

ICS 27.140

P 59

备案号: J1753—2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5151 — 2014

代替 DL / T 5151 — 2001

水工混凝土砂石骨料试验规程

Code for testing aggregates of hydraulic concrete

2014-03-18 发布

2014-08-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水工混凝土砂石骨料试验规程

Code for testing aggregates of hydraulic concrete

DL/T 5151 — 2014

代替 DL/T 5151 — 2001

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2014 年 8 月 1 日

中国电力出版社

2014 北 京

中华人民共和国电力行业标准
水工混凝土砂石骨料试验规程

Code for testing aggregates of hydraulic concrete

DL/T 5151 — 2014

代替 DL/T 5151 — 2001

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2014年12月第一版 2014年12月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 3.5印张 83千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2118 定价 **29.00** 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本规程是根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2009〕163 号）的要求，对 DL/T 5151—2001《水工混凝土砂石骨料试验规程》进行的修订。

本规程修订过程中，编制组经过广泛调查研究，总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本规程共分 5 章，主要技术内容包括总则、术语、细骨料、粗骨料、骨料碱活性。

本次修订的主要技术内容包括：

- 增加“术语”一章。
- 增加人工砂饱和面干吸水率（湿痕法和试模法）、石粉含量、亚甲蓝 *MB* 值 4 种测试方法。
- 增加砂料表观密度试验（容量瓶法）。
- 增加采用工程用原材料和混凝土试件进行的“碱骨料反应抑制措施有效性试验（混凝土棱柱体法）”。
- 删除骨料碱活性检验化学法。
- 将骨料筛由圆孔筛改为方孔筛。
- 将采用硬质石英玻璃骨料进行的“抑制骨料碱活性效能试验”改为采用工程用骨料和水泥进行的“碱骨料反应抑制措施有效性试验（砂浆棒快速法）”。
- 完善骨料碱活性检验岩相法等。

本规程由中国电力企业联合会提出。

本规程由电力行业水电施工标准化技术委员会归口。

本规程主编单位：南京水利科学研究院、中国水利水电科学研究院。

DL/T 5151 — 2014

本规程参编单位：长江科学院、中国水电顾问集团成都勘测设计研究院、中国长江三峡集团公司、中国水利水电第七工程局有限公司。

本规程主要起草人：蔡跃波、纪国晋、丁建彤、杨华全、李光伟、李文伟、杨森。

本规程主要审查人：方坤河、许松林、梅锦煜、楚跃先、汪毅、张建华、何金荣、孙来成、谭恺炎、康明华、林志重、郑桂斌、谢凯军、陈文耀、施正友、叶明、涂怀建、伍一、钟彦祥、李秋生、朱镜芳、何小雄、吴秀荣。

本规程代替 DL/T 5151—2001。

DL/T 5151 于 2001 年首次发布，本次为第一次修订。

本规程在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目 次

前言	I
1 总则	1
2 术语	2
3 细骨料	5
3.1 砂料颗粒级配试验	5
3.2 砂料表观密度及吸水率试验	7
3.3 人工砂饱和面干吸水率试验（湿痕法）	11
3.4 人工砂饱和面干吸水率试验（试模法）	12
3.5 砂料表观密度试验（李氏瓶法）	13
3.6 砂料表观密度试验（容量瓶法）	15
3.7 砂料含水率及表面含水率试验	17
3.8 砂料表面含水率试验	18
3.9 砂料堆积密度及空隙率试验	20
3.10 人工砂石粉含量试验	22
3.11 人工砂亚甲蓝 <i>MB</i> 值试验	23
3.12 砂料黏土、淤泥及细屑含量试验	26
3.13 砂料泥块含量试验	27
3.14 砂料有机质含量试验	28
3.15 砂料云母含量试验	29
3.16 砂石料硫酸盐、硫化物含量试验	30
3.17 砂料轻物质含量试验	32
3.18 砂料坚固性试验	34
4 粗骨料	37
4.1 卵石或碎石颗粒级配试验	37
4.2 卵石或碎石表观密度及吸水率试验	38

DL/T 5151 — 2014

4.3	卵石或碎石表面含水率试验	40
4.4	卵石或碎石堆积密度及空隙率试验	41
4.5	卵石或碎石含泥量试验	43
4.6	卵石或碎石泥块含量试验	45
4.7	卵石有机质含量试验	46
4.8	卵石或碎石针片状颗粒含量试验	47
4.9	卵石或碎石超逊径颗粒含量试验	50
4.10	卵石软弱颗粒含量试验	51
4.11	卵石或碎石压碎指标试验	52
4.12	岩石抗压强度及软化系数试验	54
4.13	卵石或碎石坚固性试验	55
4.14	卵石或碎石抗磨损试验	57
5	骨料碱活性	61
5.1	骨料碱活性检验（岩相法）	61
5.2	骨料碱活性检验（砂浆棒长度法）	67
5.3	碳酸盐骨料的碱活性检验	70
5.4	骨料碱活性检验（砂浆棒快速法）	72
5.5	骨料碱活性检验（混凝土棱柱体法）	75
5.6	碱骨料反应抑制措施有效性试验（砂浆棒快速法）	78
5.7	碱骨料反应抑制措施有效性试验（混凝土棱柱体法）	80
	本规程用词说明	82
	引用标准名录	83
	附：条文说明	85

Contents

Foreword	I
1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Fine Aggregates	5
3.1 Test for Sieve Analysis of Sand	5
3.2 Test for Apparent Density and Water Absorption of Sand	7
3.3 Test for Saturated Surface Dry Absorption of Manufactured Sand (Wet Mark Method)	11
3.4 Test for Saturated Surface Dry Absorption of Manufactured Sand (Cone Method)	12
3.5 Test for Apparent Density of Sand (Le Chatelier Flask Method)	13
3.6 Test for Apparent Density of Sand (Pycnometer Flask Method)	15
3.7 Test for Moisture Content and Surface Moisture Content of Sand	17
3.8 Test for Surface Moisture Content of Sand	18
3.9 Test for Bulk Density and Voids in Sand	20
3.10 Test for Stone Powder Content of Manufactured Sand	22
3.11 Test for Methylene Blue Value of Manufactured Sand	23
3.12 Test for Materials Finer than 0.08mm Sieve in Sand	26
3.13 Test for Clay Lumps and Friable Particles in Sand	27
3.14 Test for Organic Impurities in Sand	28
3.15 Test for Mica Content in Sand	29
3.16 Test for Sulfate and Sulfide Contents in Aggregates	30
3.17 Test for Lightweight Particles in Sand	32
3.18 Test for Soundness of Sand	34
4 Coarse Aggregates	37

DL / T 5151 — 2014

4.1	Test for Sieve Analysis of Coarse Aggregates	37
4.2	Test for Apparent Density and Water Absorption of Coarse Aggregates	38
4.3	Test for Surface Moisture Content of Coarse Aggregates	40
4.4	Test for Bulk Density and Voids in Coarse Aggregates	41
4.5	Test for Materials Finer than 0.080mm Sieve in Coarse Aggregates	43
4.6	Test for Clay Lumps in Coarse Aggregates	45
4.7	Test for Organic Impurities in Cobble Aggregates	46
4.8	Test for Elongated or Flat Particles Content in Coarse Aggregates	47
4.9	Test for Oversized and Undersized Particles Content in Coarse Aggregates	50
4.10	Test for Friable Particles in Cobble Aggregates	51
4.11	Test for Crushing Index of Coarse Aggregates	52
4.12	Test for Compressive Strength and Softening Coefficient of Rock	54
4.13	Test for Soundness of Coarse Aggregates	55
4.14	Test for Resistance to Degradation of Coarse Aggregates by Abrasion and Impact	57
5	Alkali Reactivity of Aggregates	61
5.1	Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregate (Petrographic Method)	61
5.2	Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregate (Mortar Bar Test Method)	67
5.3	Test for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Aggregate	70
5.4	Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregate (Accelerated Mortar Bar Test Method)	72
5.5	Test for Potential Alkali Reactivity of Aggregate (Concrete Prism Test Method)	75
5.6	Test for Effectiveness of Preventive Measures against Alkali-Aggregate Reaction (Accelerated Mortar Bar Test Method)	78

5.7 Test for Effectiveness of Preventive Measures against Alkali-Aggregate Reaction (Concrete Prism Test Method)	80
Explanation of Wording in this Code	82
List of Quoted Standards	83
Addition: Explanation of Provisions	85

1 总 则

1.0.1 为保证水工混凝土砂石骨料质量,规范砂石骨料试验方法,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水工混凝土用天然或人工砂石骨料试验。

1.0.3 水工混凝土砂石骨料试验除应执行本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 饱和面干 saturated-surface-dry

骨料在水中浸泡特定时间后,颗粒中可被水渗入的孔隙都被水充满,但颗粒表面没有自由水的状态。

2.0.2 饱和面干吸水率 saturated-surface-dry water absorption

骨料在规定的时间内吸水至饱和面干状态时的含水量,以占干燥骨料或饱和面干骨料质量的百分比表示。

2.0.3 含水率 moisture content

骨料中可以干燥蒸发的含水量,以占干燥骨料或饱和面干骨料质量的百分比表示。

2.0.4 表面含水率 surface moisture content

以饱和面干骨料为基准的含水率扣除饱和面干吸水率之后剩下的含水率。

2.0.5 表观密度 apparent density

干燥或饱和面干骨料颗粒单位体积(包括内封闭孔隙)的质量。

2.0.6 紧密密度 compacted bulk density

骨料按规定方法颠实后单位体积(包括骨料颗粒之间的空隙)的质量。

2.0.7 堆积密度 uncompact bulk density

骨料在自然堆积状态下单位体积(包括骨料颗粒之间的空隙)的质量。

2.0.8 含泥量 material finer than 0.08mm sieve

骨料中粒径小于 0.08mm 的颗粒含量,包括黏土、淤泥及细屑。

2.0.9 石粉含量 stone powder content

人工骨料中粒径小于 0.16mm,且其矿物组成和化学组成与被

加工母岩相同的颗粒含量。

2.0.10 亚甲蓝 MB 值 methylene blue value

用于判定人工砂中粒径小于 0.08mm 颗粒的吸附性能的指标。

2.0.11 砂的泥块含量 percent of clay lumps and friable particles in sand

砂中粒径大于 1.25mm，经水浸洗、手捏后变成小于 0.63mm 的颗粒含量。

2.0.12 粗骨料的泥块含量 percent of clay lumps and friable particles in coarse aggregate

粗骨料中粒径大于 5.00mm，经水浸洗、手捏后变成小于 2.50mm 的颗粒含量。

2.0.13 坚固性 soundness

骨料在自然风化或其他外界物理化学因素作用下抵抗破裂的能力。

2.0.14 轻物质 lightweight particles

砂中表观密度小于 2000kg/m³ 的物质。

2.0.15 针、片状颗粒 elongated or flat particles

凡岩石颗粒的长度大于该颗粒所属粒径的平均粒径 2.4 倍者为针状颗粒；厚度小于平均粒径 0.4 倍者为片状颗粒。平均粒径指该粒径上、下限的平均值。

2.0.16 超逊径颗粒 oversize or undersize particles

在某一粒径的粗骨料中，大于超逊径筛筛孔尺寸上限（相当于该粒径上限的 1.15 倍~1.18 倍）的称为超径颗粒，小于超逊径筛筛孔尺寸下限（相当于该粒径下限的 0.80 倍~0.85 倍）的称为逊径颗粒。

2.0.17 压碎指标 crushing value

碎石或卵石抵抗压碎的能力。

2.0.18 碱—骨料反应 alkali-aggregate reaction

硬化混凝土中的碱与骨料中的碱活性矿物在潮湿环境下缓慢

发生并导致混凝土膨胀、开裂甚至破坏的化学反应。

2.0.19 碱活性骨料 alkali-active aggregate

能在一定条件下与混凝土中的碱发生化学反应导致混凝土产生膨胀、开裂甚至破坏的骨料。

2.0.20 碱—硅酸反应活性骨料 alkali-silica reactive aggregate

含有非晶体或结晶不完整的二氧化硅、在适当条件下可能产生碱—骨料反应的骨料。

2.0.21 碱—碳酸盐反应活性骨料 alkali-carbonate reactive aggregate

含具有特定结构构造的微晶白云石、在适当条件下可能产生碱—骨料反应的骨料。

3 细 骨 料

3.1 砂料颗粒级配试验

3.1.1 目的及适用范围

测定砂料颗粒级配，用以评定砂料品质和控制施工质量。

3.1.2 仪器设备

1 天平：称量 1000g，感量不大于 1g。

2 方孔筛：砂料标准筛一套，满足 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》和 GB/T 6003.2《试验筛 技术要求和检验 第 2 部分：金属穿孔板试验筛》中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 10、5、2.5、1.25、0.63、0.315、0.16mm，含底盘和盖；筛孔大于 5mm 的试验筛应采用穿孔板试验筛。

3 摇筛机。

4 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5 搪瓷盘、毛刷等。

3.1.3 试验步骤

1 用于颗粒级配试验的砂料，颗粒最大粒径不应大于 10mm。取样前，应先将砂料通过 10mm 筛，并算出其筛余百分率。然后取在潮湿状态下充分拌匀，用四分法缩分至每份 550g~600g 的砂样两份，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量（相邻两次称量间隔时间大于 3h 的情况下，前后两次称量之差不大于天平的规定感量，下同。）并冷却至室温。

2 将每份烘干后的上述砂样全部置于按筛孔大小顺序排列的套筛的最上一号筛（即 5mm 筛）上，加盖，将整套筛安装在摇

筛机上, 摇 10min, 取下套筛, 按筛孔大小顺序在清洁的搪瓷盘上逐个用手筛, 筛至每分钟通过量不超过砂样总量的 0.1% 时为止。通过的颗粒并入下一号筛中, 并和下一号筛中的砂样一起过筛。顺序进行, 直至各号筛全部筛完。

3 当砂样在各号筛上的筛余量超过 200g 时, 应将该筛余砂样分成两份, 再进行筛分, 并以两次筛余量之和作为该号筛的筛余量。

砂样如为特细砂时, 每份砂样量可取 250g, 筛分时在 0.16mm 筛以下增加 0.08mm 筛一只, 并记录和计算 0.08mm 筛的筛余量和分计筛余百分率。

无法使用摇筛机时, 可直接用手筛。手筛时, 将装有砂样的整套筛放在试验台上, 右手按着顶盖, 左手扶住侧面, 将套筛一侧抬起, 倾斜度为 $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 使筛底与台面成点接触, 并按顺时针方向做滚动筛析 3min, 然后再逐个过筛至达到要求为止。

4 筛完后, 将各筛上剩余的砂粒用毛刷轻轻刷净, 称出每号筛上的筛余量。

3.1.4 试验结果处理

1 计算分计筛余百分率——各号筛上的筛余量除以砂样总量的百分率 (精确至 0.1%)。

2 计算累计筛余百分率——该号筛上的分计筛余百分率与大于该号筛的各号筛上的分计筛余百分率之总和。

3 细度模数按式 (3.1.4-1) 计算 (精确至 0.01):

$$F \cdot M = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1} \quad (3.1.4-1)$$

式中: $F \cdot M$ ——砂料细度模数;

A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 ——5、2.5、1.25、0.63、0.315、0.16mm 各筛上的累计筛余百分率。

对细砂或特细砂, 根据筛分结果也可按式 (3.1.4-2) 计算砂料的平均粒径:

$$d_m = 0.5 \sqrt[3]{\frac{G}{11a_6 + 1.3a_5 + 0.17a_4 + 0.02a_3 + 0.0024a_2}} \quad (3.1.4-2)$$

$$G = \sum a = a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$$

式中： d_m ——砂料颗粒的平均粒径，mm；
 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、 a_6 ——2.5、1.25、0.63、0.315、0.16mm 各筛上的筛余量，g；
 G ——各筛上的筛余量之和，g。

4 以两次测值的平均值作为试验结果。如各筛筛余量和底盘中粉砂质量的总和与原试样质量相差超过试样量的 1%，或两次测试的细度模数相差超过 0.2，应重做试验。

5 根据各号筛的累计筛余百分率测定值绘制筛分曲线。

3.2 砂料表观密度及吸水率试验

3.2.1 目的及适用范围

测定砂料表观密度、饱和面干表观密度及吸水率，用以计算混凝土配合比和评定砂料质量。

3.2.2 仪器设备

- 1 天平：称量 2kg，感量不大于 0.5g。
- 2 容量瓶：1000mL。
- 3 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 饱和面干试模：金属制，上口直径 38mm，下口直径 89mm，高 73mm；另附铁制捣棒，直径 25mm，质量 340g（见图 3.2.2）。
- 5 方孔筛：应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 5mm。
- 6 其他：干燥器、手提吹风机、温度计、搪瓷盘、毛刷、吸水纸等。

3.2.3 试验条件

试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 40%~70%。

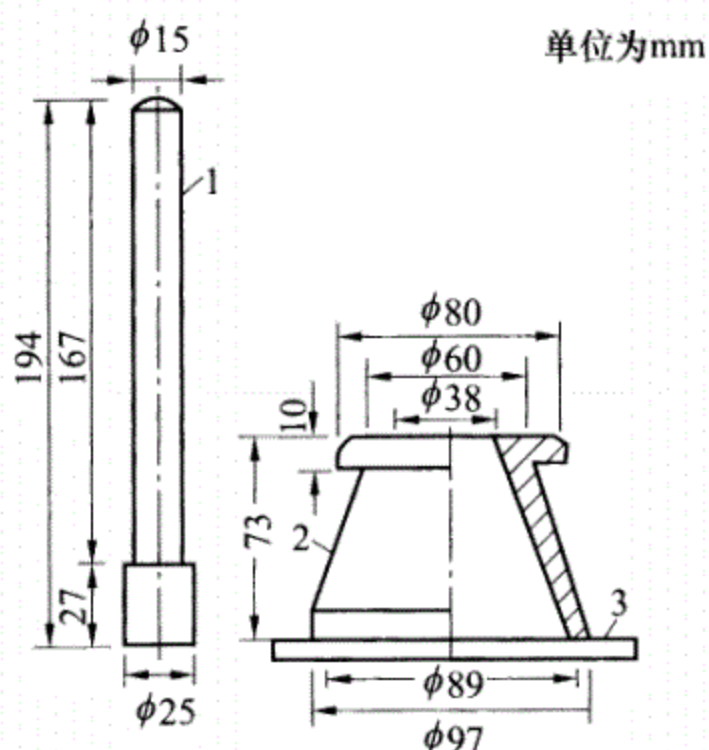


图 3.2.2 饱和面干试模与捣棒

1—捣棒；2—试模；3—玻璃板

3.2.4 试验步骤

1 将砂料通过 5mm 方孔筛，用四分法取样，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温备用。

2 干砂表观密度的检验。

- 1) 称取上述烘干后的砂样 600g (G_1) 两份。
- 2) 分别将砂样装入盛半满水的容量瓶中，用手旋转摇晃容量瓶，使砂样充分搅动，排除气泡。塞紧瓶盖，静置 24h，量出瓶内水温，然后用移液管加水至容量瓶颈刻度线处，塞紧瓶盖，擦干瓶外水分，称其质量 (G_2)。
- 3) 将瓶内的水和砂样全部倒出，洗净容量瓶，再向瓶内注水至瓶颈刻度线处，擦干瓶外水分，称其质量 (G_3)。

3 饱和面干砂表观密度的检验。

- 1) 称取砂样约 1500g，装入搪瓷盘中，注入清水，使水面高出砂样 2cm 左右，用玻璃棒轻轻搅拌，排出气泡。静置 24h 后将水倒出，摊开砂样，用手提吹风机缓缓吹入暖风，并不断翻拌砂样，使砂样表面的水分均匀蒸发。

- 2) 将砂样分两层装入饱和面干试模中。第一层装入试模高度的一半，一手按住试模不得错动，一手用捣棒自砂样表面高约 1cm 处自由落下，均匀插捣 13 次；第二层装满试模，再插捣 13 次。但对特细砂及石粉含量大于 15% 的人工砂，分两层各插捣 5 次；对多棱角的山砂、风化砂及石粉含量小于 15% 的人工砂，分两层各插捣 10 次。

刮平模口后，垂直将试模轻轻提起。如砂样呈图 3.2.4 (a) 的形状，说明砂样表面水多，应继续吹干，再按上述方法进行试验，直至试模提起后，砂样开始坍落呈图 3.2.4 (b) 的形状，即为饱和面干状态。如试模提起后，试样呈图 3.2.4 (c) 形状，说明砂样已过分干燥；此时应喷水 5mL~10mL，将砂样充分拌匀，加盖后静置 30min，再按上述方法进行试验，直至达到要求。

在第一次出现图 3.2.4 (b) 的状态时，应洒水、加盖、静置片刻，再按上述方法进行试验，直至再次出现图 3.2.4 (b) 的状态，并以这一次的结果为准。

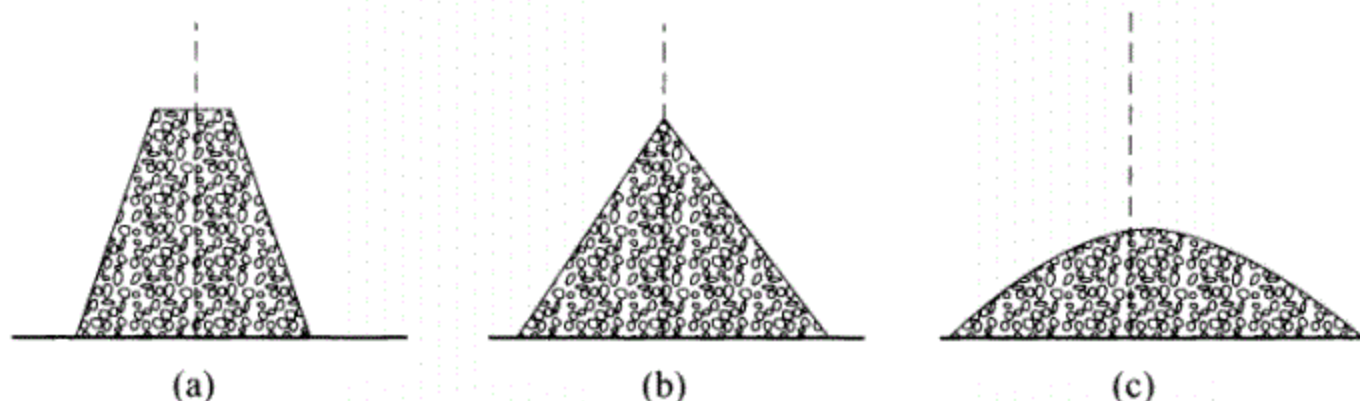


图 3.2.4 饱和面干试验试样形状

- 3) 迅速称取饱和面干砂样 600g (G_0) 两份，分别装入两个盛半满水的容量瓶内，用手旋转摇动容量瓶排除气泡。静置 30min，测瓶内水温，然后加水至容量瓶颈刻度线处，塞紧瓶盖，擦干瓶外水分，称出质量 (G_4)。
- 4) 倒出瓶内的水和砂样，将瓶洗净，再注水至瓶颈刻度线处，测瓶内水温；本步骤和上一步加入容量瓶中的

水,温差不得超过 2℃。擦干瓶外水分,塞紧瓶盖,称出质量 (G_3)。

4 砂料饱和面干吸水率的测定。称取饱和面干砂样 500g (G_0) 两份,烘至恒量,冷却至室温后称出质量 (G)。

3.2.5 试验结果处理

1 干砂表观密度按式 (3.2.5-1) 计算 (精确至 10kg/m³):

$$\rho = \frac{G_1}{G_1 + G_3 - G_2} \times 1000 \quad (3.2.5-1)$$

式中: ρ ——干砂表观密度, kg/m³;

G_1 ——烘干砂样质量, g;

G_2 ——烘干砂样、水及容量瓶总质量, g;

G_3 ——水及容量瓶总质量, g。

2 饱和面干砂表观密度按式 (3.2.5-2) 计算 (精确至 10kg/m³):

$$\rho_1 = \frac{G_0}{G_0 + G_3 - G_4} \times 1000 \quad (3.2.5-2)$$

式中: ρ_1 ——饱和面干砂表观密度, kg/m³;

G_0 ——饱和面干砂样质量, g;

G_3 ——水及容量瓶总质量, g;

G_4 ——饱和面干砂样、水及容量瓶总质量, g。

3 饱和面干吸水率按式 (3.2.5-3) 或式 (3.2.5-4) 计算 (精确至 0.1%):

$$a_1 = \frac{G_0 - G}{G} \times 100\% \quad (3.2.5-3)$$

$$a_2 = \frac{G_0 - G}{G_0} \times 100\% \quad (3.2.5-4)$$

式中: a_1 ——以干砂为基准的饱和面干吸水率, %;

a_2 ——以饱和面干砂为基准的饱和面干吸水率, %;

G_0 ——饱和面干砂样质量, g;

G ——烘干砂样质量, g。

4 以两次测值的平均值作为试验结果。如两次表观密度测值相差大于 20kg/m^3 ，或两次吸水率测值相差大于 0.2%，应重做试验。

3.3 人工砂饱和面干吸水率试验（湿痕法）

3.3.1 目的及适用范围

测定人工砂的饱和面干吸水率，用以计算混凝土配合比和评定砂料质量。

3.3.2 仪器设备

- 1 天平：称量 2kg，感量不大于 0.5g。
- 2 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 黑色橡胶板：表面干燥平整、能被水润湿但不吸水，平面尺寸为 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，厚度不小于 3mm；也可用替代品，如黑色氧化铁板、漆黑金属板等。
- 4 方孔筛：应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛规定，筛孔基本尺寸为 5mm。
- 5 扁铲：宽头尺寸为 10cm 左右。
- 6 其他：干燥器、手提吹风机、搪瓷盘、毛刷等。

3.3.3 试验条件

试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 40%~70%。

3.3.4 试验步骤

- 1 将砂料通过 5mm 方孔筛，用四分法取样 1500g。
- 2 将砂样装入搪瓷盘中，注入清水，使水面高出砂样 20mm 左右，用玻璃棒轻轻搅拌，排除气泡。静置 24h 后将表面清水倒出，摊开砂样，用手提吹风机缓缓吹入暖风，并不断翻拌砂样，使砂样表面的水分均匀蒸发。
- 3 将 100g 左右的砂样倒在橡胶板上，用扁铲轻拍 10 下，厚度约 10mm 左右，经过 1s 后，移除砂样，观测湿痕散失时间。当湿痕消失时间大于 2s 或橡胶板上有明显的水痕时，说明砂样表面水分过多，应继续吹干，再按上述方法进行试验，直至移除砂样后湿

痕在 1s~2s 内消失,说明砂样正处于饱和面干状态;当移除砂样后,橡胶板上没有湿痕或砂样从 10cm~15cm 高度处撒落时出现粉尘,说明砂样已过分干燥,此时应喷水 5mL~10mL,将砂样充分拌匀,加盖后静置 30min,再按上述方法进行试验,直至达到要求。

4 称取饱和面干砂样 500g (G_0) 两份,烘至恒量,在干燥器中冷却至室温后称出质量 (G)。

3.3.5 试验结果处理

1 砂样的饱和面干吸水率按式 (3.2.5-3) 或式 (3.2.5-4) 计算 (精确至 0.1%)。

2 以两次测值的平均值作为试验结果。如两次吸水率测值相差大于 0.2%,应重做试验。

3.4 人工砂饱和面干吸水率试验 (试模法)

3.4.1 目的及适用范围

测定石粉含量不小于 10% 的人工砂的饱和面干吸水率,用以计算混凝土配合比和评定砂料质量。

3.4.2 仪器设备

1 饱和面干试模:金属制,上口直径 38mm,下口直径 89mm,高 113mm,侧壁厚度不小于 4mm,见图 3.4.2。

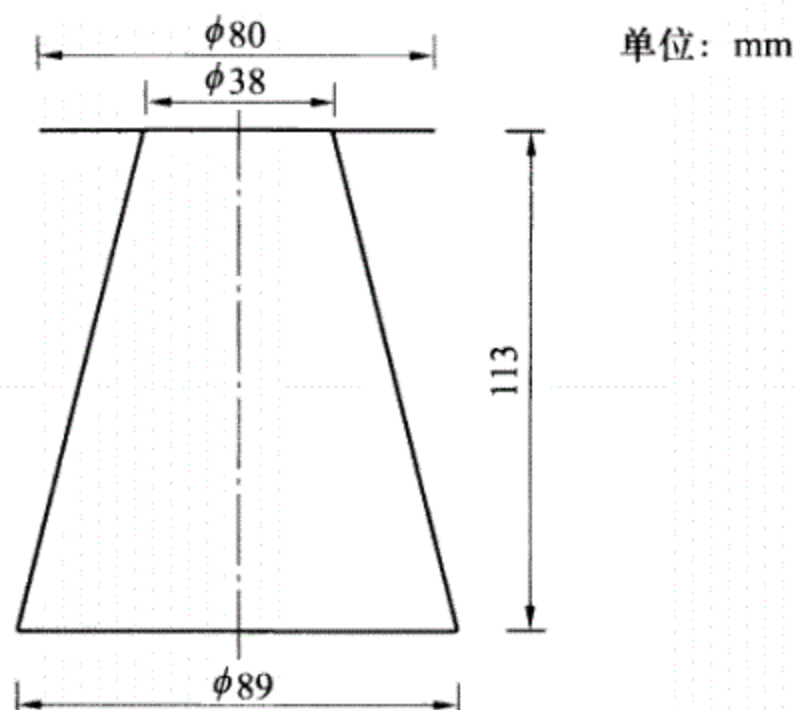


图 3.4.2 人工砂饱和面干试模

2 方孔筛、天平、烘箱、干燥器、手提吹风机、铁制捣棒等同 3.2 节中的 3.2.2。

3.4.3 试验条件

试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 40%~70%。

3.4.4 试验步骤

1 砂样的制备、泡水饱和、初步吹干等步骤同 3.2 节中 3.2.4。

2 对石粉含量为 10%~15%的砂样，分两层装入试模，每层用捣棒插捣 4 次；对石粉含量大于 15%的砂样，采用一层装模插捣 5 次。

3 其余步骤同 3.2 节中 3.2.4。

3.4.5 试验结果处理

人工砂饱和面干吸水率计算及处理方法同 3.2 节中 3.2.5。

3.5 砂料表观密度试验（李氏瓶法）

3.5.1 目的及适用范围

测定砂料表观密度和饱和面干表观密度，用以计算混凝土配合比和评定砂料质量。

3.5.2 仪器设备

1 天平：称量 100g，感量不大于 0.1g。

2 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

3 李氏瓶：容量 250mL。

4 干燥器、玻璃漏斗、温度计、毛巾、毛刷等。

3.5.3 试验条件

试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。试验过程中加入李氏瓶的水，其温差不得超过 2°C 。

3.5.4 试验步骤

1 干砂表观密度检验。

1) 称取经缩分的砂样 500g，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量。放入干燥器，冷却至室温后，分为大致相等

的两份备用。

- 2) 称取上述烘干后的砂样 50g 两份, 精确到 0.1g。
- 3) 向李氏瓶中注水至一定刻度处, 擦干瓶颈内壁, 记录其体积 (V_1)。
- 4) 将砂样徐徐装入盛水的李氏瓶中, 用毛刷轻轻将粘附在瓶颈内壁上的颗粒刷入瓶中, 用手旋转摇动李氏瓶以排除气泡。塞紧瓶盖, 静置 24h 后, 记录瓶中水面升高后的体积 (V_2)。

注: 可加入少于 1mL 的异丙醇消除瓶内水面的气泡, 此时应从最终读数 V_2 中减去所加异丙醇的体积。

2 饱和面干砂表观密度检验。

- 1) 按 3.2、3.3 节或 3.4 节方法制备饱和面干砂样约 500g。
- 2) 分别向两个李氏瓶中注水至一定刻度处, 擦干瓶颈内壁, 记录其体积 (V_3)。
- 3) 称取 50g 饱和面干砂样两份, 精确到 0.1g, 分别装入盛水的李氏瓶中, 用毛刷轻轻将粘附在瓶颈内壁上的颗粒刷入瓶中, 用手旋转摇动李氏瓶以排除气泡, 手和瓶之间应垫毛巾。塞紧瓶盖, 静置 30min, 记录瓶中水面升高后的体积 (V_4)。

3.5.5 试验结果处理

- 1 干砂表观密度按式 (3.5.5-1) 计算 (精确至 10kg/m^3):

$$\rho = \frac{G_1}{V_2 - V_1} \times 1000 \quad (3.5.5-1)$$

式中: ρ ——干砂表观密度, kg/m^3 ;

G_1 ——干砂质量, g;

V_1 ——李氏瓶初始水面刻度读数, mL;

V_2 ——注入干砂样后水面刻度读数, mL。

- 2 饱和面干砂表观密度按式 (3.5.5-2) 计算 (精确至 10kg/m^3):

$$\rho_1 = \frac{G_0}{V_4 - V_3} \times 1000 \quad (3.5.5-2)$$

式中: ρ_1 ——饱和面干砂表观密度, kg/m^3 ;

G_0 ——饱和面干砂样质量, g;

V_3 ——李氏瓶初始水面刻度读数, mL;

V_4 ——加入饱和面干砂样后水面刻度读数, mL。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 20kg/m^3 , 应重做试验。

3.6 砂料表观密度试验 (容量瓶法)

3.6.1 目的及适用范围

测定砂料表观密度和饱和面干表观密度, 用以计算混凝土配合比和评定砂料质量。

3.6.2 仪器设备

- 1 天平: 称量 1000g , 感量不大于 0.1g 。
- 2 烘箱: 控制温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- 3 容量瓶: 容量 500mL 。
- 4 干燥器、温度计、搪瓷盘、毛刷、滴管等。

3.6.3 试验条件

试验室温度为 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。

3.6.4 试验步骤

- 1 干砂表观密度检验。
 - 1) 称取经缩分的砂样约 660g , 在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量。放入干燥器, 冷却至室温后, 分为大致相等的两份备用。
 - 2) 称取上述烘干后的砂样 300g (G_0), 精确到 0.1g 。将试样装入容量瓶, 注水至接近 500mL 的刻度处。用手旋转摇动容量瓶以排除气泡, 塞紧瓶盖, 静置 24h 。测瓶内水温, 然后用滴管小心加水至容量瓶 500mL

刻度处,塞紧瓶盖,擦干瓶外水分,称出其质量(G_1),精确到 1g。

- 3) 倒出瓶内水和试样,洗净容量瓶,再向容量瓶内注水至 500mL 刻度处,测瓶内水温,水温与上一步水温相差不超过 2℃,并在 15℃~25℃ 范围内;塞紧瓶盖,擦干瓶外水分,称出其质量(G_2),精确到 1g。

从试样加水静置的最后 2h 起直至试验结束,其温度相差不应超过 2℃。

2 饱和面干砂表观密度检验。

- 1) 按 3.2、3.3 节或 3.4 节方法,制备饱和面干砂样约 660g,分为大致相等的两份备用。
- 2) 称取上述砂样 300g (G'_0),精确到 0.1g。将试样装入容量瓶,注水至接近 500mL 的刻度处。用手旋转摇动容量瓶以排除气泡,塞紧瓶盖,静置 24h。测瓶内水温,然后用滴管小心加水至容量瓶 500mL 刻度处,塞紧瓶盖,擦干瓶外水分,称出其质量(G'_1),精确到 1g。
- 3) 倒出瓶内水和试样,洗净容量瓶,再向容量瓶内注水至 500mL 刻度处,测瓶内水温,水温与上一步水温相差不超过 2℃,并在 15℃~25℃ 范围内;塞紧瓶盖,擦干瓶外水分,称出其质量(G'_2),精确到 1g。

从试样加水静置的最后 2h 起直至试验结束,其温度相差不应超过 2℃。

3.6.5 试验结果处理

- 1 干砂表观密度按式(3.6.5-1)计算(精确至 10kg/m³):

$$\rho = \left(\frac{G_0}{G_0 + G_2 - G_1} - \alpha_t \right) \rho_w \quad (3.6.5-1)$$

式中: ρ ——干砂表观密度, kg/m³;

ρ_w ——水的密度,取 1000kg/m³;

G_0 ——烘干砂样的质量, g;

G_1 ——试样、水及容量瓶的总质量, g;

G_2 ——水及容量瓶的总质量, g;

α_t ——水温对表观密度影响的修正系数 (见表 3.6.5)。

2 饱和面干砂表观密度按式(3.6.5-2)计算(精确至 10kg/m^3):

$$\rho_1 = \left(\frac{G'_0}{G'_0 + G'_2 - G'_1} - \alpha_t \right) \times \rho_w \quad (3.6.5-2)$$

式中: ρ_1 ——饱和面干砂表观密度, kg/m^3 ;

ρ_w ——水的密度, 取 1000kg/m^3 ;

G'_0 ——饱和面干砂样的质量, g;

G'_1 ——饱和面干试样、水及容量瓶的总质量, g;

G'_2 ——水及容量瓶的总质量, g;

α_t ——水温对表观密度影响的修正系数 (见表 3.6.5)。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 20kg/m^3 , 应重做试验。

表 3.6.5 不同水温对砂的表观密度影响的修正系数

水温 ($^{\circ}\text{C}$)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
α_t	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008

3.7 砂料含水率及表面含水率试验

3.7.1 目的及适用范围

测定砂料的含水率及表面含水率, 供拌和混凝土时修正用水量和用砂量。

3.7.2 仪器设备

- 1 烘箱, 或电炉、红外线干燥器等其他干燥设备。
- 2 天平: 称量 1000g , 感量不大于 1g 。

3 金属或搪瓷盘、毛刷等。

3.7.3 试验步骤

1 称取经缩分的砂样 500g (G_1) 两份。

2 将砂样装入盘中, 在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量 (也可采用其他干燥设备), 冷却后称取砂样的质量 (G_2)。

3.7.4 试验结果处理

1 含水率按式 (3.7.4-1) 或式 (3.7.4-2) 计算 (精确至 0.1%):

$$m_1 = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (3.7.4-1)$$

$$m_2 = \frac{G_1 - G_2}{G_2(1 + a_1)} \times 100\% \quad (3.7.4-2)$$

式中: m_1 ——以干砂为基准的含水率, %;

m_2 ——以饱和面干砂为基准的含水率, %;

G_1 ——砂样质量, g;

G_2 ——干燥砂样质量, g;

a_1 ——以干砂为基准的饱和面干吸水率, 以小数表示, 例如吸水率为 1% 时其值为 0.01。

2 表面含水率按式 (3.7.4-3) 计算 (精确至 0.1%):

$$m_s = \frac{G_1 - G_2(1 + a_1)}{G_2(1 + a_1)} \times 100\% \quad (3.7.4-3)$$

式中: m_s ——表面含水率, %。

G_1 、 G_2 、 a_1 含义同式 (3.7.4-2)。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

3.8 砂料表面含水率试验

3.8.1 目的及适用范围

测定湿砂的表面含水率, 供拌和混凝土时修正用水量及用砂量。

本方法适用于砂料含水率超过饱和面干吸水率的湿砂，并需预先测得砂料饱和面干表观密度。

3.8.2 仪器设备

- 1 天平：称量 1000g，感量不大于 1g。
- 2 容量瓶：1000mL。
- 3 金属或搪瓷盘、漏斗、温度计等。

3.8.3 试验条件

试验室温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

3.8.4 试验步骤

- 1 称取经缩分的湿砂样 400g (G_1) 两份。
- 2 将砂样通过漏斗装入盛半满水的容量瓶内，用手旋转摇动容量瓶以排除气泡，手和瓶之间应垫毛巾。然后加水至容量瓶颈刻度线处，静置片刻，测瓶内水温，温度计的水银球应插入容量瓶中部。塞紧瓶盖，擦干瓶外水分，称出质量 (G_2)。
- 3 倒出瓶中的水和砂样，将瓶内外洗净，再向瓶内注水至容量瓶颈刻度线处，测瓶内水温，水温与上一步水温相差不超过 2°C ，并在 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 范围内。塞紧瓶盖，擦干瓶外水分，称其质量 (G_3)。

3.8.5 试验结果处理

表面含水率按式 (3.8.5) 计算 (精确至 0.1%)：

$$m_s = \frac{(\rho_1 - \rho_w) \frac{G_1}{\rho_1} - (G_2 - G_3)}{G_2 - G_3} \times 100\% \quad (3.8.5)$$

式中： m_s ——表面含水率，%；

ρ_1 ——砂样饱和面干表观密度， kg/m^3 ；

ρ_w ——水的密度，一般取 1000kg/m^3 ；

G_1 ——湿砂样质量，g；

G_2 ——湿砂样、水及容量瓶总质量，g；

G_3 ——水及容量瓶总质量，g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于0.5%，应重做试验。

3.9 砂料堆积密度及空隙率试验

3.9.1 目的及适用范围

测定砂料堆积密度和空隙率，评定砂料质量。

3.9.2 仪器设备

- 1 天平：称量 5kg，感量不大于 1g。
- 2 容量筒：容积为 1L 的金属圆筒。
- 3 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 漏斗：如图 3.9.2 所示。

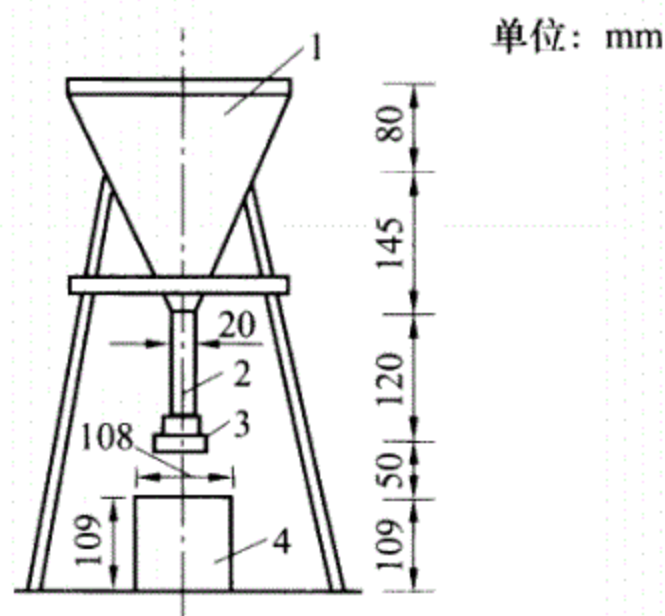


图 3.9.2 漏斗示意图

1—漏斗；2— $\phi 20$ 管子；3—活动闸门；4—容量筒

- 5 直尺、搪瓷盘、玻璃板等。

3.9.3 试验步骤

- 1 称取经缩分的砂料约 10kg，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，分成大致相等的两份备用。试样烘干后如有结块，应在试验前先捏碎。
- 2 称出空容量筒质量 (G_1)。
- 3 将砂样装入漏斗中，打开漏斗活动闸门，使砂样从漏斗口

(高于容量筒顶面 5cm) 落入容量筒内, 直到砂样装满容量筒并超出筒口时为止。用直尺沿筒口中心线向两侧方向轻轻刮平, 然后称其质量 (G_2)。

4 容量筒容积的校正方法为: 称取空容量筒和玻璃板的总质量 (g_1), 将 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的自来水装满容量筒, 用玻璃板沿筒口推移使其紧贴水面, 盖住筒口 (玻璃板和水面间不得带有气泡), 擦干筒外壁的水, 然后称其质量 (g_2)。

3.9.4 试验结果处理

1 堆积密度按式 (3.9.4-1) 计算 (精确至 10kg/m^3):

$$\rho_0 = \frac{G_2 - G_1}{V} \times 1000 \quad (3.9.4-1)$$

式中: ρ_0 ——堆积密度, kg/m^3 ;

G_1 ——容量筒质量, kg ;

G_2 ——容量筒及砂样总质量, kg ;

V ——容量筒的容积, L 。

以两次测值的平均值作为试验结果。

容量筒的容积按式 (3.9.4-2) 计算:

$$V = g_2 - g_1 \quad (3.9.4-2)$$

式中: V ——容量筒的容积, L ;

g_1 ——容量筒及玻璃板总质量, kg ;

g_2 ——容量筒、玻璃板及水总质量, kg 。

2 空隙率按式 (3.9.4-3) 计算 (精确至 1%):

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (3.9.4-3)$$

式中: V_0 ——空隙率, 即砂样中空隙体积占砂样总体积的百分率, %;

ρ_0 ——砂样的堆积密度, kg/m^3 ;

ρ ——干砂的表观密度, kg/m^3 。

3.10 人工砂石粉含量试验

3.10.1 目的及适用范围

测定人工砂中的石粉含量、小于 0.08mm 方孔筛的微粒含量，用以评定砂料质量及设计混凝土配合比。

3.10.2 仪器设备

- 1 天平：称量 1000g，感量 0.1g。
- 2 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 1.25、0.16、0.08mm 的筛各一只，含筛底和盖。
- 4 洗砂筒：深度大于 250mm。
- 5 其他：搪瓷盘、搅棒等。

3.10.3 试验步骤

- 1 称取经缩分、烘干的砂样 500g (G) 两份，精确到 0.1g。
- 2 将砂样放入洗砂筒中，注入清水淹没砂样并充分搅拌后，浸泡 2h，然后用手在水中淘洗砂样，约 1min 后，把浑水倒入 1.25、0.16、0.08mm 方孔套筛上（筛孔由大到小，上下套放），滤去小于 0.08mm 的颗粒。在整个试验过程中，应避免砂粒丢失。
- 3 在筒中加入清水，重复上述操作，直到筒内的水清澈为止。
- 4 用水冲洗剩留在筛上的颗粒，并将 0.08mm 筛放在水中来回摇动，以充分洗除小于 0.08mm 的颗粒。将 1.25mm 和 0.16mm 筛上颗粒及 0.08mm 筛上颗粒分别倒入两个搪瓷盘中（大于 0.16mm 的砂料倒入搪瓷盘 A，小于 0.16mm 且大于 0.08mm 的砂料倒入搪瓷盘 B）。
- 5 筒中剩余砂样用上述套筛滤去水分并烘干后，按上述第 2 步进行筛分，并将 1.25mm 和 0.16mm 两个筛上的颗粒及 0.08mm 筛上的颗粒分别倒入相应的搪瓷盘（A、B）中，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，分别称出搪瓷盘 A 中大于 0.16mm 的砂料质量(G_A)、搪瓷盘 B 中小于 0.16mm 且大于 0.08mm

的砂料质量 (G_B), 精确到 0.1g。

3.10.4 试验结果处理

- 1 砂料中石粉含量按式 (3.10.4-1) 计算 (精确至 0.1%):

$$Q_g = \frac{G - G_A}{G} \times 100\% \quad (3.10.4-1)$$

式中: Q_g ——砂料中石粉含量, %;

G ——试验前的烘干砂样质量, g;

G_A ——搪瓷盘 A 中大于 0.16mm 的烘干砂样质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

- 2 砂料中微粒含量按式 (3.10.4-2) 计算 (精确至 0.1%):

$$Q_m = \frac{G - (G_A + G_B)}{G} \times 100\% \quad (3.10.4-2)$$

式中: Q_m ——砂料中微粒含量, %;

G_B ——搪瓷盘 B 中小于 0.16mm 大于 0.08mm 的烘干砂样质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

- 3 石粉中微粒含量按式 (3.10.4-3) 计算 (精确至 0.1%):

$$Q_{ms} = \frac{G - (G_A + G_B)}{G - G_A} \times 100\% \quad (3.10.4-3)$$

式中: Q_{ms} ——石粉中的微粒含量, %。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

3.11 人工砂亚甲蓝 MB 值试验

3.11.1 目的及适用范围

测定人工砂的亚甲蓝 MB 值或亚甲蓝试验是否合格, 判断人工砂中的石粉是否含有较多泥粉, 用以评定砂料质量。

3.11.2 仪器设备

- 1 天平：称量 1000g、感量 0.1g 及称量 100g、感量 0.01g 各一台。
- 2 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 2.5mm，含筛底和盖。
- 4 移液管：5mL 和 2mL 各一支。
- 5 搅拌装置：三片或四片叶轮搅拌器，转速可调（最高达 $600\text{r/min} \pm 60\text{r/min}$ ），直径 $75\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。
- 6 定时装置：精度 1s。
- 7 玻璃容量瓶：容量 1L。
- 8 烧杯：容量 1000 mL。
- 9 温度计：精度 1°C 。
- 10 玻璃棒：2 支，直径 8mm，长 300mm。
- 11 滤纸：快速定量滤纸。
- 12 其他：搪瓷盘、搅棒、毛刷等。

3.11.3 试验步骤

1 配制亚甲蓝溶液。将含量不低于 95% 的亚甲蓝 ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 粉末放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量。称取烘干亚甲蓝粉末 10g，精确到 0.01g，倒入盛有约 600mL 蒸馏水（水温加热至 $35^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ）的烧杯中，用玻璃棒持续搅拌 40min，直至亚甲蓝粉末完全溶解，冷却至 20°C 。将溶液倒入 1L 容量瓶中，用蒸馏水淋洗烧杯等，使所有亚甲蓝溶液全部移入容量瓶，容量瓶和溶液的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，加蒸馏水至容量瓶 1L 刻度处。振荡容量瓶以保证亚甲蓝粉末完全溶解。将容量瓶中溶液移入深色储藏瓶中，标明配制日期、失效日期（亚甲蓝溶液保质期应不超过 28d），并避光保存。

2 亚甲蓝 MB 值的测定。

- 1) 称取经缩分的砂料约 400g，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中

烘至恒量，冷却至室温后，筛除大于 2.5mm 的颗粒备用。

- 2) 称取砂样 200g (G)，精确到 1g。将砂样倒入盛有 500mL $\pm$ 5mL 蒸馏水的烧杯中，用叶轮搅拌器以 600r/min $\pm$ 60r/min 转速搅拌 5min，形成悬浮液，然后以 400r/min $\pm$ 40r/min 转速持续搅拌，直至后续试验结束。
- 3) 悬浮液中加入 5mL 亚甲蓝溶液，以 400r/min $\pm$ 40r/min 转速搅拌至少 1min 后，用玻璃棒蘸取一滴悬浮液（所取悬浮液滴应使沉淀物直径在 8mm $\sim$ 12mm 内），滴于滤纸（置于空烧杯或其他合适的支撑物上，以使滤纸表面不与任何固体或液体接触）上。若沉淀物周围未出现色晕，则加入 5mL 亚甲蓝溶液，继续搅拌 1min，再用玻璃棒蘸取一滴悬浮液，滴于滤纸上。若沉淀物周围仍未出现色晕，重复上述步骤，直至沉淀物周围出现约 1mm 宽的稳定浅蓝色色晕。此时，应继续搅拌，不加亚甲蓝溶液，每 1min 进行一次沾染试验。若色晕在 4min 内消失，再加入 5mL 亚甲蓝溶液；若色晕在第 5min 内消失，再加入 2mL 亚甲蓝溶液。两种情况下，均应继续进行搅拌和沾染试验，直至色晕可持续 5min。
- 4) 记录色晕可持续 5min 时所加入的亚甲蓝溶液总体积，精确到 1mL。

3 亚甲蓝快速试验

- 1) 按本条中“2 亚甲蓝 MB 值的测定”制样、搅拌形成悬浮液。
- 2) 一次性向烧杯中加入 30mL 亚甲蓝溶液，以 400r/min $\pm$ 40r/min 转速持续搅拌 8min，然后用玻璃棒蘸取一滴悬浮液，滴于滤纸上，观察沉淀物周围是

否出现明显色晕。

3.11.4 试验结果处理

1 亚甲蓝 MB 值按式 (3.11.4) 计算 (精确至 0.1):

$$MB = \frac{V}{G} \times 10 \quad (3.11.4)$$

式中: MB ——亚甲蓝值, 表示每千克 0mm~2.5mm 粒级砂样所消耗的亚甲蓝克数, g/kg;

G ——砂样质量, g;

V ——所加入的亚甲蓝溶液总量, mL。

注: 公式中的系数 10 用于将每千克砂样消耗的亚甲蓝溶液体积换算成亚甲蓝质量。

以两次测值的平均值作为试验结果。

当 MB 值测定结果小于 1.4 时, 则判定为砂样中的微粒含量以石粉为主; 当 MB 值不小于 1.4 时, 则判定为砂样中的微粒含量以泥为主。

2 对亚甲蓝快速试验, 若沉淀物周围出现明显色晕, 则判定亚甲蓝快速试验为合格, 砂样中的微粒含量以石粉为主; 否则判定亚甲蓝快速试验不合格, 砂样中的微粒含量以泥为主。

3.12 砂料黏土、淤泥及细屑含量试验

3.12.1 目的及适用范围

测定砂料中粒径小于 0.08mm 的黏土、淤泥及细屑总含量, 用以评定砂料质量。

3.12.2 仪器设备

1 天平: 称量 1000g, 感量不大于 1g。

2 烘箱: 控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

3 方孔筛: 应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定, 筛孔基本尺寸为 1.25、0.08mm 的筛各一只。

4 洗砂筒 (深度需大于 250mm)、搅棒、搪瓷盘等。

3.12.3 试验步骤

- 1 称取经缩分、烘干的砂样 500g (G) 两份。
- 2 将砂样放入洗砂筒中, 注入清水, 充分搅拌后, 浸泡 2h, 然后用手在水中淘洗砂样, 约 1min 后, 把浑水慢慢倒入 1.25mm 及 0.08mm 的套筛上 (1.25mm 筛放在上面) 滤去小于 0.08mm 的颗粒。在整个试验过程中, 应避免砂粒丢失。
- 3 在筒中加入清水, 重复上述操作, 直到筒内的水清澈为止。
- 4 用水冲洗剩留在筛上的颗粒, 并将 0.08mm 筛放在水中来回摇动, 以充分洗除小于 0.08mm 的颗粒。然后将两只筛上剩留的颗粒和筒中的砂样一并倒入搪瓷盘中, 在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量, 冷却至室温后, 称出砂样质量 (G_1)。

3.12.4 试验结果处理

黏土、淤泥及细屑含量按式 (3.12.4) 计算 (精确至 0.1%):

$$Q = \frac{G - G_1}{G} \times 100\% \quad (3.12.4)$$

式中: Q ——黏土、淤泥及细屑含量, %;

G ——试验前的烘干砂样质量, g;

G_1 ——试验后的烘干砂样质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

3.13 砂料泥块含量试验

3.13.1 目的及适用范围

检验砂料中的泥块含量, 用以评定砂料质量。

3.13.2 仪器设备

- 1 天平: 称量 1000g, 感量不大于 1g。
- 2 烘箱: 控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 方孔筛: 应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定, 筛孔基本尺寸为 1.25、0.63mm 的筛各一只。

4 搪瓷盘、毛刷、铝铲等。

3.13.3 试验步骤

1 称取经缩分、烘干的砂样 500g (G_0) 两份。

2 将砂样用 1.25mm 筛筛分，称取 1.25mm 以上的砂样质量 (G)，不得少于 100g，否则必须增加筛分前的砂样量。

3 将 1.25mm 以上的砂样在搪瓷盘中摊成薄层，用手捏碎所有泥块，然后用 0.63mm 筛过筛，称出剩余砂样的质量 (G_1)。

3.13.4 试验结果处理

泥块含量按式 (3.13.4) 计算 (精确至 0.1%)：

$$Q_c = \frac{G - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (3.13.4)$$

式中： Q_c ——泥块含量，%；

G ——1.25mm 以上砂样质量，g；

G_1 ——筛除泥块后的砂样质量，g；

G_0 ——砂样质量，g。

以两次测值的平均值作为试验结果。

3.14 砂料有机质含量试验

3.14.1 目的及适用范围

检验砂料被有机质污染程度，用以评定砂料质量。

3.14.2 仪器设备及试剂

1 仪器设备。

1) 天平：称量 100g，感量 0.01g。

2) 量筒：10、100、250mL (带塞)。

3) 烧杯、移液管、玻璃棒等。

2 试剂。

1) 氢氧化钠、鞣酸、乙醇等。

2) 标准溶液：取 2g 鞣酸溶解于 98mL 浓度为 10% 的乙醇溶液中，即得所需的鞣酸溶液；取该溶液 25mL，

注入 975mL 浓度为 3% 的氢氧化钠溶液中(此溶液盛于 1000mL 带塞量筒中),加塞后剧烈摇动,静置 24h,即得标准溶液。这种标准溶液颜色无永久性,每次试验时都应重新配制。

3.14.3 试验步骤

1 称取经缩分的风干砂样约 500g,向 250mL 量筒中装入砂样至 130mL 处。然后注入 3% 的氢氧化钠溶液至 200mL 处,加塞后剧烈摇动,静置 24h。

2 比较砂样上部溶液和标准溶液的颜色,盛装标准溶液与盛装砂样的量筒材质、颜色应相同。比色时也可采用标准色板代替标准溶液。

3.14.4 试验结果处理

1 如果砂样上部溶液的颜色浅于标准溶液,则表示砂样有机质含量检验合格。

2 如果两种溶液的颜色接近,则应将砂样(包括上部溶液)全部倒入烧杯中,放在 60℃~70℃ 的水浴锅中加热 2h~3h,然后再与标准溶液比色。

3 如果溶液深于标准色,则应按以下方法做进一步检验:取原状砂样一份,用浓度为 3% 的氢氧化钠溶液洗除有机质,再用清水淘洗干净(要注意不得将细颗粒洗掉),直至试样用比色法试验时,溶液的颜色浅于标准色。然后用经淘洗有机质的和未经淘洗的原状砂样、相同的水泥,分别按 GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》配制成两种水泥砂浆,测定 28d 抗压强度。当原状砂的砂浆强度不低于淘洗砂砂浆强度的 95% 时,则认为有机质含量合格。

3.15 砂料云母含量试验

3.15.1 目的及适用范围

测定砂料的云母含量,用以评定砂料质量。对于云母含量较

高的母岩轧制的人工砂，宜对石粉中的云母含量及其对混凝土性能的影响进行专门研究。

3.15.2 仪器设备

- 1 放大镜：3 倍～5 倍。
- 2 天平：称量 100g，感量不大于 0.01g。
- 3 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 和 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 5、0.315mm 的筛各一只。
- 4 钢针、称量盒、中号搪瓷盘等。

3.15.3 试验步骤

- 1 称取经缩分的砂料 30g，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，筛除粒径大于 5mm 和小于 0.315mm 的颗粒备用。
- 2 称取砂样 10g (G) 两份，精确到 0.01g，分别倒入中号搪瓷盘中，在放大镜下观察，并用钢针将云母挑出，称出云母质量 (g)，精确到 0.01g。

3.15.4 试验结果处理

云母含量按式 (3.15.4) 计算 (精确至 0.1%)：

$$Q_m = \frac{g}{G} \times 100\% \quad (3.15.4)$$

式中： Q_m ——云母含量，%；

g ——云母质量，g；

G ——砂样质量，g。

以两次测值的平均值作为试验结果。

3.16 砂石料硫酸盐、硫化物含量试验

3.16.1 目的及适用范围

测定砂石骨料中水溶性硫酸盐、硫化物 (以 SO_3 质量计) 的含量，用以评定砂石骨料质量。

3.16.2 仪器设备及试剂

- 1 仪器设备。

- 1) 天平：称量 2kg，感量不大于 1g。分析天平：称量 100g，感量 0.1mg。
- 2) 高温炉：最高温度 1000℃。
- 3) 烘箱：控制温度为 105℃±5℃。
- 4) 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 0.08mm。
- 5) 烧瓶、烧杯、瓷坩埚、干燥器等。
- 6) 搅拌器、电炉、中速和慢速定量滤纸、玻璃棒、研钵、小锤等。

2 试剂。

- 1) 10%氯化钡溶液：称取 10 克氯化钡，使其溶解于 100mL 蒸馏水中。
- 2) 盐酸溶液（1+1）：浓盐酸溶于同体积的蒸馏水中。
- 3) 1%硝酸银溶液：称取 1g 硝酸银，将其溶解于 100mL 蒸馏水中，并缓慢加入 5mL~10mL 的硝酸（ $\rho=1.42\text{kg/L}$ ），存于棕色瓶内。

3.16.3 试验步骤

1 试样的制备。称取经缩分的风干砂约 10g，用研钵研磨，全部通过 0.08mm 筛，烘干备用；或取 31.5mm 以下风干碎石或卵石颗粒约 1000g，按四分法缩分至约 200g，用小锤砸碎后，盛于研钵中研磨，全部通过 0.08mm 筛，仔细拌匀，烘干备用。

2 用分析天平称取砂(或石)粉试样 1g(G_0)，精确到 0.001g。将试样放入 300mL 的烧杯中，加入 30mL~40mL 蒸馏水及 10mL 的盐酸溶液（1+1），加热至微沸，并保持微沸 5min，使试样充分分解后取下，以中速定量滤纸过滤，用温水洗涤 10 次~12 次。

3 调整滤液体积至 200mL，煮沸，在搅拌下滴加 10mL 的 10%氯化钡溶液，并将溶液煮沸数分钟，然后移至温热处静置至少 4h（此时溶液体积应保持在 200mL），用慢速定量滤纸过滤，以温水洗至无氯离子反应（用 1%硝酸银溶液检验）。

4 将沉淀及滤纸一并移入已灼烧至恒量的瓷坩埚 (G_1) 中, 灰化后在 800°C 的高温炉内灼烧 30min。取出坩埚, 置于干燥器中冷至室温, 称量, 精确到 0.001g。如此反复灼烧, 直至恒量 (G)。

3.16.4 试验结果处理

水溶性硫酸盐、硫化物含量 (以 SO_3 计) 按式 (3.16.4) 计算 (精确至 0.01%):

$$Q_s = \frac{0.343(G - G_1)}{G_0} \times 100\% \quad (3.16.4)$$

式中: Q_s ——硫酸盐含量 (以 SO_3 计), %;

G_0 ——试样质量, g;

G ——沉淀物及坩埚总质量, g;

G_1 ——坩埚质量, g;

0.343——硫酸钡 (BaSO_4) 换算成 SO_3 的系数。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.15%, 应重做试验。

3.17 砂料轻物质含量试验

3.17.1 目的及适用范围

测定砂料中轻物质含量, 用以评定砂料质量。

3.17.2 仪器设备及试剂

1 仪器设备。

- 1) 烘箱: 控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) 天平: 称量 1000g、感量不大于 1g, 称量 100g、感量不大于 0.01g 各一台。
- 3) 密度计: 测定范围为 $1.00\text{kg/L} \sim 2.00\text{kg/L}$ 。
- 4) 网篮: 直径和高均为 70mm, 网孔孔径不大于 0.315mm。
- 5) 量杯 (1000mL)、量筒 (250mL)、烧杯 (1000mL)、蒸发皿、玻璃漏斗、干燥器、玻璃棒等。

2 试剂：氯化锌（化学纯）。

3.17.3 试验步骤

1 配制氯化锌高密度溶液（ $\rho=1.95\text{kg/L}\sim 2.00\text{kg/L}$ ）。向1000mL量杯中加水至600mL刻度处，再加入1500g氯化锌，用玻璃棒搅拌使氯化锌全部溶解（氯化锌在溶解过程中放热，使溶液温度升高），待冷却至室温后取部分溶液倒入250mL量筒中，测其密度。如溶液密度小于要求值，则将它倒回1000mL量杯中，再加入一定量的氯化锌，溶解并冷却后再测其密度，直到溶液密度达到要求数值为止。

2 称取经缩分、烘干的砂样200g（ G_2 ）两份，精确到0.1g。

3 将砂样倒入盛有氯化锌高密度溶液（约500mL）的烧杯中，用玻璃棒充分搅拌，使砂样中的轻物质与砂分离，静置5min后，将浮起的轻物质连同部分高密度溶液倒入筛网中（剩余的高密度溶液与砂粒表面相距2cm~3cm时应停止倒出），再将通过筛网的高密度溶液倒回烧杯中。重复上述过程，直到无轻物质浮起为止。

4 用清水洗净留在筛网中的轻物质，然后将其倒入已恒量（ G_1 ）的蒸发皿中，在 $105^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，在干燥器中冷却至室温后，用感量不大于0.01g的天平称出轻物质与蒸发皿的总质量（ G ）。

3.17.4 试验结果处理

轻物质含量按式（3.17.4）计算（精确至0.1%）：

$$Q_1 = \frac{G - G_1}{G_2} \times 100\% \quad (3.17.4)$$

式中： Q_1 ——轻物质含量，%；

G ——烘干的轻物质及蒸发皿总质量，g；

G_1 ——蒸发皿质量，g；

G_2 ——砂样质量，g。

以两次测值的平均值作为试验结果。

3.18 砂料坚固性试验

3.18.1 目的及适用范围

检验砂料对硫酸钠饱和溶液结晶膨胀破坏作用的抵抗能力，用以间接评定砂料的坚固性。

3.18.2 仪器设备及试剂

1 仪器设备。

- 1) 天平：称量 200g，感量不大于 0.2g。
- 2) 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 筛：与 3.1.2 有关规定相同。
- 4) 搪瓷盆或瓷缸：容量不小于 10L，用于配制硫酸钠溶液。
- 5) 三脚网篮：由铜丝或镀锌铁丝制成，网篮壁为铁皮；直径和高均为 70mm，网的孔径应不大于所盛试样中 最小粒径的一半。
- 6) 恒温试验箱：见图 3.18.2。

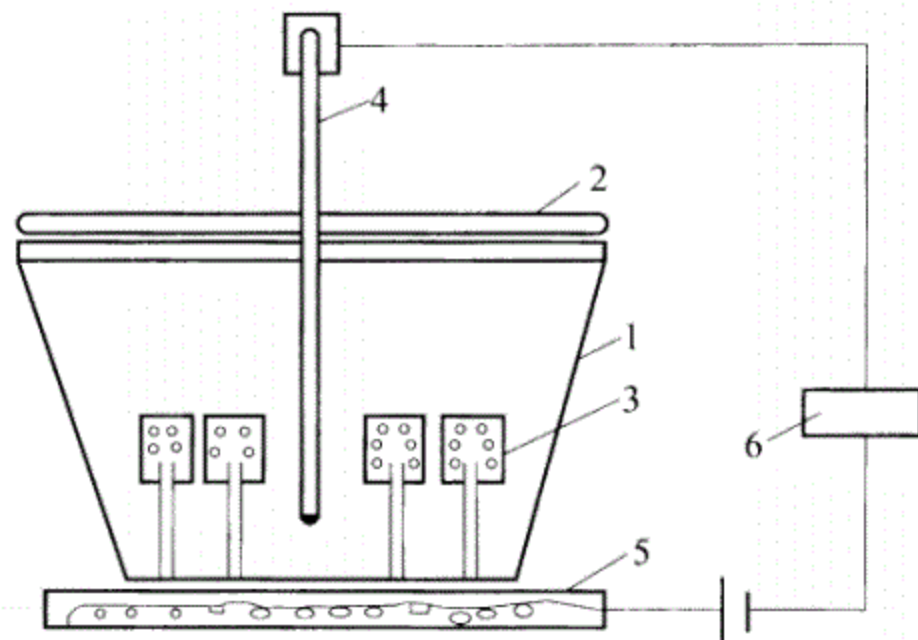


图 3.18.2 恒温试验箱示意图

1—搪瓷盆（内装硫酸钠溶液）；2—箱盖；3—试样网篮；

4—水银接点温度计；5—电炉丝；6—栅式控制器

2 试剂及配制：无水硫酸钠或 10 水结晶硫酸钠（工业用）。

硫酸钠溶液的配制：在温度为 $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 的 1L 水中，加入无水硫酸钠 (Na_2SO_4) 300g $\sim$ 350g，或 10 水硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 700g $\sim$ 1000g，用玻璃棒搅拌，使其溶解并饱和。然后冷却至 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，在此温度下静置 48h。其密度应保持在 1.151kg/L $\sim$ 1.174kg/L 范围内。

3.18.3 试验步骤

1 称取砂样 3kg 左右，按 3.12 节方法冲洗，并烘至恒量。按 3.1 节方法，测定砂样的颗粒级配。

2 称取粒径为 0.315mm $\sim$ 0.63mm、0.63mm $\sim$ 1.25mm、1.25mm $\sim$ 2.5mm、2.5mm $\sim$ 5mm 的砂样各 100g (g_i)，分别装入 4 个三脚网篮中，将装料后的网篮浸入盛有硫酸钠溶液的恒温试验箱中，溶液的体积应不小于砂样总体积的 5 倍。试验箱内溶液的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 范围内。网篮浸入溶液时，应上下升降 25 次，以排除砂样中的气泡，然后静置于试验箱中。此时，网篮底面应距容器底面约 3cm（由网篮脚高控制）。网篮之间的间距应不小于 3cm，砂样表面至少应在液面以下 3cm。

3 浸泡 20h 后，从溶液中取出网篮，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 4h。至此，完成了第一次试验循环。待砂样冷却至室温后，即开始第二次循环。从第二次循环开始，砂样浸泡和烘干时间均为 4h，共进行 5 次循环。试验过程中，硫酸钠溶液应密封，防止水分蒸发或掉入灰尘脏物。每两天应检查一次溶液的密度。硫酸钠溶液使用过 10 次循环后，应更换。

4 最后一次循环完毕后，将砂样置于 $25^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 的清水中洗净硫酸钠，再在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，用孔径为砂样粒径下限的筛子过筛，称量各级砂样的筛余量 (g'_i)。

注：砂样中硫酸钠是否洗净，可按下法检验，即取洗砂样的水数毫升，滴入少量氯化钡 (BaCl_2) 溶液，如无白色沉淀，即说明硫酸钠已被洗净。

3.18.4 试验结果处理

1 各级砂样质量损失百分率按式 (3.18.4-1) 计算 (精确至 1%):

$$P_i = \frac{g_i - g'_i}{g_i} \times 100\% \quad (3.18.4-1)$$

式中: P_i ——各级砂样质量损失百分率, %;

g_i ——各级砂样质量, g;

g'_i ——各级砂样在试验后的筛余量, g。

2 粒径 0.315mm~5mm 砂样总质量损失百分率按式 (3.18.4-2) 计算 (精确至 1%):

$$P = \frac{a_1 P_1 + a_2 P_2 + a_3 P_3 + a_4 P_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4} \times 100\% \quad (3.18.4-2)$$

式中: P ——砂样的总质量损失率, %;

a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 ——0.315mm~0.63mm、0.63mm~1.25mm、1.25mm~2.5mm、2.5mm~5mm 各级在筛除小于 0.315mm 及大于 5mm 颗粒后的砂样中所占的百分率, %;

P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 ——各级砂样试验后质量损失百分率, %。

4 粗 骨 料

4.1 卵石或碎石颗粒级配试验

4.1.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石的颗粒级配，供混凝土配合比设计时选择骨料级配。

4.1.2 仪器设备

- 1 筛：应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 150（或 120）、80、40、20、10、5mm，含底盘和盖。
- 2 天平：称量 10kg，感量不大于 5g。
- 3 磅秤：称量 50kg，感量不大于 50g。
- 4 铁锹、铁盘或其他容器等。

4.1.3 试验步骤

- 1 用四分法选取风干或烘干试样，试样质量应不少于表 4.1.3 中规定值。

表 4.1.3 颗粒级配试验取样质量表

骨料公称最大粒径 (mm)	20	40	80	150 (120)
最少取样质量 (kg)	10	20	50	200

- 2 按筛孔由大到小的顺序过筛，直到每分钟的通过量不超过试样总量的 0.1% 为止。但在每号筛上的筛余平均层厚应不大于试样的公称最大粒径值，如超过此值，应将该号筛上的筛余分成两份，再次进行筛分。

3 称取各筛筛余量(最大粒径大于 150mm 的颗粒也应称量,并计算出百分含量)。

4.1.4 试验结果处理

1 计算分计筛余百分率——各号筛上的筛余量除以试样总量的百分率(精确至 0.1%)。

2 计算累计筛余百分率——该号筛上的分计筛余百分率与大于该号筛的各号筛上的分计筛余百分率的总和。

3 以两次测值的平均值作为试验结果。筛分后,如每号筛上的筛余量与底盘上的筛余量之和与原试样量相差超过 1%,应重做试验。

4.2 卵石或碎石表观密度及吸水率试验

4.2.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石表观密度、饱和面干表观密度及吸水率,用以计算混凝土配合比及评定石料质量。

4.2.2 仪器设备

1 天平:称量 5kg,感量不大于 1g,能在水中称量,见图 4.2.2。

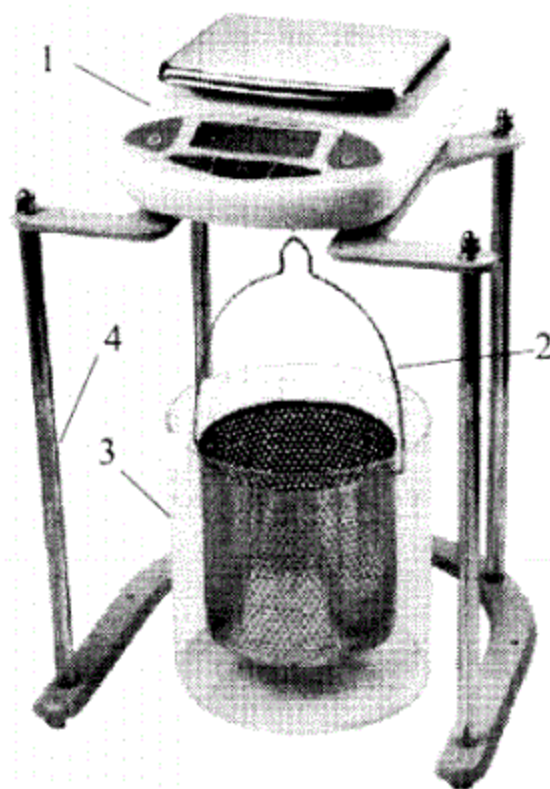


图 4.2.2 水中称量装置示意图

1—5kg 天平; 2—网篮; 3—盛水筒; 4—支架

- 2 网篮：网孔径小于 5mm，直径和高均约 200mm。
- 3 烘箱：控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 盛水筒：直径约 400mm，高约 600mm。
- 5 天平：称量 10kg，感量不大于 5g。
- 6 搪瓷盘、毛巾、温度计等。

4.2.3 试验步骤

- 1 用四分法取样，并用自来水将骨料冲洗干净，按表 4.2.3 规定称取试样两份。

表 4.2.3 表观密度试验取样质量表

骨料公称最大粒径 (mm)	20	40	80	150 (120)
最少取样质量 (kg)	1.5	2	4	6

- 2 将试样浸入盛水的容器中，水面至少高出试样 50mm，浸泡 24h。

3 将网篮全部浸入盛水筒中，称出网篮在水中的质量。将浸泡后的试样装入网篮内，放入盛水桶中，用上下升降网篮的方法排除气泡(试样不得露出水面)，称出试样和网篮在水中的总质量。两次质量之差即为试样在水中的质量 (G_2)。

两次称量时，水的温度相差不得大于 2°C 。

- 4 将试样从网篮中取出，用拧干后的湿毛巾将试样擦至饱和面干状态，并立即称取质量 (G_3)。

- 5 将试样在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，称取质量 (G_1)。

4.2.4 试验结果处理

表观密度、饱和面干表观密度分别按式(4.2.4-1)、式(4.2.4-2)计算(精确至 10kg/m^3)，吸水率按式(4.2.4-3)或式(4.2.4-4)计算(精确至 0.01%)：

$$\rho = \frac{G_1 \rho_w}{G_1 - G_2} \times 1000 \quad (4.2.4-1)$$

$$\rho_1 = \frac{G_3 \rho_w}{G_3 - G_2} \times 1000 \quad (4.2.4-2)$$

$$a_1 = \frac{G_3 - G_1}{G_1} \times 100\% \quad (4.2.4-3)$$

$$a_2 = \frac{G_3 - G_1}{G_3} \times 100\% \quad (4.2.4-4)$$

式中: ρ ——表观密度, kg/m^3 ;

ρ_w ——水的密度, kg/m^3 ;

ρ_1 ——饱和面干表观密度, kg/m^3 ;

a_1 ——以干料为基准的吸水率, %;

a_2 ——以饱和面干状态为基准的吸水率, %;

G_1 ——烘干试样质量, g;

G_2 ——试样在水中质量, g;

G_3 ——饱和面干试样在空气中质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次表观密度测值相差大于 20kg/m^3 或两次吸水率测值相差大于 0.2%, 应重做试验。

4.3 卵石或碎石表面含水率试验

4.3.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石的表面含水率, 供拌和混凝土时修正用水量和用石量。本方法适用于含水率超过饱和面干吸水率的石料。

4.3.2 仪器设备

- 1 天平: 称量 5kg, 感量不大于 1g。
- 2 搪瓷盘、毛巾等。

4.3.3 试验步骤

- 1 按表 4.2.3 中规定的数量, 称取潮湿的卵石或碎石试样 (G_1) 两份, 分别放入搪瓷盘中, 用拧干的湿毛巾将试样擦成饱和

面干状态。

2 称取饱和面干试样的质量 (G_2)。

4.3.4 试验结果处理

表面含水率按式 (4.3.4) 计算 (精确至 0.1%):

$$m_s = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (4.3.4)$$

式中: m_s ——表面含水率, %;

G_1 ——湿试样质量, g;

G_2 ——饱和面干试样质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于 0.5%, 应重做试验。

4.4 卵石或碎石堆积密度及空隙率试验

4.4.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石的堆积密度、紧密堆积密度及空隙率, 用以评定卵石或碎石质量、选择骨料级配及设计混凝土配合比等。本方法适用于公称最大粒径 150mm 以下的骨料。

4.4.2 仪器设备

1 振动台: 频率为 3000 次/min $\pm$ 200 次/min, 振幅为 0.35mm $\pm$ 0.05mm, 最大荷载 250kg。

2 磅秤: 称量 50kg、感量不大于 50g, 或称量 200kg、感量不大于 200g。

3 容量筒: 金属圆筒, 具有一定刚度, 不变形, 规格见表 4.4.2。

4 拌和铁板、平口铁锹、钢尺等。

表 4.4.2 容量筒规格表

卵石或碎石公称最大粒径 (mm)	容量筒容积 (L)	容量筒规格 (mm)	
		内径	净高
20	5	186	186

续表 4.4.2

卵石或碎石公称最大粒径 (mm)	容量筒容积 (L)	容量筒规格 (mm)	
		内径	净高
40	5	186	186
80	15	267	267
150 (120)	80	467	467

4.4.3 试验步骤

1 紧密堆积密度的测定。

- 1) 根据石料公称最大粒径确定相应容积的容量筒,称取其质量 (G_1)。取一定数量的天然级配风干试样,或按一定级配比例组合的风干试样,拌和均匀,用平口铁锹将试样从离容量筒上口 5cm 高度处自由落入容量筒中,装完后稍加平整表面,将容量筒放在振动台上,振动 2min~3min;或将容量筒置于坚实的平地上,在筒底垫放一根直径为 25mm 的钢筋,将试样分三层距容量筒上口 5cm 高度处装入筒中,每装完一层后,将筒按住,左右交替颠击地面各 25 次。在振实或颠实完毕后,再加试样直至超出筒口,用钢尺沿筒口边缘刮去高出筒口的颗粒,用适当的颗粒填平凹处,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等,称取试样和容量筒总质量 (G_2)。

- 2) 将试样倒出拌和均匀,按上述步骤再测一次。

2 堆积密度的测定。用平口铁锹将拌匀的试样从离容量筒上口 5cm 高度处自由落入筒中,直至试样高出筒口,并按紧密堆积密度的方法平整表面,称出质量。然后将试样倒出拌匀,再重复测一次。

- 3 按 3.9 节有关规定,校正容量筒容积 (V)。

4.4.4 试验结果处理

1 紧密堆积密度或堆积密度按式 (4.4.4-1) 计算 (精确至 10kg/m^3):

$$\rho_0 = \frac{G_2 - G_1}{V} \times 1000 \quad (4.4.4-1)$$

式中: ρ_0 ——紧密堆积密度或堆积密度, kg/m^3 ;

G_1 ——容量筒质量, kg ;

G_2 ——容量筒及试样总质量, kg ;

V ——容量筒的容积, L 。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差超过 20kg/m^3 , 应重做试验。

2 空隙率按式 (4.4.4-2) 计算 (精确至 1%):

$$e_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (4.4.4-2)$$

式中: e_0 ——空隙率, %;

ρ_0 ——试样的紧密堆积密度或堆积密度, kg/m^3 ;

ρ ——试样的表观密度, kg/m^3 。

4.5 卵石或碎石含泥量试验

4.5.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石中小于 0.08mm 的黏土、淤泥及细屑的总含量, 用以评定石料质量。

4.5.2 仪器设备

1 天平: 称量 10kg , 感量不大于 5g , 用于称取不超过 10kg 的试样。

2 磅秤: 称量 50kg , 感量不大于 50g , 用于称取超过 10kg 的试样。

3 烘箱: 控制温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。

4 方孔筛: 应满足 GB/T 6003.1 中方孔试验筛的规定, 筛孔

基本尺寸为 0.08、1.25mm 的筛各一只。

5 毛刷、铁铲、搪瓷盆等。

4.5.3 试验步骤

1 用四分法取样。在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，按表 4.5.3 规定称取试样 (G_0) 两份。

表 4.5.3 含泥量试验取样质量表

骨料公称粒径 (mm)	5~20	20~40	40~80	80~150(120)
最少取样质量 (kg)	10	10	20	30

2 将试样装入搪瓷盆中并注入清水，用手在水中淘洗颗粒，使小于 0.08mm 的颗粒与较粗颗粒分离，然后将浑水慢慢倒入 1.25mm 及 0.08mm 的方孔筛套筛上（1.25mm 筛放置上面），滤去小于 0.08mm 的颗粒（试验前筛子的两面先用水湿润）。在整个试验过程中，应避免大于 0.08mm 的颗粒损失。

3 加水反复淘洗，直到盆中的水清为止。

4 用水冲洗剩留在筛上的颗粒，并将 0.08mm 筛放在水中洗除小于 0.08mm 的颗粒。然后将两只筛上剩留的颗粒和盆中已经洗净的试样一并装入瓷盘中，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，称取试样质量 (G_1)。

4.5.4 试验结果处理

各级试样的含泥量按式 (4.5.4) 计算（精确至 0.1%）：

$$Q = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (4.5.4)$$

式中：Q——各级试样的含泥量，%；

G_0 ——试验前烘干的试样质量，g；

G_1 ——试验后烘干的试样质量，g。

以两次测值的平均值作为试验结果。如两次测值相差大于

0.2%，应重做试验。

4.6 卵石或碎石泥块含量试验

4.6.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石中的泥块含量，用以评定石料质量。

4.6.2 仪器设备

1 天平：称量 10kg，感量不大于 5g，用于称取不超过 10kg 的试样。

2 磅秤：称量 50kg，感量不大于 50g，用于称取超过 10kg 的试样。

3 筛：2.5、5mm 方孔筛各一只。

4 容器：要求淘洗试样时，保证试样不溅出。

5 搪瓷盘、铁板等。

4.6.3 试验步骤

1 将试样缩分至略大于表 4.6.3 规定的数量，放在烘箱中于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒量，待冷却至室温后，筛除小于 5mm 的颗粒，分为大致相等的两份备用。

2 按表 4.6.3 规定的数量称取试样一份 (G)。将试样倒入淘洗容器中，注入清水，使水面高于试样上表面，充分搅拌均匀后，浸泡 24h。然后用手在水中碾碎泥块，再把试样放在 2.5mm 筛上，用水淘洗，直到容器内的水目测清澈为止。

表 4.6.3 泥块含量试验取样质量表

骨料公称粒径 (mm)	5~20	20~40	40~80	80~150 (120)
最少取样质量 (kg)	5	10	20	40

3 从筛中取出保留下来的试样，装入搪瓷盘后，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘至恒量，冷却至室温后，称取其质量 (G_1)。

4.6.4 试验结果处理

各级试样泥块含量按式 (4.6.4) 计算 (精确至 0.1%):

$$Q_c = \frac{G - G_1}{G} \times 100\% \quad (4.6.4)$$

式中: Q_c ——各级试样中泥块含量, %;

G ——5mm 筛筛余试样质量, g;

G_1 ——剔除泥块后的烘干试样质量, g。

以两次测值的平均值作为试验结果。

4.7 卵石有机质含量试验

4.7.1 目的及适用范围

检验卵石被有机质污染的程度, 用以评定卵石质量。也适用于由卵石破碎而成的碎石。

4.7.2 仪器设备及试剂

1 仪器设备。

- 1) 天平: 称量 2kg、感量不大于 1g, 以及称量 100g、感量不大于 0.01g 的各一台。
- 2) 量筒: 100、250、1000mL。
- 3) 方孔筛: 应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定, 筛孔基本尺寸为 20mm。
- 4) 1000mL 烧杯、玻璃棒。

2 试剂。

- 1) 氢氧化钠、鞣酸、乙醇等。
- 2) 标准溶液的配制方法与 3.14 节有关规定相同。

4.7.3 试验步骤

- 1 用四分法取粒径小于 20mm 的风干试样约 1000g。
- 2 将试样装入 1000mL 量筒中至 600mL 处, 然后加入 3% 的氢氧化钠溶液至 800mL 处, 摇动均匀后静置 24h。

3 比较试样上部溶液和配制的标准溶液的颜色。盛装标准溶液与盛装试样的量筒材质、颜色应相同。

4.7.4 试验结果处理

1 如果试样上部溶液的颜色浅于标准溶液,则表示试样有机质含量检验合格。

2 如果两种溶液的颜色接近,则应将试样(包括上部溶液)全部倒入烧杯中,放在 $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的水浴锅中加热 $2\text{h}\sim 3\text{h}$,然后再与标准溶液比色。

3 如果溶液的颜色深于标准色,则应按以下方法做进一步检验:取原状试样一份,用浓度为3%的氢氧化钠溶液洗除有机质,再用清水淘洗干净,直至试样用比色法试验时,溶液的颜色浅于标准色。然后用经淘洗有机质的和未经淘洗的原状试样、相同的水泥、砂配成配合比相同、坍落度基本相同的混凝土,测其28d抗压强度。当原状试样的混凝土强度不低于淘洗试样混凝土强度的95%时,则认为有机质含量合格。

4.8 卵石或碎石针片状颗粒含量试验

4.8.1 目的及适用范围

测定卵石或碎石中针状及片状颗粒的总含量,用以评定石料质量。

4.8.2 仪器设备

1 天平:称量 2kg 、感量不大于 1g ,以及称量 10kg 、感量不大于 5g 的各一台。

2 磅秤:称量 50kg ,感量不大于 50g 。

3 方孔筛:应满足GB/T 6003.2中方孔试验筛的规定,筛孔基本尺寸为 5 、 20 、 40 、 80 、 150 (120) mm 。

4 针状规准仪和片状规准仪,见图4.8.2。

5 卡尺、搪瓷盘、料斗等。

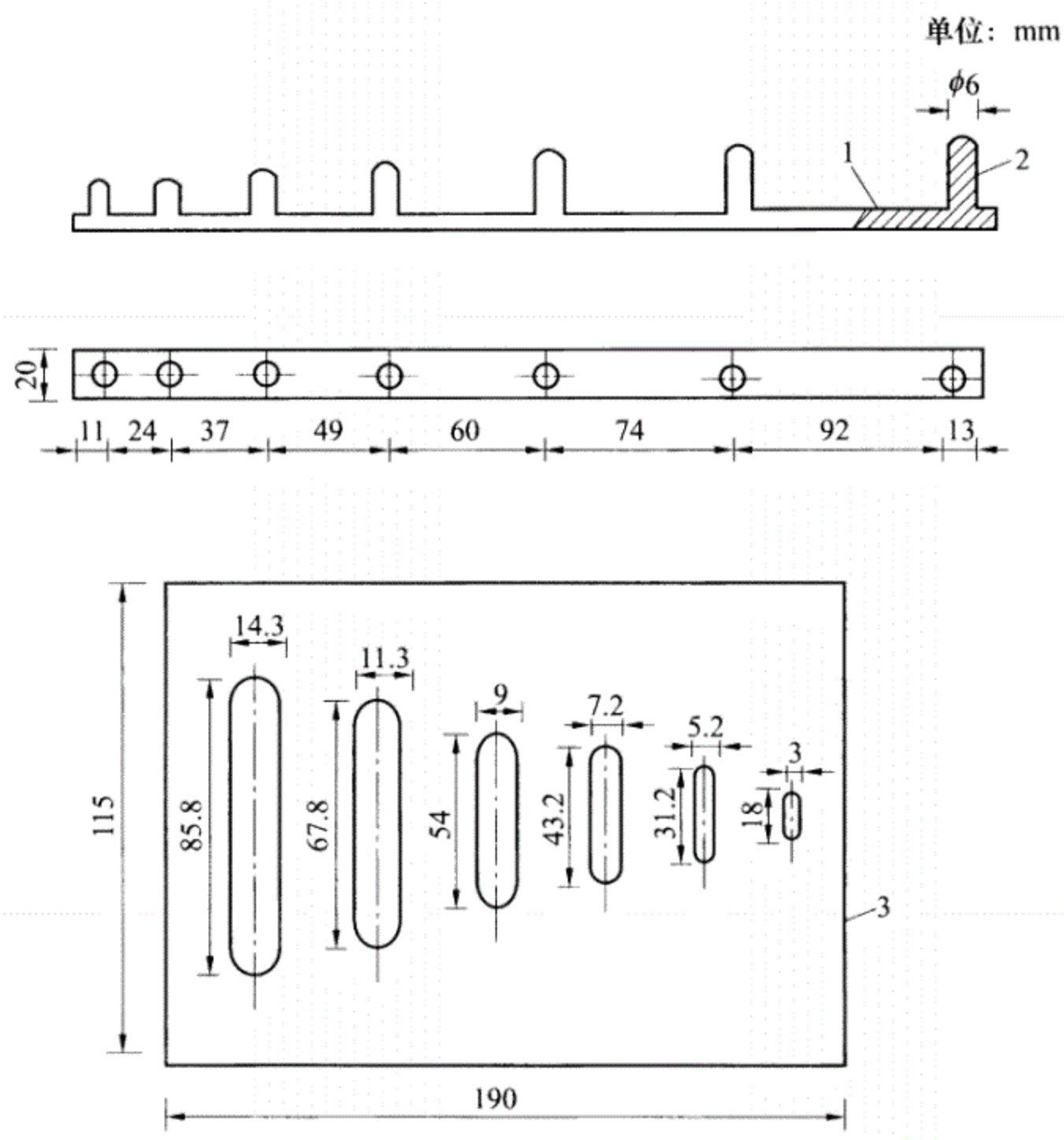


图 4.8.2 针、片状规准仪

1—针状规准仪底板；2—针状规准柱；3—片状规准板

4.8.3 试验步骤

1 根据取样质量选用适宜的衡器，用四分法按表 4.8.3-1 称取各级试样质量 (G_0)。

表 4.8.3-1 针、片状颗粒含量试验取样质量表

骨料公称粒径 (mm)	5~20	20~40	40~80	80~150 (120)
最少取样质量 (kg)	2	10	30	40

2 按表 4.8.3-2 所规定的粒级用规准仪逐粒对试样进行鉴定。凡颗粒长度大于针状规准仪上相应间距者，为针状颗粒；厚度小于片状规准仪上相应孔宽者，为片状颗粒。

表 4.8.3-2 针、片状试验的粒级划分及其相应的规准仪孔宽或间距 (mm)

粒级	5~10	10~16	16~20	20~25	25~31.5	31.5~40
片状规准仪上相对应的孔宽	3.0	5.2	7.2	9.0	11.3	14.3
针状规准仪上相对应的间距	18.0	31.2	43.2	54.0	67.8	85.8

3 粒径大于 40mm 的碎石或卵石可用卡尺鉴定其针、片状颗粒，卡尺卡口的设定宽度应符合表 4.8.3-3 的规定。

表 4.8.3-3 粒径大于 40mm 颗粒卡尺卡口的设定宽度 (mm)

粒 径	40~63	63~80	80~150 (120)
鉴定片状颗粒的卡口宽度	20.6	28.6	46.0 (40.0)
鉴定针状颗粒的卡口宽度	123.6	171.6	276.0 (240.0)

4 称取各粒级挑出的针状和片状颗粒的总质量 (G_1)。

4.8.4 试验结果处理

1 各级试样中针 (片) 状颗粒含量按式 (4.8.4-1) 计算 (精确至 1%)：

$$q_n = \frac{G_1}{G_0} \times 100\% \quad (4.8.4-1)$$

式中： q_n ——各级试样中针 (片) 状颗粒含量，%；

G_1 ——各级试样中针 (片) 状颗粒质量，g；

G_0 ——各级试样质量，g。

2 一定级配的粗骨料中针、片状颗粒总含量按式 (4.8.4-2)

计算（精确至 1%）：

$$Q_n = \frac{m_1 q_{n1} + m_2 q_{n2} + m_3 q_{n3} + m_4 q_{n4}}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} \quad (4.8.4-2)$$

式中： Q_n ——一定级配的粗骨料中针、片状颗粒总含量，%；

q_{n1} 、 q_{n2} 、 q_{n3} 、 q_{n4} ——公称粒径分别为 5mm~20mm、20mm~40mm、40mm~80mm、80mm~150（120）mm 的试样中针、片状颗粒含量，%；

m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 ——公称粒径分别为 5mm~20mm、20mm~40mm、40mm~80mm、80mm~150（120）mm 的试样在粗骨料中的配合比例，%。

以两次测值的平均值作为试验结果。

4.9 卵石或碎石超逊径颗粒含量试验

4.9.1 目的及适用范围

测定指定粒径的卵石或碎石中超逊径颗粒的含量，用以评定骨料筛分质量、在施工中调整骨料级配。

4.9.2 仪器设备

- 1 磅秤：称量 100kg，感量不大于 100g。
- 2 超逊径筛：方孔筛，筛孔尺寸见表 4.9.2。

表 4.9.2 超逊径试验筛筛孔尺寸表（mm）

骨料公称粒径	5~20		20~40		40~80		80~150（120）	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
原筛孔尺寸	5	20	20	40	40	80	80	150（120）
超逊径筛筛孔尺寸	4	23	17	47	33	93	67	175（140）

4.9.3 试验步骤

- 1 试样的准备。

- 1) 在筛分楼取样时,应在皮带运输机机头接取骨料;在料堆中取样时,应分上、中、下三层取样。
- 2) 将试样拌和均匀,用四分法按表 4.9.3 规定称取各级试样质量 (G_0)。

表 4.9.3 超逊径试验取样质量表

骨料公称粒径 (mm)	5~20	20~40	40~80	80~150(120)
最少取样质量 (kg)	20	30	40	50

2 将各级试样用相应的超逊径筛进行筛分,并称取超径颗粒和逊径颗粒的质量 (G_i)。

4.9.4 试验结果处理

各级试样的超径或逊径颗粒含量按式 (4.9.4) 计算 (精确至 1%):

$$Q_c = \frac{G_i}{G_0} \times 100\% \quad (4.9.4)$$

式中: Q_c ——试样的超径或逊径颗粒含量, %;

G_0 ——各级试样质量, kg;

G_i ——各级试样中超径颗粒或逊径颗粒质量, kg。

4.10 卵石软弱颗粒含量试验

4.10.1 目的及适用范围

测定卵石中软弱颗粒的含量,用以评定卵石质量,也适用于由卵石破碎而成的碎石。

4.10.2 仪器设备

1 天平:称量 5kg,感量不大于 1g。

2 方孔筛:应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定,筛孔基本尺寸为 5、10、20、40mm。

3 压力试验机、搪瓷盘、毛刷等。

4.10.3 试验步骤

1 将骨料浸水 8h 以上，然后按表 4.10.3 规定进行分级和加压。每级取样数量为 100 粒，并称其质量 (G_1)。试验时，在压力试验机上按级对骨料逐颗进行加压。

表 4.10.3 分 级 和 加 压 表

骨料分级	骨料粒径 (mm)	加压荷载 (kN)
第一级	5~10	0.15
第二级	10~20	0.25
第三级	20~40	0.34

2 被压碎的颗粒属于软弱颗粒，将其弃除，称出剩下石子的质量 (G_2)。

4.10.4 试验结果处理

软弱颗粒含量按式 (4.10.4) 计算 (精确至 1%)：

$$Q_s = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\% \quad (4.10.4)$$

式中： Q_s ——软弱颗粒含量，%；

G_1 ——试样质量，g；

G_2 ——坚硬颗粒质量，g。

4.11 卵石或碎石压碎指标试验

4.11.1 目的及适用范围

检验卵石或碎石抵抗压碎的能力，用以评定石料质量。

4.11.2 仪器设备

1 压力试验机：最大压力 300kN 以上。

2 受压试模：见图 4.11.2。

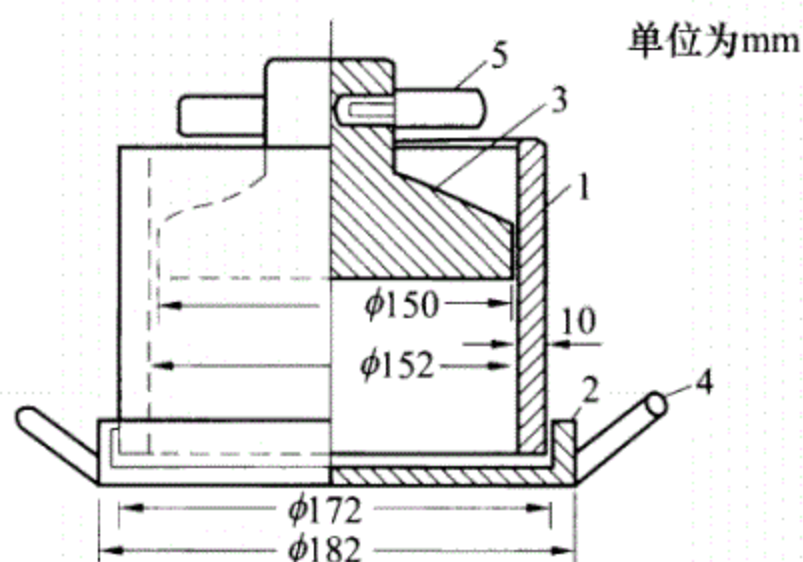


图 4.11.2 压碎指标测定试模

1—圆模；2—底盘；3—加压头；4、5—把手

3 天平：称量 5kg，感量不大于 1g。

4 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 和 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 2.5、10、20mm。

4.11.3 试验步骤

1 用 10mm 筛和 20mm 筛，选取粒径大于 10mm 而小于 20mm 的骨料（气干状态），并剔除其中的针片状颗粒，然后称取试样三份，每份 3kg (G_0)。

当卵石或碎石由不同岩种组成时，应分别选样试验。

2 置圆模于底盘上，取试样一份，分两层装入圆模中，每装完一层试样，一手按住圆模，一手将底盘手把一边提起 2cm，然后松手使其自由落下，两边交替，反复进行至每边提起 25 次。两层振完后，平整模内试样表面。

3 将装有试样的受压圆模放到压力试验机上，盖上压头，注意应使加压头保持平正。开动试验机在 3min~5min 内均匀地加荷到 200kN，然后卸荷，取下受压试模，移去加压头，倒出试样，用 2.5mm 筛筛除被压碎的细粒，并称取剩留在筛上的试样质量 (G_1)。

4.11.4 试验结果处理

压碎指标按式 (4.11.4) 计算（精确至 0.1%）：

$$C = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (4.11.4)$$

式中：C——压碎指标，%；

G_0 ——试样质量，g；

G_1 ——试样压碎后筛余量，g。

以三次测值的平均值作为试验结果。

4.12 岩石抗压强度及软化系数试验

4.12.1 目的及适用范围

测定用于生产骨料的岩石在气干和水饱和状态下的抗压强度及软化系数，评定岩石耐风化、耐水浸能力。

4.12.2 仪器设备

- 1 压力试验机：最大压力 1000kN。
- 2 钻石机或切石机。
- 3 磨石机。
- 4 卡尺、角尺、金刚砂等。

4.12.3 试验步骤

1 用钻石机或切石机从岩石试样或岩芯中制取边长为 50mm 的立方体或直径与高均为 50mm 的圆柱体试件两组，每组 6 个；对有显著层理的岩石，试件组数应增至四组。试件与压力机接触面应用磨石机磨平，并保证在试样整个高度上直径误差不超过 0.3mm，两端面的不平行度最大不超过 0.05mm，端面应垂直于试样轴线、最大偏差不超过 0.25°。

2 用卡尺测量试件的尺寸（精确到 0.1mm）。对于立方体试件，取顶面或底面上相互平行两条边的平均长度作为长和宽，取顶面积和底面积的平均值作为计算用的截面积；对于圆柱体试件，取顶面和底面上相互垂直的两个直径平均值分别作为顶面、底面直径。取顶面积和底面积的平均值作为计算用的截面积。

3 将一组试件（具有显著层理的岩石试件需两组）置于水

池中浸泡 48h，水面应高出试件顶面 2cm 以上。其余试件为气干状态。

4 将浸水饱和的试件取出，擦干表面水分，立即放在压力机上进行抗压强度试验。对有显著层理的试件加压方向，一组与层理方向垂直，一组与层理方向平行。加压速度为 0.5MPa/s～1.0MPa/s。在同一条件下，另做气干试件的抗压强度试验。

4.12.4 试验结果处理

1 抗压强度按式 (4.12.4-1) 计算 (精确至 1MPa):

$$f = \frac{P}{A} \quad (4.12.4-1)$$

式中: f ——抗压强度, MPa;

P ——破坏荷载, N;

A ——试件的截面积, mm^2 。

以每组 6 个试件的抗压强度测值, 除去最大和最小值, 取其余 4 个测值的平均值作为试验结果。

对具有显著层理的岩石抗压强度, 以垂直于层理及平行于层理的抗压强度的平均值作为试验结果。

2 软化系数按式 (4.12.4-2) 计算 (精确至 0.01):

$$K_s = \frac{f}{f_0} \quad (4.12.4-2)$$

式中: K_s ——软化系数;

f ——水饱和状态下的抗压强度, MPa;

f_0 ——气干状态下的抗压强度, MPa。

4.13 卵石或碎石坚固性试验

4.13.1 目的及适用范围

检验卵石或碎石对硫酸钠饱和溶液结晶膨胀破坏作用的抵抗能力, 间接判断其坚固性。

4.13.2 仪器设备及试剂

1 仪器设备:

- 1) 天平: 称量 5kg, 感量不大于 1g。
- 2) 烘箱: 控制温度为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 筛: 与 4.1.2 有关规定相同。
- 4) 搪瓷盆或瓷缸: 容积在 50L 左右, 用于配制硫酸钠溶液。
- 5) 三脚网篮: 采用孔径不大于 2.5mm 的铜丝网或镀锌铁丝制成; 网篮分外径 100mm、高 150mm 和外径、高均为 150mm 两种, 后者用于粒径在 80mm 以上的卵石或碎石。
- 6) 恒温试验箱: 与 3.18.2 有关规定相同。

2 试剂配制: 与 3.18.2 有关规定相同。

4.13.3 试验步骤

1 根据卵石或碎石的公称最大粒径, 参考表 4.13.3-1 规定, 选取经缩分的试样用 5、10、20、40、80、150 (120) mm 筛进行筛分, 计算各级骨料的分计筛余百分率。已知颗粒级配时, 此步试验可不作。

表 4.13.3-1 坚固性试验最小取样质量表

骨料公称最大粒径 (mm)	≤ 20	40	80	150 (120)
最少取样质量 (kg)	10	20	50	200

2 取比表 4.13.3-2 规定质量稍多的各级骨料, 分别用水洗净, 在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量, 冷却至室温后, 再按表 4.13.3-2 规定称取各级试样 (g_i)。

3 将称取的各级试样分别装入三脚网篮, 按 3.18.3 试验步骤的第 2、3、4 款相应规定进行试验。

表 4.13.3-2 各级骨料取样质量表

骨料公称 最大粒径 (mm)	各级试样最少取样质量 (g)					试样总量 (g)
	5~10	10~20	20~40	40~80	80~150 (120)	
20	500	1000				1500
40	500	1000	1500			3000
80	500	1000	1500	2000		5000
150 (120)	500	1250	1250	2000	2500	7500

4.13.4 试验结果处理

1 各级试样质量损失百分率按式(4.13.4-1)计算(精确至 1%):

$$P_i = \frac{g_i - g'_i}{g_i} \times 100\% \quad (4.13.4-1)$$

式中: P_i ——各级试样质量损失百分率, %;

g_i ——各级试样质量, g;

g'_i ——各级试样在试验后的筛余量, g。

2 试样总质量损失百分率按式(4.13.4-2)计算(精确至 1%):

$$P = \frac{a_1 P_1 + a_2 P_2 + a_3 P_3 + a_4 P_4 + a_5 P_5}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5} \times 100\% \quad (4.13.4-2)$$

式中: P ——试样的总质量损失率, %;

a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 ——5mm~10mm、10mm~20mm、20mm~40mm、40mm~80mm、80mm~150(120)mm 各级试样的分计筛余百分率, %;

P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 ——各级试样试验后质量损失百分率, %。

4.14 卵石或碎石抗磨损试验

4.14.1 目的及适用范围

检验卵石或碎石抗磨损、冲击及碾轧的综合性能, 用以评价

石料质量或坚固性。

4.14.2 仪器设备

1 石料磨耗试验机：利用钢筒旋转时搁板将试样及钢球卷起，并立即掉到钢筒另一边而形成冲击、磨损及碾轧粉碎作用。其主要部件为两端封闭的空心圆钢筒，内径为 $710\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ，内腔长为 $508\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。钢筒装在两个短轴上，短轴连接在钢筒的端面。安装时应保证钢筒能绕一水平轴线旋转，其斜度误差应小于 1:100。筒上应开一装料孔口，并配一防尘盖和供螺栓固定盖板的装置，盖板与筒内壁平齐。配置可卸式截料搅料板。机动装置和平衡重的设计应能保证钢筒旋转时圆周速度均匀一致，防止无效行程及滑动。钢筒的回转转速为 $30\text{r/min} \sim 33\text{r/min}$ 。

2 磨料：筒内磨料采用平均直径为 46.8mm 钢球，每个钢球质量在 $390\text{g} \sim 445\text{g}$ 之间，其总质量如表 4.14.2 所示。

表 4.14.2 磨料数量与质量

试样级配	钢球数量 (个)	磨料质量 (g)
a、b、c、A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

注：也可用平均直径为 46.0mm 和 47.6mm 的钢球，每个钢球质量分别约 400g 和 440g 。

3 方孔筛：标准筛一套满足 GB/T 6003.1 和 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 80 、 60 、 50 、 40 、 30 、 20 、 10 、 5 、 2.5mm ，以及筛孔为 1.7mm 的方孔筛一个。

4 天平：称量 5kg ，感量不大于 1g 。

5 烘箱：控制温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ；

6 其他：搪瓷盘等。

4.14.3 试验步骤

1 将试料冲洗干净（若表面无附着物及粉尘，试验前可不冲洗），备样约 50kg，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量。

2 根据石料粒径，选择试样级配。按表 4.14.3-1 或表 4.14.3-2 中所列级配，称取经过筛洗、烘干后的试样质量 (G_1)，精确到 1g。

表 4.14.3-1 抗磨损试验各级配取样质量表

筛孔尺寸 (mm)	取样质量 (g)		
	a 级配	b 级配	c 级配
60~80	2500±50		
50~60	2500±50		
40~50	5000±50	5000±50	
30~40		5000±25	5000±25
20~30			5000±25
合计	10 000±100	10 000±75	10 000±50

注：磨耗旋转 200 转及 1000 转。磨料用 12 个钢球，总质量 $5000\text{g} \pm 25\text{g}$ 。

表 4.14.3-2 抗磨损试验各级配取样质量表

筛孔尺寸 (mm)	取样质量 (g)			
	A 级配	B 级配	C 级配	D 级配
30~40	1250±25			
20~30	1250±25			
10~20	1250±10	2500±10		
5~10	1250±10	2500±10	2500±10	
2.5~5			2500±10	5000±10
合计	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

注：磨耗旋转 100 转及 500 转。磨料数量和质量见表 4.14.2。

3 将所需钢球及试样装入试验机钢筒内,紧好盖板,开动试验机,根据试样级配分别按 100 转及 500 转,或 200 转及 1000 转进行磨耗试验,达到规定转数后,取出试样,筛去 1.7mm 以下细料,将大于 1.7mm 试样冲洗干净,在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒量,称取磨耗后质量 (G_2),精确到 1g。

4.14.4 试验结果处理

1 各级配石料质量损失百分率按式 (4.14.4) 计算 (精确至 0.1%):

$$L = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\% \quad (4.14.4)$$

式中: L ——各级配石料质量损失百分率, %;

G_1 ——原石料质量, g;

G_2 ——磨耗后石料质量, g。

2 以两次测值的平均值作为试验结果,两次测值相差不应超过平均值的 5%,或 200 转与 1000 转之间、100 转与 500 转之间损失率的比值应小于 0.2。

3 石料质量评定标准为: a、b、c 级配的试样,经 200 转或 1000 转磨耗后,质量损失率分别不应超过 10%和 40%; A、B、C、D 级配的试样,经 100 转或 500 转磨耗后,质量损失率分别不应超过 10%和 40%。

5 骨料碱活性

5.1 骨料碱活性检验（岩相法）

5.1.1 目的及适用范围

本方法规定了混凝土骨料岩相检测的一般步骤，用以辨别骨料所含碱活性矿物的品种、数量以及可能发生的碱骨料反应类型。

本方法适用于在试验室内对砂、卵石、碎石等骨料进行定性的常规检测，也适用于对骨料所含碱活性矿物进行定量分析。

5.1.2 仪器设备

1 取样设备。

- 1) 方孔筛：应满足 GB/T 6003.1 和 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 150 (120)、80、40、20、5、2.5、1.25、0.63、0.315、0.16mm，含筛盖和底盘。
- 2) 分样器：用于四分法取样。
- 3) 天平：称量 1000g，感量不大于 0.5g。
- 4) 磅秤：称量 100kg，感量不大于 100g。

2 制样设备。

- 1) 岩石切割机：装有直径不小于 350mm 的刀片，自动喂料。
- 2) 破碎机：用于必要时减小颗粒粒径到 4mm 以下。破碎机在使用前应彻底清理干净。
- 3) 制片机：用于准备 25 μ m~30 μ m 厚的岩石薄片。
- 4) 磨平机：直径 400mm，用于磨平样品。
- 5) 抛光机：直径 200mm~300mm，用于抛光样品。

6) 研磨剂: 100 (122 μ m)、220 (63 μ m)、320 (31 μ m)、600 (16 μ m)、800 (12 μ m) 号金刚砂, M-305 (5 μ m) 刚玉砂。

7) 树胶 (冷杉胶等) 或荧光环氧树脂: 用于固定骨料颗粒和制片。

8) 手镜、钢针、地质锤、砧板: 用于观察和挑选粗骨料。

3 观测设备。

1) 岩相显微镜: 目镜和物镜组合允许放大倍数至 500 倍。

2) 计数器: 用于配合岩相显微镜进行碱活性矿物定量分析。

3) 体视显微镜: 放大倍率为 6 倍~150 倍。

4) 显微镜灯。

5.1.3 取样

1 原料取样: 按 DL/T 5241 《水工混凝土耐久性技术规范》的规定进行取样。

2 破碎和筛分: 根据需要对样品进行破碎和筛分。

3 石料用四分法缩分, 风干后进行筛分, 最小取样质量按表 5.1.3-1 的规定进行。

4 砂样用四分法缩分至约 5kg, 然后取约 2kg 冲洗干净, 在 105℃ $\pm$ 5℃的烘箱中烘至恒量, 冷却至室温后, 按 3.1 节方法进行筛分, 再按表 5.1.3-2 规定的质量取样。

表 5.1.3-1 粗骨料最少取样质量表

粗骨料粒径 (mm)	取样质量 (kg)
>150	视需要而定
80~150 (120)	240
40~80	150
20~40	50
5~20	10

表 5.1.3-2 砂料最少取样质量表

砂料粒径 (mm)	取样质量 (g)
2.5~5	100
1.25~2.5	50
0.63~1.25	25
0.315~0.63	10
0.16~0.315	10
小于 0.16	5

5.1.4 粗骨料的鉴定

1 颗粒分组法：适用于骨料的岩性或者矿物组分容易辨别，或者可以根据矿物学、颜色、形状、组织等特点将骨料分组的情况。

- 1) 首先用手镜、钢针等工具，将试样逐粒进行肉眼鉴定。需要时可将颗粒放在砧板上用地质锤击碎（注意应使岩石碎片损失最小），观察颗粒新鲜断口。
- 2) 在肉眼鉴定基础上，对待测样品，按岩石名称及物理性质进行分组。物理性质包括大体上的矿物成分、风化程度、有无裂隙，以及坚硬性、有无包裹体和断口形状等。记录各组中包含的颗粒数目、占样品总质量的比例。
- 3) 将各组样品中的典型颗粒制片，用岩相显微镜观测各组颗粒的岩性，并判断其是否存在潜在活性以及可能发生的碱骨料反应类型。
- 4) 对于特定的岩石种类，应观测其中是否含有表 5.1.4-1 所示的碱活性矿物。
- 5) 当不止一种尺寸的颗粒需要分组时，应该先筛分，然后分粒级进行分组。

表 5.1.4-1 岩石种类及其相应的潜在碱活性矿物组分

岩石类别	岩石名称	碱活性矿物
火成岩	流纹岩、英安岩、斑岩	玻璃或析晶玻璃，方石英和鳞石英，蛋白石质/玉髓暗脉/晶体填充物，微晶或隐晶质石英
	安山岩	玻璃或析晶玻璃，方石英和鳞石英，蛋白石/玉髓暗脉/晶体填充物
	松脂岩、珍珠岩、黑曜岩	酸性—中性火山玻璃、隐晶—微晶石英、鳞石英、方石英
	花岗岩、花岗闪长岩、石英-闪长岩	高应变石英或微晶石英，蛋白石质或玉髓脉
	玄武岩（包括粗玄岩）	玻璃或析晶玻璃，蛋白石/玉髓暗脉/晶体填充物
沉积岩	火山熔岩、火山角砾岩	火山玻璃
	凝灰岩（包括熔结凝灰岩）	玻璃或析晶玻璃，鳞石英，高应力石英，微晶或者隐晶质石英，蛋白石质/玉髓质暗脉/晶态填充物
	砂岩和粉砂岩	高应变石英。一些岩石胶结了大量蛋白硅、玉髓硅、微晶石英或隐晶质石英
	杂砂岩	微晶或隐晶质石英，尤其是在一些变质杂砂岩中。但不是所有的杂砂岩都有碱活性
	硅藻土	蛋白石
	碧玉	玉髓、微晶石英
	燧石	玉髓质硅，微晶或隐晶质石英。一些变体可能含有蛋白质硅
	白云岩（含细粒泥质灰质白云岩、硅质白云岩）	细碎的石英、蛋白石或玉髓，细白云石晶体（可能导致碱—碳酸盐反应）
	灰岩（灰泥、白垩、白云质灰岩、硅质灰岩）	细碎散布的石英、蛋白石或玉髓，与燧石有关
	泥岩、黏土岩、硬绿泥石	微晶或隐晶质石英
变质岩	角闪岩	微晶或隐晶质石英
	板岩、千枚岩	微晶或隐晶质石英

续表 5.1.4-1

岩石类别	岩石名称	碱活性矿物
变质岩	片麻岩（麻粒岩、片岩）	高应变石英和/或石英颗粒之间的弱结晶边界，微晶或隐晶质石英，蛋白石质或玉髓脉
	糜棱岩、碎裂岩、角砾岩	应变、重结晶的石英，隐晶质和微晶质石英，玻璃状材料
	石英岩	高应变石英和/或石英颗粒之间的弱结晶边界，微晶或隐晶质石英

2 薄片数点法：适用于不易进行颗粒分组，或者要求进行更精确的定量分析的情况。

- 1) 破碎样品：对于要进行薄片数点法检测的粗骨料，可以将有代表性的样品全部破碎成 2mm~4mm 的颗粒准备制片。破碎应该逐步进行，避免形成片状颗粒和组分分解。
- 2) 对于样品中颗粒硬度变化范围比较大的骨料，破碎后小于 2mm 的粒级应另做薄片并计数。
- 3) 制片：用树胶或荧光环氧树脂将破碎好的颗粒固定，做成 50mm×30mm 的薄片，并磨平、抛光。不同粒级制备 50mm×30mm 薄片的最少数量见表 5.1.4-2。

表 5.1.4-2 不同颗粒粒级最少制备薄片数

粒级 (mm)	最小颗粒数 (个)	薄片数	
		细骨料	粗骨料破碎成的细骨料
2~4	300	2	2
<2	1500	1	1

- 4) 数点：在薄片断面上，沿着互相垂直的两个方向用等间距的直线形成正交栅格，并覆盖整个薄片。在岩相显微镜下依次逐个观察栅格交叉点，并记录每个交叉

点的岩相和矿物分类。

- 5) 栅格间距按照至少能够观察 1000 个点（包括落入树脂内的点）来确定。
- 6) 结果计算：每种矿物的点数除以薄片内可以数到的总点数，即为该矿物所占体积分数（保留整数）。结果应至少给出活性和非活性组分的体积百分比。

5.1.5 细骨料的鉴定

将细骨料筛分后，按照 5.1.4 的薄片数点法进行鉴定。

5.1.6 试验结果处理

1 粗骨料如进行全分析，需按表 5.1.6-1 列出各种岩石的成分及其含量；如只分析碱活性骨料，则按表 5.1.6-2 列出碱活性骨料的种类和含量。细骨料一般只分析活性骨料的种类和含量，鉴定结果应按表 5.1.6-3 格式列出。

表 5.1.6-1 粗骨料岩相鉴定表

岩石名称	不同粒径骨料质量百分数 (%)				岩相描述 (颜色、硬度、风化程度)	物理性质 (以优、良、劣评定)	化学性质 (说明有无活性)
	80mm~150 (120) mm	40mm~80mm	20mm~40mm	5mm~20mm			

表 5.1.6-2 粗骨料碱活性骨料含量表 (%)

碱活性骨料名称	反应类型	骨料粒径 (mm)			
		80~150 (120)	40~80	20~40	5~20

表 5.1.6-3 细骨料碱活性骨料含量表

样品组成		碱活性骨料含量 (%)		
粒径 (mm)	筛余量 (%)	占本级样品重	占总样品重	合计

2 根据鉴定结果,当骨料含有碱活性成分时,应判断其碱活性反应类型,并进一步进行测长试验。

5.2 骨料碱活性检验(砂浆棒长度法)

5.2.1 目的及适用范围

1 测定水泥砂浆试件的长度变化,以鉴定水泥中的碱与活性骨料间的反应所引起的膨胀是否具有潜在危害。

2 本方法是在岩相法检验确认骨料含有碱—硅酸反应活性组分时进行,适用于判别碱骨料反应较快的碱—硅酸盐反应和碱—硅酸反应,不适用于碱—碳酸盐反应。

5.2.2 仪器设备

1 筛:与 3.1.2 有关规定相同。

2 胶砂搅拌机、铁勺、量筒、秒表、跳桌等。

3 镋刀及截面为 $14\text{mm} \times 13\text{mm}$ 、长 $120\text{mm} \sim 150\text{mm}$ 的硬木制捣棒。

4 试模和测头(埋钉):金属试模,规格为 $25.4\text{mm} \times 25.4\text{mm} \times 285\text{mm}$ 。试模两端正中有小孔,以便测头在此固定埋入砂浆,测头用不锈钢的金属或合金制成。

5 养护筒:用耐腐材料(如塑料等)制成,应不漏水、不透气,加盖后放在养护室或养护箱中能确保筒内空气相对湿度为 95%以上;筒内设有试件架,架下盛有水,试件垂直立于架上并不与水接触。

6 测长仪或比长仪:测量范围为 $275\text{mm} \sim 300\text{mm}$,精度至少为 0.01mm 。

7 养护设备:温度为 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的养护室或养护箱。

5.2.3 试验步骤

1 试验准备。

1) 水泥:水泥含碱量为 1.20%;低于此值可外掺浓度为 10% 的 NaOH 溶液,使试验用水泥的含碱量达到此

值。对于具体工程，如该工程拟用水泥含碱量高于此值，则用该种水泥试验。

注：水泥含碱量以当量氧化钠（ Na_2O ）计，当量 $\text{Na}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658 \times \text{K}_2\text{O}$ ，下同。

- 2) 骨料：砂料使用工程实际用砂，或拟用砂；将砂样缩分成约 5kg，筛分后，洗净烘干，按表 5.2.3 中所示级配及比例组合成试验用料。对于石料，将试样缩分至约 5kg，破碎筛分，各粒级都要在筛上用水冲净粘附在骨料上的淤泥和细粉，烘干后，按表 5.2.3 的级配配成试验用料。

表 5.2.3 砂料级配表

粒径 (mm)	2.5~5	1.25~2.5	0.63~1.25	0.315~0.63	0.16~0.315
分级质量 (%)	10	25	25	25	15

- 3) 砂浆配合比：水泥与砂的质量比为 1:2.25。一组三个试件共需水泥 400g、砂 900g。砂浆用水量按砂浆流动度选定，跳桌跳动次数为 6s 跳动 10 次，以流动度在 105mm~120mm 为准。

2 试件制作。

- 1) 成型前 24h，将试验所用材料（水泥、砂、拌和水等）放入 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室中。
- 2) 砂浆制备：先将称好的水泥、骨料倒入搅拌锅内，开动搅拌机，拌和 5s 后，徐徐加水，20s~30s 加完，自开动机器起搅拌 $180\text{s} \pm 5\text{s}$ 停机，将粘在叶片上的砂浆刮下，取下搅拌锅。
- 3) 砂浆分两层装入试模内，每层捣 20 次，注意测头周围应填实。浇捣完毕后用钹刀刮除多余砂浆，抹平表

面。试件成型 4h 后可对试件进行编号，并标明测定方向。

3 试件的养护及测量。

- 1) 试件成型完毕后，带模放入标准养护室，养护 $24\text{h} \pm 4\text{h}$ 后，脱模；当试件强度较低时，可延至 48h 脱模。脱模后立即测量试件的长度，此长度为试件的基准长度。测长应在 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室中进行。每个试件至少重复测试两次，取差值在仪器精度范围内的两个读数的平均值作为长度测定值。待测的试件必须用湿布覆盖，以防止水分蒸发。
- 2) 测量后将试件放入养护筒中，盖严筒盖放入 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的养护设备里养护。一个筒内的试件品种应相同。
- 3) 测长龄期可自测基长后算起 14d、1 个月、2 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月，如有必要还可适当延长。在测长前一天，应把养护筒从养护设备中取出，放入 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室。试件的测长方法与测基长时相同。测量完毕后，应将试件调头放入养护筒中，盖好筒盖，放回养护设备继续养护到下一测试龄期。
- 4) 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无变形、裂缝、渗出物等，尤其应注意有无胶体物质，并作记录。

5.2.4 试验结果处理

- 1 试件的膨胀率按式 (5.2.4) 计算 (精确至 0.001%)：

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100\% \quad (5.2.4)$$

式中： ε_t ——试件在 t 天龄期的膨胀率，%；
 L_t ——试件在 t 天龄期的长度，mm；
 L_0 ——试件的基准长度，mm；

Δ ——测头（即埋钉）的长度，mm。

以三个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。

2 试验精度应符合下述要求：膨胀率小于 0.020% 时，单个测值与平均值的差值不得大于 0.003%；膨胀率大于 0.020% 时，单个测值与平均值的差值不得大于平均值的 15%。超过上述规定时需查明原因，取其余两个测值的平均值作为该龄期膨胀率的测定值。当一组试件的可取测值少于两个时，该龄期的膨胀率必须通过补充试验确定。

3 评定标准：当试件半年膨胀率不低于 0.10%，或三个月膨胀率不低于 0.05% 时（只适用于缺少半年膨胀率资料时），即评定为具有潜在危害性的活性骨料；反之，则评定为非活性骨料。

5.3 碳酸盐骨料的碱活性检验

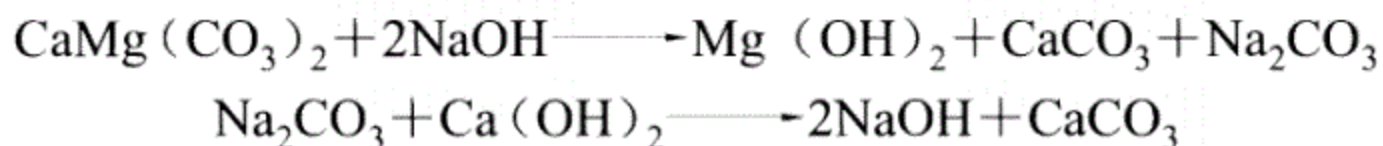
5.3.1 目的及适用范围

在规定条件下测量碳酸盐骨料试件在碱溶液中产生的长度变化，以鉴定其作为混凝土骨料是否具有潜在碱活性。

本方法在岩相法检验确认骨料含有碱—碳酸盐反应活性组分后进行，适用于碳酸盐岩石作为骨料的研究与料场初选。

5.3.2 基本原理

碱—碳酸盐反应主要是脱（去）白云石反应，即某些特定的微晶白云石和氢氧化钠（NaOH）、氢氧化钾（KOH）等碱类反应生成氢氧化镁 $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ，即水镁石和碳酸盐等。这些生成物和水泥水化产物氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 又起反应，重新生成碱，使脱白云石反应继续下去，直到白云石被完全作用完，或碱的浓度被继续发生的反应降至足够低为止。其反应式可归纳为：



本试验是用固定浓度的碱浸泡碳酸盐岩样，定期测量脱白云

石时岩样的膨胀过程。

5.3.3 仪器设备及试剂

1 仪器设备:

- 1) 圆筒钻机: 装有 $\phi 9$ 钻头。
- 2) 锯石机、磨片机。
- 3) 试件养护瓶: 要求制瓶材料不与碱溶液起反应, 盖子能严密盖紧, 以免溶液变质和改变浓度。一般可用厚度不小于 0.5mm 的聚氯乙烯瓶。
- 4) 测长仪: 量程 25mm~50mm, 精度 0.001mm。

2 试剂: 氢氧化钠溶液, 即将 $40\text{g} \pm 1\text{g}$ 的氢氧化钠(化学纯)溶于 1L 蒸馏水中。

5.3.4 试验步骤

1 取样: 为了取得有代表性的试件, 应在同块岩石具有不同岩性的方向上钻芯取样。如岩石层理不清, 则应在三个相互垂直的方向上各取一个试件。岩样的大小应符合试件加工要求。

2 试件加工: 试件形状为圆柱体, 直径 $9\text{mm} \pm 1\text{mm}$, 长 $35\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。加工时应避免试件表面由于磨光或其他某些作用而变质, 影响碱溶液进入岩样的速率。

3 试件养护: 试件编号后, 放入盛有蒸馏水的瓶中, 置于 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室内, 每隔 24h 取出擦干表面水分, 进行测长, 直至试件前后两次测得的长度变化率之差不超过 0.02% (一般需 2d~5d)。以最后一次测得的试件长度为基准长度。将测完基长的试件浸入盛有 1mol/L 氢氧化钠溶液的瓶中。液面必须超过试件顶面 1cm 以上, 每个试件的平均液量至少 50mL。同一个瓶中不得浸泡不同品种的试件。盖严瓶盖后, 置于 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室中保存。溶液每六个月更换一次。

4 试件测长: 测长在 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室中进行。每个试件测长时的方向, 必须自始至终保持一致。测量时, 从瓶中取出试件, 在蒸馏水中洗净, 擦干表面, 进行测长。测长龄期从试件泡

入碱液时算起，7、14、21、28d 各测一次，以后每 28d 测一次；如果一年以后需继续试验，则每 12 周测一次。

5 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无变形、裂缝、渗出物等，并作记录。

5.3.5 试验结果处理

1 试件膨胀率按式 (5.3.5) 计算（精确至 0.001%）：

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (5.3.5)$$

式中： ε_t ——试件浸泡 t 天后的膨胀率，%；

L_t ——试件浸泡 t 天后的长度，mm；

L_0 ——试件的基准长度，mm。

同块岩石所取的芯样，取膨胀率最大的一个测值作为该岩样的测定值。

2 测量精度要求：一个试验人员，用同一仪器测量同一试件，其误差不应超过 $\pm 0.02\%$ ；不同试验人员，用同一仪器测量同一试件，其误差不得超过 $\pm 0.03\%$ 。

3 评定标准：浸泡 84d 试件膨胀率在 0.10% 以上时，该岩样应评为具有潜在碱活性危害，不宜作为混凝土骨料。必要时应以混凝土试验结果作出最后评定。

4 对测长龄期如果没有专门要求，至少应给出 7、28、56、84d 的资料。

5.4 骨料碱活性检验（砂浆棒快速法）

5.4.1 目的及适用范围

本方法能在 16d 内检测出骨料在砂浆中的潜在有害的碱—硅酸反应，尤其适合于检验反应缓慢或只在后期才产生膨胀的骨料。

5.4.2 仪器设备、试剂及防护用品

1 仪器设备：

1) 筛：与 3.1.2 有关规定相同。

- 2) 胶砂搅拌机: 搅拌叶片末端与搅拌锅之间的空隙距离应为 $5.1\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ 。
- 3) 镩刀、铁勺、量筒; 硬木制捣棒, 截面为 $14\text{mm} \times 13\text{mm}$, 长为 150mm 。
- 4) 试模及测头 (埋钉): 金属试模, 规格为 $25.4\text{mm} \times 25.4\text{mm} \times 285\text{mm}$ 。试模两端正中有小孔, 以便测头在此固定埋入砂浆, 测头用不锈钢金属制成。
- 5) 养护筒: 用耐腐蚀和耐高温 (80°C) 的聚丙烯、聚乙烯或不锈钢制成。容器能密封, 使外面的水不能进入, 使容器中溶液的浓度不发生变化。
- 6) 恒温水浴箱: 温度能控制在 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 7) 比长仪: 测量范围为 $275\text{mm} \sim 300\text{mm}$, 精度至少为 0.01mm 。

2 试剂: NaOH (分析纯)。 $1\text{mol} / \text{L}$ NaOH 溶液, 浓度应在 $0.99\text{mol/L} \sim 1.01\text{mol/L}$ 之间, 每升 NaOH 溶液中含 NaOH 40g。

3 防护用品: 防酸碱的围裙、袖套、手套、胶鞋及面罩等。

5.4.3 试验步骤

1 试样制备。

- 1) 水泥: 使用硅酸盐水泥。按 GB/T 750 《水泥压蒸安定性试验方法》检验, 该水泥压蒸膨胀率应小于 0.20% 。水泥的含碱量为 $0.9\% \pm 0.1\%$, 低于此值可掺浓度 10% 的 NaOH 溶液, 使水泥的含碱量达到 $0.9\% \pm 0.05\%$ 。
- 2) 骨料: 砂料可根据工程实际用砂, 按表 5.2.3 的级配组合。粗骨料如为一种岩石, 可破碎成表 5.2.3 的级配组合成试验用砂; 如为多种岩石, 可根据岩相检验结果, 分成活性和非活性两部分, 分别破碎成表 5.2.3 中所示级配, 按比例组合成试验用砂; 也可按工程现场粗骨料的级配来进行破碎加工。所有试样应洗净、

烘干，分别贮存于密封的容器中。

- 3) 砂浆配合比：水泥与砂的质量比为 1:2.25。一组三个试件，共需水泥 400g、砂 900g。砂浆水灰比为 0.47。

2 试件制作。

- 1) 成型前 24h，将试验所用材料（水泥、砂、拌和水）放入温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的恒温室中。
- 2) 砂浆制备：先将水泥与砂倒入搅拌锅内，开动搅拌机。拌和 5s 后徐徐加水，30s 加完，自开动机器起搅拌 3min 停机。将粘在叶片上的砂浆刮下，取下搅拌锅。
- 3) 砂浆分两层装入试模内，每层用捣棒捣 20 次，并注意测头周围应填实；捣完用镩刀刮除多余砂浆，抹平表面。试件成型 4h 后可对试件进行编号，并标明测定方向。

3 试件的养护及测量。

- 1) 试件成型完毕后，连模一起放入温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 95% 以上的养护室中或养护箱中，养护 $24\text{h} \pm 2\text{h}$ 后，脱模，立即在养护室测量试件的初始读数，作为测读基准长度的参照值。
- 2) 测量完毕，将试件完全浸泡在装有自来水的密封养护筒中，将养护筒放入温度保持在 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴箱中恒温 24h，一个筒中为同一组试件。
- 3) 将养护筒从恒温水浴箱中取出，打开筒盖，将试件从筒中取出，用毛巾将表面和两端测头擦干，尽快测量试件的基准长度。试件从溶液中取出到测量完毕应在 $15\text{s} \pm 5\text{s}$ 的时间内完成。
每个试件测量前，均应先测标准棒，以便校正试件测值。
- 4) 一组试件测量完后，立即装入盛有 1mol/L NaOH 溶液的养护筒中，试件应完全浸泡在溶液中，盖好养护

筒盖子，使之密封，再将养护筒放入温度为 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴箱中。

- 5) 测量基准长度后进行三次观测，即 3、7、14d（从测基准长度后算起），观测龄期精确到 1h。试件的测量方法与测基准长度相同。
- 6) 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无变形、裂缝、渗出物等，尤其应注意有无胶体物质，并作记录。

5.4.4 试验结果处理

1 试件的膨胀率按式（5.2.4）计算（精确至 0.001%）。以三个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。

2 测量精度应符合下述要求：膨胀率小于 0.020% 时，单个测值与平均值的差值不得大于 0.003%；膨胀率大于 0.020% 时，单个测值与平均值的差值不得大于平均值的 15%。超过上述规定时需查明原因，取其余两个测值的平均值作为该龄期膨胀率的测定值。当一组试件的可取测值少于两个时，该龄期的膨胀率须通过补充试验确定。

3 评定标准。

- 1) 若试件 14d 的膨胀率小于 0.1%，则骨料为非活性骨料。
- 2) 若试件 14d 的膨胀率大于 0.2%，则骨料为具有潜在危害性反应的活性骨料。
- 3) 若试件 14d 的膨胀率为 0.1%~0.2%，对这种骨料应结合现场使用历史、岩相分析、试件观测时间延至 28d 后的测试结果，或混凝土棱柱体法试验结果等进行综合评定。

5.5 骨料碱活性检验（混凝土棱柱体法）

5.5.1 目的及适用范围

本方法用于评定混凝土试件在升温及潮湿条件养护下，水泥

中的碱与骨料反应所引起的膨胀是否具有潜在危害，适用于碱—硅酸反应和碱—碳酸盐反应。

5.5.2 仪器设备

1 方孔筛：应满足 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定，筛孔基本尺寸为 20、15、10、5mm。

2 天平：称量 10kg，感量不大于 5g。

3 磅秤：称量 50kg，感量不大于 50g。

4 振动台：频率 $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$ ，空载时台面中心振幅为 0.5mm。

5 试模：规格为 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 275\text{mm}$ 。

6 测头（埋钉）：直径为 5mm~7mm，长 25mm，用不锈钢的金属或合金制成，测头均应位于试模两端的中心部位。

7 测长仪：测量范围为 275mm~300mm，精度至少为 0.01mm。

8 养护筒：用耐腐蚀和耐高温（40℃）的聚丙烯、聚乙烯或不锈钢制成。容器能密封，防止内部水分蒸发和外面水分进入。底部应有 $20\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 深的水。试件垂直立在筒中，但不与水接触。

9 养护设备：温度为 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的养护室或养护箱。

5.5.3 试验步骤

5.5.3.1 试样制备

1 水泥：应使用硅酸盐水泥，水泥含碱量宜为 $0.90\% \pm 0.10\%$ 。通过外加浓度为 10% 的 NaOH 溶液，使试验用水泥含碱量达到 1.25%。

2 骨料：

1) 如果试验用来评价细骨料的活性，则应用非活性的粗骨料；粗骨料的非活性也需通过试验确定；试验用细骨料细度模数为 2.7 ± 0.2 。

2) 如果试验用来评价粗骨料的活性，则应用非活性的细骨料；细骨料的非活性也需通过试验确定。

3) 如果工程用的骨料为同一品种的材料，则试验用该

粗、细骨料来评价活性。

- 4) 试验用粗骨料应筛分为三种粒级, 即 20mm~15mm、15mm~10mm、10mm~5mm, 然后各取 1/3 等量混合。

3 混凝土配合比。

- 1) 水泥用量为 $420\text{kg/m}^3 \pm 10\text{kg/m}^3$ 。
- 2) 水灰比为 0.42~0.45, 应根据混凝土工作性是否满足成型要求在此范围内微调; 用水量基于饱和面干骨料计算。
- 3) 粗细骨料质量比为 6:4。
- 4) 除外加 NaOH, 使水泥含碱量达到 1.25% 外, 不使用其他的外加剂。

5.5.3.2 试件制作。

1 成型前 24h, 应将试验所用材料 (水泥、砂、石及拌和水等) 放入 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的拌和间。

2 混凝土成型用人工拌和在钢板上进行, 拌和前将钢板及铁锹清洗干净, 并保持表面湿润。

3 将称好的细骨料与水泥倒在钢板上, 用铁锹翻拌均匀, 再放入称好的粗骨料一起拌和, 至少翻拌三次, 然后堆成锥形, 将中间扒一凹坑, 加入拌和用水 (外加碱应事先加入水中并搅拌均匀), 小心拌和, 至少翻拌六次。拌和时间从加水完毕时算起, 10min 内完成。

4 混凝土一次装入试模, 用捣棒和抹刀捣实, 然后在振动台上振动 30s, 使表面泛浆为止。

5 试件成型后连模一起送入 $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度 95% 以上的标准养护室中, 在混凝土初凝前 1h~2h, 对试件进行抹面, 要求沿模口抹平并编号。

5.5.3.3 试件的养护及测量。

1 试件在养护室中养护 $24\text{h} \pm 4\text{h}$ 后脱模。脱模时应特别小心不要损坏测头, 并尽快测量试件基准长度。待测试件应用湿布盖

好，以防干燥。

2 试件的基准长度测量应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中进行。每个试件至少重复测试两次，取两次测值的平均值作为该试件的基准长度值。

3 测量后将试件放入养护筒中，盖严筒盖，并放入 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的养护设备中养护。

4 试件的龄期从测定基准长度后算起，测量龄期为 1、2、4、8、13、18、26、39 周和 1 年，以后可半年测一次。每次测量的前一天，应将养护筒从养护设备中取出，放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中，恒温 $24\text{h} \pm 4\text{h}$ 。试件各龄期的测量与测量基准长度的方法相同，测量完毕后，将试件调头放入养护筒中，盖好筒盖，将养护筒放回养护设备中继续养护至下一测试龄期。

5 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无裂缝、变形、渗出物等，尤其应注意有无胶体物质，并作记录。

5.5.4 试验结果处理

1 试件的膨胀率按式 (5.2.4) 计算 (精确至 0.001%)。以三个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。

2 试验精度应符合下述要求：当平均膨胀率小于 0.020% 时，同一组试件中膨胀率的最高值与最低值之差不应超过 0.008%；当平均膨胀率大于等于 0.020% 时，同一组试件中膨胀率的最高值与最低值之差不应超过平均值的 40%。超过上述规定时需查明原因，取相近的两个测值的平均值作为该龄期膨胀率的测定值。

3 评定标准：当试件 1 年的膨胀率大于或等于 0.04%，则判定为具有潜在危害性反应的活性骨料；膨胀率小于 0.04%，则判定为非活性骨料。

5.6 碱骨料反应抑制措施有效性试验 (砂浆棒快速法)

5.6.1 目的及适用范围

本方法用于评定一定掺量掺和料或外加剂能否有效抑制具有

潜在危害性反应活性骨料的碱—硅酸反应。

5.6.2 仪器设备、试剂及防护用品

与 5.4.2 相同。

5.6.3 试验步骤

5.6.3.1 试样制备

1 水泥：使用硅酸盐水泥，也可使用工程实际水泥；按 GB/T 750 规定检验，水泥压蒸膨胀率应小于 0.20%；其含碱量宜为 0.90%±0.10%，否则应通过外加浓度为 10%的 NaOH 溶液，使试验用水泥含碱量达到 0.90%±0.10%；若工程实际水泥含碱量高于该值，则直接用工程实际水泥。

2 骨料：与 5.4.3 有关规定相同。

3 掺和料或外加剂：选用工程实际掺和料或外加剂（粉煤灰、火山灰、粒化高炉矿渣粉、硅粉、其他掺和料或外加剂等）。

- 1) 粉煤灰应符合 GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》的要求。
- 2) 火山灰应符合 GB/T 2847《用于水泥中的火山灰质混合材料》的要求。
- 3) 粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》的要求。
- 4) 硅粉应符合 GB/T 18736《高强高性能混凝土用矿物外加剂》的要求。
- 5) 其他掺和料或外加剂应符合国家相关标准要求。

4 砂浆配合比：胶凝材料与砂的质量比为 1:2.25，水胶比为 0.47。一组 3 个试件，胶凝材料用量为 400g、砂 900g。每次试验成型两组试件，一组标准试件胶凝材料全为水泥，不掺掺和料或外加剂；一组对比试件掺掺和料、外加剂，其掺量按工程实际要求确定，掺和料等质量替代水泥。

5.6.3.2 试件制作

检验外加剂抑制效果时，若外加剂为粉剂，则在上述搅拌过

程中，将外加剂与水泥混匀一起加入；若外加剂为液体，则将外加剂与水拌匀后一起加入。其余符合 5.4.3 第 2 款的规定。

5.6.3.3 试件的养护及测量

除测量龄期为 3、7、14、28d（从测基长后算起）外，其余符合 5.4.3 第 3 款的规定。

5.6.4 试验结果处理

- 1 试件的膨胀率计算、试验精度要求与 5.4.4 有关规定相同。
- 2 膨胀率降低率按式（5.6.4）计算（精确至 0.1%）：

$$R_e = \frac{\epsilon_s - \epsilon_1}{\epsilon_s} \times 100\% \quad (5.6.4)$$

式中： R_e ——膨胀率降低率，%；

ϵ_1 ——对比试件在 28d 龄期的膨胀率，%；

ϵ_s ——标准试件在 28d 龄期的膨胀率，%。

- 3 评定标准：若 28d 龄期对比试件膨胀率小于 0.10%，则该掺量下抑制材料对该种骨料的碱骨料反应危害抑制效果评定为有效。

5.7 碱骨料反应抑制措施有效性试验（混凝土棱柱体法）

5.7.1 目的及适用范围

本方法用于评定一定掺量抑制材料能否有效抑制具有潜在危害性反应活性骨料的碱—骨料反应，适用于碱—硅酸反应和碱—碳酸盐反应。

5.7.2 仪器设备

与 5.5.2 相同。

5.7.3 试验步骤

1 试样制备。

- 1) 水泥：使用硅酸盐水泥，其含碱量宜为 0.9%±0.1%；也可使用工程实际水泥；通过外加浓度为 10% 的 NaOH 溶液，使试验用水泥含碱量达到 1.25%；若工程实际水泥含碱量高于该值，则直接用工程实际水泥。

- 2) 掺和料或外加剂: 符合 5.6.3 的规定。
- 3) 骨料: 取工程实际粗骨料, 应筛分为三种粒级, 即 20mm~15mm、15mm~10mm、10mm~5mm, 然后各取 1/3 等量混合作为试验用粗骨料。取工程实际细骨料作为试验用细骨料。
- 4) 混凝土配合比: 除了按工程实际要求掺量掺加掺和料或外加剂、掺和料等质量替代水泥以外, 其余与 5.5.3 有关规定相同。

2 试件制作

检验外加剂抑制效果时, 若外加剂为粉剂, 则在搅拌过程中, 将外加剂与胶凝材料混匀一起加入; 若外加剂为液体, 则将外加剂与水拌匀后一起加入。

其余试件制作过程与 5.5.3 第 2 款相同。

3 试件的养护及测量

试件的养护及测量方式与 5.5.3 第 3 款相同; 测量龄期为 1、2、4、8、13、18、26、39、52、65、78、91 周以及 2 年, 以后可半年测一次。

5.7.4 试验结果处理

1 试件的膨胀率计算、试验精度要求与 5.5.4 有关规定相同。

2 评定标准: 若 2 年龄期对比试件的膨胀率小于 0.04%, 则该掺量下抑制材料对骨料的碱—骨料反应危害抑制效果评定为有效, 否则评定为无效。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

GB/T 750	水泥压蒸安定性试验方法
GB/T 1596	用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T 2847	用于水泥中的火山灰质混合材料
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 6003.2	试验筛 技术要求和检验 第 2 部分：金属穿 孔板试验筛
GB/T 17671	水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）
GB/T 18046	用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 18736	高强高性能混凝土用矿物外加剂
DL/T 5241	水工混凝土耐久性技术规范

中华人民共和国电力行业标准

水工混凝土砂石骨料试验规程

DL / T 5151 — 2014

代替 DL/T 5151—2001

条 文 说 明

目 次

2	术语	88
3	细骨料	89
3.1	砂料颗粒级配试验	89
3.2	砂料表观密度及吸水率试验	89
3.3	人工砂饱和面干吸水率试验（湿痕法）	89
3.4	人工砂饱和面干吸水率试验（试模法）	90
3.5	砂料表观密度试验（李氏瓶法）	90
3.6	砂料表观密度试验（容量瓶法）	90
3.8	砂料表面含水率试验	91
3.10	人工砂石粉含量试验	91
3.11	人工砂亚甲蓝 <i>MB</i> 值试验	91
3.14	砂料有机质含量试验	91
3.15	砂料云母含量试验	91
3.16	砂石料硫酸盐、硫化物含量试验	93
3.17	砂料轻物质含量试验	93
4	粗骨料	94
4.1	卵石或碎石颗粒级配试验	94
4.4	卵石或碎石堆积密度及空隙率试验	94
4.6	卵石或碎石泥块含量试验	94
4.9	卵石或碎石超逊径颗粒含量试验	94
4.12	岩石抗压强度及软化系数试验	94
4.14	卵石或碎石抗磨损试验	94
5	骨料碱活性	96
5.1	骨料碱活性检验（岩相法）	96
5.2	骨料碱活性检验（砂浆棒长度法）	97

5.3	碳酸盐骨料的碱活性检验	98
5.4	骨料碱活性检验（砂浆棒快速法）	98
5.5	骨料碱活性检验（混凝土棱柱体法）	98
5.6	碱骨料反应抑制措施有效性试验（砂浆棒快速法）	99
5.7	碱骨料反应抑制措施有效性试验（混凝土棱柱体法）	100

2 术 语

本章为本次修订新增。主要参照 GB/T 14684—2011《建设用砂》、GB/T 14685—2011《建设用卵石、碎石》、JGJ 52—2006《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》和美国标准 ASTM 及英国标准 BS 的有关定义。

3 细 骨 料

3.1 砂料颗粒级配试验

GB/T 14684—2011、JGJ 52—2006 和 SL 352—2006《水工混凝土试验规程》中的标准筛筛孔均为方孔；目前水工混凝土的砂石料生产中也用方孔筛。因此，标准筛孔形改为方孔。

筛孔的规格以筛孔的基本尺寸（对边的中心距）这一术语表示，这是采用 GB/T 6005—2008《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》中的术语。筛孔系列从该标准中的 R20 系列选取，和 ISO 6274:1982《Concrete—Sieve Analysis of Aggregates》（《混凝土——骨料筛分析》）中的 C 系列一致。

明确方孔筛应满足 GB/T 6003.1 和 GB/T 6003.2 中方孔试验筛的规定。其他涉及试验筛的条文也做同样修改，以下不再说明。

3.2 砂料表观密度及吸水率试验

增加对试验环境温湿度的规定。

3.3 人工砂饱和面干吸水率试验（湿痕法）

水工混凝土多采用人工骨料制砂，其中含有一定的石粉。当石粉含量低时，还会利用回收石粉掺入砂中，以改善混凝土工作性。人工砂石粉含量的范围一般为 8%~20%。由于石粉含量的增加，用 3.2 节中的饱和面干试模测试，不同试验单位的吸水率试验结果差异较大。各单位在进行相同混凝土试验时，会造成混凝土用水量、胶材用量及力学性能的较大差异。

因此，针对人工骨料石粉含量多的特点，本规程参照 SL 352—

2006 和 ASTM C 128 《Standard Test Method for Density, Relative Density, and Absorption of Fine Aggregate》(《细骨料密度、比重和吸水率试验方法标准》), 并通过南京水利科学研究院、中国长江三峡集团公司试验中心等单位论证试验, 新增本节方法, 简称“湿痕法”。

饱和面干试模法和湿痕法等方法的对比验证试验结果表明: 对于三峡花岗岩和溪洛渡玄武岩人工砂, 当石粉含量为 0 时, 不同方法的试验结果比较接近; 同一母岩人工砂, 随着石粉含量的增加, 人工砂的饱和面干吸水率呈增加的趋势, 且不同方法的试验结果差异较大。

该方法与 3.2 节的方法相比, 对环境温湿度更敏感, 因此这方面的要求比 3.2 节严格。

3.4 人工砂饱和面干吸水率试验 (试模法)

本方法基本引用自 SL 352—2006, 但将饱和面干试模的材质从该标准中的白铁皮改为和 3.2 节一致的金属, 并根据 3.2 节规定了试模厚度。该方法是在 3.2 节基础上, 通过加高饱和面干试模、改变每层的捣实次数, 在多种饱和面干试模及捣实方法的论证试验基础上编制的。

3.5 砂料表观密度试验 (李氏瓶法)

增加对试验环境温度的规定。干砂表观密度检验增加对砂样烘干处理的规定。增加对砂样称量精确度的规定。饱和面干砂表观密度检验增加对用手旋转摇动李氏瓶时手和瓶之间应垫毛巾防止传热的规定。

借鉴 ASTM C 128, 增加用异丙醇消除瓶内水面气泡的注释。

3.6 砂料表观密度试验 (容量瓶法)

本方法为本次修订新增试验方法。其中干砂表观密度的检验

基本采用 GB/T 14684—2011 的规定,但补充了饱和面干砂表观密度的检验方法。该方法考虑了水温对表观密度测试结果的影响。

ASTM C 128 中,在砂样为 $500\text{g} \pm 10\text{g}$ 的情况下,条文注释称一般需要用手旋转摇动容量瓶 15min~20min 才能排净气泡。本规程的砂样用量为 300g,相应的排气时间可以短一些。

3.8 砂料表面含水率试验

增加对试验环境温度的规定。

3.10 人工砂石粉含量试验

本节是此次修订新增的内容。参照 SL 352—2006 中 2.12 节增补。微粒的最佳含量正在研究中,因此列出了微粒含量试验方法。

3.11 人工砂亚甲蓝 *MB* 值试验

本节是此次修订新增的内容。参照 JGJ 52—2006 中 6.11 节、GB/T 14684—2011 中 7.5 节和欧洲标准 EN 933-9:1999 《Tests for Geometrical Properties of Aggregates—Part 9: Assessment of Fines—Methylene Blue Test》(《骨料几何特性试验 第 9 部分:粉料评价—亚甲蓝试验》)增补。

本规程所参考的国内外标准均未对亚甲蓝 *MB* 值试验的数据取舍作出规定。因目前试验经验有限,暂规定以两次测值的平均值作为试验结果。

3.14 砂料有机质含量试验

统一了本节与 4.7 节“卵石有机质含量试验”关于试验结果处理的表述和规定。

3.15 砂料云母含量试验

旧版规程云母含量试验方法适用于天然河砂。天然河砂经过

河流长期的漂洗作用，细云母含量比较少，可不用挑拣细云母。现在水工混凝土多采用人工砂，母岩云母含量为 8%~9%时都可以制砂，特别是有的花岗岩中的云母较多，利用棒磨机制砂时，云母被磨细，根本挑不出来。大量的云母会影响水工混凝土的抗冻耐久性，而旧版规程方法检测的云母含量比实际的含量肯定小。目前检测云母含量的方法还有电子探针法、X 射线衍射定量分析方法。三峡工程曾对花岗岩制人工砂用不同检测方法进行过试验，并与三峡大坝内部和外部混凝土的抗冻性试验结果进行了对比，见表 1。

表 1 不同试验方法检测云母含量的差异 (%)

样品	SD 105 — 1982	JGJ 52 — 1992	电子 探针 法	×10 显微镜 分级挑拣 分析	矿物组成 近似定量分 析		混凝土抗冻性	
					黑 云 母	绢 云 母	内部混凝土 (P_n/W_n)	外部混凝土 (P_n/W_n)
花岗岩 A 样	0.4	1.8	2.5	0.99	3~8	8~13	F50 (64.4/0.49)	F150 (70.1/1.0)
花岗岩 B 样	0.03	0.1	1.5	—	2	3~8	F150 (64.1/1.05)	F300 (67.1/1.41)

注：1 混凝土抗冻性采用 SD 105—1982《水工混凝土试验规范》中的快冻法，其中的 P_n 为相对动弹性模量， W_n 为质量损失。

2 “×10 显微镜分级挑拣定量分析”是将砂样过 0.1、1、2mm 筛分 4 个粒级后，在 ×10 的双目显微镜下逐粒挑拣出云母，取其平均含量。

以上试验表明，不同试验方法的测试值差异较大：SD 105—1982 方法（本规程原版本与其一致，砂样未过筛）检测的云母含量偏少；JGJ 52—1992 方法（砂样先筛除大于 5mm 和小于 0.315mm 的颗粒）挑出的云母含量较多；电子探针法、X 射线衍射定量分析方法相对可靠，但一般的试验室无此条件。因此，基于工程安全的考虑，本次修订为与 GB/T 14684—2011 和 JGJ 52—2006 一

致，将砂料先筛除大于 5mm 和小于 0.315mm 的颗粒后，再挑拣云母。

3.16 砂石料硫酸盐、硫化物含量试验

明确需采用定量滤纸。

3.17 砂料轻物质含量试验

将旧版规程所用的筛网改为网篮，与 GB/T 14684—2011 一致。该网篮可采用砂料坚固性检验的网篮。

4 粗 骨 料

4.1 卵石或碎石颗粒级配试验

将旧版规程“试样取样数量表”中的“骨料最大粒径”更正为“骨料公称最大粒径”。旧版规程中其余多处“最大粒径”也改为“公称最大粒径”，以下不再说明。

4.4 卵石或碎石堆积密度及空隙率试验

容量筒规格表中，增加关于公称最大粒径 20mm 粗骨料的规定。

4.6 卵石或碎石泥块含量试验

改为与 GB/T 14685—2011 的规定一致。与旧版规程的主要区别在于试样需先筛除 5mm 以下颗粒、浸泡 24h，并在水中淘洗。

4.9 卵石或碎石超逊径颗粒含量试验

在试验筛从圆孔筛改为方孔筛之后，仍然保留旧版规程的超逊径筛筛孔尺寸不变。

4.12 岩石抗压强度及软化系数试验

将旧版规程对试件与压力机接触的两个端面平行度和垂直度的规定，改为采用 DL/T 5368—2007《水电水利工程岩石试验规程》中 4.7.3 的相关规定。

4.14 卵石或碎石抗磨损试验

旧版规程依据 ASTM C 131《Resistance to Degradation of

Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine》(《小粒径粗骨料的抗劣化性——洛杉矶试验机中的磨损和冲击方法》)和 ASTM C 535《Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine》(《大粒径粗骨料的抗劣化性——洛杉矶试验机中的磨损和冲击方法》),并结合我国的试验条件修编而成。

本次修订明确规定以两次测值的平均值作为试验结果。

其中的石料磨耗试验机可采用公路行业的洛杉矶磨耗试验机。

5 骨 料 碱 活 性

5.1 骨料碱活性检验（岩相法）

本次修订主要参考国际标准组织 RILEM 的推荐试验方法 AAR-1 骨料潜在碱活性的鉴别——岩相法（detection of potential alkali-reactivity of aggregates——petrographic method），对取样和制样过程、鉴别流程和定量分析方法，以及不同岩石中的碱活性矿物成分进行细化。

常见潜在碱活性硅质组分的矿物类型和特征见表 2（引自 RILEM AAR-1）。

表 2 潜在碱活性硅质组分

矿物类型	特 征	碱硅活性组分
玉髓、玉髓质硅	非常细粒的石英，具有独特的纤维状微结构	玉髓是活性的
方石英	硅的极高温形态，以亚稳态组分存在于一些酸性火山岩中，或以低温形态存在于一些砂岩中，含有硅质化石，在一些燧石中密度比石英低	方石英是活性的
蛋白石或蛋白石质硅	主要是水化无定形硅，以及方石英的无序形式	蛋白石质硅具有高活性
石英	最常见的硅的晶体态	高应变石英可能有活性，一些微晶质或者隐晶质石英也是活性的
火山玻璃	一些火山岩中的非晶相，可能析晶成非常细的或者初生的晶体	有些火山玻璃（例如流纹岩玻璃和含水流纹岩玻璃）或析晶火山玻璃是活性的，析晶过程中可能形成方石英和鳞石英

续表 2

矿物类型	特 征	碱硅活性组分
鳞石英	硅的高温形态,以亚稳态组分存在于一些酸性火山岩中,或以低温形态存在于一些砂岩中,含有硅质化石,在一些燧石中密度比石英低	鳞石英是活性的
人造玻璃	富碱硅玻璃相	无序的蛋白石质相

薄片数点法是为了识别并定量分析骨料内部活性和非活性矿物微粒,从而测定活性组分的含量。

对于颗粒硬度变化范围比较大的骨料,破碎可能导致 2mm~4mm 粒级内聚集特定的某种岩石或矿物,因此对于这种样品,小于 2mm 的粒级应另做薄片并计数。

当颗粒包含不止一种岩相时,如蛋白石有石英穿过,但交叉点落在蛋白石上,则记为蛋白石;如果交叉点落在石英上,则记为石英。

骨料组分体积分数可能等效于质量分数,因为各组分的密度基本相同。

本方法要求岩相分析人员具有丰富的经验。

5.2 骨料碱活性检验(砂浆棒长度法)

本方法只适用于碱骨料反应快的骨料,而不适用于碱骨料反应慢的骨料。

旧版规程参照 JGJ 52—1992《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》和 JTJ 270—1998《水运工程混凝土试验规程》,水泥含碱量统一取 1.2%。

本次修订将方法名称从“砂浆长度法”改为“砂浆棒长度法”,与国际通用的英文名称一致;养护设备中增加养护箱;在评定标准中,对于膨胀率正好处于临界值的情况作了明确规定。

旧版规程砂浆用水量按砂浆流动度选定时,跳桌跳动次数为

6s 跳动 10 次, 相应的水灰比一般为 0.35~0.37, 此时流动性满足成型密实性的要求; 试验中, 一般都是用手动跳桌, 人工控制跳动频率和次数。现行的 GB/T 2419—2005《水泥胶砂流动度测定方法》中, 跳桌的跳动频率为 1 次/s。因此, 可以采用老式的手动跳桌完成该项试验。

5.3 碳酸盐骨料的碱活性检验

将测长仪的精度要求从 0.01mm 提高为 0.001mm。0.01mm 的精度明显偏低。

5.4 骨料碱活性检验 (砂浆棒快速法)

砂浆棒快速法是 1986 年由南非建筑研究所 Oberholster 和 Davis 提出, 之后加拿大、日本、印度等国都普遍采用这种方法, 美国于 1994 年将其列为正式标准 ASTM C 1260—1994《Potential Alkali Reactivity of Aggregates—Mortar-Bar Method》(《骨料潜在碱活性——砂浆棒法》)。这个方法对于判定缓慢型碱活性反应或只在后期才产生膨胀的碱—硅酸反应活性骨料特别有效。

旧版规程主要是参考 ASTM C 1260—1994, 并结合我国具体情况而编写的。主要的差别是测量仪器的精度有所降低: ASTM C 1260—1994 中仪器精度要求为 0.002mm, 旧版规程考虑我国测量仪器的精度, 降为 0.01mm。

本次修订的评定标准中, 对试件 14d 膨胀率在 0.1%~0.2%之间的情况, 根据过去十多年的技术发展, 明确以混凝土棱柱体法作为辅助试验方法之一。

5.5 骨料碱活性检验 (混凝土棱柱体法)

旧版规程中的方法是根据加拿大标准 CSA-A23.2-14A《Potential Expansivity of Aggregates—Procedure for Length Change due to Alkali—Aggregate Reaction in Concrete Prisms at 38°C》(《骨料

潜在膨胀性——混凝土棱柱体在 38℃ 下碱骨料反应长度变化试验》) 的 1994 年版编写而成。

本次修订根据 CSA-A23.2-14A—2004 (2004 年版)、ASTM C 1293-08b 《Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction》(《碱—硅酸反应所致混凝土长度变化的试验方法标准》) 和 RILEM 推荐试验方法 AAR-3 骨料组合的潜在碱活性鉴别——38℃ 混凝土棱柱体法 (detection of potential alkali-reactivity——38℃ test method for aggregate combinations using concrete prisms), 明确水灰比应根据混凝土工作性是否满足成型在 0.42~0.45 范围内微调, 且用水量基于饱和面干骨料计算。

其他修订: 在养护设备中增加养护箱; 将试验龄期中的 52 周改为一年, 以与评定标准对应; 当同一组试件测值的离散性超过规定时, 改为取相近的两个测值的平均值作为测定值。

5.6 碱骨料反应抑制措施有效性试验 (砂浆棒快速法)

本方法为本次修订新增, 取代旧版规程中的 5.7 节“抑制骨料碱活性效能试验”, 是根据以往大量试验结果并参照国内外其他相关标准制定的。

旧版规程的方法主要借鉴最初于 1959 年制定的美国标准 ASTM C 441, 采用高活性的石英玻璃砂和高碱水泥, 进行碱—硅酸反应抑制措施有效性试验。该方法与实际工程情况相差较大, 其所用骨料、判据以及可靠性受到广泛质疑。一般认为该方法只适用于特定的骨料和特定的配比。美国、加拿大等已经将其废除, 并参照砂浆棒快速法 (ASTM C 1260) 发展了新的试验标准 ASTM C 1567—2008 《Standard Test Method for Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate——Accelerated Mortar-Bar Method》(《胶凝材料和骨料组合的潜在碱—硅酸活性试验方法标准——砂浆棒快速法》) 和 CSA-A23.2-28A—2004 《Standard Practice for Laboratory Testing

to Demonstrate the Effectiveness of Supplementary Cementing Materials and Lithium-based Admixtures to Prevent Alkali-silica Reaction in Concrete》(《辅助性胶凝材料和锂基外加剂对混凝土碱—硅酸反应的抑制有效性室内试验方法标准》)。我国标准 DL/T 5241—2010《水工混凝土耐久性技术规范》也已规定采用和上述国外标准类似的方法。

当使用本方法判断抑制措施有效性时, ASTM C 1567—2008 和 CSA-A23.2-28A—2004 规定的判据为 14d 膨胀率低于 0.10%; 美国联邦航空局西北分局、内布拉斯加州公路局, 以及我国南水北调中线工程、DL/T 5241—2010 规定的判据均为 28d 膨胀率低于 0.10%。本规程综合上述规定, 采用了 28d 膨胀率低于 0.10% 的判据。

5.7 碱骨料反应抑制措施有效性试验(混凝土棱柱体法)

本方法为本次修订新增, 是根据以往大量试验结果, 并参照加拿大标准 CSA-A23.2-28A—2004、美国标准 ASTM C 1293-08b、我国标准 DL/T 5241—2010 编写而成。

评定标准和 ASTM C 1293-08b、CSA-A23.2-28A—2004、DL/T 5241—2010 等标准一致。但将上述国内外标准中的 104 周试验龄期改为 2 年, 以与评定标准对应。

和 5.6 节的方法相比, 本方法的试验条件与实际情况更接近。

DL/T 5151—2014
代替 DL/T 5151—2001



关注我,关注更多好书



155123.2118

定价: 29.00 元

上架建议: 规程规范/
水利水电工程/水利水电施工