

# 针入式密度计在电解槽施工中的使用

董旋

(中电投宁夏能源铝业青鑫炭素有限公司, 宁夏 吴忠 751603)

**摘要** 目前电解槽施工过程中, 耐火材料、防渗材料(铝用糊料)捣打施工后, 往往对捣实密度无法把控, 导致两种材料在施工中缺失检测。如果捣实密度过高, 会影响电解槽启动时阴极炭块的应力释放; 如果捣实密度过低, 会影响耐火材料和防渗材料的耐火、防渗的效果。但目前该类产品的密度检测一般以排水、排气法测量, 在实际施工现场难以进行检测, 或者检测周期较长, 直接影响施工的效率。本文将着重介绍一种现场检测密度的方法和原理。

**关键词** 针入式密度计 铝用阴极糊 检测方法

中图分类号: TH835; O646

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)03-0019-02

## 1 针入式密度检测原理

针入式检测的主要方式是: 将针或椎体以固定的动量扎入材料内部, 同时记录针入度及此时的温度。对材料进行取样, 并使用排水法或排氦气法测量材料的密度, 将针入度与材料此时的温度、密度进行对照, 即可得到针入式密度计的检测曲线。在正常施工时, 即可使用该曲线迅速得到不同温度下针入度对照的密度。

为得到固定的动能, 可用固定质量的重物, 从固定高度做自由落体运动, 击打针/椎体。针/椎体受到摩擦力与进入材料的深度成正比,  $f=kh$  ( $k$ 为常数, 与材料性质有关)(如图1所示)将重物和针视为一个系统, 则根据能量守恒得到:  $MGH=fh$ , 其中  $f=kh$ ,  $MGH=kh^2$  常数  $k$  大小与材料性质与捣打密度有关, 捣打密度越高  $k$  值越大。综上所述, 针入式密度计深度与重锤之间的关系为:

$$h=\sqrt{(MGH/k)}$$

但是针入度密度、摩擦系数两者在不同温度区间内的关系不同, 因此得考虑不同温度区间内针入度与密度的关系。笔者以某型号的铝用冷捣糊为例, 展示针入度在不同区间内与密度的相关关系。

某型号的铝用冷捣糊的粘结剂软化点为  $T^{\circ}\text{C}$ , 其温度变化区间分为两部分:  $0-\frac{T}{2}^{\circ}\text{C}$ ,  $\frac{T}{2}-\frac{5T}{6}^{\circ}\text{C}$ 。其中  $0-\frac{T}{2}^{\circ}\text{C}$  区间, 相关关系约为简单的复合函数:

$$\rho=A\frac{Bt-h}{1-C}+D$$

其中  $t$  为施工停止后的材料温度,  $h$  为针入度,  $ABCD$  均为参数。

$\frac{T}{2}-\frac{5T}{6}^{\circ}\text{C}$  区间, 某一固定温度下, 密度和针入度的相关关系为对数函数(如图2):

$$\rho=\log_a h+B$$

其中  $a$ 、 $B$  均为常数,  $h$  为针入度。

简单复合函数的常数与材料本身性质有关, 需要生产商自行探究。对数函数的底数和常数除了和材料性质有关, 和温度也有关系, 一个固定的温度往往只能对应一条对数曲线, 因此生产商需要根据常用施工温度, 自行研究参数大小(如图3)。

## 2 针入式密度检测设备

电解槽耐火、防渗材料的针入式密度检测设备应具备以下几点要求:

(1) 防磁。电解厂房中存在较大磁场, 若检测设备受磁场影响, 则会影响检测结果;

(2) 不用电线。电解槽底部多为炭素材料, 容易导电, 若检测工具带有电线, 则存在安全隐患;

(3) 能够在不同平面上使用。若使用图1的原理设计针入式检测仪, 则该检测仪只能在水平面上进行检测。防渗材料在高于炭块表面后, 会捣打成斜面, 图1中的原型设备不能检测材料在斜面上的密度。

根据上述要求, 建议设计类似充电式手持打钉枪的设备, 可以保证每次检测时针对/椎体施加的动能一致, 同时可以克服理论设备对水平面的要求, 保证能够对斜面进行正常测量。同时检测器材料必须为不锈钢等防磁材料, 否则检测结果会受到电解槽的电磁影响, 使针入度检测密度偏大(如图4)。

## 3 针入式密度计检测条件

除了现场检测仪器外, 产品的均质性是针入式检测器能否适用的前提。针入式密度检测器的计算参数均是由产品决定的, 如果产品的物理化学性质不稳定, 则针入式检测公式中的参数无法真实反映出该温度下的材料密度。

其次施工质量也对材料针入式密度检测有直接影响, 若施工时发生了偏析, 细料到达材料表面, 摩擦力会减小, 材料针入度会增加。若施工时捣打过度, 骨料发生了破碎, 也会影响针入度的检测(如图5, 图6)。

## 4 针入式密度检测仪现场使用建议

### 4.1 准备建议

检测时需准备针入式密度检测仪、水密度检测仪(做对照)、针入式检测表、测温枪、石笔。

针入式密度检测仪用来检测针入度。水密度检测仪应对每层材料进行比照性检测, 保证针入式检测仪的准确性。测温枪用来检测施工后的温度。针入式检测表用来统计针

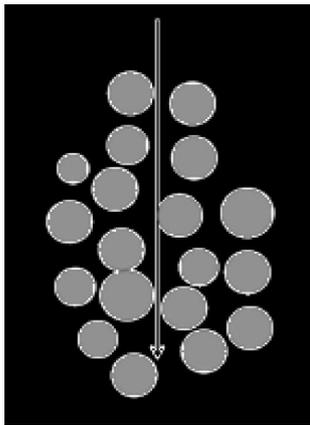


图1 检测针受到材料的摩擦力

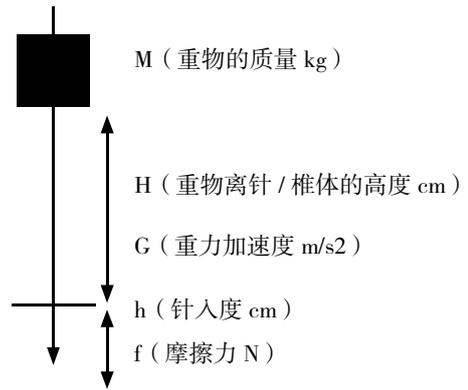


图2 针入式密度检测仪原理图

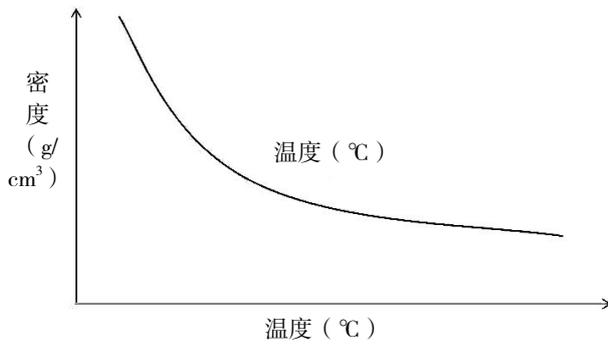


图3 某温度下的针入度和密度曲线

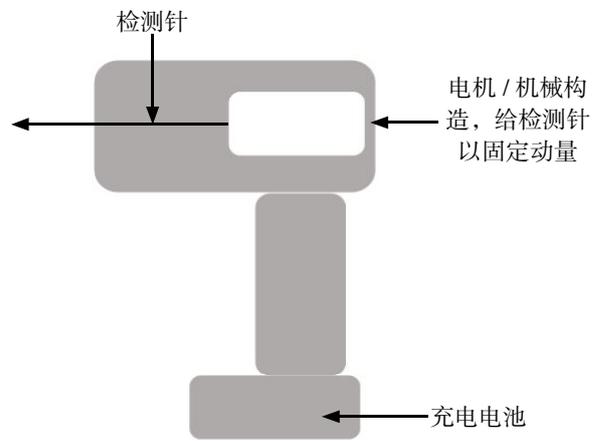


图4 针入式检测仪建议设备

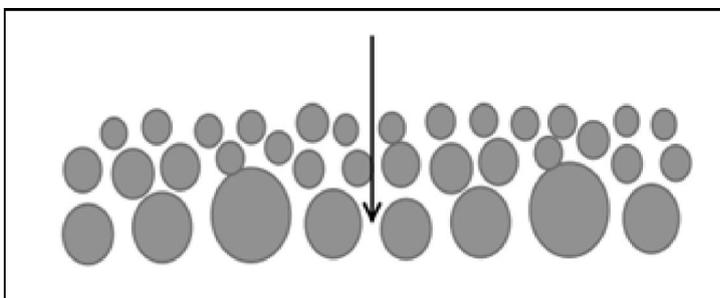


图5 上部偏析

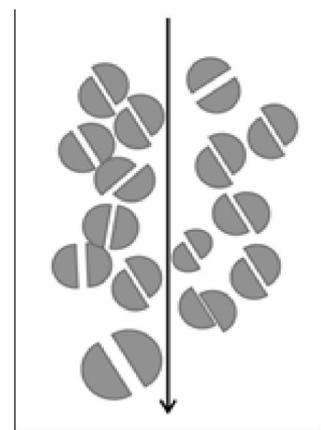


图6 骨料破碎

入度。石笔用来划分不同施工人员的施工范围。

#### 4.2 过程建议

施工过程中，建议施工人员在固定的区域作业，以便监督施工人员的施工质量，责任到人。建议刚开始检测时，尤其是检测曲线刚做好时，每层材料做一次对照，以便校

正检测曲线。

#### 5 结语

铝电解槽施工中长期缺乏有效的质量检测，针入式密度检测方便快捷，应在电解槽施工中广泛推广。