

► 建筑工程现场施工实用手册系列丛书

HUNNINGTU GONGCHENG XIANCHANG SHIGONG SHIYONG SHOUCE

混凝土工程现场施工

杨嗣信 主 编

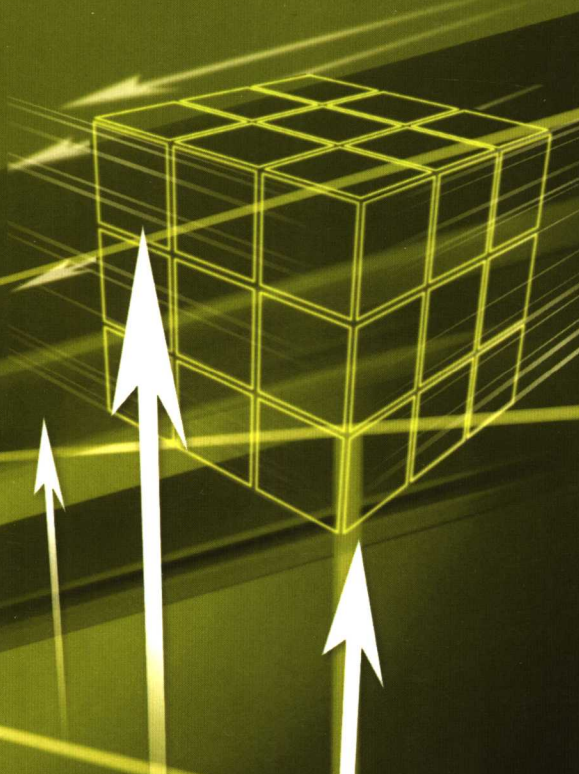
余志成 侯君伟 副主编

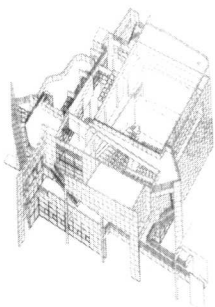
实用手册



人民交通出版社

China Communications Press





► 建筑工程现场施工实用手册系列丛书

HUNNINGTU GONGCHENG XIANCHANG SHIGONG SHIYONG SHOUC

混凝土工程现场施工

实用手册

杨嗣信 主 编

余志成 侯君伟 副主编



人民交通出版社

China Communications Press

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土工程现场施工实用手册/杨嗣信主编. —北京:
人民交通出版社, 2006.9

(建筑工程现场施工实用手册)

ISBN 7-114-06120-X

I. 混… II. 杨… III. 混凝土施工-技术手册

IV. TU755.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 090957 号

书 名:混凝土工程现场施工实用手册

著 作 者:杨嗣信

责任编辑:邵 江 高 培

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×960 1/16

印 张:13

字 数:230 千

版 次:2006 年 9 月第 1 版

印 次:2006 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-114-06120-X

印 数:0001-4000 册

定 价:25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书,由本社负责调换)

前 言

近十几年来,随着我国高层建筑的发展,现浇混凝土结构比重的日益增大,混凝土技术得到了迅速发展。

20 世纪 90 年代建设部首次提出建筑业推广“10 项新技术”以来,首先是商品混凝土(预拌混凝土)在全国得到广泛推行和应用。由于商品混凝土的推广应用,促进了混凝土拌制、运送、布料浇筑等一系列施工机械化的发展;同样也促进了各种外加剂和外掺和料的积极研制和应用。进入 21 世纪,建设部又提出推广“2005 年 10 项新技术”,明确要求推广高性能混凝土,突出解决混凝土技术中一些难点,比如裂缝、耐久性等问题。

本手册正是按照我国混凝土技术的发展情况,本着实用的原则,系统地介绍了我国近十几年混凝土的新材料、新工艺、新技术,其中包括泵送混凝土技术、大体积混凝土技术、高性能混凝土技术等。

本手册与 2005 年出版的《模板工程现场施工实用手册》均属建筑工程现场施工实用手册系列丛书之一。但限于编者的水平和时间原因,难免存在错误和不妥之处,恳切希望广大读者批评和指正。

编 者
2006 年 4 月

序

近十几年来,随着混凝土高层建筑在全国的迅速发展,我国混凝土技术也有了很大的提高。尤其是从 20 世纪 90 年代建设部首次提出推广“十项新技术”中的混凝土技术之后,更是得到全面发展,在全国范围内掀起了推广“商品混凝土”的高潮。如北京经过不到五年的时间,现浇混凝土几乎全部都推广使用了商品混凝土。北京东方广场浇灌基础底板混凝土时,在 24h 内连续浇注混凝土 12000m^3 不留施工缝,不仅效率高且保证了大体积混凝土的质量,加快了工程进度。商品混凝土不仅消除了混凝土在现场拌制普遍存在的强度问题,而且还带动了一系列有关混凝土新技术的研究推广,例如楼层活动布料杆、泵送混凝土成套技术、各种高效减水剂的研究和应用,以及以粉煤灰为主掺和料的大力推广应用,还有其他各种附加剂如减水剂、早强剂、防腐剂的研制和应用。

除商品混凝土外,近几年还大力推广应用了清水混凝土技术。清水混凝土分为两大类:第一类是不抹灰的清水混凝土,即在混凝土拆模后不再抹灰,只是用粉刷石膏刮 2~3mm 后再刮耐水腻子 1~2mm 即可;第二类是装饰清水混凝土,即在混凝土拆模后不再作任何装饰处理,就可形成十分美观的装饰线条。

以上两种清水混凝土技术中推广面最大的是第一种,在北京约占 50% 以上。争创“长城杯”(北京建筑质量最高奖)的工程,几乎全部采用了清水混凝土,即使在全国,凡是争创地区最高奖或鲁班奖的工程也都应用了清水混凝土。至于第二类装饰清水混凝土因涉及设计和经济的问题,目前只是试点推广。

在混凝土质量方面,随着清水混凝土的大力推广,混凝土的表面平整度有了很大程度的提高。

混凝土技术在混凝土机械化施工方面也有了很大的进展。商品混凝土把混凝土的搅拌、运输(包括泵送混凝土的垂直运输)、布料等过程连接成机械化施工一条龙,比 20 世纪 80 年代初的现场手推车后台上料,前台手推车运料和塔式起重机通过混凝土大料斗垂直运输等运送混凝土的落后工艺,有了很大提高,使机械化和自动化施工水平有了进一步发展。目前在施工现场,过去认为最先进的用于运输混凝土的小型翻斗车正在逐步被淘汰。

近几年出现了较大坍落度(掺高效减水剂)的少振和免振混凝土工艺。

它不但可以提高工效,减小噪音,而且可以防止出现蜂窝狗洞等质量通病,从而保证了混凝土的密实性。当前在推广免振混凝土方面还需要进一步研究采取添加“增稠剂”等措施,以解决混凝土易离析问题。这个项目(指免振混凝土)也是建设部 2005 年颁发的十项新技术的重要内容之一。

尽管近十多年来我国在混凝土施工工艺方面取得了巨大的成就,但与一些先进国家相比尚有一定的差距,需要我们在今后若干年内继续努力攻关,继续提高机械化、自动化和专业化水平,为赶超世界先进水平而奋斗!

2005 年建设部颁发的“建筑业 10 项新技术”是我国近年来的发展方向。其中有关混凝土方面的内容明确要求推广“高性能混凝土技术”以及“混凝土裂缝防治技术”,“自密实混凝土技术”,“混凝土耐久性技术”,“清水混凝土技术”和“超高泵送混凝土技术”等五个分项。

高性能混凝土是在 20 世纪 70 年代提出来的。1990 年 5 月美国 ACI (混凝土学会)首次提出了有关 HPC(高性能混凝土)的定义,指出“HPC 是具备所要求的性能和均质性的混凝土,这种混凝土靠常规做法(诸如:传统的配合比、普通的拌和、浇灌与养护方法)是不可能获得的”。HPC 应具备以下特点:

(1)具有高长期力学性能。

(2)易于浇筑和压实而不离析(包括:可操作性、和易性、使混凝土匀质)。

(3)高早期强度。

(4)高韧性(不脆)。

(5)体积稳定(不产生裂缝)。

(6)在严酷环境下使用寿命长久(耐久性)。

所以,推广高性能混凝土可以解决当前混凝土工程中一些突出的疑难问题,如裂缝防治、抗渗和耐久性等问题。推广 HPC 首先要从配合比入手,简单的讲是要实现低水灰比(水胶比),掺加高效减水剂和掺加矿物细掺和料等,以提高混凝土的致密性。

混凝土裂缝的控制技术是当前迫切要解决一项问题。除了使用高性能混凝土技术外,还必须从原材料、配合比、施工工艺以及设计、使用等多方面予以解决。如在设计方面:要防止构件断面强度不足、钢筋用量不足、配置位置不当、结构物沉降差异、次应力作用和对温度应力、混凝土收缩应力估计不足以及温度筋配置不合理(钢筋粗而间距大)等情况的发生。在配合比方面:要解决水泥用量大、用水量大、水胶比大、砂率大、坍落度大等问题;在原材料选用方面,应避免出现选用水泥、外加剂、掺和料不当,或匹配不当,外加剂、硅灰等掺和料掺量过大等情况的发生;在施工方面:如拌和不均

匀,泵送时增加用水量,振捣不实,骨料下沉,泌水,混凝土表面强度偏低就进行下一道工序,施工缝处理不当,钢筋和预埋件被扰动,钢筋保护层厚度未达标准,养护措施不力,混凝土表面(指混凝土塑性状态时)抹压不及时等问题都会导致裂缝的产生;另外采用滑模工艺,混凝土被拉裂或坍塌,以及模板变形、过早拆模、模板支撑下沉,也是出现混凝土裂缝的重要原因。

使用及环境条件如环境温度、湿度的变化差异过大、冻融和冻胀、钢筋锈蚀、环境化学作用以及冲击振动影响等对裂缝的控制也有一定的影响。

混凝土的耐久性与裂缝有关,有效地防治混凝土裂缝是提高混凝土耐久性的重要措施。此外,在露天混凝土结构中对面层采取保护处理的方法也是十分必要的,如涂刷“水凝液”和渗透结晶型防水涂料等,都是提高混凝土耐久性的重要措施。这种处理虽然要增加一些费用,但可以延长混凝土使用寿命,应该是值得的。

清水混凝土技术仍然是今后的发展方向,两种清水混凝土应该以第一种清水混凝土为主,以解决在现浇混凝土表面不再抹灰的问题,这不仅彻底解决了抹灰空鼓、裂缝的通病,并且简化了施工工艺,节约了用工,加快了施工进度,具有明显的经济效益和社会效益,必须强制推广。在这个基础上总结、提高后再逐步发展装饰清水混凝土。推广装饰清水混凝土技术,反映了模板工程和混凝土工程的高度发展,体现了对模板、混凝土工艺的更高要求。

为了进一步加强混凝土的研究工作和提高混凝土施工工艺的技术水平,我国还需要从体制和管理上进行创新和改革。大力提高建筑施工工业化水平和机械化、工厂化水平。建议在现有基础上进一步实行混凝土工程专业化施工,从商品混凝土、运输、浇灌、振捣到养护全都由专业公司来承担,对整个过程的管理、安全、质量负全责,形成一条龙全过程的服务。实行混凝土专业化施工必然会带来混凝土专业公司与模板、钢筋之间的协作配合、协调和验收等问题,也必然会促使模板和钢筋的体制改革,即实行模板、钢筋走专业化施工的道路,这也是建筑施工发展必然之路。

杨嗣信

2006年4月

《混凝土工程现场施工实用手册》

本手册由北京双圆工程咨询
代理有限公司组织编写

主 编 杨嗣信
副主编 余志成 侯君伟

目 录

编 写 人

序	杨嗣信
1 混凝土组成材料	侯君伟、陆 岑
2 施工机具	侯君伟、吴 璉
3 混凝土配合比设计	侯君伟、王金富、侯庆宪
4 混凝土拌制和运送	侯君伟、龚庆仪
5 混凝土施工及质量检验	侯君伟、王玲莉
6 大体积混凝土工程施工技术	王庆生、钟为德
7 高性能混凝土施工	王庆生、陆 岑
8 自密实高性能混凝土	王庆生
9 补偿收缩混凝土	王庆生、吴 璉、高玉亭
10 清水混凝土施工	侯君伟
11 混凝土施工安全技术与质量通病防治	侯君伟
附录	侯君伟

目 录

1 混凝土组成材料	1
1-1 水泥	1
1-2 砂和石子	9
1-3 水	16
1-4 外加剂	17
1-5 掺和料	33
1-6 其他	36
2 施工机具	38
2-1 常用混凝土机具种类	38
2-2 机具使用注意事项	54
3 混凝土配合比设计	57
3-1 普通混凝土配合比设计	57
3-2 有特殊要求混凝土配合比设计	67
4 混凝土拌制和运送	77
4-1 混凝土拌制	77
4-2 混凝土运送	79
4-3 混凝土泵送	79
5 混凝土施工及质量检验	89
5-1 混凝土浇筑	89
5-2 混凝土养护与拆模	106
5-3 混凝土冬期施工	110
5-4 混凝土质量检验	115
6 大体积混凝土工程施工技术	130
6-1 大体积混凝土裂缝的形成与控制	130
6-2 大体积混凝土裂缝控制的计算	136
6-3 大体积混凝土施工技术措施	153
7 高性能混凝土施工	157
7-1 原材料要求	157
7-2 配合比设计原则和步骤	161
7-3 高性能混凝土的拌制与施工	165

8 自密实高性能混凝土	168
8-1 原材料和配合比	168
8-2 自密实混凝土性能	169
9 补偿收缩混凝土	171
9-1 材料要求	171
9-2 配合比和限制膨胀率计算	174
9-3 施工要点	176
10 清水混凝土施工	178
10-1 材料及模板等选用要求	178
10-2 清水混凝土配制要求	180
10-3 清水混凝土浇筑与养护	180
10-4 孔眼和缺陷修复	181
11 混凝土施工安全技术与质量通病防治	183
11-1 混凝土施工安全技术	183
11-2 质量通病防治	185
附录	189
附录 1 结构混凝土耐久性基本要求	189
附录 2 混凝土轴心抗压、抗拉强度	189
附录 3 常用建筑材料的密度	190
附录 4 水、砂、石质量标准	191
附录 5 混凝土外加剂常用掺量参考表	193
主要参考文献	195

1 混凝土组成材料

混凝土是以胶凝材料、水、细骨料、粗骨料、需要时掺入外加剂和矿物掺和料,按适当比例配合,经过均匀拌制、密实成型及养护硬化而成的人工石材。

本手册着重介绍一般工业与民用建筑、构筑物等以水泥为主的普通混凝土及部分特殊性能混凝土。

1-1 水 泥

1-1-1 常用水泥品种

常用的水泥有:硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。性能见表 1-1。

常用水泥的种类

表 1-1

项次	水泥名称	标准编号	原 料	代 号	特 性	强度等级	备注
1	硅酸盐水泥	(GB 175—1999)	硅酸盐水泥熟料、0%~5%的石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料	P·I、P·II*	早期强度及后期强度都较高,在低温下强度增长比其他种类的水泥快,抗冻、耐磨性都好,但水化热较高,抗腐蚀性较差	42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R	R系指早强型水泥
2	普通硅酸盐水泥	(GB 175—1999)	硅酸盐水泥熟料、6%~15%的石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料	P·O	除早期强度比硅酸盐水泥稍低,其他性能接近硅酸盐水泥	32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R	

续上表

项次	水泥名称	标准编号	原料	代号	特性	强度等级	备注
3	矿渣硅酸盐水泥	(GB 1344—1999)	硅酸盐水泥熟料和20%~70%粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料	P·S	早期强度较低,在低温环境中强度增长较慢,但后期强度增长较快,水化热较低,抗硫酸盐侵蚀性较好,耐热性较好,但干缩变形较大,析水性较大,耐磨性较差	32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R	
4	火山灰质硅酸盐水泥	(GB 1344—1999)	硅酸盐水泥熟料和20%~50%火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成	P·P	早期强度较低,在低温环境中强度增长较慢,在高温潮湿环境中(如蒸汽养护)强度增长较快,水化热较低,抗硫酸盐侵蚀性较好,但干缩变形较大,析水性较大,耐磨性较差	32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R	

续上表

项次	水泥名称	标准编号	原料	代号	特性	强度等级	备注
5	粉煤灰硅酸盐水泥	(GB 1344—1999)	硅酸盐水泥熟料和20%~40%粉煤灰、适量石膏磨细制成	P·F	早期强度较低,水化热比火山灰水泥还低,和易性好,抗腐蚀性好,干缩性也较小,但抗冻、耐磨性较差	32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R	
6	复合硅酸盐水泥	(GB 12958—1999)	硅酸盐水泥熟料、15%~50%两种或两种以上规定的混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料	P·C	介于普通水泥与火山灰水泥、矿渣水泥以及粉煤灰水泥性能之间,当复掺混合材料较少(小于20%)时,它的性能与普通水泥相似,随着混合材料复掺量的增加,性能也趋向所掺混合材料的水泥	32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R	

注: * 掺加不超过5%混合材料的称Ⅱ类,代号P·Ⅱ。

1-1-2 常用水泥的选用、适用范围和强度要求

常用水泥的选用及各种水泥的适用范围见表1-2、表1-3、表1-4。

常用水泥的选用

表 1-2

混凝土工程特点 或所处环境条件		优 先 选 用	可 以 使 用	不 得 使 用
环 境 条 件	在普通气候环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	在干燥环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	在高湿度环境中或永远处在水下的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	严寒地区的露天混凝土、寒冷地区的处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	严寒地区处在水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥		火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥
	受侵蚀性环境水或侵蚀性气体作用的混凝土	根据侵蚀性介质的种类、浓度等具体条件按专门(或设计)规定选用		
工 程 特 点	厚大体积的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥	硅酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥、高水化热水泥
	要求快硬的混凝土	快硬硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	高强(大于 C60)的混凝土	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	有抗渗性要求的混凝土	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥		矿渣硅酸盐水泥
	有耐磨性要求的混凝土	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

注:1. 蒸汽养护时用的水泥品种,宜根据具体条件通过试验确定。

2. 复合硅酸盐水泥选用应根据其混合材的比例确定。

各种水泥的适用范围

表 1-3

项次	水泥名称	水泥标准编号	基本用途	可用范围	不适用范围	使用注意事项
1	硅酸盐水泥	GB 175—1999	混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土的地上、地下和水中结构		受侵蚀水（海水、矿物水、工业废水等）及压力水作用的结构	使用加气剂可提高抗冻能力
2	普通硅酸盐水泥	GB 175—1999				
3	矿渣硅酸盐水泥	GB 1344—1999	混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构以及抗硫酸盐侵蚀的结构		需早期发挥强度的结构	加强洒水养护，冬期施工注意保温
4	火山灰质硅酸盐水泥	GB 1344—1999		高湿条件下的地上一般建筑	(1) 受反复冻融及干湿循环作用的结构。 (2) 干燥环境中的结构	加强洒水养护，冬期施工注意保温
5	粉煤灰硅酸盐水泥	GB 1344—1999	混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构；抗硫酸盐侵蚀的结构；大体积水工混凝土		需早期发挥强度的结构	加强洒水养护，冬期施工注意保温

续上表

项次	水泥名称	水泥标准编号	基本用途	可用范围	不适用范围	使用注意事项
6	抗硫酸盐硅酸盐水泥	GB 748—1996	受硫酸盐水溶液侵蚀,反复冻融及干湿循环作用的混凝土及钢筋混凝土结构	受硫酸盐(SO_4^{2-} 离子浓度在2500mg/L以下)水溶液侵蚀的混凝土及钢筋混凝土结构		配制混凝土的水灰比应小些
7	高抗硫酸盐水泥	—		受硫酸盐(SO_4^{2-} 离子浓度在2500~10000mg/L)水溶液侵蚀的混凝土及钢筋混凝土结构		严格控制水灰比
8	快硬硅酸盐水泥	GB 199—1990	要求快硬的混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土结构			
9	高强硅酸盐水泥	—	要求快硬、高强的混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土结构			(1)储存过久,易风化变质。 (2)需强烈搅拌,并最好采用预振和加压振捣

续上表

项次	水泥名称	水泥标准编号	基本用途	可用范围	不适用范围	使用注意事项
10	矾土水泥(高铝水泥)	GB 201—2000	(1) 耐热($< 1300^{\circ}\text{C}$)混凝土。 (2) 抗腐蚀(如弱酸性腐蚀、硫酸盐、镁盐腐蚀)的混凝土和钢筋混凝土	(1) 特殊需要的抢修抢建工程。 (2) 在 -5°C 以上施工的工程	(1) 蒸汽养护的混凝土。 (2) 连续浇筑的大体积混凝土。 (3) 与碱液接触的工程。 (4) 不宜制作薄壁构件	(1) 后期强度有下降。混凝土应以最低强度稳定值作为设计强度。 (2) 不得与硅酸盐水泥、石灰及碱性物质混合。 (3) 未经试验不得使用外掺剂。 (4) 钢筋混凝土结构的钢筋保护层应加大 $1\sim 2\text{cm}$ 。 (5) 在混凝土硬化过程中,环境温度不得超过 30°C
11	砌筑水泥	GB/T 3183—1997	(1) 钢筋混凝土预制构件之间的锚固连接(浆锚法)。 (2) 抢修及修补工程的灌孔、接缝、填充补强等		要求膨胀量大的混凝土不宜使用砌筑水泥	(1) 未经试验不得掺入其他外加剂。 (2) 可与硅酸盐水泥混合,但混合后即失去其原有特性。不得与其他水泥混用。 (3) 使用温度不得低于 5°C ,不得高于 40°C 。 (4) 水泥严防受潮