

普通混凝土用砂、石质量 及检验方法标准(JGJ 52-2006)辅导

标准编制组 编

PUTONG HUNNINGTU YONG SHA SHI ZHILIANG
JI JIANYAN FANGFA BIAOZHUN FUDAO

中国建材工业出版社

普通混凝土用砂、石质量 及检验方法标准 (JGJ 52—2006) 辅导

标准编制组 编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准 (JGJ 52—2006) 辅导 / 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》编制组编. —北京: 中国建材工业出版社, 2008. 5
ISBN 978-7-80227-398-6

I. 普… II. 普… III. 混凝土—辅助材料—质量检验—标准 IV. TU528.04-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 043493 号

内 容 简 介

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006) 颁布后, 为了便于广大读者更好地理解和应用标准, 标准编制组针对各地反映的问题, 编写了这本辅导材料。

本书包括三篇, 第一篇针对本标准的内容进行了逐条释义; 第二篇介绍了新标准制定过程中对于砂、石的研究成果; 第三篇介绍了国外有关混凝土用砂、石的标准及试验方法。

本书可供从事混凝土研究和生产的科技人员使用, 亦可作为大专院校有关专业的师生参考。

普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准 (JGJ 52—2006) 辅导
标准编制组 编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 312 千字

版 次: 2008 年 5 月第 1 版

印 次: 2008 年 5 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-398-6

定 价: 30.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

编 委 会

主编：陆建雯

编委：钟美秦

王文奎

韩跃红

张裕民

袁惠星

皮声援

林力勋

陈尧亮

敬相海

徐彦

徐国孝

甄景泰

目 录

第一篇 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》内容释义	1
第1章 总则	1
第2章 术语、符号	4
2.1 术语	4
2.2 符号	5
第3章 质量要求	6
3.1 砂的质量要求	6
3.2 石的质量要求	20
第4章 验收、运输和堆放	29
第5章 取样与缩分	30
5.1 取样	30
5.2 样品的缩分	31
第6章 砂的检验方法	33
6.1 砂的筛分析试验	33
6.2 砂的表观密度试验(标准法)	36
6.3 砂的表观密度试验(简易法)	37
6.4 砂的吸水率试验	40
6.5 砂的堆积密度和紧密密度试验	42
6.6 砂的含水率(标准法)	44
6.7 砂的含水率试验(快速法)	45
6.8 砂的含泥量试验(标准法)	48
6.9 砂的含泥量试验(虹吸管法)	49
6.10 砂的泥块含量试验	50
6.11 人工砂及混合砂的石粉含量试验(亚甲蓝法)	53
6.12 人工砂压碎指标试验方法	55
6.13 砂的有机物含量试验	56
6.14 砂中云母含量的试验	57
6.15 砂中轻物质含量试验	58
6.16 砂的坚固性试验	60
6.17 砂中硫酸盐及硫化物含量试验	63
6.18 砂中的氯离子含量试验	64
6.19 海砂中贝壳含量试验(盐酸清洗法)	65

6.20	砂的碱活性试验(快速法)	66
6.21	砂的碱活性试验(砂浆长度法)	68
第7章	石的检验方法	71
7.1	碎石或卵石的筛分析试验	71
7.2	碎石或卵石的表观密度试验(标准法)	72
7.3	碎石或卵石表观密度试验(简易法)	73
7.4	碎石或卵石的含水率试验	75
7.5	碎石或卵石的吸水率试验	75
7.6	碎石或卵石的堆积密度和紧密密度试验	76
7.7	碎石或卵石的含泥量试验	78
7.8	碎石或卵石中泥块含量试验	80
7.9	碎石或卵石中针状和片状颗粒的总含量试验	80
7.10	卵石中有机物含量试验	82
7.11	碎石或卵石的坚固性试验	83
7.12	岩石的抗压强度试验	85
7.13	碎石或卵石的压碎值指标试验	86
7.14	碎石或卵石中硫化物及硫酸盐含量的试验	88
7.15	碎石或卵石碱活性试验(岩相法)	89
7.16	碎石或卵石的碱活性试验(快速法)	90
7.17	碎石或卵石碱活性试验(砂浆长度法)	92
7.18	碳酸盐骨料的碱活性试验(岩石柱法)	94
附录A	砂的检验报告表	96
附录B	石的检验报告表	97
第二篇	标准编制组研究报告	98
第1章	特细砂混凝土的性能及技术要求的研究	98
第2章	人工混凝土质量指标及试验方法的研究	107
第3章	高强混凝土用砂石的质量指标调查	114
第4章	砂石标准用试验筛修改的研究	117
第5章	海砂中贝壳含量限制及试验方法的研究	122
第三篇	国外有关混凝土用砂石的标准及试验方法摘要	131
第1章	国际标准(ISO)摘要	131
第一节	混凝土骨料的筛分析(ISO 6274:1984)	131
第二节	混凝土粗骨料颗粒表观密度及吸水率测定——液体天平法 (ISO 6783:1982)	133
第三节	混凝土粗、细骨料的颗粒表观密度和吸水率测定——比重瓶法 (ISO 7033:1987)	134
第四节	混凝土普通骨料的取样(ISO/DIS 4847)	137

第五节	混凝土骨料密度的测定 (ISO 6782:1980)	138
第六节	试验筛的技术要求和试验方法第 1 部分:金属丝网试验筛 (ISO 3310—1:2000)	140
第七节	试验筛的技术要求和试验方法第 2 部分:金属穿孔板试验筛 (ISO 3310—2:1990)	148
第 2 章	国外标准摘要	153
第一节	美国标准:混凝土骨料标准规范 (ASTM C33—2001)	153
第二节	德国标准:混凝土和砂浆用骨料第 1 部分:普通骨料和重骨料 (DIN4226—1:2001)	157
第三节	英国标准:混凝土中的天然骨料 (BS 882:1992)	168
第四节	日本工业标准:混凝土用碎石及碎砂 (JIS A 5005:1993)	172
第 3 章	美国及欧盟部分试验方法	175
第一节	骨料几何特性试验第 1 部分:颗粒粒度分布测定筛析法 (EN933—1:1997)	175
第二节	骨料几何特性试验第 2 部分:颗粒粒度分布测定试验筛名义开孔尺寸 (EN933—2:1996)	177
第三节	骨料几何特性试验第 3 部分:颗粒形状测定片状指数 (EN933—3:1997)	178
第四节	骨料几何特性试验第 4 部分:颗粒形状测定粒形指数 (EN933—4:2000)	180
第五节	骨料几何特性试验第 7 部分:贝壳含量测定粗骨料中贝壳百分比 (EN933—7:1998)	182
第六节	骨料几何特性第 8 部分:细粉评估砂当量试验 (EN933—8:1999)	184
第七节	骨料几何特性试验第 9 部分:细粉评估亚甲蓝试验 (EN933—9:1999)	188
第八节	骨料潜在碱活性标准试验方法砂浆棒法 (ASTM C1260—94)	192

第一篇 《普通混凝土用砂、石质量及 检验方法标准》内容释义

第1章 总 则

- 1.0.1 为在普通混凝土中合理使用天然砂、人工砂和碎石、卵石，保证普通混凝土用砂、石的质量，制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于一般工业与民用建筑和构筑物中普通混凝土用砂石的质量要求和检验。
- 1.0.3 对长期处于潮湿环境的重要混凝土结构所用的砂石应进行碱活性检验。
- 1.0.4 砂和石的质量检验，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【释义】

1. 增加了人工砂及特细砂

修订标准中的砂系指：天然砂即河砂、海砂、山砂及特细砂；人工砂（包括尾矿）及混合砂。石系指：碎石、碎卵石及卵石。通过本次修订扩大了砂的使用种类，将人工砂及特细砂纳入本标准，主要考虑天然砂资源日益匮乏，而建筑市场随着国民经济的发展日益扩大，天然砂供不应求，为了充分地利用有限的资源，解决供需矛盾，特作此修订。

(1) 特细砂

考虑到天然砂资源越来越匮乏，使用特细砂的地区已不限于重庆地区。而原建筑工程部标准（BJG 19—65）关于《特细砂混凝土配制及应用规程》至今一直未作修订，因此本次修订将特细砂纳入本标准范围内。

由特细砂配制的混凝土，俗称特细砂混凝土，在我国特别是重庆地区应用已有半个世纪，经研究和工程应用表明其许多物理力学性能和耐久性与天然砂配制的混凝土的性能相当或接近，只要材料选择恰当，配合比设计合理，完全可以用于一般混凝土和钢筋混凝土工程。若与人工砂复合改性，提高混合砂的细度模数与级配，也可以用于预应力混凝土工程。

用特细砂配制的混凝土拌合物黏度较大，因此，主要结构部位的混凝土必须采用机械搅拌和振捣。搅拌时间要比中、粗砂配制的混凝土延长1~2min。配制混凝土的特细砂细度模数满足表1-1的要求。

表 1-1 配制混凝土特细砂细度模数的要求

强度等级	C50	C40~C45	C35	C30	C20~C25	< C20
细度模数（不小于）	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6

配制 C60 以上混凝土，不宜单独使用特细砂，应与天然砂、粗砂或人工砂按适当比例混合使用。

特细砂配制混凝土，砂率应低于中、粗砂混凝土。水泥用量和水灰比：最小水泥用量应比一般混凝土增加 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，最大水泥用量不宜大于 $550\text{kg}/\text{m}^3$ ，最大水灰比应符合普通混凝土配合比设计规程的有关规定。

特细砂混凝土宜配制成低流动度混凝土，配制坍落度大于 70mm 以上的混凝土，宜掺外加剂。

(2) 人工砂（包括尾砂）和混合砂

增加人工砂、混合砂也是由于天然砂资源日益减少，混凝土用砂的供需矛盾日益突出。为了解决天然砂供不应求的问题，从 20 世纪 70 年代起，贵州省首先在建筑工程上广泛使用人工砂，近十几年来我国相继在十几个省市使用人工砂，并制定了各地区的人工砂标准及规定。

由于人工砂颗粒形状棱角多，表面粗糙不光滑，粉末含量较大。配制混凝土时用水量应比天然砂配制混凝土的用水量适当增加，增加量由试验确定。

人工砂配制混凝土时，当石粉含量较大时，宜配制低流动度混凝土，在配合比设计中，宜采用低砂率。细度模数大的宜采用较高砂率。

人工砂配制混凝土宜采用机械搅拌，搅拌时间应比天然砂配制混凝土的时间延长 1min 左右。

人工砂混凝土要注意早期养护。养护时间应比天然砂混凝土延长 $2\sim 3\text{d}$ 。

实践证明人工砂配制混凝土的技术是可靠的，将给建筑工程带来经济与质量的双赢。

混合砂的使用是为了克服机制砂粗糙、天然砂细度模数偏小的缺点。采用人工砂与天然砂混合，其混合的比例可按混凝土拌合物的工作性及所要求的细度模数进行调整，以满足不同要求的混凝土。

2. 关于砂石中的碱活性反应问题

本次修订将长期处于潮湿环境的重要混凝土结构用砂石应进行碱活性检验作为强制性条文。

“长期处于潮湿环境的重要混凝土结构”指的是处于潮湿或干湿交替环境，直接与水或潮湿土壤接触的混凝土工程；有外部碱源，并处于潮湿环境的混凝土结构工程，如：地下构筑物、建筑物桩基、地下室、处于高盐碱地区的混凝土工程、盐碱化学工业污染范围内的工程。

水泥（混凝土）中的碱与混凝土中某些骨料发生化学反应，引起混凝土膨胀开裂，甚至破坏，被称之为碱-骨料反应，含有这种碱活性矿物的骨料称之为碱活性骨料亦称碱骨料。

碱-骨料反应是降低混凝土耐久性的重要原因。据资料报道，自从 1940 年美国 T·E 斯坦顿大坝、公路、桥梁等首次发现碱-骨料反应破坏以来，陆续又有一些国家和地区出现了碱-骨料反应危害。如美国、加拿大、英国、澳大利亚、丹麦、冰岛、南非。破坏的建筑物包括大坝、桥梁、公路与工业民用建筑。每年因此耗费巨额的维修与重建费用。由于碱-骨料反应所引起的混凝土开裂和破坏，往往难以阻止其继续发展，而且难以补救，所以碱-骨料反应已引起世界各国的普遍关注。

长期以来，我国工程界除水利水电工程外，对碱-骨料反应问题并未引起足够的重视，

似乎我国没有碱-骨料反应。近年来我国学者和国外专家的检验证实，我国的北京地区、长江流域、广西红水河、岩滩、锦西、安康、南京等地均有潜在活性骨料，因没有进行全国性普查，活性骨料的分布可能不只限上述地区。据资料报道，在我国也发现了遭碱-骨料的反应危害的工程。因此引起了我国的工程界与材料界的重视。

碱-骨料反应的类型一般分为三种类型。即：

1. 碱-硅酸反应，是指碱与骨料中的活性二氧化硅反应，这是常见的碱-骨料反应类型。
2. 碱-硅酸盐反应，是指碱与某些层状硅酸盐骨料反应，有的研究者认为这类反应仍属于第一种反应类型。
3. 碱-碳酸盐反应，是指碱与结晶细小的泥质石灰石质白云石反应。这种碱-骨料反应较少见。

碱-骨料反应是十分复杂的，影响反应的因素较多，一般发生碱-骨料反应应具备三个条件，(1) 混凝土中的骨料具有活性；(2) 混凝土中含有一定量可溶性碱；(3) 要有一定的湿度。

近年来，我国水泥含碱量增加，水泥用量提高，工程中含碱外加剂的普遍应用。增大了碱-骨料反应破坏的潜在危险。因此对混凝土用砂石的碱活性问题必须予以足够的重视。

第2章 术 语、符 号

2.1 术 语

2.1.1 天然砂 natural sand

由自然条件作用而形成的，公称粒径小于5.00mm的岩石颗粒。按其产源不同，可分为河砂、海砂、山砂。

2.1.2 人工砂 artificial sand

岩石经除土开采、机械破碎、筛分而成的，公称粒径小于5.00mm的岩石颗粒。

2.1.3 混合砂 mixed sand

由天然砂与人工砂按一定比例组合而成的砂。

2.1.4 碎石 crushed stone

由天然岩石或卵石经破碎、筛分而得的，公称粒径大于5.00mm的岩石颗粒。

2.1.5 卵石 gravel

由自然条件作用形成的，公称粒径大于5.00mm的岩石颗粒。

2.1.6 含泥量 dust content

砂、石中公称粒径小于80 μm 颗粒的含量。

2.1.7 砂的泥块含量 clay lump content in sands

砂中公称粒径大于1.25mm，经水洗、手捏后变成小于630 μm 的颗粒的含量。

2.1.8 石的泥块含量 clay lump content in stones

石中公称粒径大于5.00mm，经水洗、手捏后变成小于2.50mm的颗粒的含量。

2.1.9 石粉含量 stone power content

人工砂中公称粒径小于80 μm ，且其矿物组成和化学成分与被加工母岩相同的颗粒含量。

2.1.10 表观密度 apparent density

骨料颗粒单位体积（包括内封闭孔隙）的质量。

2.1.11 紧密密度 tight density

骨料按规定方法颠实后单位体积的质量。

2.1.12 堆积密度 bulk density

骨料在自然堆积状态下单位体积的质量。

2.1.13 坚固性 soundness

骨料在气候、环境变化或其他物理因素作用下抵抗破裂的能力。

2.1.14 轻物质 light material

砂中表观密度小于2000 kg/m^3 的物质。

2.1.15 针、片状颗粒 elongated and flaky particle

凡岩石颗粒的长度大于该颗粒所属粒级的平均粒径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。平均粒径指该粒级上、下限粒径的平均值。

2.1.16 压碎指标值 crushing value

人工砂、碎石或卵石抵抗压碎的能力。

2.1.17 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。

2.2 符 号

δ_a ——碎石或卵石的压碎值指标；

δ_{sa} ——人工砂压碎值指标；

ε_t ——试件在 t 天龄期的膨胀率；

ε_{st} ——试件浸泡 t 天的长度变化率；

μ_f ——细度模数；

ρ ——表观密度；

ρ_c ——紧密密度；

ρ_L ——堆积密度；

ω_b ——贝壳含量；

ω_c ——含泥量；

$\omega_{c,L}$ ——泥块含量；

ω_{Cl} ——氯离子含量；

ω_f ——石粉含量；

ω_l ——轻物质含量；

ω_m ——云母含量；

ω_p ——碎石或卵石中针、片状颗粒含量；

ω_{wa} ——吸水率；

ω_{wc} ——含水率；

m_r ——试样在一个筛上的剩留量；

MB ——人工砂中亚甲蓝测定值。

【释义】

1. 本次修订根据国际标准 ISO 6274 《混凝土—骨料的筛分析》，将筛分析用的试验筛由圆孔，改为方孔，因此试验筛的尺寸也作了相应的调整，原砂子圆孔筛直径分别为：5.00mm，2.50mm，1.25mm，630 μ m，315 μ m，160 μ m，现相应改为4.75mm，2.36mm，1.18mm，600 μ m，300 μ m，150 μ m，75 μ m。原石子圆孔筛直径分别为：100.0mm，80.0mm，63.0mm，50.0mm，40.0mm，31.5mm，25.0mm，20.0mm，16.0mm，10.0mm，现相应改为90.0mm，75.0mm，63.0mm，53.0mm，37.5mm，31.5mm，26.5mm，19.0mm，16.0mm，9.5mm。但术语中与粒径有关的尺寸，考虑到习惯，石子、砂的粒径仍按原直径称呼为“公称粒径”。

2. 由于标准内容的增加，因此术语中增加了人工砂、混合砂、石粉含量等，符号中增加了人工砂压碎值指标、石粉含量、贝壳含量、人工砂中亚甲蓝测定值等。

第3章 质量要求

3.1 砂的质量要求

3.1.1 砂的粗细程度按细度模数 μ_f 分为粗、中、细、特细四级，其范围应符合下列规定：

粗砂： $\mu_f = 3.7 \sim 3.1$

中砂： $\mu_f = 3.0 \sim 2.3$

细砂： $\mu_f = 2.2 \sim 1.6$

特细砂： $\mu_f = 1.5 \sim 0.7$

【释义】

砂的颗粒级配与细度模数是两个不同的概念，现有些同志往往将这两概念混同。什么是砂的颗粒级配？什么是砂的细度模数呢？砂的颗粒级配指的是砂的各粒级颗粒的组合情况，即俗话说：“大小搭配的情况”，而砂的细度模数反映的是颗粒的粗细程度。下面就这两个问题分别予以论述。

砂子的细度模数是衡量砂的粗细程度的，根据砂的不同粗细程度，可分为粗砂、中砂、细砂和特细砂。标准规定：细度模数 $\mu_f = 3.7 \sim 3.1$ 为粗砂， $\mu_f = 3.0 \sim 2.3$ 为中砂， $\mu_f = 2.2 \sim 1.6$ 为细砂， $\mu_f = 1.5 \sim 0.7$ 为特细砂。

20世纪五六十年代我国衡量砂的粗、中、细习惯上以平均粒径来划分，这是原苏联在四十年代提出的方法。平均粒径计算烦琐，且常有反常现象，不能真实的反映砂的粗细程度，会产生与事实相差较远的情况。

平均粒径的计算公式为：

$$d_{cp} = 0.5 \sqrt[3]{\frac{G}{11a_1 + 1.37a_2 + 0.171a_3 + 0.02a_4 + 0.0024a_5}}$$

G ——试样质量 (g)

$a_1 \sim a_5$ ——分别为 0.150mm, 0.300mm, 0.600mm, 1.18mm, 2.36mm 筛上的分计筛余量。

平均粒径 = $\frac{\text{总重}}{\text{粒径}}$

产生反常的原因是由于它是按砂的总粒数（根据球形体积计算），求得的平均粒径，偏重了小颗粒，忽视了大颗粒，立方根内的全部值几乎完全由 a_1 一项所决定，但是 a_4 、 a_5 这两级较粗的砂对工程的实用性有较大的关系，而平均粒径公式的计算中不能表现出来，只要 a_1 一项稍有变化，就会发生反常现象，下面举个例子：

筛子尺寸 (mm)	1#砂分计筛余量 (g)	2#砂分计筛余量 (g)
2.36	25	25
1.18	25	25
0.600	25	25
0.300	20	20

0.150	0	5
底	5	0
1#砂:	$\mu_f = 3.4$	$d_{cp} = 0.74$
2#砂:	$\mu_f = 3.45$	$d_{cp} = 0.52$

从上面例子可以看出，仅在0.150mm处增加了5g，平均粒径却减少了0.32。发生反常的基本原因是颗粒数目的变化与粒径的增减是立方的反比关系。只要细砂稍有变化，平均粒径就会发生很大的变化，因此平均粒径不能真正的代表砂子的粗细程度。

因此，我国《普通混凝土用砂质量标准及试验方法》从20世纪80年代开始，规定用细度模数衡量砂子的粗细程度，不再用平均粒径来代表砂子的粗细程度。

实践证明，细度模数对于砂的粗细程度很有代表性，而且也较敏感，细度模数越大，砂料就越粗，无论大粒、中粒、小粒，在数量上有任何程度的变化，都可以与细度模数起相联的反应。但是细度模数也有其缺点：①物理意义不明确；②不能表示出砂的级配来。因此砂中各级粒径颗粒的组合情况如何还需由颗粒级配来决定。

3.1.2 砂筛应采用方孔筛。砂的公称粒径、砂筛筛孔的公称直径与方孔筛筛孔边长应符合表3.1.2-1的规定。

表 3.1.2-1 砂的公称粒径、砂筛筛孔的公称直径与方孔筛筛孔边长尺寸

砂的公称粒径	砂筛筛孔的公称直径	方孔筛筛孔边长
5.00mm	5.00mm	4.75mm
2.50mm	2.50mm	2.36mm
1.25mm	1.25mm	1.18mm
630 μ m	630 μ m	600 μ m
315 μ m	315 μ m	300 μ m
160 μ m	160 μ m	150 μ m
80 μ m	80 μ m	75 μ m

除特细砂外，砂的颗粒级配可按公称直径630 μ m筛孔的累计筛余量（以质量百分率计，下同）分成三个级配区（见表3.1.2-2），且颗粒级配应处于表3.1.2-2中的某一区内。

表 3.1.2-2 砂颗粒级配区

累计筛余 (%) 公称粒径	级配区		
	I区	II区	III区
5.00mm	10~0	10~0	10~0
2.50mm	35~5	25~0	15~0
1.25mm	65~35	50~10	25~0
630 μ m	85~71	70~41	40~16
315 μ m	95~80	92~70	85~55
160 μ m	100~90	100~90	100~90

砂的实际颗粒级配与表 3.1.2-2 中的累计筛余相比,除公称粒径为 5.00mm 和 630 μ m (表 3.1.2-2 黑体所标数值)的累计筛余外,允许稍有超出分界线,但总量百分率不应大于 5%。

当天然砂颗粒级配不符合本标准第 3.1.2-2 条的要求时,宜采取相应的技术措施,经试验证明能确保混凝土质量,方允许使用。

配制混凝土时宜优先选用 II 区砂。当采用 I 区砂时,应提高砂率,并保持足够的水泥用量,以满足混凝土的和易性;当采用 III 区砂时,宜适当降低砂率;当采用特细砂时应符合相应的规定。

泵送混凝土,宜选用中砂。

【释义】

1. 本次修订,筛分析试验与 ISO 6274 《混凝土—骨料的筛分析》一致,将原 2.50mm 以上的圆孔筛改为方孔筛,原 2.50mm、5.00mm、10.0mm 孔径的圆孔筛,改为 2.36mm、4.75mm、9.50mm 孔径的方孔筛。经编制组试验证明:筛的孔径调整后,砂的颗粒级配区,用新旧两种不同的筛子无明显不同,砂的细度模数也无明显的差异。

考虑到长期的习惯,3.1.2-1 列出了原圆孔筛的孔径;现称其为公称直径,同时列出了方孔筛的边长尺寸。标准中使用的均是公称直径。

2. 本次修订规定砂(除特细砂外)颗粒级配应满足本标准的要求。

由于特细砂多数均为公称粒径 160 μ m 以下颗粒,因此无级配要求。

由于天然砂是自然状态的级配,若不满足级配要求,允许采取一定的技术措施后,在保证混凝土质量的前提下,可以使用。

砂的颗粒级配:

按我国过去的混凝土用砂的标准,级配范围很窄,我国将有半数以上的砂不能用以制作混凝土。为了扩大资源的利用,参考了国外有关国家的标准,从 20 世纪 70 年代末开始,我国的混凝土用砂颗粒级配,采用了以三个级配区来控制砂的级配。其中 II 区砂的范围基本上和我国以前沿用的级配区相近, I 区砂是向偏粗方向扩大形成的级配区, III 区砂是向较细方向扩大形成的级配区。

普通混凝土用砂的三个级配区划分的原则是:①不同级配区的砂子,就具有本区给定的性质,也就是混凝土配合比相同时,采用不同级配区砂配制的混凝土,其性质应互不相同;②三个级配区,应是我国常见的砂,各区的范围对砂来说,只能划入某区,而不能同时划入两个区。

为此曾对各区几个部位的砂,做了配制混凝土的特征性试验(对天然砂而言)。

I 区砂级配较粗。配制的低等级混凝土其拌合物外观皆比较粗糙,内摩擦力大,浇灌成型时不易插捣密实。由于拌合物中所含细料(水泥与小于公称粒径 0.16mm 的砂子颗粒)数量较少,所配成的拌合物有泌水和离析的现象,其和易性指标的变异较大,不易准确测定。由 I 区砂配成的高等级混凝土的拌合物,性质较优于低等级混凝土,但需要增大砂率,否则,均匀性不易保证,同时,还会导致混凝土强度下降。

采用 II 区砂配成的不同等级的混凝土,从其性质说,基本上也是相似的,由 II 区上限砂配成的混凝土宜用略高于 II 区中限砂的砂率,由 II 区下限砂配成的混凝土则宜用略低于 II 区中限砂的砂率。否则混凝土的强度皆有下降的趋势。

III 区砂属于细砂和一部分偏细的中砂。因此采用本区砂配成的混凝土拌合物,其特点是黏度略大,保水性较好,与 II 区砂配成的混凝土相比,较为细软,亦较容易插捣成型。II 区

砂和Ⅲ区砂配制的混凝土性质显然也有较大差别。

采用Ⅲ区中砂配制各级混凝土，宜选用略高于Ⅲ区下限砂的砂率，这是由于每区砂皆包括了一定的细度和比表面积的变动幅度。

三个区配制的混凝土性能是各不相同的，Ⅰ区砂级配较粗，保水能力较差，内摩擦力大，浇灌成型时不易插捣密实，宜于配制高等级混凝土和低流动性混凝土，Ⅱ区砂是常用级配的砂，一般来说，配制混凝土是最理想的级配区，Ⅲ区砂属于细砂或偏细砂，黏度略大，保水性较好，容易插捣成型。《普通混凝土用砂、石质量及试验方法标准》中规定：“配制混凝土时宜优先选用Ⅱ区砂，当采用Ⅰ区砂时，应提高砂率并保持足够的水泥用量，以满足混凝土的和易性，当采用Ⅲ区砂时，宜适当降低砂率，以保证混凝土强度”。

同时为了达到每种砂子只能划入一个区，不能同时进入两个区，标准中规定：“按公称直径 $630\mu\text{m}$ 筛孔的累计筛余量（以质量百分率计，下同），分成三个级配区（见表3.1.2-2）。”我们从表3.1.2-2中可以发现，在 $630\mu\text{m}$ 处的累计筛余百分率是不交叉的，其他各号筛的累计筛余百分率都是交叉的。也就是以 $630\mu\text{m}$ 的公称粒径作为控制粒级，当砂样 $630\mu\text{m}$ 处的累计筛余量落在哪个区时，即为哪区砂。该粒级处于各粒级的中点，其累计筛余量可以包含较大的幅度，同时 $630\mu\text{m}$ 粒径的累计筛余量对拌合物的和易性有较大的影响，可以对砂子提供比较可靠的指标，如以 1.25mm 的公称粒径的累计筛余量作为控制粒级，其上限累计筛余量就不宜过大（因为过大，砂粒度将会增大到不宜采用），否则，可用砂的幅度就将大大减小，同样理由，如以 $315\mu\text{m}$ 公称粒级作为控制粒级，其下限的累计筛余量则不宜过小（因为过小，砂粒度将会剧烈下降），均将划入细砂或特细砂的范畴内。因此标准中规定控制 $630\mu\text{m}$ 的累计筛余百分率是不交叉的，所以任何一种砂在筛分检验后其级配只可能满足一个级配区的要求，绝不会同时属于二个级配区。

标准还规定，砂的实际颗粒级配与表3.1.2-2中所列累计筛余百分率相比，除公称粒径 5.00mm 和 $630\mu\text{m}$ 外，允许稍有超出分界线，但其总量百分率不应大于5%。因Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级配区，各作为一个独立的级配区就必须具有一定的范围，它应该是能够概括这一粒度范围内所有能合乎要求的级配。但将各区交叉范围放太大，不同区的砂的特征就会消失，而且还可能会出现颗粒分布集中，级配极差的砂也可能会成为合格砂，而各区砂如果缺乏本区的特有的性质，级配标准在砂子使用方面就不易起指导作用。所以标准中规定了除 $630\mu\text{m}$ 和 5mm 公称粒径外，其他各粒级皆允许稍有超出，但其总量不应大于5%的规定。这样，一方面可进入三个级配区中的任意一个级配区内，并尽可能地维持了各区砂的特征，另一方面，也可以防止太粗或太细的砂进入区内，以免拌合物的质量受到不利影响。但现在对此问题理解有问题，误认为每个粒级均可超出5%，因此无形中把一些不合格的砂判为合格砂了。如：以表3.1.2-2中Ⅰ区为例， 2.50mm 处应为35%~5%，若试验值是37%，超出标准规定的范围2%，若 $315\mu\text{m}$ 处76%，超出规定4%，应将 2.50mm 处超出的2%和 $315\mu\text{m}$ 处超出的4%相加为6%，超过了标准5%要求，应判为级配不符合标准要求。务必应注意是“总量的5%”。

细度模数与颗粒级配是两个概念，在标准中是两个指标，衡量的方法也不同，细度模数是用公式计算出来的，颗粒级配是根据表3.1.2-2判断出来的，现有些错误地认为，颗粒级配为Ⅰ区，必定是粗砂；在Ⅱ区，一定是中砂；在Ⅲ区即是细砂。当判断出现级配是Ⅰ区，细度模数是中砂时，则认为是不合格砂，同样当出现级配是Ⅱ区， μ_f 是粗砂或中砂时，或级配在Ⅲ区， μ_f 是中砂时均认为是不合格砂。出现这种错误认识的原因是，知道如何去计

算细度模数及定级配区，但不知如何去判定颗粒级配的合格与否？前面在分析砂三个级配区的特征时，可以发现Ⅰ区砂偏粗，Ⅱ区砂一般属中砂，Ⅲ区砂偏细的特点，但并不是Ⅰ区砂就是粗砂，Ⅱ区砂即中砂，Ⅲ区砂即细砂。由于在级配区中Ⅰ区的累计筛余百分率的下限和Ⅱ区的上限是交叉的，Ⅱ区的下限与Ⅲ区的上限又是交叉的，所以当级配是Ⅰ区时，累计筛余偏下限时，往往会细度模数是中砂。同样在Ⅱ区时，各粒级累计筛余百分数偏上限时，细度模数属粗砂，反之则会是细砂。而当在Ⅲ区时，累计筛余百分数偏上限时，则会是中砂，但决不会出现级配在Ⅰ区，砂是细砂，或级配在Ⅲ区，砂为粗砂，因Ⅰ区与Ⅲ区之间的各粒级的累计筛余百分数不相连。

3. 泵送混凝土用砂级配要求。

影响泵送混凝土性能的因素很多，除了粗骨料的种类之外，还有骨灰比、和易性和颗粒级配等。在这里我们主要讨论砂颗粒级配对泵送混凝土可泵性及其强度的影响。

对于一般普通混凝土来说，要求颗粒级配空隙率小，总表面积小，细骨料要适当，以达到节约水泥，减少湿润骨料表面的需水量，满足混合料工作性的要求。由于泵送混凝土有可泵性的要求，对其颗粒除上述要求外，还需有更严格的要求，如：最大颗粒粒径，细颗粒的含量等。

对实际拌合物空隙率影响最大的公称粒级是 2.5 ~ 5mm, 315 ~ 630 μ m 和 160 ~ 315 μ m, 其中第一种公称粒级影响最显著，如果 2.5mm 和 5mm 之间的粒级不充足，就会加大骨料的空隙率，从而为泵送带来困难。一般来说，160 μ m 的细骨料比例在累计筛余 97% 左右，315 μ m 以下的颗粒占细骨料质量的 15% ~ 20%，认为这样的级配空隙率低的细颗粒有足够的紧密堆积以产生“阻塞过滤器”作用，用内部摩擦来克服管道的阻力从而让水呈液相传递压力，又不让混凝土产生泌水。若细颗粒含量太高，拌合物的摩擦阻力会很大，使活塞通过水相施加的压力不足以推动混凝土，从而造成堵泵，这种故障在高强混凝土中或很细材料含量高的拌合物中尤为常见，因此也不是细骨料多多益善。

细度模数 μ_f 的变化对混凝土可泵性起着极其敏感的作用。我国某大城市对此问题作了系统试验，从图 3-1 可见，砂子的细度模数适宜，混凝土坍落度大于 180mm，压力泌水值 PB 达到 50mL，处于最佳流化可泵状态，当细度模数过小时，混凝土处于半干硬性状态，泵送剂不起流化功能，从试验结果认为适宜的细度模数区间为 2.3 ~ 2.7。

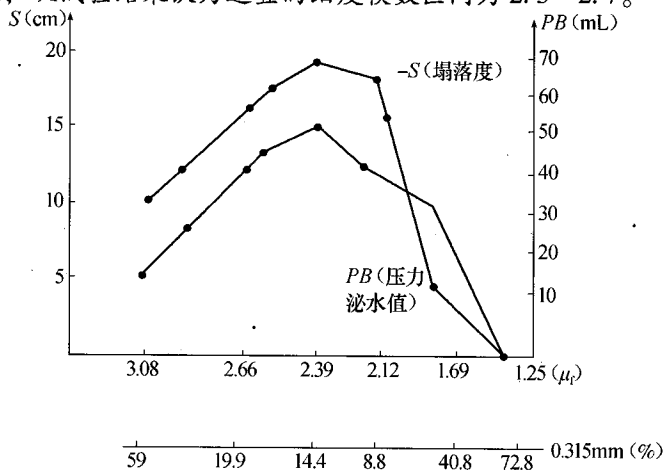


图 3-1 μ_f 对混凝土可泵性的影响