

冬季混凝土施工规范

汇编

王 异

黑龙江省科技情报研究所出版

冬季混凝土施工规范汇编

目 录

一、前言	1
二、我国混凝土冬季施工规范	6
三、美国混凝土协会：冬季混凝土施工建议 (ACI • 306—78)	18
四、美国硅酸盐水泥协会“冬季混凝土施工”	67
五、加拿大标准协会“混凝土冬季施工要求”	86
※关于加拿大标准中混凝土冬季养护	90
六、国际建筑材料及构件试验及研究联合会(RILEM) 国际混凝土冬季施工建议(1963年)	106
七、国际建筑材料及构件试验研究联合会(RILEM) 国际混凝土冬季施工建议	162
※苏联混凝土冬季施工技术	225
八、日本混凝土冬季施工规范	258
※日本混凝土冬季施工简介	272
九、冬季混凝土施工综述	285
十、冬季混凝土施工规范制订中某些问题探讨 (一) 混凝土在负温下的硬化及受冻破坏机制。	
1、温度对水泥水化作用的影响	352
2、在低温及负温下混凝土强度的发展	353

3、混凝土在负温下受冻的四种模式	356
4、冬季混凝土受冻破坏机制	358
(二) 冬季混凝土施工起止日期与气候因素	
1、天气与气候	361
2、气温	362
3、各国规范有关冬季施工气温规定	367
4、对我国规范中冬季施工日期的建议	368
(三) 混凝土季冬施工方法及其主要理论	
1、混凝土季冬施工方法	371
2、第一类方法: 负温混凝土机理	372
3、第二类方法: 临界强度理论 —	374
(四) 累积温度及其在季冬混凝土施工中应用	
1、累积温度的表达式及其物理意义	385
2、各国混凝土冬季施工规范中对累积温度的规定	389
3、累积温度与混凝土强度间的关系	396
4、我国混凝土冬季施工规范中是否引入累积温度的 讨论。	400
附录1: 全国各主要城市月平均气温	402
附录2: 全国各主要城市旬平均气温	406
附录3: °F与°C换算表	412
后 记	413

一、前 言

保证混凝土常年施工，不受气候影响，有重要的国民经济意义。地球上近 $\frac{1}{4}$ 是永冻地带，而冬季气温降至零下的地域则更为广阔。在永冻地带及季节性冻融地带，都要接触到在负温下混凝土的施工问题。虽然混凝土预制构件的生产，有很大的发展，但现浇混凝土仍占很大比重。例如水工构筑物，工业建筑物、飞机跑道、地下构筑物公路等，都不能排除混凝土现浇施工。在住宅建设中，高层公寓式建筑仍以现浇混凝土为主。既使是在工业化房屋建筑体系中，现浇混凝土也占有一定的比重。在现浇混凝土施工中，为了提高建设速度，冬季施工是不可避免的。在苏联的西伯利亚地区，冬季施工的混凝土占混凝土工程的 $\frac{1}{3}$ ，仅采用加热混凝土拌合物后用蓄热法施工的混凝土，每年就达100万立方米。莫斯科在负温下施工的混凝土，占总混凝土工程的 $\frac{1}{2}$ 。日本北海道，混凝土冬季施工占 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ 。在北欧国家，冬季施工的混凝土一般都超过 $\frac{1}{3}$ 。因此，提高混凝土冬季施工的质量，降低冬季施工的成本，是一个重要的、国际性的课题。很多国家，都对这个课题进行了研究。有许多学者，可以说皓首穷年，终生都献给了混凝土的冬季施工研究工作。

冬季混凝土施工技术是一种实用性科学技术，所有研究成果，最终将表现在指导施工实践上。也可以讲，冬季混凝土施工规范及诸如此类的文件，集中反映了世界各国科学家

们的研究成果。

在混凝土界，人们所公认的有两个权威学术组织，其中之一，是美国混凝土学会（ACI）。该学会成立了一个第306委员会，专门研究混凝土的冬季施工问题，根据他们自己的研究成果并吸取了世界上的最新研究成就在1966年制订了规范性技术文件“混凝土冬季施建议”ACI306—66，这一文件对世界混凝土冬季施工，有极大的影响，其中所作的规定，被许多国家所采用。ACI306—66应用了20多年后，美国混凝土协会第306委员会又根据20年来混凝土冬季施工的研究进展及所积累的实践，在78年对《ACI306—66》进行了全面修改，制订了《ACI306—78》来代替《ACI306—66》。这两个规范性技术文件是有连续性的，也就是说78年的规范是在66年的基础上修订而成的。在我们这本《冬季混凝土规范汇编》里，我们只收集了《ACI306—78》。

另一个学术性权威组织是由20多个国家组成的《国际建筑材料及结构试验及研究协会(RILEM)》。这一组织在1958年成立了《冬季施工委员会》，对混凝土冬季施工问题进行了大量的研究工作，并且每年举行一次年会，交流研究成果。1963年，由RILEM制定了《国际混凝土冬季施工建议》，在欧州的大多数国家里，得到了广泛的应用。RILEM63年规范分正文及附录两部份，附录里归纳及综述了混凝土冬季施工的最新研究成果。79年以来，RILEM也对其所制定的规范进行了修订。日本北海道大学教授、冬季混凝土施工技术权威洪悦郎参加了修订工作，把第一次修订稿寄给了我们。我们发现了RILEM的修订与ACI完全不同，也就是说没有连续性。新的规范并不是在原有规范的基础上进行的，完全

是另起炉灶。同时，我们也发现这次 *RILEM* 新的混凝土冬季施工建议的制订工作的主持人，是苏联学者。

因此，*RILEM* 的修订稿莫如说是苏联的冬季混凝土施工规范的翻版。在这一新的规范里，有与 *ACI* 306—78 和 *RILEM* 的 63 年规范，完全截然不同的见解。例如 *ACI* 306—78 第八章第二节二条指出：“适量地掺入氯化钙或其他化学药品并不能使混凝土的冰点降低到任何值得重视的程度。为了避免误信这类方法和避免使用有害的材料，所以不允许采用它使混凝土防冻。”*RILEM* 63 年规范中的 2.4 条规定“冬季混凝土施工只准使用促硬剂及加气剂”，而 *RILEM* 修订的新规范里，却对抗冻外加剂，十分赞赏，认为从节能出发，应该首选掺加抗冻外加剂的方法。规范中所介绍的抗冻外加剂，也是在苏联广为流行的外加剂。根据我们的分析，63 年 *RILEM* 规范的观点，主要反映了瑞典、丹麦、挪威等北欧国家学者的观点，新的规范主要反映了苏联的观点，两者没有连续性，所以我们把两者都兼收在“汇编”里，供对照研究参考。

苏联是混凝土冬季施工量较大，因而也是对混凝土冬季施工研究投入力量较多的国家。我国规范，基本上是以苏联五十年代的规范为蓝本而制订的。苏联的新规范我们还没有搞到，但是从苏联的技术刊物上，我们还可以了解到一些研究进展及施工应用情况。根据这些技术情报资料，我们才判断出 *RILEM* 的新规范稿本，基本上包括了苏联混凝土冬季施工的几乎所有的学术观点及全部技术成就。作为补充，我们还补入一篇综述文章，介绍了苏联在混凝土冬季施工方面的研究进展。

在混凝土冬季施工方面其他比较权威的国家，有加拿大及日本，本“汇编”中，收入了加拿大标准协会所制定的“混凝土冬季施工要求”，并译了一篇“加拿大混凝土冬季施工规范的防护问题”，算作对加拿大规范的解说，这篇文章说理清楚，有很大的参考价值。

日本是我们一衣带水的友好国家，他们有许多对混凝土冬季施工素有研究的学者。他们的“混凝土冬季施工规范”，是由北海道大学教授洪悦郎主持制定的。日本的规范简练明确，并且用累积温度把许多冬季施工问题联系起来，对我们有重大参考价值。洪悦郎教授曾惠赠我们“混凝土冬季施工规范详解”一书。本汇编中的日本规范，就是根据该书译出的。此外，编者还写了一篇日本混凝土冬季施工介绍，附在规范后面，当作我们自己的学习体会，并写了篇“累积温度及其在冬季施工中的应用”介绍了国外规范中应用累积温度这一概念的情况。《日本混凝土冬季施工规范详解》篇幅巨大，我们以后将译出，以飨读者。

本“汇编”中，还选译了美国陆军寒冷地区工程试验与研究室(CRREL)的第172号专门报告。该报告中综述了英国、德国、瑞典、丹麦、比利时等国的混凝土冬季施工规范，并将各国的规范中的异同进行了分析及比较，此外，还对冬季施工方法，工艺选择等问题，进行详尽的阐述，有极重要的参考价值。

本“汇编”基本上将混凝土冬季施工的理论等方法，都收罗无遗，因此，它是学习混凝土冬季施工技术的一本简明参考书。如果对本书中所列举的规定，详加揣摩，必能举一反三，触类旁通，对冬季混凝土施工，自能应付裕如，易如

反掌。

本书还对制订规范的一些关键性技术问题及重要理论问题，加以讨论。

本书承蒙黑龙江省低温建筑研究所袁忠淮总工程师给予鼓励及支持，并在百忙中审校了全稿，谨志谢意。非编者自译的规范及文章，均将译者的名字，列于文后。

各规范中，有的温度用 $^{\circ}\text{C}$ ，有的用 $^{\circ}\text{F}$ ，有的 $^{\circ}\text{K}$ 。本书均未进行换算统一，以免出现不整齐数字。在附录中列出 $^{\circ}\text{C}$ 及 $^{\circ}\text{F}$ 的换算表，供读者备查。其他英制单位、公制单位、国际单位制的换算，有必要时均在译注中列出，供作参考。

二、我国混凝土冬季施工规范 ※

第一节 一般规定

第266条 凡在昼夜间的室外平均气温低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 和最低温度低于 -3°C 时，混凝土工程的施工，应按本节各条的规定进行。

注：昼夜间的室外气温最低温度为 $3\sim 0^{\circ}\text{C}$ ，混凝土可用热水拌制，并将已灌筑的外露部分加以覆盖。

第267条 用冷材料拌制，在负温下硬化的掺氯盐（氯化钙、氯化钠）混凝土只允许用于：

一、无筋混凝土结构，如地面垫层，围护管道的结构、一般的厂区路面、挡土墙和高度在五层（16米）以下的房屋的墙基础等；

二、钢筋混凝土结构经常处于水下的部分。

注：掺盐量（按无水盐计）不得大于拌合水重量的15%。

第268条 在冬季条件下运输用的容器、混凝土导管和其他运送混凝土的装置和设备，均应通过热工计算，在必要时加以保温。

第269条 冬季条件下养护的混凝土，在冻结以前混凝土的强度不应低于设计标号的40%，也不得低于50公斤/厘米²。

第270条 在冬季条件下灌筑的结构，开始加置荷载时，对结构强度的要求，应符合本规范第128条四、五两项

的要求。

第271条 装配式结构构件接头部分的混凝土在遭受冻结前，应在适当的正温度条件下养护或加热养护至混凝土强度到达设计要求。

第272条 预应力筋采用Ⅱ、Ⅲ级钢筋和5号钢钢筋时，其冷拉和张拉时的温度不得低于 -15°C 。

第二节 混凝土养护方法的选择

第273条 为保证混凝土能达到本规范第269条~第271条所要求的强度，混凝土的养护方法（包括温度及湿度的要求、混凝土冷却的持续时间、结构的保温方法等）以及施工时的其他措施，均应根据技术经济计算及热工计算进行选择。

在不同温度下混凝土强度增长的数据可参阅本规范附录十三。

第274条 在冬季条件下灌筑的混凝土，应尽先采用以保温覆盖层为主的蓄热法进行养护。

当利用水泥水化热不能满足要求时，应将水和砂石加热以满足热工计算的要求。

第275条 为扩大蓄热法的适用范围，可采用下列措施：

一、采用化学附加剂，以加速混凝土的硬化和降低混凝土的冻结温度；

二、将蓄热法和混凝土外部加热法，或与早期短时加热法合并使用（如锯末、生石灰养护法等）；

三、采用高标号（500号及500号以上）水泥和水化热高的水泥（如矾土水泥等）；

四、利用未冻土的热量。

注：①用矾土水泥拌制的混凝土，只准用蓄热法养护。

②用氯盐作附加剂时，应符合本规范第 276 条及第 277 条的要求。

③当采用本条第二项的措施时，已灌筑的混凝土在加热前的温度不应低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 。

④如采用锯末、生石灰养护法时，生石灰与锯末的配合比及其他技术要求应通过试验确定，使用时应防止失火。

第276条 用热材料拌制的混凝土，在掺用氯盐（氯化钙、氯化钠或混合掺用）时，掺量应试验确定；但混凝土的凝结速度不得超过其在运输和灌筑方法中所预先规定的允许时间。

在钢筋混凝土中，氯盐（按无水状态计算）的掺量不得超过水泥重量的2%；亦不得超过 $6\text{公斤}/\text{米}^3$ 。在无筋混凝土中，氯盐（按无水状态计算）的掺量不得超过水泥重量的3%。

在下列情况下，不得在钢筋混凝土结构中掺氯化物：

一、在高湿度空气环境中使用的结构（排出大量蒸汽的车间、澡堂、洗衣房和经常处于空气相对湿度大于80%的房间以及有顶盖的钢筋混凝土蓄水池等）；

二、结构处于水位升降的部分；

三、露天结构或经常受水淋湿的结构；

四、具有外露的钢筋、预埋件而无防护措施的结构；

五、与含有酸、硷或硫酸盐等侵蚀性介质相接触的结构；

- 六、使用过程中经常处于环境温度为 60°C 以上的结构；
- 七、使用冷拉和冷拔低碳钢丝的钢筋混凝土结构；
- 八、薄壳、屋架、吊车梁、落锤或锻锤基础等结构；
- 九、电解车间和直接靠近直流电源的钢筋混凝土结构；
- 十、在施工过程中直接靠近高压电源（发电站、变电所）的钢筋混凝土结构；
- 十一、预应力混凝土结构。

第277条 掺有氯盐的混凝土，在施工时应遵守下列规定：

- 一、应用普通水泥；
- 二、水灰比不得大于0.65；
- 三、掺入氯盐溶液时必须始终保持氯盐溶液的浓度均匀一致；
- 四、适当延长搅拌时间，注意搅拌均匀；
- 五、必须振捣密实，保证高密实度；
- 六、不宜采用蒸汽养护。

第278条 按照本规范第274条和第275条所规定的方法进行养护，仍不可能在规定期限内使混凝土达到足以拆模的强度时，方可采用蒸汽或电流进行加热。

第279条 整体灌注的结构用蒸汽和电流加热时，混凝土结构的升温速度不得大于下列数值：

- 一、表面系数为6及大于6的结构，每小时升温 15°C ；
- 二、表面系数小于6的结构，每小时升温 10°C ；
- 三、配筋稠密，连续长度较短（6~8米）的薄型结构，每小时升温 20°C 。

注：表面系数系指结构的冷却表面（平方米）与结构全

部体积（立方米）的比值。

第280条 用蒸汽加热时，混凝土的温度不得超过80℃。

注：用掺有混合材料35~55%的矿渣水泥或火山灰质水泥拌制的混凝土，在蒸汽加热时，其温度可提高到85~95℃。

用电流加热时，混凝土的温度不得超过表28中的数值。

用电流加热时混凝土的允许最高温度

表 28

水泥种类	水泥标号	结构的表面系数		
		10及小于10	15及小于15	20及小于20
矿渣水泥、火山灰质水泥	300	80℃	60℃	45℃
普通水泥	300~400	70℃	50℃	45℃
普通水泥	500	40℃	40℃	35℃

第281条 整体灌注的结构在加热完毕后，混凝土的冷却速度不得超过每小时10℃。

注：①在蒸汽加热及电流加热时，应采用调节通入的蒸汽量及电压或周期切断电流等办法，以控制混凝土的冷却速度。

②为了保证具有不同体积的结构各个部分能得到相同的冷却条件，对薄型结构、突出部分和其他容易冷却的部分，均应加强保温。

第282条 混凝土的蒸汽加热，应使用饱和蒸汽，除遵守本规范第279条和第280条的规定外，结构应均匀加热，并应设法排除冷凝水和防止结冰。

注：基础位于不允许受到侵水的土壤上时，不宜用蒸汽加热法。

第283条 混凝土的电流加热应遵守本规范第279条和第280条的规定和下列要求进行：

一、加热应在混凝土的外露（无模板遮盖的）表面加以覆盖后才准进行；

二、用电流加热时，应采用变压器将电压降至50~110伏的范围内。

注：①在无筋结构和每立方米混凝土内钢筋用量不大于50公斤的配筋结构中，采用电压为120~220伏的电流加热。

②当电压为380伏时，必须将电极接通零线，使混凝土内的工作电压为220伏；当电压超过380伏时，不准采用加热法。

③在加热过程中，应观察未经模板遮盖的混凝土表面的湿度；如表面开始干燥时，应先暂停电流，并浇温水湿润混凝土的表面。

第284条 用塑化水泥或掺用塑性附加剂拌制的混凝土，应在用试块检查电热对混凝土强度的影响以后，方可采用电流加热。

第285条 采用电流加热时，灌注混凝土所留的施工缝位置距离插入混凝土内的电极排，不得超过100毫米。

第286条 拆除模板时，应符合下列要求：

一、在养护完毕时应根据试块的试验证明混凝土已达到本规范第128条和第271条所要求的强度后，方可拆模；但拆模应与在模板混凝土相互冻结前进行；

二、加热结构的模板和保温层，在混凝土冷却至 $+5^{\circ}\text{C}$ 以后方可拆模。

注：混凝土与外界空气温度相差大于 20°C 时，拆除模板后的混凝土的外露表面应暂时加以覆盖，使混凝土外露表面的冷却过程得以缓慢进行。

第三节 混凝土的拌制

第287条 冬季条件下拌制混凝土用的水和骨料，在装入混凝土搅拌机时应保持正温度，并不得低于热工计算所需要的温度。水和骨料及混凝土的最高允许温度按表29采用。

注：粒径为80毫米及小于80毫米不含冰屑的干燥碎石，在外界空气温度不低于 -5°C ，且能满足热工计算的条件，可不进行加热。

混凝土及其组成材料最高允许温度

表 29

项 次	水 泥 种 类	最高允许温度 ($^{\circ}\text{C}$)		
		水在装入 搅拌机时	骨料在装入 搅拌机时	混凝土自搅拌 机中倾出时
1	200~300号的普通水泥及矿渣水泥	80	60	45
2	400号的普通水泥及300号的火山灰质水泥	70	50	40
3	500号的普通水泥	60	40	35
4	矾土水泥	40	30	25

第288条 在冬季条件下混凝土的搅拌时间应比本规范第91条所规定的时间增加50%。

第289条 在冬季条件下混凝土的灌筑和养护温度应符合热工计算确定的数值，在开始养护（加热）前混凝土的温度不得低于5℃。

第290条 在冬季条件下，混凝土中掺用混合材料时，必须按照所采用的施工方法，经过试验及复核其硬化期限合格后，方可采用。

第四节 混凝土的灌筑

第291条 冻胀性土应在开始灌筑混凝土以前加热至正温度，以防止其遭受冻结，并将冻胀变形部分加以消除。

在非冻胀性土上灌筑混凝土时，如能符合下列各项要求不必将土预先加热：

- 一、土的湿度不超过10%（按重量计）；
- 二、混凝土的温度比基土的温度至少高10℃；
- 三、混凝土硬化条件将保证其强度在冻结前达到设计标号的40%，也不小于50公斤/厘米²。

第292条 在继续灌筑混凝土以前，应将结构接头处的旧混凝土加热，加热的深度不得小于300毫米，在新灌筑的混凝土达到所要求的强度以前，应防止接头处的混凝土受冻。

第293条 用人工加热养护的整体式结构，其灌筑程序及结构中的施工缝位置，应能防止发生较大的温度应力；为此，混凝土的加热温度在+40℃以上时，应遵守下列规定：

- 一、支承在已灌筑完毕的厚大结构上的梁，应用钢板制成的垫板将梁与厚大结构隔开，使梁在加热时能有移动的可

能；

二、如果不能按本条第一项所述的方法进行灌筑，而在计算中又未考虑到附加的温度应力时，梁的灌筑与加热应分段进行，其间隔长度不应小于 $1/8$ 的跨度，也不得小于 0.7 米；间断处应在已灌筑的混凝土冷却至 $+15^{\circ}\text{C}$ 以下后，才可用混凝土填实并加热；

三、与支座不作刚性连接的连续梁，应在长度不超过 20 米的段落上同时加热；

四、多跨刚架的连续横梁，如刚架支柱的高度与横梁截面高度（在刚架面内）之比小于 15 时，应按类似于本条第二项所规定的方法灌筑并加热混凝土；当刚架跨度在 8 米及小于 8 米时，应每隔两个跨度留出间断处；当跨度大于 8 米时，每隔一个跨度留出间断处；

五、与小跨度的大型横梁相连接的高柱，应按同一高度进行灌筑和加热；否则应在柱子之间的横梁上留出间断处；

六、互相平行且彼此之间以刚性连接的梁（如在同一柱上而又与柱子刚性连接的两根吊车梁），应同时进行加热；

七、灌筑和加热肋形楼板时，应按本条第二、四项的规定在纵向和横向中留出间断处；

八、肋形楼板的梁与板，应同时进行灌筑并加热。

第294条 分层灌筑厚大的整体结构时，已灌筑层中混凝土的温度，在其未被后一灌筑层覆盖以前，不应降落至计算规定的温度以下，也不得低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 。

第295条 在加热的空间中灌筑混凝土时，与混凝土相接触的空气温度，不得低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 。