

山东省工程建设标准

超高程泵送混凝土应用技术规程

Technical specification for the Application of Ultra-high Range Pumping
Concrete

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发〈2019 年山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2019〕11 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结工程应用实践经验，参考国内有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

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. 原材料；5. 混凝土性能要求；6. 配合比；7. 制备与运输；8. 生产组织；9. 施工；10. 质量检验。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东建筑大学负责具体技术内容的解释。各相关单位在实施过程中，注意积累资料和数据，总结经验，如发现需要修改和补充之处，请及时将问题和建议反馈给山东建筑大学（地址：济南市历城区凤鸣路 1000 号，邮政编码：250101，联系方式：0531-86367072，E-mail: 1306855329@qq.com）以便修订时参考。

主 编 单 位：山东建筑大学

中建八局第二建设有限公司

参 编 单 位：山东城市建设职业学院

中建三局集团有限公司

济南四建集团建材有限责任公司

济南鸿旺混凝土有限公司

山东三箭资产管理有限公司

中建西部建设山东建泽混凝土有限公司

主要起草人员：逢鲁峰 郭 强 李海波 牛彦磊 房海波 李霖霖 沈玉婷
张云松 朱旭城 张 冬 牛成功 张从凯 董全文 姜德利
王 帅 杨冠杰 房桂芹 马志超 多晓梅 杨凤利 张海霞
史 平 宋瑞旭 张 振 王兰芹 仪登宇 尹聚民 常青山
常 建 戴国欣 杨昊林 季英瑞 刘思远 孙乐明 徐 建
赵 琦 李 超 屈云锋 许荣水 张海峰 胡 博 刘学岭
杨庆东 吴 勇 唐俊栋 槐衍廷 张 琦 王新磊 宁永生
张 磊 高 原 陈敬文 朱旭城 孙晓波 于庆华 于建增
王 华 周 超 王常春 霍建涛 李广银 矫艳军 刘桂红
任晓亚 周胜新 申京鹏 矫立明 许 磊 郑晓芳 贾文文

高维革 曾伟业 曹先广 张玲玲 王 真 曹树胜 程 龙
艾兆卿 孙仁东 程 鹏 展晶晶

(排名不分先后)

主要审查人员：宋少民 王彦明 袁惠星 张 毅 张秀芝 王 健 王龙志
崔忠英 朱学军

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 原材料	6
4.1 水 泥	6
4.2 矿物掺合料	6
4.3 骨 料	6
4.4 外加剂	7
4.5 水	7
4.6 其它材料	7
5 混凝土性能要求	8
5.1 拌合物性能	8
5.2 力学性能	9
5.3 长期性能和耐久性能	9
6 配合比	10
7 制备与运输	11
7.1 原材料控制	11
7.2 计量	11
7.3 搅拌	12
7.4 运输	12
8 生产组织	13
9 施工	14
9.1 基本规定	14
9.2 混凝土泵选型和布置	14
9.3 混凝土泵管选型和布置	14
9.4 布料设备的选型和布置	15

9.5 混凝土的泵送和浇筑	15
9.6 养护	16
10 质量检验	18
10.1 质量检验	18
10.2 检验评定	18
附录 A 混凝土泵送总泵程换算	19
附录 B 混凝土拌合物粘聚性试验和评价方法	21
附录 C 混凝土拌合物压力扩展度损失值检测方法	26
附录 D 倒置坍落度筒排空时间 20min 经时增加值检测方法	29
本规程用词说明	30
引用标准名录	31

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements.....	5
4	Raw Materials.....	6
4.1	Cement.....	6
4.2	Mineral Admixture.....	6
4.3	Aggregates.....	6
4.4	Chemical Admixture.....	7
4.5	Water.....	7
4.6	Other Materials.....	7
5	Specification for Technical Properties of Concrete.....	8
5.1	Mixture Properties.....	8
5.2	Mechanical Properties.....	9
5.3	Long-term Properties and Durability Properties.....	9
6	Mix Proportion.....	10
7	Preparation and Transportation.....	11
7.1	Quality Control of Raw Materials.....	11
7.2	Metering.....	11
7.3	Mixing.....	12
7.4	Transportation.....	12
8	Production Organization.....	13
9	Construction.....	14
9.1	Basic Requirements.....	14
9.2	Selection and Layout of Concrete Pump.....	14
9.3	Selection and Layout of Concrete Pump Pipe.....	14
9.4	Selection and Layout of Placing Equipment.....	15
9.5	Pumping and Pouring of Concrete.....	15

9.6 Curing.....	16
10 Quality Inspection.....	18
10.1 Quality Inspection.....	18
10.2 Inspection and Evaluation.....	18
Appendix A Conversion of Total Pump Range of Concrete Pumping.....	19
Appendix B Viscidity Test and Evaluation Method of Concrete Mixture.....	21
Appendix C Test Method of Pressure Slump-flow Losses of Concrete Mixture.....	26
Appendix D Test Method of Flow Time Increase of the Inverted Slump Cone after 20min.....	29
Explanation of Wording in This Code.....	30
List of Quoted Standards.....	31

1 总 则

1.0.1 为规范超高程泵送混凝土的应用，保证工程质量，做到技术先进、安全适用、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于超高程泵送混凝土的性能要求、原材料控制、配合比设计、制备与运输、生产组织、施工、质量检验和验收。

1.0.3 超高程泵送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 总泵程 total pumping range

各类布置状态下混凝土输送管路系统的累计水平换算距离。

2.1.2 超高程泵送 ultra-high range pumping

采用混凝土泵送机械设备将混凝土泵送垂直高度大于 100m 或水平换算距离泵程大于 350m 的施工方式。

2.1.3 超高程泵送混凝土 ultra-high range pumping concrete

满足超高程泵送施工技术要求的混凝土。

2.1.4 粘聚性 cohesion

混凝土拌合物各组成材料之间具有一定的粘聚力，使骨料在浆体中均匀分布，而不致产生分层和离析的性能。

2.1.5 匀质性 homogeneity

混凝土拌合物在自重力作用和相互作用状态下浇筑、振捣后各组成材料保持均匀分布的性能。

2.1.6 流动性 fluidity

混凝土拌合物在本身自重或机械振捣作用下能产生流动，并均匀密实的填充模板内空间的性能。

2.1.7 保水性 water retention

混凝土拌合物在施工过程中具有一定保持水份不易析出的能力，不致产生严重的泌水的性能。

2.1.8 浆料体积 paste volume

配合比计算得出的 1m^3 混凝土拌合物中胶凝材料和拌合水的总体积。

2.1.9 体积砂率 volume sand percentage

配合比计算得出的 1m^3 混凝土拌合物中砂子体积占砂子和石子体积总和的百分比。

2.1.10 倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量 emptying time increase of inverted slump cone after 20min

混凝土拌合物静置 20min 测定的与初始测定的倒置坍落度筒排空时间差值。

2.1.11 含气量 1h 经时变化量 air content variation after 1h

混凝土拌合物静置 1h 测定的含气量与初始测定的含气量差值。

2.2 符号

d_1 —向上垂直管的总长度；

d_2 —倾斜向上管的总长度；

d_3 —垂直向下及倾斜向下管的总长度；

H —坍落度筒的高度；

L —混凝土拌合物泵送总泵程；

L_1 —向上垂直管的水平换算距离；

L_2 —倾斜向上管的水平换算距离；

L_3 —垂直向下及倾斜向下管的水平换算距离；

L_4 —锥形管的水平换算距离；

L_5 —弯管的水平换算距离；

L_6 —胶管的水平换算距离；

n —锥形管的数量；

n_5 —弯管的数量；

n_6 —胶管的数量；

t_{p0} —初始混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间；

t_{p1} —静置 20 分钟混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间；

t_{s0} —混凝土拌合物初始倒置坍落度筒排空时间；

t_{s1} —静置 20 分钟混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间；

T_j —扩展度实测值 K_i 所对应的混凝土拌合物各个粘聚性等级相应的坍落度界限值；

V —坍落度筒的体积；

K_i —扩展度实测值；

k_{0b} —未加压的混凝土拌合物半坍落度筒扩展度；

k_m —加压后混凝土拌合物半坍落度筒扩展度；

γ_1 —向上垂直管的水平换算系数；

γ_2 —倾斜向上管的水平换算系数；

γ_3 —垂直向下及倾斜向下管的水平换算系数；

γ_4 —锥形管的水平换算系数；

γ_5 —弯管的水平换算系数；

γ_6 —胶管的水平换算系数。

π — 圆周率；

λ_i —混凝土拌合物粘聚性系数；

ϕ_i —混凝土拌合物粘聚性指标值

δ_k — 折算系数；

η_y —混凝土拌合物压力扩展度损失率；

Δk — 混凝土拌合物压力扩展度损失值；

Δk_b —加压后混凝土拌合物半坍落度筒压力扩展度损失值；

Δt_p — 混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量。

3 基本规定

3.0.1 超高程泵送混凝土的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能应满足设计和施工及有关规范标准要求。

3.0.2 超高程泵送混凝土应采用预拌混凝土，预拌混凝土标记应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

3.0.3 超高程泵送混凝土生产和施工前应进行方案策划、试验验证和技术交底，宜进行专家论证和实体模拟试验。

3.0.4 超高程泵送混凝土输送管路系统的总泵程按照附录 A 的规定计算得出。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 配制超高程泵送混凝土宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,其性能指标应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

4.1.2 配制 C60 及以上强度等级的超高程泵送混凝土时,应选用强度等级不低于 42.5 级的水泥。

4.1.3 外加剂应与水泥进行相容性试验,并满足施工技术要求。

4.1.4 生产超高程泵送混凝土时,水泥温度不宜高于 60℃。

4.1.5 水泥标准稠度用水量不宜大于 28%。

4.1.6 硅酸盐水泥比表面积不宜大于 380m²/Kg,普通硅酸盐水泥 45 μm 筛筛余不宜小于 7%。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 矿物掺合料宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉及硅灰。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 的规定;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 的规定;硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定。当选用其他矿物掺合料时,应通过试验进行验证,确定混凝土性能满足工程应用要求后再使用。

4.2.2 当掺加粉煤灰时,宜选用 II 级及以上的 F 类粉煤灰,烧失量不宜大于 4%,需水量比不宜大于 100%;当掺加粒化高炉矿渣粉时,规格等级不宜低于 S95 级,流动度比不宜小于 100%。

4.2.3 当混凝土泵送垂直高度大于 250m 时,宜掺加硅灰或功能性外加剂。

4.2.4 对于民用建筑工程,应检测矿物掺合料的放射性,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。

4.2.5 矿物掺合料使用时温度不宜高于 60℃,不得采用已结块的矿物掺合料。

4.3 骨料

4.3.1 粗骨料应符合国家现行相关标准的规定;粗骨料宜采用连续级配或 2 个以上单粒径级配搭配使用,最大公称粒径不应大于 25mm,当泵送高度大于 300m 时,最大公称粒径不应大于 20mm;含泥量不应大于 1%,泥块含量不应大于 0.5%,针片状含量不应大于 8%,不规则颗粒含量不应大于 10%,空隙率不宜大于 45%;不得混入风化颗粒,压碎值指标不宜大于 20%;吸水率不宜大于 2%。

4.3.2 细骨料应符合国家现行相关标准的规定,宜符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 I 类要求;细骨料宜选用细度模数为 2.3~3.0 的 II 区中砂,空隙率不宜大于 40%,压碎值指标不宜大于 18%,吸水率不宜大于 3%。

4.4 外加剂

4.4.1 外加剂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。

4.4.2 配制超高程泵送混凝土宜采用聚羧酸系高性能减水剂；配制 C60 及以上强度等级的混凝土时，减水率不应小于 25%，应具有降黏效果。

4.4.3 夏季施工时，应采用缓凝型泵送剂；冬期施工时，宜采用防冻剂或复合类防冻剂，并应符合国家、行业现行相关标准。

4.4.4 外加剂应经试验确定其最佳掺量，所选用的外加剂应与其他混凝土材料有良好的相容性，并满足施工技术要求。

4.4.5 外加剂储存和使用应符合国家、省、市有关环保要求；液态外加剂应储存在密闭容器内，并应防晒和防冻，当有沉淀、絮状物等异常现象时，应经搅拌均匀、检验合格后方可使用。

4.4.6 当采用的外加剂出现颜色、气味变化等性状变化时，应进行试验验证，检验合格后方可使用。

4.5 水

4.5.1 超高程泵送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。

4.5.2 冬期施工搅拌混凝土时，如需加热拌合水，拌合水温度不得高于 60℃。

4.6 其它材料

4.6.1 当设计要求掺加纤维时，应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 及其他现行相关标准规定；合成纤维应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的规定。

4.6.2 其他材料应符合国家、行业现行相关标准的规定。

5 混凝土性能要求

5.1 拌合物性能

5.1.1 超高程泵送混凝土拌合物应具有良好的流动性、粘聚性、保水性和匀质性，满足施工技术要求。

5.1.2 超高程泵送混凝土拌合物性能要求应满足表 5.1.2。

表 5.1.2 超高程泵送混凝土拌合物性能要求

技术要求 性能指标		Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	试验方法
		泵送高度 (m) : $100 \leq H < 200$ 或总泵程 L (m) : $350 \leq L < 650$	泵送高度 (m) : $200 \leq H < 300$ 或总泵程 L (m) : $650 \leq L < 950$	泵送高度 (m) : $H \geq 300$ 或总泵程 L (m) : $L \geq 950$	
扩展度 (mm)		≥ 550	≥ 600	≥ 650	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
倒置坍落度筒排空时间 (s)		≤ 9	≤ 7	≤ 5	
压力泌水率 (%)		≤ 30	≤ 25	≤ 20	
粘聚性 指标值	粘聚性指标等级	合格	良	优	见附录 B 当快速法与基准法 评价的结论不一致时， 以基准法为准
	基准法	$\phi_i \geq 60$ 且 $\phi_i < 75$	$\phi_i \geq 75$ 且 $\phi_i < 90$	$\phi_i \geq 90$	
	快速法	$T_i \geq T_3$ 且 $T_i < T_2$		$T_i \geq T_2$	
压力扩展度损失率 (%)		≤ 15			见附录 C
倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量 (s)		≤ 2			见附录 D
坍落度 (mm)		≥ 230			《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
含气量 1h 经时变化量 (%)		$-1.5 \sim +1.5$			《混凝土外加剂》GB 8076

5.1.3 超高程泵送混凝土拌合物中氯离子含量和碱总含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定和设计要求；混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应按现行行业标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322或按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270中混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法进行测定。

5.1.4 超高程泵送混凝土的凝结时间应满足施工要求。

5.1.5 混凝土拌合物性能试验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。

5.2 力学性能

5.2.1 超高程泵送混凝土的力学性能应满足设计和施工的要求。

5.2.2 超高程泵送混凝土的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。

5.3 长期性能和耐久性能

5.3.1 超高程泵送混凝土的长期性能和耐久性能必须满足设计要求。

5.3.2 超高程泵送混凝土长期性能和耐久性能试验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 的规定。

6 配合比

6.0.1 超高程泵送混凝土配合比设计应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，当配制的超高程泵送混凝土具有其他特殊性能要求和用途时，尚应符合国家相关现行标准的规定。

6.0.2 超高程泵送混凝土配合比的水胶比、可溶性氯离子含量和碱含量应符合设计要求及相关现行标准的规定，根据工程设计要求和结构特点，按照 5.1.2 条的规定，确定混凝土拌合物性能的规格类别及技术要求；超高程泵送混凝土配合比计算应按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 规定的方法进行，确定计算配合比；每立方混凝土中胶凝材料用量不宜低于 $360\text{kg}/\text{m}^3$ ，浆料体积量宜满足表 6.0.2 要求，配合比设计计算砂率宜采用体积砂率，砂率确定应综合考虑强度等级、水胶比、浆料体积、扩展度、砂子级配和石子最大粒径等因素。

表 6.0.2 每立方超高程泵送混凝土中浆料体积量最小限值

规格类别	Ⅲ类	Ⅱ类	I 类
每立方混凝土中浆料体积量 (m^3)	≥ 0.32	≥ 0.33	≥ 0.34

6.0.3 配合比试配时应采用工程实际使用的原材料，保持水胶比不变，通过调整配合比使混凝土拌合物性能满足 5.1.2 条的规定要求，确定试拌配合比。

6.0.4 在试配过程中，按照同一批材料，采用三个不同的配合比进行混凝土抗压强度试验。当试拌配合比水胶比小于 0.34 时，宜较试拌配合比分别增加或减少 0.02，砂率可相应增加或减少 1%；按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 规定的方法确定设计配合比，并满足设计和施工要求。

6.0.5 按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 规定的方法确定设计配合比后，尚应进行不少于三盘混凝土的重复试验，每盘制作的混凝土拌合物性能应满足 5.1.2 条的规定要求和施工技术要求，抗压强度不应低于配制强度。

6.0.6 设计配合比应在生产和施工前进行适应性试验，应以调整后的配合比作为施工配合比，首次生产时应进行开盘鉴定。

6.0.7 超高程泵送混凝土生产过程中，应及时检测粗、细骨料的含水率，并应根据其变化情况及时调整施工配合比。

7 制备与运输

7.1 原材料控制

7.1.1 各种原材料应分仓储存，并有明确的标识；材料进场时，除天然砂、石骨料外，应提供质量证明文件；质量证明文件应包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等，外加剂还应提供使用说明书。原材料进场需检验合格后方可入库贮存。

7.1.2 水泥应按品种、强度等级、生产厂家分别标识和储存；进场水泥宜进行与外加剂的相容性试验，并满足相应技术要求；应防止受潮及污染，不应使用结块的水泥；水泥出厂超过 3 个月应进行复检，合格方可使用。

7.1.3 骨料堆场应为能排水的硬质地面，并应有防尘和遮雨设施；不同品种、规格的骨料应分别储存，避免混杂或污染。

7.1.4 泵送剂进场后应采用工程实际使用的原材料和配合比，按照现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 进行相容性、减水率和坍落度（扩展度）1h 经时变化值试验，满足要求方可使用。外加剂应按品种和生产厂家分别标识和储存，粉状外加剂应防止受潮结块，如有结块，应进行检验，合格者应经粉碎至全部通过 300 μ m 方孔筛筛孔后方可使用；液态外加剂应储存在密闭容器内，并应采取防晒和防冻措施，如有沉淀异常现象，应经检验合格后方可使用。

7.1.5 矿物掺合料应按品种、规格等级和产地分别标识和储存，不应与水泥等其他粉状料混杂，并应防潮、防雨。

7.1.6 纤维应按品种、规格及生产厂家分别标识和储存。

7.2 计量

7.2.1 原材料计量宜采用电子计量设备。其精度应满足现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的有关规定；计量设备应定期校验，涉及合同结算的计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书；混凝土生产单位每月应对计量设备自检一次；每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

7.2.2 混凝土原材料计量允许偏差应符合表 7.2.2 的规定，原材料计量偏差应每班检查 1 次。

表 7.2.2 各种原材料计量的允许偏差

原材料种类	粉状材料	粗、细骨料	拌合用水	外加剂
累计计量允许偏差（按质量计%）	±1	±2	±1	±1
每盘计量允许偏差（按质量计%）	±2	±3	±1	±1

7.3 搅拌

7.3.1 混凝土搅拌机应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142 的规定。混凝土搅拌宜采用强制式搅拌机。

7.3.2 原材料投料方式应满足混凝土搅拌技术及混凝土拌合物质量的要求。搅拌应保证预拌混凝土拌合物质量均匀；同一盘混凝土搅拌匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

7.3.3 预拌混凝土搅拌时间应符合下列规定：

1 混凝土搅拌的最短时间应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定，混凝土搅拌的最短时间系指全部材料装入搅拌筒中起，到开始卸料止的时间；对于双卧轴强制式搅拌机，可在保证搅拌均匀的情况下适当缩短搅拌时间，且不宜小于 60s；混凝土搅拌时间应每班检查 2 次。

2 当制备特制品或掺用引气剂、膨胀剂和粉状外加剂的混凝土时，应延长搅拌时间。

7.4 运输

7.4.1 混凝土搅拌运输车应符合现行国家标准《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408 的规定；当遇寒冷、严寒或炎热的天气时，搅拌运输车搅拌罐应有保温或隔热措施。

7.4.2 搅拌运输车装料前，搅拌罐内应无积水或积浆，应定期清理搅拌罐内和管口的混凝土残渣，防止落入搅拌罐内；在运输过程中，应控制混凝土拌合物均匀并不产生分层离析。

7.4.3 搅拌运输车装料后，严禁向搅拌罐内的混凝土拌合物中加水。

7.4.4 当卸料前需在混凝土拌合物中掺入外加剂时，应在外加剂掺入后采用快档旋转搅拌；外加剂掺量和搅拌时间应有经试验确定的预案。

7.4.5 从搅拌机卸料至工程浇筑地点卸料时间不宜大于 90min，超过 90min，应采取有效措施，并通过试验验证。

7.4.6 混凝土的运输供应保证混凝土的连续泵送施工，并应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ / T10的有关规定。

8 生产组织

8.0.1 浇筑混凝土前，施工单位应制定混凝土施工浇筑方案及突发问题应急预案。

8.0.2 确定混凝土浇筑时间后，施工单位应将浇筑计划和浇筑方案告知混凝土生产单位，混凝土生产单位以此确定混凝土生产供应方案并进行生产供应准备。

8.0.3 浇筑混凝土过程中，施工单位应将浇筑部位、施工速度、混凝土强度等级交替浇筑节点、环保管控等方面的施工动态变化情况及时告知混凝土生产单位，混凝土生产单位作出相应的调整，保证混凝土浇筑施工质量。

8.0.4 混凝土生产单位应将材料储备、搅拌生产、运输交通、环保管控等方面的生产供应动态变化情况告知施工单位，施工单位作出相应的施工调整，保证混凝土浇筑施工质量。

8.0.5 当浇筑混凝土过程中出现异常情况时，应按照应急预案处理，保证施工质量及符合安全环保要求。

9 施工

9.1 基本规定

9.1.1 超高程泵送混凝土施工除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

9.1.2 超高程泵送混凝土施工应符合相关环保规定和要求。

9.1.3 浇筑混凝土前，应检查并保证模板、钢筋、预埋件和保护层符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

9.2 混凝土泵选型和布置

9.2.1 混凝土泵的选型应根据混凝土泵程、泵送垂直高度、泵管布置、浇筑的工程量、最大输送距离、单位时间最大输出量、浇筑进度要求、施工计划及施工方案要求等因素综合考虑确定。

9.2.2 混凝土泵的额定最大输出压力和型号，按照现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10 估算出的泵送压力确定，当最大泵送垂直高度大于 250m 时，混凝土泵的额定工作压力不宜低于 20MPa。

9.3 混凝土泵管选型和布置

9.3.1 混凝土泵管强度应与泵送条件相适应，应能承受混凝土泵的输送压力，混凝土泵管不应有龟裂、孔洞、凹凸损伤和弯折等缺陷，管道内应无残渣杂物；当最大泵送垂直高度大于 150m 时，混凝土泵管的选型应采用高压耐磨泵管；当新旧管配合使用时，应将新管布置在泵送压力较大处，宜应根据最大泵送压力计算出最小壁厚值，宜设置一套备用泵管。

9.3.2 混凝土泵管的连接方式应满足输送的密闭性，且能承受混凝土泵的输送压力；当最大泵送高度大于 250m 时，混凝土泵管的连接方式宜采用法兰盘螺栓连接方式。

9.3.3 混凝土泵管内径不应小于 125mm；当最大泵送高度大于 300m 时，混凝土泵管内径宜采用 150mm。

9.3.4 地面及缓冲段水平管折算长度不宜小于竖向管长度的 1/5，且不宜小于 15m；除终端出口处采用软管外，其余部位均不宜采用软管。

9.3.5 混凝土泵管的连接应牢固可靠；当最大泵送垂直高度大于 250m 时，泵口处不宜设置弯管；混凝土泵出口处水平管应采取有效措施加固，并应采取可靠措施固定牢固；混凝土泵管不得直接支承在钢筋、模板、预埋件及脚手架上，当现场条件受限时，宜另搭设专用支承架；水平管的固定支撑宜具有离地高度，宜为 400 mm~500mm；每条竖向管应有 2 个以上固定点；竖向管宜设钢支撑承受竖向管重量，竖向管下端的弯管不应作为支承点使用。

9.3.6 相邻竖管或水平管的连接应保持平直且在同一轴线上。

9.3.7 垂直泵送高度超过 100m 时，在混凝土泵出口端附近或垂直管底端应设置截止阀，截止阀宜采用液压油缸驱动；控制阀操作，插板宜采用浮动密封环结构。

9.3.8 泵管应合理布置，弯管数量不宜大于 5 处，相临弯管的间距不宜小于 10m。

9.3.9 除泵机出料口处，同一管路中应采用相同管径的输送管。

9.4 布料设备的选型和布置

9.4.1 布料设备的选型和布置宜保证浇筑面全覆盖。

9.4.2 布料机出口与浇筑面的高差不应大于 2m，否则应采取措施防止混凝土离析。

9.5 混凝土的泵送和浇筑

9.5.1 浇筑混凝土前，应清除浇筑工作面上的杂物，木模板应喷水湿润，但不得留有积水。

9.5.2 混凝土输送泵应安装牢固，启动前应进行全面检查。

9.5.3 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；泵送时，应保证水箱或活塞清洗室中水量充足；泵管连接部件应密封良好且牢固，当泵送过程中泵管接头出现喷水或脱落现象时，应重新安装；泵送完毕后，应清除泵内积水。

9.5.4 经泵送清水检查，确认混凝土泵和输送管中无异物后，应选用下列浆液中的一种润滑混凝土泵和输送管内壁：

- 1 水泥净浆；
- 2 1:2水泥砂浆；
- 3 与混凝土内除粗骨料外的其他成分相同配合比的水泥砂浆；
- 4 专用润管浆液。

润滑用浆料泵出后应妥善回收，不得作为结构混凝土使用。

9.5.5 混凝土泵进料斗应安置网筛，筛孔不宜大于 50mm，防止异物入泵堵塞，及时清理堆积异物。

9.5.6 混凝土拌合物应经检测或监测和易性合格后方可入泵，当卸料过程中混凝土拌合物和易性出现明显变化时，应停止卸料，并采取有效措施使入泵的混凝土满足泵送施工技术要求；混凝土搅拌车罐内或混凝土泵斗内严禁任意加水 and 外加剂。因运距过远、交通或现场等问题造成坍落度损失较大而卸料困难时，可采用在混凝土拌合物中掺入适量减水剂并快档旋转搅拌罐的措施，减水剂掺量应有经试验确定的预案。

9.5.7 混凝土拌合物入泵前，混凝土搅拌运输车应高速反向旋转搅拌罐体，使混凝土拌合均匀后方可卸

料；卸料时应配合泵送速度均匀进行，混凝土泵料斗内的混凝土拌合物宜保持在料斗高度标志线以上；中断卸料时，应保持搅拌罐体反向低速转动；卸料完毕后，应清洗混凝土搅拌运输车罐体内部并排净积水。

9.5.8 开始泵送混凝土拌合物时，应控制混凝土输送泵处于匀速缓慢运行并随时可反泵的状态；泵送速度宜先慢后快，逐步加速，同时应观察混凝土泵的压力和各系统的工作情况，待各系统运转正常后，方可正常速度进行泵送。

9.5.9 浇筑时，应先浇筑高强度等级混凝土，后浇筑低强度等级混凝土；当不同强度等级混凝土交替浇筑时，应采取有效措施防止低强度等级混凝土混入高强度等级混凝土结构中，保证结构安全。

9.5.10 混凝土泵送应连续进行；当非堵塞性短暂停泵时，混凝土泵斗内的混凝土应保持搅拌状态，宜进行慢速间歇泵送，每隔 4min~5min 进行两个行程反泵，再进行两个行程正泵；因故必须中断时，中断时间不应超过 30min，否则应采取有效措施，满足浇筑施工技术要求。

9.5.11 混凝土泵送过程中，混凝土泵应有专业人员操作，监控泵压及设备运行情况；当混凝土泵压力出现较大幅度升高且不稳定、油温升高、输送管明显振动等现象时，不宜持续泵送，由专业人员查明原因，采取措施排除故障。

9.5.12 在混凝土泵送过程中，当需加接 3m 以上的输送管时，应预先用水或通泵砂浆对管道内壁进行湿润和润滑。

9.5.13 当堵泵时，应及时查找原因，故障排除；当 30min 内无法排除故障时，应启用备用泵管进行混凝土输送，并及时拆除清理堵塞的泵管。

9.5.14 浇筑时，应采取措施控制浇筑的时间和浇筑量，保证混凝土结构体不出现冷缝，竖向结构每层浇筑厚度不宜大于 500mm。

9.5.15 浇筑完毕后，应清除掉泵管中的残渣杂物；清洗方式宜采用先清后洗的方式。清理出的残渣应妥善处理，避免产生环境污染，宜设置专用通道将洗泵的残渣集中收集在指定地点。

9.5.16 高温施工时，混凝土拌合物入模温度不应高于 35℃；冬期施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃。当不符合要求时，应采取相应措施。

9.5.17 混凝土强度达到 1.2MPa 前，不得在其上踩踏。

9.6 养护

9.6.1 根据施工条件和环境情况，选用合理的养护方式。

9.6.2 混凝土浇筑完毕后宜采用塑料薄膜覆盖养护，混凝土表面应覆盖严密，并应保持膜内有凝结水；当采用养护剂养护时，应试验养护剂的保湿效果。

9.6.3 采用喷水和潮湿覆盖的养护时间不应少于 7d，不宜少于 14d；对于竖向混凝土结构及有特殊要求的部位，养护时间宜适当延长；宜采用自动保湿系统进行养护。

9.6.4 冬期施工混凝土养护应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JG J104 相关规定。

10 质量检验

10.1 质量检验

10.1.1 超高程泵送混凝土的原材料质量检验应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

10.1.2 超高程泵送混凝土拌合物性能检验批次应按现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定执行。配合比设计及开盘鉴定时应按照本规程第 5 章的规定进行检验；过程控制时，应至少检验坍落度、扩展度、粘聚性指标值及倒置坍落度筒排空时间，其他项目的检验根据设计要求或由供需双方协商确定。

10.1.3 硬化混凝土性能检验应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

10.2 检验评定

10.2.1 超高程泵送混凝土原材料的质量应符合本规程第 4 章的规定。

10.2.2 超高程泵送混凝土拌合物性能应符合本规程第 5 章的规定。

10.2.3 超高程泵送混凝土强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定进行检验评定。

10.2.4 超高程泵送混凝土耐久性能应按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定进行检验评定。

10.2.5 超高程泵送高强混凝土可采用 60d 龄期验收。

附录 A 混凝土泵送总泵程换算

A.0.1 本方法用于混凝土拌合物混凝土输送管路总泵程的换算。

A.0.2 混凝土拌合物输送管路总泵程即各类布置状态下混凝土输送管路系统的累计水平换算距离，总泵程按照公式 A.0.2-1 计算。

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 \quad (\text{A.0.2-1})$$

式中：L—混凝土拌合物泵送总泵程，单位 m，精确至 0.1m；

L_1 —向上垂直管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-2 计算，精确至 0.1m；

$$L_1 = d_1 \cdot \gamma_1 \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中： d_1 —向上垂直管的总长度，单位 m，精确至 0.1m；

γ_1 —向上垂直管的水平换算系数，按照表 A.2 取值；

L_2 —倾斜向上管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-3 计算，精确至 0.1m；

$$L_2 = d_2 \cdot \gamma_2 \quad (\text{A.0.2-3})$$

式中： d_2 —倾斜向上管的总长度，单位 m，精确至 0.1m；

γ_2 —倾斜向上管的水平换算系数，按照表 A.2 取值；

L_3 —垂直向下及倾斜向下管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-4 计算，精确至 0.1m；

$$L_3 = d_3 \cdot \gamma_3 \quad (\text{A.0.2-4})$$

式中： d_3 —垂直向下及倾斜向下管的总长度，单位 m，精确至 0.1m；

γ_3 —垂直向下及倾斜向下管的水平换算系数，按照表 A.2 取值；

L_4 —锥形管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-5 计算，精确至 0.1m；

$$L_4 = n_4 \cdot \gamma_4 \quad (\text{A.0.2-5})$$

式中： n_4 —锥形管的数量，单位为根；

γ_4 —锥形管的水平换算系数，按照表 A.2 取值；

L_5 —弯管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-6 计算，精确至 0.1m；

$$L_5 = n_5 \cdot \gamma_5 \quad (\text{A.0.2-6})$$

式中： n_5 —弯管的数量，单位为只；

γ_5 —弯管的水平换算系数，按照表 A.2 取值；

L_6 —胶管的水平换算距离，单位 m，按照公式 A.0.2-7 计算，精确至 0.1m；

$$L_6 = n_6 \cdot \gamma_6 \quad (\text{A.0.2-7})$$

式中： n_6 —胶管的数量，单位为只；

γ_6 一胶管的水平换算系数，按照表 A.0.2 取值。

表 A.0.2 混凝土输送管水平换算

管类别或布置状态	水平换算距离	换算单位	管规格		水平换算系数	
向上垂直管	L_1	每米	管径(mm)	100	γ_1	3
				125		4
				150		5
倾斜向上管	L_2	每米	管径(mm)	100	γ_2	$\cos\alpha+3\sin\alpha$
				125		$\cos\alpha+4\sin\alpha$
				150		$\cos\alpha+5\sin\alpha$
垂直向下及倾斜向下管	L_3	每米			γ_3	1
锥形管	L_4	每根	锥径变化(mm)	175→150	γ_4	4
				150→125		8
				125→100		16
弯管（弯管张角为 β ， $\beta \leq 90^\circ$ ）	L_5	每只	弯曲半径(mm)	500	γ_5	$12\beta/90$
				1000		$9\beta/90$
胶管	L_6	每只	长 3m~5m		γ_6	20

附录 B 混凝土拌合物粘聚性试验和评价方法

B.0.1 本方法用于混凝土拌合物粘聚性的检测和评价。

B.0.2 试验仪器：

1 混凝土坍落度仪，应符合《混凝土坍落度仪》JG/T 248 和《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016 标准相关规定；

2 钢直尺或钢卷尺，量程不应小于 800mm，分度值不应大于 1mm；

3 底板应采用平面尺寸不小于 1500mm×1500mm、厚度不小于 3mm 的钢板，其最大挠度不应大于 3mm。

B.0.3 混凝土拌合物粘聚性试验按下列步骤进行：

1 对混凝土拌合物进行取样，取样后 5min 内对混凝土拌合物试样进行坍落度和扩展度检测，测定出水泥混凝土拌合物试样的坍落度实测值 T_i 和扩展度实测值 K_i ，单位均为 mm，精确至 1mm。坍落度和扩展度检测应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 标准要求；

2 将扩展度实测值 K_i 带入公式 B.0.3.1 计算，经计算得到该扩展度实测值 K_i 对应的混凝土拌合物粘聚性 3 个等级对应的坍落度界限值 T_{ji}

$$T_j = H - \frac{12 \cdot V}{(1 + \lambda_i + \lambda_i^2) K_i^2 \cdot \pi} \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中： T_j — 扩展度实测值 K_i 所对应的混凝土拌合物各个粘聚性等级相应的坍落度界限值，单位 mm，精确至 1mm；

H — 坍落度筒的高度，单位为 mm，精确至 1mm；

V — 坍落度筒的体积，单位为 mm^3 ，精确至 1mm^3 ；

K_i — 扩展度实测值，单位 mm，精确至 1mm；

π — 圆周率；

λ_i — 混凝土拌合物粘聚性系数，精确至 0.01，将水泥混凝土拌合物粘聚性分为 3 个等级，所对应的 λ_i ，见表 B.0.3-1。

表 B.0.3-1 混凝土拌合物粘聚性等级划分及对应的粘聚性系数 λ_i

混凝土拌合物粘聚性等级	I 类	II 类	III 类
混凝土拌合物粘聚性系数 λ_i	$\lambda_i = \lambda_1$	$\lambda_i = \lambda_2$	$\lambda_i = \lambda_3$
	λ_1 取 0.5	λ_2 取 0.2	λ_3 取 0.01

各粘聚性等级对应的坍落度界限值计算公式，见公式 B.0.3-2、B.0.3-3 和 B.0.3-4。

$$T_1 = 300 - \frac{12000000}{K_i^2} \quad (\text{B.0.3-2})$$

$$T_2 = 300 - \frac{16935484}{K_i^2} \quad (\text{B.0.3-3})$$

$$T_3 = 300 - \frac{20790021}{K_i^2} \quad (\text{B.0.3-4})$$

式中： T_1 —当混凝土拌合物粘聚性等级为 I 类时，扩展度实测值 K_i 所对应的所对应的坍落度界限值，单位 mm，精确至 1mm；

T_2 —当混凝土拌合物粘聚性等级为 II 类时，扩展度实测值 K_i 所对应的所对应的坍落度界限值，单位 mm，精确至 1mm；

T_3 —当混凝土拌合物粘聚性等级为 III 类时，扩展度实测值 K_i 所对应的所对应的坍落度界限值，单位 mm，精确至 1mm。

不同扩展度对应的各粘聚性等级坍落度界限值，可参照表 B.0.3-2。

3 混凝土拌合物粘聚性指标值 ϕ_i 按照公式 B.0.3-5 计算， T_1 、 T_2 、 T_3 按表 B.3.3 取值。

$$\phi_i = 60 + \frac{40 \cdot (T_i - T_3)}{(T_1 - T_3)} \quad (\text{B.0.3-5})$$

式中： ϕ_i — 混凝土拌合物粘聚性指标值，单位为分，精确至 0.1 分。

表 B.0.3-2 混凝土拌合物粘聚性等级对应的坍落值最小限值

扩展度 K _i (mm)	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	T ₁ - T ₃ (mm)	扩展度 K _i (mm)	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	T ₁ - T ₃ (mm)
	T ₃ (mm)	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)			T ₃ (mm)	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	
400	170	194	225	55	488	213	229	250	37
402	171	195	226	55	490	213	229	250	37
404	173	196	226	53	492	214	230	250	36
406	174	197	227	53	494	215	231	251	36
408	175	198	228	53	496	216	231	251	35
410	176	199	229	53	498	216	232	252	36
412	177	200	229	52	500	217	232	252	35
414	179	201	230	51	502	217	233	252	35
416	180	202	231	51	504	218	233	253	35
418	181	203	231	50	506	219	234	253	34
420	182	204	232	50	508	219	234	253	34
422	183	205	233	50	510	220	235	254	34
424	184	206	233	49	512	221	235	254	33
426	185	207	234	49	514	221	236	255	34
428	186	208	234	48	516	222	236	255	33
430	187	208	235	48	518	222	237	255	33
432	189	209	236	47	520	223	237	256	33
434	190	210	236	46	522	224	238	256	32
436	191	211	237	46	524	224	238	256	32
438	192	212	237	45	526	225	239	257	32
440	193	213	238	45	528	225	239	257	32
442	193	213	239	46	530	226	240	257	31
444	194	214	239	45	532	226	240	258	32
446	195	215	240	45	534	227	241	258	31
448	196	216	240	44	536	228	241	258	30
450	197	216	241	44	538	228	242	259	31
452	198	217	241	43	540	229	242	259	30
454	199	218	242	43	542	229	242	259	30
456	200	219	242	42	544	230	243	259	29
458	201	219	243	42	546	230	243	260	30
460	202	220	243	41	548	231	244	260	29
462	203	221	244	41	550	231	244	260	29
464	204	221	244	40	552	232	244	261	29
466	204	222	245	41	554	232	245	261	29
468	205	223	245	40	556	233	245	261	28
470	206	223	246	40	558	233	246	261	28
472	207	224	246	39	560	234	246	262	28
474	208	225	247	39	562	234	246	262	28
476	208	225	247	39	564	235	247	262	27
478	209	226	247	38	566	235	247	263	28
480	210	226	248	38	568	236	248	263	27
482	211	227	248	37	570	236	248	263	27
484	211	228	249	38	572	236	248	263	27
486	212	228	249	37	574	237	249	264	27

续表 B.0.3-2 混凝土拌合物粘聚性等级对应的坍落值最小限值

扩展度 K _i (mm)	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	T ₁ - T ₃ (mm)	扩展度 K _i (mm)	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类	T ₁ - T ₃ (mm)
	T ₃ (mm)	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)			T ₃ (mm)	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	
576	237	249	264	27	664	253	262	273	20
578	238	249	264	26	666	253	262	273	20
580	238	250	264	26	668	253	262	273	20
582	239	250	265	26	670	254	262	273	19
584	239	250	265	26	672	254	262	273	19
586	239	251	265	26	674	254	263	274	20
588	240	251	265	25	676	255	263	274	19
590	240	251	266	26	678	255	263	274	19
592	241	252	266	25	680	255	263	274	19
594	241	252	266	25	682	255	264	274	19
596	241	252	266	25	684	256	264	274	18
598	242	253	266	24	686	256	264	275	19
600	242	253	267	25	688	256	264	275	19
602	243	253	267	24	690	256	264	275	19
604	243	254	267	24	692	257	265	275	18
606	243	254	267	24	694	257	265	275	18
608	244	254	268	24	696	257	265	275	18
610	244	254	268	24	698	257	265	275	18
612	244	255	268	24	700	258	265	276	18
614	245	255	268	23	702	258	266	276	18
616	245	255	268	23	704	258	266	276	18
618	246	256	269	23	706	258	266	276	18
620	246	256	269	23	708	259	266	276	17
622	246	256	269	23	710	259	266	276	17
624	247	257	269	22	712	259	267	276	17
626	247	257	269	22	714	259	267	276	17
628	247	257	270	23	716	259	267	277	18
630	248	257	270	22	718	260	267	277	17
632	248	258	270	22	720	260	267	277	17
634	248	258	270	22	722	260	267	277	17
636	249	258	270	21	724	260	268	277	17
638	249	258	271	22	726	261	268	277	16
640	249	259	271	22	728	261	268	277	16
642	250	259	271	21	730	261	268	277	16
644	250	259	271	21	732	261	268	278	17
646	250	259	271	21	734	261	269	278	17
648	250	260	271	21	736	262	269	278	16
650	251	260	272	21	738	262	269	278	16
652	251	260	272	21	740	262	269	278	16
654	251	260	272	21	742	262	269	278	16
656	252	261	272	20	744	262	269	278	16
658	252	261	272	20	746	263	270	278	15
660	252	261	272	20	748	263	270	279	16
662	253	261	273	20	750	263	270	279	16

B.0.4 混凝土拌合物粘聚性定量评价

按照表 B.0.4 的规定对混凝土拌合物粘聚性进行评价。

表 B.0.4 混凝土拌合物粘聚性指标评价表

混凝土拌合物粘聚性等级		I 类	II 类	III类
混凝土拌合物粘聚性技术要求		优	良	合格
	基准法	$\Phi_i \geq 90$	$\phi_i \geq 75$ 且 $\phi_i < 90$	$\phi_i \geq 60$ 且 $\phi_i < 75$
	快速法	$T_i \geq T_2$		$T_i \geq T_3$ 且 $T_i < T_2$
备注	当快速法与基准法评价的结论不一致时，以基准法为准。			

附录 C 混凝土拌合物压力扩展度损失检测方法

C.0.1 本方法用于混凝土拌合物压力扩展度损失值的检测。

C.0.2 试验仪器：

1 混凝土坍落度仪，应符合现行国家标准《混凝土坍落度仪》JG/T 248 和《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080 标准的规定；

2 半坍落度筒、捣棒及玻璃板应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119-2013 标准附录 A 中 A.0.2 的规定；

3 钢直尺或钢卷尺，量程不应小于 800mm，分度值不应大于 1mm；

4 混凝土压力泌水仪应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080 标准相关要求。

C.0.3 混凝土拌合物压力扩展度损失值的检测按下列步骤进行：

1 对混凝土拌合物进行取样，并拌合均匀，取样数量不少于 15L。

2 抽取其中一部分混凝土拌合物试样，采用坍落度筒测定混凝土拌合物扩展度 k_0 ，单位为 mm，精确至 1mm；采用半坍落度筒测定混凝土拌合物扩展度 k_{0b} ，单位为 mm，精确至 1mm，装料前应采用孔径 31.5mm 筛筛除混凝土拌合物中超过 31.5mm 的骨料，装料时不可插捣，采用橡皮锤轻轻对缸体外壁对称均匀敲打 5~6 次，至半坍落度筒内混凝土拌合物表面不见大气泡和不再下沉为止。半坍落度筒内腔尺寸，见图 C.0.3-1。

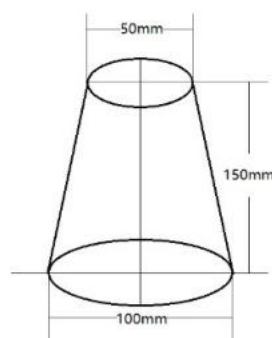


图 C.0.3-1 半坍落度筒内腔尺寸

3 同时抽取其中一部分混凝土拌合物试样，进行加压试验，具体为：

1) 安装混凝土压力泌水仪，并使其保持水平，打开混凝土压力泌水仪，见图 C.0.3-2，在其底仓依次由上至下放入滤纸、穿孔钢板、滤纸、金属网，见图 C.0.3-3，然后往底仓内注水至与穿孔钢板表面平齐；

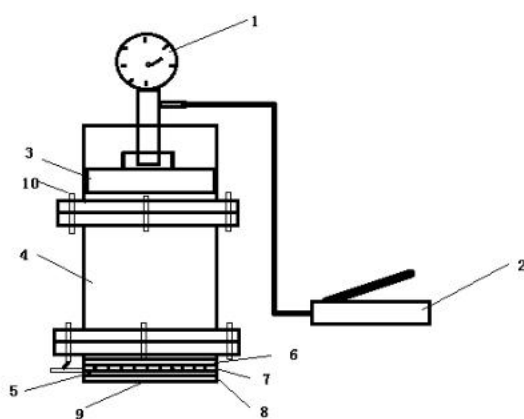


图 C.0.3-2 混凝土压力泌水仪

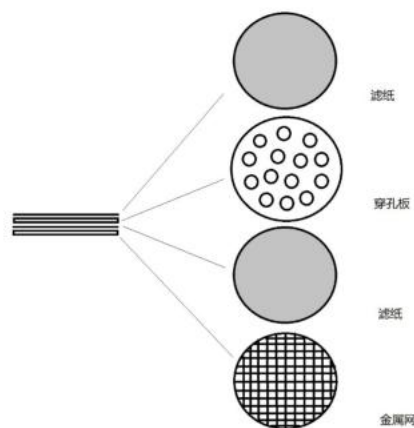


图 C.0.3-3 滤纸、穿孔钢板、滤纸、金属网组合

1—压力表；2—油泵；3—活塞；4—承压缸体；5—底仓；6—上层滤纸；7—穿孔钢板；8—下层滤纸；9—金属滤网；10—联结紧固螺栓。

2) 将混凝土拌合物试样装入承压缸体分两层装入压力泌水仪的缸体容器内，每层插捣次数为 5 次，捣棒由边缘向中心均匀插捣，并用橡皮锤轻轻对缸体外壁对称均匀敲打 4~6 次，至拌合物表面插捣孔消失并不见大气泡为止；

3) 安装混凝土压力泌水仪完毕后，拧紧紧固螺栓，并保证不透气，启动油泵进行加压，加压至 3.6MPa~3.8MPa，对应油泵压力表显示 55MPa~58MPa，并保持 30s，打开排水阀，拆除混凝土压力泌水仪，将水泥混凝土拌合物试样取出并拌合均匀；

4) 采用半坍落度筒测定加压后混凝土拌合物扩展度 k_m ，单位均为 mm，精确至 1mm，检测方法见 C.3.2 条；混凝土拌合物压力扩展度 k_l 测定与第 2 步检测的时间间隔不应大于 10min。

C.0.4 检测的加压后混凝土拌合物物半坍落度筒扩展度损失值 Δk_b 按照公式 C.0.4 计算。

$$\Delta k_b = k_{ob} - k_m \quad (C.0.4)$$

式中： Δk_b —加压后混凝土拌合物半坍落度筒压力扩展度损失值，单位为 mm，精确至 1mm；

k_{ob} —未加压的混凝土拌合物半坍落度筒扩展度，单位为 mm，精确至 1mm；

k_m —加压后混凝土拌合物半坍落度筒扩展度，单位为 mm，精确至 1mm。

C.0.5 混凝土拌合物压力扩展度损失值 Δk 按照公式 C.0.5 计算。

$$\Delta k = \Delta k_b \cdot \delta_k \quad (C.0.5)$$

式中： Δk —混凝土拌合物压力扩展度损失值，单位为 mm，精确至 1mm；

δ_k —折算系数，可按 2.2~2.4 取值。

C.0.6 混凝土拌合物压力扩展度损失率 η_y 按照公式 C.0.6 计算。

$$\eta_y = \frac{\Delta k_b}{k_{0b}} \times 100\% \quad (\text{C.0.6})$$

式中： η_y —混凝土拌合物压力扩展度损失率，单位为%，精确至 0.1%。

附录 D 倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量检测方法

D.0.1 本方法用于混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量的检测。

D.0.2 试验仪器：

1 混凝土坍落度仪，应符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》JG/T 248 的规定；

2 倒坍落度筒排空试验仪应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080 标准的规定，倒坍落度筒排空试验仪的排口处应设置阀门，阀门关闭时应具有较好的密封性；

3 秒表，分度值不应大于 1s。

D.0.3 混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量的检测按下列步骤进行：

1 对混凝土拌合物进行取样，并拌合均匀，取样数量不少于 15L；

2 取样后在 5min 内，抽取其中一部分混凝土拌合物试样，按照 GB/T50080 规定的方法测定混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间，得到初始排空时间 t_{p0} ；当混凝土拌合物试样扩展度大于 550mm 时，装料过程每层插捣次数为 5 次；

3 取样后在 5min 内，抽取另一部分混凝土拌合物试样，关闭密封盖，重复步骤 2 的方法将混凝土拌合物试样装入倒置的坍落度筒内静置，静置过程中应防止混凝土拌合物试样受到振动和扰动，静置 20 分钟，打开密封盖，重复步骤 2 的方法测定混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间，得到静置 20min 排空时间 t_{p1} 。

D.0.4 混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量 Δt_p 按公式 D.0.4 计算，精确至 0.1s。

$$\Delta t_p = t_{p1} - t_{p0} \quad (\text{D.0.4})$$

式中： Δt_p — 混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量，单位 s，精确至 0.1s；

t_{p0} — 初始混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间，单位 s，精确至 0.1s；

t_{p1} — 静置 20 分钟混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间，单位 s，精确至 0.1s。

本规程用词说明

1 为方便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，非这样做不可的用词：

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，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 4 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119-2013
- 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 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 8 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
- 9 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 10 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 11 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 12 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 13 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 14 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 15 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》 GB/T 9142
- 16 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》 GB/T 10171
- 17 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 18 《建设用砂》 GB/T 14684
- 19 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 20 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
- 21 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
- 22 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 23 《混凝土泵送技术规程》 JGJ/T 10
- 24 《混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 25 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 26 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
- 27 《纤维混凝土应用技术规程》 JGJ/T 221
- 28 《人工砂混凝土应用技术规程》 JGJ/T 241
- 29 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
- 30 《混凝土搅拌运输车》 JG/T 5094

山东省工程建设标准

超高程泵送混凝土应用技术规程

Technical specification for the Application of Ultra-high Range Pumping
Concrete

条文说明

目 次

1 总则	34
2 术语和符号	35
3 基本规定	36
4 原材料	37
5 混凝土性能要求	39
6 配合比	41
7 制备与运输	43
8 生产组织	44
9 施工	45
10 质量检验	48
附录 B 混凝土拌合物粘聚性试验和评价方法	49
附录 C 混凝土拌合物压力扩展度损失值检测方法	50
附录 D 倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量检测方法	52

1 总 则

1.0.1 超高层建筑工程混凝土泵送施工技术和管理难度大,控制不好,易出现问题,超高程泵送混凝土应用技术已成为超高层建筑施工中的关键技术之一,有必要进行经验总结和规范,保证工程质量。

1.0.2 生产组织作为施工单位与混凝土生产单位沟通协调性管理工作,对超高程泵送混凝土的应用施工较为重要,因此,在本规程单独列一章进行规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 总泵程

参考《混凝土泵送施工技术规程》JGJ.T 10-2011中3.3.4条和附录A的相关规定,将“各类布置状态下混凝土输送管路系统的累计水平换算距离”规定为总泵程。

2.1.2 超高程泵送

现行国家标准《民用建筑设计统一标准》GB 50352-2019 中 3.1.2 条规定:“建筑高度大于 100m 为超高层建筑”,由此可以将泵送垂直高度大于 100m 的泵送施工视为超高程泵送。按照附录 A 换算方法,当向上泵送垂直高度为 100m 时,向上垂直管最小换算系数为 3,按 4 个 90° 弯管(弯曲半径按 500mm),经计算,经计算总泵程为 350m,因此将总泵程大于 350m 的泵送施工也视为超高程泵送。

2.1.10 倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量

针对混凝土拌合物泵送施工过程中存在因混凝土搅拌车交替上泵或中途间歇停滞泵送一定时间的现象,混凝土拌合物停滞一定时间易出现分层、骨料下沉等稳定性差的现象,易引发混凝土泵堵塞问题;经试验实践经验发现,混凝土拌合物的分层、骨料下沉程度越大,倒置坍落度筒排空时间相应也越大,因此,本标准将倒置坍落度筒排空时间 20min 经时增加值作为表征混凝土拌合物稳定性的技术指标。

2.1.11 含气量 1h 经时变化量

含气量 1h 经时变化量越大,会在一定程度上影响混凝土的可泵性和强度。

3 基本规定

3.0.2 超高程泵送混凝土采用预拌混凝土，由专业的、技术成熟的混凝土生产单位生产，更有利于质量控制。

3.0.3 对于施工难度大的重要工程结构施工，当施工单位和混凝土生产单位没有相关的超高程泵送混凝土施工案例和实践经验时，施工前除了需要进行方案策划、试验验证和技术交底外，浇筑施工前宜进行实体模拟试验，提前发现问题，解决问题，规避风险，有助于提高超高程泵送混凝土泵送浇筑施工的成功率，保证施工质量。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 施工过程中宜保持选用水泥的稳定性。

4.1.4 生产超高程泵送混凝土时，水泥温度过高，会增加混凝土流动性的损失，甚至出现凝结异常。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 掺加粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等矿物掺合料有助于改善混凝土拌合物的和易性，但吸水率大的矿物掺合料，会一定程度上增大拌合用水量，损害与减水剂的适应性，造成混凝土坍落度损失加大。

4.2.3 掺加硅灰有利于改善混凝土的保水性、润滑性，提高混凝土的可泵性，参考 JGJ 55-2011 中 7.3.2 条规定：“硅灰掺量不宜大于 10%。”功能性外加剂也是改善混凝土可泵性的途径。

4.2.5 使用温度过高的矿物掺合料，损害减水剂的适应性，造成混凝土坍落度损失加大。

4.3 骨 料

4.3.1 对超高程泵送混凝土，粗骨料的颗粒粒径级配、含泥量及针片状含量至关重要，是严控的指标。

根据混凝土超高程泵送施工应用实践，当泵送高度大于 300m 时，弯管数量和泵送压力增加，粗骨料最大粒径超过 25mm，粗骨料易在弯管处出现堆积导致堵泵，最大公称粒径不应大于 20mm；其他情况不变时，粗骨料空隙率越大，特别是空隙率大于 45%时，砂浆料对粗骨料包裹性不良，导致混凝土拌合物的和易性差，不利于泵送；粗骨料的空隙率受颗粒级配和颗粒形状（针片状含量）影响较大，粗骨料的堆积密度、表观密度、针片状含量和空隙率试验数据统计，见表 2。

表 2 粗骨料的堆积密度、表观密度、针片状含量和空隙率试验数据统计

碎石的颗粒级配	紧密堆积密度 (kg/m ³)	表观堆积密度 (kg/m ³)	针片状含量 (%)	空隙率 (%)
5-10mm	1601.6	2682	6.1	40.3
5-20mm	1655	2682	5.3	38.3
5-25mm	1562.2	2682	6.8	41.8

吸水率大的粗骨料，特别采用吸水率大于 2%的粗骨料时，混凝土坍落度泵送损失会明显增大，可对骨料采用预湿处理，减少混凝土坍落度泵送损失。

4.3.2 《建设用砂》GB/T14684-2022 对 I 类砂要求进行了修订，机制砂片状颗粒含量不应大于 10%，适

用于超高程泵送混凝土对细骨料的技术要求。相同的浆料体积，细骨料空隙率越大，特别是空隙率大于40%时，混凝土拌合物的和易性相对越差，越不利于超高程泵送；吸水率大的细骨料，特别是当吸水率大于3%时，混凝土坍落度泵送损失会明显增大，压碎值指标与吸水率存在一定的相关性，压碎值指标越大的，往往吸水率也较高。

4.4 外加剂

4.4.4 对超高程泵送混凝土，所选用的外加剂应与其他混凝土材料有良好的相容性，所选用的外加剂应与其他混凝土材料的相容性直接影响混凝土的和易性和可泵性，所以加强试验调整，直至满足施工技术要求。

5 混凝土性能要求

5.1 拌合物性能

5.1.1 对于超高程泵送施工，混凝土拌合物的流动性、粘聚性、保水性和匀质性至关重要，粘聚性、保水性和匀质性不良，会出现离析、泌水及板结现象，是导致泵送堵泵重要原因之一。

5.1.2 表 5.1.2 中各项技术指标要求均为施工现场入泵时混凝土拌合物技术要求；在混凝土配合比设计试配试验或进行生产厂内控制性检测时，可结合运送时间和施工情况确定混凝土拌合物出机至入泵所需的经时时间，在试验室中检测达到经时时间的各项混凝土拌合物性能指标。本规程较常规泵送混凝土增加了倒置坍落度筒排空时间、倒置坍落度筒排空时间 20min 经时增加值、粘聚性指标值、压力扩展度损失值、含气量 1h 经时变化量 5 个技术指标要求。

粘聚性指标值在一定程度上反应了混凝土拌合物各组成材料之间的粘聚力和骨料在水泥浆中均匀分布程度，粘聚性指标值越高，表明混凝土拌合物的和易性和可泵性越好。相同扩展度下，粘聚性好的混凝土的坍落度要大于粘聚性差的混凝土的坍落度。

当泵送高度和总泵程越大，为保证泵送顺畅，混凝土拌合物的流动性相应要越大，黏度相应要越小，倒置坍落度筒排空时间能够在一定程度上反应混凝土拌合物的黏度和可泵性，排空时间越短，相应的表明混凝土拌合物的黏度越低，可泵性越好。

本着便于泵送浇筑施工，提高施工效率，当泵送高度在大于 100m 总泵程在大于 350 时，入泵的混凝土拌合物扩展度不应小于 550mm，在保证粘聚性良好前提下，按附录 B 计算扩展度为 550mm 对应的最小坍落度为 231mm，因此，对于超高程泵送混凝土，坍落度不应小于 230mm。

压力扩展度损失率在一定程度上反应了在泵送过程中水泥混凝土拌合物的流动性（扩展度）在泵送压力下发生降低和损失的程度，压力扩展度损失率越小，相对越易于泵送浇筑施工。

依据《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10-2011 第 8.0.4 条规定 10S 时的相对压力泌水率不宜大于 40%，结合近年来混凝土超高程泵送施工和试验经验，考虑到地方标准制定应严于国家和行业标准要求，为保证超高程泵送施工质量，因此，本规程对压力泌水率技术要求按照不同泵送高度和泵程进行了更为严格的分级规定。

将倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量作为表征混凝土拌合物稳定性的技术指标，倒置坍落度筒排空时间 20min 经时增加值越大，混凝土拌合物稳定性相对越差，易出现砂石骨料的沉降，混凝土拌合物泵送停滞一段时间易导致堵泵，结合和总结实际泵送施工经验确定倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量不应大于 2S。

含气量 1h 经时变化量越大，混凝土拌合物含气稳定性越差，易出现离析泌水现象，从而影响混凝土

土拌合物的可泵性能，技术要求和检测方法参照了《混凝土外加剂》GB 8076-2008 的相关规定。

5.1.4 混凝土拌合物凝结时间异常也是导致泵送堵泵重要原因之一，超高程泵送混凝土的凝结时间应根据浇筑结构体量、工作面及施工进度要求确定。

6 配合比

6.0.2 当泵送高度和总泵程增大时，为保证泵送的顺畅，相应的要求混凝土拌合物流动性也要增大，为了保证良好的粘聚性和可泵性，需要更多的胶凝材料量和浆体包裹骨料以提高富浆量，因此，当要求流动性（扩展度）达到某一要求时，相应的单方混凝土拌合物的胶凝材料用量和浆体体积低于某一极限值时，即使通过调整砂率，混凝土拌合物亦会出现离析等和易性不良的现象，因此，有必要针对不同泵送高度、不同总泵程和扩展度要求，制定相应的胶凝材料用量和浆料体积的最小限值。按照不同水胶比、胶材量、浆料体积、砂子细度模数及扩展度，采用 5mm~25mm 连续粒级石子，按照附录 B 规定的方法，粘聚性指标值达到合格时，超高程泵送混凝土配合比设计砂率推荐表，见表 5。

表 5 泵送混凝土配合比设计及砂率调整统计表

水胶比	胶 材 量 (kg/m ³)	浆料体 积(m ³)	含气量	骨料体 积(m ³)	扩展度 (mm)	砂子细度模数对应的砂率			
						2.4	2.7	3.0	3.3
0.53	360	0.32	1%	0.67	600	45%	47%	48%	52%
					650	47%	49%	50%	51%
					700	49%	50%	52%	53%
0.47	400	0.328	1%	0.662	600	45%	47%	48%	50%
					650	47%	48%	50%	51%
					700	49%	50%	52%	53%
0.43	430	0.333	1%	0.657	600	43%	45%	46%	48%
					650	45%	47%	48%	50%
					700	47%	48%	50%	51%
0.38	475	0.343	1%	0.647	600	41%	43%	44%	46%
					650	43%	45%	46%	48%
					700	45%	46%	48%	49%
0.33	545	0.361	1%	0.629	600	41%	42%	44%	45%
					650	42%	44%	45%	47%
					700	44%	46%	47%	49%
0.29	600	0.373	1%	0.617	600	39%	41%	42%	44%
					650	41%	43%	44%	46%
					700	43%	44%	46%	47%
0.26	645	0.382	1%	0.608	600	38%	40%	41%	43%
					650	40%	41%	43%	44%
					700	42%	43%	45%	46%

当没有对应的砂率时，查找浆料体积位于的区间段和相应相邻的砂率，采用插值法计算确定砂率；当采用的机制砂，由于石粉含量较高，砂率可在本表基础上适当降低 1%~2%；当设计选用的石子最大粒径变小时，应适当提高砂率。

6.0.3 当混凝土拌合物和易性不能满足要求时，水胶比保持不变，通过调整配合比其他参数，主要是通过调整用水量及相应的胶材量、浆料体积，砂率以及外加剂配方及掺量等措施改善混凝土拌合物的和易性，

直至满足 5.1.2 条的规定要求。

6.0.4 当试拌配合比水胶比小于 0.34 时，水胶比上下浮动 0.05 对混凝土强度及和易性影响较为敏感，不易于调整，参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011 标准第 7.3.3 条规定，因此，当试拌配合比水胶比小于 0.34 时，另外，两个配合比的水胶比宜较试拌配合比分别增加或减少 0.02；水胶比调整，相应的胶材量和浆体量会发生变化，为保证混凝土拌合物的和易性不变，砂率应相应进行调整。

6.0.5 因为超高层建筑混凝土施工难度往往较大，控制不好，易出现堵泵、强度不达标等问题，超高程泵送混凝土的施工和易性及强度应受到高度重视，因此，对超高程泵送混凝土配合比进行复验是必要的；配合比复验抗压强度的检测和验收龄期通常为 28d，超高程泵送高强混凝土时，龄期可采用 60d。

7 制备与运输

7.1 原材料控制

7.1.1 材料标识至少包括：仓号、材料名称、生产厂家/产地、品种规格、检验状态、进场日期；超高程泵送混凝土的各种原材料要求较高的质量稳定性，因此要加大预控力度，质量证明文件的收集是必要的预控措施。天然砂、石骨料不属于工业化生产，只有产地，没有生产厂家，型式检验报告、出厂检验报告和合格证等质量证明文件不方便提供，使用方应加强进场验收和检验，并按相关规定定期进行型式检验。

7.2 计量

7.3.3 搅拌超高程泵送混凝土时，特别是高强混凝土的水胶比和用水量往往较低，外加剂作用时间往往也较慢，需要一定时间才能达到最佳，因此，搅拌时间应适当延长。

7.4 运输

7.4.4 城市交通往往存在潮汐现象，容易造成交通拥堵，导致混凝土运送时间较长，因运距过远、交通或现场等问题造成坍落度损失较大而卸料困难时，可采用在其拌合物中掺入适量减水剂来调整混凝土和易性，但必须由前期试验基础确定。

8 生产组织

8.0.1 预案主要是针对设备故障、停水停电、安全事故等突发问题的应对方案，以最大降低施工质量风险、合法合规为原则，可以有效预防质量问题，解决纠纷。

8.0.2 当前环保要求越来越高，加之原材料资源性保护导致匮乏，原材料市场供应和质量也相应变化较大，因此，施工单位需要将施工计划提前告知混凝土生产单位，让混凝土生产单位有足够的时间进行生产供应准备。浇筑计划包括：浇筑的混凝土强度等级、浇筑部位、设计及施工技术要求、施工方式、计划的浇筑时间和浇筑方量等；浇筑方案包括：所施工部位、混凝土强度等级和品种、浇筑顺序、混凝土泵的类型、布料输送方式、施工现场内的行车路线。混凝土生产单位以此确定初步的混凝土生产供应方式，包括发车频率、单车装载量、混凝土强度等级和品种的转换，使生产施工有序性、高效的进行，避免一些不必要的纠纷和差错。生产供应准备包括：混凝土配合比、原材料厂家品种和数量、运输交通路线、路况、交通管制时间、运输车辆、生产设备调配、人员组织分工计划及相关技术质量资料等，满足设计及施工技术要求。

8.0.3 混凝土生产供应和浇筑施工情况往往是动态的、变化的，施工单位和混凝土生产单位应进行有效的沟通和密切的配合，进行动态控制，规避因信息传递不及时不准确不畅通、处理方法不当造成的质量问题或事故。

9 施工

9.1 基本规定

9.1.1 尚应符合《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土质量控制标准》GB 50164 等国家现行标准是最基本的施工和质量控制的要求。

。

9.2 混凝土泵选型和布置

9.2.1 超高程泵送施工，对混凝土泵的性能要求较高，特别是输出功率、压力相对普通泵送要大，要结合多种因素综合考虑确定。

9.2.2 根据不同泵送高度、弯头的数量、泵管内径及混凝土技术指标等参数，按照现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》（JGJ/T 10）附录 B 估算出的泵送压力确定，输送泵的额定最大输出压力不应低于估算出的泵送压力。

9.3 混凝土泵管选型和布置

9.3.1 超高程泵送施工对混凝土泵管的要求相对于普通泵送要高，混凝土泵管的选型应采用高压耐磨泵管，且能承受混凝土泵的输送压力；对有龟裂、孔洞、凹凸损伤和弯折等缺陷的老旧泵管要求及时更换；管道内应无残渣杂物，且保持顺滑；根据情况，设置一套备用泵管，用于应对堵泵且无法排除的情况，保证泵送能够顺利进行。

9.3.2 混凝土泵管的密闭性良好是保证顺利泵送的关键；法兰盘螺栓连接方式的密闭性和抗压性要优于常规的卡箍连接方式。

9.3.4 地面水平管总折算长度不宜小于垂直管长度的 1/5，且不宜小于 15m，这样有利于减缓竖向泵管内混凝土的回流压力；终端出口处采用软管，其余中间部位采用软管会加大泵送的阻力。

9.3.5 混凝土泵的出口压力往往最大，如果加固不牢，易发生晃动，导致泵管振开；竖向管下端设钢支撑，有效减小竖向管重量对弯管的变形影响，防止弯管处堵管。泵机出口锥管处，不宜直接接弯管，至少应接入 5m 以上的直管，再接弯管。每根泵管加固点不应少于 2 个。

9.3.6 混凝土泵管连接的保持平直，有利于减少泵送的阻力和减少泵送过程中泵管的晃动。

9.3.7 安装截止阀，阻止竖管中混凝土的回流，当发生堵泵时有利于拆管维修，减少混凝土的报废量。

9.3.8 弯管和软管使用数量越多，两两弯管的间距越小，泵送阻力越大，引发堵管的几率也越大。

9.3.9 锥管使用数量越多，泵送阻力越大，引发堵管的几率也越大，可根据需要在混凝土出口处设置 1

个变径椎管。

9.4 布料设备的选型和布置

9.4.1 超高层泵送施工布料机一般与爬模或者顶模设备配套使用，需考虑布料机自重荷载及工作荷载对其他设备、模架体系的影响，必要时采取加固措施。布料设备的选型和布置宜保证浇筑面全覆盖，尽量避免二次拆卸落动布料机。

9.4.2 布料机出口与浇筑面的高差越大，混凝土下落过程越容易出现离析。因此控制落差不大于 2m，否则应采取有效措施防止混凝土出现离析。

9.5 混凝土的泵送和浇筑

9.5.2 混凝土输送泵安装场地应平整坚实、道路畅通、便于配管、卸料及给排水；启动前应对施工现场进行全面检查，混凝土泵作业范围内，不得有高压电线等危险源。

9.5.3 混凝土泵启动后，通过泵送水来润湿管道，并根据水泄漏的情况评价泵管的密封性和泵管接口的牢固性，如果能将水泵送至浇筑面，泵管也没有明显大量的水泄漏，说明泵管密闭性良好。如发现泵管接头处存在喷水或脱落现象，应立即重新安装泵管连接部件，确保密封良好，混凝土泵料斗内的砂浆输送接近完毕时立即卸入混凝土进行泵送，避免出现空泵，减少压缩空气的量，保证泵管能够满贯运行。

9.5.4 润滑用浆料有助于提高泵管内壁润滑，封堵泵管接缝缝隙，专用润管浆液在泵管内壁形成润滑层，保证混凝土泵送顺利进行；考虑到润滑用浆料的硬化强度往往达不到结构混凝土设计强度，易引发裂缝、酥松等问题，因此，润滑用浆料泵出后应妥善回收，不得作为结构混凝土使用。

9.5.5 必要时安排专人监视卸料，混凝土泵进料斗上，应安置网筛，当网筛孔宽度不大于 50mm，以防止大的异物入泵造成堵塞；根据工程经验，以往对入泵的混凝土质量管控不到位，也是堵泵的重要原因之一。

9.5.6 混凝土拌合物性能是保证混凝土泵送顺利进行的关键因素之一，往混凝土搅拌车罐内或混凝土泵斗内任意加水 and 外加剂，会造成混凝土离析，加大堵泵的几率。

9.5.7 混凝土泵料斗内的混凝土拌合物宜保持在料斗高度标志线以下，易导致在吸泵时引入空气，导致泵送不顺畅甚至出现打空泵的现象；中断卸料时，保持搅拌罐体反向低速转动保证罐内混凝土处于搅拌均匀状态。

9.5.8 混凝土泵送过程中，混凝土泵应有专业人员操作，保持对泵压及设备运行情况的监控对保证泵送顺利进行很重要。

9.5.9 浇筑顺序宜采取先浇筑高强度等级后浇筑低强度等级混凝土的方式，因为高强度等级混凝土往往

是竖向结构；防止不同强度等级混凝土混浇有效措施为：不同混凝土强度等级和施工部位转换浇筑，更换不同配合比混凝土卸料时，可往混凝土泵斗中加入指示剂，或者将计算好管内的混凝土方量，将管内的混凝土完全浇入到更换前的浇筑部位中，方可换新的施工部位进行浇筑。

9.5.10 混凝土泵送应连续进行，防止因空泵过长而引起堵泵；当非堵塞性短暂停泵时，混凝土泵斗内的混凝土应保持搅拌状态，宜进行慢速间歇泵送，每隔 4min~5min 进行两个行程反泵，再进行两个行程正泵，防止泵斗内的混凝土因停止过长导致骨料下沉导致泵送不顺畅，甚至堵泵；泵送中断时间过长，会导致管内混凝土失去流动性，导致堵泵。

9.5.11 当混凝土泵压力出现较大幅度升高且不稳定、油温升高、输送管明显振动等现象时，说明泵管中混凝土输送遇到了较大阻力，由专业人员查明原因，采取措施排除故障。

9.5.12 当需加接 3m 以上的输送管时，预先用水或通泵砂浆对管道内壁进行湿润和润滑，防止管内壁干涩导致泵送不畅。

9.5.13 当堵泵较长时间无法排除故障时，为保障泵送浇筑施工顺利进行和工程质量，应立即启用备用泵管进行混凝土输送，并及时对堵塞的泵管进行拆除清理。

9.5.15 浇筑完毕后，对泵管进行有效的清洗是保障下一次泵送施工顺利进行、避免堵泵的关键控制手段；泵管清理结束后，应将竖管底部的弯管和缓冲层平管两端卸开，将竖管和缓冲层平管内残余的水和杂质排出和清理，通过继续冲水直至没有固体残渣排出方可结束清理；将清出的水和残渣打到混凝土中，会危害混凝土的浇筑质量。

9.6 养护

9.6.1 养护方式包括喷水、喷雾、潮湿覆盖、喷涂养护剂、冬期蓄热养护等。根据施工条件和环境情况，常温不结冻季节，可采用喷水、喷雾、潮湿覆盖、包裹薄膜的养护方法；冬季结冻期，不得喷水，防止结冰，可喷涂养护剂或冬期蓄热养护等方法进行养护。无论采取哪种方式方法，现场均应有专人负责定期维护，直至达到养护终止期。

10 质量检验

10.1 质量检验

10.1.2 超高层泵送混凝土施工，应制定与超高程混凝土施工相适应的试验技术管理制度，配备专业试验人员、试验设施、试验设备及环境条件。混凝土拌合物性能应满足本标准第4章要求和施工技术要求，入泵前对混凝土拌合物性能的检查、评价和控制对保证泵送顺利进行很重要，杜绝不合格的混凝土入泵，可有效降低堵泵的概率，根据情况可加大检测的力度和频次。检验坍落度、扩展度、粘聚性指标值及倒置坍落度筒排空时间4个技术指标作为评价混凝土拌合物可泵性的基础指标，检测较为简单易行，便于控制和调整。

10.2 检验评定

10.2.5 采用60d龄期验收，主要是控制混凝土强度发展速度，有助于降低结构早期开裂的风险。

附录 B

(规范性)

混凝土拌合物粘聚性试验和评价方法

现有的水泥混凝土拌合物粘聚性检测和评价方法具体为：水泥混凝土拌合物装入坍落度筒，垂直提起坍落度筒后，水泥混凝土拌合物坍落至停止状态，如有较多的稀浆从底部析出，锥体部分的混凝土也因失浆而骨料外露，则表明此混凝土拌合物的保水性能不好，粘聚性差；如果发现粗骨料在中央集堆或边缘有水泥浆析出，表示此混凝土拌合物抗离析性不好，粘聚性差；如坍落度筒提起后无稀浆或仅有少量稀浆自底部析出，则表示此混凝土拌合物保水性良好，粘聚性好。这种方法是通过感官观察的主观判断方式，缺乏相应的检测数据，不属于定量检测评价方法，而且因人的感官观察和经验不同，评价判断的结论差异较大，因此，有必要制定混凝土拌合物粘聚性试验和定量评价方法。

试验和评价原理如下：混凝土拌合物粘聚性系数 λ_1 用于表现水泥混凝土拌合物坍落、扩展流动性征和堆积形态，将混凝土拌合物坍落、扩展的堆积形态模型化为圆台体，见图 1； λ_1 为圆台体上台圆直径与下台圆直径的比值，当 λ_1 取 0.01 时，混凝土拌合物坍落、扩展的堆积形态近似于圆锥体，定为粘聚性合格状态，等级定为 III 类；当 λ_1 取 0.5 时，混凝土拌合物坍落、扩展的堆积形态为保持与坍落度筒相同上下口直径比的圆台体，为接近粘聚性最为优良的极限状态，等级定为 I 类；当 λ_1 取 0.2 时，混凝土拌合物坍落、扩展的堆积形态为圆台体，定为粘聚性良状态，等级定为 II 类。

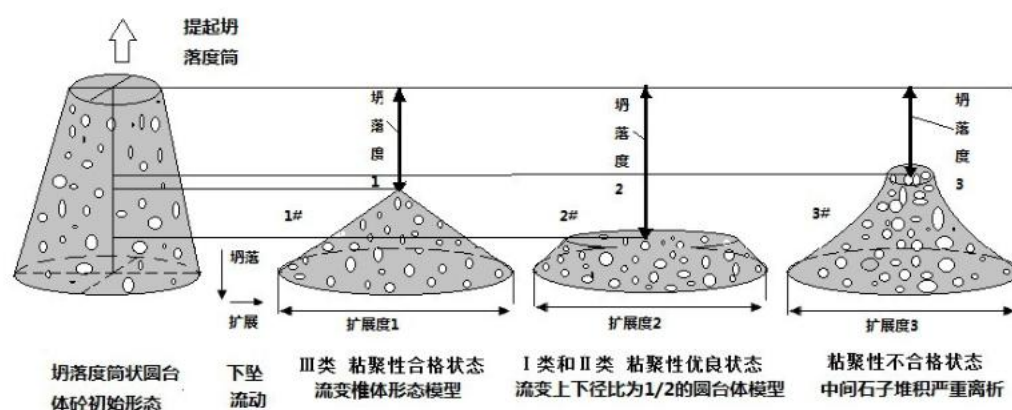


图 1

当坍落度筒尺寸为(高 H 为 300mm, 上口直径 d 为 100mm, 下口直径 D 为 200mm, 体积 V 为 5495000mm³) 的圆台筒体、圆周率 π 取 3.14 时, 扩展度实测值 K_1 所对应的混凝土拌合物各个粘聚性等级相应的坍落度界限值 T_j 可按公式计算, 也可按表查找取值, 简化计算过程。

($T_1 - T_3$) 值越大, 混凝土拌合物粘聚性指标值 ϕ_1 越大, 相应的该混凝土拌合物的粘聚性越好。

附录 C

(规范性)

混凝土拌合物压力扩展度损失检测方法

对混凝土拌合物取样数量至少保证测试 2 次坍落度所需的试样，因此，规定混凝土拌合物取样数量不少于 15L。加压后采用半坍落度筒进行测试，由于半坍落度筒尺寸较小，如果混凝土拌合物骨料粒径过大，会导致试验出现较大偏差，因此，规定装料前筛除混凝土拌合物中超过 31.5mm 的骨料；由于半坍落度筒尺寸较小，插捣很容易导致骨料沉底，会导致试验出现较大偏差，因此，规定装料时不可插捣，采用橡皮锤橡皮锤敲击缸体外壁这种较为轻微的方式使装料保证密实和均匀。为了保证加压后和不加压的两个检测混凝土拌合物扩展度的同步性，规定 2 次试验的时间间隔不应大于 10min。实际泵送施工时正常状态下输送管密封性较好，混凝土拌合物在管连接处并不会持续的泌水和泌浆，为此，采用滤纸、穿孔钢板、金属网组合方式放置于缸体底仓，并将底仓加注满水，一方面，可避免水泥混凝土试样在活塞压力作用下将水份和水泥浆过多的压入底仓；另一方面，由于滤纸的作用，可防止在装料振捣时缸体底仓中的水多过的迁移到混凝土中，能够较好地反应水泥混凝土拌合物实际泵送受压状态，提高检测的有效性和准确性，更接近于实际泵送施工的情况。《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080 标准第 13.0.3 条规定混凝土拌合物加压的试验压力为 3.2MPa，而超高程混凝土泵送相对普通泵送压力要大，为了结合实际混凝土泵送压力情况应适当提高试验压力，由于混凝土压力泌水仪油泵压力表的压强最大量程通常为 60MPa，同一作用力值，按照油泵活塞和工作活塞的直径和截面积换算，而油泵压力表显示压强数值一般为活塞作用于混凝土拌合物压强的 10 倍，压力表最大量程 60MPa 换算为最大试验压力为 6.0MPa，因此，试压压力确定为 3.6MPa~3.8MPa，混凝土压力泌水仪的油泵活塞直径为 32mm，对混凝土拌合物施压的工作活塞直径为 125mm，相同作用力下，经换算得到对应油泵压力表显示 55MPa~58MPa。由于受混凝土压力泌水仪容量所限，压力试验完毕后缸体内的水泥混凝土拌合物试样量不能满足一次坍落度筒扩展度检测所需的试样量，而加大试验次数，又会增加试验工作量和时间，降低试验效率，采用半坍落度检测扩展度所需的水泥混凝土试样量较少、能够满足次试验需要的量；为此，提供了半坍落度检测的扩展度与坍落度筒检测的扩展度的折算系数 δ_k ，对不同批次的混凝土试样进行半坍落度与坍落度筒的扩展度对比检测，抽取部分试验数据统计见表 6，由表 6 可知：折算系数 δ_k 取值范围大致为 2.2~2.4，折算系数 δ_k 受混凝土拌合物粘聚性影响较大，粘聚性越好的，折算系数 δ_k 相应较大，反之，则越小。

表 6 不同批次的混凝土试样进行半坍落度与坍落度筒的扩展度部分对比试验统计

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
强度等级	C25	C25	C30	C30	C30	C30	C35	C35	C35	C35
扩展度	520	480	530	550	600	580	560	575	460	485
半坍落度筒 扩展度	238	202	222	253	273	252	255	250	195	202
折算系数	2.18	2.38	2.39	2.17	2.2	2.3	2.2	2.3	2.36	2.4
坍落度 Ti	220	215	230	225	235	240	230	240	210	225
Ⅲ类 T3	223	210	226	231	242	238	234	237	202	212
Ti-T3	-3	5	4	-6	-7	2	-4	3	8	13
粘聚性	较差	良	良	差	差	合格	差	合格	优	优
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
强度等级	C40	C40	C40	C50	C50	C50	C60	C60	C60	C60
扩展度	600	650	580	620	650	560	550	615	650	680
半坍落度筒 扩展度	252	298	245	260	302	238	230	255	297	298
折算系数	2.38	2.18	2.37	2.38	2.15	2.35	2.39	2.41	2.19	2.28
坍落度 Ti	245	240	245	250	245	240	235	250	245	260
Ⅲ类 T3	242	251	238	246	252	234	231	245	251	255
Ti-T3	3	-11	7	4	-7	6	4	5	-6	5
粘聚性	合格	差	良	合格	差	良	合格	合格	较差	合格

附录 D

（规范性）

倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量检测方法

混凝土拌合物静置一段时间，会发生一定程度骨料下沉现象，混凝土拌合物稳定性越差，随着静置时间延长，其板结沉降分层的程度越大，相应的倒置坍落度筒排空时间越长，容易导致堵泵；而实际混凝土泵送施工过程中不可避免存在泵送中止暂停情况，因此，有必要通过检测混凝土拌合物倒置坍落度筒排空时间 20min 经时变化量，用于评价混凝土拌合物的稳定性。设置密封盖是为了防止漏浆，考虑到正常混凝土搅拌运输车上下泵的时间一般不会超过 20min，将静置时间定为 20min。