

《大体积混凝土施工规范》 实施指南

仲晓林 林松涛 主编

中国建筑工程工业出版社

《大体积混凝土施工规范》 实施指南

仲晓林 林松涛 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

《大体积混凝土施工规范》实施指南/仲晓林, 林松涛

主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 2

ISBN 978-7-112-12777-1

I. ①大… II. ①仲…②林… III. ①混凝土施工-施工技术-建筑规范-中国-指南 IV. ①TU755-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 254940 号

本书配合《大体积混凝土施工规范》GB 50496—2009 编写。第一篇为条文释义, 主要内容包括: 总则、术语、符号、基本规定、原材料、配合比、制备及运输、混凝土施工、温控施工的现场监测等; 第二篇为大体积混凝土施工技术研究; 第三篇为大体积混凝土工程应用实例。

本书融入了作者多年的大体积混凝土工程施工实践经验, 数据充实、可靠, 具有很强的实用价值, 可供设计、施工、监理和混凝土从业人员使用。

* * *

责任编辑: 郭 栋

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 陈晶晶

《大体积混凝土施工规范》实施指南

仲晓林 林松涛 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

北京千辰公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 4¼ 字数: 103 千字

2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月第一次印刷

定价: 21.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-12777-1

(20050)

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)

编委会名单

主 编：仲晓林 林松涛

副主编：彭宣常 仲朝明

编 委：仲晓林 林松涛 彭宣常 仲朝明 王铁梦 牟宏远
束廉阶 张晓平 陈定洪 刘小刚 张际斌 崔东靖
刘耀齐 张兴斌 郑昆白 谷政学 陈李华 赵 群
陈飞飞 张相宝 张 忠 程大业

前 言

本指南是根据国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496—2009 为基础编写的。内容包括：总则、术语、符号、基本规定、原材料、配合比、制备及运输、混凝土施工、温控施工的现场监测等。

《大体积混凝土施工规范》是根据原建设部“关于印发‘2006 年工程建设标准规范制定、修订计划（第二批）’的通知”（建标〔2006〕136 号）的要求，由中冶建筑研究总院有限公司会同有关科研、设计、施工和检测单位共同编制而成。

该《规范》编制过程中，编制组开展了大量的试验研究，进行了广泛的调查分析，召开了多次专题研讨会，总结了多年来我国大体积混凝土施工技术的实践经验，与国内相关的标准规范进行了协调，与国际先进的标准规范进行了比较和借鉴。在此基础上以各种方式广泛征求了全国有关单位的意见并进行了工程试应用，对主要问题进行了反复的讨论和研究，最后经审查定稿。

《大体积混凝土施工规范》是在原国家行业标准《块体基础大体积混凝土施工技术规范》YBJ 224—91 的基础上并总结了最近 20 年中大体积混凝土施工技术的发展和进步而产生的。

《大体积混凝土施工规范》中首次提出在大体积混凝土中掺入外加剂、粉煤灰和磨细矿渣粉对胶凝材料水化热、混凝土抗拉强度、收缩和弹性模量影响的修正系数。首次提出了在大体积混凝土施工设计中可采用 60d 或 90d 强度作为验收指标，较全面地规定了大体积混凝土施工技术的基本规定、原材料、配合比、制备及运输、混凝土施工和温控施工现场监测等技术措施，对于规范大体积混凝土施工、提升混凝土施工技术水平、保证施工质量、节约能源具有积极促进作用。

为了满足广大工程设计、建设、施工、监理、检测和混凝土生产等各方面工程技术人员的需求，更好地把握《大体积混凝土施工规范》在混凝土施工中的运用，达到保证大体积混凝土工程施工质量的目的，编写了本《指南》。该书理论基础扎实，并融入了多年的大体积混凝土工程施工实践经验，数据充实、可靠，具有很强的实用价值。在《指南》编写过程中，得到了有关领导、前辈、同事们的支持和帮助，在此深表谢意。由于时间仓促，编写中仍存在许多不足，敬请批评指正。

目 录

第一篇 《大体积混凝土施工规范》条文释义

1 总则	1
2 术语、符号	4
2.1 术语	4
2.2 符号	7
3 基本规定	9
4 原材料、配合比、制备及运输	11
4.1 一般规定	11
4.2 原材料	11
4.3 配合比设计	17
4.4 制备及运输	20
5 混凝土施工	22
5.1 一般规定	22
5.2 施工技术准备	26
5.3 模板工程	27
5.4 混凝土浇筑	28
5.5 混凝土养护	30
5.6 特殊气候条件下的施工	32
6 温控施工的现场监测	34
附录 A 混凝土泵输出量和所需搅拌运输车数量的计算方法	41
附录 B 大体积混凝土浇筑体施工阶段温度应力与收缩应力的计算方法	42
B.1 混凝土的绝热温升	42
B.2 混凝土收缩值的当量温度	43
B.3 混凝土的弹性模量	45
B.4 温升估算	46
B.5 温差计算	46
B.6 温度应力计算	47
B.7 控制温度裂缝的条件	48
附录 B ₁ 温度场和温度应力计算示例	50
附录 C 大体积混凝土浇筑体表面保温层的计算方法	60

第二篇 大体积混凝土施工技术研究

外加剂和掺合料对混凝土力学性能的影响	63
外加剂和掺合料对水泥水化热的影响	74
大体积混凝土裂缝控制	87
大体积混凝土施工养护方式及技术指标有限单元法分析与研究	93
滑动层对上部基础施工温度应力的影响有限元分析及应变监测研究	99
CPR1000 核电站基础大体积混凝土温度应力特性	106
核电站基础大体积混凝土水化特性	112
高温、高湿环境核电站核岛筏形基础整体浇筑温度应变监控研究	117
有限单元法在大体积混凝土筏形基础温控施工中的应用	122
CPR1000 核电站基础大体积混凝土现场监控	127
“动态设计养护”法在核电站筏形基础整浇养护中的应用	132
大体积混凝土裂缝产生原因及控制措施	139
C60 自密实大体积混凝土配合比设计及裂缝控制	145
大体积混凝土裂缝控制综合措施探讨	151

第三篇 大体积混凝土工程应用实例

京唐 5500m ³ 高炉基础大体积混凝土温控防裂	159
沙钢中区改造高炉工程高炉基础大体积混凝土温度控制施工技术	165
3 × 300t 转炉基础大体积混凝土施工技术	175
大体积混凝土施工技术——上海宝钢集团浦钢搬迁罗泾 COREX 炉基础施工	180
1780mm 热轧不锈钢轧机箱形基础混凝土工程裂缝的控制	188
浅谈跳仓法在冷床底板混凝土施工中的应用	198
电厂锅炉基础温控防裂技术措施及其效果评估	205
锅炉大体积混凝土裂缝控制技术研究	210
有限元法在某 CPR1000 核电站筏形基础施工裂缝控制中的应用	215
大体积混凝土冬期施工质量控制	222
超大掺量粉煤灰技术在 CCTV 主楼底板混凝土施工中的应用	227
CCTV 底板超厚大体积混凝土施工技术	232
CCTV 主楼底板混凝土的温度及应力场分析	237
CCTV 主楼底板混凝土施工组织与管理	246
河北开元环球中心超厚底板大体积混凝土施工技术	250
大连城市广场大体积混凝土基础温控防裂	260

(注：第二篇、第三篇内容见光盘)

第一篇 《大体积混凝土施工规范》条文释义

1 总 则

1.0.1 为使大体积混凝土施工符合技术先进、经济合理、安全适用的原则，确保工程质量，制定本规范。

在工业与民用建筑（包括建筑物和构筑物）工程的大体积混凝土施工中，由于水泥水化热引起混凝土浇筑体内部温度剧烈变化，使混凝土浇筑体早期塑性收缩和混凝土硬化过程中的收缩增大，混凝土浇筑体内部的温度—收缩应力剧烈变化，而导致混凝土浇筑体或构件发生裂缝的现象并不罕见。

如何防止大体积混凝土施工中出现有害裂缝是大体积混凝土施工中的关键技术问题。特别是随着国民经济的快速发展，在大体积混凝土施工中，由于混凝土建（构）筑物设计强度等级的提高，水泥等胶凝材料细度的提高，各种外加剂的掺入，用水量的减少，使大体积混凝土施工过程中因水泥水化热产生的温度应力或由于混凝土干燥收缩而产生的收缩应力的变化引起混凝土体积变形而产生裂缝的防控问题更为突出。

从 20 世纪 70 年代至今 30 余年的时间里，随着现浇混凝土和机械化施工水平的提高，大流动性、预拌混凝土广泛应用在冶金、电力（包括核电）、民用高层及超高建筑物基础、设备基础、上部结构等大体积混凝土工程施工中。我们在科学试验的基础上，不断地总结工程经验与教训，逐步形成了一整套大体积混凝土防裂的技术措施和方法。采取了以保温、保湿养护为主体，抗放兼施为主导的大体积混凝土温控措施新技术。在大体积混凝土工程设计、设计构造要求、混凝土强度等级选择、混凝土后期强度利用、混凝土材料选择、配比的设计、制备、运输、施工，混凝土的保温保湿养护以及在混凝土浇筑硬化过程中浇筑体内温度及温度应力的监测和应急预案的制定等环节，采取了一系列的技术措施，成功完成了大量大型冶金设备基础，大型火力、发电设备基础和上部超大、超厚构件的核电基础及安全壳、高层超高层的建筑物的基础、超高烟囱基础、大型文化体育场馆、航站楼、超长结构等大体积混凝土工程的施工积累了丰富的经验。如 5500m^3 高炉基础、百万千瓦发电机组、锅炉基础等，一次浇筑混凝土量在 10000m^3 以上，成功地控制现场混凝土裂缝出现和发展的过程，确保了工程质量。

1991 年，冶金工业部建筑研究总院编制了冶金系统行业标准《块体基础大体积混凝土施工技术规程》YBJ 224—91。该行业标准在执行的十多年中，为国内大体积混凝土施工的质量控制起到了良好的指导作用，并产生了良好的社会效益。

随着我国国民经济和工业与民用建筑物的发展，冶金、电力、石化，超大型生产设备的发展，大体积混凝土施工工程也越来越多，国家行业标准 YBJ 224—91 在适用的范围和深度上不能满足当前在工业与民用建筑工程中大体积混凝土施工的需要。

为使今后大体积混凝土施工中以防为主（保温保湿为主要措施）应用抗放兼施的原则，推进温控施工新技术的应用。我们在总结大量试验研究、科研成果和工程实践的基础上，组织相关行业的专业技术人员和专家学者编制了本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑混凝土结构工程中混凝土工程的施工。本规范不适用于碾压混凝土和水工大体积混凝土工程的施工。

该条对本规范的适用范围作了规定。对大体积混凝土的界定，是根据冶金、电力、核电、石化、机械、交通和大型民用建筑等建设工程施工经验，对按大体积混凝土施工的厚大块体结构的最小厚度和体积作了的规定（见 2.1.1）。同时，考虑目前许多工业与民用建筑物结构虽然其结构的厚度和分块体积并不大，但由于其在施工和结构设计中忽略了温控和抗裂措施，使得这类结构在施工阶段中出现裂缝，影响了结构的使用和耐久性。因此，把需要温控和采取抗裂措施的这类混凝土结构称为是有大体积混凝土性质的混凝土结构，本规范也适用于这类混凝土结构的工程施工。

本规范不适用水工和碾压大体积混凝土的主要原因是：

1. 水工用大体积混凝土所用水泥大多用低热水泥或大坝水泥；而本规范所指大体积混凝土大多用普通硅酸盐水泥。

2. 与本规范所指的大体积混凝土相比，碾压混凝土的水泥用量和坍落度都比较低，且大多数是素混凝土。

1.0.3 大体积混凝土施工除应遵守本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

该条规定了本规范与其他规范、标准的关系。因为大体积混凝土工程施工属于钢筋混凝土工程施工的一部分，但由于其具有水泥水化热引起温度应力和收缩应力的特殊问题，大体积混凝土的施工除应遵守本规范之外，尚应遵守与钢筋混凝土工程施工有关的技术规范和标准的规定进行施工和工程验收。

尚应符合下述的国家现行有关标准：

1. 原材料标准

《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007

《混凝土外加剂》GB 8076—2008

《混凝土外加剂应用技术规范》GB/T 50119—2003

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596—2005

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉渣粉》GB/T 18046—2008

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52—2006

《混凝土用水标准》JGJ 63—2006

2. 配合比设计及性能检测

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2000

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080—2002

《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081—2003

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082—2009

3. 设计及验收

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107—2010

《混凝土质量控制标准》GB 50164—1992

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002

4. 其他

《水泥水化热测定方法》GB/T 12959—2008

《预拌混凝土》GB/T 14902—2003

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 大体积混凝土 mass concrete

混凝土结构物实体最小尺寸不小于1m的大体量混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2000 中关于大体积混凝土的定义：混凝土结构物实体最小尺寸等于或大于1m，或预计会因水泥水化热引起混凝土内外温差过大而导致裂缝的混凝土。

与本标准它的区别主要有3点：

1. 最小尺寸用不小于1m替代大于等于1m。
2. 用混凝土中胶凝材料替代水泥。因为粉煤灰、矿粉、硅灰等也具有水化活性，会改变混凝土的水化放热速率及放热量。
3. 用温度变化和收缩代替内外温差过大。以前考虑胶凝材料水化热引起的温度应力，现在同时又增加了温度变化引起的收缩应力作用，它们都是引起大体积混凝土裂缝产生的主要因素。

美国混凝土协会标准 ACI 207 将大体积混凝土定义为：任意体量的混凝土，其尺寸足以要求必须采取措施，控制由于体积变形（温度及收缩作用）引起裂缝的混凝土称为“大体积混凝土”。

日本建筑协会标准 JASS5 对大体积混凝土的定义为：凡是超过80cm厚，由于温度及收缩作用，温度应力比荷载作用大得多，温度应力起控制作用的块体或构筑物，称大体积混凝土。该定义同时考虑到了温度变化和收缩作用，但强调温度应力比荷载作用大得多，温变应力起主导作用，但是在实际工程中很难定量考虑。

该定义的理解主要是从两个方面入手：

1. 只要最小尺寸不小于1m，就是大体积混凝土（碾压和水工混凝土除外）；
2. 如果最小尺寸小于1m，可以根据实际情况来判定是否归属于大体积混凝土范畴以及是否按照《大体积混凝土施工规范》来执行，举例来说：

(1) 自密实混凝土，通常自密实混凝土的单方胶凝材料都在500kg以上，水化放热及收缩都比普通混凝土大，因此即使最小尺寸小于1m，也可以按照大体积混凝土的温控防裂措施来施工；

(2) 有实际工程开裂教训的普通混凝土工程，例如一期工程没有按照大体积混凝土施工规范进行施工，结果出现有害裂缝，那么后期可以按照本标准进行施工。

2.1.2 胶凝材料 cementing material

用于配制混凝土的硅酸盐水泥与活性矿物掺合料的总称。

由于粉煤灰、矿渣粉、硅灰等活性矿物掺合料也具有水化活性，对混凝土的水化热有一定的影响，因此在标准中将硅酸盐水泥和活性矿物掺合料统称为胶凝材料，水化热试验、温升曲线模拟计算等均是胶凝材料为基础，而不单独说硅酸盐水泥。

2.1.3 跳仓施工法 alternative bay construction method

在大体积混凝土工程施工中，将超长的混凝土块体分为若干小块体间隔施工，经过短期的应力释放，再将若干小块体连成整体，依靠混凝土抗拉强度抵抗下一段的温度收缩应力的施工方法。

2.1.4 永久变形缝 permanent deformation seam

将建筑物（构筑物）垂直分割开来的永久留置的预留缝，包括伸缩缝和沉降缝。

伸缩缝仅将基础以上的建筑物分开，而沉降缝则将建筑物连同基础一起分开。在布置变形缝时，宜将伸缩缝和沉降缝结合起来处理，往往一缝兼有两缝甚至三缝的作用。变形缝是在建筑结构的总体布置中，要考虑沉降、温度收缩和体型复杂对结构的危害而设置的。对这两种缝的要求，有关规范都作了原则性规定。但在高层建筑中，常常由于建筑使用要求和立面效果考虑，以及防水处理困难等，希望少设或不设缝；从结构设计和施工上看，缝的设置常常造成材料多样、结构复杂和施工困难；在地震区建筑中，由于缝将房屋分成几个独立的部分，地震时常常因为互相碰撞而造成震害。因此，在高层建筑中，目前的总趋势是避免设缝。

2.1.5 竖向施工缝 vertical construction seam

混凝土不能连续浇筑时，因混凝土浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的垂直方向的预留缝。

2.1.6 水平施工缝 horizontal construction seam

混凝土不能连续浇筑时，因混凝土浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的水平方向的预留缝。

“施工缝”又称“建筑缝”或“工作缝”。施工缝分水平施工缝和竖向施工缝，是因每天完工或因故施工中断而设置的接缝。水平施工缝一般做成横缝形式，并设传力杆；竖向施工缝一般做成企口缝形式，须设置拉杆。但对预制构件和设计上要求抗裂、抗渗的结构和部位，不得设置施工缝。

2.1.7 温度应力 thermal stress

混凝土的温度变形受到约束时，混凝土内部所产生的应力。

由于混凝土是热的不良导体，对于大体积混凝土结构来说，混凝土中心部位的水化热不易扩散，而表面混凝土向空气中散热比较容易，由此造成了混凝土的内外温差。内部混凝土的受热膨胀受到外部混凝土的约束，因而内部产生压应力，外部产生拉应力。当外部混凝土的拉应力超过其极限抗拉强度时，即出现裂缝。

2.1.8 收缩应力 shrinkage stress

混凝土的收缩变形受到约束时，混凝土内部所产生的应力。

引起混凝土收缩变形的因素有很多，例如：混凝土浇筑初期水分散失导致的塑性收缩、硅酸盐水泥的水化产生的化学收缩等。当这些收缩受到基层、钢筋或者混凝土本身的约束时，就会产生收缩应力。例如：混凝土浇筑初期，表层的混凝土水分散失的速率会远远大于内部的混凝土，由此表层产生的收缩也远大于内部，从而导致表层混凝土的收缩受到内部混凝土的约束，从而形成收缩应力。

2.1.9 温升峰值 peak value of rising temperature

混凝土浇筑体内部的最高温升值。

在大体积混凝土浇筑过程中，由于胶凝材料水化的放热作用，使大体积混凝土内部产生的水化热大于散热时，表现为内部温度逐渐上升。当大体积混凝土浇筑体内部的温升达到最高时（一般3~7d）的温度值称为温升峰值。

2.1.10 里表温差 temperature difference of core and surface

混凝土浇筑体中心与混凝土浇筑体表层温度之差。

由于在大体积混凝土浇筑体内的不同位置存在温差，而在温控计算时需要得到里表温差，因此这一概念非常重要。这“里”指中心温度，而“表”指离混凝土浇筑体外表面垂直向中心5mm层的温度。里表温差一般控制在25℃以内。

2.1.11 降温速率 descending speed of temperature

散热条件下，混凝土浇筑体内部温度达到温升峰值后，单位时间内温度下降的值。

大体积混凝土浇筑体内由于胶凝材料水化而产生热量，使混凝土浇筑体内温度高于表层温度。当散热作用大于温升时，会使混凝土浇筑体内温度逐渐下降，一般以天为单位来衡量温度下降的速率，每天混凝土浇筑体内温度下降的值称为降温速率，降温速率一般不大于2℃/d。

2.1.12 入模温度 temperature of mixture placing to mold

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

混凝土拌合物通过搅拌、运输和泵送，浇筑到预先支好的模板内，此时混凝土拌合物的温度称之为入模温度。冬季时要求该温度不低于5℃，以防止混凝土被冻坏；夏季时为了控制混凝土的温升峰值，需要通过冷却骨料、冰水拌合等方法，降低混凝土的入模温度。

2.1.13 有害裂缝 harmful crack

缝隙从混凝土表面延伸到混凝土内部并影响结构安全或使用功能的裂缝。

这里实际上有两层意思：一是指裂缝的形式是从混凝土表面延伸到混凝土内部；二是指裂缝对混凝土结构和使用功能产生不利影响（如强度和耐久性等）的裂缝。

总结世界各国的经验，根据混凝土结构使用要求和现场条件，可以允许的无害裂缝宽度分为两种：一是正常条件下无特殊要求时允许的无害裂缝，宽度为0.3~0.4mm；二是有侵蚀介质或防水抗渗要求时允许的无害裂缝，宽度为0.1~0.2mm。我国各种规范中允许的无害裂缝宽度一般为0~0.3mm，其中预应力结构不允许有裂缝出现。

2.1.14 贯穿性裂缝 through crack

贯穿混凝土全截面的裂缝。

贯穿混凝土浇筑体全截面的这种裂缝一般是有害裂缝，需要进行处理。而该标准中所采取各种措施就是为了防止此类裂缝的产生。

2.1.15 绝热温升 adiabatic temperature rise

混凝土浇筑体处于绝热状态，内部某时刻温升值。

假设大体积混凝土浇筑体处于绝热状态，在混凝土浇筑体内部某一时间温度上升的值。它与每立方米混凝土的胶凝材料用量、混凝土比热容、混凝土的质量密度、龄期、水泥品种和浇筑温度等有关。

2.1.16 胶浆量 binder paste content

混凝土中胶凝材料浆体量占混凝土总量之比。

这里所指的胶凝材料浆体量应包括各种胶凝材料、外加剂和拌合水，也就是指混凝土中除粗细骨料以外的其他所有组分的质量，单位为kg/m³。

假设 1m^3 混凝土中除了粗细骨料以外其他所有组分的质量为 480kg ，而 1m^3 混凝土的质量为 2400kg ，那么该混凝土的胶浆量则为 20% 。

2.2 符 号

2.2.1 温度及材料性能

- a ——混凝土的热扩散率， m^2/s ；
- C ——混凝土比热容， $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ；
- C_x ——外约束介质（地基或老混凝土）的水平变形刚度（ N/mm^3 ）；
- E_0 ——混凝土弹性模量（ N/mm^2 ）；
- $E(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的弹性模量（ N/mm^2 ）；
- $E_i(t)$ ——第 i 计算区段，龄期为 t 时，混凝土的弹性模量（ N/mm^2 ）；
- $f_{ik}(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值（ N/mm^2 ）；
- K_b, K_1, K_2 ——混凝土浇筑体表面保温层传热系数修正值；
- m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数；
- Q ——胶凝材料水化热总量（ kJ/kg ）；
- Q_0 ——水泥水化热总量（ kJ/kg ）；
- Q_t ——龄期 t 时的累积水化热（ kJ/kg ）；
- R_s ——保温层总热阻 [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]；
- t ——混凝土的龄期（ d ）；
- T_b ——混凝土浇筑体表面温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_b(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体内的表层温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_{bm}(t)、T_{dm}(t)$ ——混凝土浇筑体中部达到最高温度 $T_{\max}$ 时，其块体上、下表面的温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_{\max}$ ——混凝土浇筑体内中部的最高温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_{\max}(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体内中部的最高温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- T_q ——混凝土达到最高温度时的大气平均温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土的绝热温升（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_y(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土收缩当量温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $T_w(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体预计的稳定温度或最终稳定温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）
- $\Delta T_1(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑块体的里表温差（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $\Delta T_2(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑块体在降温过程中的综合降温差（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $\Delta T_{1\max}(t)$ ——混凝土浇筑后可能出现的最大里表温差（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $\Delta T_{1i}(t)$ ——龄期为 t 时，在第 i 计算区段混凝土浇筑块体里表温度的增量（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- $\Delta T_{2i}(t)$ ——龄期为 t 时，在第 i 计算区段内，混凝土浇筑块体综合降温差的增量（ $^{\circ}\text{C}$ ）；
- β_{μ} ——固体在空气中的传热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；
- β_s ——保温材料总传热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；
- λ_0 ——混凝土的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；

λ_i ——第 i 层保温材料的导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ 。

2.2.2 数量几何参数

H ——混凝土浇筑体的厚度, 该厚度为浇筑体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和 (mm);

h ——混凝土结构的实际厚度 (mm);

h' ——混凝土的虚拟厚度 (mm);

L ——混凝土搅拌运输车往返距离 (km);

N ——混凝土搅拌运输车台数;

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量 (m^3/h);

$Q_{\max}$ ——每台混凝土泵的最大输出量 (m^3/h);

S_0 ——混凝土搅拌运输车平均行车速度 (km/h);

T_1 ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间 (h);

V ——每台混凝土搅拌运输车的容量 (m^3);

W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量 (kg/m^3);

α_1 ——配管条件系数;

δ ——混凝土表面的保温层厚度 (m);

δ_i ——第 i 层保温材料厚度 (m)。

2.2.3 计算参数及其他

$H(t, \tau)$ ——在龄期为 τ 时产生的约束应力延续至 t 时的松弛系数;

K ——防裂安全系数;

k ——不同掺量掺合料水化热调整系数;

k_1 、 k_2 ——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的水化热调整系数;

M_1 、 M_2 …… M_{11} ——混凝土收缩变形不同条件影响修正系数;

$R_i(t)$ ——龄期为 t 时, 在第 i 计算区段, 外约束的约束系数;

n ——常数, 随水泥品种、比表面积等因素不同而异;

$\bar{r}$ ——水力半径的倒数 (m^{-1});

α ——混凝土的线膨胀系数;

β ——混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数;

β_1 、 β_2 ——混凝土中粉煤灰、矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数;

ρ ——混凝土的质量密度 (kg/m^3);

ε_y^0 ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值;

$\varepsilon_y(t)$ ——龄期为 t 时, 混凝土收缩引起的相对变形值;

λ ——掺合料对混凝土抗拉强度影响系数;

λ_1 、 λ_2 ——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的抗拉强度调整系数;

$\sigma_x(t)$ ——龄期为 t 时, 因综合降温差, 在外约束条件下产生的拉应力 (MPa);

$\sigma_z(t)$ ——龄期为 t 时, 因混凝土浇筑块体里表温差产生自约束拉应力的累计值 (MPa);

η ——作业效率;

$\sigma_{z\max}$ ——最大自约束应力 (MPa)。

3 基本规定

3.0.1 大体积混凝土施工应编制施工组织设计或施工技术方案。

大体积混凝土工程施工时，除应满足普通混凝土施工所要求的混凝土力学性能及可施工性能外，还应控制有害裂缝的产生。为此，施工单位应预先制定好满足上述要求的施工组织设计和施工技术方案。并应进行技术交底，切实贯彻执行。混凝土抗裂是一个综合性问题。只有设计与施工单位的密切配合，在结构的防裂设计，材料选用、施工工艺、温控等方面采取综合技术措施才能有效地解决这一问题。而大量工程的成功经验对结构设计和优化温控和防裂措施具有很好的借鉴作用。

3.0.2 大体积混凝土工程施工除应满足设计规范及生产工艺的要求外，尚应符合下列要求：

1 大体积混凝土的设计强度等级宜为 C25 ~ C40，并可采用混凝土 60d 或 90d 的强度作为混凝土配合比设计、混凝土强度评定及工程验收的依据；

根据现有资料统计，一般大体积混凝土的设计强度等级在 C25 ~ C40 的范围内比较适宜。从冶金、电力、核电、石化等行业的资料体现，许多工程已经或可以考虑利用 60d 或 90d 混凝土强度作为评定工程交工验收及设计的依据。这是一种有科学依据、工程实践，并可节能、降耗，有效减少有害裂缝产生的技术措施。

2 大体积混凝土的结构配筋除应满足结构强度和构造要求外，还应结合大体积混凝土的施工方法配置控制温度和收缩的构造钢筋；

本款提出在大体积混凝土施工对结构的配筋除应满足结构强度和构造要求外，还应满足大体积混凝土施工的具体办法（整体浇筑、分层浇筑或跳仓浇筑），配置承受因水泥水化热和收缩而引起的温度应力和收缩应力的构造钢筋。

3 大体积混凝土置于岩石类地基上时，宜在混凝土垫层上设置滑动层；

在大体积混凝土施工中考虑岩石地基对它的约束时，宜在混凝土垫层上设置滑动层，滑动层构造可采用一毡二油或一毡一油（夏季），以达到尽量减少约束的目的。

4 设计中宜采取减少大体积混凝土外部约束的技术措施；

该款中所指的减少大体积混凝土外部约束是指：模板、地基、桩基和已有混凝土等外部约束。

5 设计中应根据工程情况提出温度场和应变的相关测试要求。

本款是指设计单位应根据具体大体积混凝土工程的情况，在遵照本规范第 6 章相关要求的同时，提出测试温度场和应变（根据需要）的具体测试要求。

3.0.3 大体积混凝土工程施工前，宜对施工阶段大体积混凝土浇筑体的温度、温度应力及收缩应力进行试算，确定施工阶段大体积混凝土浇筑体的温升峰值、里表温差及降温速率的控制指标，制定相应的温控技术措施。

本条确定了大体积混凝土在施工方案阶段应做的试算分析工作，对大体积混凝土浇筑体在浇筑前，应进行温度、温度应力及收缩应力的验算分析。其目的是为了确定温控指标（温升峰值、里表温差、降温速率、混凝土表面与大气温差）及制定温控施工的技术措施（包括混凝土原材料的选择、混凝土拌制、运输过程及混凝土养护的降温和保温措施、温

度监测方法等), 以防止或控制有害裂缝的发生, 确保施工质量。

3.0.4 温控指标应符合下列规定:

1 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50℃;

混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50℃, 这一条主要是从混凝土内部最高温度和混凝土整体降温幅度两方面来考虑的。如果混凝土的温升值大于 50℃, 那么加上入模温度, 混凝土中心温度很可能超过 80℃, 这为延迟钙矾石的形成提供了条件, 可能会造成混凝土后期强度及耐久性的衰减; 另外, 如果混凝土的温升值过大, 那么混凝土的整体温度会比气温高出很多, 随后的降温幅度也相应较大。假设混凝土的入模温度和气温一致, 温升值为 50℃, 后期混凝土温度下降到气温, 那么混凝土整体的降温幅度也是 50℃, 而硬化后的混凝土线性热膨胀系数约为 1.0×10^{-5} , 那么降温带来的收缩值就达到了 0.05%, 很可能造成混凝土的整体开裂。

2 混凝土浇筑体的里表温差 (不含混凝土收缩的当量温度) 不宜大于 25℃;

里表温差主要是从混凝土温度应力的大小方面来考虑的。混凝土浇筑以后, 由于混凝土内部的水化热无法及时散失, 造成了混凝土浇筑体中心的温度明显高于表层。相对来说, 中心的混凝土受热膨胀, 膨胀受到约束而形成压应力; 而表层的混凝土冷却收缩, 收缩受到约束而形成拉应力。而当里表温差超过 25℃ 时, 表层混凝土受到的拉应力 (包括了温度应力及收缩应力) 很可能超过混凝土的抗拉强度, 造成混凝土的开裂。因此, 规定了混凝土浇筑体的里表温差 (不含混凝土收缩的当量温度) 不宜大于 25℃。

3 混凝土浇筑体的降温速率不宜大于 2.0℃/d;

虽然混凝土最终的温度要降至和气温一致, 由降温形成的收缩值也是不变的。但是降温速率越慢, 混凝土由最高温度降至气温的时间越长。在这段时间内, 混凝土的强度也逐渐增长, 尤其是抗拉的强度的不断增长, 使得混凝土浇筑体抗开裂能力也逐渐加强; 此外, 降温时间较长, 还可以利用混凝土的徐变来降低开裂的风险。因此, 标准规定, 混凝土浇筑体的降温速率不宜大于 2.0℃/d。

4 拆除保温覆盖层时, 混凝土浇筑体表面与大气温差不宜大于 20℃。

本款是指在拆除大体积混凝土保温覆盖层时要测定混凝土浇筑体表面和大气环境温度。防止由于温差过大, 造成混凝土表面降温速率大而引起温度收缩应力过大产生的裂缝。

3.0.5 大体积混凝土施工前, 应做好各项施工前准备工作, 并与当地气象台、站联系, 掌握近期气象情况 (如高温、寒潮等)。必要时, 应增添相应的技术措施。在冬期施工时, 尚应符合国家现行有关混凝土冬期施工的标准。

本条提出了大体积混凝土施工前, 必须了解掌握气候变化, 并尽量避开恶劣气候的影响。如大雨、大雪等天气, 若无良好的防雨雪措施, 就会影响混凝土的质量。高温天气如不采取遮阳、降温措施, 骨料的高温会直接影响混凝土拌合物的出罐温度和入模温度。而在寒冷季节施工, 会给大体积混凝土增加保温、保湿养护措施的费用, 并给温控带来困难。所以, 应与当地气象台、站联系, 掌握近期的气象情况, 避开恶劣气候的影响十分重要。