

7 抗氯离子渗透试验

7.1 快速氯离子迁移系数法(或称 RCM 法)

7.1.1 本方法适用于以测定氯离子在混凝土中非稳态迁移的迁移系数来确定混凝土抗氯离子渗透性能。

7.1.2 试验所用试剂、仪器设备、溶液和指示剂应符合下列规定:

1 试剂应符合下列规定:

- 1) 溶剂应采用蒸馏水或去离子水。
- 2) 氢氧化钠应为化学纯。
- 3) 氯化钠应为化学纯。
- 4) 硝酸银应为化学纯。
- 5) 氢氧化钙应为化学纯。

2 仪器设备应符合下列规定:

- 1) 切割试件的设备应采用水冷式金刚石锯或碳化硅锯。
- 2) 真空容器应至少能够容纳 3 个试件。
- 3) 真空泵应能保持容器内的气压处于(1~5)kPa。
- 4) RCM 试验装置(图 7.1.2)采用的有机硅橡胶套的内径和外径应分别为 100mm 和 115mm, 长度应为 150mm。夹具应采用不锈钢环箍, 其直径范围应为(105~115)mm、宽度应为 20mm。阴极试验槽可采用尺寸为 370mm×270mm×280mm 的塑料箱。阴极板应采用厚度为(0.5±0.1)mm、直径不小于 100mm 的不锈钢板。阳极板应采用厚度为 0.5mm、直径为(98±1)mm 的不锈钢网或带孔的不锈钢板。支架应由硬塑料板制成。处于试件和阴极板之间的支架头高度应为(15~20)mm。RCM 试验装置还应符合现

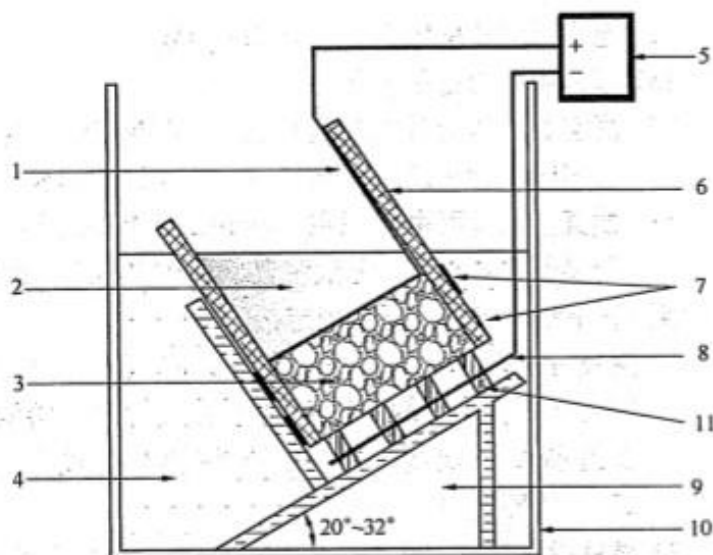


图 7.1.2 RCM 试验装置示意图

1—阳极板；2—阳极溶液；3—试件；4—阴极溶液；5—直流稳压电源；6—有机硅橡胶套；7—环箍；8—阴极板；9—支架；10—阴极试验槽；11—支撑头

行行业标准《混凝土氯离子扩散系数测定仪》JG/T 262 的有关规定。

- 5) 电源应能稳定提供(0~60)V 的可调直流电，精度应为 ± 0.1 V，电流应为(0~10)A。
- 6) 电表的精度应为 ± 0.1 mA。
- 7) 温度计或热电偶的精度应为 ± 0.2 ℃。
- 8) 喷雾器应适合喷洒硝酸银溶液。
- 9) 游标卡尺的精度应为 ± 0.1 mm。
- 10) 尺子的最小刻度应为 1mm。
- 11) 水砂纸的规格应为(200~600)号。
- 12) 细锉刀可为备用工具。
- 13) 扭矩扳手的扭矩范围应为(20~100)N·m，测量允许误差为 $\pm 5\%$ 。

- 14) 电吹风的功率应为(1000~2000)W。
- 15) 黄铜刷可为备用工具。
- 16) 真空表或压力计的精度应为 $\pm 665\text{Pa}$ (5mmHg 柱), 量程应为(0~13300)Pa(0~100mmHg 柱)。
- 17) 抽真空设备可由体积在 1000mL 以上的烧杯、真空干燥器、真空泵、分液装置、真空表等组合而成。
- 3 溶液和指示剂应符合下列规定:
 - 1) 阴极溶液应为 10%质量浓度的 NaCl 溶液, 阳极溶液应为 0.3 mol/L 摩尔浓度的 NaOH 溶液。溶液应至少提前 24h 配制, 并应密封保存在温度为(20~25) $^{\circ}\text{C}$ 的环境中。
 - 2) 显色指示剂应为 0.1 mol/L 浓度的 AgNO_3 溶液。
- 7.1.3 RCM 试验所处的试验室温度应控制在(20~25) $^{\circ}\text{C}$ 。
- 7.1.4 试件制作应符合下列规定:
 - 1 RCM 试验用试件应采用直径为(100 \pm 1)mm, 高度为(50 \pm 2)mm 的圆柱体试件。
 - 2 在试验室制作试件时, 宜使用 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ 试模。骨料最大公称粒径不宜大于 25mm。试件成型后应立即用塑料薄膜覆盖并移至标准养护室。试件应在(24 \pm 2)h 内拆模, 然后应浸没于标准养护室的水池中。
 - 3 试件的养护龄期宜为 28d。也可根据设计要求选用 56d 或 84d 养护龄期。
 - 4 应在抗氯离子渗透试验前 7d 加工成标准尺寸的试件。当使用 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 试件时, 应从试件中部切取高度为(50 \pm 2)mm 的圆柱体作为试验用试件, 并应将靠近浇筑面的试件端面作为暴露于氯离子溶液中的测试面。当使用 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ 试件时, 应先将试件从正中间切成相同尺寸的两部分($\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$), 然后应从两部分中各切取一个高度为(50 \pm 2)mm 的试件, 并应将第一次的切口面作为暴露于氯离子溶液中的测试面。
 - 5 试件加工后应采用水砂纸和细锉刀打磨光滑。

6 加工好的试件应继续浸没于水中养护至试验龄期。

7.1.5 RCM 法试验应按下列步骤进行：

1 首先应将试件从养护池中取出来，并将试件表面的碎屑刷洗干净，擦干试件表面多余的水分。然后应采用游标卡尺测量试件的直径和高度，测量应精确到 0.1mm。应将试件在饱和面干状态下置于真空容器中进行真空处理。应在 5min 内将真空容器中的气压减少至(1~5)kPa，并应保持该真空度 3h，然后在真空泵仍然运转的情况下，将用蒸馏水配制的饱和氢氧化钙溶液注入容器，溶液高度应保证将试件浸没。在试件浸没 1h 后恢复常压，并应继续浸泡(18±2)h。

2 试件安装在 RCM 试验装置前应采用电吹风冷风档吹干，表面应干净，无油污、灰砂和水珠。

3 RCM 试验装置的试验槽在试验前应用室温凉开水冲洗干净。

4 试件和 RCM 试验装置(图 7.1.2)准备好以后，应将试件装入橡胶套内的底部，应在与试件齐高的橡胶套外侧安装两个不锈钢环箍(图 7.1.5)，每个箍高度应为 20mm，并应拧紧环箍上的螺栓至扭矩(30±2)N·m，使试件的圆柱侧面处于密封状态。

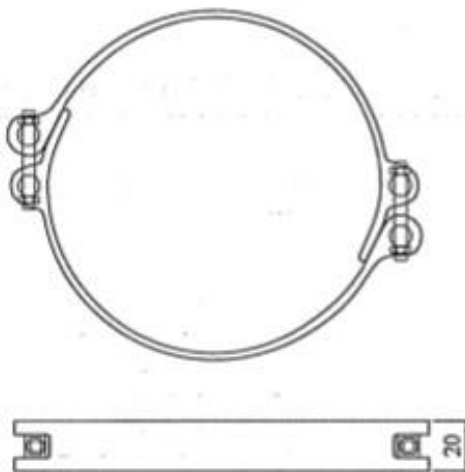


图 7.1.5 不锈钢环箍(mm)

当试件的圆柱曲面可能有造成液体渗漏的缺陷时，应以密封剂保持其密封性。

5 应将装有试件的橡胶套安装到试验槽中，并安装好阳极板。然后应在橡胶套中注入约 300mL 浓度为 0.3mol/L 的 NaOH 溶液，并应使阳极板和试件表面均浸没于溶液中。应在阴极试验槽中注入 12L 质量浓度为 10% 的 NaCl 溶液，并应使其液面与橡胶套中的 NaOH 溶液的液面齐平。

6 试件安装完成后，应将电源的阳极(又称正极)用导线连至橡胶筒中阳极板，并将阴极(又称负极)用导线连至试验槽中的阴极板。

7.1.6 电迁移试验应按下列步骤进行：

1 首先应打开电源，将电压调整到 $(30 \pm 0.2)V$ ，并应记录通过每个试件的初始电流。

2 后续试验应施加的电压(表 7.1.6 第二列)应根据施加 30V 电压时测量得到的初始电流值所处的范围(表 7.1.6 第一列)决定。应根据实际施加的电压，记录新的初始电流。应按照新的初始电流值所处的范围(表 7.1.6 第三列)，确定试验应持续的时间(表 7.1.6 第四列)。

3 应按照温度计或者电热偶的显示读数记录每一个试件的阳极溶液的初始温度。

表 7.1.6 初始电流、电压与试验时间的关系

初始电流 I_{30V} (用 30V 电压)(mA)	施加的电压 U (调整后)(V)	可能的新初始电流 I_0 (mA)	试验持续时间 t (h)
$I_0 < 5$	60	$I_0 < 10$	96
$5 \leq I_0 < 10$	60	$10 \leq I_0 < 20$	48
$10 \leq I_0 < 15$	60	$20 \leq I_0 < 30$	24
$15 \leq I_0 < 20$	50	$25 \leq I_0 < 35$	24
$20 \leq I_0 < 30$	40	$25 \leq I_0 < 40$	24

续表 7.1.6

初始电流 I_{30V} (用 30V 电压)(mA)	施加的电压 U (调整后)(V)	可能的新初始电流 I_0 (mA)	试验持续时间 t (h)
$30 \leq I_0 < 40$	35	$35 \leq I_0 < 50$	24
$40 \leq I_0 < 60$	30	$40 \leq I_0 < 60$	24
$60 \leq I_0 < 90$	25	$50 \leq I_0 < 75$	24
$90 \leq I_0 < 120$	20	$60 \leq I_0 < 80$	24
$120 \leq I_0 < 180$	15	$60 \leq I_0 < 90$	24
$180 \leq I_0 < 360$	10	$60 \leq I_0 < 120$	24
$I_0 \geq 360$	10	$I_0 \geq 120$	6

4 试验结束时, 应测定阳极溶液的最终温度和最终电流。

5 试验结束后应及时排除试验溶液。应用黄铜刷清除试验槽的结垢或沉淀物, 并应用饮用水和洗涤剂将试验槽和橡胶套冲洗干净, 然后用电吹风的冷风档吹干。

7.1.7 氯离子渗透深度测定应按下列步骤进行:

1 试验结束后, 应及时断开电源。

2 断开电源后, 应将试件从橡胶套中取出, 并应立即用自来水将试件表面冲洗干净, 然后应擦去试件表面多余水分。

3 试件表面冲洗干净后, 应在压力试验机上沿轴向劈成两个半圆柱体, 并应在劈开的试件断面立即喷涂浓度为 0.1 mol/L 的 AgNO_3 溶液显色指示剂。

4 指示剂喷洒约 15min 后, 应沿试件直径断面将其分成 10 等份, 并应用防水笔描出渗透轮廓线。

5 然后应根据观察到的明显的颜色变化, 测量显色分界线 (图 7.1.7) 离试件底面的距离, 精确至 0.1mm。

6 当某一测点被骨料阻挡, 可将此测点位置移动到最近未被骨料阻挡的位置进行测量, 当某测点数据不能得到, 只要总测点数多于 5 个, 可忽略此测点。

7 当某测点位置有一个明显的缺陷, 使该点测量值远大于

各测点的平均值，可忽略此测点数据，但应将这种情况在试验记录 and 报告中注明。

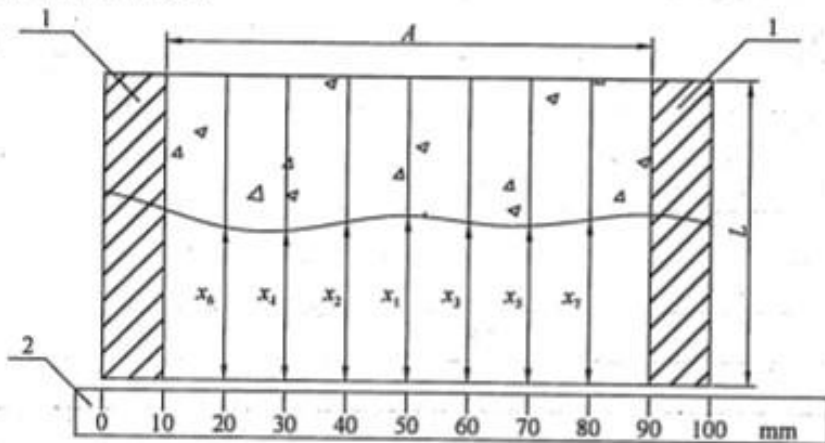


图 7.1.7 显色分界线位置编号

1—试件边缘部分；2—尺子；A—测量范围；L—试件高度

7.1.8 试验结果计算及处理应符合下列规定:

1 混凝土的非稳态氯离子迁移系数应按下式进行计算:

$$D_{RCM} = \frac{0.0239 \times (273 + T)L}{(U - 2)t} \left(X_d - 0.0238 \sqrt{\frac{(273 + T)LX_d}{U - 2}} \right) \quad (7.1.8)$$

式中: D_{RCM} ——混凝土的非稳态氯离子迁移系数, 精确到 $0.1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$;

U ——所用电压的绝对值(V);

T ——阳极溶液的初始温度和结束温度的平均值($^{\circ}\text{C}$);

L ——试件厚度(mm), 精确到 0.1mm;

X_d ——氯离子渗透深度的平均值(mm),精确到0.1mm;

t ——试验持续时间(h)。

2 每组应以 3 个试样的氯离子迁移系数的算术平均值作为该组试件的氯离子迁移系数测定值。当最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15% 时, 应剔除此值, 再取其余两值的平均

值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间值的 15% 时，应取中间值作为测定值。