UDC

中华人民共和国国家标准

P GB 506666－2011

混凝土结构工程施工规范

Code for construction of concrete structures

2012 年 01 月 01 发布 2012 年 08 月 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

前　言

本规范是根据原建设部《关于印发<2007 年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）>的通知》（建标[2007]125 号）的要求，由中国建筑科学研究院会同有关单位编制而成。

本规范是混凝土结构工程施工的通用标准，提出了混凝土结构工程施工管理和过程控制的基本要求。本规范在控制施工质量的同时，为贯彻执行国家技术经济政策，反映建筑领域可持续发展理念，加强了节能、节地、节水、节材与环境保护等要求。本规范积极采用了新技术、新工艺、新材料。

本规范在编制过程中，总结了近年来我国混凝土结构工程施工的实践经验和研究成果，借鉴了有关国际和国外先进标准，开展了多项专题研究，广泛地征求了有关方面的意见，对具体内容进行了反复讨论、协调和修改，最后经审查定稿。

本规范共分 11 章、10 个附录。主要内容有：总则，术语，基本规定，模板工程，钢筋工程，预应力工程，混凝土制备与运输，现浇结构工程，装配式结构工程，冬期、高温与雨期施工，环境保护等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。请各单位在本规范执行过程中，总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议寄送给中国建筑科学研究院《混凝土结构工程施工规范》国家标准管理组（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号；邮政编码：100013；电子邮箱：concode@126.com），以便今后修订时参考。

本规范主编单位：中国建筑科学研究院

本规范参编单位：中国建筑第八工程局有限公司

上海建工集团股份有限公司

中国建筑第二工程局有限公司

中国建筑一局（集团）有限公司

中国中铁建工集团有限公司

浙江省长城建设集团股份有限公司

青建集团股份公司

北京市建设监理协会

中冶建筑研究总院有限公司
黑龙江省寒地建筑科学研究院
东南大学
同济大学
华中科技大学
北京榆构有限公司
瑞安房地产发展有限公司
沛丰建筑工程（上海）有限公司
北京东方建宇混凝土科学技术研究院
浙江华威建材集团有限公司
西卡中国集团
广州市裕丰控股股份有限公司
柳州欧维姆机械股份有限公司
江苏省苏中建设集团股份有限公司

本规范主要起草人员：袁振隆　程志军
王玉岭　王沧州　王晓锋　王章夫　朱万旭　朱广祥
李小阳　李东彬　李宏伟　李景芳　肖绪文　吴月华
何晓阳　冷发光　张元勃　张同波　林晓辉　赵挺生
赵　勇　姜　波　耿树江　郭正兴　郭景强　龚　剑
蒋勤俭　赖宜政　路来军

本规范主要审查人员：叶可明　杨嗣信　胡德均　钟　波　艾永祥　赵玉章
张良杰　汪道金　张　琨　陈　浩　高俊岳　白生翔
韩素芳　徐有邻　李晨光　尤天直　郑文忠　冯　健
魏建东　丛小密　杨思忠

目　次

1　总则 4

2　术语 74

3　基本规定 75

3.1　施工管理 75
3.2　施工技术 75
3.3　施工质量与安全 75

4　模板工程 77

4.1　一般规定 77
4.2　材料 77
4.3　　设计 77
4.4　制作与安装 80
4.5　拆除与维护 82
4.6　质量检查 83

5　钢筋工程 86

5.1　一般规定 86
5.2　材料 86
5.3　钢筋加工 86
5.4　钢筋连接与安装 88
5.5　质量检查 91

6　预应力工程 93

6.1　一般规定 93
6.2　材料 93
6.3　制作与安装 93
6.4　张拉与放张 96
6.5　灌浆与封锚 98
6.6　质量检查 100

7　混凝土制备与运输 102

7.1　一般规定 102
7.2　原材料 102
7.3　混凝土配合比 104
7.4　混凝土搅拌 106
7.5　混凝土运输 108
7.6　质量检查 108

8　现浇结构工程 112

8.1　一般规定 112
8.2　混凝土输送 112

8.3 混凝土浇筑 114
8.4 混凝土振捣 118
8.5 混凝土养护 120
8.6 混凝土施工缝与后浇带 121
8.7 大体积混凝土裂缝控制 122
8.8 质量检查 124
8.9 混凝土缺陷修整 126
9 装配式结构工程 129
9.1 一般规定 129
9.2 施工验算 129
9.3 构件制作 131
9.4 运输与存放 133
9.5 安装与连接 134
9.6 质量检查 135
10 冬期、高温与雨期施工 137
10.1 一般规定 137
10.2 冬期施工 137
10.3 高温施工 140
10.4 雨期施工 141
11 环境保护 143
11.1 一般规定 143
11.2 环境因素控制 143
附录A 作用在模板及支架上的荷载标准值 145
附录B 常用钢筋的规格和力学性能 147
附录C 常用钢筋的公称直径、公称截面面积、计算 149
截面面积及理论重量 149
C.0.1 钢筋的计算截面面积及理论重量应符合表C.0.1 的规定。 149
附录D 纵向受力钢筋的最小搭接长度 91
附录E 预应力筋张拉伸长值计算和量测方法 93
附录F 张拉阶段摩擦预应力损失测试方法 95
附录G 混凝土原材料技术指标 97
附录H 大体积混凝土水化热温度计算 93
附录J 混凝土拌合物温度估算 95
附录K 混凝土水分蒸发速率估算 96
本规范用词说明 93
引用标准名录 91

Contents

1 General Provisions 1

2 Definitions 2

3 Basic Requirements 3

3.1 Construction Management 3

3.2 Construction Technology 3

3.3 Construction Quality and Safety 3

4 Formwork 5

4.1 General Requirements 5

4.2 Materials 5

4.3 Design 5

4.4 Fabrication and Installation 8

4.5 Removal and Maintenance 11

4.6 Quality Control 11

5 Reinforcement 14

5.1 General Requirements 14

5.2 Materials 14

5.3 Reinforcement Fabrication 14

5.4 Reinforcement Connection and Fixing 16

5.5 Quality Control 19

6 Prestressed Concrete 20

6.1 General Requirements 20

6.2 Materials 20

6.3 Fabrication and Installation 20

6.4 Post-tensioning and Pre-tensioning 23

6.5 Grouting and Anchorage Protection 26

6.6 Quality Control 28

7 Concrete Production and Transportation 30

7.1 General Requirements 30

7.2 Materials 30

7.3 Mix Proportioning 32

7.4 Mixing 34

7.5 Conveying 35

7.6 Quality Control 36

8 Cast-in-Situ Concrete 39

8.1 General Requirements 39

8.2 Conveying 39

8.3 Placing 41

8.4 Compacting 45

8.5 Curing 47

8.6 Construction Joint and Post-cast Strip 48

8.7 Crack Control of Mass Concrete 50

8.8 Quality Control 51

8.9 Repair of Concrete Defects 53

9 Precast Concrete 56

9.1 General Requirements 56

9.2 Checking 56

9.3 Production 58

9.4 Storage and Transportation 60

9.5 Erection 61

9.6 Quality Control 62

10 Construction in Cold, Hot and Rainy Weather 64

10.1 General Requirements 64

10.2 Cold Weather Requirements 64

10.3 Hot Weather Requirements 67

10.4 Rainy Weather Requirements 68

11 Environmental Protection 70

11.1 General Requirements 70

11.2 Environmental Considerations 70

Appendix A Characteristic Values of Loads Acting on Formwork 72

Appendix B Specifications and Mechanical Properties of Common Reinforcements 74

Appendix C Nominal Sectional Area, Calculation Sectional Area and Theoretical Weight of Reinforcements 76

Appendix D Minimum Splicing Length of Longitudinal Reinforcements 78

Appendix E Testing Method for Prestressing Loss due to Friction 80

Appendix F Calculation and Measurement Method for Elongation of Prestressed Tendons 83

Appendix G Specifications of Concrete Materials 84

Appendix H Calculation for Hydration Heat Temperature of Concrete 89

Appendix J Temperature Estimation of Fresh Concrete Mixtures 91

Appendix K Estimation of Concrete Evaporation Rate 92

Explanation of Wording in this Code 93

Cited Standards 94

Addition：Explanation of Provisions 95

1　总则

1.0.1 为在混凝土结构工程施工中贯彻国家技术经济政策，保证工程质量，做到技术先进、工艺合理、节约资源、保护环境，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于建筑工程混凝土结构的施工，不适用于轻骨料混凝土及特殊混凝土的施工。

1.0.3 本规范为混凝土结构工程施工的基本要求；当设计文件对施工有专门要求时，尚应按设计文件执行。

1.0.4 混凝土结构工程的施工除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 混凝土结构　　concrete structure

以混凝土为主制成的结构，可分为现浇混凝土结构和装配式混凝土结构。

2.0.2 现浇混凝土结构　　cast-in-situ concrete structure

在现场支模并整体浇筑而成的混凝土结构，简称现浇结构。

2.0.3 装配式混凝土结构　　precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件装配、连接而成的混凝土结构，简称装配式结构。

2.0.4 混凝土工作性　　workability of concrete

在一定施工条件下，便于施工操作且能保证获得均匀密实的混凝土，混凝土拌合物应具备的性能，主要包括流动性、粘聚性和 保水性。

2.0.5 自密实混凝土　　self-compacting concrete

无需外力振捣，能够在自重作用下流动并密实的混凝土。

2.0.6 先张法　　pre-tensioning

在台座或模板上先张拉预应力筋并用夹具临时固定，再浇筑混凝土，待混凝土达到一定强度后，放张预应力筋，通过预应力筋与混凝土的粘结力，使混凝土产生预压应力的施工方法。

2.0.7 后张法　　post-tensioning

在混凝土达到一定强度的构件或结构中，张拉预应力筋并用锚具永久固定，使混凝土产生预压应力的施工方法。

2.0.8 成型钢筋　　fabricated steel bar

采用专用设备，按规定尺寸、形状预先加工成型的普通钢筋制品。

2.0.9 施工缝　　construction joint

因设计要求或施工需要分段浇筑而在先、后浇筑的混凝土之间所形成的接缝。

2.0.10　后浇带　　post-cast strip

考虑环境温度变化、混凝土收缩、结构不均匀沉降等因素，将梁、板（包括基础底板）、墙划分为若干部分，经过一定时间后再浇筑的具有一定宽度的混凝土带。

3 基本规定

3.1 施工管理

3.1.1 承担混凝土结构施工的施工单位应具备相应的资质，并应建立相应的质量管理体系、施工质量控制和检验制度。

3.1.2 施工项目部的机构设置和人员组成，应满足混凝土结构施工管理的需要。施工操作人员应经过培训，应具备各自岗位需要的基础知识和技能水平。

3.1.3 施工前，应由建设单位组织设计、施工、监理等单位对设计文件进行交底和会审。由施工单位完成的深化设计文件应经原设计单位认可。

3.1.4 施工单位应保证施工资料真实、有效、完整和齐全。施工项目技术负责人应组织施工全过程的资料编制、收集、整理和审核，并应及时存档、备案。

3.1.5 施工单位应根据设计文件和施工组织设计的要求制订具体的施工方案，并应经监理单位审核批准后组织实施。

3.1.6 混凝土结构施工前，施工单位应对施工现场可能发生的危害、灾害与突发事件制订应急预案。应急预案应进行交底和培训，必要时应进行演练。

3.2 施工技术

3.2.1 混凝土结构施工前，应根据结构类型、特点和施工条件，确定施工工艺，并应做好各项准备工作。

3.2.2 对体形复杂、体量庞大或层数较多、跨度较大、地基情况复杂及施工环境条件特殊的混凝土结构，宜进行施工过程监测，并应及时调整施工控制措施。

3.2.3 混凝土结构施工中采用的新技术、新工艺、新材料、新设备，应按有关规定进行评审、备案。施工前应对新的或首次采用的施工工艺进行评价，制订专门的施工方案，并经监理单位核准。

3.2.4 混凝土结构施工中采用的专利技术，不应违反本规范的有关规定。

3.2.5 混凝土结构施工应采取有效的环境保护措施。

3.3 施工质量与安全

3.3.1 混凝土结构工程各工序的施工，应在前一道工序质量检查合格后进行。

3.3.2 在混凝土结构工程施工过程中，应及时进行自检、互检和交接检，其质量不应低于现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定。对检查中发现的质量问题，应及时处理。

3.3.3 在混凝土结构施工过程中，对隐蔽工程应进行验收，对重要工序和关键部位应加强质量检查或进行测试，并应作出详细记录，同时宜留存图像资料。

3.3.4 混凝土结构工程施工使用的材料、产品和设备，应符合国家现行有关标准、设计文件和施工方案的规定。

3.3.5 原材料、半成品和成品进场时，应对其规格、型号、外观和质量证明文件进行检查，并应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 等的有关规定进行检验。对来源稳定且连续检验合格，或经产品认证符合要求的产品，进场时可按本规范的有关规定放宽检验。

3.3.6 材料进场后，应按种类、规格、批次分开贮存与堆放，并应标识明晰。贮存与堆放条件不应影响材料品质。

3.3.7 混凝土结构施工前，施工单位应制订检测和试验计划，并应经监理（建设）单位批准后实施。监理（建设）单位应根据检测和试验计划制定见证计划。

3.3.8 施工中为各种检验目的所制作的试件应具有真实性和代表性，并应符合下列规定：

1 所有试件均应及时进行唯一性标识；

2 混凝土试件的抽样方法、抽样地点、抽样数量、养护条件、试验龄期应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107 的规定；其制作要求、试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 等的规定；

3 钢筋试件、预应力筋试件的抽样方法、抽样数量、制作要求和试验方法等应符合国家现行有关标准的规定。

3.3.9 施工现场应设置足够的平面和高程控制点作为确定结构位置的依据，其精度应符合规划、设计要求和施工需要，并应防止扰动。

3.3.10 混凝土结构工程施工中的安全措施、劳动保护、防火要求等，应符合国家现行有关标准的规定。

4 模板工程

4.1 一般规定

4.1.1 模板工程应编制专项施工方案。滑模、爬模、飞模等工具式模板工程及高大模板支架工程的专项施工方案，应进行技术论证。

4.1.2 对模板及支架，应进行设计。模板及支架应具有足够的承载力、刚度和稳定性，应能可靠地承受施工过程中所产生的各类荷载。

4.1.3 模板及支架应保证工程结构和构件各部分形状、尺寸和位置准确，且应便于钢筋安装和混凝土浇筑、养护。

4.2 材料

4.2.1 模板及支架材料的技术指标应符合国家现行有关标准的规定。

4.2.2 模板及支架宜选用轻质、高强、耐用的材料。连接件宜选用标准定型产品。

4.2.3 接触混凝土的模板表面应平整，并应具有良好的耐磨性和硬度；清水混凝土的模板面板材料应保证脱模后所需的饰面效果。

4.2.4 脱模剂涂于模板表面后，应能有效减小混凝土与模板间的吸附力，应有一定的成膜强度，且不应影响脱模后混凝土表面的后期装饰。

4.3 设计

4.3.1 模板及支架应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行设计。

4.3.2 模板及支架的设计应符合下列规定：

1 模板及支架的结构设计宜采用以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法；

2 模板及支架的设计计算分析中所采用的各种简化和近似假定，应有理论或试验依据，或经工程验证可行；

3 模板及支架应根据施工期间各种受力状况进行结构分析，并确定其最不利的作用效应组合。

4.3.3 模板及支架设计应包括下列内容：

1 模板及支架的选型及构造设计；

2 模板及支架上的荷载及其效应计算；

3 模板及支架的承载力、刚度和稳定性验算；

4 绘制模板及支架施工图。

4.3.4 模板及支架的设计应计算不同工况下的各项荷载。常遇的荷载应包括模板及支架自重（G_1）、新浇筑混凝土自重（G_2）、钢筋自重（G_3）、新浇筑混凝土对模板侧面的压力（G_4）、施工人员及施工设备荷载（Q_1）、泵送混凝土及倾倒混凝土等因素产生的荷载（Q_2）、风荷载（Q_3）等，各项荷载的标准值可按本规范附录 A 确定。

4.3.5 模板及支架结构构件应按短暂设计状况下的承载能力极限状态进行设计，并应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leqslant \gamma_R R \tag{4.3.5}$$

式中：γ_0——结构重要性系数。对重要的模板及支架宜取 $\gamma_0 \geqslant 1.0$；对于一般的模板及支架应取 $\gamma_0 \geqslant 0.9$；

S——荷载基本组合的效应设计值，可按本规范第 4.3.6 条的规定进行计算；

R——模板及支架结构构件的承载力设计值，应按国家现行有关标准计算；

γ_R——承载力设计值调整系数，应根据模板及支架重复使用情况取用，不应大于 1.0。

4.3.6 模板及支架的荷载基本组合的效应设计值，可按下式计算：

$$S_{\mathrm{d}} = 1.35\sum_{i\geq 1} S_{\mathrm{G}_{i\mathrm{k}}} + 1.4\psi_{\mathrm{cj}}\sum_{j\geq 1} S_{\mathrm{Q}_{j\mathrm{k}}} \tag{4.3.6}$$

式中，$S_{\mathrm{G}_{i\mathrm{k}}}$——第 i 个永久荷载标准值产生的荷载效应值；

$S_{\mathrm{Q}_{j\mathrm{k}}}$——第 j 个可变荷载标准值产生的荷载效应值；

ψ_{cj}——第 j 个可变荷载的组合值系数，宜取 $\psi_{\mathrm{cj}} \geq 0.9$。

4.3.7 模板及支架的变形验算应符合下列要求：

$$a_{fk} \le a_{f,\lim} \tag{4.3.7}$$

式中：a_{fk}——采用荷载标准组合计算的构件变形值；

$a_{f,\lim}$——变形限值，应按本规范第 4.3.9 条的规定确定。

4.3.8 混凝土水平构件的底模板及支架、高大模板支架、混凝土竖向构件和水平构件的侧面模板及支架，宜按表 4.3.8 的规定确定最不利的作用效应组合。承载力验算应采用荷载基本组合，变形验算应采用荷载标准组合。

表 4.3.8　最不利的作用效应组合

模板结构类别	最不利的作用效应组合	
	计算承载力	变形验算
混凝土水平构件的底模板及支架	$G_1 + G_2 + G_3 + Q_1$	$G_1 + G_2 + G_3$
高大模板支架	$G_1 + G_2 + G_3 + Q_1$	$G_1 + G_2 + G_3$
	$G_1 + G_2 + G_3 + Q_2$	
混凝土竖向构件或水平构件的侧面模板及支架	$G_4 + Q_3$	G_4

注：1 对于高大模板支架，表中（$G_1 + G_2 + G_3 + Q_2$）的组合用于模板支架的抗倾覆验算；

2 混凝土竖向构件或水平构件的侧面模板及支架的承载力计算效应组合中的风荷载 Q_3 只用于模板位于风速大和离地高度大的场合；

3 表中的“＋”仅表示各项荷载参与组合，而不表示代数相加。

4.3.9 模板及支架的变形限值应符合下列规定：

1 对结构表面外露的模板，挠度不得大于模板构件计算跨度的 1/400；

2 对结构表面隐蔽的模板，挠度不得大于模板构件计算跨度的 1/250；

3 清水混凝土模板，挠度应满足设计要求；

4 支架的轴向压缩变形值或侧向弹性挠度值不得大于计算高度或计算跨度的 1/1000。

4.3.10 模板支架的高宽比不宜大于 3；当高宽比大于 3 时，应增设稳定性措施，并应进行支架的抗倾覆验算。

4.3.11 模板支架进行抗倾覆验算时应符合下列规定：

$$\gamma_0 k M_{\mathrm{sk}} \le M_{\mathrm{RK}} \tag{4.3.11}$$

式中：γ_0——结构重要性系数；

k——模板及支架的抗倾覆安全系数，不应小于 1.4；

M_{sk}——按最不利工况下倾覆荷载标准组合计算的倾覆力矩标准值；

M_{RK}——按最不利工况下抗倾覆荷载标准组合计算的抗倾覆力矩标准值，其中永久荷载标准值和可变荷载标准值的组合系数取 1.0。

4.3.12 模板支架结构钢构件的长细比不应超过表 4.3.12 规定的容许值。

表 4.3.12 模板支架结构钢构件容许长细比

构件类别	容许长细比
受压构件的支架立柱及桁架	180
受压构件的斜撑、剪刀撑	200
受拉构件的钢杆件	350

4.3.13 对于多层楼板连续支模情况，应计入荷载在多层楼板间传递的效应，宜分别验算最不利工况下的支架和楼板结构的承载力。

4.3.14 支承于地基土上的模板支架，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定对地基土进行验算；支承于混凝土结构构件上的模板支架，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定对混凝土结构构件进行验算。

4.3.15 采用扣件钢管搭设的模板支架设计时应符合下列规定：

1 扣件钢管模板支架宜采用中心传力方式；

2 当采用顶部水平杆将垂直荷载传递给立杆的传力方式时，顶层立杆应按偏心受压杆件验算承载力，且应计入搭设的垂直偏差影响；

3 支承模板荷载的顶部水平杆可按受弯构件进行验算；

4 构造要求以及扣件抗滑移承载力验算，可按现行行业标准《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130 的有关规定执行。

4.3.16 采用门式、碗扣式、盘扣式或盘销式等钢管架搭设的模板支架，应采用支架立柱杆端插入可调托座的中心传力方式，其承载力及刚度可按国家现行有关标准的规定进行验算。

4.4 制作与安装

4.4.1 模板应按图加工、制作。通用性强的模板宜制作成定型模板。

4.4.2 模板面板背侧的木方高度应一致。制作胶合板模板时，其板面拼缝处应密封。地下室外墙和人防工程墙体的模板对拉螺栓中部应设止水片，止水片应与对拉螺栓环焊。

4.4.3 与通用钢管支架匹配的专用支架，应按图加工、制作。搁置于支架顶端可调托座上的主梁，可采用木方、木工字梁或截面对称的型钢制作。

4.4.4 支架立柱和竖向模板安装在基土上时，应符合下列规定：

1 应设置具有足够强度和支承面积的垫板，且应中心承载；

2 基土应坚实，并应有排水措施；对湿陷性黄土，应有防水措施；对冻胀性土，应有防冻融措施；

3 对软土地基，当需要时可采用堆载预压的方法调整模板面安装高度。

4.4.5 竖向模板安装时，应在安装基层面上测量放线，并应采取保证模板位置准确的定位措施。对竖向模板及支架，安装时应有临时稳定措施。安装位于高空的模板时，应有可靠的防倾覆措施。应根据混凝土一次浇筑高度和浇筑速度，采取合理的竖向模板抗侧移、抗浮和抗倾覆措施。

4.4.6 对跨度不小于 4m 的梁、板，其模板起拱高度宜为梁、板跨度的 1/1000～3/1000。

4.4.7 采用扣件式钢管作高大模板支架的立杆时，支架搭设应完整，并应符合下列规定：

1 **钢管规格、间距和扣件应符合设计要求；**

2 **立杆上应每步设置双向水平杆，水平杆应与立杆扣接；**

3 **立杆底部应设置垫板。**

4.4.8 采用扣件式钢管作高大模板支架的立杆时，除应符合本规范第 4.4.7 条的规定外，还应符合下列规定：

1 对大尺寸混凝土构件下的支架，其立杆顶部应插入可调托座。可调托座距顶部水平杆的高度不应大于 600mm，可调托座螺杆外径不应小于 36mm，插入深度不应小于 180mm；

2 立杆的纵、横向间距应满足设计要求，立杆的步距不应大于 1.8m；顶层立杆步距应适当减小，且不应大于 1.5m；支架立杆的搭设垂直偏差不宜大于 5/1000，且不应大于 100mm；

3 在立杆底部的水平方向上应按纵下横上的次序设置扫地杆；

4 承受模板荷载的水平杆与支架立杆连接的扣件，其拧紧力矩不应小于40N·m，且不应大于65 N·m。

4.4.9 采用碗扣式、插接式和盘销式钢管架搭设模板支架时，应符合下列规定：

1 碗扣架或盘销架的水平杆与立柱的扣接应牢靠，不应滑脱；

2 立杆上的上、下层水平杆间距不应大于1.8m；

3 插入立杆顶端可调托座伸出顶层水平杆的悬臂长度不应超过650mm，螺杆插入钢管的长度不应小于150mm，其直径应满足与钢管内径间隙不小于6mm的要求。架体最顶层的水平杆步距应比标准步距缩小一个节点间距；

4 立柱间应设置专用斜杆或扣件钢管斜杆加强模板支架。

4.4.10 采用门式钢管架搭设模板支架时，应符合下列规定：

1支架应符合现行行业标准《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》JGJ128的有关规定；

2 当支架高度较大或荷载较大时，宜采用主立杆钢管直径不小于48mm并有横杆加强杆的门架搭设。

4.4.11 支架的垂直斜撑和水平斜撑应与支架同步搭设，架体应与成形的混凝土结构拉结。钢管支架的垂直斜撑和水平斜撑的搭设应符合国家现行有关钢管脚手架标准的规定。

4.4.12 对现浇多层、高层混凝土结构，上、下楼层模板支架的立杆应对准，模板及支架钢管等应分散堆放。

4.4.13 模板安装应保证混凝土结构构件各部分形状、尺寸和相对位置准确，并应防止漏浆。

4.4.14 模板安装应与钢筋安装配合进行，梁柱节点的模板宜在钢筋安装后安装。

4.4.15 模板与混凝土接触面应清理干净并涂刷脱模剂，脱模剂不得污染钢筋和混凝土接槎处。

4.4.16 模板安装完成后，应将模板内杂物清除干净。

4.4.17 后浇带的模板及支架应独立设置。

4.4.18 固定在模板上的预埋件、预留孔和预留洞均不得遗漏，且应安装牢固、位置准确。

4.5 拆除与维护

4.5.1 模板拆除时，可采取先支的后拆、后支的先拆，先拆非承重模板、后拆承重模板的顺序，并应从上而下进行拆除。

4.5.2 当混凝土强度达到设计要求时，方可拆除底模及支架；当设计无具体要求时，同条件养护试件的混凝土抗压强度应符合表 4.5.2 的规定。

表 4.5.2 底模拆除时的混凝土强度要求

构件类型	构件跨度（m）	按达到设计混凝土强度等级值的百分率计（%）
板	≤2	≥50
	＞2，≤8	≥75
	＞8	≥100
梁、拱、壳	≤8	≥75
	＞8	≥100
悬臂结构		≥100

4.5.3 当混凝土强度能保证其表面及棱角不受损伤时，方可拆除侧模。

4.5.4 多个楼层间连续支模的底层支架拆除时间，应根据连续支模的楼层间荷载分配和混凝土强度的增长情况确定。

4.5.5 快拆支架体系的支架立杆间距不应大于 2m。拆模时应保留立杆并顶托支承楼板，拆模时的混凝土强度可取构件跨度为 2m 按本规范第 4.5.2 条的规定确定。

4.5.6 对于后张预应力混凝土结构构件，侧模宜在预应力张拉前拆除；底模支架不应在结构构件建立预应力前拆除。

4.5.7 拆下的模板及支架杆件不得抛扔，应分散堆放在指定地点，并应及时清运。

4.5.8 模板拆除后应将其表面清理干净，对变形和损伤部位应进行修复。

4.6 质量检查

4.6.1 模板、支架杆件和连接件的进场检查应符合下列规定：

1 模板表面应平整；胶合板模板的胶合层不应脱胶翘角；支架杆件应平直，应无严重变形和锈蚀；连接件应无严重变形和锈蚀，并不应有裂纹；

2 模板规格、支架杆件的直径、壁厚等，应符合设计要求；

3 对在施工现场组装的模板，其组成部分的外观和尺寸应符合设计要求；

4 有必要时，应对模板、支架杆件和连接件的力学性能进行抽样检查；

5 对外观，应在进场时和周转使用前全数检查；

6 对尺寸和力学性能可按国家现行有关标准的规定进行抽样检查。

4.6.2 对固定在模板上的预埋件、预留孔和预留洞，应检查其数量和尺寸，允许偏差应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 预埋件、预留孔和预留洞的允许偏差

项目		允许偏差 (mm)
预埋钢板中心线位置		3
预埋管、预留孔中心线位置		3
插筋	中心线位置	5
	外露长度	+10，0
预埋螺栓	中心线位置	2
	外露长度	+10，0
预留洞	中心线位置	10
	截面内部尺寸	+10，0

4.6.3 对现浇结构模板，应检查尺寸，允许偏差和检查方法应符合表 4.6.3 的规定。

表 4.6.3 现浇结构模板允许偏差和检查方法

项目		允许偏差 (mm)	检查方法
轴线位置		5	钢尺检查
底模上表面标高		±5	水准仪或拉线、钢尺检查
截面内部尺寸	基础	±10	钢尺检查
	柱、墙、梁	+4，-5	钢尺检查
层高垂直度	全高不大于 5m	6	经纬仪或吊线、钢尺检查
	全高大于 5m	8	经纬仪或吊线、钢尺检查
相邻两板表面高低差		2	钢尺检查
表面平整度		5	2m 靠尺和塞尺检查

4.6.4 对预制构件模板，首次使用及大修后应全数检查其尺寸，使用中应定期检查并不定期抽查其尺寸，允许偏差和检查方法应符合表 4.6.4 的规定。

表 4.6.4 预制构件模板允许偏差和检查方法

项目		允许偏差(mm)	检查方法
长度	板、梁	±5	钢尺量两角边，取其中较大值
	薄腹梁、桁架	±10	
	柱	0，－10	
	墙板	0，－5	

项　　目		允许偏差(mm)	检查方法
宽度	板、墙板	0，－5	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	梁、薄腹梁、桁架、柱	+2，－5	
高（厚）度	板	+2，－3	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	墙板	0，－5	
	梁、薄腹梁、桁架、柱	+2，－5	
构件长度 *l* 内的侧向弯曲	梁、板、柱	*l*/1000 且≤15	拉线、钢尺量最大弯曲处
	墙板、薄腹梁、桁架	*l*/1500 且≤15	
板的表面平整度		3	2m 靠尺和塞尺检查
相邻两板表面高低差		1	2m 靠尺和塞尺检查
对角线差	板	7	钢尺量两个对角线
	墙板	5	
翘曲	板、墙板	*l*/1500	调平尺在两端量测
设计起拱	薄腹梁、桁架、梁	±3	拉线、钢尺量跨中

注：*l* 为构件长度（mm）。

4.6.5 对扣件式钢管支架，应对下列安装偏差进行检查：

1 混凝土梁下支架立杆间距的偏差不应大于 50mm，混凝土板下支架立杆间距的偏差不应大于 100mm；水平杆间距的偏差不应大于 50mm；

2 应全数检查承受模板荷载的水平杆与支架立杆连接的扣件；

3 采用双扣件构造设置的抗滑移扣件，其上下顶紧程度应全数检查，扣件间隙不应大于 2mm。

4.6.6 对碗扣式、门式、插接式和盘销式钢管支架，应对下列安装偏差进行全数检查：

1 插入立杆顶端可调托撑伸出顶层水平杆的悬臂长度；

2 水平杆杆端与立杆连接的碗扣、插接和盘销的连接状况，不应松脱；

3 按规定设置的垂直和水平斜撑。

5 钢筋工程

5.1 一般规定

5.1.1 钢筋工程宜采用高强钢筋。

5.1.2 在运输、存放及施工过程中，应采取避免钢筋混淆的措施。

5.1.3 当需要进行钢筋代换时，应办理设计变更文件。

5.2 材料

5.2.1 钢筋的规格和性能应符合国家现行有关标准的规定。常用钢筋的主要性能指标应符合本规范附录 B 的规定，公称直径、公称截面面积、计算截面面积及理论重量应符合本规范附录 C 的规定。

5.2.2 对有抗震设防要求的结构，其纵向受力钢筋的性能应满足设计要求；当设计无具体要求时，对按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件（含梯段）中的纵向受力钢筋应采用 HRB335E、HRB400E、HRB500E、HRBF335E、HRBF400E 或 HRBF500E 钢筋，其强度和最大力下总伸长率的实测值应符合下列规定：

1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；

2 钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30；

3 钢筋的最大力下总伸长率不应小于 9 %。

5.2.3 钢筋在运输和存放时，不得损坏包装和标志，并应按牌号、规格、炉批分别堆放。室外堆放时，应采用避免钢筋锈蚀的措施。

5.2.4 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应停止使用该批钢筋，并对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

5.3 钢筋加工

5.3.1 钢筋加工宜在专业化加工厂进行。

5.3.2 钢筋的表面应清洁、无损伤，油渍、漆污和铁锈应在加工前清除干净。带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用。钢筋除锈后如有严重的表面缺陷，应重新

检验该批钢筋的力学性能及其他相关性能指标。

5.3.3 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应加热钢筋。钢筋弯折应一次完成，不得反复弯折。

5.3.4 钢筋宜采用无延伸功能的机械设备进行调直，也可采用冷拉方法调直。当采用冷拉方法调直时，HPB235、HPB300 光圆钢筋的冷拉率不宜大于 4%；HRB335、HRB400、HRB500、HRBF335、HRBF400、HRBF500 及 RRB400 带肋钢筋的冷拉率不宜大于 1%。钢筋调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。调直后的钢筋应平直，不应有局部弯折。

5.3.5 受力钢筋的弯折应符合下列规定：

1 光圆钢筋末端应作 180°弯钩，弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的 3 倍。作受压钢筋使用时，光圆钢筋末端可不作弯钩；

2 光圆钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 2.5 倍；

3 335MPa 级、400MPa 级带肋钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 5 倍；

4 直径为 28mm 以下的 500MPa 级带肋钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 6 倍，直径为 28mm 及以上的 500MPa 级带肋钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的 7 倍；

5 框架结构的顶层端节点，对梁上部纵向钢筋、柱外侧纵向钢筋在节点角部弯折处，当钢筋直径为 28mm 以下时，弯弧内直径不宜小于钢筋直径的 12 倍，钢筋直径为 28mm 及以上时，弯弧内直径不宜小于钢筋直径的 16 倍；

6 箍筋弯折处的弯弧内直径尚不应小于纵向受力钢筋直径。

5.3.6 除焊接封闭箍筋外，箍筋、拉筋的末端应按设计要求作弯钩。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1 箍筋、拉筋弯钩的弯弧内直径应符合本规范第 5.3.5 条的规定；

2 对一般结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 90°，弯折后平直部分长度不应小于箍筋直径的 5 倍；对有抗震设防及设计有专门要求的结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 135°，弯折后平直部分长度不应小于箍筋直径的 10 倍和 75mm 的较大值；

3 圆柱箍筋的搭接长度不应小于钢筋的锚固长度，两末端均应作 135°弯

钩，弯折后平直部分长度对一般结构构件不应小于箍筋直径的 5 倍，对有抗震设防要求的结构构件不应小于箍筋直径的 10 倍；

4 拉筋两端弯钩的弯折角度均不应小于 135°，弯折后平直部分长度不应小于拉筋直径的 10 倍。

5.3.7 焊接封闭箍筋宜采用闪光对焊，也可采用气压焊或单面搭接焊，并宜采用专用设备进行焊接。焊接封闭箍筋下料长度和端头加工应按不同焊接工艺确定。多边形焊接封闭箍筋的焊点设置应符合下列规定：

1 每个箍筋的焊点数量应为 1 个，焊点宜位于多边形箍筋中的某边中部，且距箍筋弯折处的位置不宜小于 100mm；

2 矩形柱箍筋焊点宜设在柱短边，等边多边形柱箍筋焊点可设在任一边；不等边多边形柱箍筋应加工成焊点位于不同边上的两种类型；

3 梁箍筋焊点应设置在顶边或底边。

5.4 钢筋连接与安装

5.4.1 钢筋连接方式应根据设计要求和施工条件选用。

5.4.2 当钢筋采用机械锚固措施时，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 等的有关规定。

5.4.3 钢筋的接头宜设置在受力较小处。同一纵向受力钢筋不宜设置二个或二个以上的接头。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋公称直径的 10 倍。

5.4.4 钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107 的有关规定。机械连接接头的混凝土保护层厚度宜符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中受力钢筋最小保护层厚度的规定，且不得小于 15mm；接头之间的横向净距不宜小于 25mm。

5.4.5 钢筋焊接连接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

5.4.6 当纵向受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时，设置在同一构件内的接头宜相互错开。每层柱第一个钢筋接头位置距楼地面高度不宜小于 500mm、柱高的 1/6 及柱截面长边（或直径）的较大值；连续梁、板的上部钢筋接头位置宜设置在跨中 1/3 跨度范围内，下部钢筋接头位置宜设置在梁端 1/3 跨度范围内。

纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头连接区段的长度应为 35d（d 为纵向受力钢筋的较大直径）且不应小于 500mm，凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均应属于同一连接区段。同一连接区段内，纵向受力钢筋接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合下列规定：

1　在受拉区不宜超过 50%，但装配式混凝土结构构件连接处可根据实际情况适当放宽；受压接头可不受限制；

2　接头不宜设置在有抗震要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区；当无法避开时，对等强度高质量机械连接接头，不应超过 50%。

3　直接承受动力荷载的结构构件中，不宜采用焊接接头；当采用机械连接接头时，不应超过 50%。

5.4.7 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。绑扎搭接接头中钢筋的横向净距 s 不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。纵向受力钢筋绑扎搭接接头的最小搭接长度应符合本规范附录 D 的规定。

纵向受力钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度应为 1.3l_l（l_l为搭接长度），凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均应属于同一连接区段。同一连接区段内，纵向受力钢筋接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值（图 5.4.7）。

同一连接区段内，纵向受拉钢筋绑扎搭接接头面积百分率应符合下列规定：

1　梁、板类构件不宜超过 25%，基础筏板不宜超过 50%；

2　柱类构件，不宜超过 50%；

3　当工程中确有必要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 50%；对其他构件，可根据实际情况适当放宽。

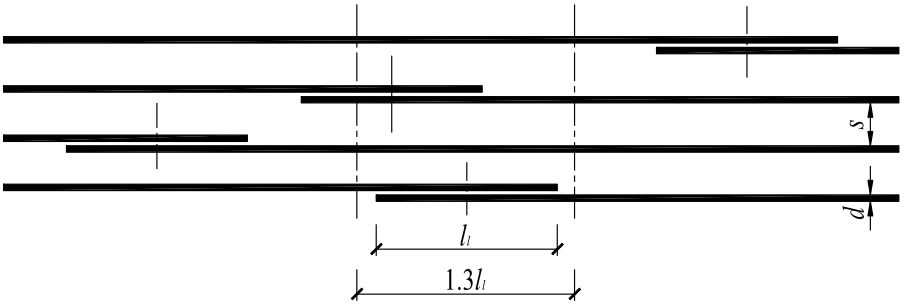


图 5.4.7　钢筋绑扎搭接接头连接区段及接头面积百分率

注：图中所示搭接接头同一连接区段内的搭接钢筋为两根，
当各钢筋直径相同时，接头面积百分率为 50%。

5.4.8 在梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内，应按设计要求配置箍筋。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1　箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍；

2　受拉搭接区段，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm；

3　受压搭接区段，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200mm；

4　当柱中纵向受力钢筋直径大于 25mm 时，应在搭接接头两个端面外 100mm 范围内各设置二个箍筋，其间距宜为 50mm。

5.4.9 钢筋绑扎的细部构造应符合下列规定：

1　钢筋的绑扎搭接接头应在接头中心和两端用铁丝扎牢；

2　墙、柱、梁钢筋骨架中各垂直面钢筋网交叉点应全部扎牢；板上部钢筋网的交叉点应全部扎牢，底部钢筋网除边缘部分外可间隔交错扎牢；

3　梁、柱的箍筋弯钩及焊接封闭箍筋的对焊点应沿纵向受力钢筋方向错开设置。构件同一表面，焊接封闭箍筋的对焊接头面积百分率不宜超过 50%；

4　填充墙构造柱纵向钢筋宜与框架梁钢筋共同绑扎；

5　梁及柱中箍筋、墙中水平分布钢筋及暗柱箍筋、板中钢筋距构件边缘的距离宜为 50mm。

5.4.10　构件交接处的钢筋位置应符合设计要求。当设计无要求时，应优先保证主要受力构件和构件中主要受力方向的钢筋位置。框架节点处梁纵向受力钢筋宜

置于柱纵向钢筋内侧；次梁钢筋宜放在主梁钢筋内侧；剪力墙中水平分布钢筋宜放在外部，并在墙边弯折锚固。

5.4.11 钢筋安装应采用定位件固定钢筋的位置，并宜采用专用定位件。定位件应具有足够的承载力、刚度、稳定性和耐久性。定位件的数量、间距和固定方式应能保证钢筋的位置偏差符合国家现行有关标准的规定。混凝土框架梁、柱保护层内，不宜采用金属定位件。

5.4.12 钢筋安装过程中，设计未允许的部位不宜焊接。如因施工操作原因需对钢筋进行焊接时，焊接质量应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

5.4.13 采用复合箍筋时，箍筋外围应封闭。梁类构件复合箍筋内部宜选用封闭箍筋，单数肢也可采用拉筋；柱类构件复合箍筋内部可部分采用拉筋。当拉筋设置在复合箍筋内部不对称的一边时，沿纵向受力钢筋方向的相邻复合箍筋应交错布置。

5.4.14 钢筋安装应采取可靠措施防止钢筋受模板、模具内表面的脱模剂污染。

5.5 质量检查

5.5.1 钢筋进场时应按下列规定检查性能及重量：

1 应检查生产企业的生产许可证证书及钢筋的质量证明书；

2 应按国家现行有关标准的规定抽样检验屈服强度、抗拉强度、伸长率及单位长度重量偏差，屈服强度、抗拉强度、伸长率性能应符合本规范第 5.2.1 和 5.2.2 条的有关规定，单位长度重量偏差应符合表 5.5.1 的规定；

表 5.5.1 钢筋单位长度重量偏差要求

公称直径（mm）	实际重量与理论重量的偏差
≤12	±7%
14～20	±5%
≥22	±4%

3 经产品认证符合要求的钢筋，其检验批量可扩大一倍。在同一工程项目中，同一厂家、同一牌号、同一规格的钢筋连续三次进场检验均合格时，其后的检验批量可扩大一倍；

4 钢筋的表面质量应符合国家现行有关标准的规定；

5　当无法准确判断钢筋品种、牌号时，应增加化学成分、晶粒度等检验项目。

5.5.2 成型钢筋进场时，应检查成型钢筋的质量证明书及成型钢筋所用材料的检验合格报告，并应抽样检验成型钢筋的屈服强度、抗拉强度、伸长率。检验批量可由合同约定，且同一工程、同一原材料来源、同一组生产设备生产的成型钢筋，检验批量不应大于 100t。

5.5.3 盘卷供货的钢筋调直后应抽样检验力学性能和单位长度重量偏差，其强度应符合国家现行有关产品标准的规定，断后伸长率、单位长度重量偏差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。

5.5.4 钢筋的加工尺寸偏差和安装位置偏差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 等的有关规定。

5.5.5 在施工现场，应按现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定抽取钢筋机械连接接头、焊接接头试件作力学性能检验，其质量应符合国家现行有关标准的规定。

6　预应力工程

6.1　一般规定

6.1.1 预应力工程应编制专项施工方案。必要时，专业施工单位应根据施工图设计文件进行深化设计。

6.1.2 当工程所处环境温度低于－15℃时，不宜进行预应力筋张拉；当工程所处环境温度高于35℃或连续5日环境日平均温度低于5℃时，不宜进行灌浆施工。冬期灌浆施工时，应对预应力构件采取保温措施或采用抗冻水泥浆。

6.2　材料

6.2.1 预应力工程材料的性能应符合国家现行有关标准的规定。

6.2.2 预应力筋的品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。当预应力筋需要代换时，应进行专门计算，并应经原设计单位确认。

6.2.3 预应力工程材料在运输、存放过程中，应采取防止其损伤、锈蚀或污染的保护措施。

6.3　制作与安装

6.3.1 预应力筋的下料长度应经计算确定，并应采用砂轮锯或切断机等机械方法切断。预应力筋制作或安装时，应避免焊渣或接地电火花损伤预应力筋。

6.3.2 无粘结预应力筋在现场搬运和铺设过程中，不应损伤其塑料护套。当出现轻微破损时，应及时封闭。

6.3.3 钢绞线挤压锚具应采用配套的挤压机制作，并应符合使用说明书的规定。采用的摩擦衬套应沿挤压套筒全长均匀分布；挤压完成后，预应力筋外端应露出挤压套筒不少于1mm。

6.3.4 钢绞线压花锚具应采用专用的压花机制作成型，梨形头尺寸和直线锚固段长度不应小于设计值。

6.3.5　钢丝镦头及下料长度偏差应符合下列规定：

1　镦头的头型直径应为钢丝直径的1.4 倍~1.5倍，高度应为钢丝直径的0.95

倍 ~1.05 倍；

2 镦头不应出现横向裂纹；

3 当钢丝束两端均采用镦头锚具时，同一束中各根钢丝长度的极差不应大于钢丝长度的 1/5000，且不应大于 5mm。当成组张拉长度不大于 10m 的钢丝时，同组钢丝长度的极差不得大于 2mm。

6.3.6 孔道成型用管道的连接应密封，并应符合下列规定：

1 圆形金属波纹管接长时，可采用大一规格的同波型波纹管作为接头管，接头管长度可取其直径的 3 倍，且不宜小于 200mm，两端旋入长度宜相等，且两端应采用防水胶带密封；

2 塑料波纹管接长时，可采用塑料焊接机热熔焊接或采用专用连接管；

3 钢管连接可采用焊接连接或套筒连接。

6.3.7 预应力筋或成孔管道的定位应符合下列规定：

1 预应力筋或成孔管道应与定位钢筋绑扎牢固，定位钢筋直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 1.2m，板中无粘结预应力筋的定位间距可适当放宽，扁形管道、塑料波纹管或预应力筋曲线曲率较大处的定位间距宜适当缩小；

2 凡施工时需要预先起拱的构件，预应力筋或成孔管道宜随构件同时起拱；

3 预应力筋或成孔管道竖向位置偏差应符合表 6.3.7 的规定。

表 6.3.7 预应力筋或成孔管道竖向位置允许偏差

构件截面高（厚）度（mm）	≤300	300～1500	>1500
允许偏差（mm）	±5	±10	±15

6.3.8 预应力筋和预应力孔道的间距和保护层厚度，应符合下列规定：

1 先张法预应力筋之间的净间距不应小于预应力筋的公称直径或等效直径的 2.5 倍和混凝土粗骨料最大粒径的 1.25 倍，且对预应力钢丝、三股钢绞线和七股钢绞线分别不应小于 15mm、20mm 和 25mm。当混凝土振捣密实性有可靠保证时，净间距可放宽至粗骨料最大粒径的 1.0 倍；

2 对后张法预制构件，孔道之间的水平净间距不宜小于 50mm，且不宜小于粗骨料最大粒径的 1.25 倍；孔道至构件边缘的净间距不宜小于 30mm，且不宜小于孔道外径的 1/2；

3 在现浇混凝土梁中，曲线孔道在竖直方向的净间距不应小于孔道外径，

水平方向的净间距不宜小于孔道外径的 1.5 倍，且不应小于粗骨料最大粒径的 1.25 倍；从孔道外壁至构件边缘的净间距，梁底不宜小于 50mm，梁侧不宜小于 40mm；裂缝控制等级为三级的梁，从孔道外壁至构件边缘的净间距，梁底不宜小于 70mm，梁侧不宜小于 50mm；

4　当混凝土振捣密实性有可靠保证时，预应力筋孔道可水平并列贴紧布置，但并列的数量不应超过 2 束；

5　板中单根无粘结预应力筋的间距不宜大于板厚的 6 倍，且不宜大于 1m；带状束的无粘结预应力筋根数不宜多于 5 根，束间距不宜大于板厚的 12 倍，且不宜大于 2.4m；

6 梁中集束布置的无粘结预应力筋，束的水平净间距不宜小于 50mm，束至构件边缘的净距不宜小于 40mm。

6.3.9 预应力孔道应根据工程特点设置排气孔、泌水孔及灌浆孔，排气孔可兼作泌水孔或灌浆孔，并应符合下列规定：

1 当曲线孔道波峰和波谷的高差大于 300mm 时，应在孔道波峰设置排气孔，排气孔间距不宜大于 30m；

2 当排气孔兼作泌水孔时，其外接管道伸出构件顶面长度不宜小于 300mm。

6.3.10　锚垫板和连接器的位置和方向应符合设计要求，且其安装应符合下列规定：

1　锚垫板的承压面应与预应力筋或孔道曲线末端的切线垂直。预应力筋曲线起始点与张拉锚固点之间的直线段最小长度应符合表 6.3.10 的规定；

2　采用连接器接长预应力筋时，应全面检查连接器的所有零件，并应按产品技术手册要求操作；

3　内埋式固定端锚垫板不应重叠，锚具与锚垫板应贴紧。

表 6.3.10　预应力筋曲线起始点与张拉锚固点之间直线段最小长度

预应力筋张拉力(kN)	<1500	1500～6000	>6000
直线段最小长度(mm)	400	500	600

6.3.11　后张法有粘结预应力筋穿入孔道及其防护，应符合下列规定：

1　对采用蒸汽养护的预制构件，预应力筋应在蒸汽养护结束后穿入孔道；

2　预应力筋穿入孔道后至灌浆的时间间隔：当环境相对湿度大于 60％或近

海环境时，不宜超过 14d；当环境相对湿度不大于 60％时，不宜超过 28d；

3　当不能满足本条第 2 款的规定时，宜对预应力筋采取防锈措施。

6.3.12　预应力筋等安装完成后，应做好成品保护工作。

6.3.13　当采用减摩材料降低孔道摩擦阻力时，应符合下列规定：

1　减摩材料不应对预应力筋、管道及混凝土产生不利的影响；

2　灌浆前应将减摩材料清除干净。

6.4　张拉与放张

6.4.1 预应力筋张拉前，应进行下列准备工作：

1　计算张拉力和张拉伸长值，根据张拉设备标定结果确定油泵压力表读数；

2　搭设安全可靠的张拉作业平台；

3　清理锚垫板和张拉端预应力筋，检查锚垫板后混凝土的密实性。

6.4.2 预应力筋张拉设备及油压表应定期维护和标定。张拉设备和油压表应配套标定和使用，标定期限不应超过半年。当使用过程中出现反常现象或张拉设备检修后，应重新标定。

注：1 压力表的量程应大于张拉工作压力读值。压力表的精确度等级不应低于 1.6 级；

2 标定张拉设备用的试验机或测力计的测力示值不确定度不应大于 0.5%；

3 张拉设备标定时，千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

6.4.3 施加预应力时，同条件养护的混凝土立方体抗压强度应符合设计要求，并应符合下列规定：

1 不应低于设计强度等级值的 75％，先张法预应力筋放张时不应低于 30MPa；

2 不应低于锚具供应商提供的产品技术手册要求的混凝土最低强度要求；

3 对后张法预应力梁和板，现浇结构混凝土的龄期分别不宜小于 7d 和 5d。

注：为防止混凝土早期裂缝而施加预应力时，可不受本条的限制，但应保证局部受压承载力的要求。

6.4.4 预应力筋的张拉控制应力应符合设计及专项施工方案的要求。当施工中需要超张拉时，调整后的张拉控制应力 σ_{con} 应符合下列规定：

1　消除应力钢丝、钢绞线　　$\sigma_{\mathrm{con}} \le 0.80 f_{\mathrm{ptk}}$　　（6.4.5-1）

2　中强度预应力钢丝　　$\sigma_{con} \le 0.75 f_{ptk}$　　（6.4.5-2）

3　预应力螺纹钢筋　　$\sigma_{con} \le 0.85 f_{pyk}$　　（6.4.5-3）

式中：σ_{con}——预应力筋张拉控制应力；

f_{ptk}——预应力筋强度标准值；

f_{pyk}——预应力筋屈服强度标准值。

6.4.5 采用应力控制方法张拉时，应校核张拉力下预应力筋伸长值。实测伸长值与计算伸长值的偏差不应超过±6%，否则应查明原因并采取措施后再张拉。必要时，宜进行现场孔道摩擦系数测定，并可根据实测结果调整张拉控制力。张拉伸长值的计算和孔道摩擦系数的测定可分别按本规范附录 E、附录 F 的规定执行。

6.4.6 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，并应符合下列规定：

1　张拉顺序应根据结构受力特点、施工方便及操作安全等因素确定；

2　预应力筋张拉宜符合均匀、对称的原则；

3　对现浇预应力混凝土楼盖，宜先张拉楼板、次梁的预应力筋，后张拉主梁的预应力筋；

4　对预制屋架等平卧叠浇构件，应从上而下逐榀张拉。

6.4.7 预应力筋应根据设计和专项施工方案的要求采用一端或两端张拉。采用两端张拉时，宜两端同时张拉，也可一端先张拉，另一端补张拉。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1　有粘结预应力筋长度不大于20m时可一端张拉，大于20m时宜两端张拉；预应力筋为直线形时，一端张拉的长度可延长至 35m；

2　无粘结预应力筋长度不大于40m时可一端张拉，大于40m时宜两端张拉。

6.4.8 有粘结预应力筋应整束张拉；对直线形或平行编排的有粘结预应力钢绞线束，当各根钢绞线不受叠压影响时，也可逐根张拉。

6.4.9 预应力筋张拉时，应从零拉力加载至初拉力后，量测伸长值初读数，再以均匀速率加载至张拉控制力。对塑料波纹管成孔管道，达到张拉控制力后，宜持荷 2min～5min。初拉力宜为张拉控制力的 10%~20%。实际张拉伸长值可按本规范附录 E 的规定确定。

6.4.10　预应力筋张拉中应避免预应力筋断裂或滑脱。当发生断裂或滑脱时，应

符合下列规定：

1　对后张法预应力结构构件，断裂或滑脱的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的 3%，且每束钢丝不得超过一根；对多跨双向连续板，其同一截面应按每跨计算；

2　对先张法预应力构件，在浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力筋必须予以更换。

6.4.11　锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量应符合设计要求。当设计无具体要求时，应符合表 6.4.11 的规定。

表 6.4.11　张拉端预应力筋的内缩量限值

锚具类别		内缩量限值 (mm)
支承式锚具 (螺母锚具、镦头锚具等)	螺帽缝隙	1
	每块后加垫板的缝隙	1
夹片式锚具	有顶压	5
	无顶压	8~10

6.4.12　先张法预应力筋的放张顺序应符合下列规定：

1　宜采取缓慢放张工艺进行逐根或整体放张；

2　对轴心受压构件，所有预应力筋宜同时放张；

3　对受弯或偏心受压的构件，应先同时放张预压应力较小区域的预应力筋，再同时放张预压应力较大区域的预应力筋；

4　当不能按上述规定放张时，应分阶段、对称、相互交错放张；

5　放张后，预应力筋的切断顺序，宜从张拉端开始逐次切向另一端。

6.4.13　后张法预应力筋张拉锚固后，如遇特殊情况需卸锚时，应采用专门的设备和工具。

6.4.14　预应力筋张拉或放张时，应采取有效的安全防护措施，预应力筋两端正前方不得站人或穿越。

6.4.15　预应力筋张拉或放张时，应对张拉力、压力表读数、张拉伸长值及异常情况等做出详细记录。

6.5　灌浆与封锚

6.5.1 后张法预应力筋张拉完毕并经检查合格后，应及时进行孔道灌浆，孔道内

水泥浆应饱满、密实。

6.5.2 后张法预应力筋锚固后的外露部分宜采用机械方法切割，也可采用氧－乙炔焰方法切割，其外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不宜小于 30mm。

6.5.3 灌浆前应进行下列准备工作：

1 应确认孔道、排气兼泌水管及灌浆孔畅通；对预埋管成型孔道，可采用压缩空气清孔；

2 应切除锚具外多余预应力筋，并应采用水泥浆等材料封堵锚具夹片缝隙和其他可能漏浆处，也可采用封锚罩封闭端部锚具；

3 采用真空灌浆工艺时，应确认孔道的密封性。

6.5.4 灌浆用水泥浆的原材料除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

1 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 的普通硅酸盐水泥；

2 水泥浆中氯离子含量不应超过水泥重量的 0.06％；

3 拌合用水和掺加的外加剂中不应含有对预应力筋或水泥有害的成分。

6.5.5 灌浆用水泥浆的性能应符合下列规定：

1 采用普通灌浆工艺时稠度宜控制在 12s～20s，采用真空灌浆工艺时稠度宜控制在 18s～25s；

2 水胶比不应大于 0.45；

3 自由泌水率宜为 0，且不应大于 1％，泌水应在 24h 内全部被水泥浆吸收；

4 自由膨胀率不应大于 10％；

5 边长为 70.7mm 的立方体水泥浆试块 28d 标准养护的抗压强度不应低于 30MPa；

6 所采用的外加剂应与水泥作配合比试验并确定掺量后使用。

6.5.6 灌浆用水泥浆的制备及使用应符合下列规定：

1 水泥浆宜采用高速搅拌机进行搅拌，搅拌时间不应超过 5min；

2 水泥浆使用前应经筛孔尺寸不大于 1.2mm×1.2mm 的筛网过滤；

3 搅拌后不能在短时间内灌入孔道的水泥浆，应保持缓慢搅动；

4 水泥浆拌合后至灌浆完毕的时间不宜超过 30min。

6.5.7 灌浆施工应符合下列规定：

1 宜先灌注下层孔道，后灌注上层孔道；

2 灌浆应连续进行，直至排气管排除的浆体稠度与注浆孔处相同且没有出现气泡后，再顺浆体流动方向将排气孔依次封闭；全部封闭后，宜继续加压0.5MPa～0.7MPa，并稳压 1min～2min 后封闭灌浆口；

3 当泌水较大时，宜进行二次灌浆或泌水孔重力补浆；

4 因故停止灌浆时，应用压力水将孔道内已注入的水泥浆冲洗干净。

6.5.8 真空辅助灌浆应符合下列规定：

1 灌浆前，应先关闭灌浆口的阀门及孔道全程的所有排气阀，然后在排浆端启动真空泵抽出孔道内的空气，使孔道真空负压达到 0.08MPa～0.10MPa，并保持稳定，再启动灌浆泵开始灌浆；

2 灌浆过程中，真空泵应保持连续工作，待浆体经过抽真空端时应关闭通向真空泵的阀门，同时打开位于排浆端上方的排浆阀门，在排出少许浆体后再关闭。

6.5.9 孔道灌浆应填写灌浆记录。

6.5.10 外露锚具及预应力筋应按设计要求采取可靠的防止损伤或腐蚀的保护措施。

6.6 质量检查

6.6.1 预应力工程材料进场检查应符合下列规定：

1 应检查规格、外观、尺寸及其产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告；

2 应按国家现行有关标准的规定抽样检验力学性能；

3 经产品认证符合要求的产品，其检验批量可扩大一倍；在同一工程项目中，同一厂家、同一品种、同一规格的产品连续三次进场检验均合格时，其后的检验批量可扩大一倍。

6.6.2 预应力筋的制作质量检查应包括下列内容：

1 采用镦头锚时的钢丝下料长度；

2 钢丝镦头外观、尺寸及头部裂纹；

3 挤压锚具制作时挤压记录和挤压锚具成型后锚具外钢绞线外露长度；

4 钢绞线压花锚具的梨形头尺寸。

6.6.3 预应力筋、预留孔道、锚垫板和锚固区加强钢筋的安装质量检查应包括下列内容：

1 预应力筋品种、级别、规格、数量和位置等；

2 预留孔道的规格、数量、位置、形状以及灌浆孔、排气兼泌水孔等；

3 锚垫板和局部加强钢筋的品种、级别、规格、数量和位置等；

4 预应力筋锚具和连接器的品种、规格、数量和位置等。

6.6.4 预应力筋张拉或放张质量检查应包括下列内容：

1 预应力筋张拉或放张时的同条件养护混凝土试块的强度；

2 预应力筋张拉记录；

3 预应力筋张拉过程中断裂或滑脱数量；

4 锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量

5 先张法预应力筋张拉后与设计位置的偏差；

6 锚固后夹片的状态。

6.6.5 灌浆用水泥浆及灌浆质量检查应包括下列内容：

1 水泥浆的稠度、泌水率、膨胀率；

2 灌浆记录；

3 水泥浆试块强度。

6.6.6 封锚质量检查应包括下列内容：

1 锚具外的预应力筋长度；

2 凸出式封锚端尺寸；

3 封锚的表面质量。

7　混凝土制备与运输

7.1　一般规定

7.1.1 混凝土结构施工宜采用预拌混凝土。

7.1.2 混凝土制备应符合下列规定：

1 预拌混凝土应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB14902 的有关规定；

2 现场搅拌混凝土宜采用具有自动计量装置的设备集中搅拌；

3 当不具备本条第 1、2 款规定的条件时，应采用符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB /T 9142 的搅拌机进行搅拌，并应配备计量装置。

7.1.3 混凝土运输应符合下列规定：

1 混凝土宜采用搅拌运输车运输，运输车辆应符合国家现行有关标准的规定；

2 运输过程中应保证混凝土拌合物的均匀性和工作性；

3 应采取保证连续供应的措施，并应满足现场施工的需要。

7.1.4　混凝土原材料的主要技术指标应符合本规范附录 G 和国家现行有关标准的规定。

7.2　原材料

7.2.1 水泥的选用应符合下列规定：

1 水泥品种与强度等级应根据设计、施工要求以及工程所处环境条件确定；

2 普通混凝土结构宜选用通用硅酸盐水泥；有特殊需要时，也可选用其他品种水泥；

3 对于有抗渗、抗冻融要求的混凝土，宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；

4 处于潮湿环境的混凝土结构，当使用碱活性骨料时，宜采用低碱水泥。

7.2.2 粗骨料宜选用粒形良好、质地坚硬的洁净碎石或卵石，并应符合下列规定：

1　粗骨料最大粒径不应超过构件截面最小尺寸的 1/4，且不应超过钢筋最小净间距的 3/4；对实心混凝土板，粗骨料的最大粒径不宜超过板厚的 1/3，且不应超过 40mm；

2 粗骨料宜采用连续粒级，也可用单粒级组合成满足要求的连续粒级；

3 含泥量、泥块含量指标应符合本规范附录 G 的规定。

7.2.3 细骨料宜选用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净的天然砂或机制砂，并应符合下列规定：

1 细骨料宜选用Ⅱ区中砂。当选用Ⅰ区砂时，应提高砂率，并应保持足够的胶凝材料用量，满足混凝土的工作性要求；当采用III区砂时，宜适当降低砂率；

2 混凝土细骨料中氯离子含量应符合下列规定：

1）对钢筋混凝土，按干砂的质量百分率计算不得大于 0.06%；

2）对预应力混凝土，按干砂的质量百分率计算不得大于 0.02%；

3 含泥量、泥块含量指标应符合本规范附录 G 的规定；

4 海砂应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ206 的有关规定。

7.2.4 强度等级为 C60 及以上的混凝土所用骨料除应符合本规范第 7.2.2 和 7.2.3 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 粗骨料压碎指标的控制值应经试验确定；

2 粗骨料最大粒径不宜超过 25mm，针片状颗粒含量不宜大于 8.0%，含泥量不应大于 0.5%，泥块含量不应大于 0.2%；

3 细骨料细度模数宜控制为 2.6~3.0，含泥量不应大于 2.0%，泥块含量不应大于 0.5%。

7.2.5 对于有抗渗、抗冻融或其他特殊要求的混凝土，宜选用连续级配的粗骨料，最大粒径不宜大于 40mm，含泥量不应大于 1.0%，泥块含量不应大于 0.5%；所用细骨料含泥量不应大于 3.0%，泥块含量不应大于 1.0%。

7.2.6 矿物掺合料的品种和等级应根据设计、施工要求以及工程所处环境条件确定，并应符合国家现行有关标准的规定。矿物掺合料的掺量应通过试验确定。

7.2.7 外加剂的选用应根据混凝土原材料、性能要求、施工工艺、工程所处环境条件和设计要求等因素通过试验确定，并应符合下列规定：

1 当使用碱活性骨料时，由外加剂带入的碱含量（以当量氧化钠计）不宜超过 1.0kg/m^3，混凝土总碱含量尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 等的有关规定；

2 不同品种外加剂首次复合使用时，应检验混凝土外加剂的相容性。

7.2.8 混凝土拌合及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的有关规定。

7.2.9 未经处理的海水严禁用于钢筋混凝土和预应力混凝土拌制和养护。

7.2.10 原材料进场后，应按种类、批次分开贮存与堆放，应标识明晰，并应符合下列规定：

1 散装水泥、矿物掺合料等粉体材料应采用散装罐分开储存。袋装水泥、矿物掺合料、外加剂等应按品种、批次分开码垛堆放，并应采取防雨、防潮措施，高温季节应有防晒措施；

2 骨料应按品种、规格分别堆放，不得混入杂物，并应保持洁净与颗粒级配均匀。骨料堆放场地的地面应做硬化处理，并应采取排水、防尘和防雨等措施；

3 液体外加剂应放置阴凉干燥处，应防止日晒、污染、浸水，使用前应搅拌均匀；如有离析、变色等现象，应经检验合格后再使用。

7.3 混凝土配合比

7.3.1 混凝土配合比设计应符合下列要求，并应经试验确定：

1 应在满足混凝土强度、耐久性和工作性要求的前提下，减少水泥和水的用量；

2 当有抗冻、抗渗、抗氯离子侵蚀和化学腐蚀等耐久性要求时，尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定；

3 应计入环境条件对施工及工程结构的影响；

4 试配所用的原材料应与施工实际使用的原材料一致。

7.3.2 混凝土的配制强度应按下列规定计算：

1 当设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按下式计算：

$$f_{cu,o} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \qquad (7.3.2\text{-}1)$$

式中：$f_{cu,0}$——混凝土的配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$——混凝土强度标准值（MPa）；

σ——混凝土的强度标准差（MPa）。

2 当设计强度等级大于或等于 C60 时，配制强度应按下式计算：

$$f_{\mathrm{cu},0} \geq 1.15 f_{\mathrm{cu,k}} \qquad (7.3.2\text{-}2)$$

7.3.3 混凝土强度标准差应按下列规定确定：

1 当具有近期（前一个月或三个月）的同一品种混凝土的强度资料时，其混凝土强度标准差σ应按下列公式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_{\mathrm{cu},i}^{2} - n m_{f_{\mathrm{cu}}}^{2}}{n-1}} \qquad (7.3.3)$$

式中：$f_{\mathrm{cu},i}$——第i组的试件强度（MPa）；

$m_{f\mathrm{cu}}$——n组试件的强度平均值（MPa）；

n——试件组数，n值不应小于 30。

2 按第 1 款计算混凝土强度标准差时，对于强度等级小于等于 C30 的混凝土，计算得到的σ大于等于 3.0 MPa 时，应按计算结果取值；计算得到的σ小于 3.0 MPa 时，σ应取 3.0 MPa；对于强度等级大于 C30 且小于 C60 的混凝土，计算得到的σ大于等于 4.0 MPa 时，应按计算结果取值；计算得到的σ小于 4.0 MPa 时，σ应取 4.0 MPa。

3 当没有近期的同品种混凝土强度资料时，其混凝土强度标准差σ可按表 7.3.3 取用。

表 7.3.3　标准差σ值（MPa）

混凝土强度标准值	≤C20	C25～C45	C50~C55
σ	4.0	5.0	6.0

7.3.4 混凝土的工作性，应根据结构形式、运输方式和距离、泵送高度、浇筑和振捣方式以及工程所处环境条件等确定。

7.3.5 混凝土配合比设计中的最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 等的有关规定。

7.3.6 当设计文件对混凝土耐久性有检验要求时，应在配合比设计中对耐久性参数进行检验。

7.3.7 大体积混凝土的配合比设计应符合下列规定：

1 应在保证混凝土强度及坍落度要求的前提下，采用提高掺合料及骨料的

含量等措施降低水泥用量，并宜采用低、中水化热水泥；

2 温度控制要求较高的大体积混凝土，其胶凝材料用量、品种等宜通过水化热和绝热温升试验确定；

3 宜采用高性能减水剂。

7.3.8 混凝土配合比的试配、调整和确定应按下列步骤进行：

1 采用工程实际使用的原材料和计算配合比进行试配。每盘混凝土试配量不应小于 20L；

2 进行试拌，并调整砂率和外加剂掺量等使拌合物满足工作性要求，提出试拌配合比；

3 在试拌配合比的基础上，调整胶凝材料用量，提出不少于 3 个配合比进行试配。根据试件的试压强度和耐久性试验结果，选定设计配合比；

4 应对选定的设计配合比进行生产适应性调整，确定施工配合比；

5 对采用搅拌运输车运输的混凝土，当运输时间可能较长时，试配时应控制混凝土坍落度经时损失值。

7.3.9 施工配合比应经有关人员批准。混凝土配合比使用过程中，应根据反馈的混凝土动态质量信息，及时对配合比进行调整。

7.3.10 遇有下列情况时，应重新进行配合比设计：

1 当混凝土性能指标有变化或有其他特殊要求时；

2 当原材料品质发生显著改变时；

3 同一配合比的混凝土生产间断三个月以上时。

7.4 混凝土搅拌

7.4.1 当粗、细骨料的实际含水量发生变化时，应及时调整粗、细骨料和拌合用水的用量。

7.4.2 混凝土搅拌时应对原材料用量准确计量，并应符合下列规定：

1 计量设备的精度应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）技术条件》GB10172 的有关规定，并应定期校准。使用前设备应归零；

2 原材料的计量应按重量计，水和外加剂溶液可按体积计，其允许偏差应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2　混凝土原材料计量允许偏差（%）

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

注：1 现场搅拌时原材料计量允许偏差应满足每盘计量允许偏差要求；

2 累计计量允许偏差指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量称的偏差。该项指标仅适用于采用计算机控制计量的搅拌站；

3 骨料含水率应经常测定，雨雪天施工应增加测定次数。

7.4.3 采用分次投料搅拌方法时，应通过试验确定投料顺序、数量及分段搅拌的时间等工艺参数。掺合料宜与水泥同步投料，液体外加剂宜滞后于水和水泥投料；粉状外加剂宜溶解后再投料。

7.4.4 混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌，并应搅拌均匀。混凝土搅拌的最短时间可按表 7.4.4 采用，当能保证搅拌均匀时可适当缩短搅拌时间。搅拌强度等级 C60 及以上的混凝土时，搅拌时间应适当延长。

表 7.4.4　　混凝土搅拌的最短时间（s）

混凝土坍落度(mm)	搅拌机机型	搅拌机出料量（L）		
		＜250	250~500	＞500
≤40	强制式	60	90	120
＞40 且＜100	强制式	60	60	90
≥100	强制式	60		

注：1 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；

2 当掺有外加剂与矿物掺合料时，搅拌时间应适当延长；

3 采用自落式搅拌机时，搅拌时间宜延长 30s；

4 当采用其他形式的搅拌设备时，搅拌的最短时间也可按设备说明书的规定或经试验确定。

7.4.5　对首次使用的配合比应进行开盘鉴定，开盘鉴定应包括下列内容：

1　混凝土的原材料与配合比设计所使用原材料的一致性；

2 出机混凝土工作性与配合比设计要求的一致性；

3 混凝土强度；

4 有特殊要求时，还应包括混凝土耐久性能。

7.5 混凝土运输

7.5.1 采用混凝土搅拌运输车运输混凝土时，应符合下列规定：

1 接料前，搅拌运输车应排净罐内积水；

2 在运输途中及等候卸料时，应保持搅拌运输车罐体正常转速，不得停转；

3 卸料前，搅拌运输车罐体宜快速旋转搅拌 20s 以上后再卸料。

7.5.2 采用混凝土搅拌运输车运输时，施工现场车辆出入口处应设置交通安全指挥人员，施工现场道路应顺畅，有条件时宜设置循环车道；危险区域应设警戒标志；夜间施工时，应有良好的照明。

7.5.3 采用搅拌运输车运送混凝土，当坍落度损失较大不能满足施工要求时，可在运输车罐内加入适量的与原配合比相同成分的减水剂。减水剂加入量应事先由试验确定，并应做出记录。加入减水剂后，混凝土罐车应快速旋转搅拌均匀，并应达到要求的工作性能后再泵送或浇筑。

7.5.4 当采用机动翻斗车运输混凝土时，道路应通畅，路面应平整、坚实，临时坡道或支架应牢固，铺板接头应平顺。

7.6 质量检查

7.6.1 原材料进场时，供方应对进场材料按材料进场验收所划分的检验批提供相应的质量证明文件。外加剂产品还应提供使用说明书。当能够确认连续进场的材料为同一厂家的同批出厂材料时，也可按出厂的检验批提供质量证明文件。

7.6.2 原材料进场时，应对材料外观、规格、等级、生产日期等进行检查，并应对其主要技术指标按本规范第 7.6.3 条的规定划分检验批进行抽样复验，每个检验批检验不得少于 1 次。

当符合下列条件之一时，复验时可将检验批容量扩大一倍：

1 对经产品认证机构认证符合要求的产品；

2 来源稳定且连续三次检验合格；

3 同一厂家的同批出厂材料，用于同时施工且属于同一工程项目的多个单位工程。

7.6.3 原材料进场复验应符合下列规定：

1 应对水泥的强度、安定性、凝结时间及其他必要指标进行检验。同一生产厂家、同一品种、同一等级且连续进场的水泥袋装不超过 200t 为一检验批，散装不超过 500t 为一检验批；

2 应对粗骨料的颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状含量指标进行检验，压碎指标可根据工程需要进行检验。应对细骨料颗粒级配、含泥量、泥块含量指标进行检验。当设计文件有要求或结构处于易发生碱骨料反应环境中时，应对骨料进行碱活性检验。抗冻等级 F100 及以上的混凝土用骨料应进行坚固性检验。骨料不超过 400m^3 或 600t 为一检验批；

3 应对矿物掺合料细度（比表面积）、需水量比（流动度比）、活性指数（抗压强度比）、烧失量指标进行检验。粉煤灰、矿渣粉、沸石粉不超过 200t 为一检验批，硅灰不超过 30t 为一检验批；

4 应按外加剂产品标准规定对其主要匀质性指标和掺外加剂混凝土性能指标进行检验。同一品种外加剂不超过 50t 为一检验批；

5 当采用饮用水作为混凝土用水时，可不检验。当采用中水、搅拌站清洗水或施工现场循环水等其他来源水时，应对其成分进行检验。

7.6.4 当在使用中对水泥质量有怀疑或水泥出厂超过三个月（快硬硅酸盐水泥超过一个月）时，应进行复验，并应按复验结果使用。

7.6.5 混凝土在生产过程中应按下列规定进行检查：

1 混凝土在生产前应检查混凝土所用原材料的品种、规格是否与施工配合比一致。在生产过程中应检查原材料实际称量误差是否满足要求，每一工作班应至少 2 次；

2 每次开盘前应检查生产设备和控制系统是否正常，计量设备是否归零；

3 混凝土拌合物的工作性检查每 100m^3 不应少于 1 次，且每一工作班不应少于 2 次，必要时可增加检查次数；

4 骨料含水率的检验每工作班不应少于 1 次；当雨雪天气等外界影响导致混凝土骨料含水率变化时，应及时检验；

5 同一工程、同一配合比的混凝土的凝结时间应至少在开盘前检验 1 次。

7.6.6 混凝土应进行抗压强度试验。对有抗冻、抗渗等耐久性要求的混凝土，还

应进行抗冻性、抗渗性等耐久性项目的试验。其试件留置方法和数量应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定执行。

7.6.7 采用预拌混凝土时，供方应提供混凝土配合比通知单、混凝土抗压强度报告、混凝土质量合格证和混凝土运输单；当需要其他资料时，供需双方应在合同中明确约定。

预拌混凝土质量控制资料的保存期限，应满足工程质量追溯的要求。

7.6.8 混凝土拌合物工作性应检验其坍落度或维勃稠度，检验应符合下列规定：

1 坍落度和维勃稠度的检验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T50080 的有关规定；

2 坍落度、维勃稠度的允许偏差应分别符合表 7.6.8 的规定；

3 预拌混凝土的坍落度检查应在交货地点进行；

4 坍落度大于 220mm 的混凝土，可根据需要测定其坍落扩展度，扩展度的允许偏差为± 30mm。

表 7.6.8 坍落度、维勃稠度的允许偏差

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

7.6.9 对掺引气型外加剂的混凝土拌合物应检验其含气量，含气量检验应符合下列规定：

1 掺引气型外加剂混凝土的含气量应满足设计和施工工艺的要求。根据混凝土采用粗骨料的最大公称粒径，其含气量不宜超过表 7.6.9 的规定；

表 7.6.9 掺引气型外加剂混凝土含气量限值

粗骨料最大公称粒径（mm）	混凝土含气量限值（%）
10	7.0
15	6.0

20	5.5
25	5.0
40	4.5

2 混凝土拌合物含气量应按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 的有关规定进行检测。

8 现浇结构工程

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土浇筑前应完成下列工作：

1 隐蔽工程验收和技术复核；

2 对操作人员进行技术交底；

3 根据施工方案中的技术要求，检查并确认施工现场具备实施条件；

4 施工单位应填报浇筑申请单，并经监理单位签认。

8.1.2 浇筑前应检查混凝土送料单，核对混凝土配合比，确认混凝土强度等级，检查混凝土运输时间，测定混凝土坍落度，必要时还应测定混凝土扩展度，在确认无误后再进行混凝土浇筑。

8.1.3 混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃，且不应高于 35℃。

8.1.4 混凝土运输、输送、浇筑过程中严禁加水；混凝土运输、输送、浇筑过程中散落的混凝土严禁用于结构浇筑。

8.1.5 混凝土应布料均衡。应对模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应及时进行处理。混凝土浇筑和振捣应采取防止模板、钢筋、钢构、预埋件及其定位件移位的措施。

8.2 混凝土输送

8.2.1 混凝土输送宜采用泵送方式。

8.2.2 输送混凝土的管道、容器、溜槽不应吸水、漏浆，并应保证输送通畅。输送混凝土时应根据工程所处环境条件采取保温、隔热、防雨等措施。

8.2.3 混凝土输送泵的选择及布置应符合下列规定：

1 输送泵的选型应根据工程特点、混凝土输送高度和距离、混凝土工作性确定；

2 输送泵的数量应根据混凝土浇筑量和施工条件确定，必要时宜设置备用泵；

3 输送泵设置的位置应满足施工要求，场地应平整、坚实，道路应畅通；

4 输送泵的作业范围不得有阻碍物；输送泵设置位置应有防范高空坠物的设施。

8.2.4 混凝土输送泵管的选择与支架的设置应符合下列规定：

1 混凝土输送泵管应根据输送泵的型号、拌合物性能、总输出量、单位输出量、输送距离以及粗骨料粒径等进行选择；

2 混凝土粗骨料最大粒径不大于 25mm 时，可采用内径不小于 125mm 的输送泵管；混凝土粗骨料最大粒径不大于 40mm 时，可采用内径不小于 150mm 的输送泵管；

3 输送泵管安装接头应严密，输送泵管道转向宜平缓；

4 输送泵管应采用支架固定，支架应与结构牢固连接，输送泵管转向处支架应加密。支架应通过计算确定，必要时还应对设置位置的结构进行验算；

5 垂直向上输送混凝土时，地面水平输送泵管的直管和弯管总的折算长度不宜小于垂直输送高度的 0.2 倍，且不宜小于 15m；

6 输送泵管倾斜或垂直向下输送混凝土，且高差大于 20m 时，应在倾斜或垂直管下端设置直管或弯管，直管或弯管总的折算长度不宜小于高差的 1.5 倍；

7 垂直输送高度大于 100m 时，混凝土输送泵出料口处的输送泵管位置应设置截止阀；

8 混凝土输送泵管及其支架应经常进行过程检查和维护。

8.2.5 混凝土输送布料设备的选择和布置应符合下列规定：

1 布料设备的选择应与输送泵相匹配；布料设备的混凝土输送管内径宜与混凝土输送泵管内径相同；

2 布料设备的数量及位置应根据布料设备工作半径、施工作业面大小以及施工要求确定；

3 布料设备应安装牢固，且应采取抗倾覆稳定措施；布料设备安装位置处的结构或施工设施应进行验算，必要时应采取加固措施。

4 应经常对布料设备的弯管壁厚进行检查，磨损较大的弯管应及时更换；

5 布料设备作业范围不得有阻碍物，并应有防范高空坠物的设施。

8.2.6 输送泵输送混凝土应符合下列规定：

1 应先进行泵水检查，并应湿润输送泵的料斗、活塞等直接与混凝土接触

的部位；泵水检查后，应清除输送泵内积水；

2　输送混凝土前，应先输送水泥砂浆对输送泵和输送管进行润滑，然后开始输送混凝土；

3　输送混凝土速度应先慢后快、逐步加速，应在系统运转顺利后再按正常速度输送；

4　输送混凝土过程中，应设置输送泵集料斗网罩，并应保证集料斗有足够的混凝土余量。

8.2.7 吊车配备斗容器输送混凝土时应符合下列规定：

1　应根据不同结构类型以及混凝土浇筑方法选择不同的斗容器；

2　斗容器的容量应根据吊车吊运能力确定；

3　运输至施工现场的混凝土宜直接装入斗容器进行输送；

4　斗容器宜在浇筑点直接布料。

8.2.8 升降设备配备小车输送混凝土时应符合下列规定：

1　升降设备和小车的配备数量、小车行走路线及卸料点位置应能满足混凝土浇筑需要；

2　运输至施工现场的混凝土宜直接装入小车进行输送，小车宜在靠近升降设备的位置进行装料；

8.3　混凝土浇筑

8.3.1 浇筑混凝土前，应清除模板内或垫层上的杂物。表面干燥的地基、垫层、模板上应洒水湿润；现场环境温度高于 35℃时宜对金属模板进行洒水降温；洒水后不得留有积水。

8.3.2 混凝土浇筑应保证混凝土的均匀性和密实性。混凝土宜一次连续浇筑；当不能一次连续浇筑时，可留设施工缝或后浇带分块浇筑。

8.3.3 混凝土浇筑过程应分层进行，分层浇筑应符合本规范第 **8.4.6** 条规定的分层振捣厚度要求，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完毕。

8.3.4 混凝土运输、输送入模的过程宜连续进行，从运输到输送入模的延续时间不宜超过表 8.3.4-1 的规定，且不应超过表 8.3.4-2 的限值规定。掺早强型减水外加剂、早强剂的混凝土以及有特殊要求的混凝土，应根据设计及施工要求，通过

试验确定允许时间。

表 8.3.4-1　运输到输送入模的延续时间（min）

条件	气温	
	≤ 25℃	＞ 25℃
不掺外加剂	90	60
掺外加剂	150	120

表 8.3.4-2　运输、输送入模及其间歇总的时间限值（min）

条件	气温	
	≤ 25℃	＞ 25℃
不掺外加剂	180	150
掺外加剂	240	210

8.3.5 混凝土浇筑的布料点宜接近浇筑位置，应采取减少混凝土下料冲击的措施，并应符合下列规定：

1　宜先浇筑竖向结构构件，后浇筑水平结构构件；

2　浇筑区域结构平面有高差时，宜先浇筑低区部分再浇筑高区部分。

8.3.6 柱、墙模板内的混凝土浇筑倾落高度应符合表 8.3.6 的规定；当不能满足表 8.3.6 的要求时，应加设串筒、溜管、溜槽等装置。

表 8.3.6　柱、墙模板内混凝土浇筑倾落高度限值(m)

条件	浇筑倾落高度限值
粗骨料粒径大于 25mm	≤ 3
粗骨料粒径小于等于 25mm	≤ 6

注：当有可靠措施能保证混凝土不产生离析时，混凝土倾落高度可不受本表限制。

8.3.7 混凝土浇筑后，在混凝土初凝前和终凝前宜分别对混凝土裸露表面进行抹面处理。

8.3.8 柱、墙混凝土设计强度等级高于梁、板混凝土设计强度等级时，混凝土浇筑应符合下列规定：

1 柱、墙混凝土设计强度比梁、板混凝土设计强度高一个等级时，柱、墙位置梁、板高度范围内的混凝土经设计单位同意，可采用与梁、板混凝土设计强度

等级相同的混凝土进行浇筑；

2 柱、墙混凝土设计强度比梁、板混凝土设计强度高两个等级及以上时，应在交界区域采取分隔措施。分隔位置应在低强度等级的构件中，且距高强度等级构件边缘不应小于 500mm；

3 宜先浇筑高强度等级混凝土，后浇筑低强度等级混凝土。

8.3.9 泵送混凝土浇筑应符合下列规定：

1 宜根据结构形状及尺寸、混凝土供应、混凝土浇筑设备、场地内外条件等划分每台输送泵浇筑区域及浇筑顺序；

2 采用输送管浇筑混凝土时，宜由远而近浇筑；采用多根输送管同时浇筑时，其浇筑速度宜保持一致；

3 润滑输送管的水泥砂浆用于湿润结构施工缝时，水泥砂浆应与混凝土浆液同成份；接浆厚度不应大于 30mm，多余水泥砂浆应收集后运出；

4 混凝土泵送浇筑应保持连续；当混凝土供应不及时，应采取间歇泵送方式；

5 混凝土浇筑后，应按要求完成输送泵和输送管的清理。

8.3.10 施工缝或后浇带处浇筑混凝土应符合下列规定：

1 结合面应采用粗糙面；结合面应清除浮浆、疏松石子、软弱混凝土层，并应清理干净；

2 结合面处应采用洒水方法进行充分湿润，并不得有积水；

3 施工缝处已浇筑混凝土的强度不应小于 1.2MPa；

4 柱、墙水平施工缝水泥砂浆接浆层厚度不应大于 30mm，接浆层水泥砂浆应与混凝土浆液同成份；

5 后浇带混凝土强度等级及性能应符合设计要求；当设计无要求时，后浇带强度等级宜比两侧混凝土提高一级，并宜采用减少收缩的技术措施进行浇筑。

8.3.11 超长结构混凝土浇筑应符合下列规定：

1 可留设施工缝分仓浇筑，分仓浇筑间隔时间不应少于 7d；

2 当留设后浇带时，后浇带封闭时间不得少于 14d；

3 超长整体基础中调节沉降的后浇带，混凝土封闭时间应通过监测确定，差异沉降应趋于稳定后再封闭后浇带；

4 后浇带的封闭时间尚应经设计单位认可。

8.3.12 型钢混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 混凝土粗骨料最大粒径不应大于型钢外侧混凝土保护层厚度的 1/3，且不宜大于 25mm；

2 混凝土浇筑应有充分的下料位置，浇筑应能使混凝土充盈整个构件各部位；

3 型钢周边混凝土浇筑宜同步上升，混凝土浇筑高差不应大于 500mm。

8.3.13 钢管混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 宜采用自密实混凝土浇筑；

2 混凝土应采取减少收缩的措施；

3 在钢管适当位置应留有足够的排气孔，排气孔孔径不应小于 20mm；浇筑混凝土应加强排气孔观察，并应在确认浆体流出和浇筑密实后再封堵排气孔；

4 当采用粗骨料粒径不大于 25mm 的高流态混凝土或粗骨料粒径不大于 20mm 的自密实混凝土时，混凝土最大倾落高度不宜大于 9m；倾落高度大于 9m 时，应采用串筒、溜槽、溜管等辅助装置进行浇筑；

5 混凝土从管顶向下浇筑时应符合下列规定：

1) 浇筑应有充分的下料位置，浇筑应能使混凝土充盈整个钢管；

2) 输送管端内径或斗容器下料口内径应小于钢管内径，且每边应留有不小于 100mm 的间隙；

3) 应控制浇筑速度和单次下料量，并应分层浇筑至设计标高；

4) 混凝土浇筑完毕后应对管口进行临时封闭。

6 混凝土从管底顶升浇筑时应符合下列规定：

1) 应在钢管底部设置进料输送管，进料输送管应设止流阀门，止流阀门可在顶升浇筑的混凝土达到终凝后拆除；

2) 合理选择混凝土顶升浇筑设备，配备上下通讯联络工具，有效控制混凝土的顶升或停止过程；

3) 应控制混凝土顶升速度，并均衡浇筑至设计标高。

8.3.14 自密实混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应根据结构部位、结构形状、结构配筋等确定合适的浇筑方案；

2 自密实混凝土粗骨料最大粒径不宜大于 20mm；

3 浇筑应能使混凝土充填到钢筋、预埋件、预埋钢构周边及模板内各部位；

4 自密实混凝土浇筑布料点应结合拌合物特性选择适宜的间距，必要时可通过试验确定混凝土布料点下料间距。

8.3.15 清水混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 应根据结构特点进行构件分区，同一构件分区应采用同批混凝土，并应连续浇筑；

2 同层或同区内混凝土构件所用材料牌号、品种、规格应一致，并应保证结构外观色泽符合要求；

3 竖向构件浇筑时应严格控制分层浇筑的间歇时间。

8.3.16 基础大体积混凝土结构浇筑应符合下列规定：

1 用多台输送泵接输送泵管浇筑时，输送泵管布料点间距不宜大于 10m，并宜由远而近浇筑；

2 用汽车布料杆输送浇筑时，应根据布料杆工作半径确定布料点数量，各布料点浇筑速度应保持均衡；

3 宜先浇筑深坑部分再浇筑大面积基础部分；

4 宜采用斜面分层浇筑方法，也可采用全面分层、分块分层浇筑方法，层与层之间混凝土浇筑的间歇时间应能保证整个混凝土浇筑过程的连续；

5 混凝土分层浇筑应采用自然流淌形成斜坡，并应沿高度均匀上升，分层厚度不宜大于 500mm；

6 抹面处理应符合本规范第 8.3.7 条的规定，抹面次数宜适当增加；

7 应有排除积水或混凝土泌水的有效技术措施。

8.3.17 预应力结构混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应避免预应力锚垫板与波纹管连接处及预应力筋连接处的管道移位或脱落；

2 应采取保证预应力锚固区等配筋密集部位混凝土浇筑密实的措施。

8.4 混凝土振捣

8.4.1 混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不应漏振、欠振、

过振。

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

8.4.3 振动棒振捣混凝土应符合下列规定：

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

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

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

8.4.4 表面振动器振捣混凝土应符合下列规定：

1 表面振动器振捣应覆盖振捣平面边角；

2 表面振动器移动间距应覆盖已振实部分混凝土边缘；

3 倾斜表面振捣时，应由低处向高处进行振捣。

8.4.5 附着振动器振捣混凝土应符合下列规定：

1 附着振动器应与模板紧密连接，设置间距应通过试验确定；

2 附着振动器应根据混凝土浇筑高度和浇筑速度，依次从下往上振捣；

3 模板上同时使用多台附着振动器时应使各振动器的频率一致，并应交错设置在相对面的模板上。

8.4.6 混凝土分层振捣的最大厚度应符合表 8.4.6 的规定。

表 8.4.6 混凝土分层振捣的最大厚度

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

8.4.7 特殊部位的混凝土应采取下列加强振捣措施：

1 宽度大于 0.3m 的预留洞底部区域应在洞口两侧进行振捣，并应适当延长振捣时间；宽度大于 0.8m 的洞口底部，应采取特殊的技术措施；

2 后浇带及施工缝边角处应加密振捣点，并应适当延长振捣时间；

3 钢筋密集区域或型钢与钢筋结合区域应选择小型振动棒辅助振捣、加密振捣点，并应适当延长振捣时间；

4 基础大体积混凝土浇筑流淌形成的坡顶和坡脚应适时振捣，不得漏振。

8.5 混凝土养护

8.5.1 混凝土浇筑后应及时进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。选择养护方式应考虑现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

8.5.2 混凝土的养护时间应符合下列规定：

1 采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，不应少于 7d；采用其他品种水泥时，养护时间应根据水泥性能确定；

2 采用缓凝型外加剂、大掺量矿物掺合料配制的混凝土，不应少于 14d；

3 抗渗混凝土、强度等级 C60 及以上的混凝土，不应少于 14d；

4 后浇带混凝土的养护时间不应少于 14d；

5 地下室底层墙、柱和上部结构首层墙、柱宜适当增加养护时间；

6 基础大体积混凝土养护时间应根据施工方案确定。

8.5.3 洒水养护应符合下列规定：

1 洒水养护宜在混凝土裸露表面覆盖麻袋或草帘后进行，也可采用直接洒水、蓄水等养护方式；洒水养护应保证混凝土处于湿润状态；

2 洒水养护用水应符合本规范第 7.2.8 条的规定；

3 当日最低温度低于 5℃时，不应采用洒水养护。

8.5.4 覆盖养护应符合下列规定：

1 覆盖养护宜在混凝土裸露表面覆盖塑料薄膜、塑料薄膜加麻袋、塑料薄膜加草帘进行；

2 塑料薄膜应紧贴混凝土裸露表面，塑料薄膜内应保持有凝结水；

3 覆盖物应严密，覆盖物的层数应按施工方案确定。

8.5.5 喷涂养护剂养护应符合下列规定：

1 应在混凝土裸露表面喷涂覆盖致密的养护剂进行养护；

2 养护剂应均匀喷涂在结构构件表面，不得漏喷；养护剂应具有可靠的保湿效果，保湿效果可通过试验检验；

3 养护剂使用方法应符合产品说明书的有关要求。

8.5.6 基础大体积混凝土裸露表面应采用覆盖养护方式；当混凝土表面以内40mm～80mm 位置的温度与环境温度的差值小于 25℃时，可结束覆盖养护。覆盖养护结束但尚未到达养护时间要求时，可采用洒水养护方式直至养护结束。

8.5.7 柱、墙混凝土养护方法应符合下列规定：

1 地下室底层和上部结构首层柱、墙混凝土带模养护时间，不宜少于 3d；带模养护结束后可采用洒水养护方式继续养护，必要时也可采用覆盖养护或喷涂养护剂养护方式继续养护；

2 其他部位柱、墙混凝土可采用洒水养护；必要时，也可采用覆盖养护或喷涂养护剂养护。

8.5.8 混凝土强度达到 1.2N/mm^2 前，不得在其上踩踏、堆放荷载、安装模板及支架。

8.5.9 同条件养护试件的养护条件应与实体结构部位养护条件相同，并应采取措施妥善保管。

8.5.10 施工现场应具备混凝土标准试件制作条件，并应设置标准试件养护室或养护箱。标准试件养护应符合国家现行有关标准的规定。

8.6 混凝土施工缝与后浇带

8.6.1 施工缝和后浇带的留设位置应在混凝土浇筑之前确定。施工缝和后浇带宜留设在结构受剪力较小且便于施工的位置。受力复杂的结构构件或有防水抗渗要求的结构构件，施工缝留设位置应经设计单位认可。

8.6.2 水平施工缝的留设位置应符合下列规定：

1 柱、墙施工缝可留设在基础、楼层结构顶面，柱施工缝与结构上表面的距离宜为 0mm～100mm，墙施工缝与结构上表面的距离宜为 0mm～300mm；

2 柱、墙施工缝也可留设在楼层结构底面，施工缝与结构下表面的距离宜为 0mm～50mm；当板下有梁托时，可留设在梁托下 0mm～20mm；

3 高度较大的柱、墙、梁以及厚度较大的基础可根据施工需要在其中部留

设水平施工缝；必要时，可对配筋进行调整，并应征得设计单位认可；

4 特殊结构部位留设水平施工缝应征得设计单位同意。

8.6.3 垂直施工缝和后浇带的留设位置应符合下列规定：

1 有主次梁的楼板施工缝应留设在次梁跨度中间的 1/3 范围内；

2 单向板施工缝应留设在平行于板短边的任何位置；

3 楼梯梯段施工缝宜设置在梯段板跨度端部的 1/3 范围内；

4 墙的施工缝宜设置在门洞口过梁跨中 1/3 范围内，也可留设在纵横交接处；

5 后浇带留设位置应符合设计要求；

6 特殊结构部位留设垂直施工缝应征得设计单位同意。

8.6.4 设备基础施工缝留设位置应符合下列规定：

1 水平施工缝应低于地脚螺栓底端，与地脚螺栓底端的距离应大于 150mm；当地脚螺栓直径小于 30mm 时，水平施工缝可留设在深度不小于地脚螺栓埋入混凝土部分总长度的 3/4 处；

2 垂直施工缝与地脚螺栓中心线的距离不应小于 250mm，且不应小于螺栓直径的 5 倍。

8.6.5 承受动力作用的设备基础施工缝留设位置应符合下列规定：

1 标高不同的两个水平施工缝，其高低接合处应留设成台阶形，台阶的高宽比不应大于 1.0；

2 在水平施工缝处继续浇筑混凝土前，应对地脚螺栓进行一次复核校正；

3 垂直施工缝或台阶形施工缝的垂直面处应加插钢筋，插筋数量和规格应由设计确定；

4 施工缝的留设应经设计单位认可。

8.6.6 施工缝、后浇带留设界面应垂直于结构构件和纵向受力钢筋。结构构件厚度或高度较大时，施工缝或后浇带界面宜采用专用材料封挡。

8.6.7 混凝土浇筑过程中，因特殊原因需临时设置施工缝时，施工缝留设应规整，并宜垂直于构件表面，必要时可采取增加插筋、事后修凿等技术措施。

8.6.8 施工缝和后浇带应采取钢筋防锈或阻锈等保护措施。

8.7 大体积混凝土裂缝控制

8.7.1 大体积混凝土施工应合理选用混凝土配合比，宜选用水化热低的水泥，并宜掺加粉煤灰、矿渣粉和高性能减水剂，控制水泥用量，应加强混凝土养护工作。

8.7.2 大体积混凝土宜采用后期强度作为配合比、强度评定的依据。基础混凝土可采用龄期为 60d（56d）、90d 的强度等级；柱、墙混凝土强度等级不小于 C80 时，可采用龄期为 60d（56d）的强度等级。采用混凝土后期强度应经设计单位认可。

8.7.3 混凝土最大绝热温升和内部最高温度应按本规范附录 H 计算。大体积混凝土施工温度控制应符合下列规定：

1　混凝土入模温度不宜大于 30℃；混凝土最大绝热温升不宜大于 50℃；

2　混凝土结构构件表面以内 40mm～80mm 位置处的温度与混凝土结构构件内部的温度差值不宜大于 25℃，且与混凝土结构构件表面温度的差值不宜大于 25℃；

3　混凝土降温速率不宜大于 2.0℃/d。

8.7.4 基础大体积混凝土测温点设置应符合下列规定：

1　宜选择具有代表性的两个竖向剖面进行测温，竖向剖面宜通过中部区域，竖向剖面的周边及内部应进行测温；

2　竖向剖面上的周边及内部测温点宜上下、左右对齐；每个竖向位置设置的测温点不应少于 3 处，间距不宜大于 1.0m；每个横向设置的测温点不应少于 4 处，间距不应大于 10m；

3　竖向剖面的中部区域应设置测温点；竖向剖面周边测温点应布置在基础表面内 40mm～80mm 位置；

4　覆盖养护层底部的测温点宜布置在代表性的位置，且不应少于 2 处；环境温度测温点不应少于 2 处，且应离开基础周边一定的距离；

5　对基础厚度不大于 1.6m，裂缝控制技术措施完善的工程可不进行测温。

8.7.5 柱、墙、梁大体积混凝土测温点设置应符合下列规定：

1　柱、墙、梁结构实体最小尺寸大于 2m，且混凝土强度等级不小于 C60 时，宜进行测温；

2　测温点宜设置在高度方向上的两个横向剖面中；横向剖面中的中部区域应设置测温点，测温点设置不应少于 2 点，间距不宜大于 1.0m；横向剖面周边

的测温点宜设置在距结构表面内 40mm～80mm 位置处；

3 环境温度测温点设置不宜少于 1 点，且应离开浇筑的结构边一定距离；

4 可根据第一次测温结果，完善温度控制技术措施，后续工程可不进行测温。

8.7.6 大体积混凝土测温应符合下列规定：

1 宜根据每个测温点被混凝土初次覆盖时的温度确定各测点部位混凝土的入模温度；

2 结构内部测温点、结构表面测温点、环境测温点的测温，应与混凝土浇筑、养护过程同步进行；

3 应按测温频率要求及时提供测温报告，测温报告应包含各测温点的温度数据、温度变化曲线、温度变化趋势分析等内容；

4 混凝土结构表面以内 40mm～80mm 位置的温度与环境温度的差值小于 20℃时，可停止测温。

8.7.7 大体积混凝土测温频率应符合下列规定：

1 第一天至第四天，每 4h 不应少于一次；

2 第五天至第七天，每 8h 不应少于一次；

3 第七天至测温结束，每 12h 不应少于一次。

8.8 质量检查

8.8.1 混凝土结构施工质量检查可分为过程控制检查和拆模后的实体质量检查。过程控制检查应在混凝土施工全过程中，按施工段划分和工序安排及时进行；拆模后的实体质量检查应在混凝土表面未做处理和装饰前进行。

8.8.2 混凝土结构质量的检查，应符合下列规定：

1 检查的频率、时间、方法和参加检查的人员，应当根据质量控制的需要确定；

2 施工单位应对完成施工的部位或成果的质量进行自检，自检应全数检查；

3 混凝土结构质量检查应做出记录。对于返工和修补的构件，应有返工修补前后的记录，并应有图像资料；

4 混凝土结构质量检查中，对于已经隐蔽、不可直接观察和量测的内容，

可检查隐蔽工程验收记录；

5 需要对混凝土结构的性能进行检验时，应委托有资质的检测机构检测并出具检测报告。

8.8.3 混凝土结构的质量过程控制检查宜包括下列内容：

1 模板宜包括下列内容：

1）模板与模板支架的安全性；

2）模板位置、尺寸；

3）模板的刚度和密封性；

4）模板涂刷隔离剂及必要的表面湿润；

5）模板内杂物清理。

2 钢筋及预埋件宜包括下列内容：

1）钢筋的规格、数量；

2）钢筋的位置；

3）钢筋的保护层厚度；

4）预埋件（预埋管线、箱盒、预留孔洞）规格、数量、位置及固定。

3 混凝土拌合物宜包括下列内容：

1）坍落度、入模温度等；

2）大体积混凝土的温度测控。

4 混凝土浇筑宜包括下列内容：

1）混凝土输送、浇筑、振捣等；

2）混凝土浇筑时模板的变形、漏浆等；

3）混凝土浇筑时钢筋和预埋件（预埋管线、预留孔洞）位置；

4）混凝土试件制作；

5）混凝土养护；

6）施工载荷加载后，模板与模板支架的安全性。

8.8.4 混凝土结构拆除模板后的实体质量检查宜包括下列内容：

1 构件的尺寸、位置

1）轴线位置、标高；

2）截面尺寸、表面平整度；

3）垂直度（构件垂直度、单层垂直度和全高垂直度）。

2 预埋件

1）数量

2）位置。

3 构件的外观缺陷；

4 构件的连接及构造做法。

8.8.5 混凝土结构质量过程控制检查、拆模后实体质量检查的方法与合格判定，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 等的有关规定。有关标准未做规定时，可在施工方案中作出规定并经监理单位批准后实施。

8.9 混凝土缺陷修整

8.9.1 混凝土结构缺陷可分为尺寸偏差缺陷和外观缺陷。尺寸偏差缺陷和外观缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷。混凝土结构尺寸偏差超出规范规定，但尺寸偏差对结构性能和使用功能未构成影响时，应属于一般缺陷；而尺寸偏差对结构性能和使用功能构成影响时，应属于严重缺陷。外观缺陷分类应符合表 8.9.1 的规定。

表 8.9.1　　混凝土结构外观缺陷分类

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土	构件主要受力部位有影响结构性能或	其他部位有少量不影响结构性能或使

	内部	使用功能的裂缝	用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土有缺陷及连接钢筋、连接件松动	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等	清水混凝土构件有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷

8.9.2 施工过程中发现混凝土结构缺陷时，应认真分析缺陷产生的原因。对严重缺陷施工单位应制定专项修整方案，方案应经论证审批后再实施，不得擅自处理。

8.9.3 混凝土结构外观一般缺陷修整应符合下列规定：

1　对于露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松、外表缺陷，应凿除胶结不牢固部分的混凝土，应清理表面，洒水湿润后应用 1:2～1:2.5 水泥砂浆抹平；

2　应封闭裂缝；

3　连接部位缺陷、外形缺陷可与面层装饰施工一并处理。

8.9.4 混凝土结构外观严重缺陷修整应符合下列规定：

1　对于露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松、外表缺陷，应凿除胶结不牢固部分的混凝土至密实部位，清理表面，支设模板，洒水湿润，涂抹混凝土界面剂，应采用比原混凝土强度等级高一级的细石混凝土浇筑密实，养护时间不应少于 7d；

2　开裂缺陷修整应符合下列规定：

1）对于民用建筑的地下室、卫生间、屋面等接触水介质的构件，均应注浆封闭处理，注浆材料可采用环氧、聚氨酯、氰凝、丙凝等。对于民用建筑不接触水介质的构件，可采用注浆封闭、聚合物砂浆粉刷或其他表面封闭材料进行封闭；

2）对于无腐蚀介质工业建筑的地下室、屋面、卫生间等接触水介质的构件以及有腐蚀介质的所有构件，均应注浆封闭处理，注浆材料可采用环氧、聚氨酯、氰凝、丙凝等。对于无腐蚀介质工业建筑不接触水介质的构件，可采用注浆封闭、聚合物砂浆粉刷或其他表面封闭材料进行封闭；

3　清水混凝土的外形和外表严重缺陷，宜在水泥砂浆或细石混凝土修补后用磨光机械磨平。

8.9.5 混凝土结构尺寸偏差一般缺陷，可采用装饰修整方法修整。

8.9.6 混凝土结构尺寸偏差严重缺陷，应会同设计单位共同制定专项修整方案，结构修整后应重新检查验收。

9 装配式结构工程

9.1 一般规定

9.1.1 装配式结构工程应编制专项施工方案。必要时，专业施工单位应根据设计文件进行深化设计。

9.1.2 装配式结构正式施工前，宜选择有代表性的单元或部分进行试制作和试安装。

9.1.3 预制构件的吊运应符合下列规定：

1 应根据预制构件形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备，所采用的吊具和起重设备及施工操作应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的有关规定；

2 应采取措施保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合；吊索与构件水平夹角不宜小于 60°，不应小于 45°；吊运过程应平稳，不应有偏斜和大幅度摆动；

3 吊运过程中，应设专人指挥，操作人员应位于安全可靠位置，不应有人员随预制构件一同起吊。

9.1.4 装配式结构的施工全过程应对预制构件设置可靠标识，并应采取防止预制构件破损或受到污染的措施。

9.1.5 装配式结构施工中采用专用定型产品时，专用定型产品及施工操作均应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的有关规定。

9.2 施工验算

9.2.1 装配式混凝土结构施工前，应根据设计要求和施工方案进行必要的施工验算。

9.2.2 预制构件在脱模、吊运、运输、安装等环节的施工验算，应将构件自重乘以脱模吸附系数或动力系数作为等效荷载标准值，并应符合下列规定：

1 脱模吸附系数宜取为 1.5，并可根据构件和模具表面状况适当增减；对于复杂情况，脱模吸附系数宜根据试验确定；

2　构件吊运、运输时，动力系数可取 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。当有可靠经验时，动力系数可根据实际受力情况和安全要求适当增减。

9.2.3 预制构件的施工验算宜符合下列规定：

1　钢筋混凝土和预应力混凝土构件正截面边缘的混凝土法向压应力，应满足下式的要求：

$$\sigma_{cc} \le 0.8 f'_{ck} \qquad (9.2.3\text{-}1)$$

式中：σ_{cc}——各施工环节在荷载标准组合作用下产生的构件正截面边缘混凝土法向压应力（N/mm^2），可按毛截面计算；

f'_{ck}——与各施工环节的混凝土立方体抗压强度相应的抗压强度标准值（N/mm^2），按国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 表 4.1.3 以线性内插法确定。

2　钢筋混凝土和预应力混凝土构件正截面边缘的混凝土法向拉应力，宜满足下式的要求：

$$\sigma_{ct} \le 1.0 f'_{tk} \qquad (9.2.3\text{-}2)$$

式中：σ_{ct}——各施工环节在荷载标准组合作用下产生的构件正截面边缘混凝土法向拉应力（N/mm^2），可按毛截面计算；

f'_{tk}——与各施工环节的混凝土立方体抗压强度相应的抗拉强度标准值（N/mm^2），按国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 表 4.1.3 以线性内插法确定。

3　对预应力混凝土构件的端部正截面边缘的混凝土法向拉应力可适当放松，但不应大于 1.2 f'_{tk}。

4　对施工过程中允许出现裂缝的钢筋混凝土构件，其正截面边缘混凝土法向拉应力限值可适当放松，但开裂截面处受拉钢筋的应力应满足下式的要求：

$$\sigma_s \le 0.7 f_{yk} \qquad (9.2.3\text{-}3)$$

式中：σ_s——各施工环节在荷载标准组合作用下的受拉钢筋应力，应按开裂截面计算（N/mm^2）；

f_{yk}——受拉钢筋强度标准值（N/mm^2）。

5　叠合式受弯构件尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010

的有关规定。进行后浇叠合层施工阶段验算时，叠合板的施工活荷载可取 1.5 kN/mm^2，叠合梁的施工活荷载可取 1.0kN/mm^2。

9.2.4 预制构件中的预埋吊件及临时支撑宜按下式进行计算：

$$K_c S_c \le R_c \tag{9.2.4}$$

式中：K_c——施工安全系数，可按表 9.2.4 的规定取值；当有可靠经验时，可根据实际情况适当增减；对复杂或特殊情况，宜通过试验确定；

S_c——施工阶段荷载标准组合作用下的效应值。施工阶段的荷载标准值按本规范附录 A 的有关规定取值，其中风荷载重现期可取为 5 年；

R_c——根据国家现行有关标准并按材料强度标准值计算或根据试验确定的预埋吊件、临时支撑、连接件的承载力。

表 9.2.4　预埋吊件及临时支撑的施工安全系数 K_c

项　目	施工安全系数（K_c）
临时支撑	2
临时支撑的连接件 预制构件中用于连接临时支撑的预埋件	3
普通预埋吊件	4
多用途的预埋吊件	5

注：对采用 HPB300 钢筋吊环形式的预埋吊件，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

9.3　构件制作

9.3.1 制作预制构件的场地应平整、坚实，并应有排水措施。当采用台座生产预制构件时，台座表面应光滑平整，2m 长度内表面平整度不应大于 2mm，在气温变化较大的地区应设置伸缩缝。用于制作先张预应力构件的台座，端部应设置满足预应力筋张拉要求的可靠地锚措施。

9.3.2 模具应具有足够的强度、刚度和整体稳定性，并应能满足预制构件预留孔、插筋、预埋吊件及其他预埋件的定位要求。模具设计时，应考虑预制构件质量要求、生产工艺、拆卸要求及周转次数等因素。对跨度较大的预制构件的模具应根

据设计要求预设反拱。

9.3.3 混凝土应采用机械振捣，可根据工艺要求选择插入式振捣棒、平板振动器、附着式振动器或振动台等方式。振捣混凝土不应影响模具的整体稳定性。

9.3.4 当采用平卧重叠法制作预制构件时，应在下层构件的混凝土强度 5.0N/mm^2 后，再浇筑上层构件混凝土，并应采取措施保证上、下层构件有效隔离。

9.3.5 预制构件可根据需要选择自然养护、蒸汽养护、电加热养护。采用蒸汽养护时，应合理控制升温、降温速度和最高温度，构件表面宜保持 90%～100%的相对湿度。

9.3.6 预制构件的饰面应符合设计要求。带饰面的预制构件宜采用反打成型法制作，也可采用后贴工艺法制作。

9.3.7 带保温材料的预制构件宜采用水平浇筑方式成型。采用夹芯保温的预制构件，宜采用专用连接件连接内外两层混凝土，其数量和位置应符合设计要求。

9.3.8 清水混凝土预制构件的制作应符合下列规定：

1　预制构件的边角宜采用倒角或圆弧角；

2　模具应满足构件精度要求，模具表面宜均匀涂刷脱模剂。底模和侧模的连接处宜可靠密封；

3　应控制原材料质量和混凝土配合比，并应保证每班生产构件的养护温度均匀一致；

4　构件表面应采取保护和防污染措施。对出现的质量缺陷应采用专用材料修补，修补后的混凝土外观质量应满足设计要求。

9.3.9 带门窗、预埋管线预制构件的制作应符合下列规定：

1　门窗、预埋管线应在浇筑混凝土前预先放置并固定，固定时应采取防止窗破坏及污染窗体表面的保护措施；

2　当采用铝窗框时，应采取避免铝窗框与混凝土直接接触发生电化学腐蚀的措施；

3　应采取措施控制温度或受力变形对门窗产生的不利影响。

9.3.10　预制构件与现浇结构的结合面应进行拉毛或凿毛处理，也可采用露骨料粗糙面。露骨料粗糙面可采用下列方法制作：

1 在需要露骨料部位的模板表面涂刷适量的缓凝剂；

2 在混凝土初凝或脱模后，采取措施冲洗掉未凝结的水泥砂浆。

9.3.11 预制构件脱模起吊时，同条件养护的混凝土立方体抗压强度应根据本规范第 9.2 节的有关规定计算确定，且不宜小于 15MPa。

9.4 运输与存放

9.4.1 预制构件的运输应符合下列规定：

1 预制构件的运输线路应根据道路、桥梁的实际条件确定。场内运输宜设置循环线路；

2 运输车辆应满足构件尺寸和载重要求；

3 装卸构件时应考虑车体平衡，避免造成车体倾覆；

4 应采取防止构件移动或倾倒的绑扎固定措施；

5 运输细长构件时应根据需要设置水平支架；

6 对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜采用垫衬加以保护。

9.4.2 预制构件的堆放应符合下列规定：

1 场地应平整、坚实，并应有良好的排水措施；

2 应保证最下层构件垫实，预埋吊件宜向上，标识宜朝向堆垛间的通道；

3 垫木或垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致。重叠堆放构件时，每层构件间的垫木或垫块应在同一垂直线上；

4 堆垛层数应根据构件与垫木或垫块的承载能力及堆垛的稳定性确定，必要时应设置防止构件倾覆的支架；

5 施工现场堆放的构件，宜按安装顺序分类堆放，堆垛宜布置在吊车工作范围内且不受其他工序施工作业影响的区域；

6 预应力构件的堆放应考虑反拱的影响。

9.4.3 墙板构件应根据施工要求选择堆放和运输方式。对于外观复杂墙板宜采用插放架或靠放架直立堆放、直立运输。插放架、靠放架应有足够的强度、刚度和稳定性。采用靠放架直立堆放的墙板宜对称靠放、饰面朝外，倾斜角度不宜小于 80°。

9.4.4 吊运平卧制作的混凝土屋架时，宜平稳一次就位，并应根据屋架跨度、刚度确定吊索绑扎形式及加固措施。屋架堆放时，可将几榀屋架绑扎成整体以增加

稳定性。

9.5 安装与连接

9.5.1 装配式结构安装现场应根据工期要求以及工程量、机械设备等现场条件，组织立体交叉、均衡有效的安装施工流水作业。预制构件应按设计文件、专项施工方案要求的顺序进行安装与连接。

9.5.2 预制构件安装前的准备工作应符合下列规定：

1 应核对已施工完成结构的混凝土强度、外观、尺寸等符合设计文件要求；

2 应核对预制构件混凝土强度及预制构件和配件的型号、规格、数量等符合设计文件要求；

3 应在已施工完成结构及预制构件上进行测量放线，并应设置安装定位标志；

4 应确认吊装设备及吊具处于安全操作状态；

5 应核实现场环境、天气、道路状况满足吊装施工要求。

9.5.3 预制构件安装就位后应及时采取临时固定措施。预制构件与吊具的分离应在校准定位及临时固定措施安装完成后进行。临时固定措施的拆除应在装配式结构能达到后续施工要求的承载力、刚度及稳定性要求后进行。

9.5.4 采用临时支撑时，应符合下列规定：

1 每个预制构件的临时支撑不宜少于 2 道；

2 对预制墙板的斜撑，其支撑点距离板底的距离不宜小于板高的 2/3，且不应小于板高的 1/2；

3 构件安装就位后，可通过临时支撑对构件的位置和垂直度进行微调；

4 临时支撑顶部标高应符合设计规定，尚应考虑支撑系统自身在施工荷载作用下的变形。

9.5.5 装配式结构的连接施工除应符合本规范的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 构件连接处浇筑用材料的强度及收缩性能应满足设计要求。如设计无要求，浇筑用材料的强度等级值不应低于连接处构件混凝土强度设计等级值的较大值；粗骨料最大粒径不宜大于连接处最小尺寸的 1/4；

2 浇筑前应清除浮浆、松散骨料和污物，并宜浇水湿润；

3　节点、水平缝应一次性浇筑密实；垂直缝可逐层浇筑，每层浇筑高度不宜大于 2m。如需振捣时，宜采用微型振捣棒；

4　建筑用材料的强度达到设计要求后方可承受全部设计荷载。

9.5.6 装配式结构采用焊接或螺栓连接构件时，应符合设计要求或国家现行有关钢结构施工标准的规定，并应做好防腐和防火处理。采用焊接连接时，应采取避免损伤已施工完成结构、预制构件及配件的措施。

9.5.7 装配式结构采用后张预应力筋连接构件时，应符合本规范第 6 章的有关规定。

9.5.8 钢筋锚固及连接长度应满足设计要求，钢筋连接施工应符合国家现行有关标准的规定。

9.5.9 简支梁、板类预制构件的安装施工应符合下列规定：

1　构件两端支座处的搁置长度均应满足设计要求，支垫处的受力状态应保持均匀一致；

2　施工荷载应符合设计规定，并应避免单个梁、板承受较大的集中荷载；不宜在施工现场对预制梁、板进行二次切割、开洞；

3　梁、板支座的连接应按设计要求施工，支座应采取保证钢筋可靠锚固的措施。

9.5.10　当设计对构件连接处有防水要求时，防水施工及材料性能应符合设计要求及国家现行有关标准的规定。

9.6　质量检查

9.6.1 预制构件制作过程中的质量检查可按本规范相关章节的有关规定执行。

9.6.2 新造、改制及维修后的模具在使用前应进行全数检查。重复使用的标准模具每次使用前应检查外观质量及关键尺寸偏差。

9.6.3 预制构件的外观质量、尺寸偏差及结构性能应符合设计要求及国家现行有关标准的有关规定。对外观缺陷及超过允许尺寸偏差的部位应按修补方案进行处理，并应重新检查验收。

预制构件不得存在影响结构性能或装配、使用功能的外观缺陷。对于存在的一般缺陷应采用专用修补材料按修补方案要求进行修复和表面处理。

9.6.4 工厂制作的预制构件经检查合格后，应填制合格证。构件进场时应对合格证进行检查。

9.6.5 装配式结构施工中的配件、连接件、配套材料的性能，应符合设计文件及国家现行有关标准的有关规定。

9.6.6 装配式结构的连接施工应逐个进行隐蔽工程检查，并应填写隐蔽工程检查记录。

9.6.7 装配式结构的外观质量和尺寸偏差检查应按现浇混凝土结构的有关规定执行。有装饰或保温要求的装配式结构尚应满足相关建筑装饰及节能标准的要求。

10　冬期、高温与雨期施工

10.1　一般规定

10.1.1 根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续 5 日稳定低于 5℃时，应采取冬期施工措施；当室外日平均气温连续 5 日稳定高于 5℃时，可解除冬期施工措施。当混凝土未达到受冻临界强度而气温骤降至 0℃以下时，应按冬期施工的要求采取应急防护措施。

10.1.2 当日平均气温达到 30℃及以上时，应按高温施工要求采取措施。

10.1.3 雨季和降雨期间，应按雨期施工要求采取措施。

10.1.4 混凝土冬期施工应按现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104 的有关规定进行热工计算。

10.2　冬期施工

10.2.1 冬期施工配制混凝土宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。采用蒸汽养护时，宜选用矿渣硅酸盐水泥。

10.2.2 用于冬期施工混凝土的粗、细骨料中，不得含有冰、雪冻块及其他易冻裂物质。

10.2.3 冬期施工混凝土用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 的有关规定。采用非加热养护方法时，混凝土中宜掺入引气剂、引气型减水剂或含有引气组份的外加剂，混凝土含气量宜控制在 3.0%～5.0%。

10.2.4 冬期施工混凝土配合比应根据施工期间环境气温、原材料、养护方法、混凝土性能要求等经试验确定，并宜选择较小的水胶比和坍落度。

10.2.5 冬期施工混凝土搅拌前，原材料的预热应符合下列规定：

1 宜加热拌合水。当仅加热拌合水不能满足热工计算要求时，可加热骨料。拌合水与骨料的加热温度可通过热工计算确定，加热温度不应超过表 10.2.5 的规定；

2 水泥、外加剂、矿物掺合料不得直接加热，应事先贮于暖棚内预热。

表 10.2.5 拌合水及骨料最高加热温度（℃）

水泥强度等级	拌合水	骨料
42.5 以下	80	60
42.5、42.5R 及以上	60	40

10.2.6 冬期施工混凝土搅拌应符合下列规定：

1 液体防冻剂使用前应搅拌均匀，由防冻剂溶液带入的水分应从混凝土拌合水中扣除；

2 蒸汽法加热骨料时，应加大对骨料含水率测试频率，并应将由骨料带入的水分从混凝土拌合水中扣除；

3 混凝土搅拌前应对搅拌机械进行保温或采用蒸汽进行加温，搅拌时间应比常温搅拌时间延长 30s～60s；

4 混凝土搅拌时应先投入骨料与拌合水，预拌后再投入胶凝材料与外加剂。胶凝材料、引气剂或含引气组分外加剂不得与 60℃以上热水直接接触。

10.2.7 混凝土拌合物的出机温度不宜低于 10℃，入模温度不应低于 5℃；对预拌混凝土或需远距离输送的混凝土，混凝土拌合物的出机温度可根据运输和输送距离经热工计算确定，但不宜低于 15℃。大体积混凝土的入模温度可根据实际情况适当降低。

10.2.8 混凝土运输、输送机具及泵管应采取保温措施。当采用泵送工艺浇筑时，应采用水泥浆或水泥砂浆对泵和泵管进行润滑、预热。混凝土运输、输送与浇筑过程中应进行测温，温度应满足热工计算的要求。

10.2.9 混凝土浇筑前，应清除地基、模板和钢筋上的冰雪和污垢，并应进行覆盖保温。

10.2.10 混凝土分层浇筑时，分层厚度不应小于 400mm。在被上一层混凝土覆盖前，已浇筑层的温度应满足热工计算要求，且不得低于 2℃。

10.2.11 采用加热方法养护现浇混凝土时，应考虑加热产生的温度应力对结构的影响，并应合理安排混凝土浇筑顺序与施工缝留置位置。

10.2.12 冬期浇筑的混凝土，其受冻临界强度应符合下列规定：

1 当采用蓄热法、暖棚法、加热法施工时，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土，不应低于设计混凝土强度等级值的 30%；采用矿渣硅酸盐水

泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥配制的混凝土时，不应低于设计混凝土强度等级值的 40%；

2 当室外最低气温不低于-15℃时，采用综合蓄热法、负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应低于 4.0 MPa；当室外最低气温不低于-30℃时，采用负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应低于 5.0MPa；

3 强度等级等于或高于 C50 的混凝土，不宜低于设计混凝土强度等级值的 30%；

4 对有抗冻耐久性要求的混凝土，不宜低于设计混凝土强度等级值的 70%。

10.2.13 混凝土结构工程冬期施工养护应符合下列规定：

1 当室外最低气温不低于-15℃时，对地面以下的工程或表面系数不大于 $5m^{-1}$ 的结构，宜采用蓄热法养护，并应对结构易受冻部位加强保温措施；

2 当采用蓄热法不能满足要求时，对表面系数为 $5m^{-1}$～$15m^{-1}$ 的结构，可采用综合蓄热法养护。采用综合蓄热法养护时，混凝土中应掺加具有减水、引气性能的早强剂或早强型外加剂；

3 对不易保温养护，且对强度增长无具体要求的一般混凝土结构，可采用掺防冻剂的负温养护法进行施工；

4 当本条第 1～3 款不能满足施工要求时，可采用暖棚法、蒸汽加热法、电加热法等方法，但应采取降低能耗的措施。

10.2.14 混凝土浇筑后，对裸露表面应采取防风、保湿、保温措施，对边、棱角及易受冻部位应加强保温。在混凝土养护和越冬期间，不得直接对负温混凝土表面浇水养护。

10.2.15 模板和保温层应在混凝土达到要求强度，且混凝土表面温度冷却到 5℃后再拆除。对墙、板等薄壁结构构件，宜延长模板拆除时间。当混凝土表面温度与环境温度之差大于 20℃时，拆模后的混凝土表面应立即进行保温覆盖。

10.2.16 混凝土强度未达到受冻临界强度和设计要求时，应继续进行养护。工程越冬期间，应编制越冬维护方案并进行保温维护。

10.2.17 混凝土工程冬期施工应加强对骨料含水率、防冻剂掺量的检查，以及原材料、入模温度、实体温度和强度的监测；应依据气温的变化，检查防冻剂掺量是否符合配合比与防冻剂说明书的规定，并应根据需要进行配合比的调整。

10.2.18 混凝土冬期施工期间，应按国家现行有关标准的规定对混凝土拌合水温度、外加剂溶液温度、骨料温度、混凝土出机温度、浇筑温度、入模温度以及养护期间混凝土内部和大气温度进行测量。

10.2.19 冬期施工混凝土强度试件的留置除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 的有关规定外，尚应增设与结构同条件养护试件，养护试件不应少于 2 组。同条件养护试件应在解冻后进行试验。

10.3 高温施工

10.3.1 高温施工时，对露天堆放的粗、细骨料应采取遮阳防晒等措施。必要时，可对粗骨料进行喷雾降温。

10.3.2 高温施工混凝土配合比设计除应符合本规范第 7.3 节的规定外，尚应符合下列规定：

1 应考虑原材料温度、环境温度、混凝土运输方式与时间对混凝土初凝时间、坍落度损失等性能指标的影响，根据环境温度、湿度、风力和采取温控措施的实际情况，对混凝土配合比进行调整；

2 宜在近似现场运输条件、时间和预计混凝土浇筑作业最高气温的天气条件下，通过混凝土试拌和与试运输的工况试验后，调整并确定适合高温天气条件下施工的混凝土配合比；

3 宜采用低水泥用量的原则，并可采用粉煤灰取代部分水泥。宜选用水化热较低的水泥；

4 混凝土坍落度不宜小于 70mm。

10.3.3 混凝土的搅拌应符合下列规定：

1 应对搅拌站料斗、储水器、皮带运输机、搅拌楼采取遮阳防晒措施；

2 对原材料进行直接降温时，宜采用对水、粗骨料进行降温的方法。当对水直接降温时，可采用冷却装置冷却拌合用水，并应对水管及水箱加设遮阳和隔热设施，也可在水中加碎冰作为拌合用水的一部分。混凝土拌合时掺加的固体冰应确保在搅拌结束前融化，且在拌合用水中应扣除其重量；

3 原材料入机温度不宜超过表 10.3.3 的规定；

4 混凝土拌合物出机温度不宜大于 30℃。出机温度可按本规范附录 J 估算。

必要时，可采取掺加干冰等附加控温措施。

表 10.3.3 原材料最高入机温度（℃）

原材料	入机温度
水泥	60
骨料	30
水	25
粉煤灰等掺合料	60

10.3.4 混凝土宜采用白色涂装的混凝土搅拌运输车运输；对混凝土输送管应进行遮阳覆盖，并应洒水降温。

10.3.5 混凝土浇筑入模温度不应高于 35℃。

10.3.6 混凝土浇筑宜在早间或晚间进行，且宜连续浇筑。当水分蒸发速率大于 1 kg/（m^2 • h）时，应在施工作业面采取挡风、遮阳、喷雾等措施。混凝土水分蒸发速率可按本规范附录 K 估算。

10.3.7 混凝土浇筑前，施工作业面宜采取遮阳措施，并应对模板、钢筋和施工机具采用洒水等降温措施，但浇筑时模板内不得有积水。

10.3.8 混凝土浇筑完成后，应及时进行保湿养护。侧模拆除前宜采用带模湿润养护。

10.4 雨期施工

10.4.1 雨期施工期间，对水泥和掺合料应采取防水和防潮措施，并应对粗、细骨料含水率实时监测，及时调整混凝土配合比。

10.4.2 应选用具有防雨水冲刷性能的模板脱模剂。

10.4.3 雨期施工期间，对混凝土搅拌、运输设备和浇筑作业面应采取防雨措施，并应加强施工机械检查维修及接地接零检测工作。

10.4.4 除采用防护措施外，小雨、中雨天气不宜进行混凝土露天浇筑，且不应开始大面积作业面的混凝土露天浇筑；大雨、暴雨天气不应进行混凝土露天浇筑。

10.4.5 雨后应检查地基面的沉降，并应对模板及支架进行检查。

10.4.6 应采取防止基槽或模板内积水的措施。基槽或模板内和混凝土浇筑分层面出现积水时，应在排水后再浇筑混凝土。

10.4.7 混凝土浇筑过程中，对因雨水冲刷致使水泥浆流失严重的部位，应采取补救措施后再继续施工。

10.4.8 在雨天进行钢筋焊接时，应采取挡雨等安全措施。

10.4.9 混凝土浇筑完毕后，应及时采取覆盖塑料薄膜等防雨措施。

10.4.10 台风来临前，应对尚未浇筑混凝土的模板及支架采取临时加固措施；台风结束后，应检查模板及支架，已验收合格的模板及支架应重新办理验收手续。

11　环境保护

11.1　一般规定

11.1.1　施工项目部应制订施工环境保护计划，落实责任人员，并组织实施。对混凝土结构施工过程的环境保护效果，宜进行自评估。

11.1.2　施工过程中，应采取建筑垃圾减量化措施。对施工过程中产生的建筑垃圾，应进行分类、统计和处理。

11.2　环境因素控制

11.2.1　施工过程中，应采取防尘、降尘措施，控制作业区扬尘。对施工现场的主要道路，宜进行硬化处理或采取其他扬尘控制措施。对可能造成扬尘的露天堆储材料，宜采取扬尘控制措施。

11.2.2　施工过程中，应对材料搬运、施工设备和机具作业等采取可靠的降低噪声措施。施工作业在施工场界的噪声级应符合现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB12523 的有关规定。

11.2.3　施工过程中，应采取光污染控制措施。对可能产生强光的施工作业，应采取防护和遮挡措施。夜间施工时，应采用低角度灯光照明。

11.2.4　对施工过程中产生的污水，应采取沉淀、隔油等措施进行处理，不得直接排放。

11.2.5　宜选用环保型脱模剂。涂刷模板脱模剂时，应防止洒漏。对含有污染环境成分的脱模剂，使用后剩余的脱模剂及其包装等不得与普通垃圾混放，并应由厂家或有资质的单位回收处理。

11.2.6　施工过程中，对施工设备和机具维修、运行、存储时的漏油，应采取有效的隔离措施，不得直接污染土壤。漏油应统一收集并进行无害化处理。

11.2.7　混凝土外加剂、养护剂的使用应满足环境保护和人身健康的要求。

11.2.8　进行挥发性有害物质施工时，施工操作人员应采取有效的防护方法，并应配备相应的防护用品。

11.2.9　对不可循环使用的建筑垃圾，应收集到现场封闭式垃圾站，并应及时清

运至有关部门指定的地点。对可循环使用的建筑垃圾，应加强回收利用，并应做好记录。

附录 A　作用在模板及支架上的荷载标准值

A.0.1 模板及支架自重标准值 G_{1k} 应根据模板施工图确定。对有梁楼板及无梁楼板的模板及支架的自重标准值 G_{1k} 可按表 A.0.1 采用。

表 A.0.1 模板及支架的自重标准值 G_{1k}（kN/m²）

项目名称	木模板	定型组合钢模板
无梁楼板的模板及小楞	0.30	0.50
有梁楼板模板（包含梁模板）	0.50	0.75
楼板模板及支架（楼层高度为4m以下）	0.75	1.10

A.0.2 新浇筑混凝土自重标准值 G_{2k} 可根据混凝土实际重力密度确定。对普通混凝土，重力密度可取 24kN/m³。

A.0.3 钢筋自重标准值 G_{3k} 应根据施工图确定。对一般梁板结构，楼板的钢筋自重可取 1.1kN/m³，梁的钢筋自重可取 1.5kN/m³。

A.0.4 采用内部振捣器时，新浇筑的混凝土作用于模板的最大侧压力标准值 G_{4k} 可按下列公式计算，并应取其中的较小值：

$$F = 0.43\gamma_c t_0 \beta V^{\frac{1}{4}} \qquad \text{（A.0.4-1）}$$

$$F = \gamma_c H \qquad \text{（A.0.4-2）}$$

式中：　F——新浇筑混凝土对模板的最大侧压力（kN/m²）；

γ_c——混凝土的重力密度（kN/m³）；

t_0——新浇混凝土的初凝时间（h），可按实测确定；当缺乏试验资料时可采用t_0＝200/（T+15）计算，T为混凝土的温度（℃）；

β——混凝土坍落度影响修正系数：当坍落度在 50mm~90mm 时，β 取 0.85；坍落度在 100mm~130mm 时，β 取 0.9；坍落度在 140mm~180mm 时，β 取 1.0；

V——混凝土浇筑高度（厚度）与浇筑时间的比值，即浇筑速度（m/h）；

H——混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度（m）；混凝土侧压力的计算分布图形如图A.0.4所示；图中 $h = F / \gamma_c$。

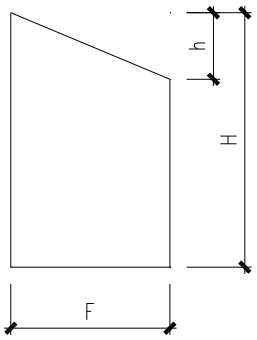


图 A.0.4　混凝土侧压力分布

h—有效压头高度；H— 模板内混凝土总高度；*F*—最大侧压力

A.0.5 作用在模板及支架上的施工人员及施工设备荷载标准值 Q_{1k}，可按实际情况计算，可取 3.0kN/m^2。

A.0.6 施工中的泵送混凝土、倾倒混凝土等未预见因素产生的水平荷载标准值 Q_{2k}，可取模板上混凝土和钢筋重量的 2%作为标准值，并应以线荷载形式作用在模板支架上端水平方向。

A.0.7 风荷载标准 Q_{3k} 可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的有关规定计算。

附录 B　常用钢筋的规格和力学性能

B.0.1 常用钢筋的性能应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1　　钢筋性能基本要求

牌号	公称直径范围（mm）	屈服强度（f_{yk}）不小于（N/mm^2）	抗拉强度（f_{stk}）不小于（N/mm^2）	断后伸长率（A）不小于（%）	最大力下总伸长率（A_{gt}）不小于（%）
HPB235	6～22	235	370	25.0	10.0
HPB300	6～22	300	420	25.0	10.0
HRB335 HRBF335	6~50	335	455	17.0	7.5
HRB400 HRBF400	6~50	400	540	16.0	7.5
HRB500 HRBF500	6~50	500	530	15.0	7.5
RRB400	8~40	400	600	14.0	5.0

注：1　断后伸长率 A 的量测标距为钢筋公称直径的 5 倍；

2　根据供需双方协议，伸长率可从 A 或 A_{gt} 中选定；如伸长率类型未经协议确定，则伸长率采用 A，仲裁试验时采用 A_{gt}；

3　牌号带“E”的HRB335E、HRBF335E、HRB400E、HRBF400E、HRB500E、HRBF500E钢筋的基本性能要求除与本表中不带“E”的钢筋牌号要求相同外，尚应符合本规范第 5.2.2 条的规定；

4　表中屈服强度的符号 f_{yk} 在相关钢筋产品标准中表达为 R_{eL}，抗拉强度的符号 f_{stk} 在相关钢筋产品标准中表达为 R_m。

B.0.2 低松弛光圆钢丝和螺旋肋钢丝的规格和力学性能应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2　　低松弛光圆钢丝和螺旋肋钢丝规格和力学性能

公称直径（mm）	直径允许偏差（mm）	公称截面积（mm^2）	每米参考重量（g/m）	抗拉强度 σ_b（MPa）	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$（MPa）	最大力下总伸长率 δ（%）	弯曲次数		应力松弛性能	
							次/180°	弯曲半径(mm)	初始应力相当于公称抗拉强度的（%）	1000h应力松弛率（%）不大于
				不小于						
5.00	±0.05	19.63	154	1670 1770 1860	1470 1560 1640	L_0≥200mm 3.5	4	15	60 70	1.0 2.5
6.00	±0.05	26.27	222	1570	1380		4	15		

7.00	±0.05	36.48	302	1670 1770	1470 1560		4	20	80	4.5

注：1　规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 值不小于公称抗拉强度 σ_b 的 88%；

2　钢丝弹性模量为（2.05±0.1）×10^5MPa。

B.0.3　1×7 低松弛钢绞线的规格和力学性能应符合表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3　　1×7 低松弛钢绞线规格和力学性能

公称直径（mm）	直径允许偏差（mm）	公称截面积（mm2）	每米参考重量（g/m）	抗拉强度 σ_b（MPa）	整根钢绞线最大力 F_m（kN）	规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$（kN）	最大力总伸长率 δ（%）	应力松弛性能	
				不小于				初始负荷相当于公称最大力的%	1000h应力松弛率（%）不大于
12.7	+0.40 -0.20	96.7	775	1720 1860 1960	170 184 193	153 166 174	L0≥500mm 3.5	60	1.0
15.2		140	1101	1720 1860 1960	241 260 274	217 234 247		70	2.5
15.7		150	1178	1770 1860	266 279	239 251		80	4.5
17.8		191	1500	1720 1860	327 353	294 318			

注：1 规定非比例延伸力 $F_{p0.2}$ 值不小于整根钢绞线公称最大力 F_m 的 90%；

2 钢绞线弹性模量为（1.95±0.1）×10^5MPa。

B.0.4 预应力混凝土用螺纹钢筋（精轧螺纹钢筋）规格和力学性能，应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4　　预应力混凝土用螺纹钢筋（精轧螺纹钢筋）规格和力学性能

公称直径（mm）	基圆截面积（mm2）	理论重量（kg/m）	级别	屈服点 $\sigma_{0.2}$（MPa）	抗拉强度 σ_b（MPa）	伸长率 δ_5（%）	冷弯 90°	应力松弛值 10h
				不小于				不大于
18 25 28 32	254.5 490.5 615.8 804.2	2.11 4.05 5.12 6.66	JL785 JL835 RL540	785 835 540	980 1035 835	7 7 10	*D*=7*d* *D*=7*d* *D*=5*d*	80% $\sigma_{0.1}$ 负荷 1.5%

注：1　*D*为弯心直径；*d*为钢筋公称直径；

2　RL540 级钢筋，*d*=32mm时，冷弯*D*=6*d*；

3　钢筋弹性模量为（1.95~2.05）×10^5MPa。

附录 C　常用钢筋的公称直径、公称截面面积、计算截面面积及理论重量

C.0.1 钢筋的计算截面面积及理论重量应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 钢筋的计算截面面积及理论重量

公称直径(mm)	不同根数钢筋的计算截面面积(mm^2)									单根钢筋理论重量(kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1527	1781	2036	2290	2.00
20	314.2	628	942	1256	1570	1884	2199	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87
50	1964	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42

C.0.2 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量

种类	公称直径(mm)	公称截面面积(mm^2)	理论重量(kg/m)
1×3	8.6	37.4	0.295
	10.8	59.3	0.465
	12.9	85.4	0.671
1×7 标准型	9.5	54.8	0.432
	11.1	74.2	0.580
	12.7	98.7	0.774
	15.2	139	1.101

C.0.3 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量应符合表 C.0.3 的规定

表 C.0.3 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量

公称直径(mm)	公称截面面积(mm^2)	理论重量(kg/m)
5.0	19.63	0.154
6.0	28.27	0.222
7.0	38.48	0.302
8.0	50.26	0.394
9.0	63.62	0.499

附录 D　纵向受力钢筋的最小搭接长度

D.0.1 当纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头面积百分率为 25%时，其最小搭接长度应符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1　纵向受拉钢筋的最小搭接长度

钢筋类型		混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
光面钢筋	235 级	37*d*	33 *d*	29 *d*	27 *d*	25 *d*	23 *d*	23 *d*	—	—
	300 级	49 *d*	41 *d*	37 *d*	35 *d*	31 *d*	29 *d*	29 *d*	—	—
带肋钢筋	335 级	47 *d*	41 *d*	37 *d*	33 *d*	31 *d*	29 *d*	27 *d*	27 *d*	25 *d*
	400 级	55 *d*	49 *d*	43 *d*	39 *d*	37 *d*	35 *d*	33 *d*	31 *d*	31 *d*
	500 级	67 *d*	59 *d*	53 *d*	47 *d*	43 *d*	41 *d*	39 *d*	39 *d*	37 *d*

注：两根直径不同钢筋的搭接长度，以较细钢筋的直径计算。

D.0.2 当纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率大于 25%，但不大于 50%时，其最小搭接长度应按本规范表 D.0.1 中的数值乘以系数 1.2 取用；当接头面积百分率大于 50%时，应按本规范表 D.0.1 中的数值乘以系数 1.35 取用。

D.0.3 纵向受拉钢筋的最小搭接长度根据本规范第 D.0.1～D.0.2 条确定后，可按下列规定进行修正：

1　当带肋钢筋的直径大于 25mm 时，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.1 取用；

2　对环氧树脂涂层的带肋钢筋，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.25 取用；

3　当在混凝土凝固过程中受力钢筋易受扰动时（如滑模施工），其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.1 取用；

4　对末端采用机械锚固措施的带肋钢筋，其最小搭接长度可按相可数值乘以系数 0.6 取用；

5　当带肋钢筋的混凝土保护层厚度大于搭接钢筋直径的 3 倍，且配有箍筋时，其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.8 取用；

6　对有抗震要求的受力钢筋的最小搭接长度，对一、二级抗震等级应按相

应数值乘以系数 1.15 采用；对三级抗震等级应按相应数值乘以系数 1.05 采用；

7 本条中第 4 款、第 5 款不应同时考虑。在任何情况下，受拉钢筋的搭接长度不应小于 300 mm。

D.0.4 纵向受压钢筋绑扎搭接时，其最小搭接长度应根据本规范第 D.0.1～D.0.3 条的规定确定相应数值后，乘以系数 0.7 取用。在任何情况下，受压钢筋的搭接长度不应小于 200mm。

附录 E　预应力筋张拉伸长值计算和量测方法

E.0.1 对一端张拉的单段曲线或直线预应力筋，其张拉伸长值可按下列公式计算：

$$\Delta l_{\mathrm{p}}^{\mathrm{c}}=\frac{\sigma_{\mathrm{pt}}\left[1+e^{-(\mu\theta+\kappa l)}\right]l}{2E_{\mathrm{p}}} \tag{E.0.1}$$

式中：$\Delta l_{\mathrm{p}}^{\mathrm{c}}$——预应力筋张拉伸长计算值(mm)；

l——预应力筋张拉端到固定端的计算长度（mm），可近似取预应力筋在纵轴上的投影长度；

θ——预应力筋曲线两端切线的夹角之和（rad）；

σ_{pt}——张拉控制应力扣除锚口预应力损失后的应力值（N/mm^2）；

E_{p}——预应力筋弹性模量（N/mm^2），可按材料供应商提供的参数取用；对重要工程，应根据实测数据确定；

μ——预应力筋与孔道壁之间的摩擦系数；

κ——考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦系数；

E.0.2 对多曲线段或直线段与曲线段组成的预应力筋，可根据扣除摩擦损失后的预应力筋有效应力分布，采用分段叠加法计算其张拉伸长值。

E.0.3 预应力筋的张拉伸长值应在建立初拉力后开始测量。实际张拉伸长值 ΔL 可按下列公式计算：

$$\Delta L=\Delta L_1+\Delta L_2-\Delta a-\Delta b-\Delta c \tag{E.0.3}$$

式中：ΔL_1——从初拉力至最大张拉力之间的实测伸长值(mm)；

ΔL_2——初拉力下的推算伸长值(mm)，可根据张拉力与伸长值成正比的关系确定（图 E.0.3）；

Δa——千斤顶体内的预应力筋张拉伸长值(mm)；

Δb——张拉过程中工具锚和固定端工作锚楔紧引起的预应力筋内缩值(mm)；

Δc——张拉阶段构件的弹性压缩值(mm)，对一般的后张法预应力构件 Δc 可不计。

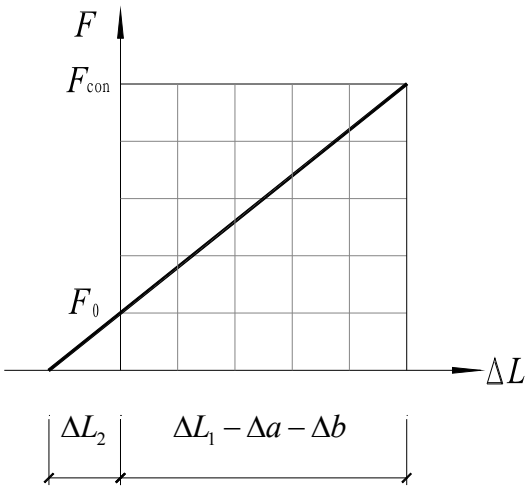


图 E.0.3　预应力筋张拉伸长值计算示意

附录 F　张拉阶段摩擦预应力损失测试方法

F.0.1 孔道摩擦损失可采用压力差法测试。现场测试的设备安装（图 F.0.1）应符合下列规定：

1　预应力筋末端的切线、工作锚、千斤顶、压力传感器及工具锚应对中；

2　预应力筋两端拉力可由压力传感器或与千斤顶配套的精密压力表测量；

3　预应力筋两端宜均安装千斤顶。当预应力筋的张拉伸长值超出千斤顶最大行程时，张拉端可串联安装两台千斤顶。

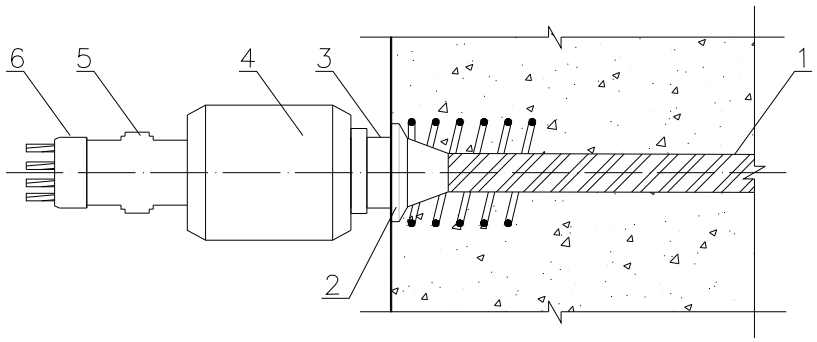


图 F.0.1　摩擦损失测试设备安装示意

1-预留孔道；2-锚垫板；3-工作锚（无夹片）；4-千斤顶；

5-压力传感器；6-工具锚（有夹片）

F.0.2 孔道摩擦损失的现场测试步骤应符合下列规定：

1　预应力筋两端的千斤顶应同时加载至初张拉力，初张拉力可取 $10\%F_{\mathrm{con}}$；

2　固定端千斤顶稳压后，往张拉端千斤顶供油，并应分级量测张拉力在 $0.5F_{\mathrm{con}}\sim1.0F_{\mathrm{con}}$ 范围内两端的压力值，分级不宜少于 3 级，每级持荷不宜少于 2min。

F.0.3 孔道摩擦系数可按下列规定计算确定：

1　孔道摩擦系数可取为各级张拉力相应摩擦系数的平均值；

2　孔道摩擦系数 μ 可按下式确定：

$$\mu=\frac{-\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)-kx}{\theta} \tag{F.0.3}$$

式中：P_1——张拉端的拉力（N）；

P_2——固定端的拉力（N）；

x——两端工具锚间预应力筋的总长度（m），可近似取预应力筋在纵轴上的投影长度；

θ——预应力筋曲线各段两端切线的夹角之和（rad），当端部区段预应力筋曲线有水平偏转时，尚应考虑端部曲线的附加空间弯转角；

κ——考虑孔道每米长度局部偏差的摩擦影响系数（1/m）；

μ——预应力筋与孔道壁之间的摩擦系数。

3　张拉端拉力应取为所测得的压力扣除锚口预拉力损失后的力值；固定端的拉力应取为所测得的压力加上锚口预拉力损失后的力值。

附录 G　混凝土原材料技术指标

G.0.1 通用硅酸盐水泥化学指标应符合表 G.0.1 的规定。

表 G.0.1 通用硅酸盐水泥化学指标（%）

品种	代号	不溶物（质量分数）	烧失量（质量分数）	三氧化硫（质量分数）	氧化镁（质量分数）	氯离子（质量分数）
硅酸盐水泥	P·Ⅰ	≤0.75	≤3.0	≤3.5	≤5.0	≤0.06
	P·Ⅱ	≤1.50	≤3.5			
普通硅酸盐水泥	P·O	—	≤5.0			
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	—	—	≤4.0	≤6.0	
	P·S·B	—	—		-	
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	—	—	≤3.5	≤6.0	
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	—	—			
复合硅酸盐水泥	P·C	—	—			

注：1 如果硅酸盐水泥压蒸试验合格，则其氧化镁的含量（质量分数）可放宽至6.0%；

2 如果A型矿渣硅酸盐水泥（P·S·A）、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥中氧化镁的含量（质量分数）大于6.0%时，应进行水泥压蒸安定性试验并合格；

3 对氯离子含量有更低要求时，该指标由供需双方协商确定。

G.0.2 粗骨料的颗粒级配范围应符合表 G.0.2 的规定。

表 G.0.2 粗骨料的颗粒级配范围

级配情况	公称粒级（mm）	累计筛余，按质量（%）											
		方孔筛筛孔边长尺寸（mm）											
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53	63	75	90
连续粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—	—	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0	—	—	—	—	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—	—	—	—	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0	—	—	—	—

	5~40	—	95~100	70~90	—	30~65	—	—	0~5	0	—	—	—
单粒级	10~20	—	95~100	85~100	—	0~15	0	—	—	—	—	—	—
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—	0~10	0	—	—	—	—
	20~40	—	—	95~100	—	80~100	—	—	0~10	0	—	—	—
	31.5~63	—	—	—	95~100	—	—	75~100	45~75	—	0~10	0	—
	40~80	—	—	—	—	95~100	—	—	70~100	—	30~60	0~10	0

G.0.3 细骨料的分区及级配范围应符合表 G.0.3 的规定。

表 G.0.3 细骨料的分区及级配范围

方孔筛筛孔尺寸	级　　配　　区		
	Ⅰ区	Ⅱ区	Ⅲ区
	累　计　筛　余（%）		
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10～0	10～0	10～0
2.36mm	35～5	25～0	15～0
1.18mm	65～35	50～10	25～0
600μm	85～71	70～41	40～16
300μm	95～80	92～70	85～55
150μm	100～90	100～90	100～90

注：除 4.75mm、600μm、150μm 筛孔外，其余各筛孔累计筛余可超出分界线，但其总量不得大于 5%。

G.0.4 粗骨料中针、片状颗粒含量应符合表 G.0.4 的规定。

表 G.0.4 粗骨料中针、片状颗粒含量(%)

混凝土强度等级	C60 及以上	C55～C30	C25 及以下
针片状颗粒含量（按质量计）	≤8	≤15	≤25

G.0.5 粗骨料的含泥量和泥块含量应符合表 G.0.5 的规定。

表 G.0.5 粗骨料的含泥量和泥块含量（%）

混凝土强度等级	≥C60	C55～C30	≤C25
含泥量（按质量计）	≤0.5	≤1.0	≤2.0

泥块含量（按质量计）	≤0.2	≤0.5	≤0.7

G.0.6 粗骨料的压碎指标值应符合表 G.0.6 的规定。

表 G.0.6 粗骨料的压碎指标值（%）

粗骨料种类	岩石品种	混凝土强度等级	压碎指标值
碎石	沉积岩	C60～C40	≤10
		C35 及以下	≤16
	变质岩或深成的火成岩	C60～C40	≤12
		C35 及以下	≤20
	喷出的火成岩	C60～C40	≤13
		C35 及以下	≤30
卵石、碎卵石	——	C60～C40	≤12
		C35 及以下	≤16

G.0.7 细骨料的含泥量和泥块含量应符合表 G.0.7 的规定。

表 G.0.7 细骨料的含泥量和泥块含量（%）

混凝土强度等级	≥C60	C55～C30	≤C25
含泥量（按质量计）	≤2.0	≤3.0	≤5.0
泥块含量（按质量计）	≤0.5	≤1.0	≤2.0

G.0.8 粉煤灰应符合表 G.0.8 的规定

表 G.0.8 粉煤灰技术要求

项　　目		技术要求		
		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
细度（45μm 方孔筛筛余）	F 类粉煤灰	≤12.0%	≤25.0%	≤45.0%
	C 类粉煤灰			
需水量比	F 类粉煤灰	≤95%	≤105%	≤115%
	C 类粉煤灰			
烧失量	F 类粉煤灰	≤5.0%	≤8.0%	≤15.0%
	C 类粉煤灰			
含水量	F 类粉煤灰	≤1.0%		
	C 类粉煤灰			
三氧化硫	F 类粉煤灰	≤3.0%		

	C 类粉煤灰	
游离氧化钙	F 类粉煤灰	≤1.0%
	C 类粉煤灰	≤4.0%
安定性（雷氏夹沸煮后增加距离）（mm）	C 类粉煤灰	≤5mm

G.0.9 矿渣粉应符合表 G.0.9 的规定。

表 G.0.9 矿渣粉技术要求

项　　目		技术要求		
		S105	S95	S75
密度(g/cm^3)		≥2.8		
比表面积(m^2/kg)		≥500	≥400	≥300
活性指数	7d	≥95%	≥75%	≥55%
	28d	≥105%	≥95%	≥75%
流动度比		≥95%		
烧失量		≤3.0%		
含水量		≤1.0%		
三氧化硫		≤4.0%		
氯离子		≤0.06%		

G.0.10 硅灰应符合表 G.0.10 的规定。

表 G.0.10 硅灰技术要求

项　　目		技术要求
比表面积		≥ 15000
SiO_2含量		≥85%
烧失量		≤6%
Cl^-含量		≤0.02%
需水量比		≤125%
含水率		≤3.0%
活性指数	28d	≥85%

G.0.11 沸石粉应符合表 G.0.11 的规定。

表 G.0.11 沸石粉技术要求

项　　目	技术要求		
	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
吸按值 （mmol/100g ）	≥130	≥100	≥90
细度(80μm 方孔水筛筛余)	≤4%	≤10%	≤15%
需水量比	≤125%	≤120%	≤120%
28 天抗压强度比	≥75%	≥70%	≥62%

G.0.12 常用外加剂性能指标应符合表 G.0.12 的规定。

表 G.0.12 常用外加剂性能指标

项　目		外　加　剂　品　种												
		高性能减水剂			高效减水剂			普通减水剂		引气减水剂	泵送剂	早强剂	缓凝剂	引气剂
		早强型	标准型	缓凝型	标准型	缓凝型	早强型	标准型	缓凝型					
减水率(%)		≥25	≥25	≥25	≥14	≥14	≥8	≥8	≥8	≥10	≥12	—	—	≥6%
泌水率(%)		≤50	≤60	≤70	≤90	≤100	≤95	≤100	≤100	≤70	≤70	≤100	≤100	≤70
含气量(%)		≤6.0	≤6.0	≤6.0	≤3.0	≤4.5	≤4.0	≤4.0	≤5.5	≥3.0	≤5.5	—	—	≥3.0
凝结时间之差(min)	初凝	-90 ~+90	-90 ~+120	>+90 —	–90 ~+120	>+90 —	–90 ~+90	–90 ~+120	>+90 —	–90 ~+120	—	–90 ~+90 —	>+90 —	–90 ~+120
	终凝													
1h 经时变化量	坍落度（mm）	—	≤80	≤60	—	—	—	—	—	—	≤80	—	—	—
	含气量(%)	—	—	—						-1.5~+1.5	—			-1.5~+1.5
抗压强度比(%)	1d	≥180	≥170	—	≥140	—	≥135	—	—	—	—	≥135	—	—
	3d	≥170	≥160	—	≥130	—	≥130	≥115	—	≥115	—	≥130	—	≥95
	7d	≥145	≥150	≥140	≥125	≥125	≥110	≥115	≥110	≥110	≥115	≥110	≥100	≥95
	28d	≥130	≥140	≥130	≥120	≥120	≥100	≥110	≥110	≥100	≥110	≥100	≥100	≥90
收缩率比(%)	28d	≤110	≤110	≤110	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135
相对耐久性（200 次）(%)		—	—	—	—	—	—	—	—	≥80	—	—	—	≥80

注：1　除含气量和相对耐久性外，表中所列数据为掺外加剂混凝土与基准混凝土的差值或比值；

2　凝结时间之差性能指标中的“–”号表示提前，“+”号表示延缓；

3　相对耐久性（200 次）性能指标中的“≥80"表示将 28d 龄期的受检混凝土试件快速冻融循环 200 次后，动弹性模量保留值≥80％；

4　1小时含气量经时变化量指标中的“–”号表示含气量增加，“+”号表示含气量减少；

5　其他品种的外加剂是否需要测定相对耐久性指标，由供、需双方协商确定；

6　当用户对泵送剂等产品有特殊要求时，需要进行的补充试验项目、试验方法及指标，由供需双方协商决定。

G.0.13 混凝土拌合用水水质应符合表 G.0.13 的规定。

表 G.0.13 混凝土拌合用水水质要求

项　　目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	≥5.0	≥4.5	≥4.5
不溶物（mg/L）	≤2000	≤2000	≤5000
可溶物（mg/L）	≤2000	≤5000	≤10000
氯化物（以 Cl^-计，mg/L）	≤500	≤1000	≤3500
硫酸盐（以 SO_4^{2-}计，mg/L）	≤600	≤2000	≤2700
碱含量（以当量 Na_2O 计，mg/L）	≤1500	≤1500	≤1500

附录 H　大体积混凝土水化热温度计算

H.0.1　混凝土最大绝热升值可按下式计算：

$$T_r = \frac{WQ}{c\rho} \tag{H.0.1}$$

式中：T_r——混凝土最大绝热温升值（℃）；

W——每立方米混凝土中的胶凝材料用量（kg/ m^3）；

Q——胶凝材料水化热总量，可按国家标准《大体积混凝土施工规范》GB50496 第 B.1 节进行计算（kJ/kg）；

c ——混凝土的比热容，可取（0.92~1.0）kJ/(kg・K)；

ρ ——混凝土的质量密度，可取 2400kg/m^3~2500kg/m^3。

H.0.2　混凝土的出机温度可按下式计算：

$$T_0 = \frac{\sum c_i W_i Y_i}{\sum c_i W_i} \tag{H.0.2}$$

式中：T_0——混凝土的出机温度（℃）；

W_i——分别为每 m^3 混凝土中水泥、各种矿物外加剂、砂、石、水的实际干重量（kg/ m^3）；对砂、石应按含水量扣除水进行计算，并将其中所含的水按水的比热容进行计算；

T_i——分别为水泥、各种矿物外加剂、砂、石、水的入罐温度（℃）；

C_i——分别为水泥、各种矿物外加剂、砂、石、水的比热容[kJ/(kg・K)]；对水泥、各种矿物外加剂、砂、石可取 0.9 kJ/(kg・K)，水的比热容可取 4.2 kJ/(kg・K)。

H.0.3　混凝土的浇筑温度可按下式估算：

$$T_j = T_0 + T_0' \tag{H.0.3}$$

式中：T_j——混凝土的浇筑温度（℃）；

T_0'——混凝土运输、泵送、浇筑时段的温度补偿值（℃）；当运输、泵送、浇筑所用全部时间在 1h 以内时，日平均气温低于 15℃取 T_0' = 0，日平均气温在 15℃~25℃之间取 T_0' = 1℃，日平均气温高于 25℃取

$T_0' = 2$℃。

H.0.4 混凝土内部最高温度，可按下式估算：

$$T_{\max} = T_j + \xi \cdot T_r \qquad \text{（H.0.4）}$$

式中：$T_{\max}$——混凝土内部最高温度（℃）；

ζ——与水化热龄期、结构厚度、浇筑温度等有关的系数：混凝土内部温度达到最高值时，可取 ζ = 0.60~0.72，结构厚度较小、浇筑温度较低时取小值，结构厚度较大、浇筑温度较高时取大值。

附录 J　混凝土拌合物温度估算

J.0.1 高温施工混凝土加冰拌合时，混凝土拌合物出机温度可按下式进行估算：

$$T=\frac{0.22(T_{\mathrm{g}}W_{\mathrm{g}}+T_{\mathrm{s}}W_{\mathrm{s}}+T_{\mathrm{c}}W_{\mathrm{c}}+T_{\mathrm{m}}W_{\mathrm{m}})+T_{\mathrm{w}}W_{\mathrm{w}}+T_{\mathrm{g}}W_{\mathrm{wg}}+T_{\mathrm{s}}W_{\mathrm{ws}}-79.6W_{\mathrm{i}}}{0.22(W_{\mathrm{g}}+W_{\mathrm{s}}+W_{\mathrm{c}}+W_{\mathrm{m}})+W_{\mathrm{w}}+W_{\mathrm{wg}}+W_{\mathrm{ws}}+W_{\mathrm{i}}} \qquad \text{(J.0.1)}$$

式中：T_g、T_s——粗骨料、细骨料入机温度（℃）；

T_c、T_m——水泥、掺合料（粉煤灰、矿粉等）入机温度（℃）；

T_w——正常搅拌水温度（℃）；

W_g、W_s——粗骨料、细骨料干重量（kg）；

W_c、W_m——水泥、掺合料（粉煤灰、矿粉等）重量（kg）；

W_w、W_i——搅拌水、冰重量（kg）；

W_{wg}、W_{ws}——粗骨料、细骨料中所含水重量（kg）。

注：骨料中所含水的温度与骨料的温度相同。

J.0.2 高温施工混凝土不加冰拌合时，混凝土拌合物出机温度可按下式进行估算：

$$T=\frac{0.22(T_{\mathrm{g}}W_{\mathrm{g}}+T_{\mathrm{s}}W_{\mathrm{s}}+T_{\mathrm{c}}W_{\mathrm{c}}+T_{\mathrm{m}}W_{\mathrm{m}})+T_{\mathrm{w}}W_{\mathrm{w}}+\mathrm{Tg}W_{\mathrm{wg}}+T_{\mathrm{s}}W_{\mathrm{ws}}}{0.22(W_{\mathrm{g}}+W_{\mathrm{s}}+W_{\mathrm{c}}+W_{\mathrm{m}})+W_{\mathrm{w}}+W_{\mathrm{wg}}+W_{\mathrm{ws}}} \qquad \textbf{(J.0.2)}$$

附录 K　混凝土水分蒸发速率估算

K.0.1 混凝土水分蒸发速率可用下式进行估算：

$$E = 5\left[\left(T_b + 18\right)^{2.5} - r\left(T_a + 18\right)^{2.5}\right]\left(V + 4\right)\times 10^{-6} \qquad \text{（K.0.1）}$$

式中：E——水的蒸发速率[kg/（m^2·h）]；

r——混凝土水分蒸发面以上 1.5m 高度处测得大气相对湿度（%）；

T_a——混凝土水分蒸发面以上 1.5m 高度处测得大气温度（℃）；

T_b——混凝土（湿）表面温度（℃）；

V——混凝土水分蒸发面以上 0.5m 高度处测得水平风速（km/h）。

本规范用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，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，在条件允许时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范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 《建筑地基基础设计规范》GB50007

2 《建筑结构荷载规范》GB50009

3 《混凝土结构设计规范》GB 50010

4 《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T50080

5 《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119

6 《混凝土质量控制标准》GB 50164

7 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204

8 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476

9 《混凝土搅拌机》GB /T 9142

10 《混凝土搅拌站(楼)技术条件》GB10172

11 《建筑施工场界噪声限值》GB12523

12 《预拌混凝土》GB14902

13 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18

14 《混凝土用水标准》JGJ63

15 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104

16 《钢筋机械连接通用技术规程》JGJ 107

17 《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》JGJ128

18 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130

19 《海砂混凝土应用技术规范》JGJ206