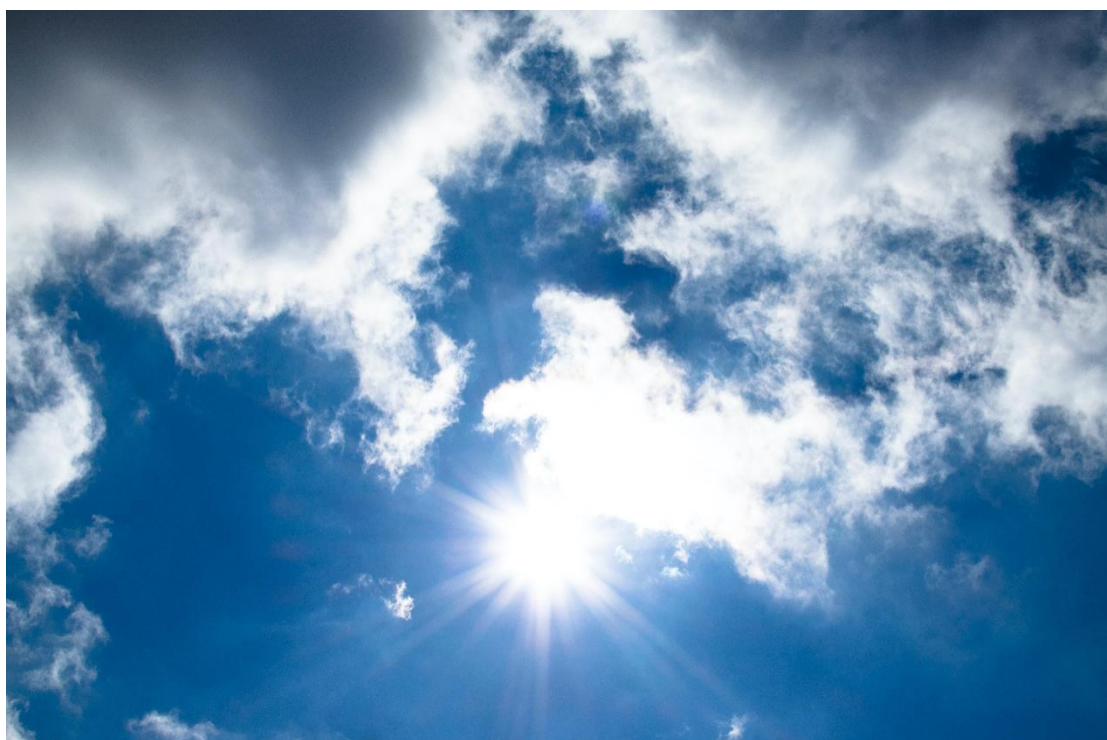


## 比表面及孔径分析仪在光催化材料中的应用

当前，能源短缺和环境污染等问题使得新能源尤其是太阳能的开发愈发重要。光催化以其反应条件温和、能直接利用太阳能转化为化学能的优势，备受科研人员的关注。同时，该技术在污染物和重金属的光降解、水消毒、制氢、二氧化碳光还原、光电传感和光动力治疗等方面具有广泛的应用前景。



图片来源：Pexels

在光催化研究领域，微孔和介孔等多孔固体材料相比于常规光催化材料颗粒具有优越的结构特点，是近年来非常热门的研究方向之一。多孔结构的大比表面积可以使催化反应的反应点增多，同时让光激发产生的电子和空穴更容易到达光催化材料表面参加表面化学反应，从而提高量子转换效率。

国仪精测的比表面及孔径分析仪可对光催化材料进行准确高效的表征，为光催化多孔材料提供精准的比表面积测量以及孔径分析。

比表面及孔径分析仪对钒酸铋材料光催化脱硫的表征

钒酸铋( $\text{BiVO}_4$ )作为一种新的可见光活性催化剂可以提供较大的表面积和孔径,有利于底物与催化剂活性位点的接触。因此,钒酸铋( $\text{BiVO}_4$ )表现出优异的光催化性能。但由于纯钒酸铋( $\text{BiVO}_4$ )的吸附性能差,光生电子空穴对难以迁移,导致其光催化效率低,限制了其应用。为了克服这些障碍,负载金属或金属氧化物总是可以通过将光生电子与空穴分离来增强催化剂的光催化活性<sup>[1]</sup>。如 Gao 等人<sup>[2]</sup>在利用将 Ag 负载在钒酸铋( $\text{BiVO}_4$ )材料进行光催化脱硫时发现,当  $\text{Ag}/\text{BiVO}_4$  比表面积最大时候,催化剂表现出最好的光催化活性。

研究人员利用国仪精测自主研发的比表面及孔径分析仪 V-Sorb X800 系列产品对样品进行了测试,得到了如下的等温线和孔径分布图。

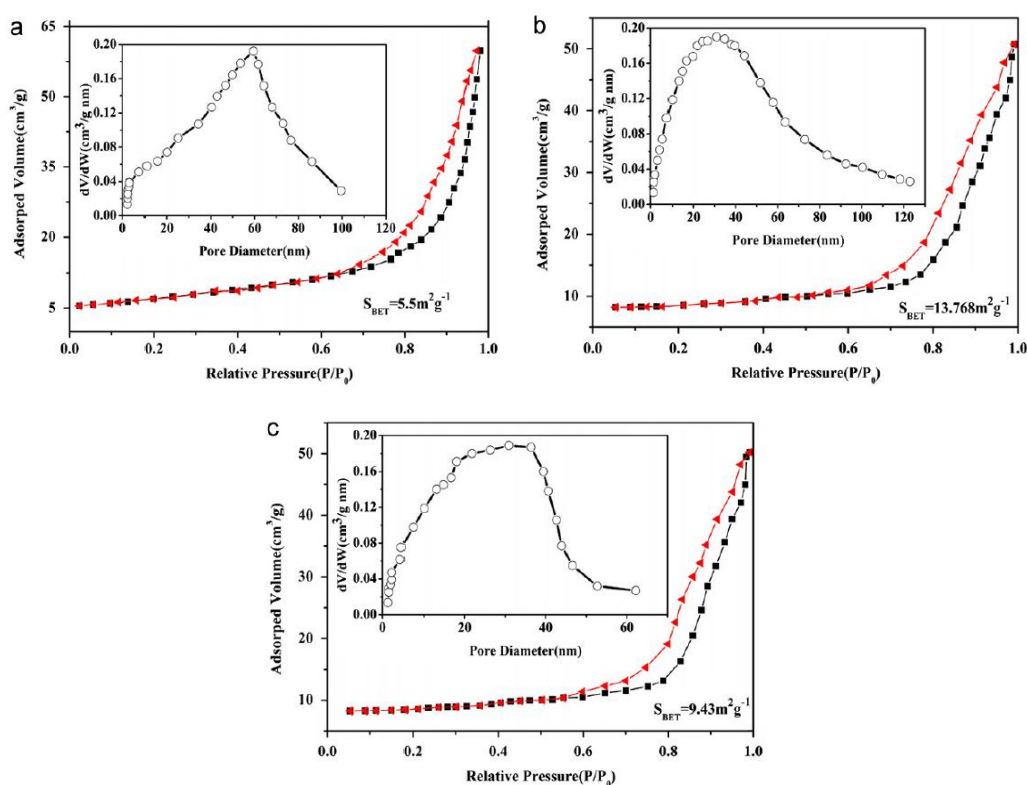


图 1 (a)pH=5, (b)pH=7, (c)pH=9 时  $\text{Ag-BiVO}_4$  等温线和 BJH 孔径分布图<sup>[2]</sup>

图 1 为  $\text{Ag-BiVO}_4$  在不同 pH 值下的等温线和和孔径分布图,从图 1 可以看出。所制备的  $\text{Ag-BiVO}_4$  样品(pH=9)的孔径分布最窄(< 62 nm),表明与  $\text{Ag-BiVO}_4$  样品(pH=5)和  $\text{Ag-BiVO}_4$  (pH=7)样品相比,晶体是最单分散的。 $\text{BiVO}_4$  样品(pH=7)孔径的广泛分布(123 nm)证实了  $\text{Ag-BiVO}_4$ (pH=7)晶体广泛分散。所制备的  $\text{Ag-BiVO}_4$  样品 (pH=5,pH=7,pH=9)分别在 60、27 和 38 nm 区域呈现出它们的最

大孔径部分。Ag-BiVO<sub>4</sub>(pH=7)样品的 BET 比表面积为 13.768 m<sup>2</sup>/g，略大于 Ag-BiVO<sub>4</sub>(pH=5)样品(5.5 m<sup>2</sup>/g)和 Ag-BiVO<sub>4</sub> (pH=9)样品(9.43 m<sup>2</sup>/g)。其中 pH=7 时，Ag-BiVO<sub>4</sub> 表现出最高的光催化脱硫活性。正是由于 pH=7 的 Ag-BiVO<sub>4</sub> 样品呈现椭球状和“鸟巢”状的混合结构，具有显著的高比表面积(13.768 m<sup>2</sup>/g)，因此具有丰富的电子空穴对和更多的活性位点。

### 比表面及孔径分析仪对二氧化钛材料光催化降解的表征

在过去的几十年里，二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 因其无毒、低成本、高稳定性和优异的光催化活性而被广泛研究用于光催化。光生羟基自由基 OH• 由二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 表面的空穴与水 and/或氧相互作用产生，具有很强的氧化能力 (标准氧化还原电位 +2.8 V)，可以将大部分有机化合物氧化成矿物终产物，如二氧化碳和水。另一方面，光生电子可以在牺牲剂的存在下将水中的氢离子还原为氢。因此，二氧化钛通常用于光降解有机污染物或光催化制氢<sup>[3]</sup>。然而，其较宽的带隙 (约 3.2eV) 说明二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 的光吸收处于紫外光区域，极大地阻碍了太阳辐照度的利用。为了将二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 的吸收区扩展到可见光区并提高光催化活性，通常会引入非金属掺杂物到二氧化钛 (TiO<sub>2</sub>) 中。Xie 等人<sup>[4]</sup> 利用硼掺杂 TiO<sub>2</sub> 研究用于光降解各种有机污染物，研究发现当比表面积最大以及孔径最小的 TiO<sub>2</sub>-5B 表现出最好的光催化活性。

研究人员利用国仪精测自主研发的比表面及孔径分析仪 V-Sorb X800 系列产品对样品进行了测试，得到了如下的等温线图和孔径分布图。

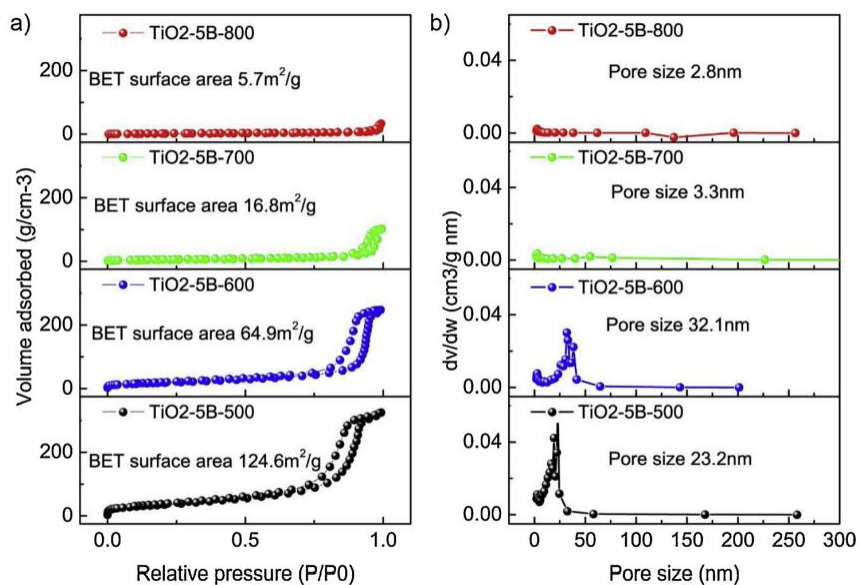


图2 (a) 不同煅烧温度下的 TiO<sub>2</sub>-5 的等温线图, (b) 和 BJH 孔径分布图<sup>[4]</sup>

图2 为不同煅烧温度下的 TiO<sub>2</sub>-5 的等温线图 (a) 和 BJH 孔径分布图 (b)。可以看出所有样品均为介孔性质(图 2a)。并且随着煅烧温度的升高, BET 比表面积和孔径逐渐减小(图 2b)。大的比表面积和介孔结构使样品具有更多的活性位点, 容易与底物相互作用, 从而使 TiO<sub>2</sub>-5B-500 表现出优异的光催化性能。

### 国仪精测比表面及孔径分析仪

国仪精测为催化剂提供了比表面及孔径分布分析方法, 通过比表面积和孔径分布来确定催化剂比活性的基础, 在化学、材料、工业等领域具有广泛的应用。产品具有测试高效、结果准确、性价比高、自动化操作简单易学等诸多优势。



### 客户评价

“国仪精测全自动比表面及孔径分析仪使用情况良好，性能稳定，平行性和精度都非常高，且仪器完全自动化操作，为测试工作带来了便利。仪器在使用过程中，技术支持和售后问题能快速响应。”

——中山大学岩土工程与信息技术研究中心

“全自动比表面及孔径分布测定仪测试性能稳定，测试精度高，可与国外同类产品相比较，且仪器测试操作是完全自动化，为我们的测试工作带来了很大的便利。通过2年多使用贵公司产品，确保了我公司产品的质量稳定，目前仪器使用很正常，贵公司的售后服务也很及时和到位。”

——大连瑞克科技有限公司

### 参考资料：

[1] Kho Y K, Teoh W Y, Iwase A, et al. Flame preparation of visible-light-responsive BiVO<sub>4</sub> oxygen evolution photocatalysts with

subsequent activation via aqueous route[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2011, 3(6): 1997–2004.

[2] Gao X M, Fu F, Zhang L P, et al. The preparation of Ag – BiVO<sub>4</sub> metal composite oxides and its application in efficient photocatalytic oxidative thiophene[J]. Physica B: Condensed Matter, 2013, 419: 80–85.

[3] Naldoni A, Altomare M, Zoppellaro G, et al. Photocatalysis with reduced TiO<sub>2</sub>: from black TiO<sub>2</sub> to cocatalyst-free hydrogen production[J]. ACS catalysis, 2018, 9(1): 345–364.

[4] Xie K, Zhang H, Sun S, et al. Functions of boric acid in fabricating TiO<sub>2</sub> for photocatalytic degradation of organic contaminants and hydrogen evolution[J]. Molecular Catalysis, 2019, 479: 110614.