

JC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 104-2011

备案号 J 1189-2011

建筑工程冬期施工规程

Specification for winter construction of building engineering

2011-04-22 发布

2011-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

建筑工程冬期施工规程

Specification for winter construction of building engineering

JGJ/T 104 - 2011

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2011 北京

中华人民共和国行业标准
建筑工程冬期施工规程

Specification for winter construction of building engineering

JGJ/T 104 - 2011

*

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

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：4 1/8 字数：116 千字

2011年7月第一版 2011年7月第一次印刷

定价：22.00 元

统一书号：15112 · 20714

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>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 989 号

关于发布行业标准《建筑工程 冬期施工规程》的公告

现批准《建筑工程冬期施工规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 104 - 2011，自 2011 年 12 月 1 日起实施。原行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 - 97 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2011 年 4 月 22 日

前　　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划〉（第一批）的通知》（建标〔2008〕102号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 建筑地基基础工程；4. 砌体工程；5. 钢筋工程；6. 混凝土工程；7. 保温及屋面防水工程；8. 建筑装饰装修工程；9. 钢结构工程；10. 混凝土构件安装工程；11. 越冬工程维护。

本规程修订的主要技术内容是：

1. 将“土方工程”与“地基与基础工程”两章合并，改名为“建筑地基基础工程”；
2. 增加基坑支护的冬期施工技术内容；
3. “砌筑工程”一章改名为“砌体工程”；
4. 取消原“砌筑工程”中的冻结法施工；
5. 取消钢筋的负温冷拉，增加钢筋电渣压力焊冬期施工规定；
6. 修订混凝土负温受冻临界强度的规定；
7. 取消混凝土综合蓄热法养护判别式；
8. “屋面保温及防水工程”一章改名为“保温及屋面防水工程”，增加外墙外保温工程冬期施工的内容；
9. “装饰工程”改名为“建筑装饰装修工程”，并取消饰面工程的冬期施工内容；
10. 修订原附录A“土壤保温防冻计算”；
11. 修订原附录B“混凝土的热工计算”公式；

12. 取消原附录 C “掺防冻剂混凝土在负温下各龄期混凝土强度增长规律”；

13. 修订原附录 D “用成熟度法计算混凝土早期强度”。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由黑龙江省寒地建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送黑龙江省寒地建筑科学研究院（地址：黑龙江省哈尔滨市南岗区清滨路 60 号，邮政编码：150080）。

本规程主编单位：黑龙江省寒地建筑科学研究院
 天元建设集团有限公司

本规程参编单位：中国建筑科学研究院
 山西建筑工程（集团）总公司

 北京建工集团有限责任公司
 清华大学

 齐翔建工集团有限责任公司
 新疆建筑科学研究院

 黑龙江省住房和城乡建设厅
 辽宁省建设科学研究院

 唐山北极熊建材有限公司
 北京双圆工程咨询监理有限公司

 山西省第二建筑工程公司

 哈尔滨工业大学

 沈阳建筑大学

 鞍钢建设集团有限公司

 中南林业科技大学

 上海曹杨建筑粘合剂厂

 黑龙江省桩基础工程公司

本规程主要起草人员：朱卫中 朱广祥 张桂玉 孙无二
 王利华 赵秋晨 王元清 郝玉柱
 黄 宇 陈建军 陈智丰 刘宏伟
 李家和 谢 婕 邢根保 张巨松

耿国生 赵霄龙 李东文 王 力
王春波 尹长生 杨顺河 李华勇
邓寿昌 程 峰 吕 岩 马新伟
伊永成 杨宇峰 魏成明 赵彩明
尹冬梅

本规程主要审查人员：项玉璞 钮长仁 薛 刚 王玉瑛
王国君 李东彬 何忠茂 王海云
丁延生 周云麟 宋国刚

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	建筑工程地基基础工程	5
3.1	一般规定	5
3.2	土方工程	5
3.3	地基处理	7
3.4	桩基础	7
3.5	基坑支护	8
4	砌体工程	10
4.1	一般规定	10
4.2	外加剂法	10
4.3	暖棚法	11
5	钢筋工程	13
5.1	一般规定	13
5.2	钢筋负温焊接	13
6	混凝土工程	16
6.1	一般规定	16
6.2	混凝土原材料加热、搅拌、运输和浇筑	18
6.3	混凝土蓄热法和综合蓄热法养护	20
6.4	混凝土蒸汽养护法	20
6.5	电加热法养护混凝土	21
6.6	暖棚法施工	24
6.7	负温养护法	25
6.8	硫铝酸盐水泥混凝土负温施工	25
6.9	混凝土质量控制及检查	26

7 保温及屋面防水工程	29
7.1 一般规定	29
7.2 外墙外保温工程施工	30
7.3 屋面保温工程施工	32
7.4 屋面防水工程施工	32
8 建筑装饰装修工程	37
8.1 一般规定	37
8.2 抹灰工程	37
8.3 油漆、刷浆、裱糊、玻璃工程	39
9 钢结构工程	40
9.1 一般规定	40
9.2 材料	40
9.3 钢结构制作	41
9.4 钢结构安装	44
10 混凝土构件安装工程	47
10.1 构件的堆放及运输	47
10.2 构件的吊装	47
10.3 构件的连接与校正	48
11 越冬工程维护	49
11.1 一般规定	49
11.2 在建工程	49
11.3 停、缓建工程	50
附录 A 混凝土的热工计算	53
附录 B 用成熟度法计算混凝土早期强度	58
附录 C 土壤保温防冻计算	61
本规程用词说明	62
引用标准名录	63
附：条文说明	65

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Building Foundation Bed and Foundation Engineering	5
3.1	General Requirements	5
3.2	Earthwork	5
3.3	Groundwork	7
3.4	Piled Foundation	7
3.5	Shoring of Trench	8
4	Masonry Engineering	10
4.1	General Requirements	10
4.2	Admixture Method	10
4.3	Conservatory Method	11
5	Steel Reinforcements Engineering	13
5.1	General Requirements	13
5.2	Steel Bar Welding at Subzero Temperature	13
6	Concrete Engineering	16
6.1	General Requirements	16
6.2	Concrete Raw Materials Heating, Mixing, Transportation and Placing	18
6.3	Concrete curing by Thermos Method and Comprehensive Thermos Method	20
6.4	Concrete curing by Steam Heating Method	20
6.5	Concrete curing by Electric Heating Method	21
6.6	Concrete curing by Conservatory Method	24
6.7	Concrete curing at Subzero Temperature	25

6.8	Construction of Sulphoaluminate Cement Concrete at Subzero Temperature	25
6.9	Concrete Construction Quality Control and Check	26
7	Heat-insulating and Roof Water Proofer Engineering	29
7.1	General Requirements	29
7.2	Construction of Heat-insulating on Walls Work	30
7.3	Construction of Heat-insulating on Roof Work	32
7.4	Waterproofing Work on Roof	32
8	Building Decoration and Finish Engineering	37
8.1	General Requirements	37
8.2	Plaster Work	37
8.3	Painting, Washing, Surface Coverings and Glass Work	39
9	Steel Structure Engineering	40
9.1	General Requirements	40
9.2	Materials	40
9.3	Steel Member Fabricating	41
9.4	Steel Member Fixing	44
10	Concrete Building Unit Fixing Engineering	47
10.1	Stacking and Transportation of Concrete Building Unit	47
10.2	Hoisting of Concrete Building Unit	47
10.3	Connection and Correction of Concrete Building Unit	48
11	Maintenance of Engineering Live through the Winter	49
11.1	General Requirements	49
11.2	Project under Construction	49
11.3	Ceased and Deferred Construction Engineering	50
Appendix A	Thermal Calculation of Concrete	53
Appendix B	Calculation of Concrete Early Strength Using Maturity Method	58

Appendix C Calculation of Soil Heat-Insulating and Anti-freezing	61
Explanation of Wording in This Specification	62
List of Quoted Standards	63
Addition: Explanation of Provisions	65

1 总 则

1.0.1 为了在建筑工程冬期施工中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、节能环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用房屋和一般构筑物的冬期施工。

1.0.3 本规程冬期施工期限划分原则是：根据当地多年气象资料统计，当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃ 即进入冬期施工，当室外日平均气温连续 5d 高于 5℃ 即解除冬期施工。

1.0.4 凡进行冬期施工的工程项目，应编制冬期施工专项方案；对有不能适应冬期施工要求的问题应及时与设计单位研究解决。

1.0.5 建筑工程冬期施工除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 负温焊接 welding at subzero temperature

在室外或工棚内的负温下进行钢筋的焊接连接。

2.0.2 受冻临界强度 critical strength in frost resistance

冬期浇筑的混凝土在受冻以前必须达到的最低强度。

2.0.3 蓄热法 thermos method

混凝土浇筑后，利用原材料加热以及水泥水化放热，并采取适当保温措施延缓混凝土冷却，在混凝土温度降到0℃以前达到受冻临界强度的施工方法。

2.0.4 综合蓄热法 comprehensive thermos method

掺早强剂或早强型复合外加剂的混凝土浇筑后，利用原材料加热以及水泥水化放热，并采取适当保温措施延缓混凝土冷却，在混凝土温度降到0℃以前达到受冻临界强度的施工方法。

2.0.5 电加热法 electric heat method

冬期浇筑的混凝土利用电能进行加热养护的施工方法。

2.0.6 电极加热法 electrode heating method

用钢筋作电极，利用电流通过混凝土所产生的热量对混凝土进行养护的施工方法。

2.0.7 电热毯法 electric heat blanket method

混凝土浇筑后，在混凝土表面或模板外覆盖柔性电热毯，通电加热养护混凝土的施工方法。

2.0.8 工频涡流法 eddy current method

利用安装在钢模板外侧的钢管，内穿导线，通以交流电后产生涡流电，加热钢模板对混凝土进行加热养护的施工方法。

2.0.9 线圈感应加热法 induction coil heating method

利用缠绕在构件钢模板外侧的绝缘导线线圈，通以交流电后在钢模板和混凝土内的钢筋中产生电磁感应发热，对混凝土进行加热养护的施工方法。

2.0.10 暖棚法 tent heating method

将混凝土构件或结构置于搭设的棚中，内部设置散热器、排管、电热器或火炉等加热棚内空气，使混凝土处于正温环境下养护的施工方法。

2.0.11 负温养护法 curing method at subzero temperature

在混凝土中掺入防冻剂，使其在负温条件下能够不断硬化，在混凝土温度降到防冻剂规定温度前达到受冻临界强度的施工方法。

2.0.12 硫铝酸盐水泥混凝土负温施工法 sulphaaluminate cement concrete

冬期条件下，采用快硬硫铝酸盐水泥且掺入亚硝酸钠等外加剂配制混凝土，并采取适当保温措施的负温施工法。

2.0.13 起始养护温度 original curing temperature

混凝土浇筑结束，表面覆盖保温材料完成后的起始温度。

2.0.14 热熔法 hot melt method

防水层施工时，采用火焰加热器加热熔化热熔型防水卷材底层的热熔胶进行粘贴的施工方法。

2.0.15 冷粘法 cold application method

采用胶粘剂将卷材与基层、卷材与卷材进行粘结，而无需加热的施工方法。

2.0.16 涂膜屋面防水 surface-coating method for waterproofing

以沥青基防水涂料、高聚物改性沥青防水涂料或合成高分子防水涂料等材料，均匀涂刷一道或多道在基层表面上，经固化后形成整体防水涂膜层。

2.0.17 成熟度 maturity

混凝土在养护期间养护温度和养护时间的乘积。

2.0.18 等效龄期 equivalent age

混凝土在养护期间温度不断变化，在这一段时间内，其养护的效果与在标准条件下养护达到的效果相同时所需的时间。

3 建筑地基基础工程

3.1 一般规定

3.1.1 冬期施工的地基基础工程，除应有建筑场地的工程地质勘察资料外，尚应根据需要提出地基土的主要冻土性能指标。

3.1.2 建筑场地宜在冻结前清除地上和地下障碍物、地表积水，并应平整场地与道路。冬期应及时清除积雪，春融期应作好排水。

3.1.3 对建筑物、构筑物的施工控制坐标点、水准点及轴线定位点的埋设，应采取防止土壤冻胀、融沉变位和施工振动影响的措施，并应定期复测校正。

3.1.4 在冻土上进行桩基础和强夯施工时所产生的振动，对周围建筑物及各种设施有影响时，应采取隔振措施。

3.1.5 靠近建筑物、构筑物基础的地下基坑施工时，应采取防止相邻地基土遭冻的措施。

3.1.6 同一建筑物基槽（坑）开挖时应同时进行，基底不得留冻土层。基础施工中，应防止地基土被融化的雪水或冰水浸泡。

3.2 土方工程

3.2.1 冻土挖掘应根据冻土层的厚度和施工条件，采用机械、人工或爆破等方法进行，并应符合下列规定：

1 人工挖掘冻土可采用锤击铁楔子劈冻土的方法分层进行；铁楔子长度应根据冻土层厚度确定，且宜在 300mm～600mm 之间取值；

2 机械挖掘冻土可根据冻土层厚度按表 3.2.1 选用设备；

表 3.2.1 机械挖掘冻土设备选择表

冻土厚度 (mm)	挖掘设备
<500	铲运机、挖掘机
500~1000	松土机、挖掘机
1000~1500	重锤或重球

3 爆破法挖掘冻土应选择具有专业爆破资质的队伍，爆破施工应按国家有关规定进行。

3.2.2 在挖方上边弃置冻土时，其弃土堆坡脚至挖方边缘的距离应为常温下规定的距离加上弃土堆的高度。

3.2.3 挖掘完毕的基槽（坑）应采取防止基底部受冻的措施，因故未能及时进行下道工序施工时，应在基槽（坑）底标高以上预留土层，并应覆盖保温材料。

3.2.4 土方回填时，每层铺土厚度应比常温施工时减少 20%~25%，预留沉陷量应比常温施工时增加。

对于大面积回填土和有路面的路基及其人行道范围内的平整场地填方，可采用含有冻土块的土回填，但冻土块的粒径不得大于 150mm，其含量不得超过 30%。铺填时冻土块应分散开，并应逐层夯实。

3.2.5 冬期施工应在填方前清除基底上的冰雪和保温材料，填方上层部位应采用未冻的或透水性好的土方回填，其厚度应符合设计要求。填方边坡的表层 1m 以内，不得采用含有冻土块的土填筑。

3.2.6 室外的基槽（坑）或管沟可采用含有冻土块的土回填，冻土块粒径不得大于 150mm，含量不得超过 15%，且应均匀分布。管沟底以上 500mm 范围内不得用含有冻土块的土回填。

3.2.7 室内的基槽（坑）或管沟不得采用含有冻土块的土回填，施工应连续进行并应夯实。当采用人工夯实土时，每层铺土厚度不得超过 200mm，夯实厚度宜为 100mm~150mm。

3.2.8 冻结期间暂不使用的管道及其场地回填时，冻土块的含

量和粒径可不受限制，但融化后应作适当处理。

3.2.9 室内地面垫层下回填的土方，填料中不得含有冻土块，并应及时夯实。填方完成后至地面施工前，应采取防冻措施。

3.2.10 永久性的挖、填方和排水沟的边坡加固修整，宜在解冻后进行。

3.3 地基处理

3.3.1 强夯施工技术参数应根据加固要求与地质条件在场内经试夯确定，试夯应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定进行。

3.3.2 强夯施工时，不应将冻结基土或回填的冻土块夯入地基的持力层，回填土的质量应符合本规程第 3.2 节的有关规定。

3.3.3 黏性土或粉土地基的强夯，宜在被夯土层表面铺设粗颗粒材料，并应及时清除粘结于锤底的土料。

3.3.4 强夯加固后的地基越冬维护，应按本规程第 11 章的有关规定进行。

3.4 桩基础

3.4.1 冻土地基可采用干作业钻孔桩、挖孔灌注桩等或沉管灌注桩、预制桩等施工。

3.4.2 桩基施工时，当冻土层厚度超过 500mm，冻土层宜采用钻孔机引孔，引孔直径不宜大于桩径 20mm。

3.4.3 钻孔机的钻头宜选用锥形钻头并镶嵌合金刀片。钻进冻土时应加大钻杆对土层的压力，并应防止摆动和偏位。钻成的桩孔应及时覆盖保护。

3.4.4 振动沉管成孔时，应制定保证相邻桩身混凝土质量的施工顺序。拔管时，应及时清除管壁上的水泥浆和泥土。当成孔施工有间歇时，宜将桩管埋入桩孔中进行保温。

3.4.5 灌注桩的混凝土施工应符合下列规定：

1 混凝土材料的加热、搅拌、运输、浇筑应按本规程第 6

章的有关规定进行；混凝土浇筑温度应根据热工计算确定，且不得低于5℃；

2 地基土冻深范围内的和露出地面的桩身混凝土养护，应按本规程第6章有关规定进行；

3 在冻胀性地基土上施工时，应采取防止或减小桩身与冻土之间产生切向冻胀力的防护措施。

3.4.6 预制桩施工应符合下列规定：

1 施工前，桩表面应保持干燥与清洁；

2 起吊前，钢丝绳索与桩机的夹具应采取防滑措施；

3 沉桩施工应连续进行，施工完成后应采用保温材料覆盖于桩头上进行保温；

4 接桩可采用焊接或机械连接，焊接和防腐要求应符合本规程第9章的有关规定；

5 起吊、运输与堆放应符合本规程第10章的有关规定。

3.4.7 桩基静荷载试验前，应将试桩周围的冻土融化或挖除。试验期间，应对试桩周围地表土和锚桩横梁支座进行保温。

3.5 基坑支护

3.5.1 基坑支护冬期施工宜选用排桩和土钉墙的方法。

3.5.2 采用液压高频锤法施工的型钢或钢管排桩基坑支护工程，除应考虑对周边建筑物、构筑物和地下管道的振动影响外，尚应符合下列规定：

1 当在冻土上施工时，应采用钻机在冻土层内引孔，引孔的直径应大于型钢或钢管的最大边缘尺寸；

2 型钢或钢管的焊接应按本规程第9章的有关规定进行。

3.5.3 钢筋混凝土灌注桩的排桩施工应符合本规程第3.4.2条和第3.4.5条的规定，并应符合下列规定：

1 基坑土方开挖应待桩身混凝土达到设计强度时方可进行；

2 基坑土方开挖时，排桩上部自由端外侧的基土应进行保温；

3 排桩上部的冠梁钢筋混凝土施工应按本规程第6章的有关规定进行；

4 桩身混凝土施工可选用掺防冻剂混凝土进行。

3.5.4 锚杆施工应符合下列规定：

1 锚杆注浆的水泥浆配制宜掺入适量的防冻剂；

2 锚杆体钢筋端头与锚板的焊接应符合本规程第9章的相关规定；

3 预应力锚杆张拉应待锚杆水泥浆体达到设计强度后方可进行。

3.5.5 土钉施工应符合本规程第3.5.4条的规定。严寒地区土钉墙混凝土面板施工应符合下列规定：

1 面板下宜铺设60mm~100mm厚聚苯乙烯泡沫板；

2 浇筑后的混凝土应按本规程第6章的相关规定立即进行保温养护。

4 砌 体 工 程

4.1 一 般 规 定

4.1.1 冬期施工所用材料应符合下列规定：

1 砖、砌块在砌筑前，应清除表面污物、冰雪等，不得使用遭水浸和受冻后表面结冰、污染的砖或砌块；

2 砌筑砂浆宜采用普通硅酸盐水泥配制，不得使用无水泥拌制的砂浆；

3 现场拌制砂浆所用砂中不得含有直径大于 10mm 的冻结块或冰块；

4 石灰膏、电石渣膏等材料应有保温措施，遭冻结时应经融化后方可使用；

5 砂浆拌合水温不宜超过 80℃，砂加热温度不宜超过 40℃，且水泥不得与 80℃ 以上热水直接接触；砂浆稠度宜较常温适当增大，且不得二次加水调整砂浆和易性。

4.1.2 砌筑间歇期间，宜及时在砌体表面进行保护性覆盖，砌体面层不得留有砂浆。继续砌筑前，应将砌体表面清理干净。

4.1.3 砌体工程宜选用外加剂法进行施工，对绝缘、装饰等有特殊要求的工程，应采用其他方法。

4.1.4 施工日记中应记录大气温度、暖棚内温度、砌筑时砂浆温度、外加剂掺量等有关资料。

4.1.5 砂浆试块的留置，除应按常温规定要求外，尚应增设一组与砌体同条件养护的试块，用于检验转入常温 28d 的强度。如有特殊需要，可另外增加相应龄期的同条件试块。

4.2 外 加 剂 法

4.2.1 采用外加剂法配制砂浆时，可采用氯盐或亚硝酸盐等外

添加剂。氯盐应以氯化钠为主，当气温低于-15℃时，可与氯化钙复合使用。氯盐掺量可按表 4.2.1 选用。

表 4.2.1 氯盐外加剂掺量

氯盐及砌体材料种类		日最低气温(℃)			
		≥-10	-11~-15	-16~-20	-21~-25
单掺氯化钠(%)	砖、砌块	3	5	7	—
	石材	4	7	10	—
复掺 (%)	氯化钠	—	—	5	7
	氯化钙	—	—	2	3

注：氯盐以无水盐计，掺量为占拌合水质量百分比。

4.2.2 砌筑施工时，砂浆温度不应低于5℃。

4.2.3 当设计无要求，且最低气温等于或低于-15℃时，砌体砂浆强度等级应较常温施工提高一级。

4.2.4 氯盐砂浆中复掺引气型外加剂时，应在氯盐砂浆搅拌的后期掺入。

4.2.5 采用氯盐砂浆时，应对砌体中配置的钢筋及钢预埋件进行防腐处理。

4.2.6 砌体采用氯盐砂浆施工，每日砌筑高度不宜超过1.2m，墙体留置的洞口，距交接墙处不应小于500mm。

4.2.7 下列情况不得采用掺氯盐的砂浆砌筑砌体：

- 1 对装饰工程有特殊要求的建筑物；
- 2 使用环境湿度大于80%的建筑物；
- 3 配筋、钢埋件无可靠防腐处理措施的砌体；
- 4 接近高压电线的建筑物（如变电所、发电站等）；
- 5 经常处于地下水位变化范围内，以及在地下未设防水层的结构。

4.3 暖棚法

4.3.1 暖棚法适用于地下工程、基础工程以及工期紧迫的砌体

结构。

4.3.2 暖棚法施工时，暖棚内的最低温度不应低于5℃。

4.3.3 砌体在暖棚内的养护时间应根据暖棚内的温度确定，并应符合表4.3.3的规定。

表4.3.3 暖棚法施工时的砌体养护时间

暖棚内温度(℃)	5	10	15	20
养护时间(d)	≥6	≥5	≥4	≥3

5 钢筋工程

5.1 一般规定

5.1.1 钢筋调直冷拉温度不宜低于-20℃。预应力钢筋张拉温度不宜低于-15℃。

5.1.2 钢筋负温焊接，可采用闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊等方法。当采用细晶粒热轧钢筋时，其焊接工艺应经试验确定。当环境温度低于-20℃时，不宜进行施焊。

5.1.3 负温条件下使用的钢筋，施工过程中应加强管理和检验，钢筋在运输和加工过程中应防止撞击和刻痕。

5.1.4 钢筋张拉与冷拉设备、仪表和液压工作系统油液应根据环境温度选用，并应在使用温度条件下进行配套校验。

5.1.5 当环境温度低于-20℃时，不得对HRB335、HRB400钢筋进行冷弯加工。

5.2 钢筋负温焊接

5.2.1 雪天或施焊现场风速超过三级风焊接时，应采取遮蔽措施，焊接后未冷却的接头应避免碰到冰雪。

5.2.2 热轧钢筋负温闪光对焊，宜采用预热——闪光焊或闪光——预热——闪光焊工艺。钢筋端面比较平整时，宜采用预热——闪光焊；端面不平整时，宜采用闪光——预热——闪光焊。

5.2.3 钢筋负温闪光对焊工艺应控制热影响区长度。焊接参数应根据当地气温按常温参数调整。

采用较低变压器级数，宜增加调整长度、预热留量、预热次数、预热间歇时间和预热接触压力，并宜减慢烧化过程的中期速度。

5.2.4 钢筋负温电弧焊宜采取分层控温施焊。热轧钢筋焊接的

层间温度宜控制在 150℃～350℃之间。

5.2.5 钢筋负温电弧焊可根据钢筋牌号、直径、接头形式和焊接位置选择焊条和焊接电流。焊接时应采取防止产生过热、烧伤、咬肉和裂缝等措施。

5.2.6 钢筋负温帮条焊或搭接焊的焊接工艺应符合下列规定：

1 帮条与主筋之间应采用四点定位焊固定，搭接焊时应采用两点固定；定位焊缝与帮条或搭接端部的距离不应小于 20mm；

2 帮条焊的引弧应在帮条钢筋的一端开始，收弧应在帮条钢筋端头上，弧坑应填满；

3 焊接时，第一层焊缝应具有足够的熔深，主焊缝或定位焊缝应熔合良好；平焊时，第一层焊缝应先从中间引弧，再向两端运弧；立焊时，应先从中间向上方运弧，再从下端向中间运弧；在以后各层焊缝焊接时，应采用分层控温施焊；

4 帮条接头或搭接接头的焊缝厚度不应小于钢筋直径的 30%，焊缝宽度不应小于钢筋直径的 70%。

5.2.7 钢筋负温坡口焊的工艺应符合下列规定：

1 焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢垫板之间均应熔合，焊接过程中应经常除渣；

2 焊接时，宜采用几个接头轮流施焊；

3 加强焊缝的宽度应超出 V 形坡口边缘 3mm，高度应超出 V 形坡口上下边缘 3mm，并应平缓过渡至钢筋表面；

4 加强焊缝的焊接，应分两层控温施焊。

5.2.8 HRB335 和 HRB400 钢筋多层施焊时，焊后可采用回火焊道施焊，其回火焊道的长度应比前一层焊道的两端缩短 4mm～6mm。

5.2.9 钢筋负温电渣压力焊应符合下列规定：

1 电渣压力焊宜用于 HRB335、HRB400 热轧带肋钢筋；

2 电渣压力焊机容量应根据所焊钢筋直径选定；

3 焊剂应存放于干燥库房内，在使用前经 250℃～300℃烘焙 2h 以上；

4 焊接前，应进行现场负温条件下的焊接工艺试验，经检验满足要求后方可正式作业；

5 电渣压力焊焊接参数可按表 5.2.9 进行选用；

表 5.2.9 钢筋负温电渣压力焊焊接参数

钢筋直径 (mm)	焊接温度 (℃)	焊接电流 (A)	焊接电压(V)		焊接通电时间(s)	
			电弧过程	电渣过程	电弧过程	电渣过程
14~18	-10	300~350	35~45	18~22	20~25	6~8
	-20	350~400				
20	-10	350~400	35~45	18~22	25~30	8~10
	-20	400~450				
22	-10	400~450	35~45	18~22	25~30	8~10
	-20	500~550				
25	-10	450~500	35~45	18~22	25~30	8~10
	-20	550~600				

注：本表系采用常用 HJ431 焊剂和半自动焊机参数。

6 焊接完毕，应停歇 20s 以上方可卸下夹具回收焊剂，回收的焊剂内不得混入冰雪，接头渣壳应待冷却后清理。

6 混凝土工程

6.1 一般规定

6.1.1 冬期浇筑的混凝土，其受冻临界强度应符合下列规定：

1 采用蓄热法、暖棚法、加热法等施工的普通混凝土，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制时，其受冻临界强度不应小于设计混凝土强度等级值的 30%；采用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥时，不应小于设计混凝土强度等级值的 40%；

2 当室外最低气温不低于 -15°C 时，采用综合蓄热法、负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应小于 4.0 MPa ；当室外最低气温不低于 -30°C 时，采用负温养护法施工的混凝土受冻临界强度不应小于 5.0 MPa ；

3 对强度等级等于或高于 C50 的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 30%；

4 对有抗渗要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 50%；

5 对有抗冻耐久性要求的混凝土，不宜小于设计混凝土强度等级值的 70%；

6 当采用暖棚法施工的混凝土中掺入早强剂时，可按综合蓄热法受冻临界强度取值；

7 当施工需要提高混凝土强度等级时，应按提高后的强度等级确定受冻临界强度。

6.1.2 混凝土工程冬期施工应按本规程附录 A 进行混凝土热工计算。

6.1.3 混凝土的配制宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并应符合下列规定：

- 1 当采用蒸汽养护时，宜选用矿渣硅酸盐水泥；
- 2 混凝土最小水泥用量不宜低于 $280\text{kg}/\text{m}^3$ ，水胶比不应大于 0.55；
- 3 大体积混凝土的最小水泥用量，可根据实际情况决定；
- 4 强度等级不大于 C15 的混凝土，其水胶比和最小水泥用量可不受以上限制。

6.1.4 拌制混凝土所用骨料应清洁，不得含有冰、雪、冻块及其他易冻裂物质。掺加含有钾、钠离子的防冻剂混凝土，不得采用活性骨料或在骨料中混有此类物质的材料。

6.1.5 冬期施工混凝土选用外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的相关规定。非加热养护法混凝土施工，所选用的外加剂应含有引气组分或掺入引气剂，含气量宜控制在 3.0%~5.0%。

6.1.6 钢筋混凝土掺用氯盐类防冻剂时，氯盐掺量不得大于水泥质量的 1.0%。掺用氯盐的混凝土应振捣密实，且不宜采用蒸汽养护。

6.1.7 在下列情况下，不得在钢筋混凝土结构中掺用氯盐：

- 1 排出大量蒸汽的车间、浴池、游泳馆、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在高湿度空气环境中使用的结构；
- 2 处于水位升降部位的结构；
- 3 露天结构或经常受雨、水淋的结构；
- 4 有镀锌钢材或铝铁相接触部位的结构，和有外露钢筋、预埋件而无防护措施的结构；
- 5 与含有酸、碱或硫酸盐等侵蚀介质相接触的结构；
- 6 使用过程中经常处于环境温度为 60°C 以上的结构；
- 7 使用冷拉钢筋或冷拔低碳钢丝的结构；
- 8 薄壁结构，中级和重级工作制吊车梁、屋架、落锤或锻锤基础结构；
- 9 电解车间和直接靠近直流电源的结构；

- 10 直接靠近高压电源（发电站、变电所）的结构；
11 预应力混凝土结构。

6.1.8 模板外和混凝土表面覆盖的保温层，不应采用潮湿状态的材料，也不应将保温材料直接铺盖在潮湿的混凝土表面，新浇混凝土表面应铺一层塑料薄膜。

6.1.9 采用加热养护的整体结构，浇筑程序和施工缝位置的设置，应采取能防止产生较大温度应力的措施。当加热温度超过45℃时，应进行温度应力核算。

6.1.10 型钢混凝土组合结构，浇筑混凝土前应对型钢进行预热，预热温度宜大于混凝土入模温度，预热方法可按本规程第6.5节相关规定进行。

6.2 混凝土原材料加热、搅拌、运输和浇筑

6.2.1 混凝土原材料加热宜采用加热水的方法。当加热水仍不能满足要求时，可对骨料进行加热。水、骨料加热的最高温度应符合表6.2.1的规定。

当水和骨料的温度仍不能满足热工计算要求时，可提高水温到100℃，但水泥不得与80℃以上的水直接接触。

表6.2.1 拌合水及骨料加热最高温度

水泥强度等级	拌合水(℃)	骨料(℃)
小于42.5	80	60
42.5、42.5R及以上	60	40

6.2.2 水加热宜采用蒸汽加热、电加热、汽水热交换罐或其他加热方法。水箱或水池容积及水温应能满足连续施工的要求。

6.2.3 砂加热应在开盘前进行，加热应均匀。当采用保温加热料斗时，宜配备两个，交替加热使用。每个料斗容积可根据机械可装高度和侧壁厚度等要求进行设计，每一个斗的容量不宜小于3.5m³。

预拌混凝土用砂，应提前备足料，运至有加热设施的保温封闭储料棚（室）或仓内备用。

6.2.4 水泥不得直接加热，袋装水泥使用前宜运入暖棚内存放。

6.2.5 混凝土搅拌的最短时间应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 混凝土搅拌的最短时间

混凝土坍落度(mm)	搅拌机容积(L)	混凝土搅拌最短时间(s)
≤ 80	<250	90
	250~500	135
	>500	180
>80	<250	90
	250~500	90
	>500	135

注：采用自落式搅拌机时，应较上表搅拌时间延长 30s~60s；采用预拌混凝土时，应较常温下预拌混凝土搅拌时间延长 15s~30s。

6.2.6 混凝土在运输、浇筑过程中的温度和覆盖的保温材料，应按本规程附录 A 进行热工计算后确定，且入模温度不应低于 5℃。当不符合要求时，应采取措施进行调整。

6.2.7 混凝土运输与输送机具应进行保温或具有加热装置。泵送混凝土在浇筑前应对泵管进行保温，并应采用与施工混凝土同配比砂浆进行预热。

6.2.8 混凝土浇筑前，应清除模板和钢筋上的冰雪和污垢。

6.2.9 冬期不得在强冻胀性地基土上浇筑混凝土；在弱冻胀性地基土上浇筑混凝土时，基土不得受冻。在非冻胀性地基土上浇筑混凝土时，混凝土受冻临界强度应符合本规程第 6.1.1 条规定。

6.2.10 大体积混凝土分层浇筑时，已浇筑层的混凝土在未被上一层混凝土覆盖前，温度不应低于 2℃。采用加热法养护混凝土

时，养护前的混凝土温度也不得低于2℃。

6.3 混凝土蓄热法和综合蓄热法养护

6.3.1 当室外最低温度不低于-15℃时，地面以下的工程，或表面系数不大于 5m^{-1} 的结构，宜采用蓄热法养护。对结构易受冻的部位，应加强保温措施。

6.3.2 当室外最低气温不低于-15℃时，对于表面系数为 $5\text{m}^{-1} \sim 15\text{m}^{-1}$ 的结构，宜采用综合蓄热法养护，围护层散热系数宜控制在 $50\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K}) \sim 200\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$ 之间。

6.3.3 综合蓄热法施工的混凝土中应掺入早强剂或早强型复合外加剂，并应具有减水、引气作用。

6.3.4 混凝土浇筑后应采用塑料布等防水材料对裸露表面覆盖并保温。对边、棱角部位的保温层厚度应增大到面部位的2倍~3倍。混凝土在养护期间应防风、防失水。

6.4 混凝土蒸汽养护法

6.4.1 混凝土蒸汽养护法可采用棚罩法、蒸汽套法、热模法、内部通汽法等方式进行，其适用范围应符合下列规定：

- 1 棚罩法适用于预制梁、板、地下基础、沟道等；
- 2 蒸汽套法适用于现浇梁、板、框架结构，墙、柱等；
- 3 热模法适用于墙、柱及框架架构；
- 4 内部通汽法适用于预制梁、柱、桁架，现浇梁、柱、框架单梁。

6.4.2 蒸汽养护法应采用低压饱和蒸汽，当工地有高压蒸汽时，应通过减压阀或过水装置后方可使用。

6.4.3 蒸汽养护的混凝土，采用普通硅酸盐水泥时最高养护温度不得超过80℃，采用矿渣硅酸盐水泥时可提高到85℃。但采用内部通汽法时，最高加热温度不应超过60℃。

6.4.4 整体浇筑的结构，采用蒸汽加热养护时，升温和降温速度不得超过表6.4.4规定。

表 6.4.4 蒸汽加热养护混凝土升温和降温速度

结构表面系数(m^{-1})	升温速度(°C/h)	降温速度(°C/h)
≥6	15	10
<6	10	5

6.4.5 蒸汽养护应包括升温——恒温——降温三个阶段，各阶段加热延续时间可根据养护结束时要求的强度确定。

6.4.6 采用蒸汽养护的混凝土，可掺入早强剂或非引气型减水剂。

6.4.7 蒸汽加热养护混凝土时，应排除冷凝水，并应防止渗入地基土中。当有蒸汽喷出口时，喷嘴与混凝土外露面的距离不得小于300mm。

6.5 电加热法养护混凝土

6.5.1 电加热法养护混凝土的温度应符合表6.5.1的规定。

表 6.5.1 电加热法养护混凝土的温度 (°C)

水泥强度等级	结构表面系数(m^{-1})		
	<10	10~15	>15
32.5	70	50	45
42.5	40	40	35

注：采用红外线辐射加热时，其辐射表面温度可采用70°C~90°C。

6.5.2 电极加热法养护混凝土的适用范围宜符合表6.5.2的规定。

表 6.5.2 电极加热法养护混凝土的适用范围

分类		常用电极规格	设置方法	适用范围
内部电极	棒形电极	Φ6~Φ12 的钢筋短棒	混凝土浇筑后，将电极穿过模板或在混凝土表面插入混凝土体内	梁、柱、厚度大于150mm的板、墙及设备基础
	弦形电极	Φ6~Φ12 的钢筋，长为2.0m~2.5m	在浇筑混凝土前将电极装入，与结构纵向平行。电极两端弯成直角，由模板孔引出	含筋较少的墙、柱、梁、大型柱基础以及厚度大于200mm单侧配筋的板

续表 6.5.2

分类	常用电极规格	设置方法	适用范围
表面电极	#6 钢筋或厚 1mm~2mm、宽 30mm~60mm 的扁钢	电极固定在模板内侧，或装在混凝土的外表面	条形基础、墙及保护层大于 50mm 的大体积结构和地面等

6.5.3 混凝土采用电极加热法养护应符合下列规定：

1 电路接好应经检查合格后方可合闸送电。当结构工程量较大，需边浇筑边通电时，应将钢筋接地线。电加热现场应设安全围栏。

2 棒形和弦形电极应固定牢固，并不得与钢筋直接接触。电极与钢筋之间的距离应符合表 6.5.3 的规定；当因钢筋密度大而不能保证钢筋与电极之间的距离满足表 6.5.3 的规定时，应采取绝缘措施。

表 6.5.3 电极与钢筋之间的距离

工作电压(V)	最小距离(mm)
65.0	50~70
87.0	80~100
106.0	120~150

3 电极加热法应采用交流电。电极的形式、尺寸、数量及配置应能保证混凝土各部位加热均匀，且应加热到设计的混凝土强度标准值的 50%。在电极附近的辐射半径方向每隔 10mm 距离的温度差不得超过 1℃。

4 电极加热应在混凝土浇筑后立即送电，送电前混凝土表面应保温覆盖。混凝土在加热养护过程中，洒水应在断电后进行。

6.5.4 混凝土采用电热毯法养护应符合下列规定：

1 电热毯宜由四层玻璃纤维布中间夹以电阻丝制成。其几何尺寸应根据混凝土表面或模板外侧与龙骨组成的区格大小确

定。电热毯的电压宜为 60V~80V，功率宜为 75W~100W。

2 布置电热毯时，在模板周边的各区格应连续布毯，中间区格可间隔布毯，并应与对面模板错开。电热毯外侧应设置岩棉板等性质的耐热保温材料。

3 电热毯养护的通电持续时间应根据气温及养护温度确定，可采取分段、间断或连续通电养护工序。

6.5.5 混凝土采用工频涡流法养护应符合下列规定：

1 工频涡流法养护的涡流管应采用钢管，其直径宜为 12.5mm，壁厚宜为 3mm。钢管内穿铝芯绝缘导线，其截面宜为 $25\text{mm}^2\sim 35\text{mm}^2$ ，技术参数宜符合表 6.5.5 的规定。

表 6.5.5 工频涡流管技术参数

项 目	取 值
饱和电压降值(V/m)	1.05
饱和电流值(A)	200
钢管极限功率(W/m)	195
涡流管间距(mm)	150~250

2 各种构件涡流模板的配置应通过热工计算确定，也可按下列规定配置：

- 1) 柱：四面配置；
- 2) 梁：当高宽比大于 2.5 时，侧模宜采用涡流模板，底模宜采用普通模板；当高宽比小于等于 2.5 时，侧模和底模皆宜采用涡流模板；
- 3) 墙板：距墙板底部 600mm 范围内，应在两侧对称拼装涡流板；600mm 以上部位，应在两侧采用涡流和普通钢模交错拼装，并应使涡流模板对应面为普通模板；
- 4) 梁、柱节点：可将涡流钢管插入节点内，钢管总长度应根据混凝土量按 $6.0\text{kW}/\text{m}^3$ 功率计算；节点外围应保温养护。

3 当采用工频涡流法养护时，各阶段送电功率应使预养与

恒温阶段功率相同，升温阶段功率应大于预养阶段功率的 2.2 倍。预养、恒温阶段的变压器一次接线为 Y 形，升温阶段接线应为△形。

6.5.6 线圈感应加热法养护宜用于梁、柱结构，以及各种装配式钢筋混凝土结构的接头混凝土的加热养护；亦可用于型钢混凝土组合结构的钢体、密筋结构的钢筋和模板预热，以及受冻混凝土结构构件的解冻。

6.5.7 混凝土采用线圈感应加热养护应符合下列规定：

1 变压器宜选择 50kVA 或 100kVA 低压加热变压器，电压宜在 36V~110V 间调整。当混凝土量较少时，也可采用交流电焊机。变压器的容量宜比计算结果增加 20%~30%。

2 感应线圈宜选用截面面积为 35mm² 铝质或铜质电缆，加热主电缆的截面面积宜为 150mm²。电流不宜超过 400A。

3 当缠绕感应线圈时，宜靠近钢模板。构件两端线圈导线的间距应比中间加密一倍，加密范围宜由端部开始向内至一个线圈直径的长度为止。端头应密缠 5 圈。

4 最高电压值宜为 80V，新电缆电压值可采用 100V，但应确保接头绝缘。养护期间电流不得中断，并应防止混凝土受冻。

5 通电后应采用钳形电流表和万能表随时检查测定电流，并应根据具体情况随时调整参数。

6.5.8 采用电热红外线加热器对混凝土进行辐射加热养护，宜用于薄壁钢筋混凝土结构和装配式钢筋混凝土结构接头处混凝土加热，加热温度应符合本规程第 6.5.1 条的规定。

6.6 暖棚法施工

6.6.1 暖棚法施工适用于地下结构工程和混凝土构件比较集中的工程。

6.6.2 暖棚法施工应符合下列规定：

1 应设专人监测混凝土及暖棚内温度，暖棚内各测点温度不得低于 5℃。测温点应选择具有代表性位置进行布置，在离地

面 500mm 高度处应设点，每昼夜测温不应少于 4 次。

2 养护期间应监测暖棚内的相对湿度，混凝土不得有失水现象，否则应及时采取增湿措施或在混凝土表面洒水养护。

3 暖棚的出入口应设专人管理，并应采取防止棚内温度下降或引起风口处混凝土受冻的措施。

4 在混凝土养护期间应将烟或燃烧气体排至棚外，并应采取防止烟气中毒和防火的措施。

6.7 负温养护法

6.7.1 混凝土负温养护法适用于不易加热保温，且对强度增长要求不高的一般混凝土结构工程。

6.7.2 负温养护法施工的混凝土，应以浇筑后 5d 内的预计日最低气温来选用防冻剂，起始养护温度不应低于 5℃。

6.7.3 混凝土浇筑后，裸露表面应采取保湿措施；同时，应根据需要采取必要的保温覆盖措施。

6.7.4 负温养护法施工应按本规程第 6.9.3 条规定加强测温；混凝土内部温度降到防冻剂规定温度之前，混凝土的抗压强度应符合本规程第 6.1.1 条的规定。

6.8 硫铝酸盐水泥混凝土负温施工

6.8.1 硫铝酸盐水泥混凝土可在不低于 -25℃ 环境下施工，适用于下列工程：

1 工业与民用建筑工程的钢筋混凝土梁、柱、板、墙的现浇结构；

2 多层装配式结构的接头以及小截面和薄壁结构混凝土工程；

3 抢修、抢建工程及有硫酸盐腐蚀环境的混凝土工程。

6.8.2 使用条件经常处于温度高于 80℃ 的结构部位或有耐火要求的结构工程，不宜采用硫铝酸盐水泥混凝土施工。

6.8.3 硫铝酸盐水泥混凝土冬期施工可选用 NaNO_2 防冻剂或

NaNO₂与 Li₂CO₃复合防冻剂，其掺量可按表 6.8.3 选用。

表 6.8.3 硫铝酸盐水泥用防冻剂掺量表

环境最低气温(℃)	≥-5	-5~-15	-15~-25
单掺 NaNO ₂ (%)	0.50~1.00	1.00~3.00	3.00~4.00
复掺 NaNO ₂ 与 Li ₂ CO ₃ (%)	NaNO ₂ 0.00~1.00	1.00~2.00	2.00~4.00
	Li ₂ CO ₃ 0.00~0.02	0.02~0.05	0.05~0.10

注：防冻剂掺量按水泥质量百分比计。

6.8.4 拼装接头或小截面构件、薄壁结构施工时，应适当提高拌合物温度，并应加强保温措施。

6.8.5 硫铝酸盐水泥可与硅酸盐类水泥混合使用，硅酸盐类水泥的掺用比例应小于 10%。

6.8.6 硫铝酸盐水泥混凝土可采用热水拌合，水温不宜超过 50℃，拌合物温度宜为 5℃~15℃，坍落度应比普通混凝土增加 10mm~20mm。水泥不得直接加热或直接与 30℃以上热水接触。

6.8.7 采用机械搅拌和运输车运输，卸料时应将搅拌筒及运输车内混凝土排空，并应根据混凝土凝结时间情况，及时清洗搅拌机和运输车。

6.8.8 混凝土应随拌随用，并应在拌制结束 30min 内浇筑完毕，不得二次加水拌合使用。混凝土入模温度不得低于 2℃。

6.8.9 混凝土浇筑后，应立即在混凝土表面覆盖一层塑料薄膜防止失水，并应根据气温情况及时覆盖保温材料。

6.8.10 混凝土养护不宜采用电热法或蒸汽法。当混凝土结构体积较小时，可采用暖棚法养护，但养护温度不宜高于 30℃；当混凝土结构体积较大时，可采用蓄热法养护。

6.8.11 模板和保温层的拆除应符合本规程第 6.9.6 条规定。

6.9 混凝土质量控制及检查

6.9.1 混凝土冬期施工质量检查除应符合现行国家标准《混凝土工程施工质量验收规范》GB 50204 以及国家现行有关标

准规定外，尚应符合下列规定：

- 1 应检查外加剂质量及掺量；外加剂进入施工现场后应进行抽样检验，合格后方准使用；
- 2 应根据施工方案确定的参数检查水、骨料、外加剂溶液和混凝土出机、浇筑、起始养护时的温度；
- 3 应检查混凝土从入模到拆除保温层或保温模板期间的温度；
- 4 采用预拌混凝土时，原材料、搅拌、运输过程中的温度检查及混凝土质量检查应由预拌混凝土生产企业进行，并应将记录资料提供给施工单位。

6.9.2 施工期间的测温项目与频次应符合表 6.9.2 规定。

表 6.9.2 施工期间的测温项目与频次

测温项目	频次
室外气温	测量最高、最低气温
环境温度	每昼夜不少于 4 次
搅拌机棚温度	每一工作班不少于 4 次
水、水泥、矿物掺合料、砂、石及外加剂溶液温度	每一工作班不少于 4 次
混凝土出机、浇筑、入模温度	每一工作班不少于 4 次

6.9.3 混凝土养护期间的温度测量应符合下列规定：

- 1 采用蓄热法或综合蓄热法时，在达到受冻临界强度之前应每隔 4h~6h 测量一次；
- 2 采用负温养护法时，在达到受冻临界强度之前应每隔 2h 测量一次；
- 3 采用加热法时，升温和降温阶段应每隔 1h 测量一次，恒温阶段每隔 2h 测量一次；
- 4 混凝土在达到受冻临界强度后，可停止测温；
- 5 大体积混凝土养护期间的温度测量尚应符合现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 的相关规定。

6.9.4 养护温度的测量方法应符合下列规定：

1 测温孔应编号，并应绘制测温孔布置图，现场应设置明显标识；

2 测温时，测温元件应采取措施与外界气温隔离；测温元件测量位置应处于结构表面下 20mm 处，留置在测温孔内的时间不应少于 3min；

3 采用非加热法养护时，测温孔应设置在易于散热的部位；采用加热法养护时，应分别设置在离热源不同的位置。

6.9.5 混凝土质量检查应符合下列规定：

1 应检查混凝土表面是否受冻、粘连、收缩裂缝，边角是否脱落，施工缝处有无受冻痕迹；

2 应检查同条件养护试块的养护条件是否与结构实体相一致；

3 按本规程附录 B 成熟度法推定混凝土强度时，应检查测温记录与计算公式要求是否相符；

4 采用电加热养护时，应检查供电变压器二次电压和二次电流强度，每一工作班不应少于两次。

6.9.6 模板和保温层在混凝土达到要求强度并冷却到 5℃ 后方可拆除。拆模时混凝土表面与环境温差大于 20℃ 时，混凝土表面应及时覆盖，缓慢冷却。

6.9.7 混凝土抗压强度试件的留置除应按现行国家标准《混凝土工程施工质量验收规范》GB 50204 规定进行外，尚应增设不少于 2 组同条件养护试件。

7 保温及屋面防水工程

7.1 一般规定

7.1.1 保温工程、屋面防水工程冬期施工应选择晴朗天气进行，不得在雨、雪天和五级风及其以上或基层潮湿、结冰、霜冻条件下进行。

7.1.2 保温及屋面工程应依据材料性能确定施工气温界限，最低施工环境气温宜符合表 7.1.2 的规定。

表 7.1.2 保温及屋面工程施工环境气温要求

防水与保温材料	施工环境气温
粘结保温板	有机胶粘剂不低于-10℃；无机胶粘剂不低于5℃
现喷硬泡聚氨酯	15℃~30℃
高聚物改性沥青防水卷材	热熔法不低于-10℃
合成高分子防水卷材	冷粘法不低于5℃；焊接法不低于-10℃
高聚物改性沥青防水涂料	溶剂型不低于5℃；热熔型不低于-10℃
合成高分子防水涂料	溶剂型不低于-5℃
防水混凝土、防水砂浆	符合本规程混凝土、砂浆相关规定
改性石油沥青密封材料	不低于0℃
合成高分子密封材料	溶剂型不低于0℃

7.1.3 保温与防水材料进场后，应存放于通风、干燥的暖棚内，并严禁接近火源和热源。棚内温度不宜低于0℃，且不得低于本规程表 7.1.2 规定的温度。

7.1.4 屋面防水施工时，应先做好排水比较集中的部位，凡节点部位均应加铺一层附加层。

7.1.5 施工时，应合理安排隔气层、保温层、找平层、防水层的各项工序，连续操作，已完成部位应及时覆盖，防止受潮与受冻。穿过屋面防水层的管道、设备或预埋件，应在防水施工前安装完毕并做好防水处理。

7.2 外墙外保温工程施工

7.2.1 外墙外保温工程冬期施工宜采用 EPS 板薄抹灰外墙外保温系统、EPS 板现浇混凝土外墙外保温系统或 EPS 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统。

7.2.2 建筑外墙外保温工程冬期施工最低温度不应低于 -5°C 。

7.2.3 外墙外保温工程施工期间以及完工后 24h 内，基层及环境空气温度不应低于 5°C 。

7.2.4 进场的 EPS 板胶粘剂、聚合物抹面胶浆应存放于暖棚内。液态材料不得受冻，粉状材料不得受潮，其他材料应符合本章有关规定。

7.2.5 EPS 板薄抹灰外墙外保温系统应符合下列规定：

1 应采用低温型 EPS 板胶粘剂和低温型聚合物抹面胶浆，并应按产品说明书要求进行使用；

2 低温型 EPS 板胶粘剂和低温型 EPS 板聚合物抹面胶浆的性能应符合表 7.2.5-1 和表 7.2.5-2 的规定；

表 7.2.5-1 低温型 EPS 板胶粘剂技术指标

试验项目		性能指标
拉伸粘结强度(MPa) (与水泥砂浆)	原强度	≥ 0.60
	耐水	≥ 0.40
拉伸粘结强度(MPa) (与 EPS 板)	原强度	≥ 0.10 ，破坏界面在 EPS 板上
	耐水	≥ 0.10 ，破坏界面在 EPS 板上

表 7.2.5-2 低温型 EPS 板聚合物抹面胶浆技术指标

试验项目		性能指标
拉伸粘结强度(MPa) (与 EPS 板)	原强度	≥0.10, 破坏界面在 EPS 板上
	耐水	≥0.10, 破坏界面在 EPS 板上
	耐冻融	≥0.10, 破坏界面在 EPS 板上
柔韧性	抗压强度/抗折强度	≤3.00

注：低温型胶粘剂与聚合物抹面胶浆检验方法与常温一致，试件养护温度取施工环境温度。

3 胶粘剂和聚合物抹面胶浆拌合温度皆应高于 5℃，聚合物抹面胶浆拌合水温度不宜大于 80℃，且不宜低于 40℃；

4 拌合完毕的 EPS 板胶粘剂和聚合物抹面胶浆每隔 15min 搅拌一次，1h 内使用完毕；

5 施工前应按常温规定检查基层施工质量，并确保干燥、无结冰、霜冻；

6 EPS 板粘贴应保证有效粘贴面积大于 50%；

7 EPS 板粘贴完毕后，应养护至表 7.2.5-1、表 7.2.5-2 规定强度后方可进行面层薄抹灰施工。

7.2.6 EPS 板现浇混凝土外墙外保温系统和 EPS 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统冬期施工应符合下列规定：

1 施工前应经过试验确定负温混凝土配合比，选择合适的混凝土防冻剂；

2 EPS 板内外表面应预先在暖棚内喷刷界面砂浆；

3 EPS 板现浇混凝土外墙外保温系统和 EPS 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统的外抹面层施工应符合本规程第 8 章的有关规定，抹面抗裂砂浆中可掺入非氯盐类砂浆防冻剂；

4 抹面层厚度应均匀，钢丝网应完全包覆于抹面层中；分层抹灰时，底层灰不得受冻，抹灰砂浆在硬化初期应采取保温措施。

7.2.7 其他施工技术要求应符合现行行业标准《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144 的相关规定。

7.3 屋面保温工程施工

7.3.1 屋面保温材料应符合设计要求，且不得含有冰雪、冻块和杂质。

7.3.2 干铺的保温层可在负温下施工；采用沥青胶结的保温层应在气温不低于-10℃时施工；采用水泥、石灰或其他胶结料胶结的保温层应在气温不低于5℃时施工。当气温低于上述要求时，应采取保温、防冻措施。

7.3.3 采用水泥砂浆粘贴板状保温材料以及处理板间缝隙，可采用掺有防冻剂的保温砂浆。防冻剂掺量应通过试验确定。

7.3.4 干铺的板状保温材料在负温施工时，板材应在基层表面铺平垫稳，分层铺设。板块上下层缝应相互错开，缝隙应采用同类材料的碎屑填嵌密实。

7.3.5 倒置式屋面所选用材料应符合设计及本规程相关规定，施工前应检查防水层平整度及有无结冰、霜冻或积水现象，满足要求后方可施工。

7.4 屋面防水工程施工

7.4.1 屋面找平层施工应符合下列规定：

1 找平层应牢固坚实、表面无凹凸、起砂、起鼓现象。如有积雪、残留冰霜、杂物等应清扫干净，并应保持干燥。

2 找平层与女儿墙、立墙、天窗壁、变形缝、烟囱等突出屋面结构的连接处，以及找平层的转角处、水落口、檐口、天沟、檐沟、屋脊等均应做成圆弧。采用沥青防水卷材的圆弧，半径宜为100mm~150mm；采用高聚物改性沥青防水卷材，圆弧半径宜为50mm；采用合成高分子防水卷材，圆弧半径宜为20mm。

7.4.2 采用水泥砂浆或细石混凝土找平层时，应符合下列规定：

1 应依据气温和养护温度要求掺入防冻剂，且掺量应通过试验确定。

2 采用氯化钠作为防冻剂时，宜选用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥，不得使用高铝水泥。施工温度不应低于-7℃。氯化钠掺量可按表 7.4.2 采用。

表 7.4.2 氯化钠掺量

施工时室外气温 (℃)		0~-2	-3~-5	-6~-7
氯化钠掺量 (占水泥质量百分比, %)	用于平面部位	2	4	6
	用于檐口、天沟等部位	3	5	7

7.4.3 找平层宜留设分格缝，缝宽宜为 20mm，并应填充密封材料。当分格缝兼作排汽屋面的排汽道时，可适当加宽，并应与保温层连通。找平层表面宜平整，平整度不应超过 5mm，且不得有酥松、起砂、起皮现象。

7.4.4 高聚物改性沥青防水卷材、合成高分子防水卷材、高聚物改性沥青防水涂料、合成高分子防水涂料等防水材料的物理性能应符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的相关规定。

7.4.5 热熔法施工宜使用高聚物改性沥青防水卷材，并应符合下列规定：

1 基层处理剂宜使用挥发快的溶剂，涂刷后应干燥 10h 以上，并应及时铺贴。

2 水落口、管根、烟囱等容易发生渗漏部位的周围 200mm 范围内，应涂刷一遍聚氨酯等溶剂型涂料。

3 热熔铺贴防水层应采用满粘法。当坡度小于 3% 时，卷材与屋脊应平行铺贴；坡度大于 15% 时卷材与屋脊应垂直铺贴；坡度为 3%~15% 时，可平行或垂直屋脊铺贴。铺贴时应采用喷灯或热喷枪均匀加热基层和卷材，喷灯或热喷枪距卷材的距离宜为 0.5m，不得过热或烧穿，应待卷材表面熔化后，缓缓地滚铺铺贴。

4 卷材搭接应符合设计规定。当设计无规定时，横向搭接宽度宜为 120mm，纵向搭接宽度宜为 100mm。搭接时应采用喷

灯或热喷枪加热搭接部位，趁卷材熔化尚未冷却时，用铁抹子把接缝边抹好，再用喷灯或热喷枪均匀细致地密封。平面与立面相连接的卷材，应由上向下压缝铺贴，并应使卷材紧贴阴角，不得有空鼓现象。

5 卷材搭接缝的边缘以及末端收头部位应以密封材料嵌缝处理，必要时也可在经过密封处理的末端接头处再用掺防冻剂的水泥砂浆压缝处理。

7.4.6 热熔法铺贴卷材施工安全应符合下列规定：

1 易燃性材料及辅助材料库和现场严禁烟火，并应配备适当灭火器材；

2 溶剂型基层处理剂未充分挥发前不得使用喷灯或热喷枪操作；操作时应保持火焰与卷材的喷距，严防火灾发生；

3 在大坡度屋面或挑檐等危险部位施工时，施工人员应系好安全带，四周应设防护措施。

7.4.7 冷粘法施工宜采用合成高分子防水卷材。胶粘剂应采用密封桶包装，储存在通风良好的室内，不得接近火源和热源。

7.4.8 冷粘法施工应符合下列规定：

1 基层处理时应将聚氨酯涂膜防水材料的甲料：乙料：二甲苯按 1：1.5：3 的比例配合，搅拌均匀，然后均匀涂布在基层表面上，干燥时间不应少于 10h。

2 采用聚氨酯涂料做附加层处理时，应将聚氨酯甲料和乙料按 1：1.5 的比例配合搅拌均匀，再均匀涂刷在阴角、水落口和通气口根部的周围，涂刷边缘与中心的距离不应小于 200mm，厚度不应小于 1.5mm，并应在固化 36h 以后，方能进行下一工序施工。

3 铺贴立面或大坡面合成高分子防水卷材宜用满粘法。胶粘剂应均匀涂刷在基层或卷材底面，并应根据其性能，控制涂刷与卷材铺贴的间隔时间。

4 铺贴的卷材应平整顺直粘结牢固，不得有皱折。搭接尺寸应准确，并应辊压排除卷材下面的空气。

5 卷材铺好压粘后，应及时处理搭接部位。并应采用与卷材配套的接缝专用胶粘剂，在搭接缝粘合面上涂刷均匀。根据专用胶粘剂的性能，应控制涂刷与粘合间隔时间，排除空气、辊压粘结牢固。

6 接缝口应采用密封材料封严，其宽度不应小于10mm。

7.4.9 涂膜屋面防水施工应选用溶剂型合成高分子防水涂料。涂料进场后，应储存于干燥、通风的室内，环境温度不宜低于0℃，并应远离火源。

7.4.10 涂膜屋面防水施工应符合下列规定：

1 基层处理剂可选用有机溶剂稀释而成。使用时应充分搅拌，涂刷均匀，覆盖完全，干燥后方可进行涂膜施工。

2 涂膜防水应由两层以上涂层组成，总厚度应达到设计要求，其成膜厚度不应小于2mm。

3 可采用涂刮或喷涂施工。当采用涂刮施工时，每遍涂刮的推进方向宜与前一遍互相垂直，并应在前一遍涂料干燥后，方可进行后一遍涂料的施工。

4 使用双组分涂料时应按配合比正确计量，搅拌均匀，已配成的涂料及时使用。配料时可加入适量的稀释剂，但不得混入固化涂料。

5 在涂层中夹铺胎体增强材料时，位于胎体下面的涂层厚度不应小于1mm，最上层的涂料层不应少于两遍。胎体长边搭接宽度不得小于50mm，短边搭接宽度不得小于70mm。采用双层胎体增强材料时，上下层不得互相垂直铺设，搭接缝应错开，间距不应小于一个幅面宽度的1/3。

6 天沟、檐沟、檐口、泛水等部位，均应加铺有胎体增强材料的附加层。水落口周围与屋面交接处，应作密封处理，并应加铺两层有胎体增强材料的附加层，涂膜伸入水落口的深度不得小于50mm，涂膜防水层的收头应用密封材料封严。

7 涂膜屋面防水工程在涂膜层固化后应做保护层。保护层可采用分格水泥砂浆或细石混凝土或块材等。

7.4.11 隔气层可采用气密性好的单层卷材或防水涂料。冬期施工采用卷材时，可采用花铺法施工，卷材搭接宽度不应小于80mm；采用防水涂料时，宜选用溶剂型涂料。隔气层施工的温度不应低于-5℃。

8 建筑装饰装修工程

8.1 一般规定

- 8.1.1** 室外建筑装饰工程施工不得在五级及以上大风或雨、雪天气下进行。施工前，应采取挡风措施。
- 8.1.2** 外墙饰面板、饰面砖以及马赛克饰面工程采用湿贴法作业时，不宜进行冬期施工。
- 8.1.3** 外墙抹灰后需进行涂料施工时，抹灰砂浆内所掺的防冻剂品种应与所选用的涂料材质相匹配，具有良好的相溶性，防冻剂掺量和使用效果应通过试验确定。
- 8.1.4** 装饰装修施工前，应将墙体基层表面的冰、雪、霜等清理干净。
- 8.1.5** 室内抹灰前，应提前做好屋面防水层、保温层及室内封闭保温层。
- 8.1.6** 室内装饰施工可采用建筑物正式热源、临时性管道或火炉、电气取暖。若采用火炉取暖时，应采取预防煤气中毒的措施。
- 8.1.7** 室内抹灰、块料装饰工程施工与养护期间的温度不应低于5℃。
- 8.1.8** 冬期抹灰及粘贴面砖所用砂浆应采取保温、防冻措施。室外用砂浆内可掺入防冻剂，其掺量应根据施工及养护期间环境温度经试验确定。
- 8.1.9** 室内粘贴壁纸时，其环境温度不宜低于5℃。

8.2 抹灰工程

- 8.2.1** 室内抹灰的环境温度不应低于5℃。抹灰前，应将门口和窗口、外墙脚手眼或孔洞等封堵好，施工洞口、运料口及楼梯

间等处应封闭保温。

8.2.2 砂浆应在搅拌棚内集中搅拌，并应随用随拌，运输过程中应进行保温。

8.2.3 室内抹灰工程结束后，在7d以内应保持室内温度不低于5℃。当采用热空气加温时，应注意通风，排除湿气。当抹灰砂浆中掺入防冻剂时，温度可相应降低。

8.2.4 室外抹灰采用冷作法施工时，可使用掺防冻剂水泥砂浆或水泥混合砂浆。

8.2.5 含氯盐的防冻剂不宜用于有高压电源部位和有油漆墙面的水泥砂浆基层内。

8.2.6 砂浆防冻剂的掺量应按使用温度与产品说明书的规定经试验确定。当采用氯化钠作为砂浆防冻剂时，其掺量可按表8.2.6-1选用。当采用亚硝酸钠作为砂浆防冻剂时，其掺量可按表8.2.6-2选用。

表 8.2.6-1 砂浆内氯化钠掺量

室外气温(℃)		0~-5	-5~-10
氯化钠掺量(占拌合水质量百分比,%)	挑檐、阳台、雨罩、墙面等抹水泥砂浆	4	4~8
	墙面为水刷石、干粘石水泥砂浆	5	5~10

表 8.2.6-2 砂浆内亚硝酸钠掺量

室外温度(℃)	0~-3	-4~-9	-10~-15	-16~-20
亚硝酸钠掺量(占水泥质量百分比,%)	1	3	5	8

8.2.7 当抹灰基层表面有冰、霜、雪时，可采用与抹灰砂浆同浓度的防冻剂溶液冲刷，并应清除表面的尘土。

8.2.8 当施工要求分层抹灰时，底层灰不得受冻。抹灰砂浆在硬化初期应采取防止受冻的保温措施。

8.3 油漆、刷浆、裱糊、玻璃工程

8.3.1 油漆、刷浆、裱糊、玻璃工程应在采暖条件下进行施工。当需要在室外施工时，其最低环境温度不应低于5℃。

8.3.2 刷调合漆时，应在其内加入调合漆质量2.5%的催干剂和5.0%的松香水，施工时应排除烟气和潮气，防止失光和发黏不干。

8.3.3 室外喷、涂、刷油漆、高级涂料时应保持施工均衡。粉浆类料浆宜采用热水配制，随用随配并应将料浆保温，料浆使用温度宜保持15℃左右。

8.3.4 裱糊工程施工时，混凝土或抹灰基层含水率不应大于8%。施工中当室内温度高于20℃，且相对湿度大于80%时，应开窗换气，防止壁纸皱折起泡。

8.3.5 玻璃工程施工时，应将玻璃、镶嵌用合成橡胶等材料运到有采暖设备的室内，施工环境温度不宜低于5℃。

8.3.6 外墙铝合金、塑料框、大扇玻璃不宜在冬期安装。

9 钢结构工程

9.1 一般规定

9.1.1 在负温下进行钢结构的制作和安装时，应按照负温施工的要求，编制钢结构制作工艺规程和安装施工组织设计文件。

9.1.2 钢结构制作和安装采用的钢尺和量具，应和土建单位使用的钢尺和量具相同，并应采用同一精度级别进行鉴定。土建结构和钢结构应采取不同的温度膨胀系数差值调整措施。

9.1.3 钢构件在正温下制作，负温下安装时，施工中应采取相应调整偏差的技术措施。

9.1.4 参加负温钢结构施工的电焊工应经过负温焊接工艺培训，并应取得合格证，方能参加钢结构的负温焊接工作。定位点焊工作应由取得定位点焊合格证的电焊工来担任。

9.2 材料

9.2.1 冬期施工宜采用 Q345 钢、Q390 钢、Q420 钢，其质量应分别符合国家现行标准的规定。

9.2.2 负温下施工用钢材，应进行负温冲击韧性试验，合格后方可使用。

9.2.3 负温下钢结构的焊接梁、柱接头板厚大于 40mm，且在板厚方向承受拉力作用时，钢材板厚方向的伸长率应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定。

9.2.4 负温下施工的钢铸件应按现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 中规定的 ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570 号选用。

9.2.5 钢材及有关连接材料应附有质量证明书，性能应符合设计和产品标准的要求。根据负温下结构的重要性、荷载特征和连

接方法，应按国家标准的规定进行复验。

9.2.6 负温下钢结构焊接用的焊条、焊丝应在满足设计强度要求的前提下，选择屈服强度较低、冲击韧性较好的低氢型焊条，重要结构可采用高韧性超低氢型焊条。

9.2.7 负温下钢结构用低氢型焊条烘焙温度宜为 $350^{\circ}\text{C} \sim 380^{\circ}\text{C}$ ，保温时间宜为 $1.5\text{h} \sim 2\text{h}$ ，烘焙后应缓冷存放在 $110^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 烘箱内，使用时应取出放在保温筒内，随用随取。当负温下使用的焊条外露超过 4h 时，应重新烘焙。焊条的烘焙次数不宜超过 2 次，受潮的焊条不应使用。

9.2.8 焊剂在使用前应按照质量证明书的规定进行烘焙，其含水量不得大于 0.1% 。在负温下露天进行焊接工作时，焊剂重复使用的时间间隔不得超过 2h ，当超过时应重新进行烘焙。

9.2.9 气体保护焊采用的二氧化碳，气体纯度按体积比计不宜低于 99.5% ，含水量按质量比计不得超过 0.005% 。

使用瓶装气体时，瓶内气体压力低于 1MPa 时应停止使用。在负温下使用时，要检查瓶嘴有无冰冻堵塞现象。

9.2.10 在负温下钢结构使用的高强螺栓、普通螺栓应有产品合格证，高强螺栓应在负温下进行扭矩系数、轴力的复验工作，符合要求后方能使用。

9.2.11 钢结构使用的涂料应符合负温下涂刷的性能要求，不得使用水基涂料。

9.2.12 负温下钢结构基础锚栓施工时，应保护好锚栓螺纹端，不宜进行现场对焊。

9.3 钢结构制作

9.3.1 钢结构在负温下放样时，切割、铣刨的尺寸，应考虑负温对钢材收缩的影响。

9.3.2 端头为焊接接头的构件下料时，应根据工艺要求预留焊缝收缩量，多层框架和高层钢结构的多节柱应预留荷载使柱子产生的压缩变形量。焊接收缩量和压缩变形量应与钢材在负温下产

生的收缩变形量相协调。

9.3.3 形状复杂和要求在负温下弯曲加工的构件，应按制作工艺规定的方向取料。弯曲构件的外侧不应有大于1mm的缺口和伤痕。

9.3.4 普通碳素结构钢工作地点温度低于-20℃、低合金钢工作地点温度低于-15℃时不得剪切、冲孔，普通碳素结构钢工作地点温度低于-16℃、低合金结构钢工作地点温度低于-12℃时不得进行冷矫正和冷弯曲。当工作地点温度低于-30℃时，不宜进行现场火焰切割作业。

9.3.5 负温下对边缘加工的零件应采用精密切割机加工，焊缝坡口宜采用自动切割。采用坡口机、刨条机进行坡口加工时，不得出现鳞状表面。重要结构的焊缝坡口，应采用机械加工或自动切割加工，不宜采用手工气焊切割加工。

9.3.6 构件的组装应按工艺规定的顺序进行，由里往外扩展组拼。在负温下组装焊接结构时，预留焊缝收缩值宜由试验确定，点焊缝的数量和长度应经计算确定。

9.3.7 零件组装应把接缝两侧各50mm内铁锈、毛刺、泥土、油污、冰雪等清理干净，并应保持接缝干燥，不得残留水分。

9.3.8 焊接预热温度应符合下列规定：

1 焊接作业区环境温度低于0℃时，应将构件焊接区各方向大于或等于2倍钢板厚度且不小于100mm范围内的母材，加热到20℃以上时方可施焊，且在焊接过程中均不得低于20℃；

2 负温下焊接中厚钢板、厚钢板、厚钢管的预热温度可由试验确定，当无试验资料时可按表9.3.8选用。

表9.3.8 负温下焊接中厚钢板、厚钢板、厚钢管的预热温度

钢材种类	钢材厚度（mm）	工作地点温度（℃）	预热温度（℃）
普通碳素钢构件	<30	<-30	36
	30~50	-30~-10	36
	50~70	-10~0	36
	>70	<0	100

续表 9.3.8

钢材种类	钢材厚度 (mm)	工作地点温度 (℃)	预热温度 (℃)
普通碳素钢管构件	<16	<−30	36
	16~30	−30~−20	36
	30~40	−20~−10	36
	40~50	−10~0	36
	>50	<0	100
低合金钢构件	<10	<−26	36
	10~16	−26~−10	36
	16~24	−10~−5	36
	24~40	−5~0	36
	>40	<0	100~150

9.3.9 在负温下构件组装定型后进行焊接应符合焊接工艺规定。单条焊缝的两端应设置引弧板和熄弧板，引弧板和熄弧板的材料应和母材相一致。严禁在焊接的母材上引弧。

9.3.10 负温下厚度大于 9mm 的钢板应分多层焊接，焊缝应由下往上逐层堆焊。每条焊缝应一次焊完，不得中断。当发生焊接中断，在再次施焊时，应先清除焊接缺陷，合格后方可按焊接工艺规定再继续施焊，且再次预热温度应高于初期预热温度。

9.3.11 在负温下露天焊接钢结构时，应考虑雨、雪和风的影响。当焊接场地环境温度低于−10℃时，应在焊接区域采取相应保温措施；当焊接场地环境温度低于−30℃时，宜搭设临时防护棚。严禁雨水、雪花飘落在尚未冷却的焊缝上。

9.3.12 当焊接场地环境温度低于−15℃时，应适当提高焊机的电流强度，每降低 3℃，焊接电流应提高 2%。

9.3.13 采用低氢型焊条进行焊接时，焊接后焊缝宜进行焊后消氢处理，消氢处理的加热温度应为 200℃~250℃，保温时间应根据工件的板厚确定，且每 25mm 板厚不小于 0.5h，总保温时间不得小于 1h，达到保温时间后应缓慢冷却至常温。

9.3.14 在负温下厚钢板焊接完成后，在焊缝两侧板厚的 2 倍~

3倍范围内，应立即进行焊后热处理，加热温度宜为150℃～300℃，并宜保持1h～2h。焊缝焊完或焊后热处理完毕后，应采取保温措施，使焊缝缓慢冷却，冷却速度不应大于10℃/min。

9.3.15 当构件在负温下进行热矫正时，钢材加热矫正温度应控制在750℃～900℃之间，加热矫正后应保温覆盖使其缓慢冷却。

9.3.16 负温下钢构件需成孔时，成孔工艺应选用钻成孔或先冲后扩钻孔。

9.3.17 在负温下制作的钢构件在进行外形尺寸检查验收时，应考虑检查当时的温度影响。焊缝外观检查应全部合格，等强接头和要求焊透的焊缝应100%超声波检查，其余焊缝可按30%～50%超声波抽样检查。如设计有要求时，应按设计要求的数量进行检查。负温下超声波探伤仪用的探头与钢材接触面间应采用不冻结的油基耦合剂。

9.3.18 不合格的焊缝应铲除重焊，并仍应按在负温下钢结构焊接工艺的规定进行施焊，焊后应采用同样的检验标准进行检验。

9.3.19 低于0℃的钢构件上涂刷防腐或防火涂层前，应进行涂刷工艺试验。涂刷时应将构件表面的铁锈、油污、边沿孔洞的飞边毛刺等清除干净，并应保持构件表面干燥。可用热风或红外线照射干燥，干燥温度和时间应由试验确定。雨雪天气或构件上有薄冰时不得进行涂刷工作。

9.3.20 钢结构焊接加固时，应由对应类别合格的焊工施焊；施焊镇静钢板的厚度不大于30mm时，环境空气温度不应低于-15℃，当厚度超过30mm时，温度不应低于0℃；当施焊沸腾钢板时，环境空气温度应高于5℃。

9.3.21 栓钉施焊环境温度低于0℃时，打弯试验的数量应增加1%；当栓钉采用手工电弧焊或其他保护性电弧焊焊接时，其预热温度应符合相应工艺的要求。

9.4 钢结构安装

9.4.1 冬期运输、堆存钢结构时，应采取防滑措施。构件堆放

场地应平整坚实并无水坑，地面无结冰。同一型号构件叠放时，构件应保持水平，垫块应在同一垂直线上，并应防止构件溜滑。

9.4.2 钢结构安装前除应按常温规定要求内容进行检查外，尚应根据负温条件下的要求对构件质量进行详细复验。凡是在制作中漏检和运输、堆放中造成的构件变形等，偏差大于规定影响安装质量时，应在地面进行修理、矫正，符合设计和规范要求后方能起吊安装。

9.4.3 在负温下绑扎、起吊钢构件用的钢索与构件直接接触时，应加防滑隔垫。凡是与构件同时起吊的节点板、安装人员用的挂梯、校正用的卡具，应采用绳索绑扎牢固。直接使用吊环、吊耳起吊构件时应检查吊环、吊耳连接焊缝有无损伤。

9.4.4 在负温下安装构件时，应根据气温条件编制钢构件安装顺序图表，施工中应按照规定的顺序进行安装。平面上应从建筑物的中心逐步向四周扩展安装，立面上宜从下部逐件往上安装。

9.4.5 钢结构安装的焊接工作应编制焊接工艺。在各节柱的一层构件安装、校正、栓接并预留焊缝收缩量后，平面上应从结构中心开始向四周对称扩展焊接，不得从结构外圈向中心焊接，一个构件的两端不得同时进行焊接。

9.4.6 构件上有积雪、结冰、结露时，安装前应清除干净，但不得损伤涂层。

9.4.7 在负温下安装钢结构用的专用机具应按负温要求进行检验。

9.4.8 在负温下安装柱子、主梁、支撑等大构件时应立即进行校正，位置校正正确后应立即进行永久固定。当天安装的构件，应形成空间稳定体系。

9.4.9 高强螺栓接头安装时，构件的摩擦面应干净，不得有积雪、结冰，且不得雨淋、接触泥土、油污等脏物。

9.4.10 多层钢结构安装时，应限制楼面上堆放的荷载。施工活荷载、积雪、结冰的质量不得超过钢梁和楼板（压型钢板）的承载能力。

9.4.11 栓钉焊接前，应根据负温值的大小，对焊接电流、焊接时间等参数进行测定。

9.4.12 在负温下钢结构安装的质量除应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 规定外，尚应按设计的要求进行检查验收。

9.4.13 钢结构在低温安装过程中，需要进行临时固定或连接时，宜采用螺栓连接形式；当需要现场临时焊接时，应在安装完毕后及时清理临时焊缝。

10 混凝土构件安装工程

10.1 构件的堆放及运输

10.1.1 混凝土构件运输及堆放前, 应将车辆、构件、垫木及堆放场地的积雪、结冰清除干净, 场地应平整、坚实。

10.1.2 混凝土构件在冻胀性土壤的自然地面上或冻结前回填土地面上堆放时, 应符合下列规定:

1 每个构件在满足刚度、承载力条件下, 应尽量减少支承点数量;

2 对于大型板、槽板及空心板等板类构件, 两端的支点应选用长度大于板宽的垫木;

3 构件堆放时, 如支点为两个及以上时, 应采取可靠措施防止土壤的冻胀和融化下沉;

4 构件用垫木垫起时, 地面与构件之间的间隙应大于 150mm。

10.1.3 在回填冻土并经一般压实的场地上堆放构件时, 当构件重叠堆放时间长, 应根据构件质量, 尽量减少重叠层数, 底层构件支垫与地面接触面积应适当加大。在冻土融化之前, 应采取防止因冻土融化下沉造成构件变形和破坏的措施。

10.1.4 构件运输时, 混凝土强度不得小于设计混凝土强度等级值 75%。在运输车上的支点设置应按设计要求确定。对于重叠运输的构件, 应与运输车固定并防止滑移。

10.2 构件的吊装

10.2.1 吊车行走的场地应平整, 并应采取防滑措施。起吊的支撑点地基应坚实。

10.2.2 地锚应具有稳定性, 回填冻土的质量应符合设计要求。

活动地锚应设防滑措施。

10.2.3 构件在正式起吊前，应先松动、后起吊。

10.2.4 凡使用滑行法起吊的构件，应采取控制定向滑行，防止偏离滑行方向的措施。

10.2.5 多层框架结构的吊装，接头混凝土强度未达到设计要求前，应加设缆风绳等防止整体倾斜的措施。

10.3 构件的连接与校正

10.3.1 装配整浇式构件接头的冬期施工应根据混凝土体积小、表面系数大、配筋密等特点，采取相应的保证质量措施。

10.3.2 构件接头采用现浇混凝土连接时，应符合下列规定：

1 接头部位的积雪、冰霜等应清除干净；

2 承受内力接头的混凝土，当设计无要求时，其受冻临界强度不应低于设计强度等级值的 70%；

3 接头处混凝土的养护应符合本规程第 6 章有关规定；

4 接头处钢筋的焊接应符合本规程第 5 章有关规定。

10.3.3 混凝土构件预埋连接板的焊接除应符合本规程第 9 章相关规定外，尚应分段连接，并应防止累积变形过大影响安装质量。

10.3.4 混凝土柱、屋架及框架冬期安装，在阳光照射下校正时，应计人温差的影响。各固定支撑校正后，应立即固定。

11 越冬工程维护

11.1 一般规定

11.1.1 对于有采暖要求，但却不能保证正常采暖的新建工程、跨年施工的在建工程以及停建、缓建工程等，在入冬前均应编制越冬维护方案。

11.1.2 越冬工程保温维护，应就地取材，保温层的厚度应由热工计算确定。

11.1.3 在制定越冬维护措施之前，应认真检查核对有关工程地质、水文、当地气温以及地基土的冻胀特征和最大冻结深度等资料。

11.1.4 施工场地和建筑物周围应做好排水，地基和基础不得被水浸泡。

11.1.5 在山区坡地建造的工程，入冬前应根据地表水流动的方向设置截水沟、泄水沟，但不得在建筑物底部设暗沟和盲沟疏水。

11.1.6 凡按采暖要求设计的房屋竣工后，应及时采暖，室内温度不得低于 5℃。当不能满足上述要求时，应采取越冬防护措施。

11.2 在建工程

11.2.1 在冻胀土地区建造房屋基础时，应按设计要求做防冻害处理。当设计无要求时，应按下列规定进行：

1 当采用独立式基础或桩基时，基础梁下部应进行掏空处理。强冻胀性土可预留 200mm，弱冻胀性土可预留 100mm～150mm，空隙两侧应用立砖挡土回填。

2 当采用条形基础时，可在基础侧壁回填厚度为 150mm～

200mm 的混砂、炉渣或贴一层油纸，其深度宜为 800mm ~1200mm。

11.2.2 设备基础、构架基础、支墩、地下沟道以及地墙等越冬工程，均不得在已冻结的土层上施工，且应进行维护。

11.2.3 支撑在基土上的雨篷、阳台等悬臂构件的临时支柱，入冬后当不能拆除时，其支点应采取保温防冻胀措施。

11.2.4 水塔、烟囱、烟道等构筑物基础在入冬前应回填至设计标高。

11.2.5 室外地沟、阀门井、检查井等除应回填至设计标高外，尚应覆盖盖板进行越冬维护。

11.2.6 供水、供热系统试水、试压后，不能立即投入使用时，在入冬前应将系统内的存、积水排净。

11.2.7 地下室、地下水池在入冬前应按设计要求进行越冬维护。当设计无要求时，应采取下列措施：

1 基础及外壁侧面向填土应填至设计标高，当不具备回填条件时，应填充松土或炉渣进行保温；

2 内部的存积水应排净；底板应采用保温材料覆盖，覆盖厚度应由热工计算确定。

11.3 停、缓建工程

11.3.1 冬期停、缓建工程越冬停工时的停留位置应符合下列规定：

1 混合结构可停留在基础上部地梁位置，楼层间的圈梁或楼板上皮标高位置；

2 现浇混凝土框架应停留在施工缝位置；

3 烟囱、冷却塔或筒仓宜停留在基础上皮标高或筒身任何水平位置；

4 混凝土水池底部应按施工缝要求确定，并应设有止水设施。

11.3.2 已开挖的基坑或基槽不宜挖至设计标高，应预留

200mm~300mm 土层；越冬时，应对基坑或基槽保温维护，保温层厚度可按本规程附录 C 计算确定。

11.3.3 混凝土结构工程停、缓建时，入冬前混凝土的强度应符合下列规定：

1 越冬期间不承受外力的结构构件，除应符合设计要求外，尚应符合本规程第 6.1.1 条规定；

2 装配式结构构件的整浇接头，不得低于设计强度等级值的 70%；

3 预应力混凝土结构不应低于混凝土设计强度等级值的 75%；

4 升板结构应将柱帽浇筑完毕，混凝土应达到设计要求的强度等级。

11.3.4 对于各类停、缓建的基础工程，顶面均应弹出轴线，标注标高后，用炉渣或松土回填保护。

11.3.5 装配式厂房柱子吊装就位后，应按设计要求嵌固好；已安装就位的屋架或屋面梁，应安装上支撑系统，并应按设计要求固定。

11.3.6 不能起吊的预制构件，除应符合本规程第 10.1.2 条规定外，尚应弹上轴线，作记录。外露铁件应涂刷防锈油漆，螺栓应涂刷防腐油进行保护。

11.3.7 对于有沉降观测要求的建（构）筑物，应会同有关部门作沉降观测记录。

11.3.8 现浇混凝土框架越冬，当裸露时间较长时，除应按设计要求留设伸缩缝外，尚应根据建筑物长度和温差留设后浇缝。后浇缝的位置，应与设计单位研究确定。后浇缝伸出的钢筋应进行保护，待复工后应经检查合格方可浇筑混凝土。

11.3.9 屋面工程越冬可采取下列简易维护措施：

1 在已完成的基层上，做一层卷材防水，待气温转暖复工时，经检查认定该层卷材没有起泡、破裂、皱折等质量缺陷时，方可在其上继续铺贴上层卷材；

2 在已完成的基层上,当基层为水泥砂浆无法做卷材防水时,可在其上刷一层冷底子油,涂一层热沥青玛蹄脂做临时防水,但雪后应及时清除积雪。当气温转暖后,经检查确定该层玛蹄脂没有起层、空鼓、龟裂等质量缺陷时,可在其上涂刷热沥青玛蹄脂铺贴卷材防水层。

11.3.10 所有停、缓建工程均应由施工单位、建设单位和工程监理部门,对已完工程在入冬前进行检查和评定,并应作记录,存入工程档案。

11.3.11 停、缓建工程复工时,应先按图纸对标高、轴线进行复测,并应与原始记录对应检查,当偏差超出允许限值时,应分析原因,提出处理方案,经与设计、建设、监理等单位商定后,方可复工。

附录 A 混凝土的热工计算

A. 1 混凝土搅拌、运输、浇筑温度计算

A. 1. 1 混凝土拌合物温度可按下式计算：

$$T_0 = 0.92(m_{ce}T_{ce} + m_sT_s + m_{sa}T_{sa} + m_gT_g) + 4.2T_w \\ (m_w - w_{sa}m_{sa} - w_gm_g) + c_w(w_{sa}m_{sa}T_{sa} + w_gm_gT_g) \\ - c_i(w_{sa}m_{sa} + w_gm_g) \\ / 4.2m_w + 0.92(m_{ce} + m_s + m_{sa} + m_g) \quad (A. 1. 1)$$

式中： T_0 ——混凝土拌合物温度 (℃)；

T_s ——掺合料的温度 (℃)；

T_{ce} ——水泥的温度 (℃)；

T_{sa} ——砂子的温度 (℃)；

T_g ——石子的温度 (℃)；

T_w ——水的温度 (℃)；

m_w ——拌合水用量 (kg)；

m_{ce} ——水泥用量 (kg)；

m_s ——掺合料用量 (kg)；

m_{sa} ——砂子用量 (kg)；

m_g ——石子用量 (kg)；

w_{sa} ——砂子的含水率 (%)；

w_g ——石子的含水率 (%)；

c_w ——水的比热容 [kJ/(kg · K)]；

c_i ——冰的溶解热 (kJ/kg)；当骨料温度大于 0℃ 时： $c_w = 4.2$ ， $c_i = 0$ ；当骨料温度小于或等于 0℃ 时： $c_w = 2.1$ ， $c_i = 335$ 。

A. 1. 2 混凝土拌合物出机温度可按下式计算：

$$T_1 = T_0 - 0.16(T_0 - T_p) \quad (A. 1. 2)$$

式中: T_1 ——混凝土拌合物出机温度 (°C);

T_p ——搅拌机棚内温度 (°C)。

A.1.3 混凝土拌合物运输与输送至浇筑地点时的温度可按下列公式计算:

1 现场拌制混凝土采用装卸式运输工具时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_y \quad (\text{A. 1. 3-1})$$

2 现场拌制混凝土采用泵送施工时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_b \quad (\text{A. 1. 3-2})$$

3 采用商品混凝土泵送施工时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_y - \Delta T_b \quad (\text{A. 1. 3-3})$$

其中, ΔT_y 、 ΔT_b 分别为采用装卸式运输工具运输混凝土时的温度降低和采用泵管输送混凝土时的温度降低, 可按下列公式计算:

$$\Delta T_y = (\alpha t_1 + 0.032n) \times (T_1 - T_a) \quad (\text{A. 1. 3-4})$$

$$\Delta T_b = 4\omega \times \frac{3.6}{0.04 + \frac{d_b}{\lambda_b}} \times \Delta T_1 \times t_2 \times \frac{D_w}{c_c \cdot \rho_c \cdot D_l^2}$$

$$(\text{A. 1. 3-5})$$

式中: T_2 ——混凝土拌合物运输与输送到浇筑地点时温度 (°C);

ΔT_y ——采用装卸式运输工具运输混凝土时的温度降低 (°C);

ΔT_b ——采用泵管输送混凝土时的温度降低 (°C);

ΔT_1 ——泵管内混凝土的温度与环境气温差 (°C), 当现场拌制混凝土采用泵送工艺输送时: $\Delta T_1 = T_1 - T_a$;

当商品混凝土采用泵送工艺输送时: $\Delta T_1 = T_1 - T_y - T_a$;

T_a ——室外环境气温 (°C);

t_1 ——混凝土拌合物运输的时间 (h);

t_2 ——混凝土在泵管内输送时间 (h);

n ——混凝土拌合物运转次数；
 c_c ——混凝土的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]；
 ρ_c ——混凝土的质量密度 (kg/m^3)；
 λ_b ——泵管外保温材料导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；
 d_b ——泵管外保温层厚度 (m)；
 D_t ——混凝土泵管内径 (m)；
 D_w ——混凝土泵管外围直径 (包括外围保温材料) (m)；
 ω ——透风系数, 可按本规程表 A. 2.2-2 取值；
 α ——温度损失系数 (h^{-1})；采用混凝土搅拌车时: $\alpha=0.25$ ；采用开敞式大型自卸汽车时: $\alpha=0.20$ ；采用开敞式小型自卸汽车时: $\alpha=0.30$ ；采用封闭式自卸汽车时: $\alpha=0.1$ ；采用手推车或吊斗时: $\alpha=0.50$ 。

A. 1.4 考虑模板和钢筋的吸热影响, 混凝土浇筑完成时的温度可按下式计算:

$$T_3 = \frac{c_c m_c T_2 + c_f m_f T_f + c_s m_s T_s}{c_c m_c + c_f m_f + c_s m_s} \quad (\text{A. 1.4})$$

式中: T_3 ——混凝土浇筑完成时的温度 ($^{\circ}\text{C}$)；
 c_f ——模板的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]；
 c_s ——钢筋的比热容 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]；
 m_c ——每立方米混凝土的重量 (kg)；
 m_f ——每立方米混凝土相接触的模板重量 (kg)；
 m_s ——每立方米混凝土相接触的钢筋重量 (kg)；
 T_f ——模板的温度 ($^{\circ}\text{C}$), 未预热时可采用当时的环境温度；
 T_s ——钢筋的温度 ($^{\circ}\text{C}$), 未预热时可采用当时的环境温度。

A. 2 混凝土蓄热养护过程中的温度计算

A. 2.1 混凝土蓄热养护开始到某一时刻的温度、平均温度可按

下列公式计算：

$$T_4 = \eta e^{-\theta V_{ce} \cdot t_3} - \varphi e^{V_{ce} \cdot t_3} + T_{m,a} \quad (A. 2.1-1)$$

$$T_m = \frac{1}{V_{ce} t_3} \left(\varphi e^{-V_{ce} \cdot t_3} - \frac{\eta}{\theta} e^{-\theta \cdot V_{ce} \cdot t_3} + \frac{\eta}{\theta} - \varphi \right) + T_{m,a} \quad (A. 2.1-2)$$

其中 θ, φ, η 为综合参数，可按下列公式计算：

$$\theta = \frac{\omega \cdot K \cdot M_s}{V_{ce} \cdot c_c \cdot \rho_c} \quad (A. 2.1-3)$$

$$\varphi = \frac{V_{ce} \cdot Q_{ce} \cdot m_{ce,1}}{V_{ce} \cdot c_c \cdot \rho_c - \omega \cdot K \cdot M_s} \quad (A. 2.1-4)$$

$$\eta = T_3 - T_{m,a} + \varphi \quad (A. 2.1-5)$$

$$K = \frac{3.6}{0.04 + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}} \quad (A. 2.1-6)$$

式中：
 T_4 ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的温度 (℃)；
 T_m ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的平均温度 (℃)；
 t_3 ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的时间 (h)；
 $T_{m,a}$ ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的平均气温 (℃)，可采用蓄热养护开始至 t_3 时气象预报的平均气温，亦可按每时或每日平均气温计算；
 M_s ——结构表面系数 (m^{-1})；
 K ——结构围护层的总传热系数 [$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$]；
 Q_{ce} ——水泥水化累积最终放热量 (kJ/kg)；
 V_{ce} ——水泥水化速度系数 (h^{-1})；
 $m_{ce,1}$ ——每立方米混凝土水泥用量 (kg/m^3)；
 d_i ——第 i 层围护层厚度 (m)；
 λ_i ——第 i 层围护层的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]。

A. 2.2 水泥水化累积最终放热量 Q_{ce} 、水泥水化速度系数 V_{ce} 及透风系数 ω 取值 可按表 A. 2.2-1、表 A. 2.2-2 选用。

表 A. 2. 2-1 水泥水化累积最终放热量 Q_{∞} 和水泥水化速度系数 V_{∞}

水泥品种及强度等级	Q_{∞} (kJ/kg)	V_{∞} (h^{-1})
硅酸盐、普通硅酸盐水泥 52.5	400	0.018
硅酸盐、普通硅酸盐水泥 42.5	350	0.015
矿渣、火山灰质、粉煤灰、复合硅酸盐水泥 42.5	310	0.013
矿渣、火山灰质、粉煤灰、复合硅酸盐水泥 32.5	260	0.011

表 A. 2. 2-2 透风系数 ω

围护层种类	透风系数 ω		
	$V_w < 3 \text{ m/s}$	$3 \text{ m/s} \leq V_w \leq 5 \text{ m/s}$	$V_w > 5 \text{ m/s}$
围护层有易透风材料组成	2.0	2.5	3.0
易透风保温材料外包不易透风材料	1.5	1.8	2.0
围护层由不易透风材料组成	1.3	1.45	1.6

注: V_w ——风速。

A. 2. 3 当需要计算混凝土蓄热冷却至 0°C 的时间时, 可根据本规程公式 (A. 2. 1-1) 采用逐次逼近的方法进行计算。当蓄热养护条件满足 $\frac{\varphi}{T_{m,a}} \geq 1.5$, 且 $KM_s \geq 50$ 时, 也可按下式直接计算:

$$t_0 = \frac{1}{V_{\infty}} \ln \frac{\varphi}{T_{m,a}} \quad (\text{A. 2. 3})$$

式中: t_0 ——混凝土蓄热养护冷却至 0°C 的时间 (h)。

混凝土冷却至 0°C 的时间内, 其平均温度可根据本规程公式 (A. 2. 1-2) 取 $t_3 = t_0$ 进行计算。

附录 B 用成熟度法计算混凝土早期强度

B. 0. 1 成熟度法的适用范围及条件应符合下列规定：

1 本法适用于不掺外加剂在 50℃以下正温养护和掺外加剂在 30℃以下养护的混凝土，也可用于掺防冻剂负温养护法施工的混凝土；

2 本法适用于预估混凝土强度标准值 60%以内的强度值；

3 应采用工程实际使用的混凝土原材料和配合比，制作不少于 5 组混凝土立方体标准试件在标准条件下养护，测试 1d、2d、3d、7d、28d 的强度值；

4 采用本法应取得现场养护混凝土的连续温度实测资料。

B. 0. 2 用计算法确定混凝土强度应按下列步骤进行：

1 用标准养护试件的各龄期强度数据，应经回归分析拟合成下式曲线方程：

$$f = ae^{-\frac{D}{b}} \quad (B. 0. 2-1)$$

式中： f ——混凝土立方体抗压强度 (MPa)；

D ——混凝土养护龄期 (d)；

a 、 b ——参数。

2 应根据现场的实测混凝土养护温度资料，按下式计算混凝土已达到的等效龄期：

$$D_e = \sum (\alpha_T \times \Delta t) \quad (B. 0. 2-2)$$

式中： D_e ——等效龄期 (h)；

α_T ——等效系数，按表 B. 0. 2 采用；

Δt ——某温度下的持续时间 (h)。

3 以等效龄期 D_e 作为 D 代入公式 (B. 0. 2-1)，计算混凝土强度。

表 B. 0. 2 等效系数 α_T

温度 (°C)	等效系数 α_T	温度 (°C)	等效系数 α_T	温度 (°C)	等效系数 α_T
50	2.95	28	1.41	6	0.45
49	2.87	27	1.36	5	0.42
48	2.78	26	1.30	4	0.39
47	2.71	25	1.25	3	0.35
46	2.63	24	1.20	2	0.33
45	2.55	23	1.15	1	0.31
44	2.48	22	1.10	0	0.28
43	2.40	21	1.05	-1	0.26
42	2.32	20	1.00	-2	0.24
41	2.25	19	0.95	-3	0.22
40	2.19	18	0.90	-4	0.20
39	2.12	17	0.86	-5	0.18
38	2.04	16	0.81	-6	0.17
37	1.98	15	0.77	-7	0.15
36	1.92	14	0.74	-8	0.13
35	1.84	13	0.70	-9	0.12
34	1.77	12	0.66	-10	0.11
33	1.72	11	0.62	-11	0.10
32	1.66	10	0.58	-12	0.08
31	1.59	9	0.55	-13	0.08
30	1.53	8	0.51	-14	0.07
29	1.47	7	0.48	-15	0.06

B. 0. 3 用图解法确定混凝土强度宜按下列步骤进行：

- 1 根据标准养护试件各龄期强度数据，在坐标纸上画出龄期-强度曲线；
- 2 根据现场实测的混凝土养护温度资料，计算混凝土达到的等效龄期；

3 根据等效龄期数值，在龄期-强度曲线上查出相应强度值，即为所求值。

B.0.4 当采用蓄热法或综合蓄热法养护时，也可按如下步骤确定混凝土强度：

1 用标准养护试件各龄期的成熟度与强度数据，经回归分析拟合成下式的成熟度-强度曲线方程：

$$f = a \times e^{-\frac{b}{M}} \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中： M ——混凝土养护的成熟度（ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ ）。

2 根据现场混凝土测温结果，按下式计算混凝土成熟度：

$$M = \sum (T + 15) \times \Delta t \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中： T ——在时间段 Δt 内混凝土平均温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

3 将成熟度 M 代入式 (B.0.4-1)，可计算出现场混凝土强度 f 。

4 将混凝土强度 f 乘以综合蓄热法调整系数 0.8，即为混凝土实际强度。

附录 C 土壤保温防冻计算

C. 0.1 采用保温材料覆盖土壤保温防冻时，所需的保温层厚度可按下式进行计算：

$$h = \frac{H}{\beta} \quad (\text{C. 0.1})$$

式中： h ——土壤的保温防冻所需的保温层厚度（mm）；

H ——不保温时的土壤冻结深度（mm）；

β ——各种材料对土壤冻结影响系数，可按表 C. 0.1 取用。

表 C. 0.1 各种材料对土壤冻结影响系数 β

土壤种类 \ 保温材料	树叶	刨花	锯末	干炉渣	茅草	膨胀珍珠岩	炉渣	芦苇	草帘	泥炭土	松散土	密实土
砂土	3.3	3.2	2.8	2.0	2.5	3.8	1.6	2.1	2.5	2.8	1.4	1.12
粉土	3.1	3.1	2.7	1.9	2.4	3.6	1.6	2.04	2.4	2.9	1.3	1.08
粉质黏土	2.7	2.6	2.3	1.6	2.0	3.5	1.3	1.7	2.0	2.31	1.2	1.06
黏土	2.1	2.1	1.9	1.3	1.6	3.5	1.1	1.4	1.6	1.9	1.2	1.00

注：1 表中数值适用于地下水位低于 1m 以下；

2 当为地下水位较高的饱和土时，其值可取 1。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 2 《混凝土工程施工质量验收规范》GB 50204
- 3 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 4 《屋面工程质量验收规范》GB 50207
- 5 《大体积混凝土施工规程》GB 50496
- 6 《厚度方向性能钢板》GB/T 5313
- 7 《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352
- 8 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 9 《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144

中华人民共和国行业标准

建筑工程冬期施工规程

JGJ/T 104-2011

条文说明

修 订 说 明

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104-2011，经住房和城乡建设部2011年4月22日以第989号公告批准、发布。

本规程是在《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104-97的基础上修订而成，上一版的主编单位是黑龙江省寒地建筑科学研究院，参编单位是北京市建工集团总公司、中国建筑科学研究院、冶金部冶金建筑研究总院、铁道部科学研究院、新疆建筑科学研究院、中国建筑一局科学研究所、辽宁省建设科学研究院、哈尔滨市建筑工程研究设计院、黑龙江省建设委员会、哈尔滨市建筑工程管理局、黑龙江省机械化施工公司、大庆市第一建筑工程公司，主要起草人员是项玉璞、李承孝、赵柏台、韩华光、袁景玉、董天淳、李平壤、孙无二、项翥行、李启隶、邵德生、颉朝华、钱家琦、王康强、张丽华、张连升、周有遗、陈嫣兮、顾德珍、苏晶。本次修订的主要技术内容是：取消了钢筋负温冷拉的内容，增加了钢筋电渣压力焊冬期施工规定；修订了混凝土负温受冻临界强度的规定；取消混凝土综合蓄热法养护判别式；增加了外墙外保温工程冬期施工的内容；取消了饰面工程的冬期施工内容。

本规程修订过程中，编制组进行了建筑工程冬期施工技术现状与发展、工程应用实例的调查研究，总结了我国工程建设冬期施工领域的实践经验，同时参考了美国混凝土学会《Cold Weather Concreting》[ACI306R-88 (Reapproved 2002)]和RILEM《冬期施工国际建议》，通过部分验证试验取得了重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《建筑工程冬期施工规程》

编制组按章、节、条顺序编制了本规程条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	70
2	术语	72
3	建筑地基基础工程	73
3.1	一般规定	73
3.2	土方工程	74
3.3	地基处理	75
3.4	桩基础	75
3.5	基坑支护	76
4	砌体工程	78
4.1	一般规定	78
4.2	外加剂法	79
4.3	暖棚法	79
5	钢筋工程	81
5.1	一般规定	81
5.2	钢筋负温焊接	82
6	混凝土工程	84
6.1	一般规定	84
6.2	混凝土原材料加热、搅拌、运输和浇筑	87
6.3	混凝土蓄热法和综合蓄热法养护	88
6.4	混凝土蒸汽养护法	89
6.5	电加热法养护混凝土	91
6.6	暖棚法施工	93
6.7	负温养护法	94
6.8	硫铝酸盐水泥混凝土负温施工	94
6.9	混凝土质量控制及检查	97

7 保温及屋面防水工程	99
7.1 一般规定	99
7.2 外墙外保温工程施工	100
7.3 屋面保温工程施工	101
7.4 屋面防水工程施工	102
8 建筑装饰装修工程	106
8.1 一般规定	106
8.2 抹灰工程	107
8.3 油漆、刷浆、裱糊、玻璃工程	108
9 钢结构工程	109
9.1 一般规定	109
9.2 材料	110
9.3 钢结构制作	111
9.4 钢结构安装	114
10 混凝土构件安装工程	117
10.1 构件的堆放及运输	117
10.2 构件的吊装	117
10.3 构件的连接与校正	117
11 越冬工程维护	118
11.1 一般规定	118
11.2 在建工程	119
11.3 停、缓建工程	119
附录 A 混凝土的热工计算	121
附录 B 用成熟度法计算混凝土早期强度	123
附录 C 土壤保温防冻计算	127

1 总 则

1.0.1 保留原条文 1.0.1，仅作适当文字修改。

我国“三北”（东北、西北、华北）地区，冬期施工期一般3个月～6个月，工程所占比重最高者可达30%。在工业及民用建筑工程建设项目中，要求加快建设速度，使工程早日投入使用，充分发挥其经济效益和社会效益的项目不断增多。如果在长达近半年的冬期中，停止或放弃工程建设，将会严重制约项目建设速度和资金、设备等的周转效率，因此，研究与发展、推广应用建筑工程冬期施工技术势在必行。由于冬期施工有其特殊性及复杂性，加之我国建筑施工队伍技术水平高低不一，据多年经验，在这个季节进行施工，也是工程质量问题出现的多发季节。所以，选好施工方法，制定较佳的质量保证措施，是确保工程质量，加快工程建设进度，并减少能耗及材料消耗的关键。

为保证冬期施工顺利进行，在总结我国以往经验的基础上，在国家有关技术、经济政策的指导下，制定出相应的规定以利指导施工，是非常必要的。

另外，考虑到当前国家对节能环保等在法规、政策上的诸多规定，在本次规程修订中，对原规程中耗能较大的施工工艺进行了适当删减，并在总则中予以明确。

1.0.2 保留原条文 1.0.2。

本规程属于专业性施工规程，其适用范围仅限于工业及民用房屋和一般构筑物的冬期施工。对于一些有特殊要求的建（构）筑物结构，如耐酸、耐腐蚀、防放射性、耐高温等特殊要求的工程，由于这方面的冬期施工实践较少，经验尚不成熟，所以本规程不包括此方面的内容。

1.0.3 保留原条文 1.0.3。

经十多年冬期施工实践活动表明，原规程对冬期施工期限界定的划分适用于我国建筑工程冬期施工气温条件的特点，工程建设、监理、施工单位和学术团体也大多认同此划分原则；同时，经对国内外相关标准的对比，也基本保持一致。因此，新规程仍保留原规程的冬施起始界定期限划分规定。

但是，当未进入冬期施工期前，突遇寒流侵袭气温骤降至0℃以下时，为防止负温产生受冻，亦应按冬期施工的相关要求对工程采取应急防护措施。

1.0.4 保留原条文1.0.4，增加了编制冬期施工专项施工方案的规定。

凡进行冬期施工的工程项目，应编制冬期施工专项方案，用于指导冬期工程项目的建设，保证工程质量。

1.0.5 保留原条文1.0.5。

本规程属于专业性的行业标准，它和国家现行的有关标准具有一定的联系和交叉。因现行国家标准作为通用标准，有关冬期施工内容不能写得太多、过细，本规程补充了国家标准的不足，但有关常温的施工规定、质量验收标准仍应遵守国家现行标准、规范的规定。

2 术 语

鉴于条文中取消了浅埋基础、冻结法冬期施工、钢筋负温冷拉的相关内容，故在本章中取消“浅埋基础”、“冻结法”和“负温冷拉”术语。增加混凝土“初始养护温度”术语。

2.0.4 明确综合蓄热法养护的混凝土中掺加的外加剂为早强剂或早强型复合外加剂，以区别于负温养护法（防冻剂法）。

2.0.11 负温养护法的混凝土中需掺加防冻剂，原则上可不作蓄热保温养护。但由于负温养护法的混凝土强度增长较慢，工程建设进度不易得到保证；同时，浇筑后的混凝土在未达到受冻临界强度之前，若受寒流侵袭，会因防冻剂掺量不足而造成受冻，因此，本次在负温养护法的术语解释中，取消“浇筑后混凝土不加热也不作蓄热保温养护”的规定，而将“当混凝土温度降到防冻剂规定温度前达到受冻临界强度”作为负温养护法的基本条件，在此基础上，可根据工程实际情况，而决定是否进行适当的蓄热保温养护。

3 建筑地基基础工程

根据现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的规定, 将原规程中的“土方工程”与“地基与基础工程”合并为一章, 与国家标准相统一。

浅埋基础是根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的内容所定, 目前国内已基本不用, 故新规程中予以取消。

3.1 一般规定

3.1.1 保留原条文 4.1.1, 仅作部分文字修改。

一般勘察资料中不给出标准冻深和定性的划分地基土的冻胀类别。本条特规定应根据工程需要, 经勘察提出地基土的主要冻土指标, 如冻土层实际厚度与分布、各层冻土的含水量、冻胀性或融沉系数等, 便于基础设计与冬期施工。

3.1.2、3.1.3 保留原条文 4.1.2~4.1.3。规定了冬期施工前的准备与水准点、坐标点的设置及保护工作。

3.1.4 保留原条文 4.1.4, 仅作部分文字修改。

经大量工程实践和典型测试, 在冻土地基上打桩、强夯所产生的振动, 远大于相同条件下常温暖土地基的振动影响范围和振动力, 但影响因素较多, 很难对其影响范围给出定量规定。本条强调应采取相应隔振措施。

3.1.5 地下基坑冬期开挖后, 易造成相邻建(构)筑物地基土遭冻, 导致冻胀, 故应采取相应保温隔热措施进行保护。

3.1.6 同一建筑物的基础同时开挖, 是为了防止造成先期完成的基底土二次遭受冻结。

3.2 土方工程

冬期大面积土壤保温工程较为少见，常用采取的松土耙平法和雪覆盖保温等方法浪费人工、能源和材料，现阶段基本上不采用了；小面积的土壤保温可采用保温材料覆盖法，通常的保温材料，如炉渣、稻草、膨胀珍珠岩等均可，方法简单易行，无需在规程中单列条文进行规定，故取消“3.2 土壤的防冻与保温”一节相关内容。

采用蒸汽法、电热法等进行冻土的融化，耗费大量的能源和资源，与当前国家有关节能政策不相符，而且在工程实践中也基本不采用，对工程实践的指导意义不大，故取消“3.3 冻土的融化”一节相关内容。

3.2.1 保留原条文 3.4.1 部分内容，取消了机械和爆破法挖掘冻土的具体施工方法，由施工单位或专业资质的爆破单位根据现场实际情况确定施工工艺和施工方案。

3.2.2 保留原条文 3.4.3。提高弃土堆坡脚至挖方边缘的距离是确保施工安全。

3.2.3 保留原条文 3.4.4，仅作文字修改。

3.2.4 保留原条文 3.5.1，仅作文字修改。

本条规定了土方回填时的铺填厚度与预留沉陷量与常温时的差别，是为了提高冬期回填土密实度。而对于大面积回填土和有路面的路基及其人行道范围内的平整场地填方，可以采用部分冻土回填，但限制其尺寸和含量，以保证冻土融化后均匀融沉。

3.2.5 保留原条文 3.5.2 部分内容，取消表 3.5.2。冬期填方的高度可与设计单位联系，经计算确认高度。

3.2.6~3.2.8 保留原条文 3.5.3，仅作计量单位修改。

3.2.9 保留原条文 3.5.4。

3.2.10 保留原条文 3.5.5。

3.3 地基处理

本节中取消了重锤夯实地基的处理规定。现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2002中无重锤夯实地基的地基处理方式，且重锤夯实地基冬期施工应是在地基土处于非冻结状态下进行，实践中很少采用，故取消原规程4.2.1条文的重锤夯实地基内容。

3.3.1 保留原条文4.2.2第1款，仅作文字修改。《地基与基础施工及验收规范》GBJ 202-83已废止，本条文不再引用。

3.3.2 保留原条文4.2.2第2款，仅作文字修改。

冬期施工中，冻结土块，尤其温度越低的冻土，可夯实性很差，夯实后可能呈多孔堆积状态；其次，冻胀性土料进入持力层待融化后，会造成不均匀融沉变形，影响加固地基质量。因此，本条规定不允许将冻土夯实入持力层。

3.3.3 保留原条文4.2.2第3款，仅作文字修改。本条规定是保证锤底干净平整。

3.3.4 保留原条文4.2.2第5款，仅作文字修改。

3.4 桩基础

3.4.1 本条是按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008中成桩方法分类划分的。湿作业法冬期施工中，泥浆易受冻，工艺操作麻烦，故冬期施工宜采用干作业法成孔。

3.4.2 保留原条文4.4.1部分内容。

考虑到在冻土层上采用钻孔机引孔，引孔直径小于桩径50mm时，对于灌注桩沉管施工或预制桩打入时产生困难；根据俄罗斯冻土地区桩基础施工多年实践经验，一般引孔直径为20mm左右，故本规程将钻孔机引孔直径修订为“不宜大于桩径20mm”。

3.4.3 保留原条文4.4.3第1款，仅作文字修改。

3.4.4 保留原条文4.4.3第4款，仅作文字修改。振动沉管灌

注桩冬期施工,因桩成孔时的冻土传递振动力较大,易造成相邻桩产生缩径或断桩等质量事故,故应制定合理的桩施工次序和防护措施。

3.4.5 保留原条文 4.4.4, 仅作文字修改。

本条规定了灌注桩混凝土的冬期施工原材料的加热、搅拌、运输、浇筑及养护的相关技术要求。

冻土地基若属冻胀和强冻胀类土,在冻结过程中由于冻胀作用对埋置冻土中的结构产生冻拔力;故规定冬季在这类地基上施工灌注桩后,应及时采取防护措施,防止冻切力把桩身拔断。

3.4.6 保留原条文 4.4.2 内容。并增加了预制桩施工时应连续进行,并在施工完成后及时对桩孔进行保温覆盖的要求,防止桩孔进入冷空气,导致地基土冻胀。

3.4.7 保留原条文 4.4.5, 仅作文字修改。

3.5 基坑支护

随着高层建筑的发展,地下工程项目越来越多,故增加本节基坑支护冬期施工内容。

3.5.1 目前,我国冬期基坑支护采用的主要方法为排桩和土钉墙,较有成效,并积累了一定的经验,故推荐采用以上两种方法。

3.5.2 当在冻土地基上采用液压高频锤法施工型钢或钢管排桩时,考虑到在冻土层上施工存在困难,故应采用钻孔机在冻土层上引孔,确保型钢或钢管能顺利打入,并避免对相邻建(构)筑物产生影响。

3.5.3 选用钢筋混凝土灌注桩作为排桩时,在排桩的后侧有冻胀和强冻胀性土时,要做好保温防护,以确保桩不受冻胀力的影响,必要时排桩外侧用袋装保温材料立起一道保温墙用脚手架作支护架。

桩身混凝土可掺入防冻剂,采用负温养护法进行施工。考虑

到排桩为临时性支护结构，防冻剂可选用包含氯盐防冻剂在内的任何防冻剂。

3.5.5 冬期施工土钉墙混凝土面板时，为了防止地基土表面受冻，故铺设聚苯板进行保温，防止冻胀。

4 砌 体 工 程

冻结法施工不易保证工程质量，施工工艺麻烦，国内已多年不用，故予以取消。

4.1 一 般 规 定

4.1.1 保留原条文 5.1.1，仅作文字修改。并增加规定，在冬期施工中，砂浆稠度宜较常温条件下适当增大，但不允许在运输、砌筑过程中二次加水来调整砂浆的和易性，防止强度降低。

在砌体工程施工中，为了保证砌体材料和砂浆的粘结强度，通常可以对砌体材料浇水湿润。但在冬期条件下，不得浇水湿润，否则水在材料表面有可能立即结成冰薄膜，反而会降低和砂浆的粘结力。本规程提出增大砂浆稠度的办法来解决粘结强度问题，数值多少，因各地情况不一，不作统一规定。

为了保证砂浆能在负温度下持续硬化，发展强度，特规定不得采用无水泥配制的砂浆。

4.1.2 保留原条文 5.1.3，仅作文字修改。

4.1.3 保留原条文 5.1.4，仅作文字修改。并强调对于绝缘、装饰等有特殊要求的工程，应采用除外加剂法之外的方法进行施工，防止砌体产生导电或出现盐析等现象，影响结构使用功能。

4.1.4 保留原条文 5.1.6，仅作文字修改。

4.1.5 本条规定留置同条件养护砂浆试件一组，主要是为施工单位控制冬期砌筑的砌体质量之用，检查强度增长情况，作为施工过程中质量监控的一种手段，不作为验评条件。原规程中提出留置不少于两组试件，用于检查砌筑砂浆过程中各龄期的强度，施工单位经常反映，同条件养护试件留置数量过多，增加了管理和操作的难度，故在本次修订中，将同条件过程控制试件留置数

量改为一组，而当有特殊要求时，可根据需要再增加适当组数的同条件养护试件。

4.2 外 加 剂 法

4.2.1 保留原条文 5.2.1，仅作文字修改。氯盐砂浆冬期施工较为常用，仍沿用原规程规定掺量进行。

4.2.2、4.2.3 保留原条文 5.2.2。将“砌筑承重砌体砂浆强度等级应按常温施工提高一级”修改为“砌体砂浆强度等级应较常温施工提高一级”。

根据研究表明，当气温低于-15℃时，砂浆受冻后强度损失约为10%~30%，为保证工程质量，特规定不论是承重砌体结构还是非承重砌体结构，当采用外加剂法在低于-15℃时施工时，砌体砂浆强度应提高一级，提高砌筑砂浆设计强度保证率。

4.2.4 氯盐与引气剂同时掺入砂浆中，会严重影响引气剂的引气效果，故特作此规定。

4.2.5 保留原条文 5.2.5，仅作文字修改。

水泥砂浆在硬化过程中，由于水化反应的不断进行，生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 而呈碱性， $\text{pH}=12.5\sim 14$ 。埋在呈高碱性的砂浆中钢筋表面能形成薄而稳定的钝化膜 Fe_2O_3 ，从而防止腐蚀。采用氯盐砂浆后，氯离子将破坏钢筋表面钝化膜，形成不均匀的表面和介质环境，因此不同区域就有不同的电位，从而易产生电化学锈蚀过程。为了阻止砌体中的钢筋和铁件的锈蚀，提出了应采用防腐剂措施处理。

4.2.6 保留原条文 5.2.6，仅作文字修改。

4.2.7 保留原条文 5.2.7，仅作文字修改。

提出氯盐使用的限制条件是为了预防盐析、导电、钢筋腐蚀等。

4.3 暖 棚 法

4.3.1 保留原条文 5.4.1，仅作文字修改。

20世纪砌体工程冬期施工中，外加剂法和冻结法在我国使用较多，也积累了丰富经验。但这两种方法也有其局限性，如外加剂法若使用不当，会产生盐析现象，影响装饰效果，对钢筋及预埋件有锈蚀作用等；冻结法施工，砌体强度增长缓慢，且质量不易保证，当前已较少使用，本次修订中已予以取消。而暖棚法施工可以为砌体结构营造一个正温环境，对砌体砂浆的强度增长及砌体工程质量均大有提高，但鉴于暖棚法成本较高，以及其搭设条件的限制，故其适用于“地下工程、基础工程以及工期紧迫的砌体结构”。

4.3.2 暖棚法施工时，棚内温度处于大于或等于5℃的正温条件下，砌体材料和砌筑砂浆的温度也处于正温，不会产生受冻，故取消原规程5.4.2条文中关于对砖石和砌筑时砂浆的温度规定。

4.3.3 保留原条文5.4.3，仅作文字修改。

砌体的暖棚法施工，相当于常温下施工与养护。表4.3.3给出的养护时间是砂浆达到设计强度等级值30%时的时间，此时砂浆强度可以达到受冻临界强度。之后再拆除暖棚或停止加热时，砂浆也不会产生冻结损伤。

5 钢筋工程

在一般规定中，取消了原规程中 6.1.1、6.1.2 条关于冬期施工中钢筋的选用规定，此内容属设计规定，不属于施工规定。

钢筋的冷拉在过去作为节约钢材、提高钢筋强度的一种手段，现已不再使用，故取消钢筋负温冷拉一节。钢筋的冷拉仅作为钢筋调直用。

5.1 一般规定

5.1.1 保留原条文 6.2.1。并明确钢筋冷拉仅作为调直使用。

5.1.2 保留原条文 6.3.1，并增加电渣压力焊施工方法。由于条文中没有气压焊的相关规定，故取消气压焊方法。新钢筋标准中增加了细晶粒热轧钢筋，细晶粒热轧带肋钢筋与普通热轧带肋钢筋，其化学成分、力学性能、工艺性能相同，但轧制工艺不同，鉴于目前缺乏此方面的研究数据，故其负温焊接工艺应经试验确定。

根据我国近十几年来对钢筋负温焊接的研究成果和工程实践经验，只要选择合理的焊接方法和工艺参数，钢筋在一定负温条件下也是可焊的。闪光对焊在 -30°C 、电弧焊在 -40°C 进行焊接也能获得满意的效果，但考虑到温度太低焊工操作不便，易影响质量，为确保钢筋负温焊接质量，因而将焊接温度限定在 -20°C 。

5.1.3 保留原条文 6.1.4。试验研究表明，钢筋在低温条件下对缺陷敏感，易发生脆断，故在运输与加工过程中应注意不要任意扔摔。

5.1.4 保留原条文 6.2.6，并增加钢筋张拉设备、仪表和液压工作系统的规定。

5.1.5 保留原条文 6.2.7，并按新标准对钢筋级别进行替换。

当环境温度低于-20℃时，对 HRB335、HRB400 钢筋进行冷弯加工易产生裂纹。

5.2 钢筋负温焊接

钢筋焊接在近几年的发展过程中，电渣压力焊作为一种新工艺，也在寒冷地区逐渐被推广使用。为保证钢筋冬期施工中的焊接质量，本次规程修订中，进行了工程调研和验证试验，并在此基础上，形成电焊压力焊的原则性规定，供施工单位遵循使用。

5.2.1 保留原条文 6.3.2，仅作文字修改。

5.2.2 保留原条文 6.3.4。

5.2.3 保留原条文 6.3.5。

闪光对焊焊接参数热影响长度可反映冷却速度，热影响区长度越长，冷却速度越慢。实测结果表明，热影响区长度与钢筋直径、化学成分及焊接工艺参数有关。负温焊接要通过对焊接工艺参数调整来控制热影响区长度，适当降低冷却速度，防止热影响区产生淬硬组织和接头产生冷裂纹。

5.2.4 保留原条文 6.3.6。

负温电弧焊采取分层控温施焊，目的在于降低冷却速度，层间温度过低或过高都影响接头的性能，经试验研究确定采用 150℃~350℃ 较为适宜。

现行国家钢筋标准 GB 1499.2-2007 中无余热处理钢筋，故取消相应要求。

5.2.5 保留原条文 6.3.7。取消“在构造上应防止在接头处产生偏心受力状态”，与常温要求相同。

5.2.6 保留原条文 6.3.8，仅作文字修改。

负温帮条焊与搭接焊，在平焊或立焊时，规定从中间向端部运弧，主要是为了使接头端部的钢筋达到一定的预热效果。

5.2.7 保留原条文 6.3.9，仅作文字修改。

5.2.8 保留原条文 6.3.10，按新标准替换钢筋级别。图 6.3.10

与条文文字表述意义一致，取消。

为了消除或减少前层焊道及邻近区域的淬硬组织，改善接头性能，所以规定 HRB335 和 HRB400 钢筋电弧焊接头进行多层施焊时采用“回火焊道施焊法”。

5.2.9 本条增加了电渣压力焊冬期施工的相关规定。鉴于电渣压力焊在寒冷地区冬期施工中经常使用，故编制组在修订过程中进行了调研，并采用半自动焊机和工程中常用的 HJ431 焊剂，通过不同负温条件、不同工艺参数的验证试验，经整理大量试验数据，提出了钢筋负温电渣压力焊焊接参数，同时对负温焊接工艺也提出了相关规定。

1 钢筋直径不同，对焊接电流有相应要求，可参考表 5.2.9 进行。

2 焊剂不烘干使用，会产生气泡、夹渣等质量缺陷。

3 负温下焊接与常温焊接时的参数不同，故要求必须进行负温下焊接工艺试验。

4 验证试验表明，夹具盒拆包时间早于 20s，会使溶化的焊剂流淌，接头急速冷却，影响焊接质量。

6 混凝土工程

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土受冻临界强度为负温混凝土冬期施工的重要质量控制指标之一。本次修订中对混凝土受冻临界强度按养护方法、混凝土性质的不同重新进行了分类规定。

1 采用蓄热法、暖棚法、加热法等方法施工的混凝土，一般不掺入早强剂或防冻剂，即所谓的普通混凝土，其受冻临界强度按原规程中规定的 30% 采用，经多年实践证明，是安全可靠的。暖棚法、加热法养护的混凝土也存在受冻临界强度，当其没有达到受冻临界强度之前，保温层或暖棚的拆除，电热或蒸汽的停止加热，都有可能造成混凝土受冻。因此，此次将采用这三种方法施工的混凝土归为一类进行受冻临界强度的规定，是考虑到混凝土性质类似，混凝土在达到受冻临界强度后方可拆除保温层，或拆除暖棚，或停止通蒸汽加热，或停止通电加热。

本次明确将蓄热法、暖棚法、加热法等方法施工的混凝土受冻临界强度规定为设计混凝土强度等级值的 30% 和 40%，也是本着节能、节材的宗旨，即采用蓄热法、暖棚法、加热法养护的混凝土，在达到受冻临界强度后即可停止保温，或停止加热，从而降低工程造价，减少不必要的能源浪费。

2 采用综合蓄热法、负温养护法施工的混凝土，在混凝土配制中掺入了早强剂或防冻剂，混凝土液相拌合水结冰时的冰晶形态皆发生畸变，对混凝土产生的冻胀破坏力减弱。根据 20 世纪 80 年代北京建工总局的研究以及多年的工程实践结果表明，采用综合蓄热法和负温养护法（防冻剂法）施工的混凝土，其受冻临界强度值定为 4.0 MPa、5.0 MPa 是安全合理的。因此，本次修订中仍采用原规程数值。

3 原规程中所规定的受冻临界强度数值多来源于原 400 号及以下混凝土的研究。根据黑龙江省寒地建筑科学研究院的研究以及国内一些大专院校的研究表明, 高强混凝土的受冻临界强度一般在混凝土设计强度等级值的 21%~34% 之间, 鉴于负温高强混凝土的研究数据还不充分, 因此, 在本次规程修订中, 根据现有的研究结果, 将 C50 及 C50 级以上的高强混凝土受冻临界强度最低值确定为 30%, 施工单位也可根据工程实际情况, 经试验确定。

4 负温混凝土可以通过增加水泥用量, 降低用水量, 掺加外加剂等措施来提高强度, 虽然受冻后可保证强度达到设计要求, 但由于其内部因冻结会产生大量缺陷, 如微裂缝、孔隙等, 造成混凝土抗渗性能大幅降低。原黑龙江省低温建筑科学研究所科研数据表明, 掺早强型防冻剂 C20、C30 混凝土分别达到 10MPa、15MPa 后受冻, 其抗渗等级可达到 P6; 掺防冻型防冻剂时, 抗渗等级可达到 P8。经折算, 混凝土受冻前的抗压强度达到设计强度等级值的 50%。一般工业与民用建筑的设计抗渗等级多为 P6~P8, 因此, 规定有抗渗要求的混凝土受冻临界强度不宜小于设计混凝土强度等级值的 50%, 是保证有抗渗要求混凝土工程冬期施工质量和结构耐久性的重要技术要求。

5 对于有抗冻融要求的混凝土结构, 例如建筑中的水池、水塔等, 在使用中将与水直接接触, 混凝土中的含水率很易达到饱和临界值, 受冻环境较严峻, 很容易破坏, 在设计中提出的抗冻指标, 施工过程中应予以保证。目前国内设计中有抗冻融耐久性要求的负温混凝土冬期施工研究试验资料很少, 参考国外规范的规定, 如国际 RILEM (39-BH) 委员会在《混凝土冬季施工国际建议》中规定: “对于有抗冻要求的混凝土, 考虑耐久性时不得小于设计强度的 30%~50%”; 美国混凝土学会 306 委员会 (ACI 306) 在《混凝土冬季施工建议》中规定: “对有抗冻要求的掺引气剂混凝土为设计强度的 60%~80%”; 俄罗斯国家建筑标准与规范 (СНиП 3. 03. 01-87) 规定: “在使用期间遭受冻融

的构件，不小于设计强度的 70%；预应力混凝土不小于设计强度的 80%”；我国《水工建筑抗冰冻设计规范》DL/T 5082—1998 规定：“在受冻期间可能有外来水分时，大体积混凝土和钢筋混凝土均不应低于设计强度等级的 85%”。综合分析这类结构的工作条件和特点，参考国内外规范，在本次修订中增加了有抗冻要求的混凝土，其受冻临界强度值应大于或等于设计强度的 70%，以指导此类工程的冬期施工。

6.1.2 保留原条文 7.1.2，仅作文字修改。

热工计算是确保混凝土工程冬期施工质量的重要手段之一，在冬期施工中至关重要，本条特此规定。

6.1.3 现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007 中将普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥最低强度等级确定为 42.5，取消普通硅酸盐水泥 32.5 等级，故本次修订中，参考现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的修订情况和现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中的有关最小水泥用量的规定，将冬期施工混凝土最小水泥用量在 JGJ 55 的基础上增加 20kg/m³，主要是考虑在低温或负温条件下保证早期强度增长率。

同时，考虑现代混凝土配制和生产技术的发展，在有能力确保混凝土早期强度增长速率不下降，混凝土能尽快达到受冻临界强度的条件下，混凝土最小水泥用量也可小于 280kg/m³，体现节能、节材的绿色施工宗旨，故本条最小水泥用量由“应”改为“宜”。

6.1.4 保留原条文 7.1.4，仅作文字修改。

混凝土的碱-骨料反应问题，近些年已引起国内外的极大关注。我国目前生产的水泥碱含量较高，加之冬期施工防冻剂中都是高掺盐量，因而更易发生碱-骨料反应。为保证建筑物的耐久性，因而增加对碱骨料的限制。

6.1.5 保留原条文 7.1.5，并参考现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 及相关标准，将混凝土的含气量由

2%~4%提高到3%~5%。

6.1.6、6.1.7 保留原条文 7.1.6~7.1.7, 仅作文字修改。

控制氯盐的使用条件是为了防止氯离子对钢筋产生锈蚀。

6.1.8 保留原条文 7.1.8。

保温材料受潮后,其导热系数显著增大,其原因是由于孔隙中有了水分后,附加了水蒸气的扩散热量和毛细孔中液态水所传导的热量。在一般情况下,水的导热系数是0.58W/(m·K),冰的导热系数是2.33W/(m·K),都远大于空气的导热系数0.29W/(m·K)。因此,保温材料不应采用潮湿状态的材料。

6.1.9 保留原条文 7.1.9, 仅作文字修改。

在冬期负温条件下,现浇结构加热养护温度超过40℃时,在升温阶段产生一定的温度应力,因此在浇筑混凝土和留设施工缝时,应与设计单位商定。

6.1.10 由于型钢混凝土组合结构中型钢质量占的比重较大,为保证其与混凝土有可靠的粘结性,故规定浇筑混凝土前应对型钢进行预热,预热温度宜大于混凝土入模温度,预热方法可按6.5节相关规定进行。一般采用线圈感应加热养护法比较方便、适宜。

6.2 混凝土原材料加热、搅拌、运输和浇筑

防冻剂应用技术经过二十余年的发展,现已基本成熟,施工单位也基本可以正确使用,故在本节中取消了7.2.4条、7.2.5条关于防冻剂配制和使用的具体规定。

6.2.1 保留原条文 7.2.1, 将水泥标号按强度等级进行替换。

6.2.2~6.2.4 保留原条文 7.2.2、7.2.3、7.2.6, 仅作文字修改,增加了对预拌混凝土用砂的加热与保温的规定。规定了水、砂的加热方法与水泥的储存要求。

6.2.5 保留原条文 7.2.7, 增加了预拌混凝土冬期施工搅拌时间的规定。

6.2.6 保留原条文 7.2.9, 增加混凝土入模温度的规定。入模温度是冬期浇筑混凝土时的重要技术参数,通过控制混凝土的入

模温度, 可控制混凝土养护阶段初期的蓄热量, 防止受冻。混凝土入模温度可通过热工计算确定, 其最小值不得低于5℃。

6.2.7 规定了运输与输送中的保温要求。

6.2.8 保留原条文7.2.8部分内容。运输与浇筑过程中的保温要求在6.2.7中已作规定。

6.2.9 保留原条文7.2.10, 仅作文字修改。考虑在强冻胀性和弱冻胀性地基土上浇筑混凝土, 地基土融化会产生下沉, 故规定不得在强冻胀性地基土上浇筑混凝土, 在弱冻胀性地基土上浇筑混凝土时, 基土不得受冻。

6.2.10 保留原条文7.2.11部分内容, 仅作文字修改。大体积混凝土很少采用加热法养护, 故取消采用加热法养护时的温度规定。

6.3 混凝土蓄热法和综合蓄热法养护

6.3.1 保留原条文7.3.1。

6.3.2 原规程中的判别式主要是反映采用综合蓄热法养护混凝土的几项主要关键技术:

- 1 气温条件;
- 2 结构体型条件;
- 3 保温条件。

但原规程式(7.3.1) $T_m > \frac{1}{b} \ln \left(\frac{KM_s}{a} \right)$ 中仅体现了水泥品种、用量以及结构围护层的散热系数, 没有反映出外加剂对混凝土蓄热冷却的影响, 特别是早强剂对混凝土早期水化速率和水化放热量的影响, 无法真正体现出综合蓄热法的特点, 以及综合蓄热法与蓄热法、防冻剂法(负温养护法)的差别; 另外, a 、 b 系数是反映水泥用量与品种的参数, 而配合比设计中此两个参数根据混凝土设计要求、强度等级等已基本确定, 不能作为判别式中的可调整参数, 判别式中的结构表面系数 M_s 也依结构体型特征而为确定值, 唯一可调整参数仅为围护层总传热系数, 即采用综

合蓄热法是否可行的条件取决于 K 值的选择。综合考虑经济与技术条件, 以及多年的工程实践经验, $K \cdot M_s$ 值 (散热系数) 宜在 $50\text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K}) \sim 200\text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$ 之间进行选择, 可满足要求。 K 值可通过本规程附录 A 进行计算。

为提高规程的可操作性, 便于施工单位对规程的执行, 特根据以上三个条件, 将综合蓄热法的适用条件进行简化:

1 气温条件: 将原规程公式中的“冷却期间平均气温 -12°C ”修订为“最低气温 -15°C ”, 作为控制条件;

2 结构体型条件: 保持原规程对体型条件的规定, 表面系数为 $5\text{ m}^{-1} \sim 15\text{ m}^{-1}$;

3 保温条件: 保持原规程的散热系数规定, 即围护层的总传热系数与结构表面系数的乘积 (散热系数 L) 为 $50\text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K}) \sim 200\text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$ 。

其中散热系数 (L) 计算方法如下式:

$$L = K \cdot M_s$$

式中: L —— 散热系数 [$\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$]。

6.3.3 保留原条文 7.3.3 条主要内容, 并明确采用综合蓄热法施工的混凝土中掺入的为早强剂或早强型复合外加剂。而掺入减水剂, 是为了降低水灰比, 减少可冻水量, 提高早期和后期强度; 掺入引气剂, 是为了改善混凝土孔隙结构, 缓冲冰胀压力, 提高抗冻性能。

6.3.4 保留原条文 7.3.4, 仅作文字修改。

大量工程实践表明, 北方冬季气候干燥, 混凝土极易失水, 影响强度, 因此混凝土成型后应立即对裸露部位采用塑料布进行防风保水, 同时进行保温。而对边、棱角部位, 由于表面系数较大, 散热较快, 极易受冻, 故应加强保温措施。

6.4 混凝土蒸汽养护法

保留原规程 7.4 节主要内容。将原规程表 7.4.1 中的混凝土蒸汽养护法的简述和特点放入本条文说明中。

取消原条文 7.4.6，该条中水泥用量、水灰比及坍落度要求已不适用当前混凝土施工工艺的要求。

6.4.1 由于蒸汽养护法设备复杂笨重，排除冷凝水困难又费工，技术控制也费事，对混凝土的某些性能又可能带来不利影响，因此推荐了几种简单易行方法，并对不同方法的适用范围作出规定。

混凝土蒸汽养护法的简述和特点见表 1。

表 1 混凝土蒸汽养护法的简述和特点

分类	简述	特点
棚罩法	用帆布或其他罩子扣罩，内部通蒸汽养护混凝土	设施灵活，施工简便，费用较小，但耗汽量大，温度不宜均匀
蒸汽套法	制作密封保温外套，分段送汽养护混凝土	温度能适当控制，加热效果取决于保温构造，设施复杂
热模法	模板外侧配置蒸汽管，加热模板养护	加热均匀、温度易控制，养护时间短，设备费用大
内部通汽法	结构内部留孔道，通蒸汽加热养护	节省蒸汽，费用较低，入汽端易过热，需处理冷凝水

6.4.2 保留原条文 7.4.2。

6.4.3 保留原条文 7.4.3。

6.4.4 保留原条文 7.4.4。

6.4.5 保留原条文 7.4.5。

为了保证采用蒸汽加热法的混凝土质量，根据本规程第 6.4.2、6.4.3 条规定要求，对三个阶段的加热时间，应通过加热延续时间内所达到的混凝土强度进行确定。

6.4.6 保留原条文 7.4.6 部分内容。

通过试验研究表明，在 $20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间，湿空气体积膨胀系数($1/\text{C}$)为 $(3700 \sim 9000) \times 10^{-6}$ ，水为 $(255 \sim 744) \times 10^{-6}$ ，水泥石为 $(40 \sim 60) \times 10^{-6}$ ，集料为 $(30 \sim 40) \times 10^{-6}$ ，气相的膨胀作用大于固体物料 100 倍。由此可见，采用蒸汽养护时，应尽量减

少混凝土的引气量，不得掺入引气剂或引气型减水剂。

6.4.7 保留原条文 7.4.8。

6.5 电加热法养护混凝土

保留原规程 7.5 节内容，仅作局部文字修改。

6.5.1 保留原条文 7.5.1。

6.5.2 保留原条文 7.5.2。说明电极加热特点、分类和适用范围。

6.5.3 保留原条文 7.5.3。说明由电极法施工的主要措施。

电极法不允许使用直流电，因直流电会引起电解、锈蚀及电极表面放出气体而造成屏蔽。

6.5.4 保留原条文 7.5.4。

电热毯养护工艺是将民用电热毯原理移植于混凝土冬期施工的一种加热养护工艺。在北京等地已应用多年，对于表面系数较大，气温较低，工艺周期要求较短的工程，具有使用价值。采用电热毯养护工艺，由于电热毯功率低，温度分布均匀，故其养护温度（指混凝土温度）接近于常温，因此与高温电热法相比，具有控制技术简单，安全和耗能低的特点。

本条强调了两点：1) 要按构件尺寸做好保温以便提高保温效果和节能，遇停电时可利用蓄热养护，以免混凝土冻坏；2) 保温材料要具备耐热性，由于有时电热毯接线可能出现短路，局部过热，用易燃材料将会引起火灾。

由于模板边部（即上下左右）被吸收的热量散热较多，因此在北京、天津、太原、兰州、石家庄等轻寒地区可按本条布毯。若在沈阳、西宁、银川等小寒地区采用电热毯施工墙板，亦可按上述原则布毯，只是对通电和间断时间稍作调整即可，对大寒和严寒地区应提高布毯密度或通过试验增加电热毯功率解决。

6.5.5 保留原条文 7.5.5。

所谓工频涡流电指 50Hz 交流电作用下产生的涡电流。

根据电磁感应原理，交变电流在单根导体中流动时，以导线

为圆心产生交变磁场的圆柱体，若此导线外面套有铁管，则交变磁场将大部分集中在铁管壁内，由于铁管有一定厚度，就产生感应电动势和电流，这种在管壁中无规则流动的电流称为涡电流。又由于铁管存在电阻，涡电流则在管壁内产生热量，这就实现了电能向热能的转换，可用这种热量来加热混凝土。

6.5.6、6.5.7 保留原条文 7.5.6、7.5.7。

线圈感应加热法或者简称感应加热，用于混凝土冬期施工，在原苏联 20 世纪 60~70 年代开始应用。

众所周知，线圈内通入交变电流，则线圈周围会产生交变磁场，如果线圈内放入铁芯，铁芯内的磁感应强度大十几倍乃至几百倍。如此强的交变电磁场，会在铁芯中产生电流，涡电流的能量会变为热量。运用这个原理，可以用来加热内有钢筋、外有钢模板的混凝土结构。如果在柱、梁的模板外表面绕上感应线圈，线圈内通入交流电则在钢模板和钢筋内就会产生交变磁场，产生涡电流，因而产生热量，这些热量传给混凝土，就可使混凝土得到加热。

混凝土感应加热的主要优点是：

- 1) 由于与加热构件不直接接触，操作安全；
- 2) 加热条件与混凝土的电物理性能及其在加热期间的变化无关；
- 3) 操作和维护简单；
- 4) 能够预热钢筋、金属模板和被浇筑空间；
- 5) 使用一般金属模板，不需改装；
- 6) 不需金属的附加消耗，感应电线可重复使用。

由于以上特点，感应加热可应用于条形结构和在横截面和长度方向上配筋均匀的混凝土构件的施工，如柱、梁、檐条、接点、框架结构的构件、管及类似构件等，还可以应用于预制构件接头浇筑。

感应加热也可以用于非金属模板的构件施工，只是升温速度应更严格地进行控制，见表 2。

表 2 感应加热混凝土的最大容许升温速度

升温速度 (°C/h)	构件表面系数 (m ⁻¹)	5~6	7~9	10~11
钢筋		3/5	5/8	8/10
劲性框架		5/8	8/10	10/15
钢筋与劲性框架复合		8/8	10/10	15/15

注：分子值用于非金属模板施工。

6.5.8 保留原条文 7.5.8。

红外线也是一种电磁波，具有辐射、定向、穿透、吸收和反射等基本功能。其波长称作近红外线， $4\mu\text{m}$ 以上的波长较长被称为远红外线。红外线射到物体表面时，一部分在物体表面被反射，其余部分射入物体内部，后者中又有一部分透过物体，另一部分被物体吸收，使混凝土不断获得热量。

6.6 暖棚法施工

保留 7.6 节内容，仅作文字修改。

6.6.1 暖棚法指混凝土在暖棚内施工和养护的方法。暖棚可以是小而可移动的，在同一时间只加热几个构件；也可以很大，足以覆盖整个工程或者大部分。暖棚由于造价高，消耗材料多，因此应尽量利用在施结构。采取塑料薄膜搭暖棚，材料和用工均较低，且有利于工作场所的日采光和利用太阳能取暖。

6.6.2 当采用燃料加热器（油、煤等炉子）且置于暖棚内时，将产生较多的 CO_2 ，新浇的混凝土吸收 CO_2 后极易与水泥中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应，在混凝土表面形成碳化表面，不管如何刷洗无法清除，只有用砂轮才能彻底清除这一层。因此暖棚内应采取防止碳化的措施，如炉子的烟气应排至棚外，适当排气以控制含量；向棚内补充新鲜空气以供炉子助燃，特别是在养护的第一天内应尽可能地降低 CO_2 浓度。

6.7 负温养护法

6.7.1 混凝土负温养护法在负温条件下需保持液相存在, 液相中防冻剂浓度较高, 即防冻剂掺量较高, 对其结构耐久性产生负面影响, 对耐久性要求较高的重要结构应慎用负温养护法, 因此修改适用条件为“一般混凝土结构工程”。

当气温较低, 且结构表面系数较大, 在冬施中结构不易保温蓄热。如果结构对强度增长无特殊要求时, 可以采用负温混凝土法施工。负温混凝土法特点是: 对砂、石、水加热仍按常规进行, 但混凝土浇筑后可不进行保温蓄热, 只进行简单维护即可。其主要作用是, 由于混凝土中掺入了一定量的防冻剂, 可以使混凝土中一直保持有液相存在, 水泥在负温下能不断进行水化反应增长强度。我国不少科研部门的试验表明, 按设计要求掺入一定量的防冻剂, 在规定温度下养护, 其 28d 强度可增长到设计强度的 40%~60%, 可以满足一般施工要求。

6.7.2 保留原条文 7.7.2 部分内容。水泥的选用已在一般规定中进行了说明, 故在本条中删除对水泥选用的规定。

6.7.3 对负温养护法施工的混凝土是有阶段温度要求的, 例如: “混凝土浇筑后的起始养护温度不应低于 5℃”、“当混凝土内部温度降到防冻外加剂规定温度之前, 混凝土的抗压强度应符合本规程第 6.1.1 的规定”, 为满足以上要求, 当仅采取“塑料薄膜覆盖保护”达不到要求时, 也应适当保温, 故增加“并根据需要采取相应的保温覆盖措施”的规定。

6.7.4 本条明确规定采用负温养护法施工的混凝土应加强测温, 主要是用以监测混凝土内部温度变化情况和计算混凝土成熟度, 从而为施工单位控制混凝土质量提供依据。

6.8 硫铝酸盐水泥混凝土负温施工

6.8.1、6.8.2 保留原条文 7.8.1、7.8.2 部分条款。

采用硫铝酸盐水泥进行混凝土冬期施工是一种简单而可行的

办法，在国内外都已有成功的应用经验。硫铝酸盐水泥具有快硬早强的特点，掺加适量 NaNO_2 作为防冻早强剂，可进一步改善早期抗冻性能，提高负温强度增长率，特别适用于混凝土的负温快速施工。自 1976 年以来，铁道部科学研究院、北京、河北、新疆、辽宁、黑龙江等地得到推广应用。

掺有防冻早强剂的硫铝酸盐水泥混凝土，在负温下强度仍能较快增长，但随温度下降，强度增长速度也减慢。根据铁道部科学研究院的试验资料和实际工程应用结果，可以在最低气温为 -25°C 的负温环境下施工。

硫铝酸盐水泥混凝土在 80°C 以上时，由于水化产物钙矾石脱水，对强度将产生不利影响，所以，如冶金厂房等高温作业的建筑物或有耐火要求的结构，不能采用硫铝酸盐水泥混凝土。

根据中国建筑材料科学研究院的研究，硫铝酸盐水泥具有快硬、早强的特性，硫铝酸盐水泥混凝土的抗硫酸盐腐蚀性能优于高抗硫硅酸盐水泥，故在本条中增加了硫铝酸盐水泥适用于“抢修、抢建工程及有硫酸盐腐蚀环境的混凝土工程”。

6.8.3 保留原条文 7.8.4，并增加 NaNO_2 与 Li_2CO_3 复合作为防冻剂。

根据中国建筑材料科学研究院及唐山北极熊建材有限公司近几年的研究和工程实践， NaNO_2 与 Li_2CO_3 复合使用效果更佳。硫铝酸盐水泥混凝土在复合防冻剂、缓凝减水剂的作用下，既可以保证有充分的运输、输送、浇筑等时间，又可以在凝结后迅速硬化。特制的抢修混凝土在 $5^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ 下，既可以有不小于 40min 的可工作时间，又可以在 4h 达到 20MPa 以上的强度。

此外，掺复合防冻剂的硫铝酸盐水泥混凝土还具有一个重要特点，即混凝土受冻可以不受临界温度值限制，当混凝土成型后立即受冻，对后期强度没有不利影响。

6.8.4 保留原条文 7.8.5，仅作文字修改。

硫铝酸盐水泥混凝土凝结较快，坍落度损失较大。根据经验，在配合比设计时要适当增加坍落度值。用热水拌合时，可先

将热水与砂石混合搅拌，然后投入水泥。

用于拼装接头或小截面构件、薄壁结构的硫铝酸盐水泥混凝土施工时，要适当提高拌合物温度，并应保温。

6.8.5 根据唐山北极熊建材有限公司对硫铝酸盐和硅酸盐水泥复合体系的系统研究，当硅酸盐水泥在硫铝酸盐水泥中的掺入比例不超过 1/9 时，水泥的凝结时间缩短 50%，3h 强度提高 100% 以上，而后期强度没有显著变化。几年来唐山北极熊建材有限公司将此技术用于低温下的机场和道路的抢修抢建工程，都取得了很好的效果。故将原条文 7.8.6 中硫铝酸盐水泥不得与硅酸盐类水泥混合使用的规定修改为硫铝酸盐水泥可与硅酸盐类水泥混合使用，但掺用比例应小于 10%。

6.8.6 保留原条文 7.8.7。硫铝酸盐水泥混凝土施工的拌合物，可采用热水拌合，水的温度不宜超过 50℃，混凝土拌合物温度宜为 5℃～15℃。水泥不得直接加热或直接与 30℃ 以上的热水接触。拌合物的坍落度应比普通混凝土坍落度增加 10mm～20mm。

6.8.7 保留原条文 7.8.8。硫铝酸盐水泥的细度较高、黏性好，机械搅拌时极易粘罐，且不易倒尽，所以，搅拌时司机要经常刷罐铲除粘结料，否则，这些粘结料迅速硬结后清理极困难。

6.8.8 保留原条文 7.8.9。拌制好的混凝土，应在 30min 内浇筑完毕。混凝土入模温度不得低于 2℃。当混凝土流动性降低后，不得二次加水拌合使用，防止混凝土因用水量增加而造成强度下降。

6.8.9 保留原条文 7.8.10。硫铝酸盐水泥混凝土浇筑后，外露面如不认真处理，极易造成失水粉化起砂或出现细裂缝等缺陷。

6.8.10 保留原条文 7.8.11 部分内容。硫铝酸盐水泥混凝土不适宜高温养护，否则会产生强度损失。将采用硫铝酸盐水泥混凝土按体积大小的不同划分不同的养护方法：混凝土结构体积较大时，可采用蓄热法养护；对于体积较小的结构，不得采用电热法或蒸汽法养护，可采用暖棚法养护。暖棚法冬期养护混凝土，暖

棚内的温度通常为0℃～10℃，原条文中规定的养护温度不得大于30℃无实际意义，故予以取消。

6.8.11 保留原条文7.8.12部分内容。拆模前应注意混凝土的温度，避免拆模时间不当而产生温度裂缝。模板和保温层的拆除应符合本规程第6.9.6条规定。

6.9 混凝土质量控制及检查

6.9.1 保留原条文7.9.1。规定了混凝土冬期施工质量控制的关键项目。除了国家有关标准规定的常规项目外，强调了外加剂的质量及掺量、温度，这两项内容是冬施的成败关键，所以本条把检查项目内容提了出来。同时，增加了采用预拌混凝土时的质量检查要求，以及混凝土起始养护时的温度检查，有利于提高混凝土质量的控制。

6.9.2 保留原条文7.9.2，并增加矿物掺合料的温度检查。

6.9.3、6.9.4 保留原条文7.9.3内容。并对混凝土的测温停止时间进行了规定，即当混凝土在达到受冻临界强度后，方可停止测温。

6.9.5 保留原条文7.9.4，仅作文字修改。混凝土质量检查除了按国家现行标准进行外，尚须对外观、测温记录，以及各种施工工艺参数等进行检查，这些规定都是为保证工程质量所必须的。

6.9.6 保留原条文7.9.5，仅作文字修改。

拆除模板和保温层后，混凝土立即暴露在大气环境中，降温速率过快或者与环境温差较大，会使混凝土产生温度裂缝。本条采用了双控措施：一是混凝土温度降低到5℃以后，二是控制混凝土温度与外界温度差不能大于20℃。对于达到拆模强度而未达到受冻临界强度的混凝土结构，应采取保温材料继续进行养护。

6.9.7 冬期施工中，为了施工单位更加有效地控制负温混凝土质量，特提出在现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规

范》GB 50204-2002 规定的同条件养护试件数量基础上，增设不少于两组同条件养护试件，一组用于检查混凝土受冻临界强度，而另外一组或一组以上试件用于检查混凝土拆模强度或拆除支撑强度或负温转常温后强度检查等。

7 保温及屋面防水工程

外墙外保温体系作为节能建筑的重要体系之一，越来越多地应用到北方地区的建筑节能体系中。2003年以来，国家相继制定了《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG 149、《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144等相关标准规范，为了更好地在我国寒冷地区冬期施工中推广应用外墙外保温体系，方便建设单位有效地控制外墙外保温工程的施工质量，在本次规程修订中，特增加此部分内容，将原规程第八章“屋面保温及防水工程”修改为“保温及屋面防水工程”，其中保温工程分为两部分，即屋面保温工程与外墙外保温工程。

7.1 一般规定

7.1.1、7.1.2 屋面防水工程一般安排在常温期间完成施工。为了适应我国寒冷地区屋面防水工程建设的特殊需要，使新建、改建的屋面防水工程能尽快正常使用，必要时可以进行冬期施工，但需要具备以下条件：

1 建筑屋面防水施工时的环境温度（即施工气温）至少能保证使用材料的可操作性。对选用不同防水材料应分别控制不同施工气温来安排施工。

2 在屋面上施工，应具备操作人员能适应的环境温度。要利用日照充分、无风、并设置挡风围护等条件以保证人员发挥良好的操作技能和完好的工程质量。因此，作出相应规定极为必要。

目前国内新型防水材料品种很多，从20世纪80年代以来的应用情况表明，合成高分子防水卷材以冷粘法施工，不宜低于5℃，焊接法施工不宜低于-10℃；高聚物改性沥青防水卷材以

热熔法施工更为简便，不宜低于-10℃；冬期一般不宜用涂料作防水层，溶剂型涂料在负温下虽不会冻结，但黏度增大会增加施工操作难度，因此，溶剂型涂料的施工环境气温不宜低于-5℃；施工时气温低于0℃，密封材料变稠，工人难以施工，同时大大减弱了密封材料与基层的粘结力，影响防水工程质量，因此，密封材料的施工环境气温不宜低于0℃。

7.1.3 规定了保温与防水材料进场和储存的要求。

7.1.4 保留原条文8.1.3。

水落口、檐沟、天沟等部位是排出屋面雨水必经之路，方向变化，流水集中，易于积水，施工必须谨慎，这些部位增铺附加层可以提高防水抗渗功能，从操作工序上的合理性以及创造精心施工先决条件考虑，必须先将水落口、檐沟、天沟等部位的附加层卷材铺贴完毕，然后再铺贴整体防水层。

7.1.5 保留原条文8.1.4，仅作文字修改。

一般屋面渗漏的部位多出现在屋面穿孔管道周围、设备或预埋件连接处、屋面突出部位等节点。杜绝以上部位的渗漏所采取的积极措施是合理安排施工工序，包括穿孔、凿眼、底座连接等应予提前施工，并合理安排做好隔气层、保温层、找平层，然后再进行防水层施工。一旦完成防水作业经验收后，必须加强成品保护，不允许在防水层上打眼、凿洞等破坏防水层的逆作业发生。

7.2 外墙外保温工程施工

7.2.1 现行行业标准《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144-2004中规定：外墙外保温工程主要包括EPS板薄抹灰外墙外保温系统、胶粉EPS颗粒保温浆料外墙外保温系统、EPS板现浇混凝土外墙外保温系统、EPS钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统、机械固定EPS钢丝网架板外墙外保温系统。

鉴于胶粉EPS颗粒保温浆料外墙外保温系统冬期施工时，胶粉浆料的吸水性高，两道抹灰施工中间要等水分排干，施工工

期长，冬期施工极易受冻，故不适宜进行冬期施工。

7.2.2 根据国内部分单位的研究表明，有些 EPS 板胶粘剂和聚合物抹面胶浆在 $-10^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 条件下可以进行硬化，并在预定时间内达到规定强度，因此可以在 -10°C 以下气温中进行冬期施工。但考虑安全起见，以及抹面砂浆在 -10°C 以下气温中强度发展缓慢，易受冻，粘结强度下降的原因，故将外墙外保温工程冬期施工最低温度规定为 -5°C 。

7.2.3 在负温条件下，EPS 板胶粘层和抹面层的硬化和干燥过程较长，不利于控制施工质量。为加速硬化和干燥速率，增强与基层的粘结效果，防止后期发生开裂、脱落现象，故规定施工期间及完工后 24h 内，基层及环境空气温度不应低于 5°C 。

7.2.5 EPS 板常温下有效粘贴面积为大于 40%，为保证冬期施工的安全可靠，在此基础上提高至 50%，黑龙江省地方建筑节能标准目前也是按照 50% 进行控制。

7.2.6 EPS 板现浇混凝土外墙外保温系统和 EPS 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统冬期施工，混凝土和抹面砂浆中均可掺入防冻剂，但对于 EPS 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温系统，抹面砂浆中不得掺入含氯盐的防冻剂，防止钢丝网架产生锈蚀。

7.3 屋面保温工程施工

7.3.1 保留原条文 8.2.1。

为防止保温材料受潮、受冻，冬期施工前可将材料提前入场或组织库存、覆盖等保管措施，不允许保温材料混入杂质、冰雪、冰块等，以确保材料质量和保温效果。

7.3.2 保留原条文 8.2.2。

一般不应超出以上气温界线的规定，否则难以保证质量。

7.3.3 保留原条文 8.2.3。

砂浆中掺入防冻剂是为了提高抗冻能力，适应冬期施工。目前建筑市场上防冻剂品种较多，为防止假冒伪劣产品，冬期施工防水工程使用的防冻剂进入现场必须复试，由试验确定掺量。

7.3.4 保留原条文 8.2.4。与常温规定相同。

7.3.5 保留原条文 8.2.6 部分内容，文字作相应修改。倒置式屋面现阶段应用较少，具体采用材料和施工方法应按设计要求进行，取消原条文中的部分细节规定。

7.4 屋面防水工程施工

本节将原规程中的 8.3 节“找平层施工”和 8.4 节“防水层、隔气层施工”进行合并，作为屋面防水工程施工的主要内容，取消部分与常温施工规定相同的内容。

水泥砂浆预制板和沥青砂浆找平层很少使用，予以取消。

7.4.1 保留原规程条文 8.1.2 第 1、3 款。

找平层的质量直接影响防水层的铺设和防水效果。

1 对找平层规定了应压实平整的质量要求。找平层表面若凹凸不平、起鼓、松动、坡度不准、积水严重会导致防水层产生渗漏。为此，在冬期施工的找平层必须保证压实平整。此外，更不允许有积雪、冰霜、冰块存在，表面有灰砂、杂物应该清理干净之后再铺设防水层，奠定牢靠的基层。在使用水泥砂浆找平层时可采取收水后二次压光，水泥凝固后及时喷涂养护剂覆盖养护，防止起砂、酥松现象发生。

2 基层必须干净、干燥。由于我国地域广阔，气候差异大，对基层含水率不可能规定统一的数据。但从冬期施工质量角度出发，其基层含水率应取较低值，以达到干燥为宜，这是多年施工与应用新型防水材料经验的总结。如使用合成高分子防水卷材在过于潮湿基层上粘贴，往往发生起鼓，粘贴不牢等现象。

找平层干燥程度的简易检测方法：将 $1m^2$ 卷材平铺在找平层上，静置 $3h\sim4h$ 后掀开检查，找平层覆盖部位与卷材上未见水印即可铺设隔气层或防水层。

3 冬期施工选用高聚物改性沥青防水卷材或合成高分子防水卷材作防水层施工较为方便。采用不同防水卷材铺贴时，遇到突出屋面结构的连接处和基层转角处均应抹成光滑的圆弧形，圆

弧半径根据材料柔性和厚度不同而不同，具体可按本条规定进行。

7.4.2 保留原条文 8.3.1，增加细石混凝土找平层。

由于冬期施工气温的变化，使用水泥砂浆或细石混凝土作找平层时必须掺用防冻剂防止受冻，保证砂浆正常现场操作。鉴于各地区气温不同，防冻剂不同，其掺量也不尽相同，应以当地情况和具体条件由试验确定，不作统一规定。当采用氯化钠作为防冻剂时，可按表 7.4.2 推荐掺量使用。

7.4.3 保留原条文 8.3.4 部分内容。

水泥砂浆或细石混凝土找平层应设置分格缝，以减少砂浆或混凝土找平层产生裂缝，避免拉裂防水层。

7.4.4 规定防水材料的主要物理性能应符合现行国家标准《屋面工程质量验收规范》GB 50207 的要求。原规程表 8.4.2 内容与常温一致，予以取消。

7.4.5 保留原条文 8.4.3，仅作文字修改。

热熔法防水卷材冬期施工与常温施工不同之处主要有以下几点：

1 基层处理剂要挥发完全、充分。冬期施工常用溶剂型处理剂，一是免遭受冻，二是易于操作。冬季气温低，溶剂挥发缓慢，因此应严格控制溶剂干燥时间，冬期在 10h 以上基本挥发充分、完毕，然后安排热熔卷材工序，以防止火灾。

2 掌握住热熔铺贴要点，热熔卷材施工时要求加热宽度应均匀一致，加热喷嘴距卷材面要适当，0.5m 左右。冬期施工气温低，熔化不易，若超出光亮程度过热熔化时，高聚物改性沥青易老化变焦，不利粘结，更不能熔透烧穿，把握住热熔火候才能粘结牢固。铺贴卷材辊压时缝边必须溢出胶粘剂以验证粘贴是否严密，溢出的胶粘剂随之刮封接口，也是加强接缝牢固的必要措施。卷材大面热熔铺贴同样要注意将卷材内的空气排出。

3 做好接缝口及末端收头处理。为提高冬期施工的可靠性，防止防水层热熔铺贴后有缝口翘边开缝的可能，要求接缝口及收

口末端都用密封材料封口，提高防水抗渗能力。

7.4.6 保留原条文 8.4.4，仅作文字修改。

7.4.7 保留原条文 8.4.5。

冷粘贴施工法在我国已逐渐推广使用，材料多数使用合成高分子防水卷材，这种卷材国内现已具备一定规模的生产能力，其技术性能在拉伸强度、伸长率、低温柔性以及不透水性、热老化性能等均较为优异。原规程表 8.4.5-1、表 8.4.5-2 内容与常温一致，予以取消。

7.4.8 保留原条文 8.4.6 部分内容。

1 涂布基层处理剂：可使用稀释聚氨酯涂料进行涂刷。由于冬期施工气温低，涂料中的溶剂挥发过慢，因此需要间隔一定的时间，至少在 10h 以上，使基层处理剂挥发充分，待完全干燥之后进行卷材铺贴。

2 复杂部位应作防水增强处理，处理方法有两种：一种是采用合成高分子涂料（聚氨酯涂料）均布涂刷，但必须控制厚度在 1.5mm 以上，而且待涂料达到固化程度，即延迟 36h 以上方可进行下一工序施工，以便保证防水工程质量。另一种是采用自流化丁基橡胶胶粘带在复杂部位粘贴，按照水落口、阴阳角、管根部位等各异形尺寸裁剪自粘粘贴，操作简便，适应性强，防水增强效果好。

3 涂刷胶粘剂和铺贴卷材：当冷粘法施工使用合成高分子防水卷材（三元乙丙橡胶卷材、橡塑共混卷材等）时，需要在基层上和卷材底面同时涂刷胶粘剂，并且晾干 20min 以上才能粘贴牢固。要求一定的间隔时间是为了保证粘结力和获得粘结的可靠性。冷粘贴合成高分子防水卷材时要展平并与基层粘贴，不可用力拉伸来展平卷材，避免卷材承受较大的拉应力。边铺贴卷材边排除卷材下面的空气，辊压粘贴牢固。

4 接缝口及卷材末端收头处理：高分子防水卷材铺贴后，由于施工因素、胶粘剂质量等原因，缝口、末端卷材有翘边的可能，所以接缝口和卷材末端都必须用宽 10mm 的密封材料封口，

以提高整体防水效果。

采用常温自硫化丁基橡胶带做附加层处理时的技术规定与常温要求一致，故予以取消此内容和原规程图 8.4.6。

7.4.9 保留原条文 8.4.7。

冬期施工采用质量较好且稳定的合成高分子防水涂料为宜，如溶剂型聚氨酯防水涂料等。冬期应储存在室内 0℃以上的环境中，远离火源，避免溶剂着火而发生火灾事故。

表 8.4.7-1、表 8.4.7-2 内容与常温一致，予以取消。

7.4.10 保留原条文 8.4.8，仅作文字修改。

1 严格控制涂料的涂刷厚度。涂膜防水屋面是靠涂刷后的防水涂料形成一定厚度的涂膜来起到防水作用，厚度不够将直接影响耐用年限和防水功能，为此，规定了最小成膜厚度不低于 2mm。

厚的防水涂料不得一次涂成，因一次涂膜太厚，易开裂，而且难以一次就达到均匀厚度，故规定涂层应为两层以上。在分遍涂刷时，应待先刷的涂层干燥成膜后方可涂后一遍涂料，直至达到所要求的涂膜厚度。

2 对铺胎体的要求。做涂膜防水需铺胎体材料时，一般是与屋脊平行铺设，铺贴时必须由最低标高处向上操作，使胎体材料的搭接顺着流水方向，避免呛水。为了保证有足够的防水功能，规定了胎体下面的涂层厚度不得少于 1mm，最上层的涂层不得少于两遍。

7.4.11 保留原条文 8.4.9，仅作文字修改。

隔气层的设置和施工宜选用与屋面防水层同类材料，便于统一掌握施工。冬期施工的隔气层使用卷材宜采用花铺法施工，以适应基层变形，不致拉裂防水层，但搭接必须粘牢，不能开裂，宽度可在 80mm 以上。

8 建筑装饰装修工程

依据现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210，将原规程第9章“装饰工程”改为“建筑装饰装修工程”，保持与国家标准相一致。

在我国北方地区，常有冬期室外粘贴面砖、石材等，转常温后因粘结性能不良而造成伤人事故发生。目前，国内室外饰面工程冬季也很少进行，而且也不易保证质量，因此，室外饰面工程不适合进行冬期施工，费时费力，浪费能源，质量不可靠；而室内饰面工程在保持5℃以上的气温环境时，与常温施工技术要求相一致，故取消“饰面工程”一节内容。

8.1 一般规定

8.1.1 本条的规定为确保施工的安全和质量。

8.1.2 经过上海、北京、哈尔滨等多个城市调研，外墙采用粘结法施工饰面砖、饰面板及马赛克，在一年以后发生脱落的质量问题十分普遍，事故率占受调查建筑项目的50%，冬期施工采取措施不当是造成面砖脱落的重要原因之一。因此，从质量和安全角度考虑，规定外墙饰面砖、饰面板及马赛克类等以粘结方式固定的装饰块材不宜进行冬期施工。

8.1.3 保留原条文9.1.6。

多年的实践经验表明，冬期施工外墙面采用冷作法进行抹灰并采用涂料做为饰面层涂刷时，应注意抹灰所使用的防冻剂材质与涂料材质相匹配，否则易发生反碱、起皮、变色等质量通病。防冻剂的掺量应由试验确定。

8.1.4 墙体基层表面如有冰、雪、霜等，会在基层和粘结砂浆层之间形成隔离层，影响粘结效果。

8.1.5 保留原条文 9.1.2, 仅作文字修改。安排室内抹灰工程应遵循的原则。

8.1.6 保留原条文 9.1.3, 仅作文字修改。冬期室内装饰为保证环境温度的具体作法及要求。

8.1.7 保留原条文 9.1.4, 并增加块料装饰的施工与养护温度要求。水泥砂浆的养护与常温要求相一致, 故取消潮湿养护和通风换气的规定。

8.1.8 保留原条文 9.1.5, 并增加了粘贴面砖用砂浆的技术规定。

冬期抹灰及粘贴面砖时除应对砂浆进行保温外, 室外操作尚应在砂浆中掺入防冻剂, 但由于各地气温不同, 使用防冻剂品种也不一样, 故规定防冻剂掺量应由试验确定。

8.1.9 保留原条文 9.1.9, 将“应”改为“宜”, 建议冬期室内粘贴壁纸时的环境温度不宜低于 5℃。

冬期壁纸施工温度一般应在 +5℃ 以上, 以保证胶粘剂的固化及粘结质量。低于此温度, 常用胶粘剂很难保证粘结质量。鉴于当前某些胶粘剂新产品可以在 5℃ 以下温度中使用, 为发展新技术, 应用新产品, 也可按胶粘剂产品规定温度进行施工。

8.2 抹 灰 工 程

8.2.1 保留原条文 9.2.1, 仅作文字修改。

冬期室内抹灰前应对门窗、阳台、楼梯口、进料口等处进行封闭保温, 以控制室内温度达 +5℃ 以上, 保证适当的硬化速度和工期要求。

8.2.2 保留原条文 9.2.2, 仅作文字修改。

为合理利用热源, 降低煤炭消耗, 砂浆应采取集中搅拌的办法, 并注意运输时的保温, 提高砂浆抹灰时温度。

8.2.3 保留原条文 9.2.3, 仅作文字修改。

本条规定抹灰后应在前 7d 内进行正温养护, 以保证砂浆强度的增长, 防止灰层受冻而影响粘结质量及灰层强度。

8.2.4 保留原条文 9.2.4，仅作文字修改。

采用冷作法进行外墙抹灰时，可采用水泥砂浆或水泥混合砂浆。同时应根据施工条件不同，合理地选择防冻剂。

8.2.5 保留原条文 9.2.5。

含氯盐防冻剂配制的砂浆不可用于高压电源部位，以防止氯离子导电而导致安全事故；也不得用于油漆墙面的抹灰层，因油漆涂刷在掺氯盐的墙面上会产生变色。

8.2.6 保留原条文 9.2.6。经多年实践表明，不管是氯盐防冻剂还是亚硝酸盐防冻剂，都可以在硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥中进行使用，故取消氯盐防冻剂在水泥中的使用规定。提出防冻剂在砂浆中使用时，应根据气温情况与防冻剂产品技术规定，经试验确定防冻剂掺量。

8.2.7 保留原条文 9.2.7。

冬期抹灰前，应对基层表面的尘土进行清扫，并可用与抹灰砂浆使用的相同浓度的防冻剂刷洗表面的冰霜，然后再施抹，可保证抹灰与基层的粘结质量。

8.2.8 保留原条文 9.2.8。

8.3 油漆、刷浆、裱糊、玻璃工程

保留原规程 9.4 节内容，仅作文字修改。

9 钢结构工程

9.1 一般规定

9.1.1 保留原条文 10.1.1，仅作文字修改。

编制钢结构冬期施工制作工艺和安装施工组织设计，是组织钢结构施工的重要工作，可根据工程量大小、技术复杂程度、现场施工条件等具体情况进行编制，施工中应认真贯彻执行。

9.1.2 保留原条文 10.1.2。

钢结构工程和土建工程的质量标准是不同的，因此，钢结构制作、安装用的钢尺、量具应和土建单位使用的钢尺、量具用同一标准进行鉴定。并注意钢结构和土建结构不同的温度膨胀系数，对两种不同膨胀系数形成的差值应有调整措施，才能保证钢结构的安装质量。一般应由土建的总包单位提供同一标准的钢尺。

9.1.3 保留原条文 10.1.3，仅作文字修改。

钢结构制作时的温度和钢结构安装时的温度不同时，如钢构件在夏季、工厂内制作，在冬季、露天安装时，钢构件的尺寸会有较大的变化，施工中应制定调整这种变化的措施。

9.1.4 保留原条文 10.1.4，仅作文字修改。

参加负温下钢结构焊接工作的电焊工，必须先取得常温焊接资格，再参加负温焊接工艺的培训。平、立、横、仰焊各项应逐项培训合格后，方能参加相应项目的焊接工作。

钢结构拼装时的定位点焊工作，往往得不到重视，拼装工用普通焊条任意点焊，造成焊缝质量的隐患，在一般钢结构工程中也是不允许的，重要钢结构工程更不允许。因此，定位点焊的焊工也要经培训合格。

9.2 材料

9.2.1 在负温下施工用的钢件，按照现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 规定使用的钢种，即 Q235、Q345、Q390、Q420 钢。采用其他钢种和钢号时，要有可靠的试验数据。

9.2.2 在负温下施工时，钢材的各项性能指标以及化学元素碳、磷、硫的含量均应符合规范规定的标准，除应有常温冲击韧性合格的保证外，还应具有冲击韧性的保证，Q235 钢 Q345 钢试验温度应为 0℃ 和 -20℃，Q390 钢和 Q420 钢试验温度应为 -20℃ 和 -40℃，达不到标准时不得使用。

9.2.3 保留原条文 10.2.3，并明确钢材板厚方向的伸长率应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定。

9.2.4 保留原条文 10.2.4，仅作文字修改。

9.2.5 保留原条文 10.2.5，仅作文字修改。

负温下采用的钢材应有钢厂提供的材质证明书。重要结构的钢材除有材质证明书外还必须按照国家技术标准规定的方法进行抽验，抽验的数量应符合设计要求或与质量检验部门协议商定。

9.2.6 保留原条文 10.2.6，仅作文字修改。

负温下焊接用的焊条，首先应满足设计强度的要求，尽可能选用屈服强度较低、冲击韧性好的低氢型焊条，重要结构可采用超低氢型焊条，这样可以保证焊缝不产生冷脆。

9.2.7 负温下大量使用低氢型焊条，为保证焊接质量，低氢型焊条烘焙温度为 350℃～380℃，保温时间为 1.5h～2h，烘焙后应缓冷存放在 110℃～120℃ 烘箱内，使用时应取出放在保温筒内，随用随取。当负温度下使用的焊条外露超过 4h 时，应重新烘焙。焊条的烘焙次数不宜超过 2 次，受潮的焊条不应使用。

9.2.8 保留原条文 10.2.8，仅作文字修改。

焊剂在使用前也应按照质量证明书的规定进行烘焙，如果焊剂湿度过大会影响焊缝质量，负温地区空气中的水气很易被焊剂吸收，因此，外露时间不宜过久，若时间间隔超过 2h，应重新

进行烘焙。

9.2.9 保留原条文 10.2.9, 仅作文字修改。

气体保护焊用的 CO₂纯度应予以保证。若气体纯度达不到 99.5%, 含水量又大于 0.005%, 将不能保证焊缝质量。当在负温下使用瓶装气体时, 瓶嘴在水汽作用下容易冻结堵塞, 工作中应及时进行检查。瓶装气体压力低于 1MPa, 保护作用降低, 应停止使用。

9.2.10 保留原条文 10.2.10, 仅作文字修改。

高强螺栓在负温度下使用时, 其扭矩系数会产生变化, 因此, 在使用前要进行负温下性能试验, 根据试验结果, 制定施工工艺。

9.2.11 保留原条文 10.2.11, 仅作文字修改。

在温度低于 0℃时, 涂料的附着力、干燥时间、涂层强度、冲击强度都会受到影响, 因此, 涂刷前应进行工艺试验, 各项指标符合正温下施工的质量标准才能进行施工。

负温下, 水基涂料易冻结, 禁止使用。

9.2.12 负温下钢结构基础锚栓焊接容易引起脆断, 所以要求施工中应保护好螺纹端, 不宜进行现场对焊。

9.3 钢结构制作

9.3.1 保留原条文 10.3.1, 仅作文字修改。

负温下, 钢材长度尺寸比常温时有较大的收缩, 可用计算也可用试验的方法取得尺寸变化值, 放样时应考虑这种收缩对结构尺寸的影响。

9.3.2 保留原条文 10.3.2, 仅作文字修改。

构件端头用焊接连接时, 焊接过程中要产生收缩变形, 钢板越厚, 收缩变形越大。多层框架和高层钢结构的多节柱还会产生压缩变形, 这两个变形量严重影响钢结构的外形尺寸及安装质量。因此, 在构件制作长度尺寸中应增加这个数值, 当环境为负温时, 应使构件的制作长度和收缩变形量相协调。

9.3.3 保留原条文 10.3.3, 仅作文字修改。

形状复杂的或在负温下弯曲加工的构件, 制作工艺中要规定取料方向, 也就是钢材轧制的长度方向和宽度方向, 能使弯曲加工时取得较好的质量效果。规定弯曲加工构件的外侧不应有大于1mm的缺口和伤痕, 以防止产生集中应力。

9.3.4 保留原条文 10.3.4。

普通碳素结构钢工作地点温度低于-20℃、低合金钢工作地点温度低于-15℃时脆性加大, 剪切、冲孔、冷矫正和冷弯曲加工时会损伤母材, 应该禁止。在-30℃以下温度时不宜进行火焰切割作业, 以保证构件切割边的质量。

9.3.5 保留原条文 10.3.5, 仅作文字修改。

负温下要求用精密切割代替机加工, 并尽可能用自动切割, 是为了防止在刨削加工时产生细小微裂纹, 严重影响焊接质量。重要结构焊缝坡口加工时, 不宜用手工切割, 是为了保证焊缝坡口加工面的质量。

9.3.6 保留原条文 10.3.6, 仅作文字修改。

构件由零件组拼成整体时, 应编制组拼工艺, 焊接接头的构件组拼时, 应按负温的要求预留焊缝收缩值。点焊缝的数量和长度应根据板材厚度及焊接应力等因素进行计算, 确保点焊不影响正式焊缝质量。

9.3.7 保留原条文 10.3.7。

构件组装前, 应先将接缝两侧清理干净, 在负温下应采用烤枪或红外线将表面冰雪、水汽干燥处理。

9.3.8 焊接作业区环境温度低于0℃时, 应将构件焊接区进行加热, 实际加热范围和温度应根据构件构造特点、钢材类别及质量等级和焊接性、焊接材料熔敷金属扩散氢含量、焊接方法和焊接热输入等因素确定, 其加热温度应高于常温下的焊接预热温度。当无试验资料时, 也可按表9.3.8的规定温度进行预热处理。

9.3.9 保留原条文 10.3.9, 仅作文字修改。

负温下构件组装后进行正式焊接工作时，应从构件中心开始向四周扩展焊接。要先焊收缩量大的焊缝，再焊收缩量小的焊缝，并对称施焊，这样可以减少焊接应力，使产生的焊接变形最小，达到优良的焊接质量和优良的构件外形尺寸。焊缝两端的起始点和收尾点易产生未焊透和积累各种缺陷，因此，应在焊缝的两端设置引弧板和熄弧板，引弧板和熄弧板的材料和尺寸应和母材相匹配。禁止直接在母材上打火引弧，以免损伤母材。

9.3.10 保留原条文 10.3.10。

停焊后再次施焊前，应按规定再次进行预热，且要求再次预热温度应高于初期预热温度。负温下厚钢板多层焊接应按焊接工艺规定进行施焊。保持在预热温度以上连续施焊，不得任意中断。如因意外因素中断焊接时（如遇停电、下雨等人力不可抗拒的中断），停焊后应再次进行预热后，方可继续施焊。

9.3.11 露天焊接钢结构的大型接头时，应进行防护措施，必要时应当搭设临时防护棚，不使雨水、雪花直接飘落在炽热的焊缝上，保证焊缝焊接过程中的质量。当焊接场地环境温度低于-10℃时，应考虑焊接区域的保温措施，当焊接场地环境温度低于-30℃时，宜搭设临时防护棚。

9.3.12 当环境温度比较低时，焊接电流的大小直接影响接头质量，应考虑适当增大焊接电流。

9.3.13 采用低氢型焊条进行焊接时，焊接后焊缝中含有大量氢，将影响焊缝的韧性，宜进行焊后消氢处理。

9.3.14 保留原条文 10.3.12，仅作文字修改。

厚钢板焊接完后立即进行焊后热处理是一项很重要的工作，焊后热处理可逸出焊缝组织中的氢、细化晶粒，消除焊接应力。一般在板厚的2~3倍范围内，保持在150℃~300℃温度并持续1h~2h。焊后热处理结束，要根据环境温度、现场条件进行保温，降温速度不大于10℃/min。

9.3.15 保留原条文 10.3.13，仅作文字修改。

钢构件可以在负温下采用热矫正，但加热的温度应严格控制

不得超过900℃。一般在750℃～900℃时加热矫正效果最佳，加热矫正后，为防止降温过快，应采取保温措施使其缓慢冷却。

9.3.16 负温环境下，冲孔会造成钢材孔壁出现冷硬层，因此，需采用钻头扩孔，消除冷硬层。

9.3.17 保留原条文10.3.14，仅作文字修改。

负温下检查钢构件的外形尺寸时，应检查当时的环境温度对构件的影响，特别是钢结构和钢筋混凝土基础及其他非钢结构建筑连接尺寸的关系，如发现不一致时要采取调整措施。

9.3.18 保留原条文10.3.15，仅作文字修改。

在处理不合格的焊缝时，应按负温下钢结构的焊接工艺认真处理。特别是厚钢板接头，应严格控制母材的预热温度、焊接时的层间温度、焊后的后热与保温、焊缝质量检验等，保证重新焊接的质量。

9.3.19 保留原条文10.3.16。

冬期环境下，应采用负温下使用的涂料，并先进行涂刷工艺试验，编制涂刷工艺方案。涂刷前构件表面应保持干净、干燥。鉴于负温下涂料干燥、固结速度较慢，可采用热风、红外线等加热，但应防止加热时间过长或加热温度过高损伤涂层。同时，应防止钢构件表面与脏物接触。

9.3.20 考虑到钢结构焊接加固的特殊性和重要性，必须对低温下施焊焊工及施焊温度进行严格要求，并应由对应类别合格的焊工进行施焊。

9.3.21 低温对栓钉的质量有较大影响，所以栓钉施焊环境温度低于0℃时，打弯试验的数量应增加1%，以提高安全性。

9.4 钢结构安装

9.4.1 保留原条文10.4.1。

本条规定了钢构件冬期运输与堆放的要求。

9.4.2 保留原条文10.4.2，仅作文字修改。

钢构件在安装前的质量检查非常重要，但往往被忽视，经常

发生把构件吊到高空安装位置才发现问题，再吊到地面进行修理。所以，安装前的构件质量检查应高度重视，凡是制作、运输、装卸、堆放过程中产生构件缺陷、变形、损伤，应在地面进行修理、矫正，符合设计和规范规定后方可起吊安装。

9.4.3 保留原条文 10.4.3，仅作文字修改。

在负温下用捆绑法起吊钢附件时，应采用防滑隔垫，防止吊索打滑。和构件共同起吊的附件，如节点板、安装人员用挂梯、校正用的卡具、绳索等应绑扎牢固，防止松动掉落发生事故。安装用的吊环应采用韧性好的钢材制作，防止低温脆断。

9.4.4 保留原条文 10.4.4，仅作文字修改。

合理的钢结构安装顺序既能提高安装速度，又能保证安装质量，因此，钢结构安装施工组织设计、安装工艺应对安装顺序作出明确规定，编制构件安装顺序图表，施工中应严格执行。

9.4.5 保留原条文 10.4.5。

钢结构特别是高层钢结构的焊接顺序，平面上要从建筑物中心各构件的焊缝往四周扩展焊接，对于一根梁两端焊缝，要先焊完一端，等焊缝冷却到环境温度后再焊另一端，这样可确保整个建筑物的外形尺寸得到良好的控制。否则将会使结构产生过大的变形和较大的焊接应力，严重时会将焊缝或构件拉裂，造成重大的质量事故。

9.4.6 保留原条文 10.4.6。

负温下构件上有积雪、冰层、结露时，无法进行安装工作，必须进行清理。可以用扫除、抹拭等方法清理，也可用火焰、热风清除积雪冰层，但不得损伤涂层。

9.4.7 保留原条文 10.4.7，仅作文字修改。

负温下安装钢结构用的机具，应在使用前进行调试，定期进行检验、标定，使之在负温度下能正常工作。

9.4.8 保留原条文 10.4.8，仅作文字修改。

在负温下安装钢结构的主要构件时，如柱、主梁、支撑等主要构件应立即进行校正，位置校正正确后应立即进行永久固定。

如果在安装钢结构时不同步校正，临时固定后继续安装，后期再组织校正单个构件时，由于构件都连在一起，校正单个构件会很困难，造成精度下降；同时，也不能当天形成稳定的空间体系，影响钢结构的安装质量和施工安全。

9.4.9 保留原条文 10.4.9。本规定是为了确保设计要求的抗滑系数。

9.4.10 保留原条文 10.4.10，仅作文字修改。

本条规定多层钢结构安装时应注意各类荷载不得超限，防止发生安全事故。

9.4.11 保留原条文 10.4.11，仅作文字修改。

栓钉的焊接电流、焊接时间等参数，常温和负温度是不同的。因此，在焊接工作开始前，应进行焊接参数的试验工作，编制负温栓钉焊接工艺。

9.4.12 保留原条文 10.4.12，仅作文字修改。

规定钢结构冬期安装质量检查要求。

9.4.13 本条强调安装时的临时固定和连接措施，推荐采用螺栓连接形式。如需临时焊接时，焊后应当及时清理干净焊缝，防止形成较大应力集中和残余变形。

10 混凝土构件安装工程

本章保留原规程第 11 章，仅作局部文字修订。

10.1 构件的堆放及运输

10.1.2 由于支点多，产生冻胀及融化下沉的机率就高，所以在构件满足刚度、强度条件下，应尽量减少支点。

对于大型板、槽形板类构件两端要求用通长的垫木，主要是考虑防止支点多，产生不均匀冻胀和融化下沉后，使板产生扭曲变形。

冬期堆放构件要求距地面间隙不少于 150mm，主要是防止地面冻胀对构件产生影响。

10.2 构件的吊装

10.2.1 冬期吊装工程要求场地必须平整，因为土壤冻结后坚硬不易清理，当凸凹不平时极易打滑造成安全事故。

10.2.2 规定冬期应防止打滑。

10.2.5 多层框架的吊装通常分段、分层进行。鉴于冬期混凝土强度增长较慢，容易出现质量事故，因此，每层构件吊装完毕后，应待浇筑接头混凝土达到强度要求后方可吊装上一层，否则必须加设缆风绳。

10.3 构件的连接与校正

10.3.2 湿法连接接头混凝土的施工及强度要求应符合本规程第 6 章的有关规定。

10.3.4 冬期安排混凝土预制构件时，阳面和阴面温差影响较大，所以在施工措施中要考虑阳光照射后温差的影响，以及白天和夜间的温差影响，注意及时调整。

11 越冬工程维护

本章保留原规程第12章，仅作局部文字修订。

在北方地区工程建设中，经常遇到跨年施工的在建工程，以及停、缓建工程存在越冬建设情况。对越冬工程若不进行有效维护，经常会出现由于“温差”作用，以及地基土的“冻胀与融沉”而使建筑物在越冬期间遭到破坏。待次年复工后不得不进行加固或返工重建，不仅造成巨大的经济损失，而且也影响建筑物的使用功能和寿命。因此，本章特对越冬工程的维护进行规定。

11.1 一般规定

11.1.1 规定越冬维护的对象。其中新建工程指土建虽已竣工，但没有采暖，工程尚未达到验收条件；在建工程是指工程规模较大，如高层或大型工业与民用建筑，当年不能竣工需跨年度施工的工程；停、缓建工程是指由于某种原因（如资金、材料、技术等）满足不了连续施工的要求而中途停工，或由于一些特殊原因造成缓建的工程。

11.1.2 通常保温维护以就地取材为主，如炉渣、稻草、锯末屑、草袋、膨胀珍珠岩等，而以膨胀珍珠岩最好，质地轻，保温效果好，且防火。

11.1.3 重点了解当地最低气温和负温延续时间，以及土的冻胀类别，以便有针对性地制定和实施越冬防护措施。

11.1.5 本条规定是为了防止地基土冻胀。土的冻胀性和含水率有关，含水率越大，冻胀性越大，冻害越严重，所以切断水源、泄水、排水工作十分重要。

11.2 在建工程

11.2.1 基础越冬的防冻害十分重要,过去常常认为不重要而被忽视,因此经常发生质量事故。本条给出了各种类型基础,为防止或减少法向、切向冻胀力影响而采用的具体技术措施。这些措施皆已经多年使用,简单且行之有效。

取消浅埋基础的有关规定。

11.2.2 本条规定的几种结构在越冬时应进行维护。否则会因地基土的冻胀与融沉而导致变形或移位,影响工程质量。

11.2.3 悬挑结构构件施工时常设有临时支柱,在入冬时不及时拆除,当地基土冻胀时,将立柱托起,随之将构件顶坏。

11.2.4、11.2.5 防止地基土受冻而使结构产生破坏。

11.2.6 冬季若不取暖,供水、供热系统内存水会将锅炉、管道等冻裂。

11.2.7 防止地基土受冻而使结构产生破坏。

11.3 停、缓建工程

11.3.1 为了减少停、缓建可能给工程带来的危害,消除隐患,增强建筑物的整体性,并给后续施工创造条件,特规定停、缓建工程的停留位置。本条规定的停留位置主要是基于施工处理方便,受剪力相对较小的部位。

11.3.2 基础基槽挖开后,如果当年不能连续施工完毕,为防止基底持力层受冻而破坏原状土,规定应留置一定覆土保护层,并予以保温。

11.3.3 本条规定了停、缓建工程的混凝土强度要求。通常,对越冬工程的混凝土在进入冬期前均应满足本规程第6章规定的混凝土受冻前临界强度要求。对于在越冬期间有受力要求的结构构件、装配式构件的整浇接头和预应力混凝土结构,尚应按设计要求和相关标准规定达到所需强度。

11.3.4 防止温差过大,混凝土表面产生裂纹。

11.3.5~11.3.8 主要是考虑工程复工时，复查、核对建筑物的尺寸、位置等，确认无误后，方可允许复工。

11.3.9 本条规定了屋面防水工程越冬的简易维护方法及复工检查时的技术要求。

附录 A 混凝土的热工计算

A. 1 混凝土搅拌、运输、浇筑温度计算

A. 1. 1 拌合物温度计算公式中增加矿物掺合料，适应现代混凝土配制中大部分都采用矿物掺合料的现状。

A. 1. 3 鉴于当前混凝土工程多采用预拌混凝土进行泵送施工，本次在混凝土热工计算中增加了采用泵送工艺输送混凝土时的热量损失计算公式。并将混凝土运输与输送过程中的热工计算分为三类：

- 1 现场拌制混凝土，采用装卸式运输工具输送；
- 2 现场拌制混凝土，采用泵送工艺输送；
- 3 商品混凝土，采用泵送工艺输送。

施工单位根据现场实际运输与输送情况，选择相应的热工计算公式进行计算。

混凝土在泵管内输送时的温度降低计算公式是基于混凝土在泵管内热量损失与向泵管外热量散失的热平衡原理计算而来。

A. 2 混凝土蓄热养护过程中的温度计算

混凝土蓄热养护过程中的温度计算部分修订的内容主要有：

1 水泥水化累积放热量

水泥标准自1997年以来已进行了两次修订，水泥的部分性能指标，特别是水泥水化热指标值发生了变化，本次规程修订的验证试验过程中，北京地区的参编单位对部分水泥厂的水泥水化热指标进行了调研，主要有琉璃河水泥厂、北京水泥厂、冀东水泥厂、拉法基水泥厂等，并经整理和归纳后，对原规程表B. 2. 3-1中的水泥水化累积放热量进行了修订。

2 水泥水化速度系数 V_{∞}

水泥水化速度系数 V_{∞} 与水泥类别有关系, 不同品种的水泥、不同强度等级的水泥, 水泥水化速度系数也不相同。将 V_{∞} 值定为常数, 会对热工计算的结果产生一定影响。因此, 本次修订中, 按水泥品种和强度等级不同进行了相应的修订。

附录 B 用成熟度法计算混凝土早期强度

保留原规程附录 D “用成熟度法计算混凝土早期强度”。原规程中混凝土的等效系数是基于原水泥标准 (GB 175 - 1992) 基础上建立起来的, 鉴于水泥国家标准由 1997 年以来, 修订了两次 (GB 175 - 1999、GB 175 - 2007), 其内容与 92 版标准有一定的变化, 经重新试验验证后, 修订了混凝土等效系数 α_T 。

同时, 将原规程中的采用成熟度方法计算混凝土强度的算例放入条文说明中。

【算例 1】 某混凝土经试验, 测得 20℃ 标准养护条件下各龄期强度列于表 3, 混凝土浇筑后, 初期养护阶段测温记录列于表 4, 求混凝土浇筑后 38h 的强度。

表 3 混凝土标准养护条件下各龄期强度

龄期 (d)	1	2	3	7
强度 (MPa)	4.0	11.0	15.4	21.8

表 4 混凝土浇筑后测温记录及等效龄期计算

1	2	3	4	5	6
从浇筑起算的时间 (h)	温度 (℃)	持续时间 Δt (h)	平均温度 T (℃)	α_T	$\alpha_T \cdot \Delta t$
0	14	—	—	—	—
2	20	2	17	0.86	1.72
4	26	2	23	1.15	2.30
6	30	2	28	1.41	2.82
8	32	2	31	1.59	3.18
10	36	2	34	1.77	3.54

续表 4

1	2	3	4	5	6
从浇筑起算的 时间 (h)	温度 (℃)	持续时间 Δt (h)	平均温度 T (℃)	α_T	$\alpha_T \cdot \Delta t$
12	40	2	38	2.04	4.08
38	40	26	40	2.19	56.94
$D_e = \sum \alpha_T \cdot \Delta t$					74.58

解：

1) 计算法：

① 根据表 3 数据进行回归分析，求得曲线方程式如下：

$$f = 29.459e^{\frac{1.989}{D}} \quad (1)$$

② 根据表 4 测温记录，经计算求得等效龄期 $D_e = 74.58h$ (3.11d)。

③ 取 D_e 作为龄期 D 代入公式 (1) 中，求得混凝土强度值：

$$f = 15.5 \text{ (MPa)}$$

2) 图解法：

① 根据表 3 数据画出强度-龄期曲线如图 1 所示；

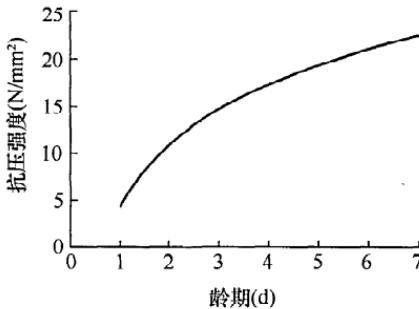


图 1 混凝土强度-龄期曲线

② 根据表 4 数据计算等效龄期 D_e ；

③ 以等效龄期 D_e 作为龄期，在龄期-强度曲线上，查得相应强度值为 15.6MPa，即为所求值。

【算例 2】 某混凝土采用综合蓄热法养护，在标准条件下养护各龄期强度见表 3，浇筑后混凝土测温记录如表 4，求混凝土养护到 80h 时的强度。

解：

- 1) 根据标准养护试件的龄期和强度资料算出成熟度，列于表 5。
- 2) 用表 5 的成熟度-强度数据，经回归分析拟合成如下曲线方程：

$$f = 20.627e^{-\frac{2310.668}{M}} \quad (2)$$

- 3) 根据养护测温资料，按公式 (B.0.4-2) 计算成熟度 M ，列于表 6。
- 4) 取成熟度 M 值代入式 (2) 即求出 f 值：

$$f = 3.8 \text{ MPa}$$

- 5) 将所得的 f 值乘以系数 0.8，即为经 80h 养护混凝土达到的强度：

$$f = 3.8 \times 0.8 = 3.04 \text{ MPa}.$$

表 5 标准养护各龄期混凝土强度和成熟度

龄 期 (d)	1	2	3	7
强 度 (MPa)	1.3	5.4	8.2	13.7
成熟度 (°C · h)	840	1680	2520	5880

表 6 混凝土浇筑后测温记录及成熟度计算

1	2	3	4	5
从浇筑起算 养护时间 (h)	实测养护温度 (°C)	间隔的时间 Δt (h)	平均温度 T (°C)	$(T+15) \Delta t$
0	15	—	—	—
4	12	4	13.5	114
8	10	4	11.0	104
12	9	4	9.5	98

续表 6

1	2	3	4	5
从浇筑起算 养护时间 (h)	实测养护温度 (℃)	间隔的时间 Δt (h)	平均温度 T (℃)	$(T+15) \Delta t$
16	8	4	8.5	94
20	6	4	7.0	88
24	4	4	5.0	80
32	2	8	3.0	144
40	0	8	1.0	128
60	-2	20	-1.0	280
80	-4	20	-3.0	240
$\Sigma (T+15) \Delta t$				1370

附录 C 土壤保温防冻计算

原规程中土壤翻松耙平法已取消，故取消原附录 A.0.1 条的冻结深度估算公式。保留土壤的保温层厚度估算公式。



1 5 1 1 2 2 0 7 1 4



统一书号：15112 · 20714
定 价： 22.00 元