

# 深圳市住房和建设局文件

深建标〔2022〕3号

## 深圳市住房和建设局关于发布 《超高层建筑混凝土技术规程》的通知

各有关单位：

现批准《超高层建筑混凝土技术规程》为深圳市工程建设地方标准，编号为 SJG 108-2022，自 2022 年 3 月 1 日起实施。

本标准在深圳市住房和建设局官方网站公开。

特此通知。

深圳市住房和建设局

2022年2月18日



深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 108 - 2022

# 超高层建筑混凝土技术规程

Technical specification for concrete used in super  
high-rise building

2022-02-18 发布

2022-03-01 实施

深圳市住房和城乡建设局 发布

深圳市工程建设地方标准

超高层建筑混凝土技术规程

Technical specification for concrete used in super  
high-rise building

**SJG 108 - 2022**

2022 深 圳

## 前 言

根据《深圳市住房和建设局关于发布2019年深圳市工程建设标准制订修订计划项目的通知》（深建设〔2019〕40号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，结合深圳市的实际，并在广泛征求意见的基础上制订了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 原材料；5. 混凝土性能；6. 混凝土配合比设计；7. 生产控制与运输；8. 混凝土超高泵送；9. 混凝土浇筑与养护；10. 质量检验。

本规程由深圳市住房和建设局提出并归口管理，由深圳市工程建设标准化技术委员会组织深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心等编制单位负责技术内容的解释。本规程在实施的过程中，请各单位注意总结经验，随时将有关意见和建议反馈给深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心（地址：深圳市南山区铁二路工程质量大厦，邮政编码：518000），以供今后修订时参考。

本 规 程 主 编 单 位：深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心  
深圳市安托山混凝土有限公司

本 规 程 参 编 单 位：中国建筑一局（集团）有限公司  
深圳市建筑工程质量安全监督总站  
深圳市宝安区住房和建设事务中心  
深圳大学  
哈尔滨工业大学（深圳）  
深圳市建筑科学研究院股份有限公司  
悉地国际设计顾问（深圳）有限公司  
深圳市天地混凝土有限公司  
深圳市高源源混凝土有限公司  
上海麦斯特建工高科技建筑化工有限公司  
永辉混凝土（香港）有限公司  
鸿辉预制件有限公司

本规程主要起草人员：朱银洪 高芳胜 郑 伟 李彦贺 徐 巍  
谢 麟 李 波 梁洪波 张 禹 李荣炜  
王 莹 邱勋敏 李建伟 刘铁军 寇世聪（中国香港）  
罗启灵 赵陆湘 沈剑峰 艾传彬 郑 伟（中国香港）  
罗 强 姜梦蕾 宋宝传 邹笃建  
本规程主要审查人员：周永祥 王新祥 何春凯 汪全信 韦江雄  
钟开红 石伟国 袁邦权 刘琼祥 唐增洪 尤立峰

本规程业务归口单位主要指导人员：宋延、郭晓宁、姚兆平、胡荣、陈天予

# 目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	3
4	原材料.....	4
4.1	一般规定.....	4
4.2	水泥.....	4
4.3	掺合料.....	4
4.4	骨料.....	5
4.5	外加剂.....	5
4.6	水.....	6
5	混凝土性能.....	7
6	混凝土配合比设计.....	8
7	生产控制与运输.....	10
7.1	一般规定.....	10
7.2	计量与搅拌.....	10
7.3	运输.....	10
8	混凝土超高泵送.....	12
8.1	一般规定.....	12
8.2	混凝土泵的选配.....	12
8.3	混凝土输送管的选型与布置.....	12
8.4	混凝土的泵送.....	13
9	混凝土浇筑与养护.....	14
10	质量检验.....	15
10.1	混凝土原材料质量检验.....	15
10.2	混凝土性能检验.....	15
附录 A	超高层建筑混凝土最大泵送压力的计算.....	17
	本规程用词说明.....	19
	引用标准名录.....	20
	条文说明.....	22

# Contents

1	General Provision.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements.....	3
4	Raw Materials.....	4
4.1	General Provisions.....	4
4.2	Cement.....	4
4.3	Mineral Admixture.....	4
4.4	Aggregate.....	5
4.5	Admixture.....	5
4.6	Water.....	6
5	Properties of Concrete.....	7
6	Mix Proportion Design.....	8
7	Production Control and Transportation.....	10
7.1	General Requirements.....	10
7.2	Metering and Mixing.....	10
7.3	Transportation.....	10
8	Concrete Pumped for Super-high Building.....	12
8.1	General Requirements.....	12
8.2	Concrete Pump Selection.....	12
8.3	Selection and Layout of Concrete Conveying Pipe.....	12
8.4	Concrete Pumping.....	13
9	Concrete Pouring and Curing.....	14
10	Quality Inspection.....	15
10.1	Quality Inspection of Raw Materials.....	15
10.2	Performance Inspection of Concrete.....	15
	Appedix A Calculation Formula of Concrete Pumping Pressure.....	17
	Explanation of Wording in this Specification.....	19
	List of Quoted Standards.....	20
	Addition: Explanation of Provisions.....	22

# 1 总 则

**1.0.1** 为了规范深圳市超高层建筑混凝土的设计、生产、运输、施工、检验要求，做到保证质量、技术先进、安全适用、绿色环保、经济合理，特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于建筑高度大于300m且小于600m的超高层建筑混凝土的原材料控制、混凝土性能、混凝土配合比设计、生产与运输、超高泵送、施工及检验。

**1.0.3** 超高层建筑混凝土的生产和施工应有质量控制措施和质量保证体系，并按本规程要求组织实施。

**1.0.4** 超高层建筑混凝土应用技术除符合本规程外，尚应符合国家、行业、广东省和深圳市现行有关标准的规定。



## 2 术 语

### 2.0.1 超高泵送混凝土 pumped concrete for super-high building

通过专用设备，一次性泵送高度大于300m的混凝土。

### 2.0.2 扩展时间 ( $T_{600}$ ) slump-flow time ( $T_{600}$ )

混凝土拌合物坍落后扩展直径达到600mm所需的时间。

### 2.0.3 易泵性 easy pumpability

混凝土拌合物在泵压下沿输送管道容易流动的特征。

### 2.0.4 验证配合比 approved concrete mix proportions

经技术验证由需方确认采用的混凝土配合比。

### 2.0.5 水气联洗 pumping pipe cleaning using water and compressed air

在高压空气与水柱共同作用下，将混凝土从泵送管道中自上而下推出的清洗方法。

### 3 基本规定

**3.0.1** 超高层建筑混凝土的拌合物性能、力学性能、耐久性能和长期性能应满足设计和施工的要求。

**3.0.2** 超高层建筑混凝土应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《预拌混凝土》GB/T 14902等的有关规定。超高层建筑使用的大体积混凝土、高强混凝土、自密实混凝土、超高泵送混凝土等除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496、《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283、《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10、《高性能混凝土应用技术规范》DBJ/T 15-130等的有关规定。

**3.0.3** 在超高层建筑复杂、多空间钢结构腔体内浇筑混凝土时，宜预先进行实体模拟或其他可靠试验验证。

**3.0.4** 施工单位应根据不同结构部位设计要求、不同施工工艺和施工条件等，对超高层建筑混凝土以及原材料提出相应的技术要求。

**3.0.5** 超高层建筑混凝土中使用的新材料、新工艺，应在投入使用前进行技术论证或试验验证。

**3.0.6** 超高层建筑大体积混凝土及超高泵送混凝土施工前宜进行试验验证，且应编制控制混凝土结构裂缝和变形的专项方案。专项方案宜包括以下内容：

- 1 原材料性能要求；
- 2 拌合物易泵性指标要求；
- 3 硬化混凝土的性能要求；
- 4 混凝土配合比验证试验；
- 5 足尺模拟试验等。

## 4 原材料

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 超高层建筑混凝土原材料品种等级的选用应根据建筑设计使用年限、混凝土配合比设计、施工要求确定。
- 4.1.2 超高层建筑混凝土的水泥、掺合料、骨料、外加剂等原材料进厂（场）时应有质量合格证明文件，并按相应标准复验合格后方可使用。不得使用对混凝土长期性能和耐久性有不良影响的原材料。
- 4.1.3 新品种原材料应经过试验验证后方可使用。
- 4.1.4 同一工程相同部位的混凝土，宜使用同品种、同规格、同厂家或产地的原材料。
- 4.1.5 原材料应对人体无毒，对环境无害。

### 4.2 水 泥

4.2.1 超高层建筑混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制。采用的水泥除应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的有关规定外，尚应符合下列要求：

- 1 超高泵送且强度等级不小于 C60 的混凝土宜采用硅酸盐水泥；
- 2 水泥比表面积不宜大于  $360\text{m}^2/\text{kg}$ ；
- 3 水泥使用时的温度不应大于  $60^\circ\text{C}$ ；
- 4 超高泵送且强度等级不小于 C60 的混凝土宜选用 52.5 及以上强度等级的水泥；超高泵送非高强混凝土宜选用 42.5 强度等级的水泥；
- 5 大体积混凝土应选用水化热低的通用硅酸盐水泥，3d 水化热不宜大于  $250\text{kJ/kg}$ ，7d 水化热不宜大于  $280\text{kJ/kg}$ ；当选用 52.5 强度等级水泥时，7d 水化热宜小于  $300\text{kJ/kg}$ ；大体积混凝土不宜采用早强型水泥。

4.2.2 大体积混凝土可使用中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥配制。

4.2.3 当采用其他品种水泥时，其性能指标应符合国家现行有关标准的规定。

### 4.3 掺 合 料

4.3.1 超高层建筑混凝土的粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定。

4.3.2 粉煤灰应选用 II 级及以上等级 F 类粉煤灰，其烧失量不宜大于 5%。超高泵送且强度等级不小于 C60 的混凝土宜选用 I 级粉煤灰。

4.3.3 超高层建筑混凝土中的粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定。

4.3.4 粒化高炉矿渣粉宜选用 S95 及以上等级的产品。C60 以下强度等级大体积混凝土用粒化高炉矿渣粉比表面积不宜大于 450m<sup>2</sup>/kg。

4.3.5 超高层建筑混凝土中的硅灰应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736中的有关规定，且SiO<sub>2</sub>含量不宜小于90%。

4.3.6 超高层建筑混凝土中的复合矿物掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486的有关规定。

4.3.7 其他矿物掺合料应符合国家、行业、广东省和深圳市现行有关标准的规定，使用前应对其是否满足混凝土性能要求进行试验验证。

#### 4.4 骨 料

4.4.1 超高层建筑混凝土中的骨料应符合下列规定：

1 砂、石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 的有关规定；

2 净化海砂应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 的有关规定；

3 机制砂应符合现行广东省标准地方标准《预拌混凝土用机制砂应用技术规程》DBJ/T 15-119 的有关规定。

4.4.2 砂的技术指标应符合下列规定：

1 宜选用 II 区中砂；

2 坚固性不应大于 8%；

3 氯离子含量不应大于 0.02%；

4 贝壳含量应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 的有关规定。

4.4.2 超高泵送混凝土用砂宜符合现行行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568 中 I 级细骨料的有关规定，细度模数宜为 2.5~2.8。

4.4.4 超高泵送混凝土用石宜符合现行行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568 中 I 级粗骨料的有关规定，其最大公称粒径不宜大于20mm，宜采用5mm~10mm、10mm~20mm、10mm~16mm的石子进行双级配或三级配并符合连续级配。

#### 4.5 外 加 剂

4.5.1 超高层建筑混凝土的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定。

4.5.2 超高泵送混凝土宜选用高性能聚羧酸系减水剂。聚羧酸系减水剂应符合现行行业标准《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223及广东省地方标准《聚羧酸减水剂应用技术规程》DBJ/T 15-204的有关规定。

4.5.3 超高层建筑混凝土外加剂出现下列情况之一时，应进行相容性试验验证：

- 1 启用新品种外加剂时；
- 2 不同厂家或同一厂家不同品种外加剂复合使用时；
- 3 混凝土配合比发生变化时；
- 4 混凝土原材料变化较大时；
- 5 环境条件变化较大时。

## 4.6 水

**4.6.1** 超高层建筑混凝土中的拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定。

**4.6.2** 生产废水、废浆不得用于制备超高泵送混凝土。

## 5 混凝土性能

5.0.1 超高层建筑混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应符合国家现行有关标准的规定和设计、施工要求。

5.0.2 超高泵送混凝土拌合物性能除应符合国家现行有关标准的规定外，其易泵性能技术指标尚宜符合表5.0.2的要求。

表5.0.2 超高泵送混凝土拌合物易泵性能技术指标要求

性能指标	技术要求		试验方法
	≥C50	C30~C45	
坍落度 (mm)	—	≥220	GB/T 50080
3h扩展度经时损失 (mm)	≤30	≤50	
扩展度 (mm)	≥700	≥650	
扩展时间 $T_{600}$ (s)	3~6		
倒置坍落度筒排空时间 (s)	≤10	≤8	
抗离析率 (%)	≤8	≤10	
含气量 (%)	≤3	≤4	
坍落扩展度与J环扩展度差值 (mm)	≤20		
*V漏斗排空时间 $V_F$ (s)	≤10	≤15	
*压力泌水率 (%)	≤40		
*L型仪充填比	≥0.8	—	CCES 02-2004

注：1 本表中带“\*”的性能指标为选择性指标。

2 根据混凝土泵送高度、泵送系统参数、运输距离和气候条件等因素，应适当调整技术要求的控制限值。

5.0.3 应采取适当措施控制超高层建筑混凝土收缩变形。

## 6 混凝土配合比设计

**6.0.1** 混凝土配合比设计应满足混凝土配制强度要求，并应保证混凝土拌合物性能、长期性能、耐久性能符合设计和施工要求。

**6.0.2** 超高层建筑混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 及现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《预拌混凝土》GB/T 14902、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 等的有关规定。不同种类混凝土配合比设计尚应符合下列标准的有关规定：

- 1 《大体积混凝土施工标准》GB 50496；
- 2 《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281；
- 3 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283；
- 4 《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178；
- 5 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10；
- 6 《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169；
- 7 《高性能混凝土应用技术规范》DBJ/T 15-130。

**6.0.3** 大体积混凝土配合比设计时宜进行绝热温升、泌水率、凝结时间等对混凝土裂缝控制有影响的技术参数的试验。

**6.0.4** 超高层泵送混凝土配合比设计时应确保混凝土拌合物性能满足表5.0.2的要求。

**6.0.5** 混凝土用矿物掺合料的种类以及掺量应通过试验确定，并应符合国家现行相关标准的规定。硅灰宜用于强度等级不小于 C80 的混凝土，掺量不宜超过总胶凝材料用量的 10%。

**6.0.6** 大体积桩基础和底板结构的混凝土宜采用 60d 或 90d 强度作为配合比设计、强度评定和验收的依据。

**6.0.7** 混凝土配合比设计应满足下列要求：

- 1 C60、C65、C70、C75 混凝土胶凝材料用量不宜大于  $560\text{kg}/\text{m}^3$ ，C80、C85、C90、C95 混凝土胶凝材料用量不宜大于  $580\text{kg}/\text{m}^3$ ，C100 混凝土胶凝材料用量不宜大于  $600\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- 2 当泵送高度大于 300m 时，C60、C65、C70、C75 混凝土胶凝材料用量不宜大于  $580\text{kg}/\text{m}^3$ ，C80、C85、C90、C95 混凝土胶凝材料用量不宜大于  $600\text{kg}/\text{m}^3$ ，C100 混凝土胶凝材料用量宜不大于  $620\text{kg}/\text{m}^3$ ；
- 3 当泵送高度大于 300m 时，C30、C35、C40、C45 混凝土砂率宜为 45%~50%，C50 及以上混凝土砂率宜为 42%~48%，且应通过试验确定。

**6.0.8** 使用防水剂、引气剂、膨胀剂、减缩剂、内养护剂等产品时，应通过试验验证。

**6.0.9** 混凝土配合比的管理应符合下列规定：

- 1 在实际生产前，应通过设计计算、试配试验确认混凝土配合比；
- 2 混凝土生产企业应建立配合比管理及验证制度，配合比的使用应由相应资格的专人

负责，使用过程中不得擅自调整配合比；

**3** 原材料发生变化、施工条件发生变化、配合比使用半年以上或施工高度每增加100m时，应对配合比进行验证或重新设计。



## 7 生产控制与运输

### 7.1 一般规定

7.1.1 超高层建筑混凝土的生产、质量控制及运输应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902、《混凝土质量控制标准》GB 50164 及现行广东省地方标准《预拌混凝土生产质量管理技术规程》DBJ/T 15-74 的有关规定。

7.1.2 混凝土生产企业应制定混凝土专项质量保证方案，并应有效实施和定期复核。

7.1.3 混凝土生产企业应按照混凝土验证配合比进行生产。

7.1.4 不同搅拌站同时供应同一工程同一部位的混凝土时，配合比和原材料应保证一致。

### 7.2 计量与搅拌

7.2.1 计量设备应按相关规定由有资质的计量单位进行检定。生产单位每月应自检不少于一次。每一工作班开始前应对计量设备进行零点校准。

7.2.2 混凝土原材料的计量偏差应满足表 7.2.2 的要求，并应每班检查不少于 1 次。

表7.2.2 混凝土原材料计量允许偏差

原材料品种	水泥	骨料	水或冰	外加剂	掺合料
每盘计量允许偏差 (按质量计, %)	±2	±3	±1	±1	±2
累计计量允许偏差 (按质量计, %)	±1	±2	±1	±1	±1

注：累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量的偏差。

7.2.3 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 的有关规定，宜采用双卧轴强制式搅拌机。

7.2.4 混凝土的搅拌应保证均匀性，混凝土搅拌时间宜符合表 7.2.4 的规定。当掺用冰屑、粉状外加剂或掺加大掺量掺合料时，搅拌时间宜在表 7.2.4 的基础上适当延长，延长时间不宜小于 30s。搅拌结束时不应残留冰屑。

表7.2.4 混凝土搅拌时间

混凝土强度等级	搅拌时间 (s)
<C60	45~60
C60~C80	60~120
>C80	120~150

7.2.5 超高泵送混凝土应采用专线生产。

### 7.3 运输

7.3.1 混凝土运输供应应根据专项质量保证方案，结合技术要求、施工进度、运输条件、

混凝土浇筑量等因素采取措施，确保连续均衡供料。大体积底板、超高泵送、自密实、高强等混凝土的运输前应制定详细的运输供应方案。

**7.3.2** 混凝土搅拌运输车应符合现行行业标准《混凝土搅拌运输车》JG/T 5094 的有关规定。

**7.3.3** 搅拌运输车装料前，车载搅拌罐内应无积水或积浆。运输过程中严禁加水及任何其他物质。当环境温度超过 35℃或低于 5℃时，应对运输车搅拌罐体采取隔热或保温措施。运输过程遇雨水天气应做好防护，防止雨水流入搅拌罐内。

**7.3.4** 混凝土拌合物从搅拌机卸出至施工现场卸料的时间间隔不宜大于 90min。超高泵送混凝土到达施工现场后，等待入泵时间不宜大于 30min。

**7.3.5** 搅拌运输车到达浇筑现场时，应使搅拌罐高速逆转 30s 后再将混凝土拌合物卸出。

**7.3.6** 超高泵送混凝土拌合物出现不符合现场泵送施工要求时，不得调整使用。

## 8 混凝土超高泵送

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 超高层建筑混凝土施工泵送应符合现行行业标准《混凝土泵送技术规程》JGJ/T 10的有关规定。
- 8.1.2 施工单位应根据超高层建筑结构类型、混凝土泵送工艺、混凝土施工工序等的需要，对混凝土结构进行深化设计，并应经过设计单位复核。
- 8.1.3 施工单位应根据不同部位分项编制超高泵送施工方案。
- 8.1.4 混凝土超高泵送施工时宜配置备用泵送管道。

### 8.2 混凝土泵的选配

- 8.2.1 混凝土泵的选型和数量应根据超高层结构类型、施工部署和进度计划、各工作面混凝土浇筑量、单机的实际平均输出量、施工作业时间、泵送距离、泵送高度、作业环境选择等因素综合考虑确定。
- 8.2.2 混凝土泵的布置应根据超高层结构类型、施工工序、泵送工艺和平面布置综合考虑。
- 8.2.3 超高泵送混凝土的泵送阻力计算时应考虑泵送管压力损失、混凝土自重等因素，并按本标准附录A的有关规定进行计算。混凝土泵的最大压力应按泵送阻力计算值的1.5倍以上确定。
- 8.2.4 混凝土泵的设置应采取安全防护和隔声减振措施。

### 8.3 混凝土输送管的选型与布置

- 8.3.1 混凝土输送管应根据工程特点、施工场地条件、混凝土浇筑方案等进行合理选型，并应与混凝土泵相匹配。输送管道宜选用最小内径125mm或150mm的高压输送管。
- 8.3.2 超高泵送用输送管材料的选择应综合考虑输送管抗压能力、耐磨性和维修保养状态。输送管壁厚及抗压能力应参照现行国家标准《压力容器 第3部分 设计》GB 150.3的有关规定进行验算，宜取用2.0倍安全系数。
- 8.3.3 超高泵送混凝土输送管的布置应根据超高层建筑结构类型、施工环境和施工部署进行合理设计，并应符合下列要求：
- 1 混凝土输送管应与超高层建筑结构施工部署和模架体系有效衔接；
  - 2 混凝土输送管的布设与连接方式应在施工方案中予以明确；
  - 3 混凝土水平输送管固定高度应与泵机出口一致；输送管连接宜采取法兰与螺栓固定方式；输送管宜采用结构预埋件与型钢支架固定；

4 混凝土泵机出料口应设置水平截止阀；地面水平输送管宜向上倾斜 12°，布设长度不宜小于垂直泵送总高度的 1/5；

5 混凝土竖向输送管应设置竖向截止阀，并宜间隔一定高度设置缓冲弯管。

8.3.4 布料设备的管径宜与输送管相匹配，并应安装牢固、稳定。布料设备基础施工前应进行结构验算。

## 8.4 混凝土的泵送

8.4.1 混凝土超高泵送应设置专人指挥和调度。混凝土泵的操作人员上岗前必须经过专门培训并考核合格。

8.4.2 混凝土泵送前应对混凝土泵与输送管进行全面检查，并应在符合要求后开机空载试运转。

8.4.3 混凝土泵启动后，应先泵送适量清水以湿润混凝土泵的料斗、活塞及输送管的内壁等直接与混凝土接触部位，确认混凝土泵和输送管中无异物。

8.4.4 混凝土泵和输送管内壁宜先使用水泥净浆润滑，再选用下列浆料中的一种或两种联合润滑：

1 1:1 水泥砂浆；

2 与待泵送混凝土除粗骨料外的其他成分相同配合比的水泥砂浆。

8.4.5 润滑用浆料入泵前，应经过孔径 10mm 的方孔滤网过滤。润滑用浆料泵出后，应妥善回收，不得作为结构混凝土使用，也不得对周边环境产生不良影响。

8.4.6 正常泵送过程中应采取措施保持泵送连续性。

8.4.7 高温季节泵送混凝土时应控制混凝土入泵温度，且应对泵的受料斗与输送管采取有效降温措施，确保混凝土顺利泵送。当环境温度低于 5℃时，应有保温措施。

8.4.8 输送管壁厚应定期检测。水平段输送管和竖向段输送管厚度宜每个月检测一次；弯管部分厚度宜每半个月检测一次。

8.4.9 泵送完毕时，应根据施工条件采取合理方式及时将混凝土泵和输送管清洗干净。清洗浆体除应符合本规程 8.4.3 的规定外，尚应符合下列要求：

1 当采用浆体配合清水向上清洗输送管时，作业面上应设置接收浆体容器，地面上应设置沉淀池，配合液压截止阀，接收清洗输送管的废弃混凝土及废水；

2 当采用作业面向下水气联洗时应设置相应的连接接头，配置适合的空压机，并应在地面上设置废弃混凝土回收装置以及防护棚；

3 输送管清洗后的混凝土和废水宜回收利用，并应符合相关环境保护要求规定；

4 清洗后应对混凝土泵和输送管进行检查维修，并应做好记录。

## 9 混凝土浇筑与养护

**9.0.1** 超高层建筑混凝土浇筑前应控制入模温度。大体积混凝土、补偿收缩混凝土拌合物入模温度不宜高于 $30^{\circ}\text{C}$ ，超高泵送混凝土拌合物入模温度不宜高于 $32^{\circ}\text{C}$ 。高温施工时，混凝土拌合物入模温度可适当放宽，最高不宜高于 $35^{\circ}\text{C}$ 。冬期施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 $5^{\circ}\text{C}$ 。

**9.0.2** 浇筑中应有效控制混凝土的均匀性、密实性和整体性。同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在下一层混凝土初凝前将上一层混凝土浇筑完毕。

**9.0.3** 在浇筑结构复杂、配筋密集的构件浇筑自密实混凝土时，可采用在模板外侧辅助振捣的措施。

**9.0.4** 浇筑竖向结构时，如钢管自密实混凝土倾落高度大于 $9\text{m}$ 、其他类别混凝土倾落高度大于 $6\text{m}$ ，宜采用串筒、溜管、导管等辅助设备。

**9.0.5** 混凝土的养护应根据结构特点、构件形状、施工方法和气候条件等因素制定相应的方法和管理制度，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**9.0.6** 混凝土保湿养护时，可采用塑料薄膜、麻袋片、草袋、土工布等材料及时覆盖混凝土外露面，并应在适当时间开始浇水养护。当采用养护剂养护时，宜采用喷涂方式涂刷表面。

**9.0.7** 混凝土内养护剂在使用前应通过相关混凝土配合比计算和相关试验验证。

**9.0.8** 混凝土养护时应做好温度控制措施，并宜满足下列要求：

- 1 混凝土内部与表面的温差不宜大于 $25^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 撤除养护措施时，混凝土表面与外界温差不宜大于 $20^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 养护用水温度与混凝土表面温度之间的温差不宜大于 $15^{\circ}\text{C}$ ；
- 4 大体积混凝土浇筑体降温速率不宜大于 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。

**9.0.9** 混凝土水化过程中最高温度不应超过 $75^{\circ}\text{C}$ 。

**9.0.10** 大体积混凝土采用冷却水管降温方式时应进行技术论证。

## 10 质量检验

### 10.1 混凝土原材料质量检验

10.1.1 超高层建筑混凝土原材料进场时应按规定批次验收质量证明文件。

10.1.2 原材料应按不同厂家、品种、批次进行分类储存，并应有明显的标识牌。

10.1.3 原材料进场后应进行进场检验。检验批量应符合下列规定：

1 水泥应按每 500t 为一个检验批；

2 粉煤灰或矿渣粉等矿物掺合料应按每 200t 为一个检验批；

3 硅灰应按每 30t 为一个检验批；

4 砂、石骨料应按每 400m<sup>3</sup>或 600t 为一个检验批；

5 外加剂应按每 50t 为一个检验批，用于超高泵送混凝土的外加剂应按每 20t 为一个验收批；

6 水应按同一水源不少于一个检验批；

7 不同批次或非连续供应的混凝土原材料，在不足一个检验批量情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验一次。

### 10.2 混凝土性能检验

10.2.1 超高层建筑混凝土出厂检验和交货检验的取样频次和检验方法，除应符合本规程有关规定外，尚应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

10.2.2 超高泵送混凝土拌合物主要检验参数及取样频次应符合表 10.2.2 的规定。

表10.2.2 超高泵送混凝土拌合物检测频率要求

检验类别	检验参数	检验频率
出厂检验	坍落度、扩展度、扩展时间T <sub>600</sub> 、倒置坍落度筒排空时间	每50m <sup>3</sup> 或不足50m <sup>3</sup> 检验不少于1次
	3h扩展度经时损失、含气量、抗离析率、扩展度与J环扩展度差值、*V漏斗排空时间V <sub>F</sub> 、*压力泌水率、*L型仪充填比	同一工程部位同一配合比不少于1次
	水溶性氯离子含量	同一工程同一配合比同一批次砂不少于1次
交货检验	坍落度、扩展度、扩展时间T <sub>600</sub>	每车混凝土不少于1次
	水溶性氯离子含量	同一工程同一配合比同一批次砂不少于1次

注：1 带“\*”为选择性指标。

2 供需双方合同约定的其他参数检验按合同约定执行。

10.2.3 混凝土拌合物出厂前和到达现场后，除按上述规定进行拌合物性能检验外，尚应对每车混凝土进行工作性核查。检查内容应包括有无分层、离析、泌水等现象，并应予以记

录。

**10.2.4 硬化混凝土的性能检验应符合下列规定：**

1 混凝土力学性能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的有关规定；长期性能和耐久性能试验方法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/T 50082的有关规定；

2 强度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/T 50107的有关规定，其他力学性能检验应符合设计要求和国家现行有关标准的规定；

3 长期性能和耐久性能检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的有关规定；

**10.2.5 混凝土立方体抗压强度检测用试模应采用符合深圳市地方标准《深圳市绿色预拌混凝土和预拌砂浆技术规程》SJG 59规定的钢模，不应使用塑料试模。**

## 附录A 超高层建筑混凝土最大泵送压力的计算

**A.0.1** 超高层建筑混凝土泵送系统弯管和附件的估算压力损失宜按表A.0.1取值累加计算。

**表A.0.1 混凝土泵送系统弯管及附件的估算压力损失**

附件名称		换算单位	换算压力损失 (MPa)
45°弯管		每只	0.05
90°弯管		每只	0.1
管道截止阀		每个	0.1
胶管 (3m~5m)		每根	0.2
泵送 附属 结构	Y型管 (175-125mm)	每根	0.05
	分配阀	每个	0.2
	起动内耗	每台泵	1.0

**A.0.2** 超高层建筑混凝土最大泵送阻力的计算宜符合下列规定：

1 混凝土在输送管内流动产生的压力损失宜按下列公式计算：

$$\Delta P_L = \frac{2}{r} [K_1 + K_2 (1 + \frac{t_2}{t_1}) V] \alpha \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$K_1 = 300 - S \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$K_2 = 400 - S \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$P_L = \Delta P_L L \quad (\text{A.0.2-4})$$

式中： $\Delta P_L$ —混凝土在输送管内流动每米产生的压力损失 (Pa/m)；

$r$ —混凝土输送管半径 (m)；

$K_1$ —粘着系数 (Pa)；

$K_2$ —速度系数 (Pa·s/m)；

$S$ —混凝土坍落度 (mm)

$\frac{t_2}{t_1}$ —混凝土泵分配阀切换时间与活塞推压混凝土时间之比，当设备性能未知时，可取

0.3；

$V$ —混凝土拌合物在输送管内的平均流速 (m/s)；

$\alpha$ —径向压力与轴向压力之比，对普通混凝土取0.90；

$L$ —竖向和水平输送管总长度 (m)；

$P_L$ —混凝土在输送管内流动产生的压力损失 (MPa)。

2 混凝土自重产生的阻力宜按式 (A.0.2-5) 计算：

$$P_\rho = \rho g H_{max} \quad (\text{A.0.2-5})$$

式中： $P_\rho$ —混凝土自重产生的压力损失 (MPa)；

$\rho$ —混凝土表观密度 (kg/m<sup>3</sup>)；

$g$ —重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)；

$H_{max}$ —混凝土泵送的最大高度 (m)。



3 混凝土最大泵送阻力宜按式 (A.0.2-6) 进行计算:

$$P_{max} = P_L + P_\rho + P_f \quad (\text{A.0.2-6})$$

式中:  $P_{max}$ ——混凝土最大泵送阻力 (MPa);

$P_f$ ——混凝土泵送系统弯管、附件及泵体内部压力损失, 当缺乏详细资料时, 可按表 A.0.1取值累加计算 (MPa)。

## 本规程用词说明

- 1 为了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 本规程条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《压力容器》 GB 150.3
- 2 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 3 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 4 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 5 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 7 《大体积混凝土施工标准》 GB 50496
- 8 《混凝土结构施工规范》 GB 50666
- 9 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 10 《混凝土搅拌站（楼）》 GB/T 10171
- 11 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 12 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 13 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
- 14 《混凝土膨胀剂》 GB/T 23439
- 15 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
- 16 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 17 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 18 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 19 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 20 《预防混凝土碱骨料反应技术规程》 GB/T 50733
- 21 《普通混凝土用砂石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 22 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 23 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 24 《清水混凝土应用技术规程》 JGJ 169
- 25 《海砂混凝土应用技术规范》 JGJ 206
- 26 《砂浆、混凝土防水剂》 JC 474
- 27 《砂浆、混凝土减缩剂》 JC/T 2361
- 28 《混凝土高吸水性树脂内养护剂》 JC/T 2551
- 29 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
- 30 《补偿收缩混凝土应用技术规程》 JGJ/T 178
- 31 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
- 32 《人工砂混凝土应用技术规程》 JGJ/T 241

- 33 《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281
- 34 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
- 35 《高性能混凝土评价标准》 JGJ/T 385
- 36 《聚羧酸系高性能减水剂》 JG/T 223
- 37 《高性能混凝土用骨料》 JG/T 568
- 38 《混凝土搅拌运输车》 JG/T 5094
- 39 《混凝土技术规范》 DBJ 15-109
- 40 《预拌混凝土生产质量管理技术规程》 DBJ/T 15-74
- 41 《高性能混凝土应用技术规范》 DBJ/T 15-130
- 42 《聚羧酸减水剂应用技术规程》 DBJ/T 15-204
- 43 《深圳市绿色预拌混凝土和预拌砂浆技术规程》 SJG 59

深圳市工程建设地方标准

# 超高层建筑混凝土技术规程

条文说明

SJG 108 - 2022

# 目 次

1 总则.....	24
2 术语.....	25
3 基本规定.....	27
4 原材料.....	28
4.1 一般规定.....	28
4.2 水泥.....	28
4.3 掺合料.....	28
4.4 骨料.....	28
4.5 外加剂.....	29
5 混凝土性能.....	30
6 混凝土配合比设计.....	31
7 生产控制与运输.....	32
7.1 一般规定.....	32
7.2 计量与搅拌.....	32
7.3 运输.....	32
8 混凝土超高泵送.....	34
8.1 一般规定.....	34
8.2 混凝土泵的选配.....	34
8.3 混凝土输送管的选型与布置.....	34
8.4 混凝土的泵送.....	35
9 混凝土浇筑与养护.....	37
10 质量检验.....	38
10.1 混凝土原材料质量检验.....	38
10.2 混凝土性能检验.....	38
附录 A 超高层建筑混凝土最大泵送压力的计算.....	39

# 1 总 则

**1.0.1** 超高层建筑以显著的经济效益和社会效益成为经济社会发展的重要标志之一。现阶段，世界高层建筑与都市人居学会（CTBUH）将高度300m以上的建筑定义为超高层建筑，从1930年竣工的319m高的美国纽约克莱斯勒大厦，到2010年竣工的828m高的阿联酋迪拜哈利法塔，到正在建设中的1007m高的沙特国王塔，以及中国国内竣工的632m高的上海中心、600m高的深圳平安金融中心，都代表着世界超高层建筑发展的时代坐标。

目前，深圳GDP已位居全国前列，人口密度全国第一，但实际面积狭小，地上空间严重不足，建设超高层建筑成为释放发展空间，集约利用土地资源的重要途径，当前已经建成和规划建设超高层建筑数量均位居全国第一。

超高层建筑通常采用钢-混凝土组合结构体系，具有工程桩直径大，底板混凝土厚，外框柱截面大，核心筒剪力墙设有型钢或钢板且配筋密集等特点，因此超高层混凝土集大体积混凝土、高强混凝土、自密实混凝土、超高泵送混凝土等不同种类混凝土综合应用于一身，技术复杂，施工难题多。

基于此，本规程结合深圳实际情况，对超高层建筑在桩基础、大体积底板、上部建筑结构主体等所使用的混凝土，从原材料、性能要求、配合比设计、生产、施工、超高泵送、检验验收等方面提供相应的技术依据和技术支持，确保超高层建筑混凝土工程的质量，做到技术先进、安全适用、绿色环保、经济合理。

**1.0.2** 高度600m及以上的超高层建筑由于施工经验较少，没有相应的技术实践数据支持，不纳入到本规程的适用范围中。深圳地区300m以下高层建筑以钢筋混凝土（部分为型钢混凝土）的框架-核心筒结构体系为主，300m以上建筑以钢-混组合结构体系（巨型框架-核心筒、筒中筒、带加强层的框架-核心筒等）为主，钢-混组合结构对混凝土的性能要求更高。所以本规程适用范围确定为300m以上，600m以下的超高层建筑。

## 2 术 语

**2.0.1** 超高层建筑混凝土泵送工艺主要有“接力泵送”和“一泵到顶”两种，本规程采用一泵到顶的定义。竖向结构施工如果采用接力泵送方式，除了在地面放置泵机，还需要在一定高度楼层设置泵机，会造成很多施工不便性。随着泵送技术的快速发展，我国已生产制造出一次泵送可达到600m高度的成套泵送施工机械设备，可以实现超高层建筑混凝土“一泵到顶”。

**2.0.2** 超长及超高泵送混凝土拌合物流动性比较好，当扩展直径为500mm时，扩展时间会非常短（一般是1s~2s），试验值很难准确测出；当拌合物扩展直径为700mm时，扩展时间会比较长，试验值测出较慢。因此，扩展时间试验的扩展直径设置为600mm。

**2.0.3** 混凝土拌合物的泵送性能可从“可泵性”和“易泵性”两方面进行性能评价。

可泵性指混凝土拌合物能被泵送，要求新拌混凝土有一定流动性，不易离析和堵塞管道，也不会泵送过程失去工作性，是泵送施工顺利进行的前提条件；易泵性指泵送混凝土拌合物时流动阻力的相对高低，关系到泵送相同的距离或高度需要泵压的高低或者每单位时间内泵送的混凝土量大小，决定了泵送施工的效率。在远距离、高程或超高程泵送时，以及较大混凝土结构施工时，对混凝土拌合物的“易泵性”就会提出比较高的要求。因此，混凝土拌合物的泵送性能“好”，意味着“可泵”并且“易泵”。

泵送性能属于混凝土工作性之一，是受到多种因素影响同时需要多方面“平衡兼顾”的一种性能，因此无法用单一试验进行测试和评价。“真实泵送”可以检验多种因素综合作用的效果，因此是对混凝土的易泵性进行验证试验是最有效、最可靠的方法，但试验规模和成本过大，无法经常性使用。替代的方法是将泵送性能分解为可泵性和易泵性，分别进行测试和评价。

可泵性对混凝土流动性要求并不高（最低要求为坍落度大于100mm），其测试评价着重于拌合物的抗离析能力。施工过程中最经常发生的问题是“堵管”，虽然诱发的因素较多，但骨料在管中堆聚、拌合物泌水离析以及漏浆是导致堵管或泵送阻力过大的重要原因。一般用常压或压力泌水量、泌水速率评价混凝土抗离析能力，泌水指标虽然不能确定“堵管”是否发生，但能够判断发生的风险。

混凝土拌合物的易泵性评价，一般是在模拟实际施工的真实泵送过程进行测试，目前国内尚无统一的方法。从理论上讲，测量拌合物的屈服应力和粘度系数，可以从根本上揭示拌合物的性能，评价易泵性。本规程采用的相关测试方法有：扩展度时间、倒置坍落度时间、扩展度与J环扩展度差值、V漏斗排空时间及L型仪充填比。

**2.0.4** 超高层建筑混凝土的各项技术性能要求较高，特别是超高层建筑建造过程中使用的各种混凝土，其配合比需要经过一系列试验试配，并经需方组织技术论证后确认。

**2.0.5** 深圳某超高层建筑工程多次采用水气联洗技术进行管道清洗，其主要步骤为：

现场准备适合的空压机，并放置在顶层管道出口处。在顶层准备好水气联洗接头、海绵



球等备件，安排人工和调度。在泵出口附近准备地面回收架，安排人工，确保并与顶层协调通畅。

泵送结束后，关闭截止阀，拆掉泵的出料口弯管，连接至回收架管道，并做好出料口防护。顶部作业面泵管连接气洗接头，塞入水柱及海绵球。打开空压机充气，打开截止阀，管道内混凝土从上往下落回搅拌车。观察回收架出料口处混凝土流动情况，海绵球被冲出时，底层工人通知顶层负责人关闭空压机。拆掉垂直管与布料杆之间的过渡管，对主管路进行第二轮清洗。管道全部清洗干净后复原。

水气联洗的优点有：气洗过程极为顺畅，混凝土在自身重力作用下，一推即动，因此无堵管风险；清洗效果好，满足施工要求；效率高，每次耗时约为40min，而直接水洗技术平均耗时为90min；节省柴油，且大量节水，易损件寿命有效提高。

### 3 基本规定

**3.0.3** 常规结构的钢管混凝土可采取超声波检测、溢流孔观测或其他有效方法检测混凝土与钢管粘结质量。300m以上超高层建筑框架柱大多为型钢、钢管混凝土柱或多腔体型钢（钢管）混凝土柱，腔体内部结构复杂，结构质量难以直接检测，需要通过实体模拟试验验证结构实体质量。

**3.0.4** 一般来说，超高层建筑以巨型框架—核心筒—外伸臂的结构设计形式居多，建筑体量巨大，其设计的基础桩直径大，基础底板超大超厚，外框柱与核心筒剪力墙体积大、配筋复杂、混凝土强度等级高，超高泵送对混凝土性能与质量控制的要求高。由于施工周期往往需要4~5年甚至更长，施工过程受到不同年度不同季节气候的影响，所以应分别根据不同结构部位、施工条件及工艺，对混凝土以及原材料提出针对性的技术指标控制要求。

**3.0.5** 在高度不断增加的同时，超高层建筑发展还呈现出综合化、异形化、生态化和智能化等趋势，对混凝土各项性能要求更高，新材料和新工艺由此应运而生。如已有的试验表明：超细粉煤灰微珠是一种利用优质粉煤灰经过特殊工艺精选、加工而成的超细，且具有连续粒径分布的一种亚微米、完美的正球状超微粉体材料，具有活性高、低水化热、抗压强度高、流动性好、热稳定性好等优异功能，可以作为超高泵送混凝土或超高强混凝土的新型活性超微集料。又如新型内养护剂混凝土技术，可通过内部释放一部分水对已成型的结构混凝土起到内部养护作用。深圳某超高层建筑工程曾在C100“千米超高泵送”的混凝土中使用了超细粉煤灰微珠，在约450m高度左右的核心筒剪力墙混凝土中掺用了内养护剂，根据现场应用效果显示，该两种新型材料具有一定推广意义。

## 4 原材料

### 4.1 一般规定

**4.1.5** 原材料的有毒有害物质主要包括水泥中的水溶性铬，掺合料和骨料的放射性，不同种类外加剂可能含有的六价铬盐、亚硝酸盐、硫氰酸盐、硝酸铵、碳酸铵、尿素等。

### 4.2 水 泥

**4.2.1** 超高泵送且强度等级不小于C60的混凝土宜选用硅酸盐水泥与掺合料配制，容易控制混凝土性能的稳定性；超高泵送非高强混凝土为增加混凝土胶浆量但不会过大提高强度，宜选用42.5普通硅酸盐水泥；

水泥温度过高，会导致混凝土坍落度损失过大、假凝等情况的产生，不利于混凝土施工质量的控制，更加不利于超高泵送。

本条文第5款引自国家现行标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018。

### 4.3 掺合料

**4.3.2** 根据《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 标准规定：

1 II级粉煤灰细度为12%~30%。说明II级粉煤灰细度的跨度大，不利于混凝土拌合物质量均匀性、稳定性这一关键性指标的控制，所以本规程要求超高泵送且强度等级不小于C60的混凝土宜选用I级粉煤灰。

2 II级粉煤灰烧失量不大于8%，I级粉煤灰不大于5%。烧失量代表含碳量，对外加剂的吸附、混凝土强度、变形等都有不利影响，本规程规定粉煤灰烧失量宜控制在5%以下。

**4.3.4** 选用S95及以上等级的粒化高炉矿渣粉，目的是充分发挥其活性，减少泌水。对于大体积混凝土粒化高炉矿渣粉不宜过细，否则不利于控制混凝土的温升和收缩开裂。为满足高强大体积混凝土强度等性能的需要，所选粒化高炉矿渣粉的比表面积常常会高于450m<sup>2</sup>/kg。因此，配制大体积普通强度等级混凝土的粒化高炉矿渣粉比表面积不宜高于450m<sup>2</sup>/kg，高强混凝土则不限制粒化高炉矿渣粉最高比表面积值。

### 4.4 骨 料

**4.4.2** 目前深圳地区砂源紧张，大多使用净化海砂，河砂也存在贝壳含量较多的情况，因此本条文对坚固性、氯离子含量、贝壳含量提出了更严的要求。

深圳地区目前使用的海砂经淡化处理后，其氯离子含量一般小于0.01%，为严格控制砂中氯离子含量，本规程技术指标参照JGJ 52中最严格的要求，不应大于0.02%。

**4.4.3** 《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281-2012 规定，配制高强混凝土宜采用细度模数

为 2.6~3.0 的 II 区中砂；《高性能混凝土用骨料》JG/T 568-2019 规定，砂细度模数为 2.3~3.2。超高泵送混凝土比高强混凝土或高性能混凝土具有更高的拌合物性能要求，根据深圳地区超高层建筑泵送混凝土配制经验，确定砂细度模数为 2.5~2.8，更有利于混凝土的超高距离、超高压力泵送。

**4.4.4** 骨料级配对超高泵送混凝土的易泵性影响很大，粗骨料采用分级堆放、独立称量，有利于保证在混凝土生产过程中骨料级配的稳定性。

本条文中双级配是指 5mm~10mm 与 10mm~20mm 或 10mm~20mm 与 10mm~16mm 的两种石子组合使用，三级配是 5mm~10mm、10mm~20mm、10mm~16mm 三种石子混合使用。

## 4.5 外加剂

**4.5.3** 相容性试验方法按广东省标准《聚羧酸减水剂应用技术规程》DBJ/T 15-204 附录 C 执行。

## 5 混凝土性能

**5.0.1** 超高层建筑混凝土在施工现场入泵前和在作业面出泵后拌合物性能都应符合设计和施工要求。

**5.0.2** 本条文参照《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283制定，增加坍落度、3h扩展度经时损失、倒置坍落度筒排空时间、V漏斗排空时间、含气量、压力泌水率、L型仪充填比性能指标。

超高泵送混凝土并非全部为自密实混凝土，所以需要增加坍落度指标检测混凝土的流动性性能；倒置坍落度筒排空时间与V漏斗排空时间用来评估混凝土流动速率和抗离析性能，L型仪充填比能直接评估混凝土的填充性能，所以增加上述技术指标；混凝土经过超高压、超长距泵送，混凝土工作性能损失较普通泵送大，所以增加超高泵送混凝土3h扩展度经时损失、含气量、压力泌水率指标要求，并提高混凝土的抗离析率、坍落扩展度与J环扩展度差值的要求。

此外，随着施工泵送高度的增加，泵送压力变大、混凝土工作性能损失变大，对混凝土性能要求越高，施工难度相应增大，所以需要根据混凝土泵送高度、泵送系统参数、运输距离和气候条件等因素，适当调整混凝土技术要求的控制限值并考虑增加选择性指标，进一步评价混凝土的易泵性。

超高泵送混凝土的易泵性指标除选择性指标外，都应符合本条的规定。选择性指标可根据混凝土配合比设计、实际施工情况等选取，如有选取易泵性指标，则应符合本条的规定。

**5.0.3** 超高层建筑结构复杂，如巨型柱劲钢结构、钢板剪力墙混凝土结构等。因混凝土与钢材的热膨胀系数不同，容易产生收缩应力裂缝。特别是超高泵送混凝土的流动性较大，高强混凝土胶凝材料用量高，混凝土的自收缩大。为此，必须通过提高原材料质量、优化配合比、控制浆骨比（即混凝土中水泥、掺合料、水和外加剂的体积与骨料体积之比）、选用合理的胶凝材料方案，以达到降低混凝土温度收缩、自收缩、干燥收缩等，同时分别在生产、施工、养护等阶段采取各种相应措施提高混凝土的抗裂性能。

## 6 混凝土配合比设计

**6.0.2** 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 为混凝土配合比设计提出了基本的计算及试验方法的要求，但对于不同类型的混凝土还应符合相应的标准，本条所列标准中对不同类型混凝土配合比设计都有相应的规定。

**6.0.8** 不同品种外加剂复合使用前，应对各种外加剂之间的匹配性进行验证，匹配混合不同类型外加剂后，其混合液不应观测有沉淀、分层等现象或发生化学反应。

本条文所述外加剂产品现行的相关标准主要有：《砂浆、混凝土防水剂》JC/T 474-2008、《混凝土膨胀剂》GB/T 23439-2017、《砂浆、混凝土减缩剂》JC/T 2361-2016、《混凝土高吸水性树脂内养护剂》JC/T 2551-2019等。

**6.0.9** 施工高度每增加100m时，混凝土泵送参数会发生显著的变化，对混凝土的性能有更多不同的要求，所以要重新验证配合比。

## 7 生产控制与运输

### 7.1 一般规定

**7.1.2** 超高层建筑混凝土相比普通工程用混凝土，在质量控制方面要求更为严格。生产企业应根据工程结构类型和特点、工程量、材料供应情况、施工工艺（例如水下灌注大流动性、底板一次性连续浇筑或分仓浇筑、自密实混凝土施工等）和条件（例如使用不同泵送设备设施、不同气候环境、不同运输状况、不同养护方法等）等制定混凝土专项质量保证方案，并有效实施和定期复核，必要时进行调整。

**7.1.3** 超高层建筑混凝土质量要求较高，结构复杂，施工条件特殊，对于超厚大体积底板、超高泵送、自密实、高强等混凝土配合比，需要经过一系列试验试配，必要时进行足尺模拟试验或易泵性模拟试验，并严格按照验证配合比进行生产。在实际生产时，生产配合比可根据实际情况（骨料含水率、气温），由授权技术人员按规定对验证配合比进行适当调整。

**7.1.4** 不同搅拌站同时供应同一部位的混凝土时，配合比和原材料应保证一致。

### 7.2 计量与搅拌

**7.2.2** 准确计量是生产混凝土的基本要求。提高计量准确性的技术措施包括定期对设备计量特性自校、每工作班对设备计量零点和允许偏差检查等。

**7.2.5** 超高泵送混凝土有特殊的性能要求，当拌制超高泵送混凝土时，不得在同一时间段，使用同一台搅拌机拌制其他配合比的混凝土。

### 7.3 运输

**7.3.1** 要求合理调配运输车，即保证泵送浇筑连续性，又能及时根据现场实际情况合理安排车辆之间的紧凑性。出现车辆过多或不足时，应及时灵活调整。特别针对超高泵送混凝土，应保证混凝土连续泵送，不能出现混凝土供应不及时、混凝土供应速度过快现场待命时间过长或泵送故障泵机上的搅拌车等待时间过长造成可泵性差的情况，并应及时作出供应调整，保证泵送过程中混凝土的性能稳定性和泵送连续性。

**7.3.4** 针对超高泵送混凝土，提出混凝土在现在等待泵送浇筑的时间限制，目的是避免混凝土在现场等待时间过长而造成拌合物损失过大无法满足泵送。

**7.3.6** 现场混凝土拌合物不符合现场泵送施工要求的情况一般有：混凝土刚到现场就不符合、混凝土在现场等待时间长或在超高泵送过程中因中途堵泵等原因造成拌合物的性能损失等，每当进行超高泵送时如发现混凝土拌合物不符合泵送要求时，而如果进行二次调整的混

凝土难于保证混凝土超高泵送中经过高压、长距离后性能不会出现突变，不利于超高泵送的顺利进行，应作退货处理。



## 8 混凝土超高泵送

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 超高层建筑混凝土泵送技术要求高、施工成本大。本章适用于泵送高度300m及以上的施工，泵送高度300m以下时，可参考使用。

**8.1.2** 结构深化设计的目的是在保证构件的力学性能前提下，提高施工安装效率，保障混凝土浇筑顺利，从而保证浇筑质量。结构深化设计应符合设计要求，且与混凝土浇筑有关的措施应在结构施工前、钢结构加工前完成。

**8.1.3** 施工方案包括安全施工、质量控制、环境保护和应急预案等。超高层建筑混凝土各分部分项施工要求各异，应按照不同分部分项编制施工方案，方案内容应包括混凝土超高泵送过程中涉及的有关安全管理、质量控制和环境保护等，以及出现混凝土堵泵、混凝土爆管、泵送设备机械故障等突发事件所采取的应急措施。

**8.1.4** 超高泵送混凝土施工出现严重堵管（特别是竖向管道堵塞）或管道爆裂等突发情况，短期内不能修复，将严重影响工程质量和施工进度，同时造成巨大的经济损失，为此宜备用一套混凝土泵送管道应急使用。

### 8.2 混凝土泵的选配

**8.2.2** 混凝土超高泵送施工现场泵机布置，应考虑搅拌运输车进场和出场方便、安全，并使泵机出口与垂直输送管之间有一定长度的水平管，以抵消垂直管中混凝土自重造成的逆流压力。

**8.2.3** 参照深圳某超高层建筑项目的相关经验，混凝土泵的最大压力宜按泵送阻力计算值的1.5倍以上的确定。

**8.2.4** 常用的相关安全防护、隔声减振措施包括：

1 采用隔声减振材料，在混凝土泵周围搭建降噪室，起到隔声降噪、安全防护的作用；

2 管道的支撑可采用减振器与支撑墙面或地面相连，将管道振动与建筑体进行隔断，起到减振作用；

3 采用低噪声设备。

### 8.3 混凝土输送管的选型与布置

**8.3.2** 为了保证输送管道的高可靠性，增长耐磨时间，减少更换拆装，保证工程进度，输送管厚度的安全系数取2.0。参照深圳某超高层建筑项目的相关经验，超高超高压耐磨输送管可采用壁厚为10mm且由两种耐磨合金钢复合成型的输送管，其淬火硬度为HRC45～

HRC50。

**8.3.3** 水平管长度设置要求参照《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10标准规定，同时也在实际工程中得到验证，目的是，通过在混凝土泵与垂直配管之间铺设一定长度的水平管道，减轻混凝土自重产生的回流压力；水平截止阀用于泵送完成后管道清洗的废水残渣的回收处理。竖向截止阀用于避免垂直管路的混凝土回流，方便设备保养、水洗以及处理泵送设备故障和地面水平管的堵管事故。

根据相关的施工经验：当混凝土泵送高度过大时，竖向输送管内混凝土会产生显著反压力，需布置缓冲弯管。上海某超高层建筑工程竖向高度每隔 100m 到 150m 设置 3m~6m 的缓冲弯管，深圳某超高层建筑工程分别在楼层 37F（180m）、43F(205m)、59F(282m)、64F(305m)、85F(406m)、98F(469m)竖向方向布置两个弯管，均取得理想效果。具体施工方案应根据实际情况和经验确定。

**8.3.4** 当布料设备的管径小于输送管的管径时，出现管道径缩，泵送阻力加大，易造成堵管。布料设备一般固定在顶模或爬模平台，由于其在泵送过程中产生的倾覆力矩较大，安装前应进行布料设备在顶模或爬模验算，如不能满足，仍可采取有效方式与结构连接，以满足布料设备的重量和抗倾覆要求。

## 8.4 混凝土的泵送

**8.4.2** 检查内容除 JGJ/T 10 中 5.3.2（含条文说明）规定外，还应包括泵机高低压转换装置、截止阀、缓冲弯管和布料机等。

**8.4.4** 参照深圳某超高层建筑工程超高泵送实际经验，先使用水泥净浆润滑，再采用砂浆润滑，效果良好。1:1 水泥砂浆与常规使用的 1:2 水泥砂浆相比，更有利于混凝土超高泵送，其原因主要是 1:2 水泥砂浆含砂量高，容易造成泵送管内壁附着较多砂粒，增加泵送阻力。

**8.4.6** 若混凝土供应不及时，宜根据供应情况采取间歇泵送方式，放慢泵送速度以维持泵送的连续性。间歇泵送可采用每隔 4min~5min 进行两个行程反泵，再进行两个行程正泵的泵送方式，防止输送管内混凝土拌合物的离析和堵塞，受料斗中混凝土应保持一定高度，防止吸空或外喷。

**8.4.7** 混凝土经过超高压、超长距泵送，温度将显著升高。在高温条件下，如不控制混凝土入泵温度，混凝土泵的受料斗和输送管未采取有效降温措施，混凝土拌合物性能将产生显著变化，致使混凝土拌合物工作性能损失过大，不利于泵送。

**8.4.8** 配置超声波测厚仪定期对输送管壁厚进行检测，以防过度磨损而发生爆管。根据经验水平转垂直的弯管外侧磨损最为严重，水平输送管底部次之，这两处需增加检测频次。竖向输送管磨损最为轻微，且受现场施工条件限制，可能难以实现直接检测，故提出定期评估。

**8.4.9** 超高层结构施工时，混凝土浇筑量大、产生作业面较多，从而泵送次数较多。如不

能有效采取环保措施，在清洗泵管时将会耗费大量的水源和浆体。如直径为 125mm 输送管，采用清水冲洗约 12kg/m，按 300m 输送管算，则每次清洗混凝土量将大于 3t。混凝土泵机泵送清水把浆体输送至顶端直至泵出清水，在作业面上设置接收浆体容器，避免浆体进入结构而影响强度。泵出清水后，在首层泵机位置处启动液压截止阀，液压截止阀另一端口连接沉淀池，水体由自重回落至沉淀池，重复利用。

在技术创新中，为了节省水源，也有采用从高空作业面向下清洗泵管的案例。深圳某超高层建筑工程采取水气联洗的方式在作业面顶部向下进行混凝土泵管清洗。在作业面顶部设置大功率空压机，在顶部泵管中塞入双层海绵球夹水柱，设置转换连接接头将空压机产生的高压空气，配合双层海绵球夹水柱，将管道清洗完成。

## 9 混凝土浇筑与养护

**9.0.1** 夏季施工时，应采取措施，降低原材料温度，必要时可采用冰屑代替部分用水的降温方式降低混凝土入泵温度，有利于降低混凝土拌合物性能的经时损失，又能弥补因泵送摩擦对混凝土拌合物性能造成的不利影响。

**9.0.2~9.0.4** 本规程 3.0.2 已明确，超高层建筑混凝土应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。超高层建筑使用的大体积混凝土、高强混凝土、自密实混凝土、超高泵送混凝土等除应符合本规程的规定外，还应分别符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《大体积混凝土施工标准》GB 50496、《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281、《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283、《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 等的规定。基于超高层建筑的结构特点，特别强调相关内容，内容引自上述标准规程。

模板外侧辅助振捣措施一般有人工敲击或使用附着式振动器等方式。

**9.0.5** 超高层建筑具有工程桩直径大，底板混凝土厚，外框柱截面大，核心筒剪力墙设有型钢或钢板且配筋密集等特点，且随着高度增加风速不断增强，均需采取相应措施控制混凝土裂缝。根据超高层建筑混凝土实际施工经验，工程桩采用加大混凝土超灌厚度及泡水养护，底板大体积混凝土采用覆盖塑料薄膜加土工布浇水保湿保温养护，核心筒剪力墙挂土工布及喷雾养护或涂养护剂养护，外框柱包裹多层塑料薄膜防风保温保湿养护及掺加内养护剂养护等，效果良好。

**9.0.6** 应尽量采取浇水和潮湿养护，使用养护剂时要保证形成的养护膜致密无孔隙。

**9.0.7** 当混凝土构件外养护不方便时，可采用内养护剂。内养护剂是通过加大混凝土拌合用水，在混凝土硬化后逐步从混凝土内部释放水来进行混凝土内部的养护，需要调整混凝土的配合比设计，所以要通过相关的试验验证后方可使用。

**9.0.8** 《混凝土技术规范》DBJ 15-109 表 7.3.10 规定了混凝土表面与环境之间的最大允许温差。当温差大于 20℃，宜采取保护措施。

**9.0.10** 超高层建筑大体积混凝土强度等级高，混凝土内部最高温度一般高达 70℃ 以上，当采用预埋冷却水管降温方式时，根据《高性能混凝土应用技术规程》DBJ 15-130-2017 规定，冷却水温不得低于 50℃，否则容易在冷却水管与周围混凝土间因温差太大而产生裂缝。而确保冷却水温高于 50℃ 又能保证冷却效果是不易的，所以超高层建筑大体积混凝土采用预埋冷却水管降温方式需要经过技术论证。

## 10 质量检验

### 10.1 混凝土原材料质量检验

**10.1.1** 原材料质量证明文件包括型式检验报告、出厂批次、检验报告与合格证等，外加剂、纤维等产品还应具有使用说明书，水泥及其它胶凝材料、掺合料应提供矿物成分组成报告。

**10.1.2** 混凝土原材料存储应由专人负责，筒仓或堆场应悬挂明显的标识牌，标识牌中内容应详尽，以便生产质量控制人员及时掌握原材料情况，避免因标识不明造成误用而导致混凝土的质量问题。标识牌应注明原材料的品名、产地、等级、规格、数量、生产厂家、生产（或进场）日期、批次和检验状态等信息。

**10.1.3** 因考虑到超高层建筑混凝土质量稳定性和均质性要求高，取消了行内其他标准规定的当符合相关条件时检验批量可扩大一倍的规定。

### 10.2 混凝土性能检验

**10.2.1** 预拌混凝土的质量检验有出厂检验、交货检验和进场验收检验。交货检验不等同于进场验收检验。根据《预拌混凝土》GB/T 14902-2012 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2015，交货检验是由需方或双方认可的有检测资质的单位承担，对运输到交货地点的混凝土进行取样检测（取样的拌合物从运输车中卸取），以检测结果作为判定混凝土质量是否满足合同及订货要求的依据。一般情况下，进场检验是在监理方见证下，由施工方在混凝土浇筑地点进行取样，并委托有资质的单位检测，其检测结果作为工程验收的依据。

**10.2.2** 混凝土拌合物性能出厂检验参数中的选择性指标可根据混凝土配合比设计要求、实际施工浇筑情况等选取。

**10.2.3** 混凝土良好的工作性和匀质性是保证混凝土施工顺利进行的重要保证，生产企业在混凝土出厂前都会采取目测的方式判断混凝土的工作性能和匀质性，特别是超高泵送混凝土更加需要注意每车混凝土的出厂检测。

**10.2.5** 根据《深圳市绿色预拌混凝土和预拌砂浆技术规程》SJG 59-2019标准，混凝土试模应由铸钢制成，并符合该规程附录B的规定，不得使用塑料膜。《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081-2019规定：当混凝土强度等级不低于C60时，宜采用铸铁或铸钢试模。

## 附录A 超高层建筑混凝土最大泵送压力的计算

**A.0.1** 表A.0.1是参照《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10-2011，并结合深圳某超高层建筑工程的实际泵送经验数据修订确定的。

**A.0.2** 本条所列泵送阻力的计算方法与JGJ/T 10-2011有所不同，JGJ/T 10-2011中附录A是将向上垂直管、锥形管、弯管、软管等换算为水平管后进行计算，本规程则将混凝土自重产生的阻力引入计算，经比较，两种计算方式的结果相近（见表1、表2），但考虑到混凝土超高泵送距离长，附件数量多，且所使用的输送管管径大，因此采用了此计算方法。

表1 按照本规程方法计算的不同高度的泵送阻力

向上垂直管长度 (m)	水平管长度 (m)	90度弯管数量 (个) R1000	45度弯管数量 (个) R1000	混凝土坍落度 (mm)	泵管 内径 (mm)	泵机 排量 (m <sup>3</sup> /h)	分配阀和泵机启动 内耗 (MPa)	截止阀个数	每米水平管压 力损失 (Pa)	管总长度 (m)	泵送 阻力 (MPa)
100	20	10	2	200	150	40	1.2	2	6.33	120	<b>5.66</b>
200	40	12	2					2		240	<b>8.82</b>
300	60	14	2					2		360	<b>11.98</b>
400	80	16	2					2		480	<b>15.14</b>
500	100	18	2					2		600	<b>18.30</b>
600	120	20	2					2		720	<b>21.46</b>

注：混凝土表观密度按2450kg/m<sup>3</sup>计算。

表2 按照JGJ/T 10-2011方法计算的不同高度的泵送阻力

向上垂直管长度 (m)	水平管长度 (m)	90度弯管数量 (个) R1000	45度弯管数量 (个) R1000	混凝土坍落度 (mm)	泵管内径 (mm)	泵机排量 (m <sup>3</sup> /h)	分配阀和泵机启动内耗 (MPa)	截止阀个数	每米水平管压力损失 (Pa)	换算水平管长度 (m)	泵送阻力 (MPa)
100	20	10	2	200	150	40	1.2	2	6.33	619	<b>5.32</b>
200	40	12	2					2		1157	<b>8.72</b>
300	60	14	2					2		1695	<b>12.12</b>
400	80	16	2					2		2233	<b>15.52</b>
500	100	18	2					2		2771	<b>18.93</b>
600	120	20	2					2		3309	<b>22.33</b>