程序升温技术：当固体物质或预吸附某气体的固体物质，在载气流中以一定升温速率加热时，检测流出气体的组成和浓度的固体表面物理和化学性质变化的技术。有TPD（吸附）、TPR（还原）、TPSR（表面反应）、TPO（氧化）。

TPD原理

TPD用来测量某固体酸碱的强度和数量。

碱性气体在酸性中心上吸附时，吸附在强酸中心上的比吸附在弱酸中心上的稳定，也更难脱附，提高温度可令其从酸性中心上脱附，而那些在弱酸中心上的将首先脱附，因此测定在不同温度下脱附的吸附碱相对量可测定酸中心强度，而脱附的碱性气体的量也就对应其酸量。常用的碱性气体有氨气，吡啶和正丁胺。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **程序升温脱附** | **吡啶红外** |
| 酸量 | 峰面积计算 | 峰面积计算 |
| 酸强度 | 可以，温度范围较宽 | 可以，只能比较300℃以内的 |
| 酸分布 | 不可以 | 可以 |
| 酸类型 | 不可以 | 可以 |

TPD简要操作

1.吹扫：吹扫吸附在催化剂上的水分和杂质

2.吸附气体

3.吹扫物理吸附的气体

4.程序升温

载气：高纯He、Ar或N2

载气流速：30-100ml/min

催化剂样品量：**一般20-30mg**

粒度：40-80目（69um——178um）

升温速率：5-25k/min

检测器：TCD、MS

TPR原理

TPR常应用于表征负载型金属或过渡金属氧化物催化剂，对TPR结果进行分析可以获得金属与载体的相互作用，金属的价态和是否形成合金等方面的信息。

当负载的金属的价态，聚集状态，与载体的作用发生改变的时候，其还原温度，还原后的价态将会发生改变，如果能测出程序升温还原过程中氢气的消耗量，还原温度等，就能得到负载金属的一些状态参数。通入氢气或氢气与惰性气体混合气。

简单操作

1.吹扫水分，杂质

2.程序升温

载气：H2、H2与惰性气体混合

载气流速：30-100ml/min

催化剂样品量：一般50-200mg

粒度：40-80目（69um——178um）

升温速率：5-25k/min

检测器：TCD、MS

仅作为参考，实际测试需要根据实际情况确定

TPO原理

研究金属催化剂的氧化性能、催化剂表面积碳及催化剂表面吸附有机物的氧化性能、催化剂吸氢性能、晶格硫的状态、氧化性能以及钝化、再生过程进行研究，

在程序升温过程中催化剂表面沉积物（或吸附物等）发生的氧化反应，通入的是氧气，检测尾气中氧气和二氧化碳气体的变化。气体为氧气或者氧气跟惰性气体混合