

混凝土手册

HUNNINGTU SHOUCHE

第五分册

主编 王昇 周兆桐

吉林科学技术出版社

混凝土手册

(第五分册)

主编 王昇 周兆桐

吉林科学技术出版社

混 凝 土 手 册

第五分册

主 编 王 昇 周兆桐

*

吉林科学技术出版社出版 吉林省新华书店发行
长春市第五印刷厂印刷

*

787×1092毫米16开本 18印张 429,000字

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数: 1—20,000册

统一书号: 15376·28 定价: 4.00元

(共六分册)

目 录

第九篇 混凝土特殊施工方法

第一章 寒冷条件下的混凝土施工

- 第一节 概述..... (1)
- 第二节 寒冷条件对混凝土的影响..... (2)
 - 一、早期受冷对混凝土的损害 (2)
 - 二、混凝土早期的抗冻性 (3)
 - 三、混凝土强度在低温及负温下的发展 (4)
- 第三节 寒冷条件下混凝土施工的气候因素..... (6)
 - 一、天气与气候 (6)
 - 二、气温 (6)
 - 三、进入冬季的日平均气温和最低气温的关系..... (7)
- 第四节 寒冷条件下混凝土拌合物的制备、运输、浇灌和养护..... (10)
 - 一、原材料及配比 (10)
 - 二、原材料加热和拌制 (11)
- 第五节 寒冷条件下的混凝土施工方法..... (14)
 - 一、材料加热法施工 (14)
 - 二、混凝土的蓄热法施工 (17)
 - 三、混凝土蒸汽加热法施工 (21)
 - 四、混凝土的电热法施工 (34)
 - 五、混凝土的掺化学外加剂施工方法 (43)
- 第六节 寒冷条件下混凝土施工的质量控制..... (50)
 - 一、混凝土施工方法的合理选择 (50)
 - 二、混凝土温度的测定 (51)
 - 三、混凝土试件的测定 (51)

第二章 炎热条件下的混凝土施工

- 第一节 概述..... (52)
- 第二节 材料..... (54)
 - 一、水泥 (54)
 - 二、骨料 (54)
 - 三、水 (54)
- 第三节 配合比..... (54)
- 第四节 搅拌..... (54)
- 第五节 施工..... (55)
 - 一、运输 (55)
 - 二、浇筑 (55)
 - 三、养护 (56)

第三章 水工混凝土施工

- 第一节 水工混凝土组成材料..... (57)
 - 一、水泥 (57)
 - 二、骨料 (57)
 - 三、水 (59)
 - 四、活性混合材 (59)
 - 五、外加剂 (59)
- 第二节 水工混凝土配合比的选择..... (60)
- 第三节 水工混凝土拌和、浇筑、养护..... (62)
 - 一、拌和 (62)
 - 二、浇筑 (63)
 - 三、养护 (65)

第四节 水下混凝土施工的要点	(65)
第五节 质量控制与检验	(66)
第四章 海洋混凝土施工	
第一节 概述	(68)
一、海洋工程混凝土的定义 (68)	二、海洋工程的发展概况 (68)
三、海洋混凝土工程分类 (70)	四、海洋混凝土工程的特殊施工条件 (70)
五、海洋混凝土工程的施工特点 (72)	
第二节 海洋工程混凝土的技术要求	(74)
一、海洋工程混凝土所处的环境条件 (74)	
二、海洋工程混凝土破坏的因素、规律和特征 (75)	
三、海洋工程混凝土的部位划分 (75)	
四、海洋工程混凝土的技术要求 (76)	
五、为满足海洋工程混凝土耐久性的技术措施 (78)	
第三节 原材料的特殊要求	(79)
一、水泥 (79)	二、细骨料 (80)
三、粗骨料 (80)	
四、拌和用水 (80)	五、外加剂 (81)
第四节 施工要点	(82)
一、施工程序 (82)	二、特殊要求 (83)
第五节 施工设施与设备	(84)
一、沉箱预制场 (84)	二、块体预制场 (87)
三、桩、梁、板预制场 (89)	四、专用设备 (89)
第六节 各类混凝土预制构件的施工	(93)
一、沉箱 (93)	二、混凝土块体 (96)
三、桩、梁、板 (101)	
第七节 各类工程的施工	(102)
一、海外设施的施工 (102)	二、靠船设施的施工 (105)
三、修船、过船和挡潮设施的施工 (112)	
第八节 质量评定标准	(115)
一、混凝土和钢筋混凝土工程 (115)	二、预制构件安装 (119)
第五章 耐蚀混凝土施工	
第一节 概述	(121)
第二节 水玻璃耐酸混凝土	(122)
一、概述 (122)	二、水玻璃耐酸混凝土的原材料 (122)
三、配制工艺及参考配合比 (125)	四、水玻璃耐酸混凝土施工要点 (125)
五、养护和酸化处理 (126)	
第三节 耐碱混凝土	(127)
一、概述 (127)	二、耐碱混凝土的原材料 (127)
三、耐碱混凝土的配合比 (128)	四、耐碱混凝土的施工 (129)
第四节 耐油混凝土	(129)
一、概述 (129)	二、原材料技术要求 (129)

三、施工参考配合比 (130) 四、施工要点 (130)

第六章 耐火混凝土施工

第一节 性能及分类 (131)

- 一、定义 (131) 二、耐火混凝土性能 (132)
三、耐火混凝土分类及不同使用温度的品种系列 (138)

第二节 耐火混凝土工艺过程及质量控制 (141)

- 一、耐火混凝土的工艺过程及要点 (141)
二、耐火混凝土生产的质量控制 (142)

第三节 常用的耐火混凝土及其性能 (155)

- 一、硅酸盐水泥系列耐火混凝土 (156) 二、铝酸盐耐火混凝土 (163)
三、水玻璃耐火混凝土 (179) 四、其他品种耐火混凝土 (196)

第四节 耐火混凝土设计与施工的有关问题 (211)

- 一、品种与施工方法的选择 (211) 二、预制构件的分块及尺寸确定 (213)
三、接缝方式与灌浆孔留设 (213) 四、关于耐火混凝土的配筋问题 (215)
五、施工准备——支模和铺设钢筋 (215)
六、各种耐火混凝土高温下的物理化学变化及烘烤制度 (216)

第五节 耐火混凝土的应用 (217)

- 一、还原竖炉钢筋混凝土预制梁 (217)
二、在61型小焦炉上的应用 (218) 三、21m³高炉及热风炉上的应用 (218)
四、高炉烟囪内衬 (219) 五、出钢槽 (219)
六、平炉支烟道 (219) 七、均热炉 (220)
八、加热炉和热处理炉 (221)

第七章 泵送混凝土

第一节 概述 (223)

第二节 设备 (223)

第三节 配管 (226)

- 一、直通管是泵送混凝土的输送管道的主体 (226)
二、弯管 (226) 三、浇筑软管 (227)

第四节 混凝土的配制 (227)

第五节 泵送阻力 (228)

第六节 泵的排量 (229)

第七节 泵的输送压力 (最大输送距离) (229)

第八节 排量与最大输送距离的关系 (229)

第九节 水平距离换算 (230)

第十节 混凝土的泵送操作 (230)

第八章 预填骨料灌浆混凝土

第一节 概述 (232)

第二节 施工材料 (232)

第三节 注入砂浆的技术条件 (233)

第四节 预填骨料灌浆混凝土施工要点	(234)
一、施工步骤	(234)
二、机械仪表设备	(234)
三、模板安装、注入管布置	(234)
四、预填骨料灌浆混凝土的表面处理	(234)
第九章 喷射混凝土	
第一节 概述	(236)
第二节 施工机械设备	(236)
第三节 原材料及配合比	(238)
一、水泥	(238)
二、骨料	(238)
三、水	(239)
四、速凝剂	(239)
五、配合比	(239)
第四节 喷射混凝土施工	(239)
一、施工准备	(239)
二、备料、搅拌和运输	(239)
三、喷射混凝土作业	(240)
第十章 道路混凝土施工	
第一节 概述	(243)
第二节 道路混凝土的组成材料	(244)
第三节 道路混凝土配合比设计	(245)
一、和易性	(245)
二、单位粗骨料体积	(246)
三、单位用水量	(246)
四、单位水泥用量	(247)
五、单位外加剂量	(247)
六、配合比设计的步骤	(247)
第四节 道路混凝土施工注意事项	(251)
一、夏季混凝土施工	(251)
二、冬季混凝土施工	(251)
第十一章 隧道混凝土施工	
第一节 衬砌圬工规格和组成材料	(253)
一、衬砌圬工规格	(253)
二、组成材料	(253)
第二节 隧道混凝土配合比	(255)
一、确定水灰比和坍落度	(255)
二、用水量的确定	(256)
三、计算水泥用量	(256)
四、计算骨灰比	(257)
五、选择含砂率	(257)
六、对防水抗渗有较高要求的配合比	(257)
第三节 隧道混凝土施工	(258)
一、配料	(258)
二、拌和	(258)
三、运送	(258)
四、灌注	(259)
五、间歇灌注	(259)
六、捣固	(260)
七、衬砌背后回填	(260)
八、养护和拆模	(260)
九、隧道混凝土冬季施工	(261)
第四节 隧道混凝土配合比的施工控制	(262)
第十二章 真空混凝土	
第一节 概述	(263)
第二节 脱水密实原理与规律	(263)
一、过滤脱水原理	(263)
二、挤压脱水原理	(264)
第三节 结构形成的作用机理与效果	(265)

第四节 真空工艺参数与制度	(267)
一、真空度与真空处理时间 (267)	
二、振动与真空处理 (268)	
三、混凝土配合比 (268)	
第五节 真空脱水成型工艺	(269)
一、真空脱水工艺流程 (269)	
二、真空脱水设备 (270)	
三、真空吸水工艺的操作要点 (以常州厂为例) (272)	
第六节 技术经济效果	(272)
一、有利于机械化输送并改善成型条件 (272)	
二、实现快速脱模与立即抹光 (273)	
三、缩短养护时间, 实现快速蒸养 (273)	
四、提高混凝土的物理力学性能 (273)	
第七节 今后的动向	(274)
第十三章 热拌混凝土	
第一节 概述	(275)
第二节 主要设备和工艺	(276)
一、主要设备 (276)	
二、热拌混凝土工艺 (278)	
第三节 热拌混凝土的物理性能	(279)
第四节 热拌混凝土施工要点	(282)

第九篇 混凝土特殊施工方法

第一章 寒冷条件下的混凝土施工

第一节 概 述

水泥和水的化学反应在低温情况下进行缓慢，在 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 时尤其显著，所以寒冷的气候对混凝土工程的影响很大。新浇筑的混凝土对温度非常敏感，在低温下混凝土的强度增长要比常温下慢得多。如果温度降至 4°C 以下，水泥水化所需的水即开始膨胀，这对于脆弱的新形成的水泥颗粒结构可能产生永久性的损害。如果混凝土温度降至冰点以下，由于结冰的水不能与水泥化合，混凝土内化学反应所产生的新复合物就大为减少，会造成混凝土强度、耐久性、水密性的损失，贻害未来。因此在混凝土凝结硬化的初期必须以适当的方法保护不使受到冻害。

寒冷条件下施工的混凝土应达到的标准：

(1) 在没有受到冻害影响之前，给予加热或进行保温等措施。特别是从养护完了到开春之前，混凝土将具有充分的抗冻融性能。

(2) 施工过程中的各阶段、对于预想的各种荷载应具有足够的强度。

(3) 竣工的结构物，应满足使用时所要求的强度、耐久性、水密性。

为达到上述标准，在寒冷条件施工的混凝土必须满足如下规定：

(1) 寒冷条件下的混凝土施工要点是寻求即使在室外气温低于冰点的气象条件下，也能获得满足所需要强度和耐久性混凝土的施工方法。

(2) 按当地多年气温资料，当室外的平均气温连续五天稳定低于 5°C 时必须遵守冬期混凝土施工的有关规定。

(3) 尚未结硬的混凝土在 -0.5°C 时就冻结。混凝土强度将因冻结而明显受到损害。故冬期浇筑的混凝土在受冻前的抗压强度（临界强度）不得低于下述规定：

硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥配制的混凝土为设计标号的30%，但100号（含100号）以下混凝土不得低于 $35\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土为设计标号的40%，但100号（含100号）以下混凝土不得低于 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

第二节 寒冷条件对混凝土的影响

一、早期受冷对混凝土的损害

在新浇筑的混凝土中，水泥与液相状态的水起化学反应，生成复合物，它牢固地与砂、石、钢筋结合。当温度低于常温时，产生新复合物的化学反应速度减慢，混凝土强度的增长延缓，当温度低于4℃的水继续冷却时，水的体积就会膨胀。如果为进行水化所需的水结冰了，化学反应就不能继续下去，而且对新形成的很薄弱的水泥晶体结构会产生永久性的损害。

所以水化反应得以进行必须具有温度和水两个条件。水决定着水化反应能否进行，温度决定其水化反应速度的快慢，显然在不同的气温下，不仅水化反应速度有极大的不同，其水化产物的力学性能——强度也有很大的区别。

混凝土强度的降低决定于浇灌温度以及受冻前的养护时间，见表9-1-1。

不同龄期受冻对混凝土强度的影响

表9-1-1

冻结温度 (°C)	养护时间 (天)	不同龄期受冻后混凝土的相对强度 (为未受冻试件强度的%)			
		立即受冻	1 小时	3 小时	6 小时
-15	8	44	50	63	81
	7	52	56	80	91
	28	54	58	72	83
-9	8	51	60	71	92
	7	66	75	78	93
	28	60	71	83	98

新浇混凝土受冻引起的损害，是混凝土内部的水结冰所致。经试验发现在不同的养护条件下，处于不同的冻结温度下的水泥浆及混凝土试件，随着负温的降低，冰的析出量增加。图9-1-1表示普通硅酸盐水泥制作的试件含冰量（用百分率表示）随着负温度的降低而增加的情况。图中曲线①表示试件制作后立即冻结时含冰量的增长情况，在-20℃时有80%的水变成冰，曲线②表示试件经过了24小时的标准养护后再冻结，在此情况下含冰量较低，-5℃时为62%。

图9-1-2则为用同样的水泥制作的混凝土试件含冰量的变化情况，其中曲线①为试件制作后立即冻结的情况；曲线②为经过标准养护24小时后冻结的情况；曲线③及曲线④为达到强度的50%及70%后冻结的情况。从图中可看出混凝土内的含冰量，一方面取决于

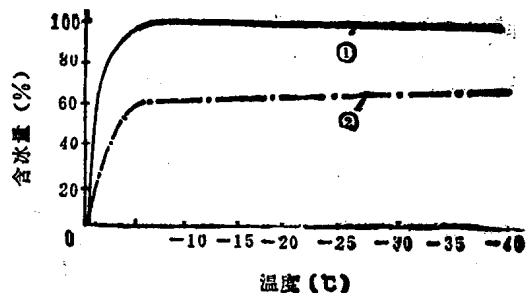
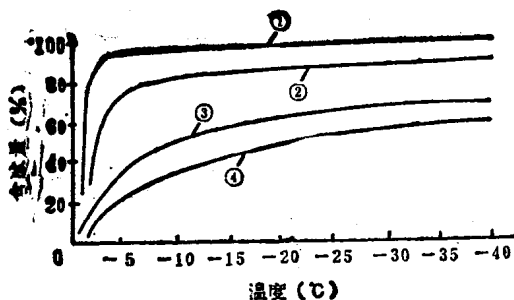


图 9-1-1 水泥浆中的含冰量与温度的关系

图 9-1-2 混凝土中含冰量与温度的关系

所达到的负温，但是温度从 -20°C 降至 -40°C ，含冰量增加得很慢，另一方面也取决于冰冻前预先硬化的时间。在曲线①和曲线②两种情况下 -5°C 的平均含水量分别为 94% 及 78%，从曲线③和曲线④则更可以看出冰冻前预先硬化的重要性。冰冻前混凝土经历的硬化时间越长，所达到的强度越大，水化生成物越多，保持不结冰的那部分水的比例就越大，而能变成冰的游离水就越小。

新浇灌混凝土过早地受冻促使混凝土强度降低的原因归纳起来有下列三个方面：

(1) 水冻结后体积增加 9%，由于冻结使混凝土体积膨胀，在解冻后并不会缩回去而是保留下来。因此混凝土受冻后孔隙度显著提高，如果孔隙率增加到 15~16%，强度就降低 10%。

(2) 在骨料周围有一层水膜或水泥浆膜，在受冻后其粘结力受到严重损害，解冻后也不能恢复。法格伦德 (Fagar l nud) 研究了丧失粘结力的影响，如果粘结力完全丧失，强度将降低 13%。

(3) 在结冻和解冻过程中，会发生水分转移现象，水分的体积也有变化，混凝土的各组分体积膨胀系数又各不相同，使得混凝土的体积及各组分的相对位置有所改变，这对于当时强度仍然很低的混凝土是承受不住的，结构因而产生裂纹。

二、混凝土早期的抗冻性

混凝土早期遭受冻结，结构受到破坏，后期强度受到一定损失，结冻时间越早损失越大，见表 9-1-2。

经试验认为，为达到早期抗冻能力所需的预硬化时间，与水泥级别、水灰比及养护温度有关。国际建研联制定一套图表，可按水泥级别、水灰比和养护温度查出为获得早期抗冻能力混凝土所需预硬化时间，见图 9-1-3。

只有不从周围环境吸收水分的混凝土才能使用这套曲线图，经过了这样长的预硬化时间以后，混凝土抗压强度约为 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 。按上述图表可以查得允许受冻的临界龄期，应用是比较方便的，但做为规范规定，允许混凝土不致遭受冻害的最低强度——临界强度。因为这时已有相当一部分拌和水固定到已形成的水化物中，可能冻结的水量较小，混凝土本身也有一定的抗冻能力，各国规范规定的允许受冻临界强度见表 9-1-3。

混凝土冻结前不同预养期受冻后又经28天正温养护强度

表 9-1-2

冻结前预养时间 (小时)	冻后又经28天正温养护强度占 $R_{28}\%$		
	200°	300°	400°
0	$\frac{0}{54\sim69}$	$\frac{0}{45\sim57}$	$\frac{0}{51\sim57}$
24	$\frac{6.2\sim14.4}{98\sim105}$	$\frac{5.6\sim6.8}{90\sim98}$	$\frac{6.4\sim14}{90\sim94.6}$
36	$\frac{11\sim34}{101\sim112}$	$\frac{11.2\sim14.3}{96\sim104}$	$\frac{13.5\sim18.1}{96\sim107}$
48	$\frac{15\sim28}{108\sim114}$	$\frac{18.7\sim21}{95.2\sim101}$	$\frac{17.1\sim23.2}{92\sim102}$
60	$\frac{19.6\sim38}{110\sim120}$	$\frac{24\sim31}{91\sim104}$	$\frac{24.6\sim31}{107\sim113}$
72	$\frac{22.6\sim41}{99\sim109}$	$\frac{28\sim29}{98.6\sim105}$	$\frac{29\sim36}{99.5\sim115}$

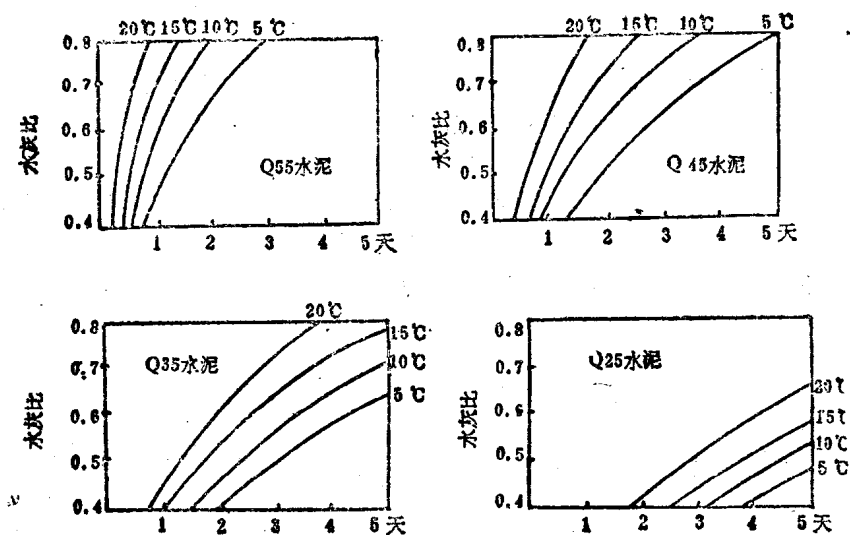


图 9-1-3 在不同水泥级别和养护温度下混凝土为获得早期抗冻能力所需的预硬化时间

三、混凝土强度在低温及负温下的发展

混凝土的强度增大是水泥的一系列化学反应的结果,这个反应的重要因素即是温度。自然界的温度是变化的,特别是北方地区,冬夏温差变化较大,因而使混凝土强

各国规范规定的允许受冻临界强度

表 9-1-3

国 别	允 许 受 冻 临 界 强 度
瑞典	2.5~4.5 N/mm ²
美国	3.5 N/mm ²
丹麦	3.5 " (或25%R ₂₈)
日本	6 N/mm ²
荷兰	4.5~8.5 N/mm ²
挪威	4.5~8.5 N/mm ²
加拿大	7~10.5 N/mm ²
苏联	设计标号为150号时 50%R ₂₈ 设计标号为200~300号时40%R ₂₈ 设计标号为400~500号时30%R ₂₈
瑞士	14.5 N/mm ²

注: 1N/mm² = 10.2kg/cm²

度增长产生很大的差异,从图 9-1-4 可看出不同温度下混凝土强度增长情况,随着温度降低强度增长逐渐缓慢,当温度低于0℃时,强度发展已非常缓慢。当混凝土处于0℃时经28天强度只达到标养的50%,当降低到0℃时仅为标养的20%。这和混凝土中含冰量的研究结果相一致。自然界中的纯水0℃时结冰,混凝土拌合物中的水,其冰点低于0℃,大约为-0.5~-2.5℃。当温度降低到-3℃时,混凝土中只有10%左右的液相存在,其水化反应及强度增长已相当缓慢了。

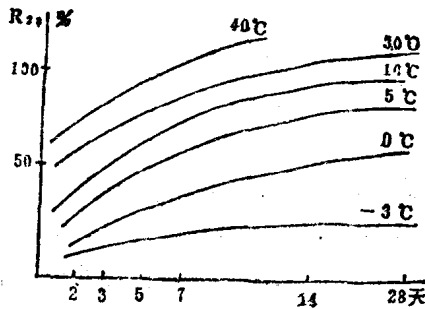


图 9-1-4 400*混凝土在不同温度下强度的发展

根据各种温度时28天强度影响的试验结果,经整理可以画出S曲线如图 9-1-5。

分析养护温度与R₂₈的关系,可以将S曲线划分三个区域,第I区为5~20℃属于常温区,第II区为5~3℃左右低温——负温区、第III区-3~-10℃为负温区。分析三个的特点可看出:第I、III区中、曲线的斜率小于II区的曲线斜率,即 $\alpha_1, \alpha_2 < \alpha_3$ 这说明在两个区域中,当养护温度有变化时,对R₂₈发展的影响较稳定,但当温度低于5℃而进入低温——负温养护区时,养护温度的微小变化都会带来混凝土强度剧烈波动。而且R₂₈

值亦显著地陡降。因而在工程实践中,当温度降低到5℃以下时必须慎重对待混凝土强度的增长。

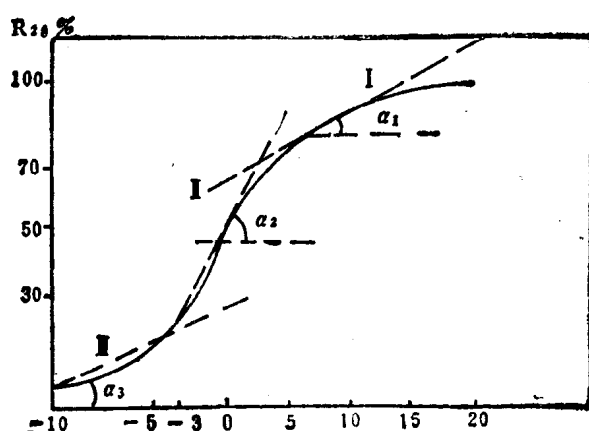


图 9-1-5 各种温度下养护的混凝土强度与 R_{28} 的关系

第三节 寒冷条件下混凝土施工的气候因素

一、天气与气候

确定混凝土的冬期施工的起迄日期及所采取混凝土冬期施工措施时,要根据气候要素,但在进行施工时还必须根据当时天气预报决定冬期施工的时间和措施。

天气与气候是既有紧密联系,又有严格区别的气象学概念。所谓天气是一个地区在较短时间内各种气象要素的综合反映,一个地区的天气是千变万化的,今天与昨天,这个月与下个月,今年与明年都有很大变化。而气候则是几十年或更长时期内总结出的天气规律,它用经常出现的、情况相近的天气来反应一个时期的情况,这就比较具有一定的科学性和预见性,当然只单纯将经常出现的,较长期重复的一般天气情况概括为一个地方的气候特征还是不够的,在寒冷地区从事建设时尚应注意一些特殊的或极端的情况,要熟悉其演变规律,掌握气温的变化及风、雪情况等。

二、气 温

气温是影响混凝土冬期施工的最重要的因素。特别是在寒冷条件下制定混凝土施工方案时,我们需要的是日平均气温、旬平均气温、月平均气温以及该时期的气温极值等资料。

我国东北、西北、华北等北方地区地处中纬度,大部地区地形复杂,受内陆及海上高低气压及季风交替影响,各地气候形成显著差异,变化较大,具有明显季风气候特征。

季风气候特点,使得各地日气温变化亦较大。由于空气对热量的吸收散发比较缓慢,所以气温最低值不是在午夜12时,而是在日出之前,例如哈尔滨一月份是在早晨 8

时左右,七月份在早晨4时左右,最高气温值亦不是在中午12时,而是在下午2时左右。哈尔滨日气温变化规律如图9-1-6所示。在气象学上有的称为正弦曲线、有的称为A曲线。我国其它城市的日气温曲线型亦基本上属于正弦曲线或A曲线型。

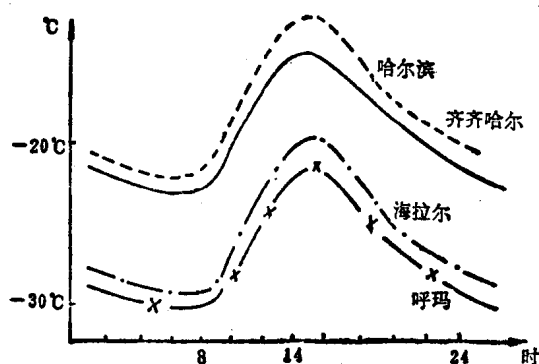


图9-1-6 哈尔滨等地一日内气温变化典型图

我国及其它国家制定施工技术规范时都取日平均气温做为确定冬期施工日期的重要指标。我国气象资料中提供的日平均气温初终日期是以采取五天滑动平均计算而得,即从某个5天平均值出现以后,任意5天的平均值都出现在此平均值以上,则此第一个5天的第一天即为初日,稳定在此平均值以下者,则此5天的最后一天即为终日。根据我国中央气象台的1951~1961年十年统计资料,日平均气温在5℃以内的起迄日期见图9-1-7, 9

1-8。可做为我们制定冬期施工有关技术文件时的起迄参考日期。

气温的日较差:即一日之内气温最高和最低值的差值,是我们制定规范的另一有关技术数据。因为在冬期施工中,我们努力防止的是混凝土遭受早期冻害,亦即要注意日最低温度值会不会降低到混凝土的冻结冰点以下。而日最低温度值是由日平均气温和日较差值计算而得。在一天当中,气温的最高值和最低值出现的时间大体相同,但是日较差值却随着地理条件及季变化而异,对混凝土来说如取日平均气温在5℃左右的月份考虑,我国大部地区的日较差各地是在十月~十一月间,北方主要城市十月份日较差变化于10~16℃之间,个别地区可达18℃。

三、进入冬季的日平均气温和最低气温的关系

在我国现有的气象资料中,除了日平均气温外,亦有最低气温预报,而平均气温和最低气温之间关系亦可按下式计算:

$$T_D = T_P - \frac{1}{2} C$$

式中 T_D ——日最低气温(℃),
 T_P ——日平均气温(℃),
 C ——日较差(℃)。

由上式可见,如果知道日平均气温及日较差,可以计算出日最低气温。根据中央气象台提供的全国十三个北方城市的1951~1960年气温资料,经整理算得平均气温和最低气温资料关系如表9-1-4。

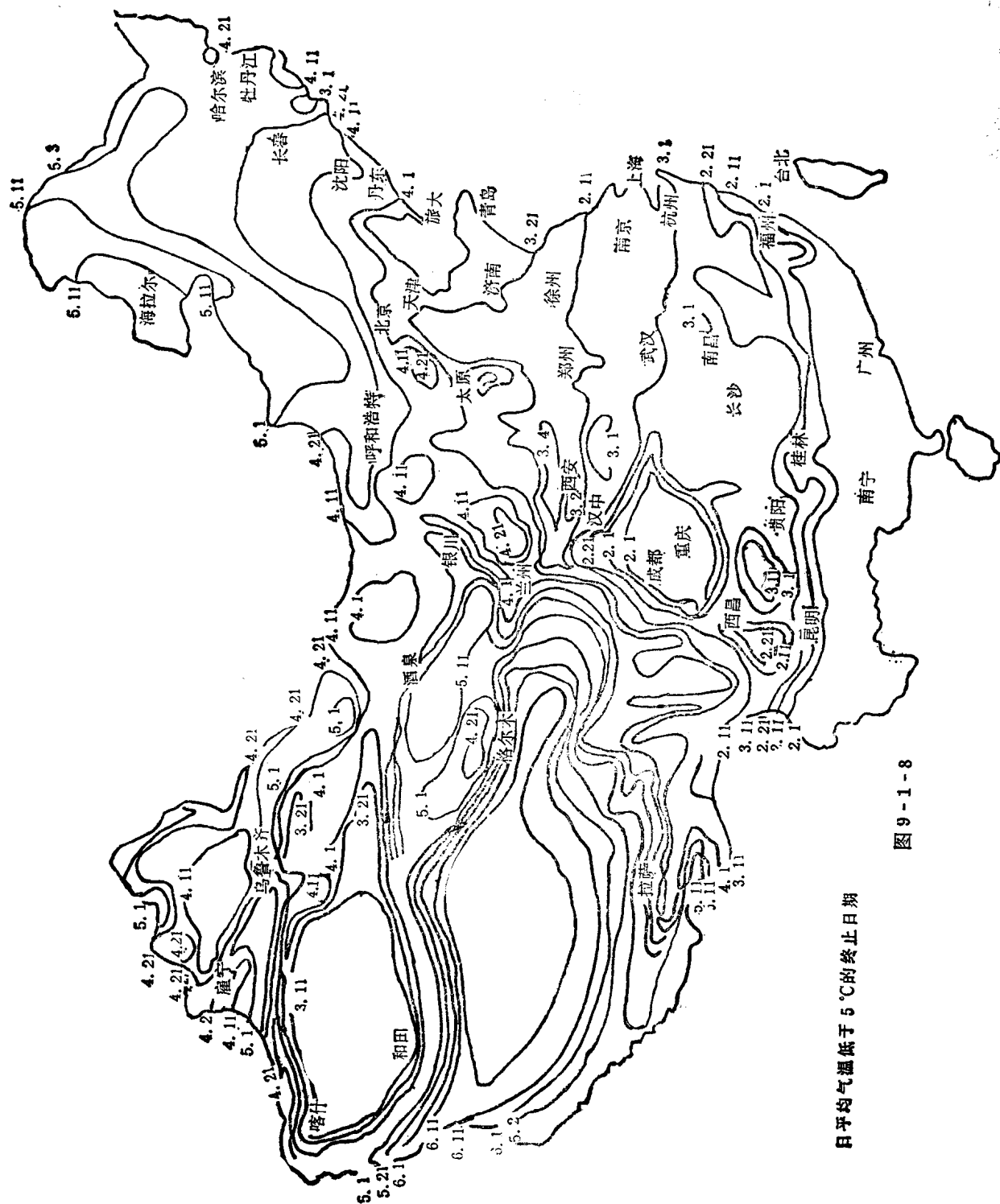


图 9-1-8

日平均气温低于 5°C 的终止日期