

J 建筑工程施工与验收系列手册

Jianzhu gongcheng shigong
yu yanshou xilie shouce

混凝土结构工程施工与 验收手册

宁仁岐 主编

中国建筑工程工业出版社

建筑工程施工与验收系列手册

混凝土结构工程施工与验收手册

宁仁岐 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构工程施工与验收手册/宁仁岐主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2005

(建筑工程施工与验收系列手册)

ISBN 7-112-07809-1

I. 混… II. 宁… III. ①混凝土施工—技术手册
②混凝土施工—工程验收—技术手册 IV. TU755-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122311 号

建筑工程施工与验收系列手册
混凝土结构工程施工与验收手册

宁仁岐 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新·华·书·店 经 销

北京天成排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30 $\frac{3}{4}$ 字数: 763 千字

2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 58.00 元

ISBN 7-112-07809-1
(13763)

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>

本书依据国家现行的各项技术标准和施工规范，特别是以《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)为基础，结合多年的施工心得，对混凝土施工的新技术、新经验，采用统筹方法安排施工程序，系统地进行总结，将科学性与实用性融为一体。主要包括：模板工程、钢筋工程、预应力分项工程、混凝土工程、混凝土装配式结构工程、混凝土工程冬期施工、混凝土结构工程施工组织与管理等。

本手册内容丰富、简明实用，可供建筑施工企业技术人员使用，也可供监理人员及大专院校机关专业师生学习参考。

* * *

责任编辑：郦锁林

责任设计：崔兰萍

责任校对：王雪竹 张 虹

《混凝土结构工程施工与验收手册》编委会

顾 问：刘宗仁 孔庆平

主 编：宁仁岐

编 委：宁仁岐 王绍君 张秀志 张泽林 沈群明
宗成艳 郑传明 姜庆远 耿建勋 郇锁林

前 言

跨进 21 世纪,科技技术将进入一个更新的时代,科学技术的发展将日新月异。要提高建筑施工技术,首先必须依靠建筑科学技术的研究成果和实践经验的积累,还要进一步提高广大施工人员的技术素质。

混凝土是建筑工程中用量最大、用途最广、可持续开发应用的一种生命力强盛的建筑材料。混凝土与增强材料组合而成的钢筋混凝土、预应力混凝土及其他特种混凝土,更加扩展了混凝土的应用领域。随着混凝土技术的发展,相继出现了许多特种混凝土,以及新的施工技术和工艺。在我国,有关混凝土结构设计、施工技术,检测、试验、验收等国家标准、规范和规定不断修订和更新。混凝土这门学科在我国已形成了自己独立的完整的科学体系。它既有坚实的理论基础,又有先进的工艺技术,也有可靠地测试手段,并在实践中不断创新,迅速发展。

根据上述情况和广大建筑施工人员的需要,我们依据国家现行的各项技术标准和施工规范,特别是以《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)为基础,结合多年的施工心得,对混凝土工程的新技术、新经验,采用统筹方法安排施工程序,系统进行总结,将科学性与实用性融为一体,编写成这本《混凝土结构工程施工与验收手册》。

本手册内容紧密结合有关现行工程结构及施工的规范、规程,进行工艺分析及说明,并编入有关实用的资料;列入系统的施工工艺标准和操作方法,质量控制方法,试验、检测、验收方法的程序和手段,并结合相关的结构设计、构造要求进行介绍。编写中尽量采用条文和图表形式表述,力求通俗易懂,具有系统性、实用性、可操作性和可读性。

本手册由哈尔滨工业大学组织编写,苏州科技学院、中海海外集团有限公司参与编写。

本手册共八篇,第一篇由宁仁岐编写,第二篇由耿建勋编写,第三篇由王绍君、张泽林编写,第四篇由宁仁岐编写,第五篇由宁仁岐、沈群明编写,第六篇由郑传明、张秀志编写,第七篇由宁仁岐、宗成艳编写,第八篇由姜庆远编写。在编写过程中,从提纲到内容均得到出版社郦锁林编辑的大力帮助和支持,特此表示感谢。本手册参考了大量书刊、专著,引用、摘录了部分内容,在此表示深深的感谢!

本手册在编写过程中,承蒙各方学者、专家的协助,并热情地给予指导和支持,在此表示衷心的感谢,由于编者水平有限,难免有遗漏和不妥之处,敬请广大读者批评、指正。

目 录

1 混凝土结构工程技术的发展	1
1-1 混凝土结构工程材料的发展	1
1-2 混凝土结构施工技术的发展	3
2 模板工程	5
2-1 模板工程概述	5
2-1-1 模板系统的组成和基本要求	5
2-1-2 模板的分类	5
2-1-3 模板结构的设计	6
2-2 常用模板工程体系	13
2-2-1 组合钢模板	13
2-2-2 大模板	27
2-2-3 滑升模板	32
2-2-4 爬升模板	44
2-2-5 隧道模	47
2-2-6 台模	47
2-2-7 木模板	56
2-2-8 永久性模板	58
3 钢筋工程	69
3-1 钢筋	69
3-1-1 钢筋的品种和性能	69
3-1-2 钢筋质量标准	84
3-1-3 钢筋的检验	84
3-2 钢筋加工	88
3-2-1 钢筋除锈	88
3-2-2 钢筋调直	89
3-2-3 钢筋的冷拉	90
3-2-4 钢筋冷拔	98
3-2-5 钢筋的切断	101
3-2-6 钢筋弯曲成型	102
3-3 钢筋连接	107
3-3-1 钢筋绑扎连接	107
3-3-2 钢筋焊接	112
3-3-3 钢筋机械连接	145
3-4 钢筋配料	153
3-4-1 钢筋配料	153
3-4-2 钢筋代换	156
4 预应力混凝土结构	160
4-1 概述	160
4-2 预应力混凝土的分类	160
4-2-1 先张法和后张法预应力混凝土	161
4-2-2 有粘接和无粘接预应力混凝土	161
4-2-3 全预应力和部分预应力混凝土	161
4-3 预应力夹具和锚具	161
4-3-1 夹具(代号 J)	161
4-3-2 锚具(代号 M)	162
4-3-3 静载锚固性能试验	164
4-4 预应力张拉机械	165
4-4-1 电动螺杆张拉机	165
4-4-2 液压张拉机	165
4-5 先张法施工	168
4-5-1 台座	168
4-5-2 夹具	170
4-5-3 施工工艺	171
4-6 后张法施工	175
4-6-1 锚具	175
4-6-2 施工工艺	179
4-6-3 预应力筋的制作	185
4-6-4 无粘结预应力技术	190
4-7 整体预应力结构施工	194
4-7-1 整体预应力框架结构	194
4-7-2 整体预应力板柱结构	198
5 混凝土工程	204
5-1 混凝土的特性	204
5-1-1 混凝土的定义和分类	204
5-1-2 混凝土的特点、物理力学性能	206
5-1-3 混凝土的强度	213

5-2 混凝土的组成材料	216
5-2-1 水泥	216
5-2-2 骨料	226
5-2-3 拌合用水	230
5-2-4 外加剂	231
5-3 混凝土配合比设计	241
5-3-1 配合比设计原则及方法	241
5-3-2 普通混凝土配合比设计	242
5-3-3 掺粉煤灰混凝土配合比设计	250
5-3-4 轻骨料混凝土配合比设计	251
5-3-5 特殊要求混凝土的配合比设计	257
5-4 混凝土的拌制、运输和浇筑、 养护及质量检验	261
5-4-1 混凝土的拌制	261
5-4-2 混凝土的运输和浇筑	266
5-4-3 混凝土的养护	280
5-4-4 混凝土质量检验与评定	282
5-4-5 混凝土的缺陷及修整	286
6 混凝土装配式结构工程	288
6-1 索具与设备	288
6-1-1 索具	288
6-1-2 吊装工具	293
6-1-3 卷扬机	297
6-1-4 滑轮、滑轮组	300
6-1-5 倒链	301
6-1-6 手扳葫芦	302
6-1-7 千斤顶	303
6-2 起重运输机械	304
6-2-1 履带式起重机	304
6-2-2 汽车起重机	318
6-2-3 轮胎起重机	321
6-2-4 桅杆式起重机	323
6-2-5 塔式起重机	324
6-2-6 起重机使用	330
6-3 构件的运输、堆放与拼装	336
6-3-1 构件的运输	336
6-3-2 构件的堆放	339
6-3-3 构件的拼装	342
6-4 构件吊装	344
6-4-1 结构安装前准备工作	344
6-4-2 构件的吊装工艺	345
6-5 单层工业厂房结构安装 方案	352
6-5-1 结构安装方法	352
6-5-2 起重机的选择	352
6-5-3 起重机吊装柱时的开行路线、 停机位置和柱的平面布置	355
6-5-4 吊装屋架时起重机的开行路 线及构件的平面布置	356
6-5-5 构件安装的质量要求	358
6-5-6 单层工业厂房吊装实例	359
6-6 多层装配式框架结构安装	363
6-6-1 起重机械的选择和布置	363
6-6-2 构件的平面布置和堆放	364
6-6-3 结构吊装方法	365
6-6-4 构件的吊装工艺	366
6-7 混凝土结构吊装工程质量要求 与施工过程的安全技术	368
6-7-1 混凝土结构吊装工程 质量要求	368
6-7-2 施工过程的安全技术	370
7 混凝土工程冬期施工	373
7-1 冬期施工的特点	373
7-1-1 冬期施工的期限	373
7-1-2 混凝土工程冬期施工的 基本原理	374
7-1-3 混凝土工程冬期施工的特点	376
7-2 混凝土冬期施工方法	379
7-2-1 蓄热法施工	379
7-2-2 蒸汽加热法施工	383
7-2-3 电热法施工	384
7-2-4 硫铝酸盐水泥负温早强混凝土 施工	385
7-2-5 掺外加剂混凝土的冬期施工	387
7-3 混凝土冬期施工质量检验与 温度测定	392
8 混凝土结构工程施工组织与管理	394
8-1 施工组织概述	394
8-1-1 施工组织的基本概念	394
8-1-2 组织施工的基本原则	394
8-1-3 施工准备工作	395
8-2 流水施工的基本原理	401

8-2-1 流水施工的基本概念	401	8-4-7 施工平面图	461
8-2-2 流水施工的基本参数	404	8-4-8 施工技术组织措施计划	461
8-2-3 流水施工组织的基本方式	409	8-4-9 项目风险管理规划	462
8-3 网络计划技术	415	8-4-10 信息管理	462
8-3-1 概述	415	8-4-11 技术经济指标分析	462
8-3-2 双代号网络图	416	8-5 施工项目现场管理	462
8-3-3 单代号网络图	430	8-5-1 施工项目现场管理的概念 和内容	463
8-3-4 网络计划优化	434	8-5-2 施工平面图	465
8-4 项目管理实施规划	447	8-6 施工项目质量控制	468
8-4-1 工程概况	447	8-6-1 施工项目质量控制概述	468
8-4-2 施工部署	448	8-6-2 质量计划	472
8-4-3 施工方案选择	448	8-6-3 施工阶段质量控制	472
8-4-4 施工进度计划	454	8-6-4 工序控制	478
8-4-5 资源需要量计划	460	参考文献	482
8-4-6 施工准备工作计划	461		

1 混凝土结构工程技术的发展

钢筋混凝土工程在工业与民用建筑中应用广泛，因此，在建筑施工领域里钢筋混凝土工程无论在人力、物资消耗和工期的影响方面都占有极重要的地位。

钢筋混凝土工程的施工工艺过程，如图 1-1 所示。

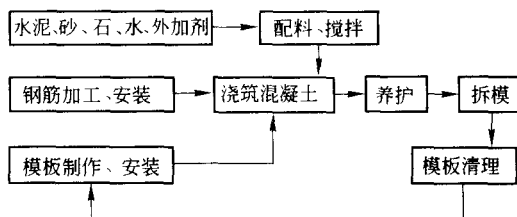


图 1-1 钢筋混凝土工程施工工艺

钢筋混凝土工程按施工方法分为现浇钢筋混凝土工程和装配式钢筋混凝土工程。

现浇钢筋混凝土工程是在施工现场，在结构构件的设计位置架设模板、绑扎钢筋、浇筑混凝土、振捣成型、经过养护，混凝土达到拆模强度时拆除模板，制成结构构件。现浇钢筋混凝土结构整体性好、抗震性好，施工时不需大型起重机械。但是，模板消耗量大、劳动强度高、施工受气候条件影响较大。

装配式钢筋混凝土工程是在预制构件厂或施工现场预先制作好结构构件，在施工现场用起重机械把预制构件安装到设计位置。除运输不便的大型混凝土构件需在施工现场预制外，大量的中小型构件均在预制工厂制作，工厂化、定型化、机械化生产，大量节约模板材料，且生产的构件质量较好。与现浇钢筋混凝土结构相比，装配式结构耗钢量大，而且施工时一般需要用较大型的起重设备。

钢筋混凝土工程是由模板工程、钢筋工程和混凝土工程组成，在施工中，这三个工种工程应紧密配合，合理组织施工，才能保证工程质量。

1-1 混凝土结构工程材料的发展

混凝土是由几种材料根据科学配比搅拌而成。随着科学技术进步，混凝土的品质不断提高，品种愈来愈多，各种性质、专业混凝土应运而生，除普通混凝土的性能得到改善外，高强混凝土、防水混凝土、加气混凝土、喷射混凝土、干硬混凝土、水下混凝土、防腐混凝土及各种高性能混凝土均得到发展，为混凝土工程扩大应用建立了牢固基础。

混凝土工程分为现浇混凝土工程和预制混凝土工程，是钢筋混凝土工程的三个重要组成部分之一。混凝土工程质量好坏是保证混凝土能否达到设计强度等级的关键，将直接影响钢筋混凝土结构的承载力和耐久性。

混凝土工程施工工艺过程包括：混凝土的配料、拌制、运输、浇筑、振捣、养护等。其施工工艺过程见图 1-2。

混凝土的组成材料中，质量密度最大的是天然岩石的粗、细骨料，约占混凝土体积的 70%，是混凝土的主料；其胶结骨料是形成整体强度的硬化水泥浆（或称水泥石）中呈晶体和胶体形态的水化物，也就是由普通硅酸盐水泥和水组成的水泥净浆，它同砂子和石子胶结形成岩石状块体，即混凝土。所以，混凝土是用胶凝材料将其骨料胶结成整体的复合固体材料的总称。

混凝土较天然石材具有很多优越性能，最重要的是可塑性和复合其他材料的能力，可塑状态的混凝土拌合物能够充填任何尺寸和形状的造型，并能与其他材料和部件粘结成一个整体，制成符合要求的构筑物或构件。在混凝土中能够复合多种材料，得到各种特性的结构构件，如钢筋混凝土、纤维增强混凝土、聚合物混凝土、预应力混凝土等等。

随着科学技术的发展，复合化使混凝土的功能大大扩展，远远超过了天然石材，天然石材有极大的局限性，而混凝土随意性较强，可就近就地取得胶结骨料和粗细骨料，有利于骨料胶结成整体的复合固体材料。

复合混凝土、钢筋混凝土结构一般用于建筑物的承重结构中，主要功能有承重、支承、防护等。这些功能决定了它的基本质量要求：一是有足够的强度，以保证在承重时结构本身不发生破坏；二是有足够的刚度，以保证结构的变形在允许范围之内；三是有足够的稳定性，以保证结构的安全性能和使用功能。

复合化使混凝土的性能得到改善和提高，用途不断扩大。混凝土具有的耐久性、强度、工作性、经济四个主要因素（性能）的条件和相互关系，受到人们愈来愈重视。混凝土科学技术的发展趋势，拓宽思路，广泛应用，在实践和理论的指引下，不断探索和创新。如聚合物浸渍混凝土及树脂混凝土，不仅抗压、抗拉、抗冲击强度都大幅度提高，而且具有高抗腐蚀性等特点。主要是通过胶结骨料及外加剂的选择及特殊工艺处理等使混凝土具有上述特性。

混凝土配合比的选择，是根据工程要求、组成材料的质量、施工方法等因素，通过试验室计算及试配后确定的。所确定的试验配合比应使拌制出的混凝土能保证达到结构设计中所要求的强度等级，并符合施工中对和易性的要求，同时，还要合理地使用材料和节约水泥。

特种混凝土是在普通混凝土配合比的基础上进行调整，以提高其特种使用性能。随着混凝土科学技术的发展，由普通混凝土向高性能混凝土的发展已是必然的趋势，它将在建筑工程等各种领域获得诸多优点和利益。特种混凝土的制备，通过采用现代混凝土技术，选用优质原材料，掺加足够的活性细掺合料和高效外加剂，再通过低水胶比与低加水量来实现的一种新型高技术混凝土。

根据不同用途和目的，除对特种混凝土要求具有必要的工作性、耐久性、强度、体积稳定性及合理性等的高性能外，必要时还应对其中某些性能予以重点保证，以提高其适

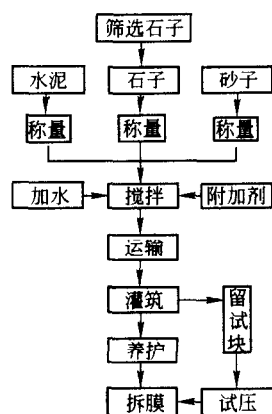


图 1-2 混凝土工程工艺流程

用性。

特种混凝土应具备强度高、水化热低、收缩小、耐久性好、容易施工等主要技术指标，以保证可用于实际工程中。

特种混凝土在工业与民用建筑中常用的有：防水混凝土、耐酸混凝土、防辐射混凝土、耐火混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土及喷射混凝土等。

构成混凝土结构的另一主要材料——钢筋，近年来也得到了很大发展，新品种钢筋不断出现。常用的钢筋有热轧钢筋和热处理钢筋两类。热轧钢筋按强度不同分为四级。HPB235 级钢筋为 3 号钢，外表为光圆。HRB335、HRB400 级钢筋为普通低合金钢钢筋，外表为变形钢筋。钢丝有冷拔钢丝、碳素钢丝及刻痕钢丝。直径大于 12mm 的粗钢筋一般轧成长度为 6~12m 一根；钢丝及直径为 6~12mm 的细钢筋，一般卷成圆盘。还有冷轧扭钢筋，具有较高的强度和足够的塑性及与混凝土良好的粘结性，代替 HPB235 级钢筋可节约钢材 30%，在全国得到广泛应用。

多品种混凝土的发展必不可少的外加剂也愈来愈多，诸如早强剂、减水剂、膨胀剂、泵送剂、脱模剂、速凝剂、缓凝剂、防水剂、阻锈剂和养护剂等，这些外加剂的开发，使配制早强、高强、抗冻、泵送等多性能要求的混凝土成为现实。

1-2 混凝土结构施工技术的发展

由于科学技术的进步，建设事业的发展，混凝土结构工程施工技术得到了长足进步，各种先进的“工法”、专利技术，不断涌现以及施工企业的技术水平、装备更新和管理水平的提高，用先进技术完成了各种高、新的混凝土结构工程。

1. 模板技术的发展

由于现浇混凝土结构应用于多、高层建筑工程的比例越来越大，作为混凝土结构工程施工的主要模具的模板工程的地位就显得特别突出，直接影响到混凝土结构工程的质量、施工进度、工程造价和企业的经济效益。目前使用的模板体系有：

(1) 大模板体系

适用于剪力墙体系的住宅建筑。有全大模与内浇外挂两种体系。每个开间的一个墙面为一块模板，用塔式起重机作垂直、水平运输。混凝土浇捣后，一天就拆模，两个流水段施工，大模板可以不落地，连续周转使用，外墙大模板可以粘贴有花纹的衬模，拆模后形成艺术混凝土墙面，起装饰作用。

(2) 爬模体系

将大模板与爬架分阶段临时固定在混凝土外墙上，用手拉葫芦或千斤顶使模板沿爬升的导架逐层上提，爬模体系装拆模板简单、位置正确、工效高，在许多公共高层建筑外墙上使用也很方便。

(3) 滑模体系

滑模适用于剪力墙及筒体施工，在竖向结构滑升一层后，打开滑模操作平台，进行台架式平面模板安装，绑扎梁板钢筋和浇捣混凝土，然后再进行第二层滑模。

(4) 提模体系

运用升板法工艺，将柱、墙、梁模板挂在提升平台上，用安装在劲性柱或工具上的升

板机随时可以提升或下降平台,由于升板机动力大,工作平稳,升降自如,因此,模板装拆方便,质量较好。

(5) 台模或飞模体系

这种工艺较适合框架结构,使梁板模板装配化,较多用在高层轻工业厂房、高层仓库和高层框架轻板住宅上。

(6) 钢模板、九合板散装散拆的平台模板体系

这是使用量最大的模板体系施工,灵活运用小钢模与大张九合板,靠较多的人力散装散拆,任何建筑公司都有条件施工,用在复杂结构有一定优点,但层数较多的工程已在完全散装散拆的基础上改进为人工可以搬运的固定坐标位置的组合式模板,已减少散装、散拆程度,提高工作效率。近年来,平台模板采用的早拆模板体系,可以留少数立柱快速拆除平台模板。

(7) 塑料模壳

高层建筑为了增加空间,逐步采用双向密肋楼盖,所以塑料模壳的应用也有了发展,在支撑方式上与早拆模板体系相结合,模壳可以周转使用。

2. 混凝土技术的发展

在混凝土施工技术发展方面,为满足现浇混凝土结构在工程建设中占主导地位的现状,首先发展混凝土原材料,以新品种的水泥和各种外加剂为基础,大力发展预拌混凝土、泵送混凝土、高强混凝土等新品种,以满足大量现浇混凝土的需要。混凝土的原材料选择、搅拌、运输、入模、振捣是施工中极重要的施工技术:

(1) 混凝土搅拌

全国各地建立了很多商品混凝土搅拌站,形成了机械化、自动化程度较高的混凝土预拌工厂,以满足生产的需要。

(2) 混凝土运输

混凝土的运距在增加,平均运距在 15~20km,采用搅拌运输车运输,一般从出料到达工地为 30~45min,一辆 8m³ 的运输车年运输能力约 10000m³。

(3) 混凝土入模

混凝土的入模方法较多,对于预拌混凝土均采用泵车入模,六层以内采用汽车泵,高层采用固定式泵车。对高层的平面布料入模采用接在泵管上的转动式布料机,可以在转动半径范围内将混凝土泵送入模。预拌混凝土用泵送入模达到 95% 以上,泵送高度一次可达到 350m。除了预拌混凝土之外,现场设搅拌机,用塔吊、井架等机具作垂直运输,吊斗和小车运送入模,这种传统工艺在住宅建筑施工中还占有重要比重,有一定的经济性和实用性。

(4) 混凝土强度等级

随着高层建筑的增高。混凝土强度等级也在不断提高,因此混凝土的配合比优化也有很大发展,粉煤灰与化学外加剂二掺技术已广泛用于 C60、C80 混凝土。

3. 脚手架技术的发展

脚手架是各项建筑工程施工必不可少的工具。近年来为适应高层、大型、特种工程施工的需要,开发、引进、改善了脚手架的形式和性能,在高层建筑施工中,附着升降脚手架、悬挑脚手架、碗扣式脚手架、门式钢管脚手架以及用它作为模板支撑得到广泛的应用。升降脚手架(爬升脚手架)已成为高层建筑施工的主要脚手形式。

2 模 板 工 程

2-1 模板工程概述

2-1-1 模板系统的组成和基本要求

模板系统是由模板和支撑两部分组成。

模板是使混凝土结构或构件成型的模型。搅拌机搅拌出的混凝土是具有一定流动性的混合物，经过凝结硬化以后，才能成为所需的、具有规定形状和尺寸的结构构件，所以，模板不仅需要与混凝土结构构件形状和尺寸相同，还要具有足够的承载力、刚度，以承受新浇混凝土的荷载及施工荷载。支撑是保证模板形状、尺寸及其空间位置的支撑体系。支撑体系既要保证模板形状、尺寸和空间位置正确，又要承受模板传来的全部荷载。

对模板的基本要求是：

(1) 模板的接缝不应漏浆，在浇筑混凝土前，木模板应浇水湿润，但模板内不应有积水；

(2) 模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂，但不得采用影响结构性能或妨碍装饰工程施工的隔离剂；

(3) 浇筑混凝土之前，模板内的杂物应清理干净；

(4) 对清水混凝土工程及装饰混凝土工程，应使用能达到设计效果的模板。

2-1-2 模板的分类

2-1-2-1 按材料分

有木模板、竹模板、钢模板、钢木模板、胶合板模板、塑料模板、玻璃钢模板、铝合金模板等。

2-1-2-2 按结构类型分类

各种现浇钢筋混凝土结构构件，由于其形状、尺寸、构造不同，模板的构造及组装方法也不同。按结构的类型分类，可将模板分为基础模板、柱模板、梁模板、楼板模板、楼梯模板、墙模板、壳模板、烟囱模板等。

2-1-2-3 按施工方法分类

1. 现场装拆式模板

现场装拆式模板就是在施工现场按照设计要求的结构形状、尺寸及空间位置现场组装，当混凝土达到拆模强度后将其拆除的模板。现场装拆式模板多用于定型模板和工具式模板。

2. 固定式模板

固定式模板亦称胎膜，用于制作预制构件。按照构件的形状、尺寸，在现场或预制厂制作模板，涂刷隔离剂，浇筑混凝土，当混凝土达到规定的拆模强度后，脱模清理模板，涂刷隔离剂，再制作下一批构件。各种胎膜(土胎膜、砖胎膜、混凝土胎膜)即属固定式模板。

3. 移动式模板

随着混凝土的浇筑,模板可沿着垂直方向或水平方向移动,称移动式模板。如烟囱、水塔、墙、柱混凝土的浇筑采用的滑升模板、提升模板,筒壳浇筑混凝土采用的水平移动式模板等。

2-1-3 模板结构的设计

模板工程的费用约占混凝土结构工程费用的 $1/3$,支拆用工量约占 $1/2$,因此,模板设计是否合理,对节约材料、降低工程成本关系重大。所以,模板结构和其他结构设计一样,必须进行设计计算。那种仅凭不成熟的经验来确定模板结构的断面尺寸及结构构造,是不安全的,也可能是不经济的。

2-1-3-1 模板结构设计的原则与计算依据

1. 模板结构的三要素

(1) 模板面板

是新浇混凝土直接接触的承力板,没有模板面板,新浇混凝土结构则不能浇筑成型。

(2) 支撑结构

是支撑新浇混凝土产生的荷载和模板面板荷载以及施工荷载的结构,保证模板结构牢固的组合,达到不变形、不破坏。

(3) 连接件

是将模板和支撑结构连接成整体的部件,使模板组合成整体。

2. 模板结构设计的原则

模板结构设计要贯彻实用、安全、经济的原则。

(1) 实用性

即要保证混凝土结构工程的质量。模板结构要能保证混凝土结构和构件各部分形状、尺寸和相互位置的正确,构造简单,装拆方便,能多次周转使用,同时,便于钢筋的绑扎和安装以及混凝土的浇筑工作。

(2) 安全性

模板结构必须具有足够的承载力和刚度,保证在施工过程中,在各种荷载作用下不破坏、不倾覆、不倒塌,变形在允许范围内,结构牢固稳定,使用安全。

(3) 经济性

结合工程结构的具体情况,进行技术经济比较,因地制宜,就地取材,择优选择模板一次性投入,加快模板周转,减少模板支拆用工,减轻模板结构自重,并为后续装饰施工创造条件,做到既节约模板费用,又实现文明施工。

3. 模板结构设计计算的依据

模板结构设计计算的主要依据是:拟建工程的设计图纸,施工组织设计中主要施工方法与进度计划,施工单位现有的技术物资条件,以及有关的设计、施工规范。

(1) 拟建工程的设计图纸

混凝土结构的位置、形状、尺寸是按照建筑物的使用要求和受力情况确定的,所以,模板工程的设计应根据构件各部分的位置、形状、尺寸等相互的关系,合理地选用模板和支架,同时,还要根据建筑装修设计的要求,选择相应的模板材料,明确组合方法,规定制作及安装要求,并根据实际的荷载情况计算出模板和支架的应选截面大小。

(2) 施工组织设计

施工组织设计是具体指导施工的技术经济条件，它全面地对拟建工程的生产作业进行了合理地布置，明确规定了拟用的施工方法，是模板设计的主要依据。因此，应据此确定模板的选型、配置数量和周转程序。

(3) 施工单位现有的技术物资条件

在进行模板设计时，要对各种可行性方案进行比较选择，而施工单位现有的技术物资条件，是方案选择的重要依据，只有这样，才能做到尽量发挥现有模板的作用，就地取材制作，减少外加工，节约投资。

(4) 有关的设计、施工规范

由于我国还没有关于模板设计的有关规范，因此，模板设计只能遵守我国现行的有关设计、施工规范规定执行。其强度、刚度、稳定性应符合有关规定的要求，其构造除了遵照执行有关规定外，还要考虑施工的特殊要求。

2-1-3-2 模板材料及其性能

1. 模板材料选用原则

混凝土结构施工用的模板材料种类很多，较常用的是木材和钢材两种。所选材料应具有以下特性：

- (1) 材料应具有足够的强度，以保证模板结构有足够地承载能力。
- (2) 材料应具有足够的弹性模量，以保证模板结构的刚度。在使用时，变形在允许范围内。
- (3) 模板接触混凝土的表面，必须平整光滑。
- (4) 尽量选用轻质材料，并且能够经过多次周转而不损坏。

2. 木材

(1) 选材

木模板结构所用的木材，应根据《木结构设计规范》(GB 50005—2003)的规定选用，材质等级不得低于Ⅲ等材。设计时应根据模板构件受力种类按表 2-1 选用。

木构件材质等级 表 2-1

项 次	构件受力种类	材 质 等 级
1	受拉或拉弯构件	I a
2	受弯或压弯构件	II a
3	受压构件及次要受弯构件	III a

(2) 常用树种木材的强度设计值和弹性模量

常用树种木材的强度设计值和弹性模量可按表 2-2 采用。

模板常用树种木材的强度设计值和弹性模量(N/mm²) 表 2-2

树 种	强度等级	抗弯 f_m	顺纹抗压与承压 f_c	顺纹受拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E
						全表面	局部表面及齿面	拉力螺栓垫板	
东北落叶松	TC17	17	15	9.5	1.6	2.3	3.5	4.6	10000

续表

树 种	强度等级	抗弯 f_m	顺纹抗压与 承压 f_c	顺纹受拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E
						全表面	局部表面 及齿面	拉力螺 栓垫板	
铁杉、油杉	TC15	15	13	9.0	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
鱼鳞云杉、西南云杉			12	9.0	1.5				
油杉、新疆落叶松、 马尾松	TC13	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
红皮云杉、丽江云 杉、红杉、樟子松			10	8.0	1.4				9000
西北云杉、新疆云杉	TC11	11	10	7.5	1.4	1.8	2.7	3.6	9000
杉木、冷杉			10	7.0	1.2				

(3) 木材强度设计值和弹性模量的调整系数

根据《木结构设计规范》(GB 50005—2003)的规定,模板结构的木材强度设计值和弹性模量应乘以下系数:

- 1) 木模板结构一般为露天结构,强度设计值应乘以 0.9,弹性模量应乘以 0.85;
- 2) 模板结构为临时结构,按施工荷载考虑,其强度设计值应乘以 1.3,弹性模量不调整;
- 3) 当采用原木时,若验算部位未经切削,其顺纹抗压强度设计值和弹性模量均乘以 1.15;
- 4) 木模板工程施工时,均应浇水湿润模板和养护混凝土,因此,一般应按湿材考虑。各种木材的横纹承压强度设计值和弹性模量,以及落叶松的抗弯强度设计值均宜降低 10%。

3. 钢材

(1) 选材

模板结构一般宜用 Q235 钢的普通型钢或冷弯薄壁型钢或管材,其质量应分别符合现行国家标准《普通碳素结构钢技术条件》(GB 700—88)、《低合金结构钢技术条件》。

当采用普通型钢时,其钢材强度设计值、弹性模量及焊缝强度设计值应按《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)的规定采用;当采用冷弯薄壁型钢,其钢材强度设计值、弹性模量及焊缝强度设计值应按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)的规定采用。

(2) 钢材强度设计值与弹性模量

钢材(包括型钢、螺栓、焊缝)强度设计值与弹性模量,分别按表 2-3~表 2-7 采用。

普通型钢、钢管、钢板的强度设计值(N/mm²) 表 2-3

钢 材			抗拉、抗压 和抗弯	抗 剪	端面承压	弹性模量
钢 号	组 别	厚度或直径 (mm)				
Q235 钢	第 1 组		215	125	320	2.06×10 ⁵
	第 2 组		200	115	320	2.06×10 ⁵
	第 3 组		190	110	320	2.06×10 ⁵