

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 10-2011
备案号 J 1223-2011

混凝土泵送施工技术规范

Technical specification for construction of concrete pumping

2011-07-13 发布

2012-03-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布



1 5 1 1 2 2 1 0 7 6

统一书号: 15112·21076
定 价: 10.00 元

中华人民共和国住房和城乡建设部

中华人民共和国行业标准

混凝土泵送施工技术规范

Technical specification for construction of concrete pumping

JGJ/T 10 - 2011

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 2 年 3 月 1 日

中国建筑工业出版社

2011 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部

混凝土泵送施工技术规范

Technical specification for construction of concrete pumping

JGJ/T 10-2011

中华人民共和国行业标准

混凝土泵送施工技术规范

Technical specification for construction of concrete pumping

JGJ/T 10-2011

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：1 $\frac{1}{4}$ 字数：43千字

2011年10月第一版 2011年10月第一次印刷

定价：10.00元

统一书号：15112·21076

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部

公告

第1061号

关于发布行业标准

《混凝土泵送施工技术规范》的公告

现批准《混凝土泵送施工技术规范》为行业标准，编号为JGJ/T 10-2011，自2012年3月1日起实施。原行业标准《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10-95同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2011年7月13日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发“2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）”的通知》（建标〔2008〕102号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 混凝土泵送施工方案设计；4 泵送混凝土的运输；5 混凝土的泵送；6 泵送混凝土的浇筑；7 施工安全与环境保护；8 泵送混凝土质量控制。

本次修订的主要技术内容是：1 增加了术语；2 增加了C60以上混凝土泵送的有关内容；3 取消了“泵送混凝土原材料和配合比”的有关条文，与相关标准协调；4 修改了泵送过程中的换算压力损失值；5 修改了部分泵送工艺要求；6 增加了施工安全与环境保护有关内容；7 根据施工流程调整了规程章节结构。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院（地址：北京市北三环东路30号；邮编：100013）。

本 规 程 主 编 单 位：中国建筑科学研究院
浙江省二建建设集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：三一重工股份有限公司
中建六局二公司
唐山建设集团有限责任公司
同济大学

华丰建设股份有限公司

武汉理工大学

建研建材有限公司

廊坊凯博建设机械科技有限公司

本规程主要起草人员：张声军 陈春雷 易秀明 于吉鹏

程启国 应惠清 孙启峰 马保国

张幸祥 韦庆东 王 平 孟晓东

本规程主要审查人员：龚 剑 何 穆 邵凯平 卓 新

李海波 唐明贤 吴月华 王桂玲

王瑞堂 陈天民 何云军 秦兆文

胡裕新 王骁敏

目次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 混凝土泵送施工方案设计	4
3.1 一般规定	4
3.2 混凝土可泵性分析	4
3.3 混凝土泵的选配	5
3.4 混凝土运输车的选配	7
3.5 混凝土输送管的选配	8
3.6 布料设备的选配	8
4 泵送混凝土的运输	9
4.1 一般规定	9
4.2 泵送混凝土的运输	9
5 混凝土的泵送	10
5.1 一般规定	10
5.2 混凝土泵送设备安装	10
5.3 混凝土的泵送	11
6 泵送混凝土的浇筑	13
6.1 一般规定	13
6.2 混凝土的浇筑	13
7 施工安全与环境保护	14
7.1 一般规定	14
7.2 安全规定	14
7.3 环境保护	15

8 泵送混凝土质量控制	16
附录 A 混凝土输送管换算	17
附录 B 混凝土泵送阻力计算	18
本规程用词说明	19
引用标准名录	20
附：条文说明	21

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Construction Scheme Design of Pumping Concrete	4
3.1	General Requirements	4
3.2	Analysis of Concrete Pumpability	4
3.3	Selection of Concrete Pump	5
3.4	Selection of Concrete Mixing Carrier	7
3.5	Selection of Concrete Pipeline	8
3.6	Selection of Concrete Distributor	8
4	Transportation of Pumping Concrete	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Transportation of Pumping concrete	9
5	Concrete Pumping	10
5.1	General Requirements	10
5.2	Setup of Concrete Pumping Equipment	10
5.3	Concrete Pumping	11
6	Pumping Concrete Pouring	13
6.1	General Requirements	13
6.2	Concrete Pouring	13
7	Safety and Environment Protection of Construction	14
7.1	General Requirements	14
7.2	Safety Requirements	14
7.3	Environment Protection	15

8	Pumping Concrete Quality Control	16
Appendix A	Concrete Pipeline Conversion	17
Appendix B	Concrete Pumping Pressure Calculation	18
	Explanation of Wording in This Specification	19
	List of Quoted Standards	20
	Addition: Explanation of Provisions	21

1.0.1 制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程、市政工程的混凝土泵送施工。

本规程不适用于轻骨料混凝土的泵送施工。

1.0.3 混凝土泵送施工应编制施工方案，并经审批合格后方可进行混凝土泵送施工。

1.0.4 混凝土泵送施工除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1 总 则

1.0.1 为提高混凝土泵送施工质量,促进混凝土泵送技术的发展,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程、市政工程的混凝土泵送施工,本规程不适用于轻骨料混凝土的泵送施工。

1.0.3 混凝土泵送施工应编制施工方案,前道工序验收合格方可进行混凝土泵送施工。

1.0.4 混凝土泵送施工除应符合本规程外,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 泵送混凝土 pumping concrete

可通过泵压作用沿输送管道强制流动到目的地并进行浇筑的混凝土。

2.1.2 混凝土可泵性 concrete pumpability

表示混凝土在泵压下沿输送管道流动的难易程度以及稳定程度的特性。

2.1.3 混凝土布料设备 concrete distributor

可将臂架伸展覆盖一定区域范围对混凝土进行布料浇筑的装置或设备。

2.2 符 号

K_1 ——粘着系数；

K_2 ——速度系数；

L ——混凝土泵送管路系统的累计水平换算距离；

L_1 ——混凝土搅拌运输车往返距离；

L_{\max} ——混凝土泵最大水平输送距离；

N_1 ——混凝土搅拌运输车台数；

N_2 ——混凝土泵台数；

P_e ——混凝土泵额定工作压力；

P_f ——混凝土泵送系统附件及泵体内部压力损失；

P_{\max} ——混凝土泵送的最大阻力；

ΔP_H ——混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失；

Q ——混凝土浇筑体积量；

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量；

Q_{\max} ——每台混凝土泵的最大输出量；

r ——混凝土输送管半径；

S_0 ——混凝土搅拌运输车平均行车速度；

S_1 ——混凝土坍落度；

$\frac{t_2}{t_1}$ ——混凝土泵分配阀切换时间与活塞推压混凝土时间

之比；

T_0 ——混凝土泵送计划施工作业时间；

T_1 ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间；

V_1 ——每台混凝土搅拌运输车容量；

V_2 ——混凝土拌合物在输送管内的平均流速；

α ——混凝土输送管倾斜角；

α_1 ——配管条件系数；

α_2 ——径向压力与轴向压力之比；

β ——混凝土输送管弯头张角；

η ——作业效率；

η_v ——搅拌运输车容量折减系数。

3 混凝土泵送施工方案设计

3.1 一般规定

3.1.1 混凝土泵送施工方案应根据混凝土工程特点、浇筑工程量、拌合物特性以及浇筑进度等因素设计和确定。

3.1.2 混凝土泵送施工方案应包括下列内容:

- 1 编制依据;
- 2 工程概况;
- 3 施工技术条件分析;
- 4 混凝土运输方案;
- 5 混凝土输送方案;
- 6 混凝土浇筑方案;
- 7 施工技术措施;
- 8 施工安全措施;
- 9 环境保护技术措施;
- 10 施工组织。

3.1.3 当多台混凝土泵同时泵送或与其他输送方法组合输送混凝土时,应根据各自的输送能力,规定浇筑区域和浇筑顺序。

3.2 混凝土可泵性分析

3.2.1 在混凝土泵送方案设计阶段,应根据施工技术要求、原材料特性、混凝土配合比、混凝土拌制工艺、混凝土运输和输送方案等技术条件分析混凝土的可泵性。

3.2.2 混凝土的骨料级配、水胶比、砂率、最小胶凝材料用量等技术指标应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中有关泵送混凝土的要求。

3.2.3 不同入泵坍落度或扩展度的混凝土,其泵送高度宜符合

表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 混凝土入泵坍落度与泵送高度关系表

最大泵送高度 (m)	50	100	200	400	400 以上
入泵坍落度 (mm)	100~140	150~180	190~220	230~260	—
入泵扩展度 (mm)	—	—	—	450~590	600~740

3.2.4 泵送混凝土宜采用预拌混凝土。当需要到现场搅拌混凝土时,宜采用具有自动计量装置的集中搅拌方式,不得采用人工搅拌的混凝土进行泵送。

3.2.5 混凝土供应方应有严格的质量保障体系,供应能力应符合连续泵送的要求。混凝土的性能除应符合设计要求外,尚应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

3.2.6 泵送混凝土搅拌的最短时间,应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。当混凝土强度等级高于 C60 时,泵送混凝土的搅拌时间应比普通混凝土延长 20s~30s。

3.2.7 拌制强度等级高于 C60 的泵送混凝土时,应根据现场具体情况增加坍落度和经时坍落度损失的检测频率,并做好相应记录。

3.3 混凝土泵的选配

3.3.1 应根据混凝土输送管路系统布置方案及浇筑工程量、浇筑进度以及混凝土坍落度、设备状况等施工技术条件,确定混凝土泵的选型。

3.3.2 混凝土泵的实际平均输出量可根据混凝土泵的最大输出量、配管情况和作业效率,按下式计算:

$$Q_1 = \eta \alpha_1 Q_{\max} \quad (3.3.2)$$

式中: Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量 (m^3/h);

Q_{\max} ——每台混凝土泵的最大输出量 (m^3/h);

α_1 ——配管条件系数,可取 0.8~0.9;

η ——作业效率。根据混凝土搅拌运输车向混凝土泵供料

的间断时间、拆装混凝土输送管和布料停歇等情况,可取 0.5~0.7。

3.3.3 混凝土泵的配备数量可根据混凝土浇筑体积量、单机的实际平均输出量和计划施工作业时间,按下式计算:

$$N_2 = \frac{Q}{Q_1 T_0} \quad (3.3.3)$$

式中: N_2 ——混凝土泵的台数,按计算结果取整,小数点以后的部分应进位;

Q ——混凝土浇筑体积量 (m^3);

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量 (m^3/h);

T_0 ——混凝土泵送计划施工作业时间 (h)。

3.3.4 混凝土泵的额定工作压力应大于按下式计算的混凝土最大泵送阻力:

$$P_{\max} = \frac{\Delta P_H L}{10^6} + P_f \quad (3.3.4)$$

式中: P_{\max} ——混凝土最大泵送阻力 (MPa);

L ——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,可按本规程附录 A 表 A.0.1 换算累加确定 (m);

ΔP_H ——混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失,可按本规程附录 B 公式 (B.0.2-1) 计算 (Pa/m);

P_f ——混凝土泵送系统附件及泵体内部压力损失,当缺乏详细资料时,可按本规程附录 B 表 B.0.1 取值累加计算 (MPa)。

3.3.5 混凝土泵的最大水平输送距离,可按下列方法之一确定:

1 由试验确定;

2 根据混凝土泵的最大出口压力、配管情况、混凝土性能指标和输出量,按下式计算:

$$L_{\max} = \frac{P_e - P_f}{\Delta P_H} \times 10^6 \quad (3.3.5)$$

式中: L_{\max} ——混凝土泵最大水平输送距离 (m);

P_e ——混凝土泵额定工作压力 (MPa);

P_f ——混凝土泵送系统附件及泵体内部压力损失 (MPa);

ΔP_H ——混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失 (Pa/m);

3 根据产品的性能表(曲线)确定。

3.3.6 混凝土泵不宜采用接力输送的方式。当必须采用接力泵输送混凝土时,接力泵的设置位置应使上、下泵的输送能力匹配。对设置接力泵的结构部位应进行承载力验算,必要时应采取加固措施。

3.3.7 混凝土泵集料斗应设置网筛。

3.4 混凝土运输车的选配

3.4.1 泵送混凝土宜采用搅拌运输车运输,运输车性能应符合现行行业标准《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408 的有关规定。

3.4.2 当混凝土泵连续作业时,每台混凝土泵所需配备的混凝土搅拌运输车数量,可按下列式计算:

$$N_1 = \frac{Q_1}{60V_1\eta_v} \left(\frac{60L_1}{S_0} + T_1 \right) \quad (3.4.2)$$

式中: N_1 ——混凝土搅拌运输车台数,按计算结果取整数,小数点以后的部分应进位;

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量,按本规程公式 (3.3.2) 计算 (m^3/h);

V_1 ——每台混凝土搅拌运输车容量 (m^3);

η_v ——搅拌运输车容量折减系数,可取 0.90~0.95;

S_0 ——混凝土搅拌运输车平均行驶速度 (km/h);

L_1 ——混凝土搅拌运输车往返距离 (km);

T_1 ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间 (min)。

3.5 混凝土输送管的选配

3.5.1 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和布置。输送管布置宜平直，宜减少管道弯头用量。

3.5.2 混凝土输送管规格应根据粗骨料最大粒径、混凝土输出量和输送距离以及拌合物性能等进行选择，宜符合表 3.5.2 规定，并应符合现行国家标准《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395 的有关规定。

表 3.5.2 混凝土输送管最小内径要求

粗骨料最大粒径 (mm)	输送管最小内径 (mm)
25	125
40	150

3.5.3 混凝土输送管强度应满足泵送要求，不得有龟裂、孔洞、凹凸损伤和弯折等缺陷。应根据最大泵送压力计算出最小壁厚值。

3.5.4 管接头应具有足够强度，并能快速装拆，其密封结构应严密可靠。

3.6 布料设备的选配

3.6.1 布料设备的选型与布置应根据浇筑混凝土的平面尺寸、配管、布料半径等要求确定，并应与混凝土输送泵相匹配。

3.6.2 布料设备的输送管最小内径应符合本规程表 3.5.2 的规定。

3.6.3 布料设备的作业半径宜覆盖整个混凝土浇筑范围。

4 泵送混凝土的运输

4.1 一般规定

4.1.1 泵送混凝土的供应，应根据技术要求、施工进度、运输条件以及混凝土浇筑量等因素编制供应方案。混凝土的供应过程应加强通信联络、调度，确保连续均衡供料。

4.1.2 混凝土在运输、输送和浇筑过程中，不得加水。

4.2 泵送混凝土的运输

4.2.1 混凝土搅拌运输车的施工现场行驶道路，应符合下列规定：

- 1 宜设置环形车道，并应满足重车行驶要求；
- 2 车辆出入口处，宜设交通安全指挥人员；
- 3 夜间施工时，现场交通出入口和运输道路上应有良好照明，危险区域应设安全标志。

4.2.2 混凝土搅拌运输车装料前，应排净拌筒内积水。

4.2.3 泵送混凝土的运输延续时间应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

4.2.4 混凝土搅拌运输车向混凝土泵卸料时，应符合下列规定：

- 1 为了使混凝土拌合均匀，卸料前应高速旋转拌筒；
- 2 应配合泵送过程均匀反向旋转拌筒向集料斗内卸料；集料斗内的混凝土应满足最小集料量的要求；
- 3 搅拌运输车中断卸料阶段，应保持拌筒低速转动；
- 4 泵送混凝土卸料作业应由具备相应能力的专职人员操作。

5 混凝土的泵送

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土泵送施工现场,应配备通信联络设备,并应设专门的指挥和组织施工的调度人员。

5.1.2 当多台混凝土泵同时泵送或与其他输送方法组合输送混凝土时,应分工明确、互相配合、统一指挥。

5.1.3 炎热季节或冬期施工时,应采取专门技术措施。冬期施工尚应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定。

5.1.4 混凝土泵的操作应严格按照使用说明书和操作规程进行。

5.1.5 混凝土泵送宜连续进行。混凝土运输、输送、浇筑及间歇的全部时间不应超过国家现行标准的有关规定;如超过规定时间时,应临时设置施工缝,继续浇筑混凝土,并按施工缝要求处理。

5.2 混凝土泵送设备安装

5.2.1 混凝土泵安装场地应平整坚实、道路畅通、接近排水设施、便于配管。

5.2.2 同一管路宜采用相同管径的输送管,除终端出口处外,不得采用软管。

5.2.3 垂直向上配管时,地面水平管折算长度不宜小于垂直管长度的 $1/5$,且不宜小于 15m ;垂直泵送高度超过 100m 时,混凝土泵机出料口处应设置截止阀。

5.2.4 倾斜或垂直向下泵送施工时,且高差大于 20m 时,应在倾斜或垂直管下端设置弯管或水平管,弯管和水平管折算长度不宜小于 1.5 倍高差。

5.2.5 混凝土输送管的固定应可靠稳定。用于水平输送的管路应采用支架固定;用于垂直输送的管路支架应与结构牢固连接。支架不得支承在脚手架上,并应符合下列规定:

- 1 水平管的固定支撑宜具有一定离地高度;
- 2 每根垂直管应有两个或两个以上固定点;
- 3 如现场条件受限,可另搭设专用支承架;
- 4 垂直管下端的弯管不应作为支承点使用,宜设钢支撑承受垂直管重量;

5 应严格按照要求安装接口密封圈,管道接头处不得漏浆。

5.2.6 手动布料设备不得支承在脚手架上,也不得直接支承在钢筋上,宜设置钢支撑将其架空。

5.3 混凝土的泵送

5.3.1 泵送混凝土时,混凝土泵的支腿应伸出调平并插好安全销,支腿支撑应牢固。

5.3.2 混凝土泵与输送管连通后,应对其进行全面检查。混凝土泵送前应进行空载试运转。

5.3.3 混凝土泵送施工前应检查混凝土送料单,核对配合比,检查坍落度,必要时还应测定混凝土扩展度,在确认无误后方可进行混凝土泵送。

5.3.4 泵送混凝土的入泵坍落度不宜小于 100mm ,对强度等级超过C60的泵送混凝土,其入泵坍落度不宜小于 180mm 。

5.3.5 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。泵送完毕后,应清除泵内积水。

5.3.6 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。

润滑用浆料泵出后应妥善回收,不得作为结构混凝土使用。

5.3.7 开始泵送时,混凝土泵应处于匀速缓慢运行并随时可反泵的状态。泵送速度应先慢后快,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,方可以正常速度进行泵送。

5.3.8 泵送混凝土时,应保证水箱或活塞清洗室中水量充足。

5.3.9 在混凝土泵送过程中,如需加接输送管,应预先对新接管道内壁进行湿润。

5.3.10 当混凝土泵出现压力升高且不稳定、油温升高、输送管明显振动等现象而泵送困难时,不得强行泵送,并应立即查明原因,采取措施排除故障。

5.3.11 当输送管堵塞时,应及时拆除管道,排除堵塞物。拆除的管道重新安装前应湿润。

5.3.12 当混凝土供应不及时,宜采取间歇泵送方式,放慢泵送速度。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。

5.3.13 向下泵送混凝土时,应采取措施排除管内空气。

5.3.14 泵送完毕时,应及时将混凝土泵和输送管清洗干净。

又

6 泵送混凝土的浇筑

6.1 一般规定

6.1.1 泵送混凝土的浇筑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 的有关规定。

6.1.2 应有效控制混凝土的均匀性和密实性,混凝土应连续浇筑使其成为连续的整体。

6.1.3 泵送浇筑应预先采取措施避免造成模板内钢筋、预埋件及其定位件移动。

6.2 混凝土的浇筑

6.2.1 混凝土的浇筑顺序,应符合下列规定:

- 1 当采用输送管输送混凝土时,宜由远而近浇筑;
- 2 同一区域的混凝土,应按先竖向结构后水平结构的顺序分层连续浇筑。

6.2.2 混凝土的布料方法,应符合下列规定:

- 1 混凝土输送管末端出料口宜接近浇筑位置。浇筑竖向结构混凝土,布料设备的出口离模板内侧面不应小于 50mm。应采取减缓混凝土下料冲击的措施,保证混凝土不发生离析。
- 2 浇筑水平结构混凝土,不应在同一处连续布料,应水平移动分散布料。

7 施工安全与环境保护

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土泵送施工应符合国家安全与环境保护方面的有关规定。

7.1.2 混凝土输送泵及布料设备在转移、安装固定、使用时的安全要求,应符合产品安装使用说明书及相关标准的规定。

7.2 安全规定

7.2.1 用于泵送混凝土的模板及其支承件的设计,应考虑混凝土泵送浇筑施工所产生的附加作用力,并按实际工况对模板及其支撑件进行强度、刚度、稳定性验算。浇筑过程中应对模板和支架进行观察和维护,发现异常情况应及时进行处理。

7.2.2 对安装于垂直管下端钢支撑、布料设备及接力泵的结构部位应进行承载力验算,必要时应采取加固措施。布料设备尚应验算其使用状态的抗倾覆稳定性。

7.2.3 在有人员通过之处的高压管段、距混凝土泵出口较近的弯管,宜设置安全防护设施。

7.2.4 当输送管发生堵塞而需拆卸管夹时,应先对堵塞部位混凝土进行卸压,混凝土彻底卸压后方可进行拆卸。为防止混凝土突然喷射伤人,拆卸人员不应直接面对输送管管夹进行拆卸。

7.2.5 排除堵塞后重新泵送或清洗混凝土泵时,末端输送管的出口应固定,并应朝向安全方向。

7.2.6 应定期检查输送管道和布料管道的磨损情况,弯头部位应重点检查,对磨损较大、不符合使用要求的管道应及时更换。

7.2.7 在布料设备的作业范围内,不得有高压线或影响作业的障碍物。布料设备与塔吊和升降机械设备不得在同一范围内作

业,施工过程中应进行监护。

7.2.8 应控制布料设备出料口位置,避免超出施工区域,必要时应采取安全防护设施,防止出料口混凝土坠落。

7.2.9 布料设备在出现雷雨、风力大于6级等恶劣天气时,不得作业。

7.3 环境保护

7.3.1 施工现场的混凝土运输通道,或现场拌制混凝土区域,宜采取有效的扬尘控制措施。

7.3.2 设备油液不能直接泄漏在地面上,应使用容器收集并妥善处理。

7.3.3 废旧油品、更换的油液过滤器滤芯等废物应集中清理,不得随地丢弃。

7.3.4 设备废弃的电池、塑料制品、轮胎等对环境有害的零部件,应分类回收,依据相关规定处理。

7.3.5 设备在居民区施工作业时,应采取降噪措施。搅拌、泵送、振捣等作业的允许噪声,昼间为70dB(A声级),夜间为55dB(A声级)。

7.3.6 输送管的清洗,应采用有利于节水节能、减少排污量的清洗方法。

7.3.7 泵送和清洗过程中产生的废弃混凝土或清洗残余物,应按预先确定的处理方法和场所,及时进行妥善处理,并不得将其用于未浇筑的结构部位中。

8 泵送混凝土质量控制

8.0.1 应建立质量控制保证体系，制定保证质量的技术措施。

8.0.2 泵送混凝土的原材料及其储存、计量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定，原材料的储备量应满足泵送要求。

8.0.3 泵送混凝土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 和《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

8.0.4 泵送混凝土的质量控制除应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的相关规定外，尚应符合下列规定：

1 泵送混凝土的可泵性试验，可按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 有关压力泌水试验的方法进行检测，10s 时的相对压力泌水率不宜大于 40%。

2 混凝土入泵时的坍落度及其允许偏差，应符合表 8.0.4 的规定。

3 混凝土强度的检验评定，应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定。

表 8.0.4 混凝土坍落度允许偏差

坍落度 (mm)	坍落度允许偏差 (mm)
100~160	±20
>160	±30

8.0.5 出泵混凝土的质量检查，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行。用作评定结构或构件混凝土强度质量的试件，应在浇筑地点取样、制作，且混凝土的取样、试件制作、养护和试验均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。

附录 A 混凝土输送管换算

A.0.1 混凝土输送管的泵送阻力宜按表 A.0.1 进行等效换算。

表 A.0.1 混凝土输送管水平换算长度表

管类别或 布置状态	换算 单位	管规格		水平换算长度 (m)
向上垂直管	每米	管径 (mm)	100	3
			125	4
			150	5
倾斜向上管 (输送管倾斜角为 α , 图 A.0.1)	每米	管径 (mm)	100	$\cos\alpha + 3\sin\alpha$
			125	$\cos\alpha + 4\sin\alpha$
			150	$\cos\alpha + 5\sin\alpha$
垂直向下及 倾斜向下管	每米	—		1
锥形管	每根	锥径变化 (mm)	175→150	4
			150→125	8
			125→100	16
弯管 (弯头张角为 β , $\beta \leq 90^\circ$, 图 A.0.1)	每只	弯曲半径 (mm)	500	$12\beta/90$
			1000	$9\beta/90$
胶管	每根	长 3m~5m		20

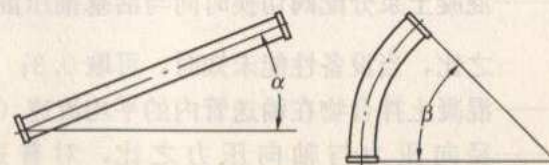


图 A.0.1 布管计算角度示意

附录 B 混凝土泵送阻力计算

B.0.1 混凝土泵送系统附件的估算压力损失宜按表 B.0.1 取值累加计算。

表 B.0.1 混凝土泵送系统附件的估算压力损失

附件名称	换算单位	估算压力损失 (MPa)
管路截止阀	每个	0.1
泵体附属 分配阀	每个	0.2
结构 启动内耗	每台泵	1.0

B.0.2 混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失宜按下列公式计算, 采用其他方法确定压力损失时, 宜通过试验验证。

$$\Delta P_H = \frac{2}{r} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V_2 \right] \alpha_2 \quad (\text{B.0.2-1})$$

$$K_1 = 300 - S_1 \quad (\text{B.0.2-2})$$

$$K_2 = 400 - S_1 \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中: ΔP_H ——混凝土在水平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_1 ——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_2 ——混凝土拌合物在输送管内的平均流速 (m/s);

α_2 ——径向压力与轴向压力之比, 对普通混凝土取 0.90。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待, 对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格, 非这样做不可的:

正面词采用“必须”, 反面词采用“严禁”;

2) 表示严格, 在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”, 反面词采用“不应”或“不得”;

3) 对表示允许稍有选择, 在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”, 反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择, 在一定条件下可以这样做的, 采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 2 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 3 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 4 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 5 《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395
- 6 《混凝土搅拌运输车》GB/T 26408
- 7 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 8 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

中华人民共和国行业标准

混凝土泵送施工技术规程

JGJ/T 10 - 2011

条文说明

修订说明

《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10-2011, 经住房和城乡建设部 2011 年 7 月 13 日以第 1061 号公告批准、发布。

本规程是在《混凝土泵送施工技术规范》JGJ/T 10-95 的基础上修订而成, 上一版的主编单位是中国建筑科学研究院, 参编单位是北京市第五建筑工程公司、上海市第八建筑工程公司、同济大学、湖北建设机械厂, 主要起草人员是崔朝栋、王忠鹏、齐大文、赵志缙、施国璋。

本次修订增加了术语以及施工安全与环境保护章节, 并增加了 C60 以上混凝土泵送的有关内容, 取消了“泵送混凝土原材料和配合比”的有关条文, 修改了泵送过程中的换算压力损失值, 修改了部分泵送工艺要求, 并根据实际施工流程需要调整了章节结构。

本规程修订过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国工程建设混凝土泵送施工的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过试验取得了多项重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定, 《混凝土泵送施工技术规范》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, 仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则	24
3 混凝土泵送施工方案设计	25
3.1 一般规定	25
3.2 混凝土可泵性分析	25
3.3 混凝土泵的选配	26
3.4 混凝土运输车的选配	27
3.5 混凝土输送管的选配	28
3.6 布料设备的选配	29
4 泵送混凝土的运输	30
4.1 一般规定	30
4.2 泵送混凝土的运输	30
5 混凝土的泵送	32
5.1 一般规定	32
5.2 混凝土泵送设备安装	32
5.3 混凝土的泵送	34
6 泵送混凝土的浇筑	36
6.1 一般规定	36
6.2 混凝土的浇筑	36
7 施工安全与环境保护	37
7.1 一般规定	37
7.2 安全规定	37
7.3 环境保护	38
8 泵送混凝土质量控制	39
附录 A 混凝土输送管换算	41
附录 B 混凝土泵送阻力计算	42

1 总 则

1.0.2 鉴于我国在市政（包括路桥、隧道、地铁等）、水利水电等工程中已成功地应用混凝土泵送施工，故在本规程适用范围中，列入该类工程，以便推广应用混凝土泵送施工。

因轻骨料混凝土泵送存在一些特殊性，在我国缺乏试验研究且工程实践较少，故不包括轻骨料混凝土泵送。

根据目前技术形势，本次修订新增了 C60 以上混凝土泵送施工的相关内容，但对 C60 以上混凝土的泵送仍需要注意积累资料、总结经验，以便进一步改进和完善。

1.0.3 混凝土泵送施工技术性强，一般应连续进行，对混凝土泵输送管的选择布置、泵送混凝土供应、混凝土泵送与浇筑、施工管理等要求较高，且均需在施工组织设计中充分考虑，所以混凝土泵送施工应制定严密的施工方案，故将原“施工组织设计”改为“施工方案”。

1.0.4 混凝土泵送施工时的技术、安全、劳动保护、防火、环保等要求，必须符合国家现行有关标准的规定。

3 混凝土泵送施工方案设计

3.1 一般规定

3.1.2 施工技术条件分析是泵送工艺控制的首要环节，该过程主要根据施工要求、原材料特性、混凝土配合比、混凝土拌制工艺、混凝土运输和输送方案等技术条件分析混凝土的可泵性，以评估其工艺可行性，如有不合理之处，应在泵送施工前及时协商调整，以保证后期工艺顺利进行。混凝土运输方案、混凝土输送方案、混凝土浇筑方案是混凝土泵送施工方案设计的关键内容，主要对混凝土运输设备、泵送设备、输送管路、布料设备等进行设计和配置。

3.2 混凝土可泵性分析

3.2.1 在泵压作用下，混凝土拌合物通过管道进行输送，这是泵送混凝土的显著特点。泵送混凝土应满足可泵性要求，这是与普通混凝土配合比设计的主要不同之处。

3.2.2 确定泵送混凝土的配合比时，仍可采用普通方法施工的混凝土配合比设计方法，故泵送混凝土配合比设计应符合普通混凝土配合比设计有关标准的规定。但还需考虑混凝土拌合物在泵压作用下的管道输送的特点，在水泥用量、坍落度、砂率等方面应予以特殊考虑，并宜根据具体泵送条件（材料、设备、气温等）经试配确定配合比。如果缺乏经验或必要时，尚应通过试泵送确定配合比。

3.2.3 表 3.2.3 主要是根据原规程内容以及上海建工集团等单位提供的超高层建筑施工经验数据而提出的，本次修订增大了泵送高度范围，并提出了扩展度要求。

3.2.4 根据《商务部、公安部、建设部、交通部关于限期禁止

在城市城区现场搅拌混凝土的通知》(商改发[2003]341号)的规定,禁止在城市城区现场搅拌混凝土,城市城区必须使用预拌混凝土;禁止采用手工搅拌的混凝土进行泵送的理由是:(1)人工拌制的混凝土质量,由于计量难以准确控制和拌合方法无法达到要求,混凝土质量不能满足设计配合比的质量要求;(2)人工搅拌混凝土的效率低,往往不能满足当前混凝土输送泵的最低排量的技术要求,故不能保证混凝土泵送连续工作,此时,混凝土输送管路会因混凝土供应中断频率太高而发生堵塞事故;(3)混凝土人工搅拌工艺的技术落后、劳动强度大。

3.3 混凝土泵的选配

3.3.1 日本建筑学会制订的《混凝土泵送施工规程》规定:混凝土泵的型号要根据配管计划、输送管水平换算距离及平均单位时间所需的输送量来确定。日本土木学会制订的《混凝土泵送施工规程》规定:混凝土泵的型号必须考虑混凝土种类、品质、配管计划及泵送条件来确定。

我国各施工单位都应根据混凝土浇筑计划、要求的最大输出量和最大输送距离来选择混凝土泵的型号。选型的重点是确定混凝土泵的额定压力、额定排量、台数等参数。

3.3.2 公式(3.3.2)是根据《建筑技术》1990年第11期中《混凝土泵送的机理及计算方法》一文提出的。

日本学者毛见虎雄提出混凝土泵的平均输出量按下式计算:

$$Q_1 = Q_{\max} \cdot \eta = Q_{\max} \cdot \frac{T}{\Sigma T} \quad (1)$$

式中: Q_1 ——混凝土泵的平均输出量;

Q_{\max} ——混凝土泵的最大输出量 (m^3/h);

η ——作业效率;

T ——混凝土泵的实际作业时间 (h);

ΣT ——混凝土泵的全部作业时间 (h)。

其提供的作业效率 η 在建筑工程中平均为 0.6 左右,取值

0.4~0.9。根据我国实际施工情况,作业效率取值 0.5~0.7 较宜。

3.3.3 日本建筑学会规定,确定混凝土泵的台数,必须核对每小时的平均输出量和预定型号的最大输出量,同时要考虑操作产生的各种时间中断造成的效率降低的因素。日本土木学会规定:混凝土泵的数量,必须根据所需要的泵送量和预定型号的输出来确定。我国在实际施工中,可按公式(3.3.3)确定混凝土泵的台数。

重要工程的混凝土泵送施工,混凝土泵的所需台数,除根据计算确定外,宜有一定的备用台数。

3.3.5 在泵送混凝土施工中,有时需确定混凝土泵的最大输送距离,以便确定其是否满足施工要求。

如具备试验条件,试验确定最可靠;也可按实际配管情况,根据公式计算最大输送距离;如制造商提供有可靠的产品性能表(或曲线),亦可参照确定。

3.3.7 为防止粒径过大骨料或异物入泵造成堵塞,混凝土集料斗必须设置网筛,该网筛同时可防止人体误入搅拌区造成伤害。

3.4 混凝土运输车的选配

3.4.1 泵送混凝土坍落度一般都比较大,为使泵送混凝土在运输过程中不产生分层离析现象,确保泵送混凝土的质量和顺利泵送,泵送混凝土宜采用搅拌运输车运送,国家现行标准《预拌混凝土》GB/T 14902 对运输车也提出了相应要求。

3.4.2 本公式为经验公式,是根据北京市第五建筑公司的《板柱剪力墙体系 BUPC—飞模—泵送工法(WJGF—004—90)》等文献中推荐的公式确定的。经过在几个泵送混凝土施工实例中的应用和测算,在正常条件下,基本能满足使用要求。例如:北京市朝阳区东大桥百货商场工程的顶层楼板混凝土泵送施工,混凝土搅拌运输车所需台数的选定如下。

已知条件:单台混凝土泵设计平均输出量 Q_1 为 $30\text{m}^3/\text{h}$;

使用的混凝土搅拌运输车容量 V_1 为 6m^3 ;
混凝土搅拌运输车的平均车速 S_0 为 20km/h ;
混凝土搅拌运输车往返运输距离 L_1 为 5km ;
混凝土搅拌运输车一个运输周期的总计停歇时间 T_1 为 30min 。

所需搅拌运输车台数按公式计算如下:

$$N_1 = \frac{30}{60 \times 6 \times 0.95} \times \left(\frac{60 \times 5}{20} + 30 \right) \quad (2)$$
$$= 3.947$$

故选 4 台混凝土搅拌运输车。

在混凝土泵送作业时,实际测定的情况是:在交通条件正常情况下,混凝土能够保证连续供应。由于顶板混凝土泵送布料间断时间过长,使每台混凝土搅拌运输车在施工现场停留时间为 $15\text{min} \sim 25\text{min}$ 。又由于此运输路程当时有外宾车队经过,大型运输车辆需绕行,致使第 3 台和第 4 台混凝土搅拌车间隔大约 55min 。但采取了降低混凝土泵排量及间断泵送措施,没有发生比较大的问题。

此公式在其他施工项目中应用时,基本能满足泵送混凝土施工需要。为了保证泵送混凝土的连续供应,混凝土搅拌车的运输量应大于泵送量。由于混凝土运输过程受交通条件的影响比较大,而我国大中城市的交通状况比较差,尤其是繁华的闹市区进行泵送混凝土施工,交通条件更为恶劣,因此往往会出现用此公式计算确定的车辆台数与实际需求量不符。由于交通不畅通、混凝土泵待料和施工准备条件不足造成间歇停泵,使混凝土搅拌运输车辆积压的现象也时有发生。因此建议:应通过通信联络,加强车辆调度及时解决车辆积压问题。为解决因交通不畅致使混凝土泵待料问题,应在利用上述公式选定所需台数的基础上适当安排 (1~2) 台储备机动车辆。

3.5 混凝土输送管的选配

3.5.1 经过多年混凝土泵送施工的实践,证明宜按照本规定的

原则进行配管。同时日本建筑学会亦规定,配管要根据浇筑计划、浇筑顺序、浇筑速度来确定。输送管的长度尽可能短,并尽可能少用弯管和橡胶软管,以减少压力损失。

3.5.2 日本建筑学会规定,输送管尺寸要根据泵送条件、混凝土泵送难易程度、单位时间的平均输出量和粗骨料的最大粒径进行选择。表 3.5.2 提出了输送管径与粗骨料最大粒径的关系,应予满足,否则易产生堵塞等故障。

3.5.3 输送管要求采用无龟裂、无孔、无凸面损伤的材料,往高处泵送或压力特别大时,要尽可能采用管壁较厚的输送管。

3.6 布料设备的选配

3.6.1 布料设备应能覆盖整个结构平面,并能均匀、迅速地进行布料。

3.6.3 本条规定的目的是有利于连续浇筑,并减少移动设备等附加工量。

4 泵送混凝土的运输

4.1 一般规定

4.1.1 泵送混凝土的连续均匀供应是为了确保符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定,混凝土的供应必须保证混凝土泵能连续工作,故应根据泵送混凝土施工方案编制混凝土供应计划。影响混凝土供应计划能否实现的主要因素是:混凝土搅拌站、搅拌运输车、混凝土泵及其他附属设备的技术状况是否完好;上述设备的技术性能是否匹配和满足供应计划要求;以及混凝土的原材料供应情况、混凝土供应期间的气候条件和道路交通条件、混凝土泵作业时排量的选定等。总之,保证混凝土泵能够连续作业的主要目的就是要确保混凝土泵送浇筑质量和混凝土输送管路不因混凝土供应中断时间过长,而发生堵塞事故。

4.1.2 在混凝土运输过程中随意加水是当前常见的不良现象,严重影响混凝土后期强度,应予控制和纠正。搅拌运输车在行驶过程中,给混凝土泵喂料前和喂料过程中均不得往拌筒内加水,以保证混凝土质量。

4.2 泵送混凝土的运输

4.2.1 混凝土搅拌运输车自重及载重较大,一般满载质量都在20t以上,同时考虑施工时倒车、调度等因素,故行车道应满足重车行驶要求,且宜设置循环行车道,尽量避免交会车。

4.2.2 混凝土搅拌站每次为混凝土搅拌运输车提供的商品混凝土都要符合泵送混凝土的设计配合比(包括用水量),而残留在混凝土搅拌运输车中的积水,如果不清除掉,无疑会改变混凝土的设计配合比,使混凝土质量得不到保障。

4.2.4 规定卸料前高速旋转拌筒的原因如下:泵送混凝土在拌筒内由于运输过程中拌筒转速受到限制,易发生离析现象或得不到充分的拌合,卸料前泵送混凝土往往难以达到均匀性要求。为了确保泵送混凝土经过运输后仍能够保证质量,使混凝土泵送作业顺利进行,应在给混凝土泵喂料前高速旋转运输车拌筒,以使混凝土在拌筒内再次拌合均匀,保证混凝土的质量。拌筒的旋转时间应根据不同混凝土搅拌车的具体要求和实际泵送混凝土的作业情况而定。

喂料时保证集料斗最小集料量的原因是:避免因空气进入泵管引起“空气锁”,易增加活塞磨损,并导致管路堵塞,或可能在出口处形成混凝土高压喷射等危险现象。

为防止混凝土发生离析,搅拌运输车中断卸料阶段也应保持拌筒低速转动。

5 混凝土的泵送

5.1 一般规定

5.1.1 施工现场必须设有通信装置。如：对讲机、无线电话和信号灯等，并必须配备泵送混凝土施工的专业指挥人员。混凝土泵送施工，在混凝土的拌制、运输、泵送、布料和浇筑的全过程中，是远距离、多工种、多单位和多设备的同时协作施工。为确保混凝土泵送施工能连续、顺利和快速进行，根据工程规模大小在现场设置通信设备，进行搅拌站、搅拌运输车、混凝土泵、布料设备与浇筑点之间的泵送施工进度等信息的及时联络是十分必要的。同时在现场设置适当的指挥系统，进行统一指挥，及时协调处理出现的矛盾，也是必不可少的。

5.1.3 炎热季节施工，宜用湿布、湿袋等材料遮盖露天的混凝土输送管，避免暴晒。严寒季节施工，宜用保温材料包裹混凝土输送管，防止管内混凝土受冻，并保证混凝土的入模温度。

5.1.5 本条参考日本建筑学会的《混凝土泵送施工规程》和上海市第四建筑工程公司的《高层建筑结构泵送混凝土工法》编写的。能否连续泵送混凝土，是混凝土泵送施工成败的关键因素之一。如混凝土泵的输送管中的混凝土超过了初凝时间减去布料入模和振捣密实所必需的时间，则因混凝土质量不合格，将导致管道堵塞。所以当遇到混凝土供应中断等情况时，应采取慢速和间歇泵送，但一定要满足所泵送的混凝土从搅拌到浇筑完毕的延续时间不超过初凝时间的要求。

5.2 混凝土泵送设备安装

5.2.1 日本建筑学会规定：混凝土泵要设置在混凝土供应方便和便于配管处。用混凝土搅拌运输车运送混凝土时，如有可能，

对于一台混凝土泵要便于停放两台混凝土搅拌运输车。其次还要配备排水、供水设施，如有必要还要设置照明设备。日本土木学会规定：混凝土泵的设置必须水平、稳定，并有利于混凝土搅拌运输车靠近。同时，本条中的内容亦为我国施工经验的总结。

5.2.2 我国经过多年混凝土泵送施工的实践证明宜按照本条规定的原则进行配管，布管尽可能少用弯管和橡胶软管，以减小泵送阻力。

5.2.3 垂直向上配管时，随着高度的增加，混凝土势能增加，混凝土存在回流趋势，因此应在混凝土泵与垂直配管之间铺设一定长度的水平管道，以保证有足够的阻力阻止混凝土回流。水平配管长度与垂直管长度的比值要求多种多样，从1:3~1:10者皆有，但当前要求1:5者较多。

日本土木学会制订的《混凝土泵送施工规程》中规定原则上要安装截止阀。根据我国泵送混凝土施工经验，垂直输送高度超过100m时，应设截止阀，且宜安装在离泵机出口3m~6m（即1~2节输送管）处。

5.2.4 向下配置的管道底部应设有足量的弯头或水平配管，以平衡混凝土因自重产生的下压力，避免在管道中产生真空段。

5.2.5 这是我国泵送混凝土施工经验的总结。水平管支撑应具有一定离地高度，以便于排除堵管或清洗时拆管；为克服泵送过程产生的反作用力，垂直管道必须牢固地固定，因单点无法固定，至少需要两点定位。垂直管下端的弯管不能作为上部管道的支撑，并应保证弯管易于拆除，以便处理堵管等故障。

5.2.6 我国有关施工规范已明确规定脚手架不得作为其他施工设备的支撑，以防发生安全事故。根据日本建筑学会的《混凝土泵送施工规程》和我国的施工实际经验，对混凝土泵送施工时的钢筋骨架保护也应有明确规定。由于泵送法浇筑混凝土的速度快、分层厚，甚至有时会出现布料超厚现象，容易造成对钢筋骨架的压缩变形，所以根据工程实际需要，对楼板和块体结构的钢筋骨架要设置足够的钢支撑。

5.3 混凝土的泵送

5.3.1 因混凝土泵工作时会产生较大的振动,为保证安全,应支撑稳定。

5.3.2 在混凝土泵启动前,应对混凝土泵的各种用油的储量、水箱中水位、液压系统是否漏油、换向阀的磨损及接口是否严密、搅拌轴运转是否正常等关键部位进行全面检查,且应在其符合要求后才能开机。

5.3.3 混凝土泵送工艺较为复杂,泵送前检查配比设计和坍落度属过程控制,有利于保证顺利施工。

5.3.4 大量的施工经验表明,当混凝土入泵坍落度小于100mm时,泵送困难。而对于高强混凝土,因其运动黏度较大,坍落度需要达到180mm以上才能保证顺利施工。

5.3.5 在泵送润滑水泥砂浆或水泥浆前,先泵送适量水的作用是:第一,可湿润混凝土泵的料斗、活塞及输送管内壁等直接与混凝土接触部位,减少润滑水泥砂浆用量和强度的损失;第二,可检查混凝土泵和输送管中是否有异物,接头是否严密。

5.3.6 新铺设或重复安装的管道以及混凝土泵的活塞和料斗,一般都较干燥且吸水性较大。泵送适量水泥砂浆或水泥净浆后,能使混凝土泵的料斗、活塞及输送管内壁充分润滑形成一层润滑膜,从而有利于减小混凝土的流动阻力。润滑浆的种类可根据各地经验,按本规程选用。一般常选用与混凝土成分相同的水泥砂浆作润滑浆。水灰比宜为0.5~0.6,润滑浆的体积量可根据混凝土泵操作说明提供的定额和管道长度来确定。

5.3.7 本条根据各地泵送混凝土的实际操作经验而编写。开始泵送时,可能遇到难以预料的复杂情况,先进行慢速泵送有利于监视泵送系统状态;逐步加载进入正常工作状态,也有利于延长设备使用寿命。混凝土泵随时能反泵,有利于快速处理可能出现的管路系统等的异常。

5.3.8 水箱是指汽车式泵的盛水器,活塞清洗室是指固定式泵

的盛水器。根据施工经验:如果混凝土泵盛水器水量不足,轻者易使水温升高;重者会造成机械故障,使混凝土不能连续泵送。

5.3.9 本规定的目的是防止混凝土水分被管壁吸收,并润滑减少阻力。

5.3.10 当出现混凝土泵送困难时,可采用木槌敲击输送管的弯管、锥形管,因为混凝土通过这些部位比通过直管困难,用木槌可将这些部位的混凝土敲击松散,使其顺利通过管道,恢复正常泵送,避免堵塞。

5.3.11 本规定的目的是防止混凝土水分被管壁吸收,并减少泵送阻力。

5.3.12 间歇正泵和反泵是为防止混凝土结块或离析沉淀造成管道堵塞事故。

5.3.13 向下泵送混凝土时,由于混凝土自由下落,压缩管内混凝土下面的空气,易形成气柱阻碍混凝土下落,同时也易使混凝土产生离析,因此开始向下泵送混凝土时,要先排气,使管内混凝土下面的空气不能形成气柱,从而使混凝土能正常自由向下流动。待输送管下段的混凝土有了一定压力时,关闭排气装置进入正常泵送。部分混凝土泵操作要求向下泵送混凝土前,先在管中放入海棉球,也是适宜的措施。

5.3.14 当混凝土泵送完毕时,及时清洗干净混凝土泵和输送管,有利于再次泵送时减少摩阻力,顺利进行泵送。长距离的输送管宜用水清洗。对于垂直管道,也可从上向下用压缩空气吹洗管道。但是水洗法和空气吹洗法都会有混凝土、石子和过滤器从输送管顶端飞出的危险,所以清洗混凝土泵和输送管时,必须要有专人统一指挥,认真执行有关清洗的操作规程,以确保安全泵送。

6 泵送混凝土的浇筑

6.1 一般规定

6.1.1 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中明确规定,混凝土浇筑过程应有效控制混凝土的均匀性和密实性。为确保各浇筑区域之间的混凝土在初凝时间内结合,应根据工程结构特点、平面形状和几何尺寸、混凝土供应和泵送设备能力、劳动力和管理能力,以及周围场地大小等条件,预先划分好混凝土浇筑区域。

6.1.3 由于拆装输送管牵动软管布料和排除故障等原因,操作人员常会碰动钢筋骨架;启动混凝土泵时,管道脉冲和振捣混凝土时横向流动产生的水平推力,也会造成钢筋骨架移位;所以对于钢筋骨架,除绑扎牢固外,还宜在钢筋竖横交错节点等主要部位,采用电焊工艺连接牢固。

6.2 混凝土的浇筑

6.2.1 当采用输送管道输送混凝土时,由远至近浇筑混凝土,不仅布料、拆管和移动布料设备等不会影响先浇筑混凝土的质量,而且施工过程中,拆管等工作是越来越少,便于施工。浇筑泵送混凝土时,为了方便施工,提高工效,缩短浇筑时间,保证浇筑质量,应当认真确定合理的浇筑次序,并加以严格执行。

6.2.2 浇筑竖向结构泵送混凝土时,混凝土不得直冲侧模板内侧面和钢筋骨架,主要目的是防止混凝土离析。浇筑楼板和块体结构泵送混凝土时,为避免将混凝土集中布入一个地方,除了应水平移动布料管外,还应配足操作人员和设备。

7 施工安全与环境保护

7.1 一般规定

7.1.2 本条是根据国内外有关标准和施工经验编写的,认真执行各类混凝土泵的使用说明规定,不仅有利于施工安全,而且也有利于顺利进行泵送和浇筑,延长混凝土泵的使用寿命。

7.2 安全规定

7.2.1 混凝土泵送浇筑与其他浇筑方法相比,其浇筑速度快,混凝土坍落度大、流动性大,混凝土是在泵压作用下入模的,且在入模经振捣密实后的较短时间内就会对模板产生最大的侧压力。所以更容易对模板产生局部性的侧压力增大,使模板变形或移位。为此,在设计模板时,对模板和支架必须考虑耐侧压和采取必要的加固措施。

7.2.2 支撑结构部位需承受泵、布料机或输送管的重力或反作用力,工作时又产生振动,所以其所处的结构要按动荷载进行验算,如承载能力不足,则需进行加固。布料设备经常需要进行高空作业或大跨度作业,作业过程中又存在一定冲击,其抗倾覆稳定性非常重要。

7.2.3 高压管段、泵出口附近弯管受力较大,由于各种因素,它们存在爆管的风险,为保证通过人员的安全,应设安全防护措施。

7.2.4 堵管时,管内往往存在一定的压力,未卸压而直接拆管,会发生突然喷射伤人的事故,这一点很容易被忽视,需要引起重视。即便卸压后,也可能在局部管段存在较小压力,所以操作者不得面对管口操作,以防混凝土喷向人体尤其是面部。

7.2.5 本条目的是防止堵塞物或废浆高速飞出或管端甩动伤人。

7.2.6 在泵送安全风险中,因管道磨损过度而在泵送过程中发生爆管现象占较大比重,需严加防范。

7.2.7 本条目的是防止布料设备与空中障碍物发生运动干涉导致撞击或触电事故。布料设备移动布料臂架前,应检查周围是否有障碍物,以防臂架触碰障碍物,引起重大安全事故。

7.2.9 一般布料设备露天作业且展开面较大,大风天气作业可能使设备受到较大附加风载,设备存在倾覆的危险,故不得作业。

7.3 环境保护

7.3.1 运输通道或混凝土搅拌区域可能产生大量扬尘,这是施工现场环境的重要污染源,需严格加以控制。

7.3.2 混凝土泵一般采用液压系统,在维护保养甚至使用过程中易产生油液泄漏,需提前准备容器收集泄漏物,以防污染作业环境并减少清理工作量。

7.3.4 废弃物的分类回收有利于废弃物的处理和再生利用。

7.3.5 在居民区施工时,混凝土的搅拌、泵送、振捣等的作业噪声,往往会对居民生活休息造成一定影响,应尽可能采取措施降低噪声。本条允许的噪声值根据现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB 12523 中的规定确定。

8 泵送混凝土质量控制

8.0.1 要保证泵送混凝土的质量,就应建立严格的质量控制体系。

8.0.2 泵送混凝土原材料必须合格,为此规定对原材料进行合格验收。同时为防止材料变质和使用混乱,故又对保管、存放作了规定。对原材料储备量要求的目的是为了满足泵送混凝土连续作业要求。

8.0.4 混凝土的可泵性评价方法是一个比较复杂的问题。用压力泌水率控制混凝土的可泵性,国内外已进行了不少研究。上海、天津、广州等地已积累了一定的实践经验。根据《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 测定的 10s 时的相对压力泌水率(以下记为 S_{10})要求,是根据中国建研院混凝土所、铁道建科院、天津建科所、广东四建等单位的 120 多个试验数据经统计分析得来的。统计结果为:单掺(外加剂)、双掺(外加剂、粉煤灰), S_{10} 平均值分别为 28.9% 和 24.5%。仅掺粉煤灰时平均值为 43.4%。广东四建的《高层建筑一次泵送混凝土工法》中 S_{10} 控制在 20% 左右,上海南浦大桥工程高强泵送混凝土 18 个压力泌水试验数据的平均值为 36.9%,故规定 S_{10} 宜不超过 40%。目前混凝土原材料成分日益复杂,在修订本标准的研究试验中发现,在添加高效减水剂的情况下,压力泌水率可能很低,但可泵性并不一定符合要求,所以有关压力泌水率的技术要求是必要条件,而非充分条件,还需要本行业积累有关经验和数据,形成更完善的技术体系。

混凝土坍落度允许误差表是根据国家现行标准以及我国混凝土泵送施工经验确定的。

8.0.5 评定结构或构件混凝土强度质量的试块取样、制作,其

目的是检验泵送到建筑物中的混凝土是否符合设计配合比要求。日本有关标准规定：应在向建筑物浇筑的配管口进行取样和制作。结合我国施工经验，评定泵送混凝土强度质量的试块，亦应在浇筑地点取样、制作。为检验泵送入模的混凝土强度质量，应严格执行此项规定。

附录 A 混凝土输送管换算

A.0.1 日本建筑学会 1979 年修订的《混凝土泵送施工规程》及日本土木学会 1985 年编制的《混凝土泵送施工规程》中输送管的水平换算长度如表 1 所示，表 A.0.1 即是参考本表确定的。

表 1 混凝土输送管的水平换算长度

项 目	单 位	规 格	水平换算长度 (m)
向上垂直管	每米	100A (4B)	3 (3)
		125A (5B)	4 (4)
		150A (6B)	5 (5)
锥形管	每根	175A→150A	4 (3)
		150A→125A	8 (3)
		125A→100A	16 (3)
90°弯管	每根	R=0.5m	12 (6)
		R=1.0m	9 (6)
软 管	每根	5m~8m	20 (20)

表 1 中 R 代表弯曲半径，A 代表单位毫米，B 代表单位英寸。“水平换算长度”栏内括号中的数字是日本土木学会数据，括号外的数字是日本建筑学会数据。

附录 B 混凝土泵送阻力计算

B.0.1 表 B.0.1 是根据三一重工总结的泵送施工数据而修订的。该表相对原规程有所简化,其中管卡阻力计算被删去,因国内现用管卡阻力较小,可以忽略。

B.0.2 本条是根据国外 S·Morinaga 公式制定的。单位长度水平管产生的压力损失的确定,常见的还有以下两种计算方法:

1 日本建筑学会提供的计算图表

表 2 输送普通混凝土时单位长度水平管的压力损失 (10^5 Pa/m)

混凝土坍落度 (mm)	管径 (mm)	输出量 (m^3/h)				
		20	30	40	50	60
80	100	0.18	0.21	0.24	0.28	0.32
	125	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17
120	100	0.15	0.18	0.21	0.25	0.28
	125	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
150	100	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24
	125	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
180	100	0.10	0.12	0.14	0.17	0.20
	125	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
210	100	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16
	125	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

2 日本土木学会《混凝土泵送施工规程》推荐的计算公式

其公式内容与 S·Morinaga 公式基本相同,主要区别是分配阀的切换时间与活塞推压混凝土时间之比取值不同,其经验值一般取为 0.20。

利用这三种方法计算所得的示例如表 3 所示,计算时应注意

混凝土坍落度的单位为毫米 (mm)。国内一般采用 S·Morinaga 算法,更偏于安全。

表 3 不同计算方法求得的单位长度水平管的压力损失

管径 (mm)	坍落度 (mm)	输出量 (m^3/h)	图表 (10^5 Pa/m)	日本土木学会 推荐的公式 (10^5 Pa/m)	S·Morinaga 公式 (10^5 Pa/m)
125	80	50	0.15	0.189	0.199
		60	0.17	0.214	0.226
	150	50	0.12	0.141	0.149
		60	0.13	0.161	0.170
	210	50	0.08	0.100	0.106
		60	0.09	0.115	0.123

在上海环球金融中心泵送施工的计算和实测数据如表 4,该工程采用三一重工 90CH2135D 型混凝土输送泵进行施工,混凝土强度等级为 C40~C60,输送管实际内径 128mm。由表 4 看,现行计算方法用于指导混凝土泵及其配管的设计选型是偏于安全的。

表 4 上海环球金融中心计算与实测泵压数据表

测试 位置	垂直 高度 (m)	水平 距离 (m)	90° 弯头 (个)	45° 弯头 (个)	平均 坍落度 (mm)	混凝土泵 排量 (m^3)	计算泵送 压力 (MPa)	实测泵 送压力 (MPa)
1 (F52)	230	120	12	2	180	41.7	13	12.5
2 (F78)	340	120	14	2	180	51.3	20.6	16
3 (F93)	414	120	16	2	200	51.3	21.8	19
4 (F101)	492	120	16	2	200	48.1	24	20