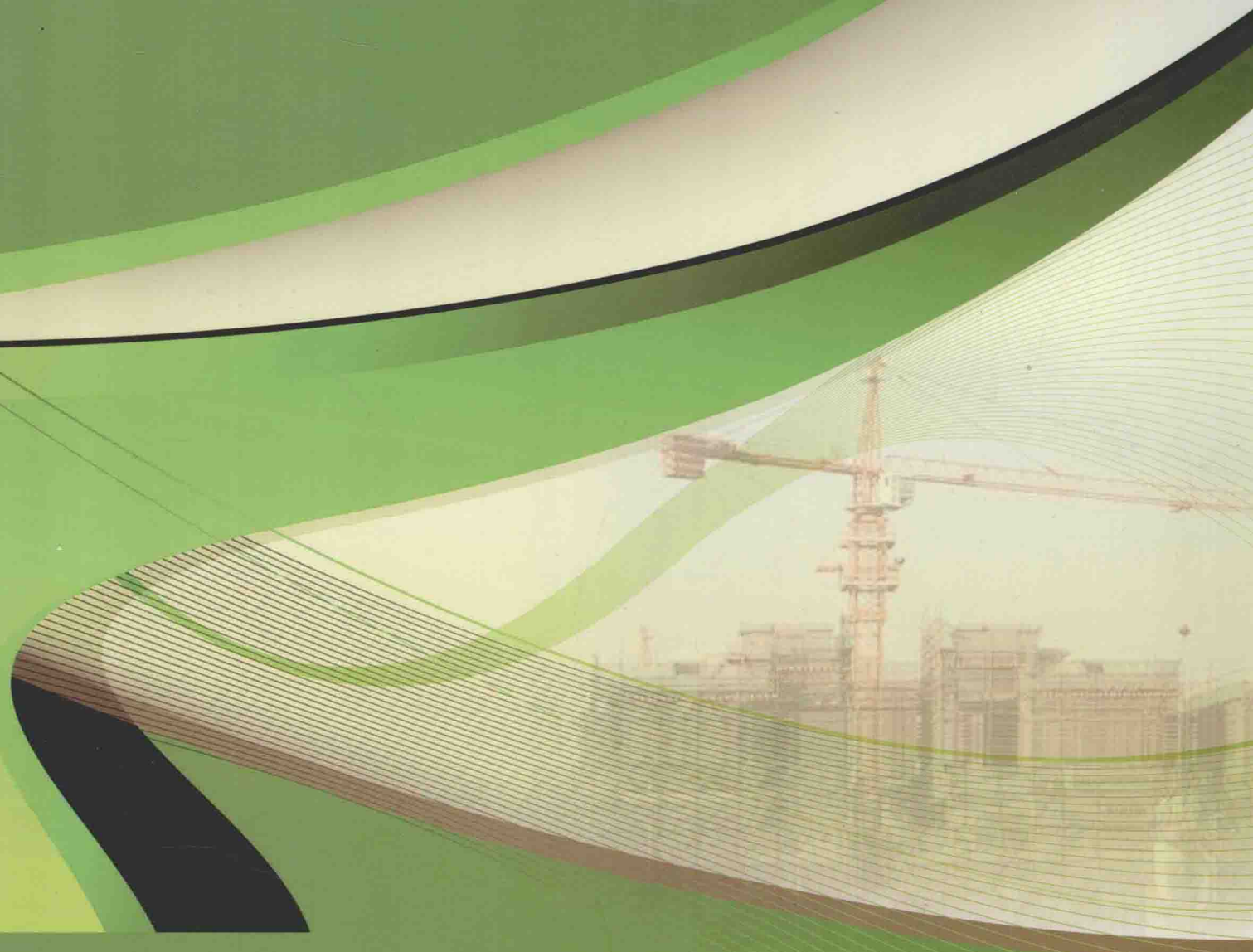




混凝土结构工程施工手册

(按最新规范编写)

杨嗣信 主 编
高玉亭 程 峰 侯君伟 吴 琰 副主编

中国建筑工业出版社

混凝土结构工程施工手册

(按最新规范编写)

杨嗣信 主 编

高玉亭 程 峰 侯君伟 吴 璘 副主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构工程施工手册/杨嗣信主编, —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-112-15901-7

I. ①混… II. ①杨… III. ①混凝土结构-混凝土施工-技术手册 IV. ①TU755-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 225276 号

《混凝土结构工程施工手册》共分为 7 章, 主要内容包括: 1. 概述, 2. 模板工程, 3. 钢筋工程, 4. 预应力工程, 5. 现浇混凝土结构工程, 6. 装配式结构工程, 7. 施工管理与环境保护。本手册编写的内容为工业与民用建筑和构筑物混凝土结构工程施工内容, 不包括轻骨料混凝土、特殊混凝土 (为膨胀、耐酸碱、耐油、耐热、防辐射等混凝土) 以及水工结构等混凝土内容。

近十年来我国混凝土施工技术有了较快的发展, 随着混凝土强度等级的不断提高、钢筋混凝土结构和钢-混凝土混合结构的发展, 以及建筑高度迅速增长等, 对混凝土的施工技术提出了新的要求, 在施工方面随着建筑工业化的发展, 专业化、机械化、工厂化水平也得到了迅速提高。本书为了配合贯彻《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 的实施, 对近年来发展较快的施工技术内容作了大量的详细介绍, 是建筑施工技术人员的好参谋、好助手。

本书可供建筑工程施工技术人员、管理人员使用, 也可供大专院校相关专业师生参考。

* * *

责任编辑: 郇锁林 郭雪芳

责任设计: 张 虹

责任校对: 肖 剑 陈晶晶

混凝土结构工程施工手册

(按最新规范编写)

杨嗣信 主 编

高玉亭 程 峰 侯君伟 吴 璉 副主编

*

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

环球印刷 (北京) 有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 48½ 字数: 1370 千字

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月第一次印刷

定价: 118.00 元

ISBN 978-7-112-15901-7

(24667)

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)



混凝土结构工程施工手册

编写人员

组织编写单位：北京双圆工程咨询监理有限公司

主 编：杨嗣信

副主编：高玉亭 程 峰 侯君伟 吴 璘

参 编 人 员

- | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. 概述 | 杨嗣信 | | | | |
| 2. 模板工程 | 赵玉章 | 王国卿 | 侯君伟 | 毛凤林 | 胡裕新 |
| 3. 钢筋工程 | 侯君伟 | | | | |
| 4. 预应力工程 | 王 丰 | 周黎光 | 徐 刚 | 张开臣 | 李 铭 |
| | 吕李青 | 张 喆 | 张立森 | 苏 浩 | 高晋栋 |
| 5. 现浇混凝土结构工程 | 艾永祥 | 王亚冬 | | | |
| 6. 装配式结构工程 | 李晨光 | 朱文键 | 李 浩 | 杨 卉 | |
| | 杨 洁 | 李晓光 | | | |
| 7. 施工管理与环境保护 | 侯君伟 | | | | |

其他参加编写的人员（按姓氏笔画排序）：

于益生	马 迅	马 锴	王 远	王书成	邓克斌
刘 东	刘 扬	刘文航	刘永忠	关伯卿	安 民
寿建绍	李 佳	李 峥	李克锐	杨 暄	吴大为
狄 超	汪学军	张 婷	张新军	赵碧华	娄晞欣
郭 珺	郭劲光	陶利兵	曹 力	潜宇维	

前 言

混凝土是土木建筑工程重要的结构材料，有关混凝土结构工程施工的国家标准是我国建筑行业规范施工、保证工程质量的重要依据。《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 的公布实施结束了我国近十年来只有验收标准缺少技术规范的现状，为在混凝土结构施工中贯彻国家技术经济政策，采用先进技术和合理工艺，节约资源，保证工程质量，保护环境制订了标准。为了配合贯彻《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 从 2012 年 8 月 1 日起实施，特此组织编写了本手册。

本手册编写的内容为工业与民用建筑和构筑物混凝土结构工程施工内容，不包括轻骨料混凝土、特殊混凝土（为膨胀、耐酸碱、耐油、耐热、防辐射等混凝土）以及水工结构等混凝土内容。

本手册内容包括：1. 概述，2. 模板工程，3. 钢筋工程，4. 预应力工程，5. 现浇混凝土结构工程，6. 装配式结构工程，7. 施工管理与环境保护。

本手册于 2012 年 6 月开始筹划并组织人员进行编写，由于时间紧迫及编写人员水平所限，难免存在挂一漏万之误，望广大读者批评指正。

目 录

1 概述	1
1.1 混凝土技术	1
1.2 钢筋与模板工程技术	2
1.3 装配式结构工程技术	3
2 模板工程	4
2.1 模板制作和安装基本要求	4
2.1.1 一般规定	4
2.1.2 材料	4
2.1.3 制作与安装	4
2.1.4 拆除与维护	5
2.1.5 质量要求	6
2.2 组合式模板	8
2.2.1 全钢组合模板	8
2.2.2 钢框胶合板模板	10
2.2.3 钢管脚手支架	13
2.2.4 梁板模板早拆技术	15
2.2.5 组合式模板施工要点	17
2.3 工具式模板	26
2.3.1 大模板	26
2.3.2 爬升模板	66
2.3.3 滑动模板	98
2.3.4 柱模板	189
2.3.5 飞(台)模	196
2.3.6 密肋楼板模壳	226
2.3.7 脱模剂选用	234
2.4 永久性模板	235
2.4.1 压型钢板模板	235
2.4.2 钢筋桁架楼承板(Truss Deck)模板	245
2.4.3 钢筋混凝土薄板模板	251
2.5 胶合板木模板	263
2.5.1 胶合板模板	264
2.5.2 木模板	273
2.6 现浇混凝土结构整体模板设计	299
2.6.1 模板设计的内容和主要原则	299
2.6.2 模架材料及其性能	299
2.6.3 模板设计取值	304

2.6.4	竖向构件模板设计	310
2.6.5	楼梯模板设计计算	322
2.6.6	水平构件模板设计计算	336
2.6.7	与模架设计计算相关的几个问题	357
	附录	359
	参考文献	366
3	钢筋工程	368
3.1	材料	368
3.1.1	基本规定	368
3.1.2	混凝土结构工程常用普通钢筋	368
3.1.3	钢筋性能及质量检验与保管	377
3.2	钢筋配置	385
3.2.1	钢筋代换	385
3.2.2	钢筋下料长度计算要点	388
3.3	钢筋（施工现场）加工	400
3.3.1	基本要求	400
3.3.2	钢筋除锈和调直	402
3.3.3	钢筋切断和弯曲、成型	404
3.4	钢筋连接	411
3.4.1	基本要求	411
3.4.2	钢筋焊接技术	411
3.4.3	粗直径钢筋机械连接	451
3.5	钢筋安装	488
3.5.1	基本规定	488
3.5.2	钢筋焊接接头或机械连接接头布置	489
3.5.3	钢筋绑扎搭接接头布置	489
3.5.4	纵筋和箍筋位置的设置	493
3.5.5	钢筋间隔件的应用	493
3.5.6	钢筋安装质量要求	501
3.6	钢筋焊接网应用技术	501
3.6.1	钢筋焊接网的特点	501
3.6.2	钢筋焊接网混凝土结构应用	502
3.7	钢筋工程冬期焊接施工	511
3.7.1	基本要求	511
3.7.2	闪光对焊工艺要点	511
3.7.3	电弧焊工艺要点	512
3.7.4	电渣压力焊工艺要点	512
3.7.5	气压焊工艺要点	513
3.8	混凝土结构成型钢筋制品加工要求	513
3.8.1	定义和产品标记	513
3.8.2	制品加工要求	514
3.8.3	制品试验、检验要求	517

3.8.4 制品贮运要求	518
附录	518
参考文献	541
4 预应力工程	542
4.1 一般规定	542
4.2 预应力材料	542
4.2.1 预应力筋品种与规格	542
4.2.2 预应力筋性能	553
4.2.3 涂层与二次加工预应力筋	555
4.2.4 质量检验	558
4.2.5 预应力筋存放	560
4.2.6 其他材料	560
4.3 预应力锚固体体系	566
4.3.1 性能要求	566
4.3.2 钢绞线锚固体体系	568
4.3.3 钢丝束锚固体体系	574
4.3.4 螺纹钢筋锚固体体系	575
4.3.5 拉索锚固体体系	577
4.3.6 质量检验	580
4.4 张拉设备及配套机具	582
4.4.1 液压张拉设备	582
4.4.2 油泵	588
4.4.3 张拉设备标定与张拉空间要求	593
4.4.4 配套机具	595
4.5 预应力混凝土施工计算	597
4.5.1 预应力筋线形	597
4.5.2 预应力筋下料长度	599
4.5.3 预应力筋张拉力	600
4.5.4 预应力损失	601
4.5.5 预应力筋张拉伸长值	606
4.5.6 计算示例	607
4.5.7 施工构造	610
4.6 预应力混凝土后张法施工	613
4.6.1 后张有粘结预应力施工	613
4.6.2 后张无粘结预应力施工	630
4.6.3 后张缓粘结预应力施工	637
4.6.4 后张预制构件	638
4.6.5 体外预应力	642
4.7 预应力混凝土先张法施工	648
4.7.1 台座	648
4.7.2 一般先张法工艺	652
4.7.3 折线张拉工艺	656

4.7.4	先张预制构件	658
4.8	预应力高耸结构施工	665
4.8.1	预应力混凝土高耸结构	665
4.8.2	预应力高耸结构施工	667
4.8.3	预应力混凝土超长结构	670
4.8.4	预应力结构的开洞及加固	671
	参考文献	674
5	现浇混凝土结构工程	675
5.1	材料	675
5.1.1	水泥	675
5.1.2	砂和石子	676
5.1.3	水	677
5.1.4	外加剂	678
5.1.5	掺合料	682
5.2	混凝土配合比设计	683
5.2.1	混凝土配合比设计原则	683
5.2.2	普通混凝土配合比设计	684
5.2.3	抗渗混凝土配合比设计	691
5.2.4	抗冻混凝土配合比设计	691
5.2.5	高强混凝土配合比设计 (强度等级不低于 C60)	692
5.2.6	泵送混凝土配合比设计	692
5.2.7	大体积混凝土配合比设计	694
5.3	混凝土搅拌、运输	694
5.3.1	混凝土搅拌	694
5.3.2	混凝土运输	695
5.3.3	混凝土泵送	696
5.4	混凝土浇筑及养护	703
5.4.1	混凝土浇筑	703
5.4.2	混凝土养护	707
5.5	混凝土季节性施工	708
5.5.1	混凝土冬期施工	708
5.5.2	混凝土雨季施工	715
5.5.3	混凝土高温施工	716
5.6	混凝土施工质量控制与检验	717
5.6.1	质量检查	717
5.6.2	混凝土缺陷修整	718
5.7	大体积混凝土施工	719
5.7.1	控制大体积混凝土裂缝的技术措施	719
5.7.2	大体积混凝土的温度控制及测温	721
5.7.3	大体积混凝土裂缝控制的计算	723
5.7.4	工程实例——大体积混凝土施工裂缝控制	725
5.8	自密实混凝土及施工	728

5.8.1	自密实混凝土原材料要求	728
5.8.2	自密实混凝土性能等级的确定	728
5.8.3	自密实混凝土配合比设计	729
5.8.4	自密实混凝土浇筑及养护要点	730
5.9	清水混凝土及施工	730
5.9.1	清水混凝土分类	730
5.9.2	清水混凝土模板设计	730
5.9.3	清水混凝土的配制、浇筑与养护	731
5.9.4	清水混凝土表面孔眼和缺陷修复	732
5.9.5	工程实例	733
5.10	型钢混凝土施工	734
5.10.1	型钢混凝土原材料要求	734
5.10.2	型钢混凝土浇筑与养护	734
5.11	钢管混凝土施工	736
5.11.1	材料要求	736
5.11.2	管内混凝土浇筑方法	736
5.11.3	工程实例	737
	参考文献	738
6	装配式结构工程	739
6.1	专项方案与深化设计	740
6.1.1	专项方案	740
6.1.2	深化设计	740
6.2	施工验算	740
6.2.1	验算工况和荷载取值	741
6.2.2	《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 施工验算要求	741
6.2.3	预制构件验算	742
6.2.4	临时支撑验算	743
6.2.5	预埋吊件验算	743
6.3	构件制作	744
6.3.1	构件制作准备	744
6.3.2	构件制作工艺要求	744
6.4	运输与存放	746
6.4.1	运输	746
6.4.2	存放	747
6.4.3	墙板的运输和存放	747
6.4.4	屋架的运输和存放	747
6.5	安装与连接	748
6.5.1	施工组织	748
6.5.2	安装准备	748
6.5.3	吊具准备	748
6.5.4	支座条件	748
6.5.5	构件安装	748

6.5.6 构件连接	749
6.5.7 成品保护	750
6.6 施工质量检查	750
6.7 质量验收	751
6.7.1 一般规定	751
6.7.2 预制构件安装	751
6.7.3 文件与记录	754
6.8 工程实例	755
6.8.1 假日风景项目	755
6.8.2 长阳半岛工业化住宅项目	760
参考文献	764
7 施工管理与环境保护	765
7.1 一般规定	765
7.2 资源节约	765
7.3 环境保护	765
7.3.1 扬尘污染控制	765
7.3.2 光污染控制	766
7.3.3 有害气体排放控制	766
7.3.4 水土污染控制	766
7.3.5 施工废弃物控制	766
7.3.6 噪声污染控制	766

1 概 述

中华人民共和国国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 已于 2011 年 7 月 29 日发布,从 2012 年 8 月 1 日开始实施。规范总结了近年来我国混凝土结构工程施工的实践经验 and 科技成果,参考应用了有关国外先进标准,经过广泛征求意见,反复讨论最后定稿,是一部结合实际,具有先进性和操作性的好规范。

本书为了配合贯彻新规范而编写的,近十年来我国混凝土施工技术有了较快的发展,随着混凝土强度等级的不断提高、钢筋混凝土结构和钢-混凝土混合结构的发展,以及建筑高度迅速增长等,对混凝土的施工技术提出了新的要求,在施工方面随着建筑工业化的发展,专业化、机械化、工厂化水平也得到了迅速提高。

1.1 混 凝 土 技 术

首先是在混凝土配合比方面,近十年来有着很大的变化,每立方米混凝土的水泥用量明显减少,大力推广了较大掺量的粉煤灰和掺磨细矿渣粉等矿物掺合料的技术,大大节约了水泥和能源,并且有利于控制混凝土裂缝。不少超高层建筑基础底板 C40 混凝土水泥用量仅为 $230\text{kg}/\text{m}^3$,粉煤灰用量达 $190\text{kg}/\text{m}^3$,水胶比为 0.39,后期强度(60d)达 C50 以上。如深圳平安金融中心屋顶高度为 597m(建成后将作为国内第一高楼),底板混凝土厚 4.5m,混凝土强度等级 C40(采用 60d 强度作为验收依据),坍落度 $(180\pm 20)\text{mm}$,混凝土总量为 312 万 m^3 ,其中配合比水泥(P·O42.5 水泥)用量为 $220\text{kg}/\text{m}^3$;粉煤灰用量为 $180\text{kg}/\text{m}^3$;又如北京国贸中心三期(高 330m)A 段底板 C45 混凝土水泥(P·O42.5)用量仅为 $230\text{kg}/\text{m}^3$,粉煤灰用量为 $190\text{kg}/\text{m}^3$ 。还有不少工程如天津嘉里中心、沈阳恒隆市府广场(办公楼 1 座)等超高层建筑的基础混凝土底板 C40 混凝土的水泥用量均在 $250\text{kg}/\text{m}^3$ 左右。所以,大掺量粉煤灰的应用使单方混凝土的水泥用量有较大幅度的降低,是近十年来在混凝土施工领域中的一项重大突破。

其次是在混凝土施工工艺方面也有了显著的变化,商品混凝土已从大城市发展到了中、小城市,尤其在北京、上海等城市基本上消灭了现场搅拌。随着集中搅拌的发展,混凝土达不到强度等级的事故也大幅度地减少,劳动效率和工程进度大大加快。由于高层和超高层建筑的迅速发展,泵送混凝土技术大大提高,目前泵送混凝土一次泵送高度已达 400m 左右,正在向 500m 高度进军,泵送混凝土已得到了普遍推广应用,大大加快了混凝土施工速度,减轻了塔式起重机的负担,提高了劳动效率,加快了整体工程进度。对现场文明施工、绿色施工都起到了较显著的作用。

关于混凝土伸缩缝的处理问题,从 20 世纪 80 年代开始实施“后浇带”(指伸缩缝后浇带)以来,给施工造成了很大困难,近十年来采用了“分仓法施工”,取消了后浇带,这对混凝土施工是一项重大的突破,《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 也专门提出这项新工艺。其实这项技术在上海宝钢三四十多年前已采用,但未能得到推广;北京从 2000 年以来才大力推广应用,先后在梅兰芳剧场、蓝色港湾等工程中应用,效果显著。如蓝色港湾工程长宽都超 150m 的基础底板,分成了十几个仓位,采用“分仓法”施工,经过半年多时间观察未发现裂缝。“分仓法施工”目前在北京已经较普遍地推广应用。取消“后浇带”对施工非常有利,可消除后浇带部位长期不能拆模的隐患,并可以加快施工进度和模板周转,减少许多管理上的麻烦。最近中

建一局集团建设发展有限公司和清华大学共同研发了《超高层建筑大体积混凝土底板连续无缝施工技术》科研课题，他们从混凝土配合比下手，在低热、低收缩、低钙、高工作性和高抗裂性方面进行研究，经过足尺模型试验与计算，并改革了施工工艺和采取快速施工等，在国贸三期、深圳平安金融中心等五个工程中使用，达到了满意的效果，并通过了鉴定。这项技术如果能推广，对解决混凝土伸缩存在的问题将会起到显著成效，这项成果宜进一步进行开发研究，以便在更大的范围中推广应用。

随着高层、超高层结构的发展，诸如钢管混凝土、劲性混凝土结构的出现，近几年来对混凝土的性能、施工都提出了许多新的要求，都促进了混凝土性能和施工工艺的不断发展。近几年来对钢管混凝土结构中混凝土浇筑的工艺，较普遍地采用了混凝土从管底顶升浇灌的新工艺，这种新工艺目前已在许多工程中都成功应用，取得了显著的效益。

大体积混凝土施工近十年来获得了显著的发展。目前大体积混凝土不仅用于高层和超高层建筑的基础底板上，在主体结构中也用于转换层的柱、梁结构构件。另外大体积混凝土容易出现裂缝的原因和防治均取得可喜的进展，主要是混凝土构件内的温度和表面及大气温度之间的温差过大（超过 25°C ）造成的；另外单方混凝土水泥用量过多也是造成混凝土收缩裂缝的重要原因。尤其是在低温施工阶段，室外温度降到 0°C 以下，如果拆模时间过早，且不加强保温、保湿养护，混凝土内部水化热造成体内与表面温差达到 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，混凝土构件表面必然会出现开裂。所以不仅是大体积混凝土存在这类问题，一般体积混凝土也同样存在这类问题，所以任何混凝土构件都应该重视，控制混凝土构件的内部温度和大气温度的温差不大于 25°C 。关于水泥的用量，根据中建一局集团的经验，C40 混凝土水泥用量控制在 $230\sim 250\text{kg}/\text{m}^3$ 是可行的。大于 C40 强度的混凝土也应该尽量掺用活性较高的掺合料取代水泥用量。

大体积混凝土出现塑性裂缝的主要原因，是由于完成混凝土浇筑后表面有一层强度很低的薄水泥浆，如果不立即用塑料薄膜覆盖，遇风或强烈的阳光照射，水分蒸发过快就会形成表面开裂裂缝，解决方法：一是浇筑混凝土后立即用塑料布覆盖；二是每隔 $2\sim 3\text{h}$ 揭开塑料布进行多次抹压，直到初凝。另外，为了控制裂缝的产生，不宜采用高强度混凝土，并应采用以龄期为 60d 或 90d 的后期强度作为配合比设计、强度评定及验收的依据。即使是梁、柱结构也不宜采用高强度等级混凝土，可用其他措施保证梁、柱承载能力即可。关于加膨胀剂等措施一般不宜采用，原因很复杂，不再详述。

近十年来清水混凝土迅速发展，清水混凝土技术可以分为两大类，其一是混凝土构件拆模不再抹灰，只是简单打磨后，刮 $2\sim 3\text{mm}$ 粉刷石膏，再刮 $1\sim 2\text{mm}$ 耐水腻子即可；这不仅节约抹面水泥砂浆和大量人工，加快了施工进度，并且彻底解决了抹灰易起鼓、开裂等质量通病。目前北京市基本能做到现浇混凝土不抹灰达到清水混凝土的要求。第二类清水混凝土是属于装饰性的，一般带有各种装饰线条，表面连涂料也不做，拆模后即成活。这种清水混凝土主要用于外墙面，目前较少使用。

混凝土冬施技术，除严寒地区外，一般都以综合蓄热法为主，以保温为主，掺加防冻剂。近十年来高强度等级混凝土日益增多，根据黑龙江省寒地建科院以及国内部分大专院校的研究表明，强度等级为 C50 及 C50 以上的混凝土其受冻临界强度一般在混凝土设计强度等级值的 $21\%\sim 34\%$ 。鉴于高强度混凝土多作为结构的主要受力构件，其受冻对结构的安全影响重大，因此新规范将 C50 及 C50 级以上的混凝土受冻临界强度确定为不宜小于 30% 。

1.2 钢筋与模板工程技术

钢筋工程近十年来也有新的发展。首先是各种高强度钢筋近几年来迅速发展，得到推广应

用。粗钢筋连接技术经过一段时间的实践，一致认为直螺纹连接技术是当前较为理想的连接技术，所以在全国得到广泛应用，已是最受欢迎的钢筋连接工艺。其他机械接头技术除在特殊情况下应用外，几乎都已被淘汰。另外钢筋集中工厂化加工的问题近年来有了进展，尤其是在大城市，现场施工场地紧缺，一般都在工厂进行配制运至工地进行安装、绑扎。钢筋预制网片的应用，虽有进展，但还须继续努力。

模板工程近十年有滞退趋势，20 世纪 80~90 年代发展以钢代木的各种新型模板已很少采用，木模板卷土重来。目前只是梁、板支柱还使用钢管。造成这种局面的主要原因是由于目前在“工程项目经理负责制”的这种体制中，为了单纯追求项目工程的经济效益，不愿花重金购买先进的钢制定型工具式模板，而愿意采用成本较低的木模等多层板模板，一般工程完工后可全部摊销；再加上模板租赁行业不景气，所以模板工程中以钢代木的定型、工具化模板走向下坡。但是近几年来液压爬升模板发展较快，尤其在高层、超高层建筑核心筒中的施工采用很多，最快达到 2~3d 一层，深受大家欢迎。如北京建工集团三建公司在长沙某超高层工程中，与安得固和奥宇模板公司共同协作引进、研制应用的新型液压爬升模板，采用大油缸一次直接提升一层配置有钢制大桁架、钢梁形成整体的工作平台，效果显著。为了节约木材，目前各地都在纷纷起步研制工具化、标准定型的铝合金模板和塑料模板，目前使用范围较小，有待进一步大力发展，应该指出塑料模板是发展方向，在国外很多先进国家很早都已推广应用，这既是可以回收反复使用的再生材料，又可提高周转次数（50 次以上），板面平整光滑，对控制混凝土质量十分有利。目前国内有很多厂家正在研制各种不同构造的塑料定型模板，不久将会供应市场需要。

1.3 装配式结构工程技术

早在 20 世纪第一个五年计划开始，国家实行建筑工业化以来，在建造单位工业厂房中采用了预制装配化技术；在住宅建筑中采用了全装配式墙板建筑。到了 1976 年研发了预制与现浇相结合技术，首先在北京“前三门”工程中建造了“内浇外挂”，这项技术一直延伸发展到 20 世纪 90 年代，后来随着商品房的发展由全现浇钢筋混凝土替代。近几年来在北京、沈阳等地区的住宅工程中采用结构、装修、保温一体化的外墙预制装配墙板，内墙大模板现浇、预制阳台、楼梯以及预制、现浇相结合的叠合楼板，并在保障性住房中扩大推广，预计在近几年会有较大的发展。应该指出发展装配式结构，特别在一般住宅建筑中是发展方向，是向建筑工业化迈出的重要一步，是工业化施工的重要组成部分。建筑施工没有装配化就谈不上高水平的机械化和工厂化。近十几年来美国、日本等国家装配化结构发展很快，与 20 世纪 90 年代相比有了显著的变化，而我国在 20 世纪 80 年代装配化结构施工已有成熟经验，完全具备大力推广“装配式结构工程”的施工条件，尤其是近十年来，劳动力价格猛涨，劳动力占建筑物整个造价快接近三分之一，今后可能还会上涨，根本原因是建筑工人从事露天作业的笨重体力劳动，劳动条件差，招募建筑工人困难，劳动力已经显得紧张。所以必须走建筑工业化的道路，改善劳动条件、提高劳动效率、减少现场作业，提高工厂化、机械化水平，节能减排，逐步实现绿色施工和建筑工业化。

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 从 2012 年 8 月 1 日正式实施了，在实施中一定还会遇到一些问题。因此，必须依靠广大施工人员在实践中不断积累经验，开展科研工作，使我国的混凝土结构工程施工技术不断创新完善。

2 模 板 工 程

2.1 模板制作和安装基本要求

2.1.1 一般规定

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。

2. 对模板及支架应根据施工过程中各种工况进行设计，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。

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。

2.1.2 材料

1. 模板及支架材料的选用，应贯彻“以钢代木”原则，其技术指标应符合国家现行有关标准的规定。

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。

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. 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，应有一定的成模强度，且不应影响脱模后混凝土表面的后期装饰。

2.1.3 制作与安装

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。

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。

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. 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。

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。

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。

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。

8. 采用扣件式钢管作高大模板支架的立杆时，除应符合第 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 1/200，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 $40\text{N} \cdot \text{m}$ ，且不应大于 $65\text{N} \cdot \text{m}$ 。

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。

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》JGJ 128 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。

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。

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

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。

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。

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。

16. 模板安装完成后，应将模板内杂物清除干净。

17. 后浇带的模板及支架应独立设置。

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。

2.1.4 拆除与维护

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。

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 2-1-1 的规定。

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. 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。

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，按第 2 条的规定确定。

底模拆除时的混凝土强度要求

表 2-1-1

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
	$> 2, \leq 8$	≥ 75
	> 8	≥ 100
梁、拱、壳	≤ 8	≥ 75
	> 8	≥ 100
悬臂结构		≥ 100

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；底模及支架不应在结构构件建立预应力前拆除。

7. 拆下的模板及支架杆件不得抛掷，应分散堆放在指定地点，并应及时清运。

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。

2.1.5 质量要求

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) 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) 外观质量应在进场时和周转使用前全数检查；

(6) 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。

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 2-1-2 的规定。

预埋件、预留孔和预留洞的允许偏差

表 2-1-2

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

注：检查数量和方法按《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011 执行。

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 2-1-3 的规定。