  | 0.049  | 0.027  | 0.048  | 0.070  |
| 73 | 0.066  | 0.048  | 0.076  | 0.182  | 0.066  | 0.025  | 0.043  | 0.059  |
| 74 | 0.125  | 0.057  | 0.100  | 0.120  | 0.114  | 0.019  | 0.052  | 0.067  |
| 75 | 0.145  | 0.055  | 0.067  | 0.122  | 0.169  | 0.020  | 0.052  | 0.069  |
| 76 | 0.147  | 0.060  | 0.097  | 0.153  | 0.192  | 0.020  | 0.054  | 0.083  |
| 77 | 0.075  | 0.055  | 0.113  | 0.344  | 0.157  | 0.009  | 0.021  | 0.107  |
| 78 | 0.110  | 0.053  | 0.082  | 0.162  | 0.105  | 0.012  | 0.019  | 0.068  |
| 79 | 0.130  | 0.056  | 0.051  | 0.102  | 0.127  | 0.014  | 0.021  | 0.069  |
| 80 | 0.161  | 0.055  | 0.026  | 0.124  | 0.085  | 0.031  | 0.018  | 0.107  |

**Table S4**. The concentration of bound heavy metals in atmospheric PM2.5 in Lanzhou (μg·m-3). This is the original data of Figure 5 and Figure 6 in the manuscript.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sites | Season | V  | Mn | Fe | Co | Pb | Cu | Cd | Sb | As | Hg |
| LZU | Winter | 0.039 | 0.013 | 0.061 | 0.0009 | 0.142 | - | 0.0037 | - | 0.07 | 0.001 |
| Spring | 0.033 | 0.018 | 0.103 | 0.0011 | 0.131 | 0.003 | 0.0006 | - | 0.07 | 0.001 |
| Summer | 0.028 | 0.01 | 0.081 | 0.0007 | 0.114 | - | 0.0005 | - | 0.07 | 0.0005 |
| Autumn | 0.028 | 0.008 | 0.095 | 0.0007 | 0.091 | - | 0.0006 | - | 0.07 | 0.0006 |
| BPI | Winter | 0.159 | 0.015 | 0.123 | 0.0013 | 0.407 | 0.029 | 0.001 | 0.0008 | 0.003 | 0.002 |
| Spring | 0.136 | 0.013 | 0.123 | 0.0013 | 0.355 | 0.022 | 0.0016 | 0.0006 | 0.003 | 0.002 |
| Summer | 0.152 | 0.015 | 0.102 | 0.001 | 0.315 | 0.013 | 0.0008 | 0.0006 | 0.01 | 0.002 |
| Autumn | 0.119 | 0.013 | 0.109 | 0.0013 | 0.304 | 0.007 | 0.0005 | 0.0035 | 0.002 | 0.002 |
| RDI | Winter | 0.155 | 0.015 | 0.121 | 0.0013 | 0.404 | 0.031 | 0.001 | 0.0008 | 0.007 | 0.0006 |
| Spring | 0.092 | 0.014 | 0.112 | 0.0013 | 0.464 | 0.011 | 0.001 | 0.0005 | 0.007 | 0.0006 |
| Summer | 0.076 | 0.011 | 0.09 | 0.001 | 0.378 | 0.008 | 0.0009 | 0.0005 | 0.007 | 0.0006 |
| Autumn | 0.064 | 0.01 | 0.073 | 0.0008 | 0.311 | 0.003 | 0.0008 | 0.0005 | 0.007 | 0.0003 |
| SWH | Winter | 0.151 | 0.015 | 0.12 | 0.0013 | 0.405 | 0.014 | 0.001 | 0.0035 | 0.05 | 0.002 |
| Spring | 0.114 | 0.013 | 0.099 | 0.0011 | 0.404 | 0.015 | 0.001 | 0.0006 | 0.05 | 0.002 |
| Summer | 0.062 | 0.009 | 0.073 | 0.0008 | 0.273 | 0.003 | 0.001 | 0.0005 | 0.05 | 0.002 |
| Autumn | 0.078 | 0.011 | 0.071 | 0.001 | 0.323 | 0.003 | 0.001 | 0.0006 | 0.04 | 0.002 |
| LYH | Winter | 0.087 | 0.016 | 0.118 | 0.0012 | 0.271 | 0.032 | 0.001 | 0.0009 | 0.05 | 0.0005 |
| Spring | 0.102 | 0.016 | 0.127 | 0.0012 | 0.29 | 0.022 | 0.0009 | 0.0008 | 0.05 | 0.0006 |
| Summer | 0.081 | 0.012 | 0.086 | 0.001 | 0.151 | 0.014 | 0.0008 | 0.0008 | 0.06 | 0.0006 |
| Autumn | 0.074 | 0.009 | 0.099 | 0.0009 | 0.159 | 0.012 | 0.0005 | 0.0006 | 0.05 | 0.0004 |