



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21650.2—2008/ISO 15901-2:2006

GB/T 21650.2—2008/ISO 15901-2:2006

## 压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第2部分:气体吸附法分析介孔和大孔

Pore size distribution and porosity of solid materials  
by mercury porosimetry and gas adsorption—  
Part 2: Analysis of mesopores and macropores by gas adsorption

(ISO 15901-2:2006, IDT)

中华人民共和国  
国家标准  
压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第2部分:气体吸附法分析介孔和大孔

GB/T 21650.2—2008/ISO 15901-2:2006

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 46 千字

2008年7月第一版 2008年7月第一次印刷

\*

书号:155066·1-31623 定价 22.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 21650.2—2008

2008-04-16 发布

2008-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

表 A.1 (续)

| $p/p_0^s$ | $r_k^k$ | $\bar{r}_k^c$ | $t^d$ | $\Delta t^e$ | $r_p^f$ | $\bar{r}_p^g$ | $d_p^h$ | $\bar{d}_p^i$ | $Q^j$ | $V_N^k$                           | $\Delta V_l^m$                    | $\Delta V_l^{n,o}$                | $\Delta V_k^{o,p}$                | $\Delta V_p^{o,q}$                | $\sum \Delta V_p^{o,r}$           | $\Delta a_p^{o,s}$               | $\sum \Delta a_p^{o,t}$          |
|-----------|---------|---------------|-------|--------------|---------|---------------|---------|---------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1         | nm      | nm            | nm    | nm           | nm      | nm            | nm      | nm            | 1     | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ |

<sup>e</sup>  $\Delta t$  为压力由高到低变化时厚度的变化量。  
<sup>f</sup>  $r_p$  为孔半径,  $r_p = r_k + t$  (假定为圆柱孔)。  
<sup>g</sup>  $\bar{r}_p$  为相邻  $r_p$  的平均值。  
<sup>h</sup>  $d_p$  为孔直径,  $d_p = 2r_p$ 。  
<sup>i</sup>  $\bar{d}_p$  为相邻  $d_p$  的平均值。  
<sup>j</sup>  $Q$  为体积修正因子, 用于修正凝聚物体积以计算孔体积,  $Q = [\bar{r}_p / (\bar{r}_k + \Delta t)]^2$ 。也有基于孔隙总长度的考虑孔壁吸附体积的方法。  
<sup>k</sup>  $V_N$  为从最低压力到该压力的累积氮气吸附体积, 以标准温度和压力下的气体表示。  
<sup>l</sup>  $\Delta V$  为该步氮气吸附体积。  
<sup>m</sup>  $\Delta V_l$  为以液态体积表示的该步氮气吸附体积,  $\Delta V_l = \Delta V \times 1.5468 \times 10^{-3}$ 。  
<sup>n</sup>  $\Delta V_l$  为未被毛细管凝聚物填充的孔隙壁面上的氮膜减薄而脱除的氮气体积。其第 1 行的数值为零, 因为假定在最高压力时, 所有介孔均被充满。在此特定实例中, 由暴露孔壁的表面积来计算  $\Delta V_l$ ,  $\Delta V_l = 0.85 \times 10^{-3} \Delta t \times$  前一个  $\sum \Delta a_p$ 。也有不使用孔壁面积的计算  $\Delta V_l$  方法。  
<sup>o</sup> 从第 14 列开始, 每行必须完成计算后, 才能进行下一行的计算。  
<sup>p</sup>  $\Delta V_k$  为脱除的毛细管凝聚物的体积,  $\Delta V_k = \Delta V_l - \Delta V_l$ 。  
<sup>q</sup>  $\Delta V_p$  为孔体积,  $\Delta V_p = \Delta V_k Q$ 。  
<sup>r</sup>  $\sum \Delta V_p$  为累积脱除的孔体积, 通过将当前  $\Delta V_p$  值与以前所有  $\Delta V_p$  值相加得到。  
<sup>s</sup>  $\Delta a_p$  为体积  $\Delta V_p$  含有的孔壁表面积,  $\Delta a_p = 2 \times 10^3 \Delta V_p / r_p$  (假定为圆柱孔)。  
<sup>t</sup>  $\sum \Delta a_p$  为累积暴露的表面积, 通过将当前  $\Delta a_p$  值与以前所有  $\Delta a_p$  值相加得到。

## 目次

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 前言 .....           | III |
| 引言 .....           | IV  |
| 1 范围 .....         | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....    | 1   |
| 3 术语和定义 .....      | 1   |
| 4 符号 .....         | 3   |
| 5 原理 .....         | 4   |
| 5.1 基本原理 .....     | 4   |
| 5.2 方法的选择 .....    | 5   |
| 6 仪器性能的校验 .....    | 5   |
| 7 校准 .....         | 5   |
| 8 制样 .....         | 5   |
| 9 静态体积法 .....      | 6   |
| 9.1 原理 .....       | 6   |
| 9.2 仪器与材料 .....    | 6   |
| 9.3 典型测试步骤 .....   | 7   |
| 9.4 计算 .....       | 8   |
| 10 流动体积法 .....     | 10  |
| 10.1 原理 .....      | 10  |
| 10.2 仪器与材料 .....   | 10  |
| 10.3 典型测试步骤 .....  | 10  |
| 10.4 计算 .....      | 10  |
| 11 载气法 .....       | 10  |
| 11.1 原理 .....      | 10  |
| 11.2 仪器与材料 .....   | 11  |
| 11.3 典型测试步骤 .....  | 11  |
| 11.4 计算 .....      | 11  |
| 12 重量法 .....       | 11  |
| 12.1 原理 .....      | 11  |
| 12.2 仪器与材料 .....   | 11  |
| 12.3 典型测试步骤 .....  | 11  |
| 12.4 计算 .....      | 12  |
| 13 等温线类型 .....     | 12  |
| 13.1 概述 .....      | 12  |
| 13.2 迟滞回线类型 .....  | 12  |
| 14 孔径分布计算 .....    | 14  |
| 14.1 使用参比等温线 ..... | 14  |
| 14.2 微孔 .....      | 15  |

14.3 介孔与大孔 ..... 15  
 14.4 孔径分布表示方法 ..... 16  
 15 结果报告 ..... 17  
 附录 A (资料性附录) 介孔孔径分布计算实例 ..... 18  
 参考文献 ..... 21

表 A.1 (续)

| $p/p_0$ | $r_k^h$ | $\bar{r}_k^c$ | $t^d$ | $\Delta t^e$ | $r_p^f$ | $\bar{r}_p^g$ | $d_p^h$ | $d_p^i$ | $Q^j$ | $V_N^k$                           | $\Delta V^l$                      | $\Delta V_1^m$                    | $\Delta V_r^{no}$                 | $\Delta V_k^{op}$                 | $\Delta V_p^{oa}$                 | $\sum \Delta V_p^{or}$            | $\Delta \alpha_p^{os}$           | $\sum \Delta \alpha_p^{ot}$      |
|---------|---------|---------------|-------|--------------|---------|---------------|---------|---------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1       | nm      | nm            | nm    | nm           | nm      | nm            | nm      | nm      | 1     | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ |
| 0.740 1 | 3.166   | 3.497         | 0.903 | 0.059        | 4.070   | 4.430         | 8.139   | 8.860   | 1.552 | 61.763 2                          | 6.138 3                           | 0.009 495                         | 0.004 588                         | 0.004 906                         | 0.007 614                         | 0.714 948                         | 3.742                            | 95.314                           |
| 0.700 5 | 2.677   | 2.922         | 0.854 | 0.049        | 3.531   | 3.801         | 7.063   | 7.601   | 1.636 | 57.347 5                          | 4.415 7                           | 0.006 830                         | 0.003 981                         | 0.002 849                         | 0.004 662                         | 0.719 610                         | 2.640                            | 97.955                           |
| 0.660 5 | 2.298   | 2.487         | 0.812 | 0.042        | 3.109   | 3.320         | 6.219   | 6.641   | 1.723 | 53.912 4                          | 3.435 1                           | 0.005 313                         | 0.003 533                         | 0.001 780                         | 0.003 067                         | 0.722 677                         | 1.972                            | 99.927                           |
| 0.620 4 | 1.996   | 2.147         | 0.775 | 0.037        | 2.771   | 2.940         | 5.542   | 5.880   | 1.812 | 51.118 0                          | 2.794 4                           | 0.004 322                         | 0.003 158                         | 0.001 165                         | 0.002 111                         | 0.724 788                         | 1.524                            | 101.451                          |
| 0.580 5 | 1.752   | 1.874         | 0.742 | 0.033        | 2.494   | 2.632         | 4.988   | 5.265   | 1.905 | 48.750 9                          | 2.367 1                           | 0.003 661                         | 0.002 840                         | 0.000 821                         | 0.001 564                         | 0.726 352                         | 1.255                            | 102.705                          |
| 0.540 6 | 1.549   | 1.651         | 0.712 | 0.030        | 2.261   | 2.378         | 4.522   | 4.755   | 2.001 | 46.669 7                          | 2.081 2                           | 0.003 219                         | 0.002 602                         | 0.000 618                         | 0.001 236                         | 0.727 588                         | 1.093                            | 103.798                          |
| 0.500 5 | 1.377   | 1.463         | 0.684 | 0.027        | 2.061   | 2.161         | 4.122   | 4.322   | 2.102 | 44.785 6                          | 1.884 1                           | 0.002 914                         | 0.002 423                         | 0.000 491                         | 0.001 032                         | 0.728 620                         | 1.002                            | 104.800                          |
| 0.460 4 | 1.229   | 1.303         | 0.659 | 0.025        | 1.887   | 1.974         | 3.775   | 3.949   | 2.209 | 43.035 4                          | 1.750 2                           | 0.002 707                         | 0.002 271                         | 0.000 436                         | 0.000 963                         | 0.729 583                         | 1.020                            | 105.821                          |
| 0.420 5 | 1.100   | 1.164         | 0.635 | 0.024        | 1.735   | 1.811         | 3.470   | 3.623   | 2.324 | 41.388 4                          | 1.647 0                           | 0.002 548                         | 0.002 144                         | 0.000 404                         | 0.000 939                         | 0.730 522                         | 1.082                            | 106.903                          |
| 0.379 7 | 0.984   | 1.042         | 0.612 | 0.023        | 1.596   | 1.666         | 3.192   | 3.331   | 2.445 | 39.769 8                          | 1.618 6                           | 0.002 504                         | 0.002 103                         | 0.000 401                         | 0.000 980                         | 0.731 502                         | 1.228                            | 108.131                          |
| 0.342 5 | 0.889   | 0.937         | 0.592 | 0.020        | 1.481   | 1.538         | 2.962   | 3.077   | 2.584 | 38.334 9                          | 1.434 9                           | 0.002 220                         | 0.001 865                         | 0.000 354                         | 0.000 916                         | 0.732 418                         | 1.237                            | 109.368                          |
| 0.322 3 | 0.842   | 0.866         | 0.581 | 0.011        | 1.422   | 1.452         | 2.845   | 2.903   | 2.744 | 37.588 2                          | 0.746 7                           | 0.001 155                         | 0.001 002                         | 0.000 153                         | 0.000 419                         | 0.732 837                         | 0.589                            | 109.957                          |
| 0.302 3 | 0.797   | 0.819         | 0.570 | 0.011        | 1.367   | 1.395         | 2.734   | 2.789   | 2.825 | 36.815 0                          | 0.773 2                           | 0.001 196                         | 0.000 987                         | 0.000 209                         | 0.000 591                         | 0.733 428                         | 0.865                            | 110.822                          |
| 0.276 5 | 0.741   | 0.769         | 0.557 | 0.014        | 1.298   | 1.332         | 2.596   | 2.665   | 2.900 | 35.817 7                          | 0.997 3                           | 0.001 543                         | 0.001 272                         | 0.000 270                         | 0.000 784                         | 0.734 212                         | 1.207                            | 112.029                          |
| 0.251 0 | 0.689   | 0.715         | 0.543 | 0.013        | 1.233   | 1.265         | 2.466   | 2.531   | 3.016 | 34.806 2                          | 1.011 5                           | 0.001 565                         | 0.001 267                         | 0.000 298                         | 0.000 898                         | 0.735 109                         | 1.456                            | 113.485                          |
| 0.225 6 | 0.640   | 0.665         | 0.530 | 0.013        | 1.170   | 1.201         | 2.340   | 2.403   | 3.140 | 33.772 4                          | 1.033 8                           | 0.001 599                         | 0.001 283                         | 0.000 316                         | 0.000 992                         | 0.736 102                         | 1.696                            | 115.181                          |
| 0.200 8 | 0.594   | 0.617         | 0.517 | 0.013        | 1.111   | 1.140         | 2.221   | 2.281   | 3.277 | 32.741 3                          | 1.031 1                           | 0.001 595                         | 0.001 287                         | 0.000 308                         | 0.001 011                         | 0.737 112                         | 1.820                            | 117.001                          |
| 0.175 2 | 0.547   | 0.570         | 0.503 | 0.014        | 1.050   | 1.080         | 2.100   | 2.161   | 3.420 | 31.603 8                          | 1.137 5                           | 0.001 759                         | 0.001 378                         | 0.000 381                         | 0.001 303                         | 0.738 415                         | 2.481                            | 119.483                          |
| 0.150 4 | 0.503   | 0.525         | 0.489 | 0.014        | 0.992   | 1.021         | 1.985   | 2.042   | 3.590 | 30.437 2                          | 1.166 6                           | 0.001 804                         | 0.001 411                         | 0.000 394                         | 0.001 413                         | 0.739 829                         | 2.849                            | 122.332                          |
| 0.125 3 | 0.459   | 0.481         | 0.474 | 0.015        | 0.933   | 0.963         | 1.867   | 1.926   | 3.772 | 29.157 4                          | 1.279 8                           | 0.001 980                         | 0.001 537                         | 0.000 443                         | 0.001 671                         | 0.741 500                         | 3.581                            | 125.913                          |
| 0.099 8 | 0.414   | 0.436         | 0.458 | 0.016        | 0.872   | 0.903         | 1.744   | 1.805   | 3.981 | 27.691 1                          | 1.466 3                           | 0.002 268                         | 0.001 729                         | 0.000 539                         | 0.002 145                         | 0.743 645                         | 4.920                            | 130.833                          |

注：建议在相对压力约为 0.09 处结束计算，因为 Kelvin 方程对于半径小于约 0.9 nm 的孔隙不再适用。

<sup>a</sup>  $p/p_0$  为实验测定的相对压力点，按降序排列，即将最高相对压力放在第一位。

<sup>b</sup>  $r_k$  为凝聚在孔隙中的吸附物质的曲率半径， $r_k = -0.953 / \ln(p/p_0)$ 。

<sup>c</sup>  $\bar{r}_k$  为相邻  $r_k$  的平均值。

<sup>d</sup>  $t$  为该相对压力下氮气多层膜的平均厚度，其值由试验或数学参比等温线获得，比如采用  $t = 0.354 [-5 / \ln(p/p_0)]^{1/3}$ 。