

中华人民共和国国家标准

GB/T 42523—2023

铁矿粉 湿容量的测定方法

Iron ore fines—Determination of moisture capacity

2023-05-23 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国铁矿石与直接还原铁标准化技术委员会(SAC/TC 317)归口。

本文件起草单位：重庆大学、重庆科技学院、山东钢铁股份有限公司莱芜分公司、宝山钢铁股份有限公司、中冶赛迪信息技术(重庆)有限公司、重庆钢铁股份有限公司、成都先进金属材料产业技术研究院股份有限公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司、昆明工业职业技术学院、邯郸钢铁集团有限责任公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：吕学伟、黄青云、游洋、徐健、李刚、梁栋、周茂军、谢皓、王刚、王凯、潘成、杨明睿、胡鹏、吴旺平、赵伟、张晓雷、林安川、侯健、黄小波、武建龙、孙小东、徐灿、陈自斌、朱融、姚前光、向俊一、贺文超、陈美金。

qejc.cn、jcvba.cn、微信qejc2

铁矿粉 湿容量的测定方法

警示——使用本文件的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件并未提出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施,并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本文件描述了铁矿粉湿容量的测定方法。

本文件适用于铁精矿以及粒径大于 10 mm 的质量比不超过 10% 的铁矿粉的湿容量的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1914—2017 化学分析滤纸

GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第 1 部分:金属丝编织网试验筛

GB/T 6005 试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸

GB/T 6730.1 铁矿石 分析用预干燥试样的制备

GB/T 10322.1 铁矿石 取样和制样方法

GB/T 10322.7 铁矿石 粒度分布的筛分测定

GB/T 20565 铁矿石和直接还原铁 术语

3 术语和定义

GB/T 20565 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

湿容量 moisture capacity

矿物在自然堆积的状态下所能保持的最大含水量(物理水)与矿物干料的质量百分比。

注:用百分数(%)表示。

3.2

饱和吸水量 saturated water absorption

矿物在自然堆积的状态下所能保持的最大含水量。

注:单位为克(g)。

3.3

吸水速率 water absorption rate

单位时间内在毛细作用力下进入自然堆积状态下矿物中水的质量。

注:单位为克每秒(g/s)。

3.4

传质系数 mass transfer coefficient

水在颗粒床中受毛细管力作用下单位时间传质的距离。

注：单位为米每秒(m/s)。

4 基本原理

基于动态毛细吸水法,将一定质量范围的干燥样品置于固定床中,以一定的时间间隔测量样品吸水量,待样品质量不再发生变化后,记录该样品的饱和吸水量,通过计算得到样品的湿容量。

5 样品的准备

5.1 一般要求

试验宜在温度、气流和湿度稳定的房间中进行。装样品的容器应选用密闭容器或使用塑料薄膜及其他合适的材料覆盖。为防止铁矿粉湿容量结果可能发生的改变,制样过程中不应对样品粒度及密度造成改变。

5.2 样品的制备

试验样品应按 GB/T 10322.1 的规定进行取样和制样。按 GB/T 6730.1 的规定,试验样品应在 $105\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下干燥至恒重,期间每隔 10 min 将样品混匀再铺平,保证样品去除所有水分并避免发生结块现象,烘干时间不低于 2 h,然后自然冷却至室温,并保存在干燥器中。

5.3 样品总量

试验样品的总量不少于 1 kg,以干基计算。

5.4 样品筛分

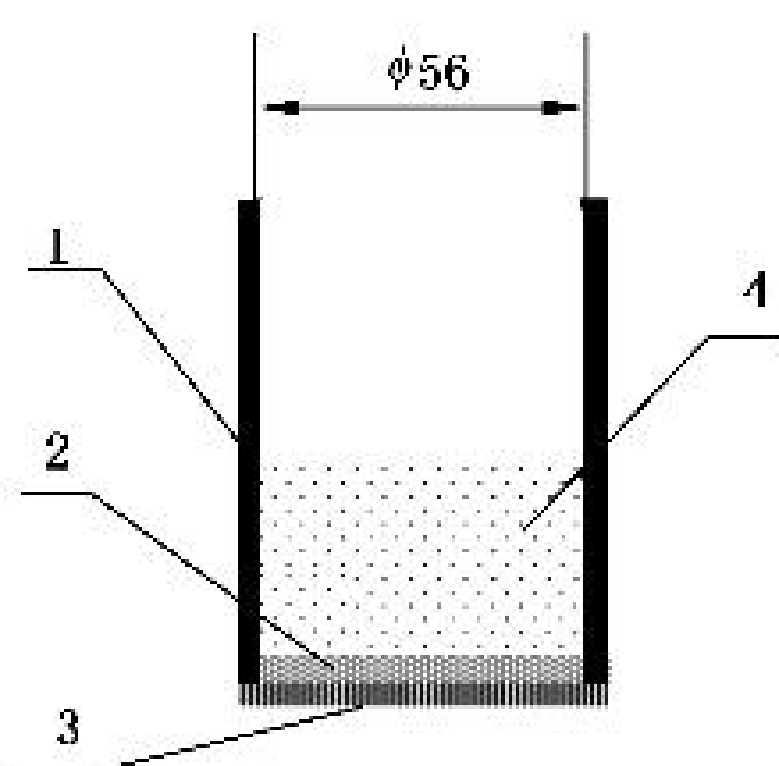
按 GB/T 10322.7 的规定,将筛分产品为 +5.0 mm、-5.0 mm+1.0 mm、-1.0 mm 三级。

6 试验设备

6.1 装样圆筒

装样圆筒结构示意图见图 1,圆筒内径 $\phi 56\text{ mm}$,由钢化玻璃制成。

单位为毫米



标引序号说明:

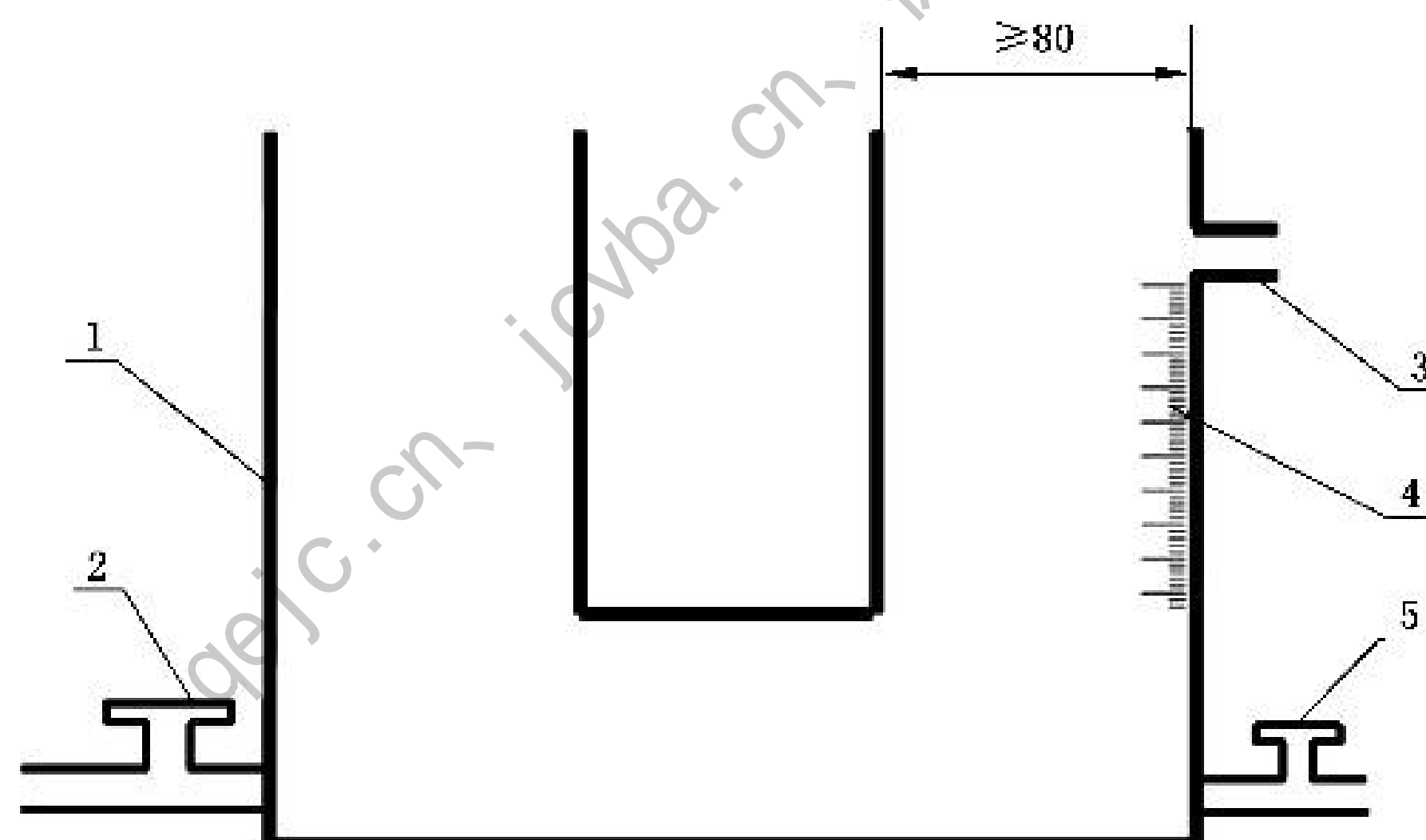
- 1——圆筒;
- 2——定量滤纸;
- 3——孔径为 0.074 mm 的金属丝网;
- 4——铁矿粉样品。

图 1 装样圆筒示意图

6.2 U 型水槽

U 型水槽结构示意图见图 2,由钢化玻璃制成。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——U 型水槽;
- 2——进水口阀门;
- 3——溢流口;
- 4——标尺;
- 5——出水口阀门。

图 2 U 型水槽结构示意图

6.3 鼓风干燥箱

温度能控制在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4 干燥盘

表面光滑、干燥无污染,可容纳规定数量试验样品的器皿。

6.5 电子天平

最大量程不小于 300 g,分度值不低于 0.01 g。

6.6 筛网

孔径 0.074 mm 的金属丝网,符合 GB/T 6003.1 和 GB/T 6005 的规定。

6.7 定量滤纸

201 型快速定量滤纸,符合 GB/T 1914—2017 的规定,直径不小于 56 mm。

6.8 挂钩

能将圆筒悬挂并在水中称重。

7 试验步骤

7.1 试验测定次数

对同一预干燥样品,至少进行两次独立试验。

注:“独立”是指再次及后续任何一次测定结果不受前面测定结果的影响。本分析方法中,此条件意味着在同一实验室,由同一操作员使用相同的设备、按相同的测试方法,在短时间内对同一被测对象独立进行重复测定,包括采用适当的再校准。

7.2 样品量

试验样品为 200 g,精确至 0.01 g,由粗(+5.0 mm)、中等(-5.0 mm + 1.0 mm)、细(-1.0 mm)三级按筛分比例(质量百分比)配制而成,并记为 M_i 。

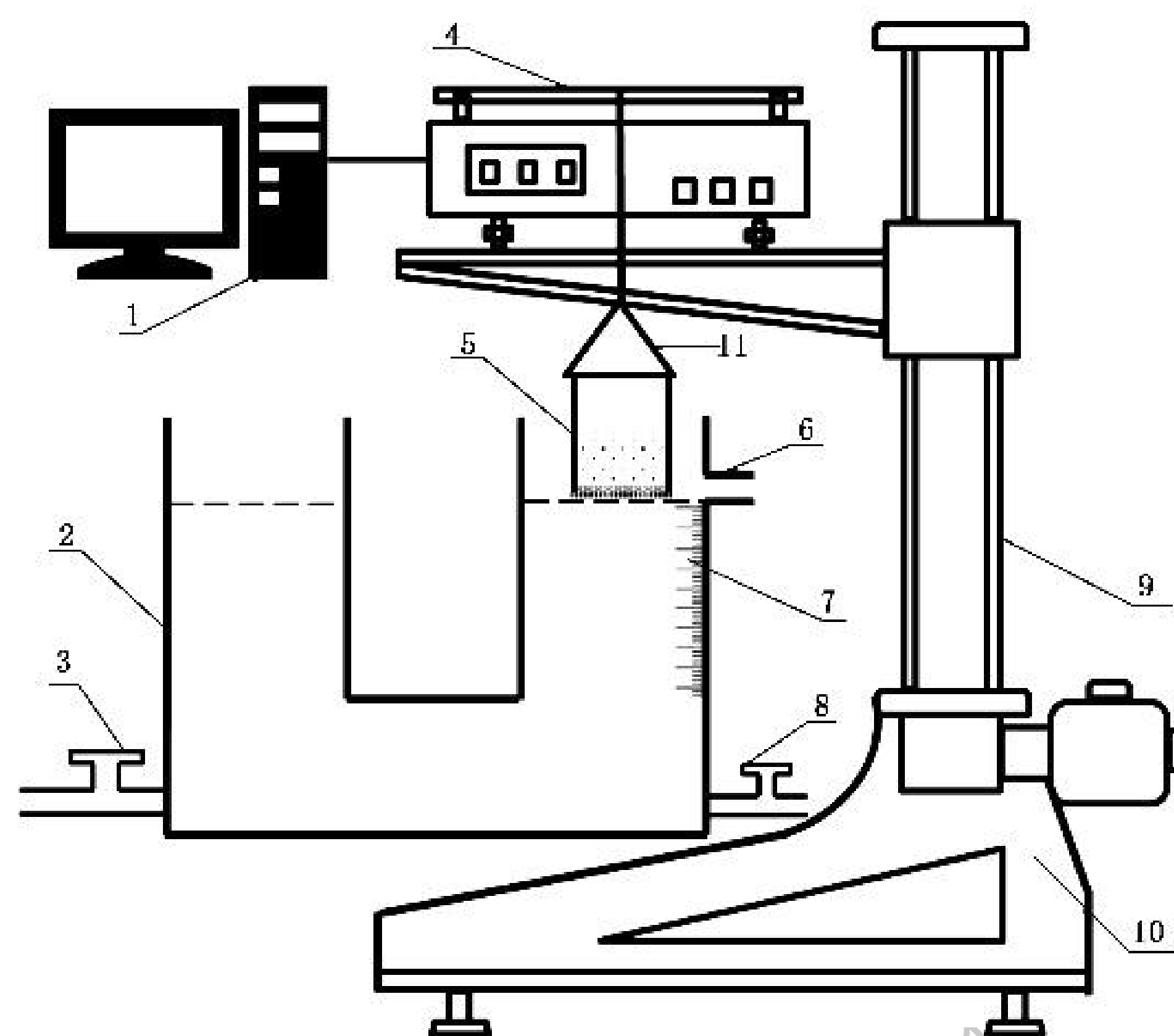
7.3 湿容量测定流程

7.3.1 U 型水槽注水

清洗干净 U 型水槽,关闭出水口阀门,打开进水口阀门,将水槽注满水后调小进水口阀门,保持溢流口流水成细线,避免水面较大的波动。

7.3.2 圆筒的准备

将孔径为 0.074 mm 的金属丝网平整地固定于圆筒一端,用一张快速定量滤纸平铺在圆筒的底部,将圆筒悬挂于电子天平下端的挂钩上,降低升降机构使得圆筒浸泡入水中并刚好没过滤纸,让滤纸吸水完全饱和,调高升降机构,取出圆筒并擦拭掉附着在圆筒以及金属丝网上的水分。将预处理的圆筒再次悬挂于挂钩上,清零电子天平读数。调节升降机构使圆筒与水面接触,在圆筒与水面接触的过程中观察电子天平读数变化,当电子天平读数由开始接触水面的正数逐渐减小时,微调升降机构使得电子天平的读数为零。轻轻取出圆筒,去除附着在圆筒壁以及金属丝网上的水分。重复上述步骤,直至圆筒悬挂在水面上方以及接触水面时电子天平的读数为零,见图 3。经过调整,让圆筒在与水接触的时候浮力和表面张力的作用相抵消,保证读取的数据为圆筒内的实际重量变化。



标引序号说明：

- 1 —— 电脑终端；
- 2 —— U 型水槽；
- 3 —— 进水口阀门；
- 4 —— 电子天平；
- 5 —— 圆筒；
- 6 —— 溢水口；
- 7 —— 标尺；
- 8 —— 出水口阀门；
- 9 —— 升降机构；
- 10 —— 底座；
- 11 —— 挂钩。

图 3 湿容量测试设备结构示意图

7.3.3 装样

保持圆筒相对水槽的液面高度不变条件下，将圆筒取出并除去多余水分，把样品装入圆筒内，使其自然堆积，切勿挤压，轻轻摇晃圆筒并使试料上部平整；装好后挂在电子天平上，保证圆筒底部水平，将天平清零。

7.3.4 湿容量测试

将圆筒浸入水下 h 处，使浸入部分圆筒与样品所受浮力与界面张力平衡，天平重新回到零点。随着时间变化，记录天平数据为 M_t ，当天平数据稳定时（连续两次测量误差不超过 0.1 g，测量时间间隔不少于 10 min），天平最后的示数即为所测矿物的最大吸水量 M_w ，实验结束。 h 值的选择对于准确测量矿物的湿容量有很大的影响。根据公式(1)计算 h 值：

$$h = \frac{4 \cdot \cos\theta \cdot \sigma}{\rho \cdot g \cdot D} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

h —— 圆筒浸入水下的深度，单位为米(m)；

- θ ——水和圆筒的接触角,单位为度($^{\circ}$);
- σ ——水的表面张力,单位为牛每米(N/m);
- ρ ——水的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
- D ——圆筒的直径,单位为米(m)。

8 结果计算

8.1 湿容量的计算

铁矿粉湿容量 m_c 用质量分数(%)表示,按公式(2)计算:

$$m_c = \frac{M_w}{M_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- M_w ——样品的最大吸水量,单位为克(g);
- M_i ——样品的质量,单位为克(g)。

8.2 传质系数的计算

水分透过圆筒底部的筛网和铁矿石颗粒接触,水分在毛细压力的作用下进入矿石颗粒间。根据质量守恒定律,建立吸水过程的平衡方程如下公式(3)所示:

$$\frac{dM_t}{dt} = k \cdot A \cdot \rho \cdot (M_c - M_t/M_i) \quad \dots\dots\dots (3)$$

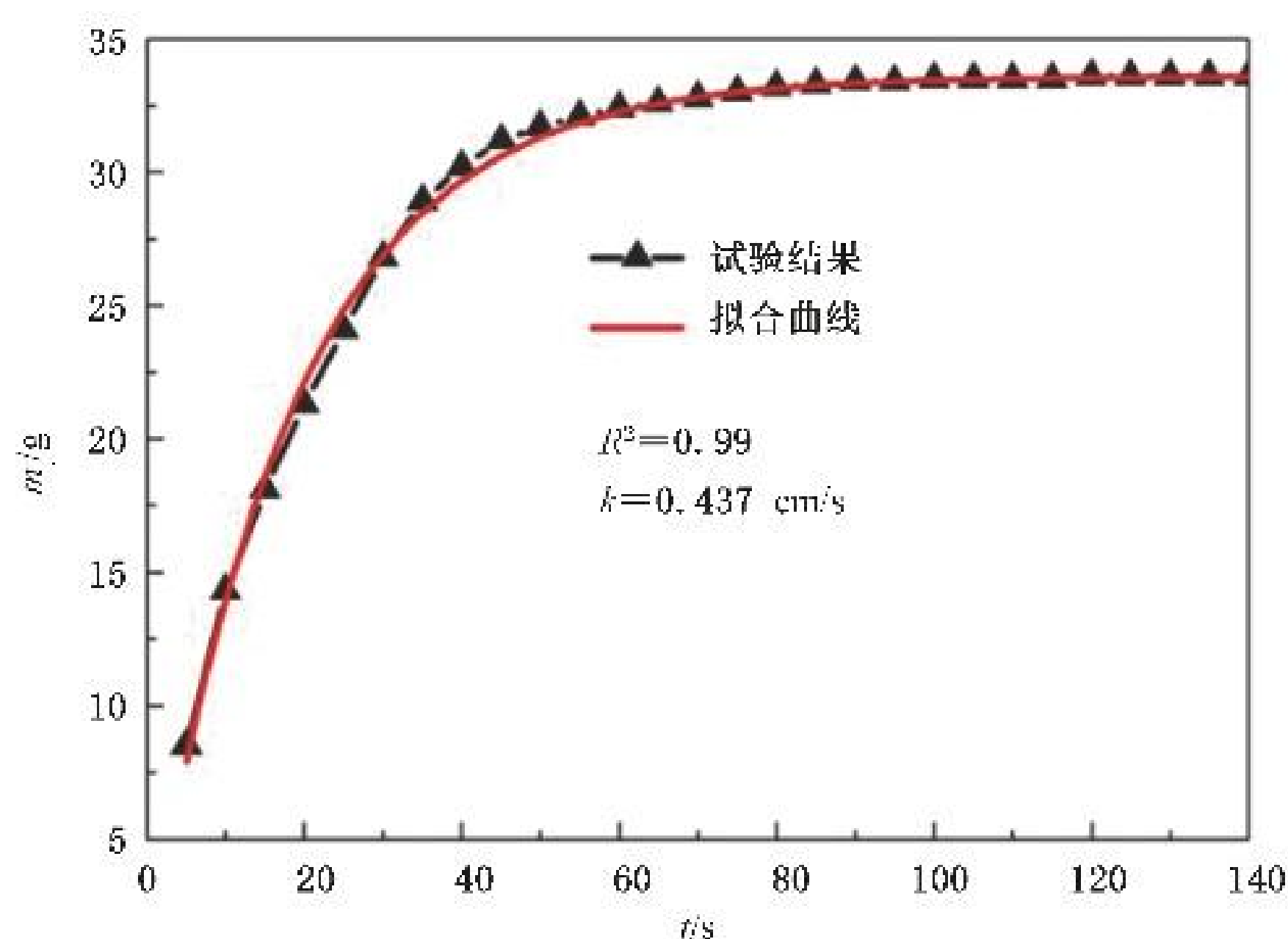
式中:

- M_t ——吸水量,单位为克(g);
- t ——时间,单位为秒(s);
- k ——水的质量传输系数,单位为米每秒(m/s);
- A ——圆筒的横截面积,单位为平方厘米(cm^2);
- ρ ——水的密度,单位为克每立方厘米, (g/cm^3);
- M_c ——湿容量,以质量百分数表示(%);
- M_i ——样品质量,单位为克(g)。

将公式(3)变形后得到公式(4):

$$M_t = M_w (1 - e^{-k \cdot A \cdot \rho \cdot t / M_i}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

每次湿容量测试试验结束后,将 t 时刻吸收的水质量 M_t 作为纵坐标,将时间 t 作为横坐标,构成一条具体的样品吸水量随时间变化曲线,如图 4。将吸水量对时间进行一次求导,即可得到吸水速率。根据公式(4),代入 M_w 、 A 、 ρ 、 M_i ,拟合得到拟合曲线,即可求得水的质量传输系数 k 。

图4 铁矿石吸水量 m_t 随时间 t 的变化曲线

8.3 允许误差和试验次数

铁矿粉湿容量两个试验结果之间的极差的大小,将决定是否需要进行补充试验,极差范围的等级见表1。根据某一测试样品的筛分比例,可将其分为细粒级(≤ 1 mm 粒级占比大于80%)、中等粒级(-5.0 mm + 1.0 mm 粒级占比大于80%)和粗粒级($+5$ mm 粒级占比大于80%)样品,不同粒级样品的极差范围等级如表1所示,其中极差范围等级的确定依据见附录A。

表1 极差范围等级表

极差等级	$x_1 - x_2$		
	A	B	C
细粒级湿容量(质量分数)/%	<0.3	0.3~0.6	>0.6
中等粒级湿容量(质量分数)/%	<0.5	0.5~0.8	>0.8
粗粒级湿容量(质量分数)/%	<0.7	0.7~1	>1

最终试验结果数值的确定程序见 a)~d), 平均值精确到小数点后一位数字:

- a) 如果 $|x_1 - x_2| \leq A$, 则取两次结果的平均值。
- b) 如果 $A \leq |x_1 - x_2| \leq B$, 则进行第三次试验, 得出 x_3 。包括下面四种情况:
 - 1) 如果 $x_{\max} - x_{\min} \leq B$, 则取三个结果的平均值。
 - 2) 如果 $x_{\max} - x_{\min} > B$, 则做第四次试验, 得出 x_4 。
 - 3) 如果 $x_{\max} - x_{\min} \leq C$, 取四次结果的平均值。
 - 4) 如果 $x_{\max} - x_{\min} > C$, 则舍去 x_{\max} 和 x_{\min} , 取其余两个中间值的平均值。
- c) 如果 $B < |x_1 - x_2| \leq C$, 一次就要再做两次试验, 得出 x_3, x_4 。包括下面两种情况:
 - 1) 如果 $x_{\max} - x_{\min} \leq C$, 则取四次结果的平均值。
 - 2) 如果 $x_{\max} - x_{\min} > C$, 则舍去 x_{\max} 和 x_{\min} , 取其余两个中间值的平均值。
- d) $|x_1 - x_2| > C$, 则一次就要再做两次试验, 得出 x_3 和 x_4 , 舍去其中的 x_{\max} 和 x_{\min} , 取其余两个中间值的平均值。

x_1, x_2, x_3 和 x_4 分别为第一次、第二次、第三次和第四次试验的结果。 x_{\max} 和 x_{\min} 分别为本次检验的3个或4个结果中的最大值和最小值。

9 试验报告

试验报告应包括下列信息：

- a) 测试实验室名称和地址；
- b) 试验报告发布日期；
- c) 本文件的编号；
- d) 试样本身必要的详细说明；
- e) 分析结果。

qejc.cn、jcvba.cn、微信qejc21

附 录 A
(资料性)
极差范围等级原始数据

铁矿粉湿容量两个试验结果之间的极差的大小,将决定是否需要进行补充试验。根据某一测试样品的筛分比例,可将其分为粗粒级、中等粒级、细粒级样品。

细粒级铁矿石的实验数据如图 A.1 和表 A.1 所示,从表 A.1 可以看出,50%以上的实验值与平均值的差值在 0.3 以下,30%以上的差值在 0.6 以上。故等级划分如下:实验值与平均值的差值小于 0.3 为等级 A,0.3~0.6 为等级 B,大于 0.6 为等级 C。

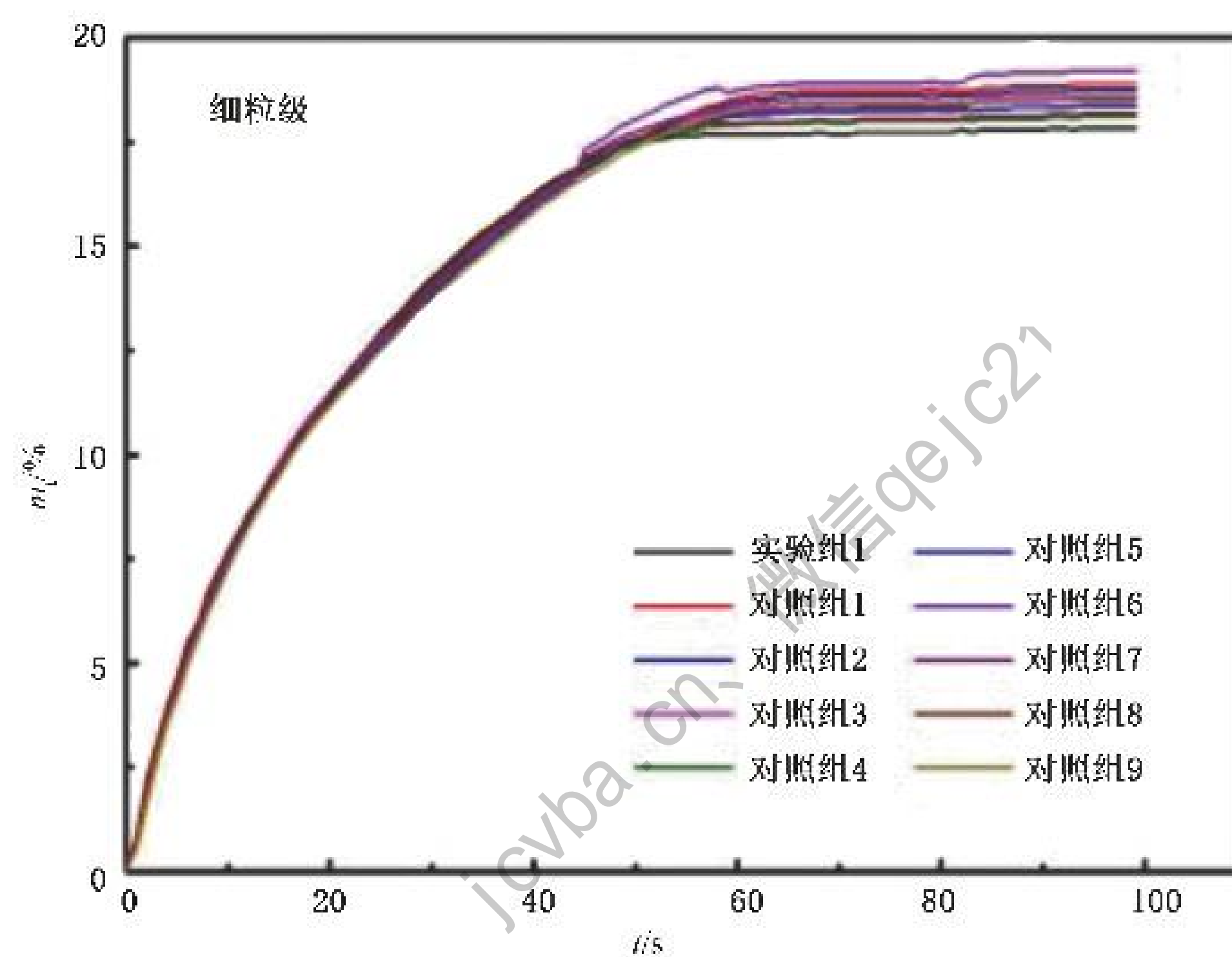


图 A.1 细粒级铁矿石吸水量随时间变化曲线

表 A.1 细粒级铁矿石的湿容量

实验编号	实验组 1	对照组 1	对照组 2	对照组 3	对照组 4	对照组 5	对照组 6	对照组 7	对照组 8	对照组 9
湿容量/%	17.85	18.90	18.38	18.64	18.11	18.77	19.22	18.53	18.19	18.58
与平均值差值的绝对值/%	0.67	0.38	0.14	0.12	0.64	0.25	0.70	0.02	0.33	0.07

中等粒级铁矿石的实验数据如图 A.2 和表 A.2 所示,从表 A.2 可以看出,有 50%以上的实验值与平均值的差值在 0.5 以下,30%以上的差值在 0.8 以上。故等级划分如下:实验值与平均值的差值小于 0.5 为等级 A,0.5~0.8 为等级 B,大于 0.8 为等级 C。

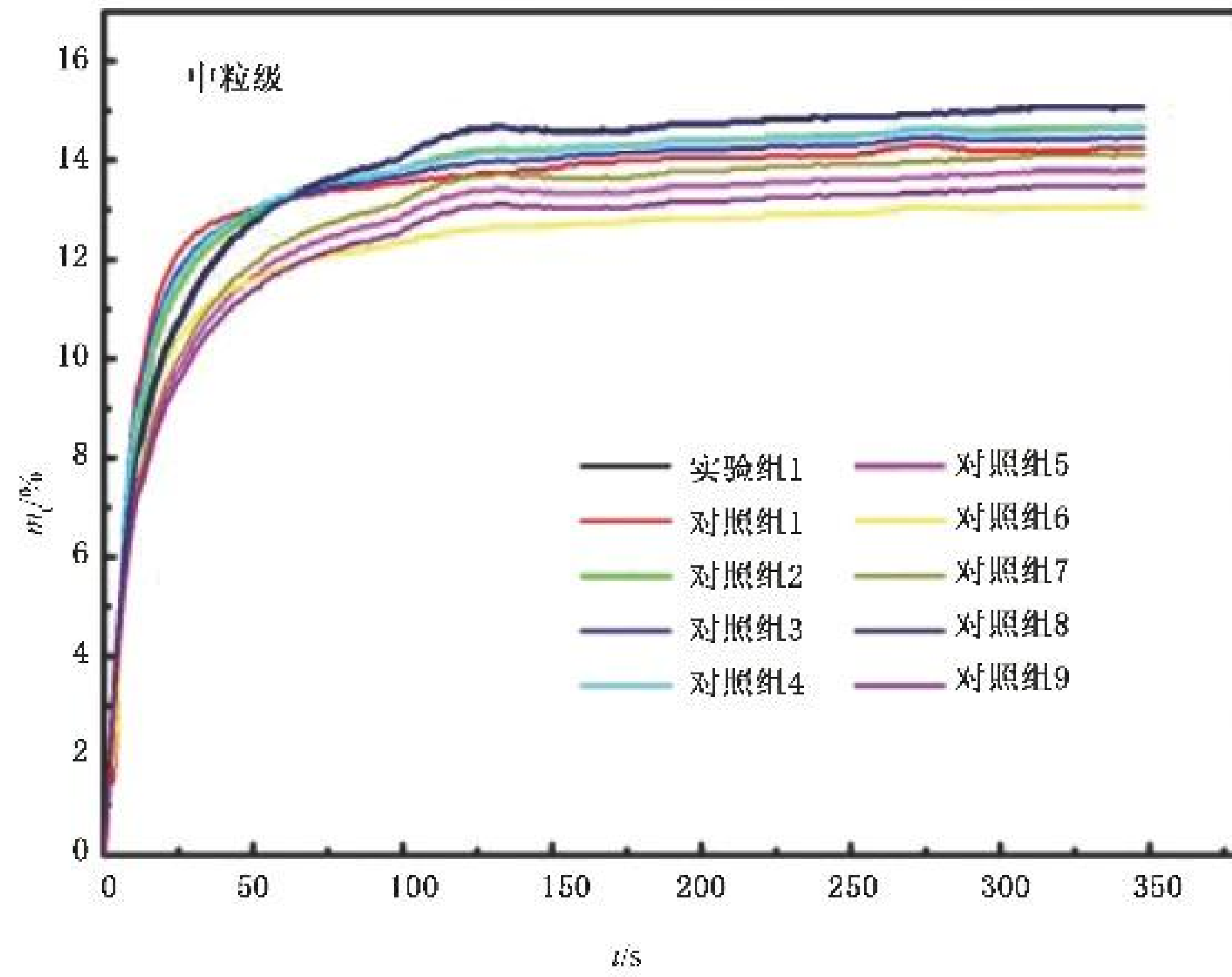


图 A.2 中等粒级铁矿石吸水量随时间变化曲线

表 A.2 中等粒级铁矿石的湿容量

实验编号	实验组 1	对照组 1	对照组 2	对照组 3	对照组 4	对照组 5	对照组 6	对照组 7	对照组 8	对照组 9
湿容量/%	15.10	14.25	14.68	14.47	14.64	13.80	13.07	14.11	15.07	13.48
与平均值差值的绝对值/%	0.83	0.02	0.41	0.20	0.37	0.52	1.20	0.15	0.80	0.78

粗粒级铁矿石的实验数据如图 A.3 和表 A.3 所示,从表 A.3 可以看出,有 50% 以上的实验值与平均值的差值在 0.7 以下,30% 以上的差值在 1.0 以上。故等级划分如下:实验值与平均值的差值小于 0.7 为等级 A,0.7~1.0 为等级 B,大于 1.0 等级 C。

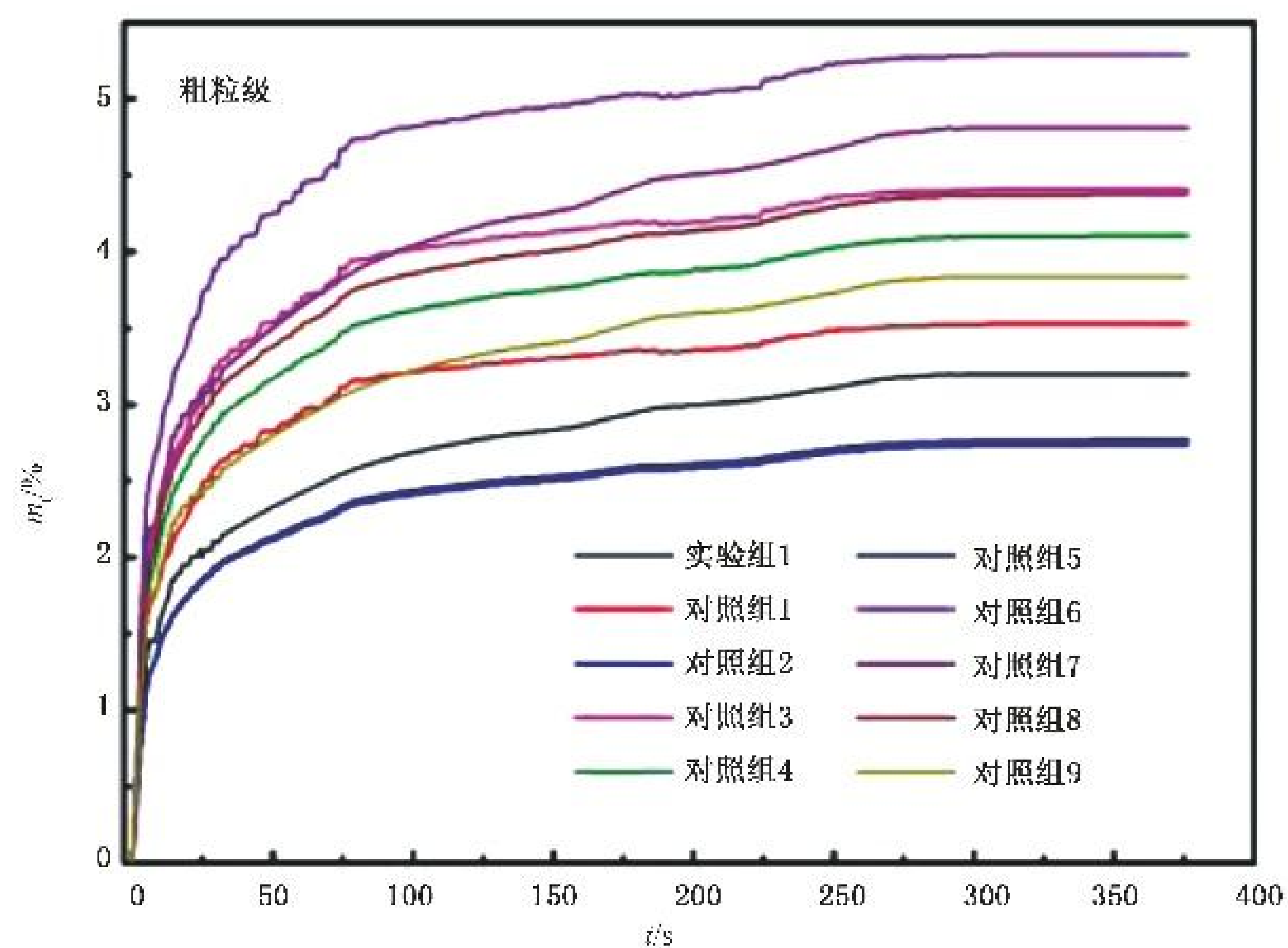


图 A.3 粗粒级铁矿石吸水量随时间变化曲线

表 A.3 粗粒级铁矿石的湿容量

实验编号	实验组 1	对照组 1	对照组 2	对照组 3	对照组 4	对照组 5	对照组 6	对照组 7	对照组 8	对照组 9
湿容量/%	3.20	3.53	2.74	4.41	4.11	2.77	5.29	4.81	4.38	3.84
与平均值差值的绝对值/%	0.71	0.38	1.17	0.50	0.20	1.14	1.39	0.90	0.47	0.07