

CBMF

中国建筑材料协会标准

T/CBMF XX—202X

T/CCPA XX—202X

沙漠砂混凝土应用技术规程

Code of practice for application of desert sand concrete

(征求意见稿)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国建筑材料联合会
中国混凝土与水泥制品协会

发布

前 言

根据中国建筑材料联合会《关于下达 2024 年第三批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发[2024]60 号）和中国混凝土与水泥制品协会《关于《超高性能混凝土预混料质量分级》等 3 项协会标准立项的通知》（中制协字[2023]9 号）的要求（计划号 2024-40-xbjh），编制组会同有关单位经过广泛的调查研究，认真总结沙漠砂混凝土在高速公路、铁路等工程中的实际应用成果和经验，参考有关国家标准及相关科研成果，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 沙漠砂制备及试验；5. 配合比设计与试验；6. 沙漠砂混凝土技术性能；7. 混凝土生产与施工；8. 混凝土施工质量验收。

本规程由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同负责管理，由中铁二十局集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄中铁二十局集团有限公司（地址：西安市太华北路 89 号，邮政编码：710016），并抄送中国混凝土与水泥制品协会（北京市海淀区三里河路 11 号，邮政编码：100085）。

主 编 单 位： 中铁二十局集团有限公司

中国混凝土与水泥制品协会预拌混凝土分会

参 编 单 位：

主要起草人： 廖太昌

主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	沙漠砂制备及试验	6
4.1	质量要求	6
4.2	取样与缩分	8
4.3	筛分析试验	10
4.4	饱和面干吸水率试验	11
4.5	坚固性试验	13
4.6	碱活性试验	14
4.7	沙漠砂生产与运输	21
4.8	验收与存放	22
5	配合比设计与试验	23
5.1	一般规定	23
5.2	沙漠砂混凝土用其他材料	23
5.3	沙漠砂混凝土配合比计算	24
5.4	配合比的试配、调整与确定	29
6	沙漠砂混凝土技术性能	32
6.1	拌合物性能	32
6.2	混凝土力学性能	32
6.3	长期性能和耐久性能	33
7	混凝土生产与施工	37
7.1	一般规定	37
7.2	混凝土拌制与运输	37
7.3	试件制作和养护	38
7.4	混凝土浇筑与成型	42
7.5	结构混凝土养护	44
8	混凝土施工质量验收	46
8.1	一般规定	46
8.2	混凝土原材料	47

8.3 混凝土施工	49
附录 A 试验记录表	52
附录 B 沙漠砂试验报告	60
附录 C 沙漠砂混凝土工程应用案例	61
附录 D 检验批质量验收记录	76
用词说明	77
引用标准名录	78
附：条文说明	80

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements	5
4	Preparation and Test of Desert Sand	6
4.1	Quality Requirement.....	6
4.2	Sampling and Scaling.....	8
4.3	Sieve Analysis Test.....	10
4.4	Saturated Surface Dry Water Absorption Test.....	11
4.5	Soundness Test.....	13
4.6	Alkali Activity Test.....	14
4.7	Production and Transportation of Desert Sand.....	21
4.8	Storage and Acceptance.....	22
5	Mix Design and Testing	23
5.1	General Requirements.....	23
5.2	Other Raw Materials for Desert Sand Concrete.....	23
5.3	Calculation of Mix Proportion of Desert Sand Concrete.....	24
5.4	Trial Mix, Adjustment and Determination of Mix Proportion.....	29
6	Technical Performance of Desert Sand Concrete	32
6.1	Performance of Mixture.....	32
6.2	Mechanical Properties of Concrete.....	32
6.3	Long Term Performance and Durability.....	33
7	Concrete Production and Construction	37
7.1	General Requirements.....	37
7.2	Concrete Mixing and Transportation.....	37
7.3	Preparation and Maintenance of Test Specimens.....	38
7.4	Concrete Pouring and Forming.....	42
7.5	Structural Concrete Curing.....	44
8	Quality Acceptance of Concrete Construction	46

8.1 General Requirements..... 46

8.2 Concrete Raw Materials..... 47

8.3 Concrete Construction.....49

Appendix A Test Record Form.....52

Appendix B Desert Sand Test Report.....60

Appendix C Application Case of Desert Sand Concrete Project..... 61

Appendix D Quality Acceptance Record of Inspection Lot..... 76

Explanation of Wording in This Standard.....77

List of Quoted Standards..... 78

Addition: Explanation of provisions.....80

1 总 则

1.0.1 为合理利用沙漠砂资源，规范沙漠砂混凝土的使用，推动技术进步，保障工程质量，促进建设工程可持续发展，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于沙漠砂的制备与质量控制、混凝土配合比设计、生产与施工质量检验与验收。

1.0.3 沙漠砂混凝土应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 沙漠砂 desert sand

沙漠砂属天然砂，来源于沙漠，经开采和筛分的粒径为 0.075mm-0.70mm 的岩石颗粒。

2.1.2 特细砂 super - fine sand

细度模数在 0.7~1.5 之间的岩石颗粒。

2.1.3 天然砂 natural sand

在自然条件作用下岩石产生破碎、风化、分选、运移、堆/沉积，形成的粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒。天然砂包括河砂、沙漠砂、湖砂、山砂和净化处理的海砂，但不包括软质、风化的颗粒。

2.1.4 机制砂 manufactured sand

以岩石、卵石、矿山废石和尾矿等为原料，经除土处理，由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的，级配、粒形和石粉含量满足要求且粒径小于 4.75mm 的颗粒。

注：机制砂不包括软质、风化的颗粒。

2.1.5 混合砂 mixed sand

由机制砂和沙漠砂等天然砂按一定比例混合而成的砂。

2.1.6 沙漠砂混凝土 desert sand concrete

以沙漠砂部分或全部作为细骨料配制的混凝土。

2.1.7 含泥量 clay content

天然砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒含量。

2.1.8 坚固性 soundness

砂在外界物理化学因素作用下抵抗破裂的能力。

2.1.9 碱-骨料反应 alkali-aggregate reaction

骨料中碱活性矿物与水泥、矿物掺合料、外加剂等混凝土组成物及环境中的碱在潮湿环境下缓慢发生并导致混凝土开裂破坏的膨胀反应。

2.2 符号

DS-I——沙漠砂颗粒级配分区I区；

DS-II——沙漠砂颗粒级配分区II区；

f_b ——胶凝材料 28d 胶砂抗压强度；

f_{cc} ——水泥 28d 胶砂抗压强度；

$f_{cc,g}$ ——水泥强度等级值；

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值；

m_{a0} ——每立方米混凝土中外加剂用量；

m_{b0} ——每立方米混凝土中胶凝材料用量；

m_{c0} ——每立方米混凝土中水泥用量；

m_{cp} ——每立方米混凝土拌合物的假定质量；

m_{f0} ——每立方米混凝土中矿物掺合料用量；

m_{fcu} —— n 组试件的强度平均值；

m_{g0} ——每立方米混凝土的粗骨料用量；

m_{s0} ——每立方米混凝土的细骨料用量；

m'_{w0} ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的每立方米混凝土的用水量；

m_{w0} ——每立方米混凝土的用水量；

n ——试件组数；

W/B ——混凝土水胶比；

α ——混凝土的含气量百分数；

α_a 、 α_b ——混凝土水胶比计算公式中的回归系数；

β ——外加剂的减水率；

β_a ——外加剂掺量；

β_s ——砂率；

β_f ——矿物掺合料掺量；

γ_s ——粒化高炉矿渣粉影响系数；

γ_c ——水泥强度等级值的富余系数；

γ_f ——粉煤灰影响系数；

ρ_c ——水泥密度；

ρ_f ——矿物掺合料密度；

ρ_g ——粗骨料的表观密度；

ρ_s ——细骨料的表观密度；

ρ_w ——水的密度；

σ ——混凝土强度标准差。

3 基本规定

- 3.0.1 沙漠砂混凝土应保证工程结构的安全性、适用性、耐久性，并应满足建设工程需要和绿色发展需求。
- 3.0.2 沙漠砂宜与机制砂或其他砂按一定比例配制成混合砂使用。
- 3.0.3 沙漠砂混凝土的配制强度等级不宜大于 C50，当配制强度等级大于 C50 时应进行专项试验验证。
- 3.0.4 用于沙漠砂混凝土的材料性能应按国家有关标准规定的试验方法进行试验，其中沙漠砂的取样与缩分、筛分、饱和面干吸水率、坚固性、碱活性试验方法应符合本规程第 4 章的有关规定。
- 3.0.5 沙漠砂混凝土拌合物性能应符合设计及施工要求，其试验方法应符合现行国家标准《混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。
- 3.0.6 沙漠砂混凝土的力学性能应满足结构物用途及设计要求，其试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。
- 3.0.7 沙漠砂混凝土的耐久性应满足结构类别、环境类别及结构物设计使用年限，其试验方法应符合现行国家标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定。

4 沙漠砂制备及试验

4.1 质量要求

4.1.1 沙漠砂按颗粒级配可分为DS-I区和DS-II区。沙漠砂分区应符合表4.1.1的规定。

表 4.1.1 沙漠砂分区

级配区	DS-I 区	DS-II 区
0.075mm 和 0.10mm 两级颗粒的分计筛余之和	≤40%	≤60%

4.1.2 沙漠砂累计筛余应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 沙漠砂累计筛余

方孔筛 (mm)	0.70	0.60	0.30	0.20	0.15	0.10	0.075	
累计筛余 (%)	DS-I	0~5	0~20	5~30	15~60	50~80	60~95	95~100
	DS-II	0~5	0~10	0~15	5~20	25~45	45~95	95~100

4.1.3 沙漠砂分计筛余应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 沙漠砂分计筛余

方孔筛 (mm)	0.70	0.60	0.30	0.20	0.15	0.10	0.075	小于 0.075
分计筛余 (%)	0~5	0~15	0~20	10~25	15~30	20~40	5~20	0~5

注：DS-I 区沙漠砂小于 0.075mm 分计筛余不应大于 3%，DS-II 区沙漠砂小于 0.075mm 分计筛余不应大于 5%。

4.1.4 沙漠砂质量要求和检验方法应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 沙漠砂质量要求和检验方法

序号	检验项目	质量要求		检验方法
		DS-I	DS-II	
1	含泥量 (%)	≤3.0	≤5.0	按现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定检验或现行建设行业标准 JGJ52 中的虹吸管法进行试验

2	泥块含量 (%)	≤0.2	≤0.5	按现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定检验
3	云母含量 (%)	≤1.0	≤2.0	
4	吸水率 (%)	当需方提出要求时, 出示其实测值		
5	有机物含量	浅于标准色		
6	轻物质(按质量计) (%)	≤1.0		
7	硫化物及硫酸盐(按 SO ₃ 质量计) (%)	≤0.50		
8	氯化物(以氯离子质量计) (%)	≤0.02		
9	坚固性 (%)	≤8		按本规程第 4.7.3 条的规定检验
10	碱活性(快速砂浆棒法膨胀率) (%)	≤0.30		按现行铁道行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定检验

注: 1 对于有抗冻、抗渗要求的混凝土用沙漠砂, 其含泥量应不大于 2.0%, 吸水率应不大于 1.0%。

2 沙漠砂中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时, 应进行专项试验研究, 确认能满足混凝土耐久性要求。

4.1.5 沙漠砂的表观密度不宜小于 2500kg/m³, 松散堆积密度不宜小于 1400kg/m³, 孔隙率不宜大于 48%。

4.1.6 沙漠砂的碱活性应按本规程第 4.8 节的有关要求, 对其矿物组成、碱活性矿物类型进行鉴别和试验, 并应符合下列规定:

- 1 采用快速砂浆棒法进行沙漠砂碱活性试验时, 试验龄期膨胀率宜小于 0.10%。
- 2 梁体、轨道板、轨接触网立柱等沙漠砂混凝土构件中使用的沙漠砂, 其快速砂浆棒法膨胀率应小于 0.20%。
- 3 当试验龄期膨胀率大于等于 0.10%且小于 0.20%时, 所配制的沙漠砂混凝土的总碱含量最大限值应符合表 4.1.6 的规定。
- 4 当试验龄期膨胀率大于等于 0.20%且小于 0.30%时, 应按本规程第 4.8.13~4.8.18 条的规定进行碱-骨料反应有效性试验。

4.1.6 混凝土的总碱含量最大限值 (kg/m³)

设计使用年限	100 年	60 年	30 年
--------	-------	------	------

环境条件	干燥环境	3.5	3.5	3.5
	潮湿环境	3.0	3.0	3.5
	含碱环境	3.0	3.0	3.0

注：1 混凝土总碱含量是指本规程要求检测的各种混凝土原材料的碱含量之和。其中，矿物掺合料的碱含量以其所含可溶性碱量计算。粉煤灰的可溶性碱量取粉煤灰总碱量的 1/6，矿渣粉的可溶性碱量取矿渣粉总碱量的 1/2，硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的 1/2。

2 干燥环境是指不直接与水接触，年平均空气相对湿度长期不大于 75%的环境；潮湿环境是指长期处于水下或潮湿土中、干湿交替区、水位变化区以及年平均相对湿度大于 75%的环境；含碱环境是指与高含盐碱土体、海水、含碱工业废水或钠（钾）盐等直接接触的环境；干燥环境或潮湿环境与含碱环境交替作用时，均按含碱环境对待。

3 对于含碱环境中的混凝土主体结构，除了总碱含量满足本表要求外，还应采用非碱活性骨料。

4.1.7 当沙漠砂与天然砂、机制砂配制成混合砂使用时，混合砂性能指标应符合国家相关标准规定。

4.1.8 当 C50 预应力混凝土部采用沙漠砂作为混凝土细骨料时，应严格控制水胶比，混凝土不得出现收缩裂缝。

4.1.9 当采用沙漠砂与机制砂混合使用时，应按现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定检验机制砂的石粉含量和亚甲蓝（MB）值。

4.1.10 混凝土所用沙漠砂的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的规定。

4.2 取样与缩分

4.2.1 沙漠砂取样应符合下列要求：

1 从料堆上取样时，取样部位应分布均匀，取样前应先将取样部位表层铲除，然后从不同部位随机抽取大致相等的砂 8 份，组成一组样品。

2 从皮带运输机上取样时，应在皮带运输机机尾的出料处用接料器定时抽取砂 4 份，组成一组样品。

3 从火车、汽车、货船等运输工具上取样时，从不同部位和深度抽取大致相等

的砂 8 份，组成一组样品。

4.2.2 沙漠砂检验有不合格项时，应加倍取样对不合格项进行复检，当复检仍有不合格项时，应按不合格品处理。

4.2.3 每一单项检验项目所需沙漠砂的最少取样质量应符合表 4.2.3 的规定。当进行多项检验时，可在确保样品经一项试验后不影响其他试验结果的前提下，用同组样品进行多项不同的试验。

表 4.2.3 每一单项检验项目所需沙漠砂的最少取样质量

序号	检验项目	最少取样质量 (kg)
1	筛分析	4.0
2	表观密度	2.6
3	饱和面干吸水率	4.0
4	紧密密度和堆积密度	5.0
5	含水率	1.0
6	含泥量	5.0
7	泥块含量	20.0
8	有机物	2.0
9	云母含量	0.6
10	轻物质含量	3.2
11	坚固性	1.0
12	硫化物及硫酸盐含量	0.6
13	氯化物含量	2.0
14	碱活性	20.0
15	放射性	6.0

4.2.4 沙漠砂每组样品应妥善包装，不应散失或污染，并应附样品卡片，样品卡应标明产地、编号、取样时间、代表数量、样品数量、要求检验项目及取样方式等。

4.2.5 沙漠砂样品的缩分应符合下列规定：

1 人工四分法缩分，应将样品置于平板上，在自然状态下拌和均匀，并堆成厚度为 20mm 圆饼状。然后沿互相垂直的两条直径把“圆饼”分成大致相等的四份，取其对

角的两份重新拌匀，再堆成“圆饼”状。重复本款步骤，直至样品缩分后的砂样质量略多于试验所需量为止。

2 采用分料器缩分时，应将样品在自然状态下拌和均匀，然后通过分料器，留下两个接料斗中的一份，并应将另一份再次通过分料器。重复本款步骤，直至把样品缩分到试验所需量为止。

4.2.6 沙漠砂含水率、堆积密度、紧密密度试验所用试样，可不经缩分，拌匀后直接进行试验。

4.3 筛分析试验

4.3.1 筛分析试验所用器具应符合下列规定：

- 1 方孔筛：规格为 0.075mm、0.1mm、0.15mm、0.20mm、0.30mm、0.60mm、0.70mm、1.18mm 的筛各一只，筛底和筛盖各一只。
- 2 天平：量程不小于 1000g，分度值不大于 1g。
- 3 摇筛机。
- 4 烘箱：温度控制在 (105 ± 5) °C。
- 5 浅盘、毛刷等。

4.3.2 筛分析试验应按下列步骤进行：

1 按本规程第 4.4 节的有关规定取样，筛除大于 1.18mm 的颗粒，并算出其筛余百分率，并将试样缩分至约 1000g，置于 (105 ± 5) °C 的烘箱中烘干至恒重，待冷却至室温后，平均分为 2 份备用。

2 称取试样 300g，精确至 1g。将试样倒入按孔径大小从上到下组合，并附筛底的套筛上，然后进行筛分。

3 将套筛置于摇筛机上，摇筛 10min；取下套筛，按筛孔大小顺序再逐个手动筛分，筛至每分钟通过量小于试样总量 0.1% 为止。通过的试样并入下一号筛中，并和下一号筛中的试样一起过筛，按此顺序进行，直至各号筛全部筛完为止。称出各号筛的筛余量，精确至 1g。

4 试样在各号筛上的筛余量不应超过按式 (4.3.2) 计算出的值。

$$G = \frac{A \times \sqrt{d}}{200} \quad (4.3.2)$$

式中： G ——某一个筛上的筛余量（g）；

A ——筛面面积（ mm^2 ）；

d ——筛孔尺寸（mm）；

200——换算系数。

5 当某一个筛上的筛余量超过计算值时，应按下列方法之一处理：

1) 将该粒级试样分成少于按式（4.3.2）计算出的量，分别筛分，并以筛余量之和作为该筛号的筛余量。

2) 将该粒级及以下各粒级的筛余混合均匀，称出其质量，精确至 1g。再用四分法缩分为 2 份，取其中 1 份，称出其质量，精确至 1g，继续筛分。计算该粒级及以下各粒级的分计筛余量时应根据缩分比例进行修正。

4.3.3 筛分析试验结果应按下列方法计算：

1 分计筛余百分率，应按各号筛的筛余量与试样总量之比计算，精确至 0.1%。

2 累计筛余百分率，应按该号筛的分计筛余百分率加上该号筛以上各分计筛余百分率之和计算，精确至 0.1%。筛分后，当每号筛的筛余量与筛底的剩余量之和同原试样质量之差超过 1%时，应重新试验。

3 分计筛余、累计筛余百分率应取两次试验结果的算术平均值，精确至 1%。

4.3.4 沙漠砂筛分析试验记录可按本规程附录 A 表 A.0.1 填写。

4.4 饱和面干吸水率试验

4.4.1 饱和面干吸水率试验用器具应符合下列规定：

- 1 烘箱：温度控制在（ 105 ± 5 ） $^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 天平：量程不小于 1000g，分度值不大于 0.1g。
- 3 手提式吹风机。
- 4 饱和面干试模及重 340g 的捣棒。
- 5 烧杯、吸管、毛刷、玻璃棒、浅盘、不锈钢盘等。

4.4.2 饱和面干吸水率试验应按下列步骤进行：

1 在自然状态下用分料器法或四分法缩分沙漠砂至约 1100g，均匀拌和后平均分为两份备用。

2 将一份沙漠砂试样倒入浅盘中，注入洁净水，使水面高出试样表面 20mm 左

右，水温控制在 (20 ± 5) °C，用玻璃棒连续搅拌 5min，静置 24 h。浸泡完成后在水澄清的状态下，小心倒去试样上部的清水，不得将细粉部分倒走。在盘中摊开试样，用吹风机缓缓吹拂暖风，并不断翻动试样，使用砂表面水分均匀蒸发，且不应将砂样颗粒吹出。

3 将沙漠砂试样分两层装入饱和面干试模中，第一层装入模高度的一半，用捣棒均匀捣 13 次，每次捣时应使捣棒离试样表面 10mm 处保持垂直并自由落下。第二层装满试模，再轻捣 13 下，刮平试模上口后，垂直将试模徐徐提起，如呈试样过湿状态图 4.4.2(a)，应再行暖风干燥，并按本款方法试验，直至试模提起后，试样呈饱和面干状态图 4.4.2(b)所示为止。当试模提起后，呈试样过干状态图 4.4.2(c)所示时，应喷洒水 50ml，再搅拌均匀，然后静置于加盖容器中 30min，再按本款方法进行试验，直至试样达到饱和面干状态图 4.4.2(b)所示。



图 4.4.2 不同含水量的沙漠砂堆积形状

4 立即称取饱和面干试样 100 g，精确至 0.1 g，记为 m_1 ，倒入已知质量的烧杯或搪瓷盘中，置于 (105 ± 5) °C的烘箱中烘干至恒重，在干燥器内冷却至室温后，称取干样的质量，记为 m_0 ，精确至 0.1g。

4.4.3 饱和面干吸水率试验结果应按下列方法计算：

1 吸水率应按式（4.4.3）计算，精确至 0.01%。

$$Q_z = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (4.4.3)$$

式中： Q_z ——吸水率（%）；

m_1 ——饱和面干试样质量（g）；

m_0 ——烘干试样质量（g）。

2 饱和面干吸水率试验应进行平行试验，平行试验的差值不得大于平均值的

3%，取其算术平均值作为吸水率值，精确至 0.1%；当平行试验的差值大于平均值的 3%时，应重新试验。

4.4.4 饱和面干吸水率试验记录可按本规程附录 A 表 A.0.3 填写。

4.5 坚固性试验

4.5.1 沙漠砂坚固性试验所用试剂应符合下列规定：

- 1 氯化钡溶液：将 5g 氯化钡溶于 50mL 蒸馏水中。
- 2 硫酸钠溶液：在温度 30℃左右的 1L 水中，加入 350 g 无水硫酸钠(Na_2SO_4)，边加入边用玻璃棒搅拌，使其溶解并饱和。然后冷却至 20℃~25℃，并在此温度下静置 48h。

4.5.2 沙漠砂坚固性试验用器具应符合下列规定：

- 1 烘箱：温度控制在 (105 ± 5) ℃。
- 2 天平：量程不小于 1000g，分度值不大于 0.1g。
- 3 三角网篮：用高强、耐高温、耐腐蚀的材料制成，网篮直径和高均为 70mm，网的孔径不应大于所盛试样中最小粒径的 1/2。
- 4 容器：非铁质，容积不小于 10L。
- 5 比重计：测量范围包含 1.100~1.200，分度值不大于 0.001。
- 6 玻璃棒、浅盘、毛刷等。

4.5.3 沙漠砂坚固性试验应按下列步骤进行：

1 按本规程第 4.4 节的有关规定取样，并将试样缩分至 2000g。将试样倒入容器中，用水浸泡、淋洗干净后，置于 (105 ± 5) ℃的烘箱中烘干至恒重，待冷却至室温后，将颗粒筛分为 0.075mm~0.15mm、0.15mm~0.20mm、0.20mm~0.30mm、0.30mm~0.70m 四个不同的粒级，各称重取 100g 试样，精确至 0.1g。

2 将不同粒级的试样分别装入网篮，并浸入盛有硫酸钠溶液的容器中，溶液的体积应不小于试样总体积的 5 倍。网篮浸入溶液时，应上下升降 25 次，然后静置于该容器中，网篮底面应距离容器底面约 30mm，网篮之间的距离应不小于 30mm，液面至少高于试样表面 30mm，溶液温度应保持在 20℃~25℃。

3 浸泡 20h 后，把装试样的网篮从溶液中取出，放在烘箱中于 (105 ± 5) ℃烘 4h，至此，完成了第一次试验循环。待试样冷却至 20℃~25℃后，再按本款方法进

行第二次循环，从第二次循环开始，浸泡与烘干时间均为 4h，共循环 5 次。

4 最后一次循环后，用清洁的温水淋洗试样，直至淋洗试样后的水加入少量氯化钡溶液不出现白色浑浊为止，洗过的试样放在烘箱中于（105±5）℃烘干至恒重。待冷却至室温后，用孔径为试样粒级下限的筛过筛，称出各粒级试样试验后的筛余量，精确至 0.1g。

4.5.4 沙漠砂坚固性试验结果应按下列方法计算：

- 1 各粒级试样质量损失百分率按下式计算，精确至 0.1%。

$$P_i = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100 \quad (4.5.4-1)$$

式中： P_i ——各粒级试样质量损失率（%）；

G_1 ——各粒级试样试验前的质量（g）；

G_2 ——各粒级试样试验后的质量（g）。

- 2 试样的总质量损失百分率按下式计算，精确至 0.1%。

$$P = \frac{\partial_{0.3}P_{0.3} + \partial_{0.2}P_{0.2} + \partial_{0.15}P_{0.15} + \partial_{0.075}P_{0.075}}{\partial_{0.3} + \partial_{0.2} + \partial_{0.15} + \partial_{0.075}} \quad (4.5.4-2)$$

式中： P ——试样的总质量损失率（%）；

$P_{0.3}$ 、 $P_{0.2}$ 、 $P_{0.15}$ 、 $P_{0.075}$ ——各粒级质量损失百分率（%）；

$\partial_{0.3}$ 、 $\partial_{0.2}$ 、 $\partial_{0.15}$ 、 $\partial_{0.075}$ ——各粒级质量占试样（试样中大于 0.075mm，小于 0.60mm 的颗粒）总质量的百分率（%）。

- 3 用各试样的总质量损失率作为判定结果。

4.5.5 沙漠砂坚固性试验记录可按本规程附录 A 表 A.0.1 填写。

4.6 碱活性试验

I 岩相法

4.6.1 沙漠砂碱活性岩相法试验所用试剂、材料及器具应符合下列规定：

- 1 盐酸：浓度为 5%~10%。
- 2 茜素红 S 试剂：将 0.1g 茜素红 S 溶于 100ml 0.2% 的稀盐酸中。
- 3 折光率浸油、金刚砂、树脂胶或环氧树脂、载玻片、盖玻片以及酒精等。

4 套筛：方孔筛孔径分别为 0.15mm、0.20mm、0.30mm、0.60mm、0.70mm 和 1.18mm，并有筛底和筛盖。

5 电子天平：最大称量 100 kg，分度值 100 g 一台；最大称量 1kg，分度值 0.5 g 一台。

6 烘箱、切片机、磨片机、镶嵌机。

7 10 倍放大镜。

8 实体显微镜及附件。

9 偏光显微镜及附件。

10 地质锤。

4.6.2 沙漠砂碱活性岩相法的试验室温度应控制在 17°C~25°C。

4.6.3 沙漠砂碱活性岩相法试验应按下列步骤进行：

1 沙漠砂取样，应将沙漠砂样品用四分法缩减至 2kg 左右，并用水冲洗干净后置于 (105±5) °C 烘箱中烘干，冷却后按本规程第 4.3.2 条的规定进行筛分；岩相法试验所用沙漠砂各粒级的质量应符合表 4.6.3-1 的规定，计算各级沙漠砂分计筛余百分率，结果填入沙漠砂碱活性矿物分析统计表 4.6.3-2。

2 沙漠砂备样和鉴定，应将适量各级沙漠砂样品用树脂或环氧树脂胶结，铺在镶嵌机上压型，然后磨成薄片，在偏光显微镜下观察其矿物组成。若发现砂样中含有碱活性矿物，则在偏光显微镜下测定该级砂样中碱活性矿物的百分含量，并将结果填入沙漠砂碱活性矿物分析统计表 4.6.3-2 中。如果某些含碱活性矿物的样品量太少而影响计算精度时，应增大取样数量。

表 4.6.3-1 岩相法试验所用沙漠砂各粒级的质量

筛孔尺寸(mm)	0.075~0.15	0.15~0.20	0.20~0.30	0.30~0.70
质量(g)	50.0	100.0	100.0	50.0

表 4.6.3-2 沙漠砂碱活性矿物分析统计表

粒径范围(mm)	0.075~0.15	0.15~0.20	0.20~0.30	0.30~0.70
主要矿物成分				

碱活性矿物名称				
碱活性矿物的百分含量 (%)				
分计筛余百分率				
碱活性矿物占样品总重量的百分率 (%)				

4.6.4 沙漠砂碱活性岩相法试验结果应按下列方法处理：

1 应将各级沙漠砂样品中碱活性矿物的百分含量乘以该级样品的分计筛余百分率之后相加，即得沙漠砂样品碱活性矿物的百分含量。

2 沙漠砂样品中含有碱-硅酸反应活性矿物时，应按本规程 4.8.5 快速砂浆棒法对其碱活性进行检验。

II 快速砂浆棒法

4.6.5 快速砂浆棒法试验所用试剂和材料应符合下列规定：

1 浓度 1mol/L 的 NaOH 溶液：将 (40±1) g NaOH (化学纯) 溶于 1L 蒸馏水或去离子水中。

2 水泥：42.5 级 P·I 型硅酸盐水泥，其碱含量在 0.80% 以上，水泥净浆的膨胀率按本方法检测不超过 0.02%。水泥中的团块等物应用孔径为 1.18 mm 的筛筛除。

4.6.6 快速砂浆棒法试验所用器具应符合下列规定：

1 烘箱：温度控制在(105±5)°C。

2 天平：量程不小于 1000g，分度值不大于 0.1g。

3 方孔筛：0.075mm、0.15mm、0.60mm、0.70mm 及 1.18mm 的筛各一只；筛的底盘和盖各一只。

4 测长仪：量程 275mm~300mm，精度 0.01mm。

5 胶砂搅拌机为行星式搅拌机，应符合现行行业标准《行星式水泥胶砂搅拌机》JC/T 681 的要求，搅拌叶片底缘同搅拌锅底的间隙应为 3mm±1mm。

6 恒温水浴或烘箱：温度保持在(80±2)°C。

7 养护筒：由可耐碱长期腐蚀的材料制成，应不漏水，有密封盖，可装入 3 个试件，筒内设有试件架，可使试件直立于筒中，试件之间、试件与筒壁之间不接触。

8 试模和测头：规格为 25mm×25mm×280mm，试模两端正中有可埋入膨胀测头的小孔，膨胀测头用不锈钢制成，直径 5mm~7mm，长度 25mm。

9 游标卡尺或千分尺、干燥器、镋刀、浅盘、刷子等。

4.6.7 快速砂浆棒法试验环境条件应符合下列规定：

- 1 材料、成型室和养护室的温度应保持在 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 成型室、测长室的相对湿度不应小于 50%。
- 3 恒温养护箱或水浴温度应保持在 $(80\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

4.6.8 快速砂浆棒法试验试件制备应按下列步骤进行：

1 按本规程第 4.4 节的有关规定取样，并将沙漠砂试样缩分至约 5000g，用水淋洗干净，放在烘箱中于 $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重，待冷却至室温后，筛除大于 1.18mm 及小于 0.075mm 的颗粒，然后按本规程第 4.5 节的有关规定，将沙漠砂试样筛分成 0.075mm~0.15mm，0.15mm~0.70mm 两个粒级，分别存放在干燥器内备用。

2 将水泥、水和试样放入 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中恒温 24 h，其中水泥 400 g，精确至 0.1 g，水 188 mL，碱集料反应所用沙漠砂各粒级的质量应符合表 4.6.8 的规定，试样的总质量为 900 g，精确至 0.1 g。

表 4.6.8 碱集料反应所用沙漠砂各粒级的质量

筛孔尺寸 (mm)	0.075~0.15	0.15~0.70
质量 (g)	180	720
质量占比 (%)	20.0	80.0

3 按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 规定的程序搅拌试样砂浆。

4 在试模内侧涂上一层脱模剂，将测头仔细装入试模端头的中心孔内。将搅拌好的砂浆分两层装入试模内。第一层砂浆装入的深度约为试模高度的 2/3。先用小刀来回划匀胶砂，在测头两侧应多划几次，然后用捣棒在试模内顺序往返各捣压 20 次，测头周围应仔细捣实。接着再装入第二层胶砂。当第二层胶砂装满试模后，用小刀将第二层胶砂来回划匀，小刀的划入深度应透过第一层胶砂的表面。用捣棒再在胶砂表面往返各捣压 20 次。捣压完毕，将剩余胶砂填满试模，再将试件表面抹平、编号，并标明测定方向。每种骨料按本款方法制作 3 条试件。

5 配制试件养护液：称取 40.0g 氢氧化钠，溶于装有 900mL 蒸馏水的 1000mL 容量瓶中，再向瓶中滴加蒸馏水，使溶液体积达 1.0L，由此配得 1 mol/L 的氢氧化钠溶液。该溶液即为试件养护液。

6 试件预养护：将成型好的试件带模放入温度为 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 90%以上的标

准养护箱内养护(24±2)h。取出试模并小心脱模后，迅速将试件放入养护容器的试件架中。将预先加热至(80±2)°C的水倒入养护容器内将试件全部浸没，盖好养护容器盖，并将养护容器置于(80±2)°C的水浴或烘箱中放置(24±2)°C。

7 测长准备：测量前，测长仪应放置在(20±2)°C的恒温室内恒温 24 h。每次测量前，先应标定测长仪的零点。每个试件的初长读数应为将试件刚好放在测长仪相应位置上时的起始读数。

8 试件初长的测定：拧开养护容器盖，从养护容器中一次一个地取出试件，迅速用抹布将试件表面和测头表面擦干，并用测长仪测定试件的长度，此长度即为试件的初长。从水中取出试件到读完试件初长所经历的时间应控制在(15±5)s。每测完一个试件，均应用湿抹布将其盖好，直至全部试件初长测完为止。

9 试件的养护：将装有足量养护液的养护容器置于(80±2)°C的水浴或烘箱中，至养护容器中的养护液温度达到(80±2)°C时为止。将测完初长的试件竖直放入养护容器的试件架中，并使试件全部浸入养护液内。养护容器中养护液的体积与试件的体积比为(4±0.5):1。盖好盖且密封后，再次将养护容器放回到(80±2)°C的恒温水浴或烘箱中。同一养护容器中只能放置由同种骨料制成的试件。操作时应采取防止皮肤与养护液直接接触、养护液溢溅或烧伤皮肤的保护措施。

10 试件长度变化的测量：自试件放于 80 °C 养护液中算起，养护至龄期为 14d±2h 时，采用与测定试件初长相同的方法测定试件在该龄期时的长度，并应将试件与测长仪的相对位置调整为与测初长时相同的位置。同时，应仔细观察每一试件表面的变化情况，包括变形、裂缝、表面沉积物或渗出物等，并做好记录。

4.6.9 快速砂浆棒法试验结果应按下式计算：

$$\sum_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \quad (4.6.9)$$

式中： \sum_t ——试件在 14d 龄期的长度膨胀率（%），精确至 0.01%；

L_t ——试件在 14d 龄期的长度（mm）；

L_0 ——试件的初长（mm）；

Δ ——测头的长度（mm）。

4.6.10 快速砂浆棒法试验结果处理应符合以下规定：

1 当单个试件的长度膨胀率与同组 3 个试件长度膨胀率的算术平均值之差符合下

列情况之一时，取 3 个试件长度膨胀率的算术平均值作为试件长度膨胀率：

1) 当 3 个试件膨胀率的平均值小于或等于 0.05%时，单个试件长度膨胀率与平均值之差的绝对值均小于 0.01%；

2) 当平均值大于 0.05%时，单个试件长度膨胀率与平均值之差的绝对值均小于平均值的 20%。

2 当单个试件的长度膨胀率与 3 个试件长度膨胀率的算术平均值之差不符合本条第 1 款 1)、2) 项要求时，应去掉 3 个试件中的最小值，取剩余 2 个试件长度膨胀率的算术平均值作为该组试件的长度膨胀率。

4.6.11 当 14d 龄期试件的长度膨胀率小于 0.10%时，应将沙漠砂评定为非碱-硅酸反应活性骨料；否则，应将沙漠砂评定为碱-硅酸反应活性骨料。

4.6.12 快速砂浆棒法试验记录可按本规程附录 A 表 A.0.5 填写。

III 碱—骨料反应有效性试验

4.6.13 矿物掺合料和外加剂抑制碱-骨料反应有效性试验所用材料及设备应符合下列规定：

1 水泥：42.5 级 P·I 型硅酸盐水泥，碱含量为 0.80%；当试验水泥的碱含量小于 0.80%时，应外加氢氧化钠(化学纯或分析纯)，使水泥的碱含量达到 0.80%。

2 胶砂搅拌机：搅拌叶片底缘同搅拌锅底间的间隙应为 (5 ± 0.3) mm。

3 跳桌：跳动频次为 6s 跳动 10 次；比长仪量程 275mm~300mm，精度 0.01mm。

4 测头及试模：测头采用不锈钢或铜制成，端头呈球形，头身为圆柱体。试模为金属制成，可以拆卸，其内壁尺寸为 25mm×25mm×280mm。试模的两端板上开有安置测头的小孔，小孔的位置应保证测头在试件的中心线上。

5 恒温水浴或烘箱：能保持水浴温度为 (80 ± 2) °C。

6 方孔筛：0.075mm、0.15mm、0.60mm、0.70mm 及 1.18mm 的筛各一只；筛的底盘和盖各一只。

7 电子天平：一台量程不小于 1000g，分度值不大于 0.1g；一台量程不小于 500g，分度值不大于 0.01g。

8 捣棒：截面尺寸为 14mm×13mm、长度为 120mm~150mm 的钢制长方体。

9 刮平刀。

10 容量瓶：250mL、500mL、1000mL 的容量瓶各一只。

4.6.14 碱-骨料反应有效性试验室温度应为 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，有特别说明的除外；相对湿度应大于 50%。

4.6.15 碱-骨料反应有效性试验应按下列步骤进行：

1 取样：按现行国家标准《水泥取样方法》GB 12573 规定的取样方法，分别取得水泥和矿物掺合料样品各不少于 6kg，从与矿物掺合料对应的外加剂产品中取得具有代表性的外加剂样品不少于 0.5kg。当工程所用的细骨料具有碱-硅酸反应活性时，按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 规定的取样及缩分方法取得细骨料样品不少于 15kg。

2 沙漠砂预处理：先将沙漠砂中大于 1.18mm 的颗粒筛出，将 1.18mm 的以下的颗粒用清水冲洗干净，并置于 $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 3h~4h。将烘干的骨料进行筛分，并置于干燥器中备用。

3 称料：将水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料和拌合水(饮用水)等放入 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中恒温 24h。分别称取水泥、矿物掺合料和外加剂，共计 400g，精确至 0.1g，矿物掺合料和外加剂掺量按工程实际要求确定。按本规程表 4.8.8 规定的级配要求称取各级骨料，骨料的总质量为 900g，精确至 0.1g。用量筒量取拌合水，拌合水量以拌合物的跳桌流动度达到 105mm~120mm 时为准。跳桌的跳动次数为 10 次，频次为 10 次/6s。

4 搅拌：将称好的水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料和拌合水加入搅拌锅中，并按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO)》GB/T 17671 规定的程序进行搅拌。

5 按本规程第 4.8.8 条第 4 款的规定制作 3 条胶砂试件。当工程所用粗、细骨料均具有碱-硅酸反应活性时，应分别制作试件各一组。

6 试件养护液的配制：称取 40.00g 氢氧化钠，溶于装有 900mL 蒸馏水的 1000mL 容量瓶中，再向瓶中滴加蒸馏水，使溶液体积达 1.0L，由此配得 1mol/L 的氢氧化钠溶液，该溶液即为试件养护液。试件养护液的配制量应根据试件的数量及电子天平的量程确定。

7 按本规程第 4.6.8 条第 6 款的规定进行试件预养护。

8 按本规程第 4.6.8 条第 7 款、第 8 款的规定，进行测长准备和试件初长的测定。

9 按本规程第 4.6.8 条第 9 款的规定进行试件养护。

10 试件长度变化的测量：自试件放于 80°C 养护液中算起，养护至龄期为 3d、7d、

14d、21d、28d 时，采用与测定试件初长相同的方法测定试件在相应龄期时的长度，并应将试件与测长仪的相对位置调整为与测初长时相同的位置。与此同时，应仔细观察每一试件表面的变化情况，包括变形、裂缝，表面沉积物或渗出物等，并做好记录。

4.6.16 碱-骨料反应有效性试验结果应按下式计算：

$$\sum_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \quad (4.6.16)$$

式中： \sum_t ——试件在第 t 天龄期的长度膨胀率（%），精确至 0.01%；

L_t ——试件在第 t 天龄期的长度（mm）；

L_0 ——试件的初长（mm）；

Δ ——测头的长度（mm）。

4.6.17 碱-骨料反应有效性试验结果处理应符合本规程第 4.8.10 条的规定。

4.6.18 碱-骨料反应有效性试验结果评定应符合下列规定：

1 当工程所用的粗骨料具有碱-硅酸反应活性，且按碱-骨料反应有效性试验测定的试件 28d 龄期长度膨胀率小于 0.10%时，应评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱-硅酸反应的效能为有效。

2 当工程所用的细骨料具有碱-硅酸反应活性，且按碱-骨料反应有效性试验测定的试件 28d 龄期长度膨胀率小于 0.10%时，应评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱-硅酸反应的效能为有效。

3 当工程所用的粗、细骨料均具有碱-硅酸反应活性，且按碱-骨料反应有效性分别试验测定的试件 28d 龄期长度膨胀率均小于 0.10%时，应评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱-硅酸反应的效能为有效。

4.7 沙漠砂生产与运输

4.7.1 沙漠砂的生产应经相关部门批准，生产时应做好安全和环境保护工作。

4.7.2 沙漠砂采集地点应远离低凹水坑或小的湖泊，不得采集浸泡在水中的沙漠砂。

4.7.3 沙漠砂在开采和运输过程中应采取防止散落、飞尘的措施，不得往沙漠砂里注水。

4.7.4 沙漠砂在开采和运输过程中，其含水率不宜大于 1.0%。

4.8 验收与存放

4.8.1 沙漠砂进场验收时，可按同产地同规格分批验收，应以每 400m³ 或 600t 为一批，不足上述量者应按一验收批进行验收。沙漠砂的验收批除符合本规程要求外，尚应符合现行国家和行业标准要求。

4.8.2 当采用新产地的沙漠砂时，应按本规程第 4.1 节的有关规定进行检验。

4.8.3 沙漠砂质量试验报告内容应包括委托单位、样品产地、样品编号、工程名称、代表数量、检验依据、检验结果、结论等。沙漠砂试验记录可按本规程附录 A 表 A.0.1~A.0.4 填写，试验报告可按本规程附录 B 填写。

4.8.4 沙漠砂存放应符合下列要求：

- 1 沙漠砂存放料场地应进行硬化，并应设置排水坡，排水应通畅。
- 2 沙漠砂存放料场应设置防晒、防雨和防尘棚；冬期施工时，棚内应采取保温措施。
- 3 沙漠砂应按批分仓存放，标识清晰；不得与其他砂、石混堆。
- 4 进入沙漠砂存放料场的车辆，应进行清洗，去除泥污。

5 配合比设计与试验

5.1 一般规定

- 5.1.1 沙漠砂混凝土配合比设计应满足混凝土配制强度、拌合物性能、力学性能和耐久性能等设计要求和施工要求，并应遵循低水胶比、低砂率的原则。
- 5.1.2 沙漠砂混凝土配制强度等级为 C30 及以上时，宜使用颗粒级配符合 DS-I区要求的沙漠砂。
- 5.1.3 沙漠砂混凝土有抗裂性能要求时，应进行混凝土早期抗裂性试验和塑性收缩试验。
- 5.1.4 沙漠砂混凝土的最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合国家相关标准要求。
- 5.1.5 沙漠砂混凝土矿物掺合料的掺量应通过试验确定。钢筋混凝土和预应力混凝土中矿物掺合料最大掺量应符合国家相关标准的规定。
- 5.1.6 沙漠砂混凝土中所用外加剂的品种和掺量应根据混凝土强度等级、施工要求、运输时间、环境气温等因素通过试验确定，并应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。
- 5.1.7 当沙漠砂混凝土原材料的品种或质量有显著变化时，应重新进行混凝土配合比设计。

5.2 沙漠砂混凝土用其他材料

- 5.2.1 沙漠砂混凝土所用水泥宜选用通用硅酸盐水泥，其性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定；当采用其他品种水泥时，其性能应符合国家相关标准的规定。
- 5.2.2 沙漠砂混凝土所用矿物掺合料宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰和磷渣粉等，矿物掺合料可单独使用，亦可混合使用，各种掺合料性能应符合国家相关标准的规定。
- 5.2.3 沙漠砂混凝土所用粗骨料宜采用连续级配的碎石、卵石或碎卵石，当颗粒级配不符合要求时，可采取多级配组合的方式进行调整；其性能应符合国家相关标准的规定。

5.2.4 当沙漠砂与其他砂混合使用时，混合砂的性能应符合国家相关标准的规定。

5.2.5 沙漠砂混凝土外加剂宜采用高性能减水剂或高效减水剂，其性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

5.2.6 沙漠砂混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

5.3 沙漠砂混凝土配合比计算

5.3.1 沙漠砂混凝土的配制强度应按式（5.3.1）确定：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.3.1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，取混凝土的设计强度等级值（MPa）；

σ ——混凝土强度标准差（MPa）。

5.3.2 沙漠砂混凝土强度标准差应按下列规定确定：

1 当具有近 1 个月~3 个月的同一品种、同一强度等级沙漠砂混凝土的强度资料，且试件组数不小于 30 组时，其强度标准差 σ 应按式（5.3.2）计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n m_{fcu}^2}{n - 1}} \quad (5.3.2)$$

式中： σ ——混凝土强度标准差（MPa）；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度（MPa）；

m_{fcu} —— n 组试件的强度平均值（MPa）；

n ——试件组数。

2 强度等级不大于 C30 的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于 3.0MPa 时，应按式（5.3.2）计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于 3.0MPa 时，应取 3.0MPa。

3 强度等级大于 C30 且小于等于 C50 的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于 4.0MPa 时，应按式（5.3.2）计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于 4.0MPa 时，应取 4.0MPa。

4 当没有近期的同一品种、同一强度等级沙漠砂混凝土强度资料时，其强度标准差 σ 可按表 5.3.2 的规定取值。

表 5.3.2 强度标准差 σ 取值 (MPa)

混凝土强度标准值	$\leq C20$	C25~C45	C50
强度标准差 σ	4.0	5.0	6.0

5.3.3 沙漠砂混凝土的水胶比宜按式 (5.3.3) 计算:

$$W/B = \frac{\alpha_a f_b}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_b} \quad (5.3.3)$$

式中: W/B ——混凝土水胶比;

α_a 、 α_b ——回归系数, 按本规程第 5.3.4 条的规定取值;

f_b ——胶凝材料 28d 胶砂抗压强度 (MPa), 按本规程第 5.3.5 条的规定取值。

5.3.4 回归系数 (α_a 、 α_b) 取值应符合下列规定:

1 回归系数 (α_a 、 α_b) 应根据工程所使用的原材料, 通过试验建立的水胶比与混凝土强度关系来确定。

2 当不具备试验统计资料时, 回归系数 (α_a 、 α_b) 可按表 5.3.4 的规定取值。

表 5.3.4 回归系数 (α_a 、 α_b) 取值

骨料品种		碎石	卵石
回归系数	α_a	0.53	0.49
	α_b	0.20	0.13

5.3.5 胶凝材料 28d 胶砂抗压强度可按《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 的试验方法实测, 无实测值时, 可按式 (5.3.5) 计算:

$$f_b = \gamma_f \gamma_s f_{ce} \quad (5.3.5)$$

式中: f_b ——胶凝材料 28d 胶砂抗压强度 (MPa);

γ_f 、 γ_s ——分别为粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数, 由试验确定或按表 5.3.5 选用;

f_{ce} ——水泥 28d 胶砂抗压强度 (MPa), 按本规程第 5.3.6 条的规定取值。

表 5.3.5 粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数

掺量 (%)	粉煤灰影响系数 γ_f	粒化高炉矿渣粉影响系数 γ_s
0	1.00	1.00
10	0.85~0.95	1.00
20	0.75~0.85	0.95~1.00

30	0.65~0.75	0.90~1.00
40	0.55~0.65	0.80~0.90
50	—	0.70~0.85

注：1 采用I级、II级粉煤灰宜取上限值；

2 采用S75级粒化高炉矿渣粉宜取下限值，采用S95级粒化高炉矿渣粉宜取上限值，采用S105级粒化高炉矿渣粉可取上限值加0.05；

3 当超出表中的掺量时，粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数应经试验确定。

5.3.6 当水泥28d胶砂抗压强度无实测值时，可按式（5.3.6）计算：

$$f_{ce} = \gamma_c f_{ce,g} \quad (5.3.6)$$

式中： f_{ce} ——水泥28d胶砂抗压强度（MPa）；

γ_c ——水泥强度等级值的富余系数，可按实际统计资料确定；当缺乏实际统计资料时，可按表5.3.6选用；

$f_{ce,g}$ ——水泥强度等级值（MPa）。

表 5.3.6 水泥强度等级值的富余系数（ γ_c ）

水泥强度等级值	32.5	42.5	52.5
富余系数	1.12	1.10	1.10

5.3.7 用沙漠砂作为沙漠砂混凝土全部细骨料时，每立方米干硬性或塑性混凝土的用水量应符合下列规定：

1 根据施工要求的混凝土拌合物稠度、骨料品种和公称最大粒径确定每立方米混凝土的用水量。

2 用水量宜根据工程用材料按经验选用，无使用经验时，细骨料全部为沙漠砂时的混凝土用水量可按表5.3.7的规定选用。

表 5.3.7 细骨料全部为沙漠砂时的混凝土用水量（kg/m³）

拌合物稠度		卵石最大公称粒径（mm）				碎石最大公称粒径（mm）			
项目	指标	10.0	20.0	31.5	40.0	16.0	20.0	31.5	40.0
维勃稠度	10~30	145~165	140~155	135~140	130~140	180~190	175~185	170~180	165~170

(s)									
坍落度 (mm)	10~30	190~195	170~175	160~165	150~155	205~210	190~195	180~185	170~195
	35~50	195~200	175~180	165~170	155~165	210~215	195~205	190~200	185~205
	55~70	200~205	180~185	170~175	165~170	215~225	205~215	200~210	195~215
	75~90	205~215	185~195	175~185	170~180	225~245	215~235	210~230	205~225

注：当采用 DS-I区沙漠砂时，每立方米混凝土的用水量可增加 3kg~5kg；当采用 DS-II区沙漠砂时，每立方米混凝土的用水量可增加 5kg~10kg。

5.3.8 沙漠砂混凝土掺外加剂时，每立方米流动性或大流动性混凝土的用水量可按式（5.3.8）计算：

$$m_{w0} = m'_{w0}(1 - \beta) \quad (5.3.8)$$

式中： m_{w0} ——每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ）；

m'_{w0} ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ），以本规程表 5.3.7 中 90mm 坍落度的用水量为基础，按每增大 20mm 坍落度相应增加 $3\text{kg}/\text{m}^3 \sim 5\text{kg}/\text{m}^3$ 用水量来计算，当坍落度增大到 180mm 以上时，随坍落度相应增加的用水量可减少；

β ——外加剂的减水率（%），应经混凝土试验确定。

5.3.9 每立方米混凝土中外加剂用量应按式（5.3.9）计算：

$$m_{a0} = m_{b0}\beta_a \quad (5.3.9)$$

式中： m_{a0} ——每立方米混凝土中外加剂用量（ kg/m^3 ）；

m_{b0} ——每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ），按本规程第 5.3.10 条的规定取值；

β_a ——外加剂掺量（%），应经混凝土试验确定。

5.3.10 每立方米混凝土的胶凝材料用量应按式（5.3.10）计算，并应进行试拌调整，在满足拌合物性能要求的情况下，应取经济合理的胶凝材料用量。

$$m_{b0} = \frac{m_{w0}}{W/B} \quad (5.3.10)$$

式中： m_{b0} ——每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

m_{w0} ——每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ）；

W/B ——混凝土水胶比。

5.3.11 每立方米混凝土的矿物掺合料用量应按式（5.3.11）计算：

$$m_{f0} = m_{b0}\beta_f \quad (5.3.11)$$

式中： m_{f0} ——每立方米混凝土中矿物掺合料用量（ kg/m^3 ）；

β_f ——矿物掺合料掺量（%）。

5.3.12 每立方米混凝土的水泥用量应按式（5.3.12）计算：

$$m_{c0} = m_{b0} - m_{f0} \quad (5.3.12)$$

式中： m_{c0} ——每立方米混凝土中水泥用量（ kg/m^3 ）。

5.3.13 砂率应根据骨料的技术指标、混凝土拌合物性能和施工要求，按历史资料确定。

5.3.14 缺乏砂率的历史资料时，混凝土砂率的确定应符合下列规定：

- 1 坍落度小于 10mm 的混凝土，其砂率应经试验确定。
- 2 坍落度为 30mm~70mm 的混凝土，沙漠砂混凝土的砂率取值可按表 5.3.14 的规定确定。
- 3 坍落度大于 70mm 的混凝土，其砂率可经试验确定，也可在表 5.3.14 的基础上，按坍落度每增大或减小 20mm，砂率增大或减小 1% 的幅度予以调整。

表 5.3.14 沙漠砂混凝土的砂率取值（%）

水胶比	卵石最大公称粒径 (mm)				碎石最大公称粒径 (mm)			
	10.0	20.0	31.5	40.0	16.0	20.0	31.5	40.0
0.40	21~28	20~26	18~23	16~21	18~22	24~29	16~22	17~20
0.50	30~35	24~25	20~25	22~25	20~23	25~30	20~26	21~25
0.60	33~35	27~32	23~28	23~28	25~30	30~35	23~29	23~27
0.70	36~38	30~35	26~30	25~28	35~40	31~36	25~30	25~30

注：1 粗骨料空隙率偏下限时，砂率宜选下限值，当粗骨料孔隙率偏上限时，砂率宜选上限值；

2 当细骨料采用沙漠砂与其他砂（天然砂、机制砂）混合，且为中砂时，砂率按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定取值。

5.3.15 采用质量法计算混凝土配合比时，粗、细骨料用量应按式（5.3.15-1）计算：

砂率应按式（5.3.15-2）计算。

$$m_{f0} + m_{c0} + m_{g0} + m_{s0} + m_{w0} = m_{cp} \quad (5.3.15-1)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{g0} + m_{s0}} \times 100\% \quad (5.3.15-2)$$

式中： m_{g0} ——计算配合比每立方米混凝土的粗骨料用量（ kg/m^3 ）；

m_{s0} ——计算配合比每立方米混凝土的细骨料用量（ kg/m^3 ）；

β_s ——砂率（%）；

m_{cp} ——每立方米混凝土拌合物的假定质量（ kg/m^3 ），可取 $2350\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2450\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.3.16 采用体积法计算混凝土配合比时，砂率应按本规程公式（5.3.15-2）计算；粗、细骨料用量应按式（5.3.16）计算。

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{f0}}{\rho_f} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + 0.01\alpha = 1 \quad (5.3.16)$$

式中： ρ_c ——水泥密度（ kg/m^3 ），可取 $2900\text{kg}/\text{m}^3 \sim 3100\text{kg}/\text{m}^3$ ；

ρ_f ——矿物掺合料密度（ kg/m^3 ）；

ρ_g ——粗骨料的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_s ——细骨料的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_w ——水的密度（ kg/m^3 ），可取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ ；

α ——混凝土的含气量百分数，在不使用引气剂或引气型外加剂时， α 可取 1。

5.3.17 特殊混凝土配合比设计除应满足本规程第 5.3.1～5.3.14 条的要求外，还应根据特殊混凝土的性能要求进行设计。

5.4 配合比的试配、调整与确定

5.4.1 沙漠砂混凝土试拌应符合下列规定：

1 沙漠砂混凝土配合比试配应在计算配合比的基础上进行。试配时，计算配合比的水胶比宜保持不变，应调整配合比其他参数，修正计算配合比，提出试配配合比；混凝土试配拌合物性能应符合设计和施工要求。

2 试验室成型条件应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。

3 每盘混凝土试配的最小搅拌量应符合表 5.4.1 的规定，并不应小于搅拌机公称容量的 1/4 且不应大于搅拌机公称容量。

表 5.4.1 混凝土试配的最小搅拌量

粗骨料最大公称粒径 (mm)	拌合物数量 (L)
≤31.5	20
40.0	25

5.4.2 沙漠砂混凝土强度试验应在试拌配合比的基础上进行，并应符合下列规定：

1 应采用三个不同的配合比，其中一个应为按本规程第 5.3.3 的规定计算得到试拌配合比的水胶比，另外两个配合比的水胶比宜较试拌配合比的水胶比分别增加和减少 0.05，用水量应与试拌配合比相同，砂率可分别增加和减少 1%。

2 拌合物性能应符合设计和施工要求。

3 每个配合比应至少制作一组试件，并应标准养护 28d 或设计规定龄期时试压。

5.4.3 沙漠砂混凝土配合比调整应符合下列规定：

1 根据本规程第 5.4.2 条混凝土强度试验结果，宜绘制强度和水胶比的线性关系图或插值法，确定略大于配制强度对应的水胶比。

2 在试拌配合比的基础上，用水量和外加剂用量应根据确定的水胶比作调整。

3 胶凝材料用量应以用水量乘以确定的水胶比计算得出。

4 粗骨料和细骨料用量应根据用水量和胶凝材料用量进行调整。

5.4.4 沙漠砂混凝土拌合物表观密度和配合比校正系数的计算应符合下列规定：

1 配合比调整后的混凝土拌合物的表观密度应按下式计算：

$$\rho_{c,c} = m_c + m_f + m_g + m_s + m_w \quad (5.4.4-1)$$

式中： $\rho_{c,c}$ ——混凝土拌合物的表观密度计算值 (kg/m^3)；

m_c ——每立方米混凝土的水泥用量 (kg/m^3)；

m_f ——每立方米混凝土的矿物掺合料 (kg/m^3)；

m_g ——每立方米混凝土的粗骨料用量 (kg/m^3)；

m_s ——每立方米混凝土的细骨料用量 (kg/m^3)；

m_w ——每立方米混凝土的用水量 (kg/m^3)。

2 混凝土配合比校正系数应按下式计算：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (5.4.4-2)$$

式中： δ ——混凝土配合比校正系数；

$\rho_{c,t}$ ——混凝土拌合物表观密度实测值（ kg/m^3 ）；

$\rho_{c,c}$ ——混凝土拌合物的表观密度计算值（ kg/m^3 ）。

5.4.5 当混凝土拌合物表观密度实测值与计算值之差的绝对值不超过计算值的 2% 时，按本规程第 5.4.3 条调整的配合比可维持不变；当二者之差超过 2% 时，应将配合比中每项材料用量均乘以校正系数。

5.4.6 配合比调整后，混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量

环境条件	水溶性氯离子最大含量（%） （水泥用量的质量百分比）		
	钢筋混凝土	预应力混凝土	素混凝土
干燥环境	0.30	0.06	1.00
潮湿但不含氯离子的环境	0.20		
潮湿且含有氯离子环境、盐渍土环境	0.10		
除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境	0.06		

注：测试方法应符合现行标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 的规定。

5.4.7 对有耐久性设计要求的沙漠砂混凝土应进行相关耐久性试验验证。

6 沙漠砂混凝土技术性能

6.1 拌合物性能

6.1.1 沙漠砂混凝土拌合物应具有良好的粘聚性、保水性和流动性，不得离析或泌水。混凝土拌合物稠度允许偏差应符合表 6.1.1 的规定。

表 6.1.1 混凝土拌合物稠度允许偏差

坍落度 (mm)	设计值	≤ 40	50~90	≥ 100
	允许偏差	± 10	± 20	± 30
维勃稠度(s)	设计值	≥ 11	10~6	≤ 5
	允许偏差	± 3	± 2	± 1
扩展度 (mm)	设计值	≥ 350		
	允许偏差	± 30		

6.1.2 沙漠砂混凝土拌合物性能应满足设计和施工要求。

6.1.3 沙漠砂混凝土拌合物的坍落度经时损失不应影响混凝土施工。用于泵送的沙漠砂混凝土坍落度经时损失不宜大于 20mm/h。

6.1.4 沙漠砂混凝土拌合物的凝结时间应满足设计和施工要求。

6.1.5 当沙漠砂混凝土含气量超过规定值时，应采取掺加适量消泡剂或其他控制含气量的措施。混凝土用消泡剂质量应符合国家有关标准要求。

6.2 混凝土力学性能

6.2.1 沙漠砂混凝土力学性能试件的制作和养护应符合本规程第 6.2 节的有关要求。

6.2.2 沙漠砂混凝土的强度等级按立方体抗压强度标准值可划分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45 和 C50。

6.2.3 沙漠砂混凝土力学性能试验应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

6.3 长期性能和耐久性能

6.3.1 沙漠砂混凝土早期抗裂性能应符合设计及国家相关标准要求。

6.3.2 沙漠砂混凝土早期抗裂性能试验所用材料、装置和设备应符合下列规定：

1 试件：尺寸为 800mm×600mm×100mm 的平面薄板型试件，每组应至少 2 个试件。混凝土骨料最大公称粒径不应超过 31.5mm。

2 试验装置：混凝土早期抗裂性能试验装置（图 6.3.2）应采用钢制模具，并应符合下列要求：

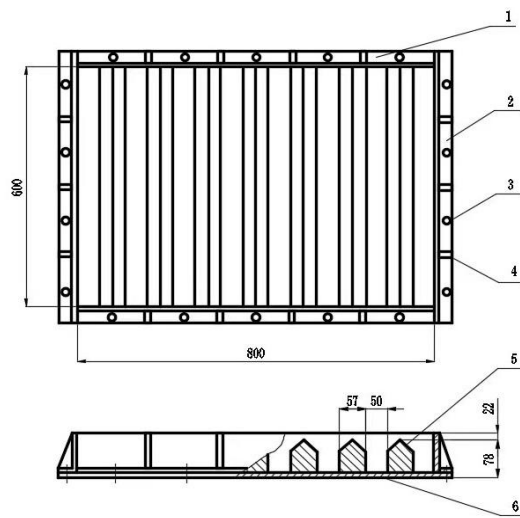


图 6.3.2 混凝土早期抗裂性能试验装置示意图

1—长侧板；2—短侧板；3—螺栓；4—加强肋；5—裂缝诱导器；6—底板

- 1) 模具的四边(长侧板和短侧板)宜采用槽钢或者角钢焊接而成，侧板厚度不应小于 5mm，模具四边与底板宜通过螺栓固定在一起。
- 2) 模具内应设有 7 个裂缝诱导器。裂缝诱导器可分别用 50mm×50mm、40mm×40mm 角钢与 5mm×50mm 钢板焊接组成，并应平行于模具短侧板。
- 3) 底板应采用不小于 5mm 厚的钢板，并应在底板表面铺设聚乙烯薄膜或者聚四氟乙烯片做隔离层。
- 4) 测试时模具应与试件连在一起。
- 3 风扇：风速应可调，并应满足试件表面中心处的风速不小于 5m/s。
- 4 温度计：精度不应低于±0.5℃，相对湿度计精度不应低于±1%，
- 5 风速计：精度不应低于±0.5m/s。

6 刻度放大镜：放大倍数不应小于 40 倍，分度值不应大于 0.01mm。

7 照明装置：可采用手电筒或者其他简易照明装置。

8 钢直尺：最小刻度应为 1mm。

6.3.3 沙漠砂混凝土早期抗裂性能试验室温度应为 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度应为 $(60\pm 5)\%$ 。

6.3.4 沙漠砂混凝土早期抗裂性能试验应按下列步骤进行：

1 将混凝土浇筑至模具内以后，应立即将混凝土摊平，且表面应比模具边框略高。可采用平板表面式振捣器或振捣棒插捣，不应过振和欠振。

2 振捣后，应采用抹子整平表面，并应使骨料不外露，表面平实。

3 在试件成型 30min 后，调节风扇位置和风速，使试件表面中心正上方 100mm 处风速为 $(5\pm 0.5)\text{m/s}$ ，并应使风向平行于试件表面和裂缝诱导器。

4 试验时间应从混凝土搅拌加水开始计算，应在 $(24\pm 0.5)\text{h}$ 测读裂缝。裂缝长度应采用钢直尺测量，并应取裂缝两端直线距离为裂缝长度。当一个刀口上有两条裂缝时，可将两条裂缝的长度相加，折算成一条裂缝。

5 采用刻度放大镜测量裂缝宽度和每条裂缝的最大宽度。

6 平均开裂面积、单位面积的裂缝数目和单位面积上的总开裂面积应根据混凝土浇筑 24h 测量得到裂缝数据来计算。

6.3.5 沙漠砂混凝土早期抗裂性能试验结果计算应符合下列规定：

1 每条裂缝的平均开裂面积应按下列式计算：

$$a = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (W_i \times L_i) \quad (6.4.5-1)$$

式中： a ——每条裂缝的平均开裂面积($\text{mm}^2/\text{条}$)，精确到 $1\text{mm}^2/\text{条}$ ；

W_i ——第 i 条裂缝的最大宽度(mm)，精确到 0.01mm；

L_i ——第 i 条裂缝的长度(mm)，精确到 1mm；

N ——总裂缝数目（条）。

2 单位面积的裂缝数目应按下列式计算：

$$b = \frac{N}{A} \quad (6.4.5-2)$$

式中： b ——单位面积的裂缝数目（条/ m^2 ），精确到 0.1 条/ m^2 ；

A ——平板的面积(m^2)，精确到小数点后两位。

3 单位面积上的总开裂面积应按下式计算：

$$c = a \cdot b \quad (6.4.5-3)$$

式中： c —单位面积上的总开裂面积 (mm^2/m^2)，精确到 $1\text{mm}^2/\text{m}^2$ 。

4 每组应分别以 2 个或多个试件的平均开裂面积(单位面积上的裂缝数目或单位面积上的总开裂面积)的算术平均值作为该组试件平均开裂面积(单位面积上的裂缝数目或单位面积上的总开裂面积)的测定值。

6.3.6 沙漠砂混凝土结构耐久性应符合设计及国家相关标准的要求，并应符合下列规定：

1 沙漠砂混凝土电通量测试龄期应为 56d，不同强度等级混凝土的电通量应符合表 6.3.6-1 的规定。

表 6.3.6-1 不同强度等级混凝土的电通量 (C)

混凝土强度等级	设计使用年限		
	100 年	60 年	30 年
<C30	<1500	<2000	<2500
C30~C45	<1200	<1500	<2000
\geq C50	<1000	<1200	<1500

2 氯盐环境下混凝土抗氯离子渗透性能应满足表 6.3.6-2 的要求。

表 6.3.6-2 氯盐环境下混凝土抗氯离子渗透性能

评价指标	环境作用等级	100 年	60 年
混凝土氯离子扩散系数 (56d) $D_{RCM} (\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s})$	L1	≤ 7	≤ 10
	L2	≤ 5	≤ 8
	L3	≤ 3	≤ 4

3 盐类结晶破坏环境下混凝土抗盐类结晶破坏性能应满足表 6.3.6-3 的要求，混凝土的气泡间距系数应小于 $300\mu\text{m}$ 。

表 6.3.6-3 盐类结晶破坏环境下混凝土抗盐类结晶破坏性能

评价指标	环境作用等级	100 年	60 年	30 年
56d 抗硫酸盐结晶破坏等级	Y1	\geq KS90	\geq KS60	\geq KS60
	Y2	\geq KS120	\geq KS90	\geq KS90
	Y3	\geq KS150	\geq KS120	\geq KS120
	Y4	\geq KS150	\geq KS120	\geq KS120

4 冻融破坏环境下混凝土的抗冻性能应满足表 6.3.6-4 的要求，混凝土

的抗冻等级应符合设计及国家相关标准要求；混凝土 56d 的气泡间距系数应小于 300 μm 。

表 6.3.6-4 冻融破坏环境下混凝土的抗冻性能

评价指标	环境作用等级	100 年	60 年	30 年
抗冻等级 (56d)	D1	$\geq F300$	$\geq F250$	$\geq F200$
	D2	$\geq F350$	$\geq F300$	$\geq F250$
	D3	$\geq F400$	$\geq F350$	$\geq F300$
	D4	$\geq F450$	$\geq F400$	$\geq F350$

7 混凝土生产与施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工单位在施工前，应根据设计要求、工程性质、结构特点和环境条件等，制定沙漠砂混凝土施工技术方案，并应做好各项准备工作。

7.1.2 沙漠砂混凝土的施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的有关规定；沙漠砂混凝土在具体工程中的施工应用可参见本规程附录 C。

7.1.3 沙漠砂混凝土生产和施工应制定安全、环境保护措施。

7.2 混凝土拌制与运输

7.2.1 沙漠砂混凝土生产宜采用强制式搅拌机拌和，混凝土的搅拌站（楼）应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171的规定，并应符合下列要求：

- 1 搅拌站(楼)理论生产率的测试结果应大于或等于理论生产率。
- 2 搅拌站(楼)应能根据用户的需要设定各种物料(粗、细骨料、水泥、水、外加剂等)的投入顺序、供给量和搅拌时间，连续式搅拌站(楼)除外，并满足搅拌站(楼)按设定程序正常运转。
- 3 卸料高度应根据运输工具的类型确定。用搅拌运输车运输时，卸料高度应不小于 3.8m。
- 4 混凝土用贮料斗、卸料槽或卸料皮带机应能防止混凝土分层离析。
- 5 搅拌站（楼）应能在作业温度 1℃~40℃、相对湿度不大于 90%、最大雪载 800Pa、最大风载 700Pa、海拔不大于 2000m 的环境下正常工作。

7.2.2 沙漠砂混凝土原材料计量应按施工配合比进行，原材料按质量计量允许偏差应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 原材料按质量计量允许偏差（%）

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料
每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±2

累计计量允许偏差	±1	±2	±1	±1	±1
----------	----	----	----	----	----

注：每车（罐）混凝土允许计量偏差是指每一车（罐）中，每种原材料的总用量相对于按施工配合比计算的总用量的偏差允许值。

7.2.3 在原材料计量过程中，应根据粗、细骨料含水量变化，调整水和粗、细骨料的用量。

7.2.4 粗、细骨料含水率检验应每工作班不少于1次；混凝土骨料含水率发生变化时，应检验含水率，并应根据检验结果调整施工配合比。

7.2.5 沙漠砂混凝土搅拌时间宜符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 沙漠砂混凝土搅拌时间 (s)

混凝土强度等级	施工工艺	搅拌时间
<C30	泵送	60~90
	非泵送	90~120
C30~C50	泵送	90~120
	非泵送	120~150

7.2.6 使用清洁过的搅拌机搅拌第一盘沙漠砂混凝土时，宜增加 10%水泥用量、10%砂用量和适量外加剂，并宜调整用水量，保持水胶比不变。

7.2.7 沙漠砂混凝土拌合物应搅拌均匀，同一盘混凝土的坍落度允许偏差应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 坍落度允许偏差

坍落度 (mm)	允许偏差 (mm)
10~40	±10
50~90	±20
≥100	±30

7.2.8 运输车装料前，搅拌罐内应无积水或积浆。

7.2.9 运输设备应根据环境条件采取保温或隔热措施。

7.2.10 在运输过程中，不得向沙漠砂混凝土拌合物的运输车内加水。

7.3 试件制作和养护

7.3.1 沙漠砂混凝土拌合物的取样与试样制备应符合下列规定：

1 同一组混凝土拌合物的取样应在同一盘混凝土或同一车混凝土中取样。取样数量应为试验所需量的 1.5 倍，且不少于 20L。

2 混凝土拌合物取样应具有代表性，并应采取多次取样的方法，宜在同一盘混凝土或同一车混凝土中的 1/4 处、1/2 处和 3/4 处分别取样，并搅拌均匀；第一次取样和最后一次取样时间间隔不宜超过 15min。

3 取样后宜在 5min 内开始各项性能试验。

4 取样后的混凝土拌合物应尽快成型。

5 制备混凝土拌合物试样时，应采取劳动防护措施。

7.3.2 沙漠砂混凝土检查试件成型前，应检查试模尺寸并应符合国家相关标准要求；然后将试模擦拭干净，在其内壁上涂刷一薄层矿物油或其他不与混凝土发生反应的隔离剂。试模内的矿物油或隔离剂应均匀分布，不应有明显沉积。

7.3.3 混凝土拌合物在入模前应保持其均匀性。

7.3.4 沙漠砂混凝土检查试件成型应根据拌合物的稠度或试验目的采用适宜的成型方法，并应符合下列规定：

1 采用振动台成型法时，应将混凝土拌合物一次性装入试模，使用混凝土拌合物高出试模上口。将试模应附着或固定在振动台上，振动应持续到表面出浆且无明显大气泡溢出为止，不得过振。

2 采用人工插捣法时，应将混凝土拌合物分两层装入模内，每层装料厚度应大致相等。插捣应按螺旋方向从边缘向中心均匀进行，在插捣底层混凝土时，捣棒应插到试模底部；插捣上层时，捣棒应贯穿插入下层 20mm~30mm；插捣时应保持捣棒垂直，不得倾斜，插捣后应用抹刀沿试模内壁插拔数次。插捣次数按每层 10000mm² 截面积内不少于 12 次。插捣完毕后用皮锤或木槌轻松敲击试模四周，直至插捣棒留下的空洞消失为止。

3 采用插入式振捣棒法时，应将混凝土拌合物一次性装入试模，使用混凝土拌合物高出试模上口。宜用直径为 $\phi 25\text{mm}$ 的插入式振捣棒；插入试模振捣时，振捣棒距试模底板宜为 10mm~20mm 且不得触及试模底板，振捣应持续到表面出浆且无明显大气泡溢出为止，不得过振；振捣时间宜为 20s；振捣拔出时应缓慢，拔出后不得留有孔洞。

4 自密实混凝土成型时，应将混凝土拌合物分两次装入试模，每层的装料厚度

宜相等，拌合物装入试模中间间隔 10s，混凝土应高出试模上口，用抹刀将试模上口混凝土抹平即可。

5 干硬性混凝土成型时，应按下列步骤进行：

1) 混凝土拌合完成后，应倒在不吸水的底板上，采用四分法取样装入铸铁或铸钢的试模。

2) 通过四分法将混合均匀的干硬性混凝土料装入试模约二分之一高度，用捣棒进行均匀插捣；插捣密实后，继续装料之前，试模上方应加上套模，第二次装料应略高于试模顶面，然后进行均匀插捣，混凝土顶面应略高出于试模顶面。

3) 插捣应按螺旋方向从边缘向中心均匀进行。

4) 在插捣底层混凝土时，捣棒应达到试模底部；插捣上层时，捣棒应贯穿上层后插入下层 10mm~20mm；插捣时捣棒应保持垂直。

5) 每层插捣完毕后，用平刀沿试模内壁插一遍。

6) 每层插捣次数在 10000mm²截面积内不得少于 12 次。

7) 装料插捣完毕后，将试模附着或固定在振动台上，并放置压重钢板和压重块或其他加压装置，应根据混凝土拌合物的稠度调整压重块的质量或加压装置的施加压力。

8) 开始振动，振动时间不宜少于混凝土的维勃稠度，且应表面泛浆为止。

7.3.5 沙漠砂混凝土检查试件成型后应刮除试模上口多余的混凝土，待混凝土临近初凝时，用抹刀沿着试模口抹平。试件表面与试模边缘的高度差不得超过 0.5mm。

7.3.6 沙漠砂混凝土检查试件应有明显和持久的标记，标记不应破坏试件。

7.3.7 沙漠砂混凝土检查试件的养护应符合下列规定：

1 试件成型抹面后应立即用塑料薄膜覆盖表面，或采取其他保持试件表面湿度的方法。

2 试件成型后应在温度为 (20±5)℃、相对湿度大于 50% 的室内静置 1d~2d，试件静置期间应避免受到振动和冲击，静置后编号标记、拆模，当试件有严重缺陷时，应按废弃处理。

3 试件拆模后应立即放入温度为 (20±2)℃、相对湿度为 95% 以上的标准养护室中养护，或在温度为 (20±2)℃ 的不流动氢氧化钙饱和溶液中养护。标准养护室内的试件应放在支架上，试件间隔应为 10mm~20mm，试件表面应保持潮湿，不得用

水直接冲淋试件。

4 试件的养护龄期可根据设计龄期或需要进行确定，龄期应从搅拌加水开始计时，养护龄期允许偏差宜符合表 6.2.7 的规定。

表 6.2.7 养护龄期允许偏差

养护龄期	1d	3d	7d	28d	56d 或 60 d	≥90d
允许偏差	±30min	±2h	±6h	±20h	±24h	±48h

7.3.8 结构实体沙漠砂混凝土同条件养护试件制作和养护应符合下列规定：

1 同条件养护试件的取样应具有代表性，同一强度等级同条件养护试件的留置组数应根据相关规定确定。

2 同条件养护试件应在混凝土浇筑地点取样。

3 同条件养护试件的标准成型方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定。

4 同条件养护试件拆模后，应放置在靠近相应结构或构件部位的适当位置，采取与结构或构件部位相同的养护方法，并应采取保护措施。

5 采用蒸汽养护的结构或构件，其试件应随结构或构件同条件养护至规定龄期。

7.3.9 同条件养护试件的等效养护龄期应符合下列规定：

1 同条件养护试件的等效养护龄期应根据同条件养护试件强度与标准养护条件下规定龄期试件强度相等的原则确定。

2 同条件养护试件的等效养护龄期，可根据结构或构件所处环境气温和养护条件试件试验龄期分别为 28d、56d；不计 0℃及以下的龄期，其同条件养护试件的逐日累计温度分别达到 600℃·d、1200℃·d 或达到设计龄期所对应的温度积。

3 等效养护龄期不应少于 14d。

4 冬期施工、蒸汽养护的混凝土结构或构件，其同条件养护试件的等效养护龄期应根据结构或构件的实际养护条件确定。

5 同条件养护试件的养护温度记录可按本规程附录 A 表 A.0.9 填写。

7.3.10 同条件养护试件的沙漠砂混凝土强度换算应符合下列要求：

1 同条件养护试件达到确定的等效养护龄期时，24h 内应完成抗压强度试验。

2 同条件养护试件的强度代表值应除以 0.88 后，按现行国家标准《混凝土强度

检验评定标准》GB 50107 或有关行业标准进行评定。

7.4 混凝土浇筑与成型

7.4.1 沙漠砂混凝土卸料时应符合以下规定：

1 卸料前应将罐车高速运转 10s~20s 后将混凝土拌合物卸出，不得出现离析或分层现象，混凝土的工作性能、含气量应符合设计要求及国家相关标准的规定。

2 当坍落度不满足浇筑要求时，可在运输车罐内加入适量减水剂进行调整，减水剂掺入混凝土拌合物后，罐车应高速旋转 30s 以上，确认拌和均匀后方可卸料。也可通过掺加同水胶比胶凝材料浆体的措施调整混凝土拌合物的坍落度，调整后的混凝土拌合物不得影响混凝土的整体性能，并应记录。

7.4.2 冬期施工时，沙漠砂混凝土入模温度不得低于 5℃，并应有保温措施。夏季施工时，混凝土入模温度不应高于 35℃，宜选择傍晚或夜间浇筑混凝土。现场气温高于 35℃时宜对金属模板进行洒水降温，模板内不应有积水，并应采取遮挡阳光照射金属模板或其他隔热措施。浇筑结构外露的混凝土，当风速大于 5m/s，宜采取挡风措施。

7.4.3 沙漠砂混凝土浇筑时，应在平面内均匀布料，不得用振捣棒赶料；并应满足混凝土的均匀性、密实性和整体性要求。

7.4.4 沙漠砂混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不应漏振、欠振、过振。

7.4.5 沙漠砂混凝土振捣应采用插入式振捣棒、平板振动器或附着振动器，必要时可采用人工辅助振捣。

7.4.6 沙漠砂混凝土采用插入式振捣棒振捣时，应符合下列规定：

1 应按分层浇筑厚度分别进行振捣，振捣棒的前端应插入前一层混凝土中，插入深度不应小于 50mm。

2 振捣棒应垂直于混凝土表面并快插慢拔均匀振捣；当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不再冒气泡时，可结束该部位振捣。

3 振捣棒与模板的距离不应大于振捣棒作用半径的 0.5 倍；振捣插点间距不应大于振捣棒作用半径的 1.4 倍。

4 沙漠砂混凝土振捣时间宜按拌合物稠度和振捣部位等情况，控制在 10s~30s

内，当混凝土拌合物表面出现泛浆，基本无气泡逸出，可视为捣实。

7.4.7 沙漠砂混凝土采用平板振动器振捣时，应符合下列规定：

- 1 平板振动器振捣应覆盖振捣平面边角。
- 2 平板振动器移动间距应覆盖已振实部分混凝土边缘。
- 3 倾斜表面振捣时，应由低处向高处进行振捣。

7.4.8 沙漠砂混凝土采用附着振动器振捣时，应符合下列规定：

- 1 附着振动器应与模板紧密连接，设置间距应通过试验确定。
- 2 附着振动器应根据混凝土浇筑高度和浇筑速度，依次从下往上振捣。
- 3 模板上同时使用多台附着振动器时，应交错设置在相对面的模板上，各振动器的频率应一致。

7.4.9 沙漠砂混凝土分层振捣的最大厚度应符合表 7.4.9 的规定。

表 7.4.9 沙漠砂混凝土分层振捣的最大厚度

振捣方法	混凝土分层振捣最大厚度
插入式振捣棒	振捣棒作用部分长度的 1.25 倍
平板振动器	200mm
附着振动器	根据设置方式，通过试验确定

7.4.10 特殊部位的混凝土振捣应符合下列要求：

- 1 宽度大于 0.3m 的预留洞底部区域应在洞口两侧进行振捣，并应适当延长振捣时间；宽度大于 0.8m 的洞口底部，宜制定专项振捣方法。
- 2 后浇带及施工缝边角处应加密振捣点，并应适当延长振捣时间。
- 3 钢筋密集区域或型钢与钢筋结合区域应选择小型振动棒辅助振捣，加密振捣点，并应适当延长振捣时间。
- 4 基础大体积混凝土浇筑流淌形成的坡顶和坡脚应及时振捣，不得漏振。

7.4.11 沙漠砂混凝土振捣密实后，在终凝以前应采用抹面机械或人工多次抹压，抹压后应采用保温保湿材料覆盖。

7.4.12 泵送沙漠砂混凝土输送管道的最小内径应符合表 7.4.12 的规定。混凝土输送泵的泵压应与混凝土拌合物特性和泵送高度相匹配，泵送混凝土的输送管道应支撑稳定，不应漏浆；冬期施工应采取保温措施，夏季施工现场最高气温超过 40℃时，应采取隔热措施。

表 7.4.12 泵送沙漠砂混凝土输送管道的最小内径(mm)

粗骨料最大公称粒径	输送管道最小内径
25	125
40	150

7.4.13 不同配合比或不同强度等级泵送沙漠砂混凝土在同一时间段交替浇筑时，输送管道中的混凝土不得混入其他不同配合比或不同强度等级混凝土。

7.4.14 当沙漠砂混凝土自由倾落高度大于 2.0m 时，宜采用串筒、溜管或振动溜管等辅助设备。

7.4.15 大体积沙漠砂混凝土宜采用分层浇筑方法，可利用自然流淌形成斜坡沿高度均匀上升，分层厚度不应大于 500mm。

7.4.16 清水混凝土浇筑，可设置多排插入式振动棒，应边浇筑混凝土边振捣，宜连续成型。

7.4.17 自密实沙漠砂混凝土浇筑布料点应结合拌合物特性选择适宜的间距，必要时可以通过试验确定混凝土布料点下料间距。

7.4.18 沙漠砂混凝土拌合物从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间宜符合表 7.4.18 的规定。

表 7.4.18 沙漠砂混凝土拌合物从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间(min)

混凝土生产地点	延续时间	
	气温 $T \leq 25^{\circ}\text{C}$	气温 $T > 25^{\circ}\text{C}$
预拌混凝土搅拌站	≤ 150	≤ 120
施工现场	≤ 120	≤ 90
混凝土制品厂	≤ 90	≤ 60

7.4.19 在沙漠砂混凝土浇筑同时，应制作供结构或构件出池、拆模、吊装、张拉、放张和强度评定用的同条件养护试件，并按设计要求制作抗冻、抗渗或其他性能试验用的试件。

7.4.20 在沙漠砂混凝土浇筑及静置过程中，应在混凝土终凝前对浇筑面进行抹面处理。

7.5 结构混凝土养护

7.5.1 沙漠砂混凝土养护措施应根据结构、构件情况、环境条件、原材料质量情况以及混凝土性能要求制定。

7.5.2 沙漠砂混凝土养护方式可采用覆盖养护、洒水养护、蒸汽养护、冬期蓄热养护等；难以覆盖养护时，可采用喷涂养护剂养护，其养护效果应通过试验验证。

7.5.3 平面结构的沙漠砂混凝土浇筑面，宜边浇筑成型边采用塑料薄膜覆盖保湿。

7.5.4 沙漠砂混凝土施工养护时间应符合下列规定：

1 采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制的沙漠砂混凝土，采用洒水和覆盖养护时间不得少于 7d。重要的梁、板等部位养护时间不得少于 14d。

2 采用粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥配制的沙漠砂混凝土，或掺加缓凝剂、大掺量矿物掺合料的沙漠砂混凝土，采用洒水和覆盖养护的养护时间不得少于 14d。

3 竖向结构的沙漠砂混凝土养护时间宜适当延长。

7.5.5 沙漠砂混凝土覆盖养护应符合下列要求：

1 覆盖养护宜在混凝土裸露表面覆盖塑料薄膜，或塑料薄膜加麻袋、塑料薄膜加草帘等覆盖物。

2 塑料薄膜应紧贴混凝土裸露表面，塑料薄膜内应保持有凝结水。

3 覆盖物应严密，其层数应按施工方案确定。

7.5.6 沙漠砂混凝土洒水养护应符合下列要求：

1 洒水养护宜在混凝土裸露表面覆盖土工布和棉褥，也可采用直接洒水、蓄水等养护方式；洒水养护应满足混凝土处于湿润状态。

2 当日最低温度低于 5℃时，不应采用洒水养护。

7.5.7 沙漠砂混凝土蒸汽养护应符合下列规定：

1 蒸汽养护应分为静停、升温、恒温和降温四个阶段，沙漠砂混凝土成型后静停环境温度应不低于 5℃，静停时间宜为 4 h~6 h，混凝土周围蒸汽的升、降温速度宜不大于 10℃/h，最高温度和恒温温度均宜不超过 65℃。

2 沙漠砂混凝土构件或制品在出池或撤除养护措施前，应测量构件表层温度，当表层与外界温差不大于 20℃时，方可使构件出池或撤除养护措施。

7.5.8 大体积沙漠砂混凝土养护过程中应进行温度控制，混凝土内部和表层的温差宜不大于 25℃，表层与外界温差宜不大于 20℃；保温层拆除时，混凝土表层与环境最大温差宜不大于 20℃。

7.5.9 冬期施工时，沙漠砂混凝土养护应符合下列规定：

- 1 日均气温低于 5℃时，不得采用洒水养护。
- 2 混凝土受冻前的强度不得低于 5MPa。
- 3 模板和保温层应在混凝土冷却到 5℃方可拆除，或在混凝土表面与外界温差
不大于 20℃时拆模，拆模后的混凝土应及时覆盖，缓慢冷却。
- 4 混凝土强度应达到设计强度等级的 50%，方可撤除养护措施。

7.5.10 沙漠砂混凝土拆模时，其强度应符合设计要求；当设计无要求时，不同构件拆模时混凝土强度应符合表 7.5.10 的规定。

表 7.5.10 不同构件拆模时混凝土强度 (MPa)

构件类型	构件跨度 (m)	达到设计的混凝土抗压强度 标准值的百分率 (%)
板	≤2	≥50
	>2, ≤8	≥75
	>8	≥100
梁、拱、壳	≤8	≥75
	>8	≥100
悬臂构件	—	≥100

7.5.11 沙漠砂混凝土侧模拆除时混凝土强度应能确保其表面、棱角不受损伤。

7.5.12 沙漠砂混凝土抗压强度达到 1.2MPa 前，不应承受行人、模板、支架及脚手架等荷载。

8 混凝土施工质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 沙漠砂混凝土施工质量控制应符合下列规定：

1 沙漠砂混凝土所用的原材料、构配件和设备，施工单位和监理单位应按本规程的规定进行进场检验，并形成记录。不合格的不得用于工程施工。

2 各工序应按设计文件要求和相关技术标准进行质量控制。每道工序完成后，施工单位应进行测试或检查，并形成记录；未经检查或经检查不合格的，不得进入下道工序施工。

3 隐蔽工程覆盖前应按照国家相关规定和本规程要求检查并形成记录，经监理工程师检查签认后方可进入下道工序施工。

- 8.1.2 沙漠砂混凝土施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行，参加施工质量验收的各方人员应具备相应的资格。
- 8.1.3 沙漠砂混凝土施工质量验收应包括实体质量检查、观感质量检查、质量控制资料检查等内容；观感质量应由验收人员现场检查，并共同确认。
- 8.1.4 沙漠砂混凝土检验批划分应符合相关专业验收标准的规定，未作规定时，可按浇筑段、浇筑部位或工程数量及规模大小划分。
- 8.1.5 沙漠砂混凝土检验批质量验收记录宜按本规程附录 D 表填写。
- 8.1.6 沙漠砂混凝土施工质量验收合格要求应符合相关专业验收标准的规定。
- 8.1.7 当制作沙漠砂混凝土的非标准尺寸试件时，应将其抗压强度乘以尺寸折算系数，折算成边长为 150mm 的标准尺寸试件抗压强度。尺寸折算系数应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定。
- 8.1.8 当沙漠砂混凝土试件强度评定不合格时，应委托具有资质的检测机构按国家现行有关标准的规定对结构构件中的混凝土强度进行检测推定。
- 8.1.9 沙漠砂混凝土有耐久性指标要求时，应按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定进行检验评定。
- 8.1.10 大批量、连续生产的同一配合比的沙漠砂混凝土，其生产单位应提供基本性能试验报告；性能试验报告可由混凝土生产单位试验室或第三方提供。
- 8.1.11 预拌沙漠砂混凝土的原材料质量、制备等应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

8.2 混凝土原材料

主控项目

8.2.1 沙漠砂混凝土所用水泥进场时，应对其品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等进行检查，并应对水泥的强度、安定性和凝结时间进行检验，检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级、同一批号且连续进场的袋装水泥每 200t 为一批，散装水泥每 500t 为一批，不足一批时按一批计；施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 20% 进行见证检验，且不少于一次。

检验方法：检查质量证明文件，按现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 规定的试验方法检验。

8.2.2 沙漠砂混凝土所用外加剂进场时，应对其品种、性能、出厂日期等进行检查，并应对外加剂的相关性能指标进行检验，检验结果应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一性能、同一批号且连续进场的混凝土外加剂，不超过 50t 为一批，施工单位每批抽样数量不应少于一次。监理单位按施工单位抽检次数的 20%进行见证检验，且不少于一次。

检验方法：检查质量证明文件，按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 规定的试验方法检验。

8.2.3 沙漠砂混凝土所用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、钢渣粉等矿物掺合料进场时，应对其品种、技术指标、出厂日期等进行检查，其性能应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736、《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 的规定。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一技术指标、同一批号且连续进场的矿物掺合料，粉煤灰和钢渣粉不超过 200t 为一批，粒化高炉矿渣粉和复合矿物掺合料不超过 500t 为一批，施工单位每批抽样数量不应少于一次；监理单位按施工单位抽检次数的 20%进行见证检验，且不少于一次。

检验方法：检查质量证明文件，按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736、《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 规定的试验方法检验。

8.2.4 沙漠砂混凝土原材料中的粗骨料质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

检验数量：连续进场的同料源、同品种、同规格的粗骨料每 600t 为一批，不足一批时按一批计。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，且不少于一次。

检验方法：按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

规定的试验方法检验。

8.2.5 沙漠砂作为混凝土细骨料，其质量应符合本规程第 4.1 节的有关规定。

检验数量：批量应符合本规程第 4.8.1 条的规定。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行平行检验，且不少于一次。

检验方法：按本规程第 4 章的有关试验方法检验。

8.2.6 沙漠砂混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

检验数量：施工单位同一水源的涨水季节检验一次，监理单位见证检验。

检验方法：按现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定试验方法检验。

8.3 混凝土施工

I 主控项目

8.3.1 沙漠砂混凝土应根据设计选定的配合比进行配合比试验。

检验数量：施工单位对同强度等级、同性能要求沙漠砂混凝土进行一次配合比选定试验。当原材料或施工工艺发生变化时，应重新进行配合比选定试验；监理单位按施工单位的检验数量全部检验。

检验方法：施工单位按本规程第 5 章的有关规定进行配合比选定试验，监理单位检查确认配合比选定报告。

8.3.2 沙漠砂混凝土拌合物出场前和施工过程中均应进行坍落度、含气量和温度的测定，其指标应符合本规程第 6 章、第 7 章的有关规定。

检验数量：施工单位每工班测试不少于一次，监理单位检验全部测试结果。

检验方法：按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 规定的试验方法检验。

8.3.3 沙漠砂混凝土浇筑位置、每层浇筑厚度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检验。

检验方法：观察、尺量。

8.3.4 沙漠砂混凝土施工缝的留设位置、尺寸和连接形式应符合设计要求。

检验数量：施工单位和监理全部检验。

检验方法：观察、尺量、仪器测量。

8.3.5 沙漠砂混凝土的强度等级必须符合设计要求。试件的取样、制作、养护及检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 的相关规定。

检验数量：施工单位按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 规定的数量和频次检验；监理单位按施工单位检验次数的 10% 平行检验，且不少于一次。

检验方法：按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定的试验方法检验。

8.3.6 有耐久性要求的沙漠砂混凝土，应在施工现场随机抽取试件检查耐久性能，其质量应符合设计要求和国家有关标准的规定。

检查数量：施工单位按同一工程、同一配合比的沙漠砂混凝土，取样不应少于一次，留置试件数量应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 和现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的规定；监理单位见证检验。

检查方法：按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 和现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T193 的规定试验方法检验。

8.3.7 沙漠砂混凝土结构表面的非受力裂缝宽度不应大于 0.2 mm，预应力混凝土结构预应力区域混凝土表面不应出现裂缝。

检验数量：施工单位、监理单位全部检验。

检验方法：观察、尺量或仪器测量。

8.3.8 沙漠砂混凝土现浇结构的外观质量不应有影响结构安全的缺陷，其外观质量应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全部检验。

检验方法：观察、检查处理记录。

II 一般项目

8.3.9 沙漠砂混凝土结构外形尺寸允许偏差和检验方法应符合相关专业技术条件、验收标准和设计要求，无相关要求时，应符合表 8.3.9 的规定。

表 8.3.9 结构外形尺寸允许偏差和检验方法

序号	检验项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	轴线位置 基础	20	每边尺寸不少于 2 处

		梁、柱、板、墙、拱	10	
2	表面平整度		8	2m 靠尺、塞尺测量不少于 3 处
3	高程	基础	±30	测量不少于 2 处
		梁、柱、板、墙、拱	±10	
4	垂直度		$h/1000$ ，且小于 20	吊线尺量
5	截面尺寸		+20 0	尺量不少于 3 处
6	预留孔洞	中心位置	15	尺量
		外露长度	+15 0	
7	预埋件	中心位置	5	尺量
		外露长度	+10 0	

检验数量：施工单位全部检验。

8.3.10 沙漠砂混凝土小型预制构件的结构尺寸允许偏差、外观质量、检验数量和检验方法，应符合相关专业验收标准的要求。

附录 A 试验记录表

表 A.0.1 沙漠砂试验记录（一）

试样编号	记录编号
样品产地	代表数量
规格种类	委托编号
委托日期	试验日期

(1) 云母含量											
烘干试样质量 m_0 (g)		挑出云母质量 m (g)				云母含量 ω_m (%)					
						$\omega_m = \frac{m}{m_0} \times 100$					
(2) 颗粒级配											
粒径 > 9.5mm 颗粒含量 (%)								样品质量 (g)			
样号	筛孔尺寸 (mm)	1.18	0.60	0.30	0.200	0.150	0.075	<0.075	损失质量 (%)	级配区	
										单值	平均值
1	筛余质量 (g)										
	分计筛余 (%)										
	累计筛余 (%)										
2	筛余质量 (g)										
	分计筛余 (%)										
	累计筛余 (%)										
(3) 坚固性指标											
试样公称粒径 (mm)	试验前试样干质量 m_i (g)	试验后试样干质量 m_i' (g)	各粒级试样占试样总质量百分率 α_i (%) $\alpha_i = (m_i / \sum_{i=1}^4 m_i) \times 100$			各粒级质量损失百分率 δ_{ji} (%) $\delta_{ji} = \frac{m_i - m_i'}{m_i} \times 100$			总质量损失率 δ_j (%) $P_2 = \frac{\partial_{0.3} P_{0.3} + \partial_{0.2} P_{0.2} + \partial_{0.15} P_{0.15} + \partial_{0.075} P_{0.075}}{\partial_{0.3} + \partial_{0.2} + \partial_{0.15} + \partial_{0.075}}$		
0.300~0.200											
0.200~0.150											
0.150~0.075											
附注:											

试验

计算

复核

表 A.0.2 沙漠砂试验记录 (二)

试样编号	记录编号
样品产地	代表数量
规格种类	委托编号
委托日期	试验日期

仪器设备 及 环境条件		仪器设备名称	型号	管理 编号	示值 范围	分辨力	温度 (°C)	相对湿度 (%)
样品状态描述						采用标准		
(4) 表观密度								
试验 次数	试样质 量 m_0 (g)	瓶+水+ 试样质量 m_1 (g)	瓶+水 质量 m_2 (g)	试验 水温 t (°C)	温度修 正系数 α_t	表观密度 ρ (kg/m ³)		
						$\rho = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} - \alpha_t \right) \times 1000$	平均值	
1								
2								
(5) 堆积密度								
试验次数	筒+砂质量 m_1 (g)	筒质量 m_2 (g)	筒容积 V (L)	堆积密度 ρ_1 (kg/m ³)				
				$\rho_1 = [(m_2 - m_1) / V] \times 1000$	平均值			
1								
2								
堆积空隙率 v_1 (%)		$v_1 = (1 - \rho_1 / \rho) \times 100 =$						
(6) 紧密密度								
试验次数	筒+砂质量 m_1 (g)	筒质量 m_2 (g)	筒容积 V (L)	紧密密度 ρ_0 (kg/m ³)				
				$\rho_0 = [(m_2 - m_1) / V] \times 1000$	平均值			
1								
2								
紧密空隙率 v_c (%)		$v_c = (1 - \rho_0 / \rho) \times 100 =$						
(7) 含泥量								
试验次数	试验前烘干试 样质量 m_0 (g)	试验后烘干试样质量 m_1 (g)	含泥量 ω_c (%)					
			$\omega_c = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100$	平均值				
1								
2								
(8) 泥块含量								
试验次数	试验前烘干试 样质量 m_0 (g)	试验后烘干试样质量 m_1 (g)	泥块含量 $\omega_{c,1}$ (%)					
			$\omega_{c,1} = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100$	平均值				
1								
2								
附注:								

试验

计算

复核

表 A.0.3 沙漠砂试验记录（三）

试样编号
样品产地
规格种类
委托日期

记录编号
代表数量
委托编号
试验日期

(9) 氯化物含量				
硝酸银标准溶液浓度 C_{AgNO_3} (mol/L)	样品滴定时消耗硝酸银标准溶液体积 V_1 (mL)	空白试验时消耗硝酸银标准溶液体积 V_2 (mL)	试样质量 m (g)	氯化物含量 ω_{Cl} (%)
				$\omega_{Cl} = \frac{C_{AgNO_3} (V_1 - V_2) \times 0.0355 \times 10}{m} \times 100$
(10) 含水率				
容器质量 m_1 (g)	烘干前试样+容器质量 m_2 (g)	烘干后试样+容器质量 m_3 (g)	含水率 ω_{wc} (%)	
			$\omega_{wc} = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$	平均值
(11) 吸水率				
容器质量 m_1 (g)	饱和面干试样质量 (g)	烘干试样+容器质量 m_2 (g)	吸水率 ω_{wa} (%)	
			$\omega_{wa} = \frac{500 - (m_2 - m_1)}{m_2 - m_1} \times 100$	平均值
	500			
	500			
(12) 三氧化硫含量				
粉磨试样质量 m (g)	坩埚质量 m_1 (g)	800°C灼烧 30min 后沉淀物+坩埚质量 m_2 (g)	三氧化硫含量 ω_{SO_3} (%)	
			$\omega_{SO_3} = \frac{(m_2 - m_1) \times 0.343}{m} \times 100$	平均值
附注:				

试验

计算

复核

表 A.0.4 沙漠砂试验记录（四）

试样编号

记录编号

样品产地

代表数量

规格种类

委托编号

委托日期

试验日期

（13）有机物含量判定					
试样数量 (mL)	加 3%NaOH 溶液时间	标准溶液配制时间	比较时间	比较结果	
（14）轻物质含量					
重液密度 (g/cm ³)	试验前试 样干质量 m_0 (g)	干轻物质 +器皿质 量 m_1 (g)	器皿质量 m_2 (g)	轻物质含量 ω_1 (%)	
				$\omega_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100$	平均值
附注：					

试验

计算

复核

表 A.0.6 沙漠砂混凝土拌合物出场质量验收记录

拌和站名称（章）：

编号：

拌和站名称								生产日期			
使用单位				使用部位				委托单编号			
规格型号				出机坍落度				出机含气量			
理论配合比编号								理论配合比审批时间			
材料名称		水泥	细骨料	粗骨料		水	外加剂			矿物掺合料	
厂家规格											
进场检验报告编号											
理论配合比	用量										
	质量比										
含水率											
施工配合比	用量										
	质量比										
拌和站检验结论		技术负责人：				验收结论			监理工程师：		
		年 月 日							年 月 日		

表 A.0.7 沙漠砂混凝土检查试件检验记录

拌和站名称（章）：

编号：

单位工程名称				分部工程名称				分项工程名称			
序号	制件日期	代表数量 (m ³)	龄期 (d)	试件试验检测结果 (设计/实测)					报告日期	报告编号	
				抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)	抗渗等级			

制表人： 年 月 日

试验室技术负责人： 年 月 日

附录 B 沙漠砂试验报告

表 B 沙漠砂试验报告

委托单位	报告编号
工程名称	委托编号
样品产地	记录编号
代表数量	报告日期

试验项目	标准规定值		试验结果		
表观密度 ρ (kg/m ³)					
堆积密度 ρ_1 (kg/m ³)					
堆积空隙率 v_1 (%)					
紧密密度 ρ_0 (kg/m ³)					
紧密空隙率 v_c (%)					
含泥量 ω_c (%)					
泥块含量 $\omega_{c,1}$ (%)					
云母含量 ω_m (%)					
坚固性指标 δ_j (%)					
氯化物含量 $\omega_{c,1}$ (%)					
含水率 ω_{wc} (%)					
吸水率 ω_{wa} (%)					
三氧化硫含量 ω_{so3} (%)					
有机物含量判定					
轻物质含量 ω_1 (%)					
颗粒级配					
项目	标准规定累计筛余值 (%)		试验结果		
筛孔尺寸 (mm)	DS-I区	DS-II区	累计筛余 (%)	级配区属	>9.50mm 颗粒含量 (%)
9.50	0	0			
1.18	5~0	5~0			
0.60	10~0	5~0			
0.30	50~5	10~0			
0.20	70~10	40~5			
0.15	85~70	85~40			
0.075	100~98	100~95			
检测评定依据:			试验结论:		

试验

复核

批准

单位(章)

附录 C 沙漠砂混凝土工程应用案例

C.0.1 沙漠砂混凝土原材料应符合下列要求：

1 水泥和粉煤灰应符合下列要求：

1) 水泥：P·O42.5，P·O52.5，各项技术指标符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

2) 粉煤灰：细度 9.4%，烧失量 4.5%，需水量比 91.0%，其他技术指标符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中Ⅱ级粉煤灰的要求。

2 细骨料应符合下列要求：

1) 天然河砂：细度模数为 2.7，含泥量 3.2%，泥块含量 0.2%。其他各项技术指标符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的要求。

2) 沙漠砂：陕西省榆林市靖边县毛乌素沙漠砂，颗粒级配为 DS-I，0.075mm 和 0.10mm 两级颗粒的分计筛余之和为 38%，含水率 0.2%，泥块含量 0.0%。其他各项技术指标符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的要求。

3) 机制砂：细度模数 3.3，亚甲蓝小于 1.4g/kg，泥块含量 0.0%，石粉含量 7%。其他各项技术指标符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的要求。

3 粗骨料应符合下列要求：

1) 宁夏吴忠市太阳山舍尔山的石灰岩碎石，压碎指标为 9.6%，针片状颗粒含量为 5.6%，含泥量为 0.6%，泥块含量为 0.2%。

2) 其他各项技术指标符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的要求。

4 外加剂应符合下列要求：

1) 减水剂：高性能减水剂减水率为 26.2%，其他技术指标符合《混凝土外加剂》GB 8076 中高性能减水剂的技术要求。

2) 速凝剂：无碱液体速凝剂，掺量 8.0%，其他技术指标符合现行国家标准《喷射混凝土用速凝剂》GB/T 35159 的要求。

5 拌合水应采用生活用水，水的 pH 值、不溶物、可溶物、氯离子、硫酸根等有害物质含量均符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的要求。

C.0.2 沙漠砂混凝土应用配合比设计应下列步骤进行：

1 沙漠砂混凝土配合比设计采用本规程第 C.0.1 条的规定的原材料。

2 在原配合比基础上利用毛乌素沙漠砂替代天然河砂，将配合比砂率、用水量、工作性进行重新设计并调整，胶凝材料用量不变。

C.0.3 沙漠砂喷射混凝土在隧道中的应用应符合下列要求：

1 隧道设计初期支护喷射混凝土强度等级为 C25，1d 强度不小于 10MPa，采用机械手湿喷工艺施工。隧道的标准横断面如图 C.0.3-1 所示。

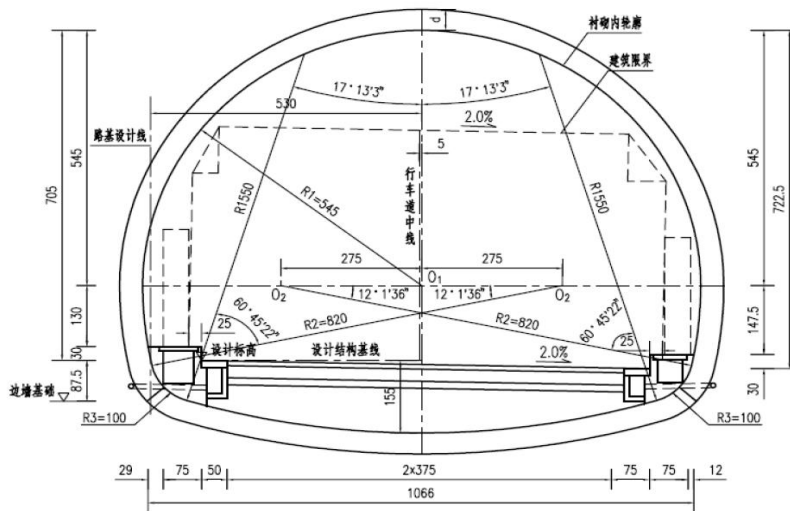


图 C.0.3-1 隧道标准横断面

2 沙漠砂混凝土配合比调整应符合下列要求：

1) 砂率：原配合比 53% 的砂率降低到 39%，降低了 14%。因砂子在混凝土中主要起到填充、包裹、润滑作用。根据试验研究成果，C25 沙漠砂喷射混凝土的砂率采用 35%~40% 为宜，所以，根据本工程混凝土原材料特性，选定砂率为 39%。

2) 用水量：原配合比用水量为 202kg/m³，主要因天然河砂中含有 3.2% 的泥和 0.2% 的泥块，这些因素导致混凝土用水量较大。沙漠砂颗粒虽然较细，但不含泥块，小于 0.075mm 的含量只有 0.7%，在保证各项指标满足设计要求的情况下，用水量只需要 187kg/m³。

3) 坍落度：沙漠砂混凝土的坍落度在保持与原配合比（100mm~120mm）设计宜一致的情况下，考虑运输距离及气温、空气的干湿度对坍落度损失的影响，将坍落度设计为 120mm~140mm，满足混凝土拌合物到达现场喷射工艺的要求。喷射 C25 混凝土配合比见表 C.0.3-1。

表 C.0.3-1 喷射 C25 混凝土配合比

河砂混凝土配合比 (kg/m ³)					配合比编号: TPB-2019-012				
水胶比	水泥	河砂	5mm~10mm 碎石	减水剂	速凝剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.44	459	895	794	5.51	36.72	202	100~120	53	2350
	1	1.95	1.73	0.012	0.08	0.44			
沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³)					配合比编号: TPB-2020-015				
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~10mm 碎石	减水剂	速凝剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.41	459	676	1078	2.30	27.54	187	120~140	39	2400
	1	1.47	2.35	0.005	0.06	0.41			

注: 河砂混凝土配合比为原施工配合比, 沙漠砂混凝土配合比为本工程施工应配合比。4)

粘聚性和保水性: 沙漠砂的比表面积比河砂大, 理论上单位用水量应该比河砂大, 但在高性能减水剂的作用下, 同时调整砂率, 用水量的增加可以忽略不计。经优化设计, 沙漠混凝土的容重比河砂混凝土容重略重, 其工作性保持良好状态。沙漠砂混凝土配合比试拌见图 C.0.3-2。



图 C.0.3-2 沙漠砂混凝土配合比试拌

3 喷射沙漠砂混凝土施工应按以下要求操作:

1) 喷射作业前应检查设备液压、气压系统, 将风压调至工作状态, 少量打入速凝剂试喷, 确认液体速凝剂管路畅通后开始喷射作业。

2) 喷射混凝土的机械手喷口与被喷面成 40°~60°, 距离超过 1.5m 左右, 初次喷射厚度控制在 5cm~8cm, 后续复喷宜控制在 5cm~10cm。喷射顺序应从开始端一个方向喷完后再从开始端进行喷射作业。宜从开始端喷射到收尾端的时间约在

5min~10min，这样速凝剂刚好达到终凝，可以减少大量的回弹。

3) 隧道内环境温度低于 10℃时，应对液体速凝剂加热至 10℃以上。混凝土卸入喷射机料斗内的温度不宜低于 10℃，若达不到要求温度时，可适当增加速凝剂掺量，宜控制在 0.5%~1.0%，无碱速凝剂总的掺量不宜超过水泥用量的 9.0%（有碱速凝剂总的掺量不宜超过水泥用量的 6.0%）。

4) 根据现场喷射操作过程的监测及操作手的反应，沙漠砂混凝土喷射时的回弹量要比原河砂混凝土低 20%~50%（由于存在超挖等原因，不能准确测量回弹量，操作手只是感觉沙漠砂混凝土要比河砂混凝土喷射的回弹量低）。沙漠砂混凝土喷射作业见图 C.0.3-3。



图 C.0.3-3 沙漠砂混凝土喷射作业

4 喷射沙漠砂混凝土施工过程质量控制应符合下列要求：

1) 混凝土搅拌：混凝土的搅拌必须采用自动计量强制式搅拌机拌和，集料计量误差必须保证在允许范围内，拌和时间与河砂、机制砂混凝土宜一致。沙漠砂的含水量应控制在 1%以内。

2) 运输：混凝土的运输设备应根据环境条件采取保温或隔热措施，严禁随意向装有混凝土拌合物的罐车内加水，当现场混凝土工作性不能满足要求时，可在事先准备好的减水剂按一定比例进行二次添加进行处理，严禁浪费混凝土。

5 隧道喷射混凝土质量检测应符合下列要求：

1) 喷射混凝土 1d 强度的检测（设计 1d 强度 $\geq 10\text{MPa}$ ）。在沙漠砂喷射混凝土施工完成 24h $\pm 1\text{h}$ ，采用射钉法检测喷射混凝土实体强度（图 C.0.3-4），检测结果为 13.6MPa，满足隧道喷射混凝土设计 1d 强度大于或等于 10MPa 的要求，同时通过现场喷射混凝土大板检测切割试件的 1d 强度为 14.1MPa，进一步验证了沙漠砂喷射混凝土实体强度满足设计要求。



图 C.0.3-4 射钉法检测沙漠砂喷射混凝土 1d 实体强度

2) 喷射混凝土 28d 强度的检测。第一座隧道为老黄土隧道, YK4+200~680 (右=480m)、ZK4+186~665 (左=479m), 全长 689m。施工段 YK4+432.5~487.5 (55m), 喷射混凝土共施工了 590m³, 抽取试件 6 组。第二座隧道 YK6+010~906 (右=896m)、ZK6+025~900 (左=875m), 全长 1771m。施工段 YK6+534.5~827.5 (293m), 喷射混凝土共施工了 3980m³, 抽取试件 40 组。第三座隧道 YK8+560~YK9+416 (右=856m)、ZK8+550~ZK9+436 (左=886m) 全长 1742m。施工段 YK8+712.5~YK9+356.5 (544m)、ZK8+818.5~ZK9+357.5 (539m) 喷射混凝土共施工了 11190m³, 抽取试件 114 组。3 座隧道共施工 C25 隧道喷射混凝土 15760m³, 抽取试件 160 组, 试件平均抗压强度 29.4MPa。按照《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1, 经采用非统计方法分析, 该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件, 评定为合格。

6 喷射混凝土隧道工作面的环境检测应符合下列要求:

1) 采用粉尘粒子计数器测定喷射混凝土工作面的 PM1.0、PM2.5 和 PM10 值。隧道工作面的环境检测见图 C.0.3-5。



(a) 湿喷作业

(b) 尘埃粒子计数器

图 C.0.3.5 隧道工作面环境检测

2) 混凝土喷射机喷嘴与粉尘粒子计数器之间的距离为 5m~8m (重复次数为 10 次), 并设置自动检测。同时, 对施工前和施工过程中工作面环境粉尘粒子数进行了检测。喷射混凝土达到稳定状态后, 记录 PM1.0、PM2.5 和 PM10 的电流读数。最后, 比较在不同隧道环境条件下, 沙漠砂喷射混凝土与普通喷射混凝土的粉尘颗粒物浓度的差异, 二者差值为喷射混凝土作业时的尘埃粒子值, 河砂与沙漠砂混凝土喷射时尘埃粒子测定值见表 C.0.3-2。

表 C.0.3-2 河砂与沙漠砂混凝土喷射时尘埃粒子测定值

测试项目	原河砂混凝土		沙漠砂混凝土		比原配合比降低 (%)
	喷射前	原配比	喷射前	沙漠砂	
PM1.0	214	358	195	318	15
差值	358-214=144		318-195=123		
PM2.5	474	1093	352	777	31
差值	1093-474=619		777-352=425		
PM10	689	1599	509	1162	46
差值	1599-689=1210		1162-509=653		
平均湿度	76.50%				

注: 1.以上对比为隧道现场各采集 100 次检测数据;

2.PM 值单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

C.0.4 沙漠砂混凝土在隧道二衬、仰拱填充工程中的应用应符合下列要求:

1 混凝土强度等级为 C15、C20、C30 (水下)、C30、C35、C50 (除隧道喷射混凝土外) 六个强度等级。其中 C15 混凝土主要用于隧道仰拱填充, C20 混凝土主要用于路基边坡防护 (护坡骨架), C30 水下不分散混凝土用于桥桩基混凝土灌注;

普通 C30 混凝土用于隧道二衬，C35 混凝土用于桥墩台身，C50 高性能混凝土用于预制箱梁。

2 工程应用情况应包括下列内容：

1) 隧道仰拱填充 C15 混凝土：水泥采用 P·O42.5，细骨料采用毛乌素沙漠砂，粗骨料采用 5mm~31.5mm 碎石，II 级粉煤灰，外加剂采用高性能减水剂，拌合用水为地下水，原材料符合本规程第 C.0.1 条的要求。隧道仰拱填充 C15 混凝土配合比见表 C.0.4。

表 C.0.4 C15 沙漠砂混凝土配合比

沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³)							配合比编号：TPB-2020-001		
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~31.5mm m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.58	239	831	1015	80	3.19	185	150~170	45	2350
	1	3.48	4.25	0.33	0.0133	0.77			

注：沙漠砂混凝土配合比为本工程施工应用配合比。

2) 该 C15 沙漠砂混凝土配合比用于隧道仰拱填充，共施工填充混凝土 26780m³，抽取试件 268 组，平均抗压强度为 20.1MPa。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1，经采用非统计方法分析，该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件，评定为合格。

C.0.5 沙漠砂混凝土 C20 在路基边坡防护工程中的应用应符合下列要求：

1 路基边坡防护 C20 混凝土所用水泥，采用 P·O42.5，细骨料采用毛乌素沙漠砂，粗骨料采用 5.0mm~31.5mm 碎石，II 级粉煤灰，外加剂采用高性能减水剂，拌合用水为地下水，原材料符合本规程第 C.0.1 条的要求。路基边坡防护 C20 沙漠砂混凝土配合比见表 C.0.5。

表 C.0.5 路基边坡防护 C20 沙漠砂混凝土配合比

沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³)							配合比编号：TPB-2020-002		
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~31.5mm m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.54	231	660	1267	77	3.08	165	140~160	34	2400
	1	2.86	5.48	0.33	0.0133	0.71			

注：沙漠砂混凝土配合比为本工程施工应用配合比。

2 该 C20 沙漠砂混凝土配合比用于路基边坡防护（护坡骨架、排水沟等）（图 C.0.5），共施工 C20 路基边坡护坡骨架混凝土 31240m³，抽取试件 320 组，平均抗压强度为 25.9MPa。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1，经采用非统计方法分析，该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件，评定为合格。



图 C.0.5 路基（K1+703~K8+560）边坡护坡骨架混凝土施工

C.0.6 沙漠砂混凝土 C20 在桥梁桩基（水下）工程中的应用应符合下列要求：

1 桥梁水下桩基 C30 混凝土，采用本规程第 C.0.1 条要求的原材料进行配合比设计。细骨料采用毛乌素沙漠砂，配合比采用纯沙漠砂、纯河砂、混合砂 1（沙漠砂+河砂）、混合砂 2（沙漠砂+机制砂）四种配比进行试验验证。粗骨料采用 5mm~31.5mm 碎石，配合比见表 C.0.6。经试配并用于实际工程施工，沙漠砂、混合砂混凝土的各项指标均满足设计要求。与天然河砂相比，C30 桩基水下不分散沙漠砂混凝土的砂率降低了 5%，混合砂基本与河砂相同。在实际应用中，无论纯沙漠砂还是混合砂，混凝土的单位用水量都是小于河砂。本案例应用的河砂含泥量为 2.2%，泥块含量 0.2%，用水量较大。

表 C.0.6 C30 桩基混凝土配合比

河砂混凝土配合比 (kg/m ³)							配合比编号: TPB-2018-001		
水胶比	水泥	河砂	5mm~31.5mm 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
042	322	730	1095	80	4.82	173	190~210	40	2400
	1	2.27	3.40	0.25	0.0150	0.54			

沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³)										配合比编号: TPB-2020-004	
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~31.5mm 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)		
0.40	318	644	1188	80	4.78	160	190~210	35	2390		
	1	2.03	3.74	0.25	0.0150	0.50					
混合砂 1 (沙漠砂+河砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³)										配合比编号: TPB-2020-012	
水胶比	水泥	混合砂 1	5mm~31.5mm 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)		
0.42	318	762	1053	80	4.78	167	190~210	42	2380		
	1	2.40	3.31	0.25	0.0150	0.53					
混合砂 2 (沙漠砂+机制砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³)										配合比编号: TPB-2020-008	
水胶比	水泥	混合砂 2	5mm~31.5mm 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)		
0.41	318	772	1067	80	4.78	163	190~210	42	2400		
	1	2.43	3.36	0.25	0.0150	0.51					

注: 河砂混凝土配合比为原施工用配合比, 沙漠砂和混合砂混凝土配合比为本工程应用配合比。

2 该 C30 桩基 (水下) 混凝土配合比使用里程为 K0+000~K10+679.886, 共施工 60 根 C30 桩, 施工混凝土 2100m³, 抽取试件 120 组, 平均抗压强度为 38.1MPa。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1, 经采用非统计方法分析, 该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件, 评定为合格。

C.0.7 沙漠砂混凝土 C30 在隧道衬砌混凝土工程中的应用应符合下列要求:

1 隧道衬砌 C30 混凝土采用本规程第 C.0.1 条要求的原材料进行配合比设计。配合比同样采用四种形式进行对比试验验证, C30 隧道衬砌混凝土与桩基水下混凝土砂率选择宜一致, 砂率相差 5%左右, 混合砂与河砂混凝土的砂率宜相同, 但对水胶比进行了适当调整。配合比见表 C.0.7。

表 C.0.7 C30 隧道衬砌混凝土配合比

河砂混凝土配合比 (kg/m ³)										配合比编号: TPB-2018-002	
水胶比	水泥	河砂	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)		

0.42	286	776	1117	71	4.28	150	160~180	41	2400
	1	2.71	3.91	0.25	0.0150	0.52			
沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-003									
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.42	286	663	1230	71	3.57	150	160~180	35	2400
	1	2.32	4.30	0.25	0.0125	0.52			
混合砂 1 (沙漠砂+河砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-011									
水胶比	水泥	混合砂 1	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.46	286	750	1136	71	3.57	165	160~180	40	2400
	1	2.62	3.97	0.25	0.0125	0.58			
混合砂 2 (沙漠砂+机制砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-007									
水胶比	水泥	混合砂 2	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.42	286	776	1117	71	3.57	150	160~180	41	2400
	1	2.71	3.91	0.25	0.0125	0.52			

注: 河砂混凝土配合比为原施工用配合比, 沙漠砂和混合砂混凝土配合比为本工程应用配合比。

2 该 C30 隧道衬砌混凝土配合比使用里程为 K0+511.176~K10+673.277, 共施工衬砌、仰拱混凝土 8450m³, 抽取试件 106 组, 平均抗压强度达到了 35.9MPa。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1, 经采用非统计方法分析, 该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件, 评定为合格。

C.0.8 沙漠砂混凝土 C35 在桥承台、墩身工程中的应用应符合下列要求:

1 C35 混凝土配合比同样采用四种形式进行对比试验验证, 配合比见表 C.0.8。C35 沙漠砂的砂率与河砂、混合砂相差约 8%左右, 混合砂与河砂的砂率选择宜相同。

表 C.0.8 桥承台、墩身 C35 混凝土配合比

河砂混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-001									
水胶比	水泥	河砂	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
039	342	765	1057	86	5.14	167	180~200	41	2417
	1	2.24	3.09	0.25	0.0150	0.49			
沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-005									
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.39	342	578	1238	86	5.14	166	180~200	32	2410
	1	1.69	3.62	0.25	0.0150	0.49			
混合砂 1 (沙漠砂+河砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-013									
水胶比	水泥	混合砂 1	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.38	342	723	1086	86	5.14	163	180~200	40	2400
	1	2.11	3.18	0.25	0.0150	0.48			
混合砂 2 (沙漠砂+机制砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³) 配合比编号: TPB-2020-009									
水胶比	水泥	混合砂 2	5mm~31.5m m 碎石	粉煤灰	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.39	342	752	1083	86	5.14	167	180~200	41	2430
	1	2.20	3.17	0.25	0.0150	0.49			

注: 河砂混凝土配合比为原施工用配合比, 沙漠砂和混合砂混凝土配合比为本工程应用配合比。

2 该桥的承台、墩身及盖梁混凝土使用里程为 K0+511.176~K10+673.277, 桥梁的承台 C35 混凝土浇筑了 1300m³, 抽取试件 32 组, 墩身及盖梁 C35 浇筑了 1400m³, 抽取试件 28 组。承台、墩身和盖梁合计浇筑混凝土 2700m³, 抽取试件 60 组, 平均抗压强度为 39.8MPa。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1, 经采用非统计方法分析, 该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件, 评定为合格。

C.0.9 沙漠砂混凝土 C50 在预应力箱梁工程中的应用应符合下列要求:

1 配合比设计：水泥采用 P·O52.5，粗骨料采用 5mm~20mm 连续级配，其他采用本规程第 C.0.1 条的原材料进行配合比设计。沙漠砂与混合砂在保证水灰比不变的情况下，调整砂率，经试配及现场应用得知，沙漠砂与河砂、混合砂的砂率相差 8%左右，预应力梁 C50 混凝土配合比见表 C.0.9。

表 C.0.9 预应力箱梁 C50 凝土配合比

河砂混凝土配合比 (kg/m ³)						配合比编号：TPB-2019-001		
水胶比	水泥	河砂	5mm~20mm 碎石	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.34	485	695	1135	5.82	165	180~200	38	2480
	1	1.43	2.34	0.012	0.34			
沙漠砂混凝土配合比 (kg/m ³)						配合比编号：TPB-2020-006		
水胶比	水泥	沙漠砂	5mm~20mm 碎石	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.31	479	543	1280	5.82	148	180~200	30	2450
	1	1.13	2.67	0.012	0.31			
混合砂 1 (沙漠砂+河砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³)						配合比编号：TPB-2020-014		
水胶比	水泥	混合砂 1	5mm~20mm 碎石	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.31	479	613	1189	6.71	149	180~200	34	2430
	1	1.28	2.48	0.014	0.31			
混合砂 2 (沙漠砂+机制砂=40%+60%) 混凝土配合比 (kg/m ³)						配合比编号：TPB-2020-010		
水胶比	水泥	混合砂 2	5mm~20mm 碎石	减水剂	水	坍落度 (mm)	砂率 (%)	表观密度 (kg/m ³)
0.31	477	690	1135	6.68	148	180~200	38	2400
	1	1.45	2.38	0.014	0.31			

注：河砂混凝土配合比为原施工用配合比，沙漠砂和混合砂混凝土配合比为本工程应用配合比。

2 沙漠砂混凝土施工：混凝土的搅拌应采用自动计量强制式搅拌机拌合，集料计量误差应保证在允许范围内。坍落度大于 160mm 的拌合时间与河砂、机制砂混凝土宜一致，坍落度 160mm~120mm 拌合时间不少于 120s，坍落度 120mm~

80mm 拌合时间不少于 150s，坍落度小于 80mm 拌合时间不少于 180s。沙漠砂混凝土运输设备应根据环境条件采取保温或隔热措施，严禁向装有混凝土拌合物的罐车内加水，当现场混凝土工作性不能满足要求时，可在事先准备好的减水剂按一定比例进行二次添加处理，但二次添加的减水剂量应严格控制，宜按原配合比减水剂掺量的基础上增加 0.1%~0.2%，不应过量添加。

3 混凝土应分层浇注并振捣密实，浇注厚度、振捣时间和振捣器间隔距离应根据结构实际情况确定。沙漠砂混凝土浇筑时，应在平面内均匀布料，禁止用振捣棒赶料。振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不应漏振、欠振、过振。

4 采用插入式振动棒时，振动棒的前端应插入前一层混凝土中，插入深度不应小于 50mm。振动棒应垂直于混凝土表面并快插慢拔均匀振捣，当混凝土表面无明显塌陷、有水泥浆出现、不再冒气泡时，可结束该部位振捣。振动棒与模板的距离不应大于振动棒作用半径的 0.5 倍；振捣插点间距不应大于振动棒的作用半径的 1.4 倍。箱梁模板上安装的附着振动器，启动附着振动器时，应根据混凝土浇筑高度和浇筑速度，依次从下往上振捣，一般浇注高度不宜超过 500mm 的高度应启动附着振动器一次，时间一般不少于 20s。梁体混凝土浇筑完毕后应立即覆盖养护，养护时间不少于 14d。沙漠砂混凝土养护环境应同时观测温度和湿度，当梁体内外温差超过 20℃时应进行保温。梁体沙漠砂混凝土保湿应采用塑料薄膜加麻袋等材料，塑料薄膜应包裹严密，不得有漏气现象。沙漠砂混凝土箱梁施工见图 C.0.9-1。



图 C.0.9-1 C50 预制箱梁混凝土施工

5 沙漠砂混凝土质量检验：本项目验证试验浇筑 20m 长 C50 预应力箱梁高性

能混凝土 80 片，其中纯河砂混凝土箱梁 5 片，试件平均抗压强度为 59.2MPa；60% 石灰岩机制砂+40%沙漠砂混凝土箱梁 5 片，试件平均抗压强度为 59.7MPa；纯沙漠砂混凝土箱梁 5 片，试件平均抗压强度为 58.1MPa；60%河砂+40%沙漠砂混凝土箱梁 65 片，试件平均抗压强度为 58.4MPa。共浇筑混凝土 1600m³，抽取试件共 320 组，平均抗压强度为 58.5MPa。

6 实测混凝土的平均电通量为 431C，满足不大于 1000C 的设计要求；300 次冻融循环后，相对动弹性模量为 94%，质量损失 0.6%，满足 F300 的抗冻性要求；实测静压弹性模量为 4.37×10^4 MPa，满足不小于 3.45×10^4 MPa 的设计要求。沙漠砂混凝土质量检验见图 C.0.9-2。



图 C.0.9-2 沙漠砂混凝土质量检验





图 C.0.9-3 C50 成品梁的静载试验

7 各抽取 1 片纯沙漠砂混凝土梁和混合砂混凝土箱梁进行静载试验（图 C.0.9-3），检测结果均符合设计要求，沙漠砂与纯河砂混凝土箱梁力学及耐久性能无差别。按照现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1，经采用非统计方法分析，该检验批混凝土检查试件强度满足标准规定的验收条件，评定合格。

附录 D 检验批质量验收记录

表 D 检验批质量验收记录

单位工程名称				
分部工程名称				
分项工程名称		验收部位		
施工单位		项目负责人		
施工质量验收标准名称及编号				
施工质量验收标准的规定		施工单位检查评定记录		监理单位验收记录
主控项目	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
一般项目	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
施工单位检查评定结果		专职质量检查员 年 月 日 分项工程技术负责人 年 月 日 分项工程负责人 年 月 日		
勘察设计单位现场确认情况 (需要时)		现场负责人		年 月 日
监理单位验收结论		监理工程师		年 月 日

用词说明

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用词：
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用词：
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用词，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注明日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171
- 《水泥取样方法》GB 12573
- 《建设用砂》GB/T 14684
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
- 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491
- 《普通混凝土用砂、石质量及验收方法标准》JGJ 52
- 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
- 《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270

《铁路混凝土》TB/T 3275

中国建筑材料协会标准

沙漠砂混凝土应用技术规程

T/CBMF XX—202X

T/CCPA XX—202X

条文说明

制定说明

《沙漠砂混凝土应用技术规程》（T/CBMF XX—202X/T/CCPA XX—202X），经中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会202X年X月XX日以第X号（总第XX号）公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组进行了广泛的调研、分析和论证，认真总结沙漠砂混凝土在高速公路、铁路等工程中的实际应用成果和经验，参考有关国家标准及相关科研成果，并在广泛征求意见的基础上编制而成。

为了便于广大工程建设与设计单位、施工单位及工程技术人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《沙漠砂混凝土应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供读者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总 则

1.0.1 目前，建设用天然砂资源日趋匮乏，开山采石加工机制砂或开挖河砂给环境带来的负面影响日益明显。为科学、合理利用沙漠砂资源，引导绿色、低碳环保混凝土技术发展，确保工程质量，促进建设工程可持续发展，制定本规程。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 由于沙漠砂颗粒较小，细度模数比特细砂还小（一般在 0.50 左右），没有含在 GB/T14684（天然砂包括根深叶茂砂、湖砂、山砂、净化处理的海砂，但不包括软质、风化的颗粒）天然砂范围内。沙漠砂是经自然风积而成的（俗称风积砂），同属天然砂。颗粒粒径范围在 0.075mm~0.70mm 之间。

3 基本规定

3.0.2 由于沙漠砂颗粒较细，与机制砂或其他砂按一定比例配合使用在同配合比的情况下水胶比、砂率可不需要大幅度的调整。

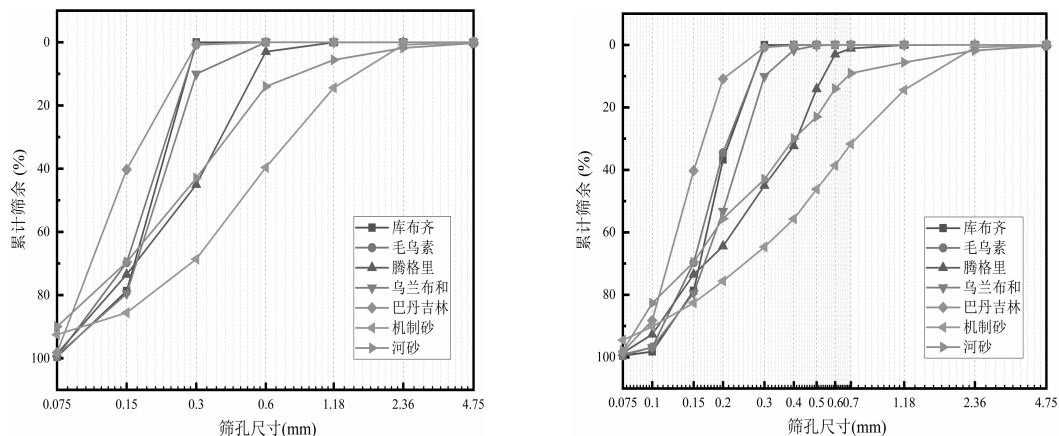
3.0.3 试验研究表明，沙漠砂可配制强度等级最高为 100MPa 的混凝土，但考虑到目前混凝土强度等级绝大多数在 C60 以下，高强度等级混凝土的应用存在一些具体操作困难，以及各地原材料质量差异和施工质量控制差异，为顺利推广沙漠砂混凝土应用，本规程规定沙漠砂混凝土配制强度不宜超过 C50，超过 C50 时应进行专项试验验证。

4 沙漠砂制备及试验

4.1 质量要求

4.1.1 沙漠砂颗粒主要集中在 0.075mm~0.30mm 范围之间，且 0.075mm、0.10mm、0.15mm、0.20mm 累计筛余在 90%以上。为便于区分沙漠砂的颗粒分布情况，将沙漠砂颗粒级配划分为两个级配区，即：DS- I 区和 DS- II 区（DS 代表“Desert Sand”）。另外，现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 标准规定 0.15mm 以下颗粒不参与评价砂子的颗粒分布，而沙漠砂颗粒粒径 0.075mm~0.15mm 的占比大（一般在 20%以上），且 0.075mm 筛余的颗粒经 EDS 能谱分析表明，与 0.15mm 以上颗粒的主要成分相同，都含石英、钾长石和钠长石，因此，本规程规定将沙漠砂 0.15mm 以下 0.075mm 以上筛余纳入颗粒分布评价。

4.1.2 对沙漠砂的试验研究结果表明，沙漠砂的颗粒粒径基本不大于 0.70mm。为更好地掌握沙漠砂的颗粒分布情况，筛分试验参照现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 标准，新增了 0.10mm、0.20mm 和 0.70mm 方孔筛，本规程将筛分试验用方孔筛规格规定为：1.18mm、0.70mm、0.60mm、0.30mm、0.20mm、0.15mm、0.10mm、0.075mm 筛各一只。将沙漠砂、天然砂及机制砂按照现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 规定的方法进行筛分，并根据各筛上的累计筛余率绘制了级配曲线，如图 4.1.2-1 所示，天然河砂和机制砂分布满足《建设用砂》GB/T 14684 中 2 区和 3 区的要求，而各沙漠砂颗粒级配均不在现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 标准的范围内。



说明图 4.1.2-1 标准筛筛分结果

说明图 4.1.2-2 自定义筛孔筛分结果

从图 4.1.2-1、4.1.2-2 可知，使用现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中的方孔筛进行筛分析试验无法区分不同沙漠砂颗粒级配情况。因此，在方孔筛 0.075mm~0.70mm 增加 0.10mm 和 0.20mm 方孔筛，试验前应过 1.18mm 的方孔筛除去大的颗粒和杂质。

4.1.3 沙漠砂含泥量较小，本条规定沙漠砂筛分时筛底的分计筛余不应大于 3%，是经过对国内大部分沙漠地区取样试验研究得出的结论，规定 DS-I 区和 DS-II 区沙漠砂小于 0.075mm 分计筛余分别不应大于 3%和小于 5%，严于现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中天然砂标准筛底的分计筛余不应大于 10%的要求。

4.1.7 当沙漠砂与天然砂配制成混合砂使用时需要重点控制的是含泥量，当沙漠砂与机制砂配制成混合砂使用时需要重点控制的是石粉含量和含泥量（亚甲蓝 MB 值）。

4.1.10 在人员活动频繁的住宅、办公楼、职工宿舍、医院、学校、幼儿园、车间等建筑物使用沙漠砂混凝土，应对沙漠砂进行放射性检测。

4.2 取样与缩分

4.2.1 取样时应铲除表层 5cm~10cm 厚、0.5m² 以上的面积，取深度约 30cm~50cm 处的样品。清除表层的目的是防止表层砂受污染，影响样品的检测结果。

4.2.2 沙漠砂检验不合格需加倍取样的数量，应根据检验的不合格项进行加倍取样，除筛分外。

4.2.3 本规程规定沙漠砂最少取样质量，筛分析试验等样品比现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 规定的天然砂样品数量略少。是因沙漠砂颗粒较小，但规定的每组样品的数量是试验量的四倍，经四分法缩分后满足试验所需量的要求。同时规定了当做多项试验时，若能确保样品经一项试验后不至于影响另一项试验结果，可用同一组样品做多项不同的试验。

4.2.5 现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 样品的缩分方法是在潮湿状态下进行，其目的是防止细颗粒产生离析，有利于平行试验的准确性。沙漠砂天然含水量较低

($<1.0\%$)，基本处于干燥状态，再因沙漠砂颗粒较为集中，且 0.075mm 颗粒也较少，不易产生离析现象。实践证明，沙漠砂样品含水量 $<1.0\%$ 或干燥状下的缩分不影响试验结果。

4.3 筛分析试验

4.3.2 筛分析试验的进行步骤

1 恒重是指在相邻两次称量间隔不小于 3h 的情况下，前后两次质量之差不大于该试验所要求的称量精度（后文与之相同）。

2 沙漠砂的颗粒较细，且颗粒集中在 0.10mm 、 0.15mm 、 0.20mm 筛上，专题研究中通过筛分对比试验，若试样为 500g ，则筛分时间需要延长至 15min 才能达到充分筛分的目的，而采用 300g 试样只需 10min 就能达到较好的筛分试验结果。因此，本规程规定筛分试样为 300g 。

4.3.4 沙漠砂的颗粒基本在 0.70mm 及以下，试验前先将试样过 1.18mm 的方孔筛，其主要目的是将杂草等杂质去除。

4.4 饱和面干吸水率试验

4.4.4 沙漠砂饱和面干吸水率试验方法，依据现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中吸水率试验方法，通过沙漠砂与河砂（中砂）的对比试验，沙漠砂堆积形状图与河砂堆积形状图存在显著差异，本规程以图 4.6.2 作为沙漠砂饱和面干吸水率堆积形状判断沙漠砂饱和面干吸水状态。

4.5 坚固性试验

4.5.5 依据现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中坚固性试验的硫酸钠溶液法对五种具有代表性的沙漠砂样品的坚固性进行试验。但由于沙漠砂的颗粒较细，级配落入 $0.15\text{mm}\sim 0.30\text{mm}$ 粒径范围较多，与标准试样粒径不符，因而将样品按照 $0.075\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$ 、 $0.15\text{mm}\sim 0.20\text{mm}$ 、 $0.20\text{mm}\sim 0.30\text{mm}$ 、 $0.30\text{mm}\sim 0.70\text{mm}$ 、 $0.70\text{mm}\sim 1.18\text{mm}$ 、 $1.18\text{mm}\sim 2.36\text{mm}$ 和 $2.36\text{mm}\sim 4.75\text{mm}$ 筛分成不同粒径范围分

别测试。在试验中，也根据特殊粒径要求，重新定制了特殊孔径大小的网篮用以盛放浸泡样品。出于对比的需要，天然砂和机制砂也采用了相同的粒径范围进行试验。

4.6 碱活性试验

II 快速砂浆棒法

4.6.8 快速砂浆棒法试验试件制备的进行步骤：

8 从养护容器中一次一个地取出试件，是指只有当一个养护容器中的全部试件的长度都测完了并重新放入水浴或烘箱中之后才能再取出下一个养护容器的试件进行试验。

4.7 沙漠砂生产与运输

4.7.1 大规模采集沙漠砂应按有关规定向国家或所在地办理相关开采手续，经审核批准后方可开采。生产采集做好安全防护措施，注意做好季节性沙尘暴、大风及雷雨天气对人身和设备财产的安全。沙漠砂的生产采集不得违反相关环境保护的规定，人员及设备不得破坏作业地周围的林草植被。在沙漠里工作和生活所产生的垃圾，不得随意乱扔，应按规定分类储存，集中到垃圾处理场所进行无害化处理。

4.7.2 沙漠里的低凹地带，在降雨时积聚成水坑或小的湖泊，这种积水是不流动的，雨水蒸发一部分后，局部区域含盐量增高，有机质含量增多，会对混凝土产生不利影响，应避免在水坑或小湖泊采集沙漠砂，同时避免采集浸泡在水中的沙漠砂。因此，本规程限定了沙漠砂的采集地点。

4.7.3 由于沙漠砂基本处于干燥状态，在运输过程中容易出现散落和飞尘等现象，无论是采用汽车运输还是火车运输都需采取一定的防散落和防扬尘措施，严禁向运输设备内的沙漠砂洒水或浇水防散落和防尘。

4.7.4 本规程规定沙漠砂在开采和运输过程中的含水量不宜超过 1%的主要目的是确保拌和混凝土时的正常配料。实践证明，沙漠砂含水量超过 1%时，因水表面张力使沙漠砂颗粒结团，拌和机配料困难，需要人工辅助方可完成沙漠砂配料计量。

4.8 验收与存放

4.8.1 同产地主要指沙漠砂的具体生产地，不能代表整个沙漠。本条参照现行国家行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 砂的检验组批规则，制定沙漠砂组批验收规则。

4.8.4 沙漠砂存放应符合的要求：

4 沙漠砂存放地采用混凝土进行硬化，存放料棚要设置防晒、防雨和防尘措施。排水系统要设计合理的坡度，不应有积水现象。进入堆放沙漠砂的料棚和混凝土搅拌站通道，宜在一定距离范围内设置自动清洗设备，冲洗进入场地车辆外部泥土及污物。根据环境条件，拌和设备 and 料仓应具备材料保温条件，以保证冬期混凝土施工所需的浇筑温度。

5 配合比设计与试验

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土配合比设计应在满足配制强度和施工性能的前提下，兼顾其他力学性能、长期性能和耐久性能的要求。

5.1.2 本规程第 4.1.1 条和 4.1.2 条对沙漠砂的颗粒级配分区进行了规定，DS- I 区相较于 DS- II 区细颗粒更少，比表面积更小，用于配制混凝土时包覆细集料所需的浆体少，有利于降低混凝土开裂的风险。

5.1.3 沙漠砂混凝土因早期收缩变形大而易产生微裂缝，为保证沙漠砂混凝土的质量，合理控制沙漠砂混凝土砂率和水胶比是防止混凝土早期开裂的重要手段。

5.1.4 控制最大水胶比是保证沙漠砂混凝土耐久性能的重要手段，而水胶比又是混凝土配合比设计的首要参数，相关标准对最大水胶比作了规定，如现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 对不同环境的混凝土最大水胶比作了详细规定。沙漠砂比表面积大，保证强度和拌合物工作性能的条件下，其单位体积胶凝材料用量较大，但过高胶凝材料用量将导致拌合物粘度增大，硬化混凝土收缩增大，开裂风险提高，因此要加以限制。

5.1.5 为了保证沙漠砂混凝土的耐久性能，本条规定了矿物掺合料的最大掺量应满足相关标准的规定，矿物掺合料在沙漠砂混凝土中的实际掺量应结合设计要求通过试验确定。

5.1.6 由于外加剂的种类、混凝土用胶凝材料的组分及沙漠砂的特性会导致外加剂与混凝土原材料的相容性能有所差异，因此，用于沙漠砂混凝土的外加剂应通过试验确定。

5.1.7 原材料质量发生显著变化是指诸如水泥强度等级、水泥品种、矿物掺合料、外加剂等发生明显变化。

5.2 沙漠砂混凝土用其他材料

5.2.3 当粗骨料级配处于级配区间中值时，有利于混凝土技术性能的控制。因此，当采用多级配组合时，组合后的级配应尽量处于相关标准要求的中间值。

5.2.6 沙漠砂混凝土用水泥、矿物掺合料、粗骨料、外加剂、拌合水与天然河砂、机制砂等人工砂混凝土技术要求一样，本规程未详细说明，以相应的标准提出要求为准。

5.3 沙漠砂混凝土配合比计算

5.3.1 混凝土配合比设计需要确定配制强度，配制强度应大于或等于混凝土设计标准值加 1.645 倍的标准差（ 1.645σ ）。主要考虑混凝土原材料变化差异、计量、搅拌、运输、浇筑和养护的过程中混凝土强度的损失。因此，在混凝土设计强度标准值的基础上加上 1.645σ ，就可确保混凝土强度的保证率不低于 95%。

5.3.2 沙漠砂混凝土强度标准差规定：

4 在目前的生产技术水平下，表 5.3.2 中沙漠砂混凝土的强度标准差与目前实际控制水平的标准差相比较偏于安全，同时可与天然砂和人工砂配制的混凝土保持一致。

5.3.6 混凝土的抗压强度与水胶比直接相关，而细集料影响程度相对较小，因此，在试验验证的基础上，5.3.3 条至 5.3.6 条中的回归系数、掺合料的影响系数、水泥的富余系数均引用了现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，与天然砂和人工砂配制的混凝土保持一致。

5.3.7 表 5.3.7 中是沙漠砂为全部细骨料，且未掺加外加剂的混凝土用水量，系经过多组试验和工程应用验证的综合结果。

5.3.8 沙漠砂混凝土可以掺加外加剂，掺加外加剂后的用水量可在表 5.3.7 的基础上通过试验进行调整。本条中的外加剂是指具有减水功能的外加剂。

5.3.12 式 5.3.10~5.3.12 的胶凝材料用量、水泥用量、矿物掺合料用量是计算得出的，应在试配过程中调整验证。

5.3.14 表 5.3.14 沙漠砂为全部细骨料的混凝土砂率，是经试验和工程应用验证的结果。但砂率对混凝土拌合物性能影响较大，按表 5.3.14 选取的砂率为初步选取参考结果，需要在试配过程中调整后确定合理砂率。在试配过程中，建议 C30 及以上沙漠砂混凝土与河砂、机制砂混凝土的砂率相比降低 8%~10%；C30 以下沙漠砂混凝土与河砂、机制砂混凝土的砂率相比降低 3%~5%。

5.3.16 在实际工程中，沙漠砂混凝土配合比设计通常采用质量法，也允许采用体积法，可视具体技术需要选用。与质量法比较，体积法需要测试水泥和矿物掺合料的密度以及骨料的表观密度等，对技术条件要求略高。

5.3.17 特殊混凝土是指抗渗混凝土、抗冻混凝土、高强混凝土、泵送混凝土和大体积混凝土，配合比设计方法可参考现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

5.4 配合比的试配、调整与确定

5.4.1 沙漠砂混凝土试拌应符合的规定：

1 在试配过程中，首先进行试拌，调整混凝土拌合物工作性能。在试拌调整过程中，在计算配合比的基础上，保持水胶比不变，尽量采用较少的胶凝材料用量，以节约胶凝材料为原则，通过调整外加剂用量和砂率，使混凝土拌合物坍落度及和易性等性能满足施工要求，提出试拌配合比。

3 如果搅拌量太小，由于混凝土拌合物浆体粘锅等因素影响浆体质量不足等原因，拌合物的代表性不足。

5.4.2 沙漠砂混凝土强度试验应在试拌配合比的基础上进行，并应符合的规定：

3 调整好混凝土拌合物并形成试拌配合比后，即开始混凝土强度试验。无论是计算配合比还是试拌配合比，都不能保证混凝土配制强度满足要求，混凝土强度试验的目的是通过三个不同水胶比的配合比的比较，取得能够满足配制强度要求的、胶凝材料用量经济合理的配合比。由于混凝土强度试验是在混凝土拌合物调整适宜后进行，所以强度试验采用三个不同水胶比的配合比的混凝土拌合物性能应维持不变，即维持用水量不变，增加和减少胶凝材料用量，并相应减少和增加砂率，外加剂掺

量也作减少和增加的微调。

5.4.3 沙漠砂混凝土配合比调整应符合的规定：

4 通过绘制强度和水胶比关系图，或采用插值法，选用略大于配制强度的强度对应的水胶比作进一步配合比调整偏于安全。也可以直接采用前述 3 个水胶比混凝土强度试验中一个满足配制强度的水胶比作进一步配合比调整，虽然相对比较简明，但有时可能强度富余较多，经济代价略高。

5.4.5 混凝土配合比是指每立方米混凝土中各种材料的用量。在配合比计算、混凝土试配和配合比调整过程中，每立方米混凝土的各种原材料混合成的混凝土可能不足或超过 1m^3 ，即通常所说的亏方或盈方，通过配合比校正，可使依据配合比计算的混凝土生产方量更为准确。

5.4.7 在确定设计配合比前，应对设计规定的混凝土耐久性能进行试验验证，例如设计规定的抗水渗透、抗氯离子渗透、抗冻、抗碳化和抗硫酸盐侵蚀等耐久性能要求，以保证混凝土质量满足设计规定的性能要求。

6 沙漠砂混凝土技术性能

6.1 拌合物性能

6.1.3 用于泵送的沙漠砂混凝土坍落度经时损失不宜大于 20mm/h，严于现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076 规定的泵送混凝土坍落度经时损失不大于 80mm/h 的规定，泵送混凝土坍落度经时损失达 80mm/h 是无法施工的。混凝土坍落度经时损失大小，主要决定于胶凝材料与减水剂的适应性（也叫匹配性），其次是骨料的含泥量和温度的影响，当然减水剂自身的稳定性也是影响混凝土坍落度的一个不可忽视的问题。混凝土受材料和环境温度等变化的影响，现场实际施工的混凝土坍落度损失远高于室内试验时的损失值。本规程规定用于泵送的沙漠砂混凝土坍落度经时损失不宜大于 20mm/h，主要指的是在室内环境条件下的坍落度经时损失。

6.1.5 对于 C50 及以下混凝土，当水胶比相同时，沙漠砂混凝土的砂率变化对含气量影响不显著，混凝土的含气量在±0.5%范围内波动。而随着沙漠砂混凝土的砂率的增大，混凝土的含气量逐渐增大，且强度等级越高，增幅越明显。原因是较细的沙漠砂颗粒有利于气泡的稳定。因此，在实际工程应用中，为保证沙漠砂混凝土含气量满足设计要求，采用沙漠砂配制高强混凝土时需采用掺加适量的消泡剂等措施控制混凝土拌合物含气量。

混凝土消泡剂主要包括：第一代消泡剂主要有矿物油、脂肪族等有机消泡剂；第二代消泡剂是聚醚类消泡剂，这类消泡剂是以 C-O-C 为主链的聚合物，如聚氧乙烯、聚氧丙烯等；第三代消泡剂主要为有机硅类消泡剂；第四代消泡剂为有机硅改性聚醚消泡剂，一部分以 Si-O-Si 为助力结构，另一部分以 C-O-C 为主链结构。混凝土用消泡剂试验方法按现行行业协会标准《混凝土用消泡剂消抑泡性能的测试方法》T/CSTM 00089 执行。

6.3 长期性能和耐久性能

6.3.6 沙漠砂混凝土结构耐久性应符合设计及国家相关标准的要求，并应符合的规定：

4 沙漠砂混凝土结构耐久性设计使用年限参照铁路行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB10005-2010, 国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB50476-2019 中的耐久性设计年限为 30 年、50 年和 100 年, 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018 中的设计使用年限为 5 年、25 年、50 年和 100 年, 因此, 行业标准高于国家标准。沙漠砂虽然颗粒较细, 但含泥量较低, 0.075mm~0.15mm 的占比大, 基本在 20%以上, 且 0.075mm 筛余的颗粒经 EDS 能谱分析表明, 与 0.075mm 以上颗粒的主要成分相同, 都含石英、钾长石和钠长石, 也同 0.15mm 以上颗粒的主要成分相同, 没有蒙脱土、伊利土和高岭土等对混凝土有害的物质。这部分细颗粒可以在混凝土中起填充料的作用, 使混凝土更密实, 抗渗透性能及抗盐类结晶破坏性能更强。沙漠砂混凝土含气量比其他砂混凝土的含气量略大, 对冻融破坏环境下混凝土的抗冻性能更优。

7 混凝土生产与施工

7.3 试件制作和养护

7.3.8 同条件养护试件的取样宜均匀分布于同一工程施工周期内，同一强度等级的同条件养护试件，其留置组数应按相关规定根据混凝土工程量和重要性确定，一般情况下不宜少于 5 组，对于一次性浇筑量较小的混凝土结构或构件可适当减少留置的组数，但不宜少于 2 组。

7.3.9 同条件养护试件的等效养护龄期应符合的规定：

- 1 同条件养护试件的等效养护龄期需要根据同条件养护试件强度与标准养护条件下 28d、56d 龄期试件强度相等的原则确定。
- 2 同条件养护试件的日平均温度逐日累计达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 、 $1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 前后，其强度发展趋于稳定，考虑现场实际操作，可以按日平均温度逐日累计达到 $(580\sim 620^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 、 $1180\sim 1220^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$ 时所对应的龄期进行试验。等效养护龄期不应小于 14d，原标准规定了养护龄期的上限不大于 60d 和 120d，这对于寒冷地区是不合理的，故取消养护龄期上限的限制，按达到养护等效龄期温度 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 、 $1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 来控制。

7.3.10 本规程同条件养护试件的强度代表值的评定参照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204，同条件养护试件的强度代表值除以 0.88 系数，对混凝土同条件养护试件强度的评判，更科学更加合理，减少误判和错判。

7.4 混凝土浇筑与成型

7.4.2 夏季保湿养护：可采取给沙漠砂混凝土表面覆盖遮阳布或者定时洒水等降温措施，但水温与混凝土表层温度相差不宜大于 15°C 。冬期保温保湿养护：沙漠砂混凝土可采用封闭养护措施，如：表面包裹一层塑料薄膜，并将塑料薄膜严密封好，不得有漏气现象，然后覆盖干棉被、麻袋草席等。

7.5 结构混凝土养护

7.5.8 混凝土表层温度指混凝土结构构件表面以内 40mm~ 80mm 位置处的温度，混凝土内部温度指混凝土结构构件内部的温度。

8 混凝土施工质量验收

8.1 一般规定

8.1.7 当采用非标准尺寸试件将其抗压强度折算为标准尺寸试件抗压强度时，折算系数需要通过试验确定，在现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 中规定了试验的最小试件数量，有利于提高折算系数的准确性。

8.1.9 依据现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193，可以评定混凝土的抗冻等级、抗冻标号、抗渗等级、抗硫酸盐等级、抗氯离子渗透性能等级、抗碳化性能等级以及早期抗裂性能等级等有关耐久性指标，这些指标同样适用于沙漠砂混凝土。

8.1.10 根据现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080、《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081、《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082，混凝土的基本性能主要包括稠度、凝结时间、坍落度经时损失、泌水与压力泌水、表观密度、含气量、抗压强度、轴心抗压强度、静力受压弹性模量、劈裂抗拉强度、抗折强度、抗冻性能、动弹性模量、抗水渗透、抗氯离子渗透、收缩性能、早期抗裂、受压徐变、碳化性能、混凝土中钢筋锈蚀、抗压疲劳变形、抗硫酸盐侵蚀和碱-骨料反应等，这些指标同样适用于沙漠砂混凝土。本条要求的大批量、连续生产是指同一工程项目、同一配合比的混凝土生产量为 2000m³ 以上时，混凝土浇筑前，其生产单位应提供稠度、凝结时间、坍落度经时损失、泌水、表观密度等性能试验报告；当设计有要求，应按设计要求提供其他性能。

8.3 混凝土施工

I 主控项目

8.3.5 沙漠砂混凝土的强度是确保混凝土结构安全、使用功能和耐久性能最关键的技术指标，其强度等级必须符合设计要求。沙漠砂混凝土强度试验的试件取样、制作、养护及检验，应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 的相关规定进行，客观、真实反映沙漠砂混凝土强度等级。