

文章编号: 0451-0712(2006)04-0046-06

中图分类号: U214.18, TU528.042

文献标识码: A

公路工程水泥混凝土防冻剂应用技术

王大鹏^{1,3}, 李红², 傅智³

(1. 东南大学 南京市 210096; 2. 北京建筑工程学院 北京市 100044; 3. 交通部公路科学研究院 北京市 100088)

摘 要: 主要介绍了《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》中防冻剂的品种、适用范围、性能等及其在公路水泥混凝土路面工程中的应用技术。目的是用好防冻剂, 并防止使用中出现不应有的质量问题。

关键词: 公路工程; 水泥混凝土; 防冻剂; 应用技术

低温或负温环境对水泥混凝土施工十分不利。环境温度低, 水泥的水化反应慢, 影响水泥混凝土强度的增长。试验得出: 温度每降低 1℃, 水泥的水化作用降低约 5%~7%, 在 1~0℃ 范围内水泥的水化活性剧烈地降低, 水化作用缓慢。一般当温度低于 -3℃ 时, 游离水将开始结冰, 温度达到 -10℃ 左右时, 游离水几乎全部冻结成冰, 致使水泥的水化和硬化完全停止。

当水转化为固态的冰时, 其体积约增大 9%, 使水泥混凝土产生内应力, 造成骨料与水泥颗粒的相对位移及内部水分向负温表面迁移, 在水泥混凝土体内形成冰聚体引起局部结构破坏。水在 4℃ 时的密度最大, 当温度降至 4℃ 以下时, 实际上水的体积已开始膨胀, 这对于新拌水泥混凝土新形成的水泥水化物结构会造成损害。根据试验资料: 新浇筑的水泥混凝土过早遭受冻结将大大降低极限强度, 强度损失率可能达到设计标号的 50%, 甚至引起整体结构破坏; 但当水泥混凝土达到临界强度后遭受冻结, 水泥混凝土的极限强度损失较小, 也不会发生整体结构破坏。因此, 在冬季低温施工时, 应向水泥混凝土的拌和水中掺入一定量的防冻剂, 以使水泥混凝土在负温下保持足够的液相, 使水泥的水化得以继续进行; 转入正温后, 水泥混凝土强度能进一步增长, 并达到或超过设计标号。

在东北、华北、西北地区, 每年有 3~6 个月处于寒冷季节, 水泥混凝土防冻剂在混凝土冬季施工中占有相当重要的位置, 掺防冻剂混凝土施工方法发展异常迅速, 这是由于以下原因。

(1) 掺防冻剂水泥混凝土的施工方法简便, 节约能源, 不需要复杂的设备, 大、中、小建筑公司均可采用, 受到人们的普遍欢迎。

(2) 我国以及世界各国虽然研制了各种早强水泥, 这些水泥用于冬期施工也比较方便; 但由于这种水泥常因供应不及时、价格较贵而不能被普遍采用。在实际工程建设中大量使用的是普通硅酸盐水泥, 这些品种水泥在冬期施工中的应用, 必然相应地带动防冻剂的开发, 可以预计, 随着材料科学的进步, 水泥混凝土防冻剂必然愈来愈显示出其生命力^[1]。

为便于广大公路工程技术人员掌握防冻剂的技术内容和使用要求, 规范防冻剂在公路工程中的合理应用, 提高工程质量, 本文结合交通部公路司 2006 年发布的《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》(以下简称指南) 中有关防冻剂的内容, 对应用于公路工程防冻剂的有关技术控制指标进行简要介绍。

1 防冻剂的主要品种和性能指标

1.1 防冻剂的主要品种

用于公路工程水泥混凝土中的主要防冻剂品种有防冻剂、早强防冻剂和复合型防冻剂。

1.1.1 防冻剂

(1) 强电解质无机盐类。

① 氯盐类: 以氯化钠、氯化钙等为防冻组分的防冻剂;

② 氯盐阻锈类: 含有阻锈组分, 并以氯盐为防冻组分的复合防冻剂;

③无氯盐类:以硫酸钠、硫代硫酸钠、亚硝酸盐、硝酸盐、碳酸钾等无机盐为防冻组分的防冻剂。

(2)水溶性有机化学成份类:以尿素、氨水、三乙醇胺、甲醇、醋酸钠等有机化学成份为防冻组分的防冻剂。

(3)上述有机化学成份与无机盐类复合防冻剂。

1.1.2 早强防冻剂

(1)由无机盐防冻剂与早强剂复配制成的早强防冻剂。

(2)由有机化学成份防冻剂与早强剂复配制成的早强防冻剂。

1.1.3 采用各类引气剂和引气(高效)减水剂复配制成的复合型防冻剂

1.2 防冻剂的性能指标^[3]

(1)掺防冻剂水泥混凝土的性能要求应符合表1的规定。

表1 掺防冻剂水泥混凝土的性能要求

试验项目		性能指标		
减水率/%		≥10		
泌水率比/%		≤80		
含气量/%		≥2.5		
凝结时间差 min	初凝	-150(提早)		
	终凝	+150(推迟)		
规定温度/℃		-5	-10	-15
抗压强度比/%	R ₋₇	≥20	≥12	≥10
	R ₂₈	≥100		≥95
	R ₋₇₊₂₈	≥95	≥90	≥85
	R ₋₇₊₅₆	≥100		
28 d 收缩率比/%		≤130		
渗透高度比/%		≤100		
50 次冻融强度损失率比/%		≤100		
对钢筋锈蚀作用		应说明对钢筋有无锈蚀作用		
碱含量		应给出测定值		

注:(1)按本表规定温度下检验合格的防冻剂,可在比规定最低温度低5℃的条件下使用。(2) R₋₇为规定负温养生7 d 的抗压强度与标准养生28 d 的基准混凝土抗压强度之比; R₂₈为标准养生28 d 的受检混凝土抗压强度与标养28 d 的基准混凝土抗压强度之比; R₋₇₊₂₈₍₅₆₎为规定负温养生7 d,脱模后,再转标准养生28 d(56 d)的受检混凝土抗压强度与标准养生28 d 的基准混凝土抗压强度之比。

(2)防冻剂产品匀质性检验的技术指标及检验项目应符合表2的规定,匀质性检验应按《混凝土外加剂匀质性能试验方法》(GB/T 8077—2000)进行。

(3)室内、地下峒室或封闭空间混凝土工程含有

表2 防冻剂匀质性指标

检验项目	匀质性指标
含固量/%	液体防冻剂:含固量≥20%,允许偏差±5%;含固量<20%,允许偏差±10%。
含水率/%	粉状防冻剂:含水率≥5%,允许偏差±10%;含水率<5%,允许偏差±20%。
密度/(g/cm ³)	密度>1.1,允许偏差±3%;密度≤1.1,允许偏差±2%
氯离子含量/%	无氯盐防冻剂:≤0.1%(质量百分比)
	其他防冻剂:不超过生产厂控制值
含碱量/%	不超过生产厂提供的最大值
水泥净浆流动度/mm	应不小于生产厂控制值的95%
细度/%	粉状防冻剂不应超过生产厂提供的最大值

注:(1)以尿素为主要成份的防冻剂,含固量和含水量测定时恒温温度可为80~85℃。

(2)防冻剂中氯离子含量≤0.1%时,可认为是无氯外加剂。

氨或氨基类的防冻剂释放氨量应符合《混凝土外加剂中释放氨限量》(GB 18588—2001)规定的限值。

2 复合型防冻剂的复配要求

(1)复配各种防冻剂前,应测定各组剂的有效成份、水分及不溶物的含量,复配时应按各组剂的有效固体含量计算。相同化学成份的防冻剂不得复配。

(2)配制复合防冻剂溶液时,应搅拌均匀,复配溶液中不得有结晶、沉淀、悬浮物及絮凝物。防冻剂结晶与水温有直接关系,某些防冻剂的溶解度对水温很敏感,一般常温不析晶沉淀,低温会析出结晶或沉淀。在使用温度下要求为不析晶沉淀的液体,否则由于结晶或沉淀,溶液浓度降低较多。悬浮物及絮凝物是复配防冻剂或外加剂不能互溶,或在溶液中进行离子交换反应的结果,导致外加剂性能失效,这些情况均应加以避免。

(3)防冻剂复配引气剂、减水剂、高效减水剂和早强剂等外加剂时,应进行复合外加剂与水泥的适应性检验,防止出现复合外加剂对水泥不适应。检验合格后方可使用。

3 防冻剂的适用范围

(1)由于公路工程主体结构工程大多承受动荷载或超载冲击、振动和疲劳作用,对施工期间的微裂纹、裂缝很敏感,受冻后有微裂纹和裂缝的结构不仅耐久性大为缩短,而且极大地减少其承载能力和服务年限,因此承受动载作用的公路主体露天工程如桥梁、涵洞和混凝土路面在负温环境下施工不得掺

用防冻剂。即连续 5 昼夜平均气温 0°C 以下,夜间最低气温 -5°C 以下,必须停止主体水泥混凝土结构的冬季负温施工。在公路水泥混凝土工程中,露天负温条件下仅允许掺用防冻剂施工低挡墙、低护坡、水沟、路缘石等附属工程及隧道、洞室内有保温措施或遮避挡设施,及施工期间偶尔可能受冻的混凝土衬砌、水泥混凝土路面和地面工程等。使用前应通过试验确定防冻剂的品种和掺量,这是确保质量和耐久性的措施。

(2) 针对国内高寒和寒冷地区高等级公路水泥混凝土路面、路缘石及路肩石冰冻和盐冻破损相当严重、且数量很大的情况,公路水泥混凝土暴露结构表面除施工期抗冻外,还应有长期抗冻耐久性要求。因此要求水泥混凝土路面、钢筋混凝土桥(涵)面铺

装层、混凝土缘石、混凝土护栏、水位变动区的桥梁下部结构和涵洞应在使用防冻剂的同时,掺入引气剂或复合制成的引气防冻剂、引气(高效)减水防冻剂。即使正常施工季节,可不掺用防冻剂,也应掺入引气剂来抵御营运期冻害,提高水泥混凝土结构和构件的抗冻耐久性。水泥混凝土含气量应符合表 3 和表 4 规定。

表 3 路面和桥面水泥混凝土适宜含气量推荐值 %

粗集料最大公称粒径/mm	16	19	26.5	31.5
无抗冻性要求	5.0 ± 1	4.5 ± 1	4.0 ± 1	3.5 ± 1
有抗冰冻性要求	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.5	5.0 ± 0.5	4.5 ± 0.5
有抗盐冻要求	7.0 ± 0.5	6.5 ± 0.5	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.5

表 4 掺引气型外加剂混凝土的含气量

粗集料最大公称粒径/mm	16	19	26.5	31.5	37.5	45	63
抗冰冻要求的含气量/%	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.5	5.0 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.0 ± 0.5	3.5 ± 0.5
抗盐冻、抗海水冻含气量/%	7.0 ± 0.5	6.5 ± 0.5	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.5	5.0 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.0 ± 0.5

(3) 公路桥梁、路面、隧道、挡土墙等水泥混凝土结构中使用的防冻剂品种及其掺量,应根据环境负温、水泥混凝土表面冰点温度、施工条件等,通过试验优选确定。并应符合下述规定。

① 含强电解质无机盐防冻剂,为防止氯盐及电化学锈蚀严禁用于下列公路工程水泥混凝土结构中:

- (a) 预应力钢筋混凝土结构和构件;
- (b) 相对湿度大于 80% 环境中使用的露天、水淋、水冲刷、水位变动区的钢筋混凝土结构和构件,暴露在海水浪溅区和水位变动区、处于海风环境范围内的钢筋混凝土结构和构件;
- (c) 大体积混凝土和钢筋混凝土结构;
- (d) 直接接触酸、碱或其他腐蚀性介质的水泥混凝土和钢筋混凝土结构;
- (e) 经常处在使用温度 60°C 以上的混凝土和钢筋混凝土结构,需经蒸养的钢筋混凝土预制构件;
- (f) 表面有装饰、有金属装饰要求或要求色彩一致的混凝土、钢筋混凝土结构和构件;
- (g) 薄壁钢筋混凝土结构,桥梁上部主梁钢筋混凝土结构,承受中、重、特重交通量的桥梁下部钢筋混凝土结构;
- (h) 使用冷拉钢筋或冷拔低碳钢丝的钢筋混凝土结构;

(i) 集料具有碱活性的混凝土结构;

(j) 有照明和排风设施的隧道钢筋混凝土衬砌,使用阴极防护措施的桥梁钢筋混凝土结构,埋置照明线路、使用直流电以及距离直流电源 100 m 以内钢筋混凝土结构;

(k) 有镀锌钢材或铝铁相接触部位的结构、以及有外露钢筋预埋铁件而无防护措施的结构;

(l) 海水、卤水、及地下含有酸、碱腐蚀介质中的墩、桥墩、桩、桥桩、系梁等钢筋混凝土结构。

② 为防止钢筋、预应力筋电化学锈蚀以及碱集料反应,规定含钾钠离子的防冻剂用于与水接触或潮湿环境中公路工程混凝土结构时,其带入的碱含量($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$)不宜超过 1.0 kg/m^3 ,处于海水、盐碱水等腐蚀环境中公路工程混凝土,不得使用具有碱活性的集料。防冻剂与掺合料产品应有碱含量标识。

③ 含亚硝酸盐、碳酸盐的防冻剂严禁用于预应力混凝土结构和构件。

④ 有机化学成份类的防冻剂可用于公路工程中的素水泥混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土结构和构件。

⑤ 含有六价铬盐、亚硝酸盐等有毒成份的防冻剂,严禁误食,严禁用于饮水工程和公路工程表面和地下向河流、湖泊、地下水排水部位或对环保有特殊

要求地域的混凝土结构。使用过程中,对施工人员应采取有效的安全防护措施。

⑥为防止挥发性防冻剂对人身健康带来不良影响,规定含有硝铵、尿素、甲醇等刺激性气味成份的防冻剂,不得用于隧道及地下结构衬砌混凝土中,也不得用于办公、居住等建筑结构。

⑦有机化合物与无机盐复合防冻剂及复合型防冻剂是无氯盐或非电解质防冻剂,无锈蚀之虞,因此可用于素水泥混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土结构和构件;并应符合上述6项的规定。

4 防冻水泥混凝土的施工

(1)防冻剂的选用应符合下列规定。

①当日最低气温为 $0\sim-5^{\circ}\text{C}$,水泥混凝土采用塑料薄膜和保温材料覆盖养生时,可掺用早强型外加剂;

②在日最低气温为 $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\sim-15^{\circ}\text{C}$ 、 $-15\sim-20^{\circ}\text{C}$,应分别采用规定温度 -5°C 、 -10°C 、 -15°C 的防冻剂;

③防冻剂的规定温度系按《混凝土防冻剂》(JC475-2004)规定的试验条件成型的试件,在恒负温条件下养生的温度。施工使用的最低温度可比规定温度低 5°C 。

(2)负温施工掺防冻剂混凝土的原材料,除应满足国家有关规定外,尚应符合下列要求。

①负温施工的水泥混凝土应优先选用发热量大、水化反应快、早强高的水泥品种或型号。应选用硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、硫铝酸盐水泥,并应优先使用R型水泥;矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥,火山灰硅酸盐水泥的早期强度增长缓慢、初期强度偏低,易遭受冻害,因此不宜使用;严禁使用高铝水泥,这是由于其在负温和低温下生成的水化产物结晶形态与常温下不同,强度较低,且后期强度倒缩严重;大体积混凝土不应使用硫铝酸盐水泥或R型水泥,因为这两种水泥的水化热过高且过于集中,会引起大体积混凝土的温差开裂;水泥强度等级不应低于32.5级。

②粗、细集料不得含有冰、雪等冻结物及易冻裂的物质。否则会降低拌和物的温度,增加用水量而降低强度,其清洁程度、坚固性和碱活性集料应符合现行国标和公路行业标准对砂石材料的规定。

③当集料具有碱活性时,由防冻剂带入的碱含量、混凝土中的总碱含量,应符合《公路工程水泥混

凝土外加剂与掺和料应用技术指南》中第3.0.7条的规定。

④为了防止液体防冻剂在储存过程低温结晶析出、分层、沉淀,要求储存应有保温措施。

(3)防冻混凝土的配合比设计。

①引气防冻混凝土由于引气剂增大了砂浆总体积,因此其砂率可比普通水泥混凝土降低 $2\%\sim3\%$,配合比计算时应计入含气量体积及其对水泥混凝土容重的影响,但水泥用量不得减少。同时有抗渗性要求的水泥混凝土,由于对混凝土砂率要求较高,故不应降低砂率。

②有抗冰冻或抗盐冻性要求时,除含气量应符合表3和表4规定外,水灰比宜分别不超过0.50、0.45;最小水泥用量不宜低于 300 kg/m^3 ,路面和桥面水泥混凝土最小水泥用量不宜低于 320 kg/m^3 ,C40以上水泥混凝土最小水泥用量不宜低于 360 kg/m^3 ,桥梁等承重结构、挡土墙等薄壁结构水泥用量可增加 $5\%\sim10\%$ 。C40以上水泥混凝土,若掺入掺合料时,最小水泥用量不宜低于 340 kg/m^3 。大体积混凝土的最小水泥用量应根据实际情况而定。

(4)防冻水泥混凝土应根据不同负温环境,采用下列措施进行施工。

①气温在 $-5^{\circ}\text{C}\sim-10^{\circ}\text{C}$ 时,可用热水拌和混凝土;水温高于 65°C 时,热水应先与集料拌和,再加入水泥拌和。

②气温在 $-10\sim-20^{\circ}\text{C}$ 时,水泥应移进暖棚保温,集料可移入暖棚并采取加热措施。集料冻结成块时必须加热,加热温度不得高于 65°C ,并应避免灼烧,可用蒸汽加热集料,蒸汽带进集料的水分,应从拌和水中扣除。

③气温低于 -20°C 时,除极特殊情况或紧急抢修工程外,必须停止公路工程所有混凝土结构的施工。

(5)防冻混凝土搅拌。

①严格控制防冻剂掺量,误差不应大于 $\pm 1\%$,搅拌机械、拌和要求应符合《指南》中第3.0.8条的规定。

②严格控制水灰比及单位用水量,由集料带入的水分及防冻剂溶液中的水分,应从拌和水中扣除。

③水泥混凝土搅拌前,应用热水或蒸汽冲洗搅拌锅,并对搅拌锅采取保温措施,搅拌时间应比常温延长 $20\sim30\text{ s}$ 。

④防冻混凝土拌和物的出机温度:严寒地区不得低于 15°C ;寒冷地区不得低于 10°C 。浇筑温度:严寒地区不得低于 10°C ;寒冷地区不得低于 5°C 。

(6)防冻混凝土运输及浇筑。

①浇筑前应清除模板和钢筋上的冰雪和污垢。运输和浇筑防冻混凝土用的容器应有保温措施。不得用蒸汽直接融化冰雪,避免再度结冰。

②掺防冻剂的预拌商品混凝土或运距较远的防冻混凝土,应在车辆罐体上包裹保温外套;使用翻斗车运输时,应在水泥混凝土上包覆保温材料。

③水泥混凝土的浇筑应在 15 min 内完成,并及时用塑料薄膜和保温材料对水泥混凝土结构表面覆

盖养生。

(7)防冻混凝土负温养生。

①在负温条件下养生,不得仅浇水或洒水,表面必须用塑料薄膜及保温材料覆盖,严寒地区可用泡沫塑料垫或保温垫覆盖、电磁加热(模)养生、红外养生、蒸汽养生等加强保温措施;重要的结构或部位,可采用围护暖棚养生。

②负温条件下初期养生水泥混凝土表面的温度不得低于 5°C ;不同气温条件下的负温水泥混凝土抗冻临界抗压强度及最短保温保湿养生时间应符合表5的规定。未达到抗冻临界抗压强度时,不得停止保温(覆盖)养生,严禁混凝土受冻。

表5 负温水泥混凝土抗冻临界抗压强度及最短保温保湿养生时间

水泥混凝土施工温度/ $^{\circ}\text{C}$	$-5\sim-10$	$-10\sim-15$	$-15\sim-20$	<-20
抗冻临界抗压强度/ MPa	3.5	4.0	5.0	除非特殊情况或紧急抢修工程,严禁施工
最短养生时间/d	21	28	35	

③负温施工的水泥混凝土结构必须达到拆模强度后,方可拆模;拆模所需的水泥混凝土强度比应符合表6的规定,拆除承重模板的养生时间,应满足拆模强度比的要求;非承重模板的拆模时间,必须达到受冻临界强度,并应在保温覆盖不少于 21 d 以后,施工条件允许时,保温层和模板可于春融后拆除。

表6 拆模所需的混凝土强度比

结构或构件类别	下列实际荷载与设计荷载比 所对应的拆模混凝土强度比/%		
	50	75	100
预应力结构或构件	80	80	80
梁、结点、跨度大于 4.5 m 桥板	60	70	100
柱、跨度小于 4.5 m 的桥板、盖板涵	50	60	90
挡土墙、剪力墙、路面、桥面	40	50	80

④拆模后水泥混凝土表面温度与环境温度之差大于 20°C 时,应采用保温材料继续覆盖养生。

(8)负温条件下采用硫铝酸盐水泥或快速修复施工时,应符合下述规定。

①硫铝酸盐水泥所能够使用的防冻剂与硅酸盐类水泥不同,硫铝酸盐水泥中,应使用亚硝酸盐(掺量不超过 3.0% 水泥质量)、氯化锂(掺量不超过 0.04% 水泥质量)防冻剂,实用掺量应通过试验优选。

②硫铝酸盐水泥在运输、保管和使用过程中必须与其他品种的水泥分开,不得混杂。否则会闪凝或

快凝,无法正常施工。

③硫铝酸盐水泥属于快凝早强型水泥,其最低用量不少于 280 kg/m^3 ;水灰比不大于 0.60 ;坍落度应比其他水泥混凝土大 $10\sim 20\text{ mm}$ 。

④热拌时,水温不应超过 60°C ,热水不得直接与水泥接触,出机温度不宜低于 5°C ,入模温度不应低于 2°C ,一般宜控制在 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间。硫铝酸盐水泥的水化发热量大而集中,有利于蓄热,出机和浇筑温度要求可比硅酸盐类水泥略低,但一般也需要控制在 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间,才有利于其水化和强度发展。

⑤当硫铝酸盐水泥用量高于 350 kg/m^3 时,宜先加石子与一半水搅拌 30 s ,再加另一半水、全部砂和水泥,并搅拌均匀出料。

⑥硫铝酸盐水泥混凝土的搅拌、运输、浇筑、振捣和抹面等施工操作工序应加速作业,并宜在 $30\sim 40\text{ min}$ 内完成,然后覆盖一层塑料薄膜,再盖保温材料养生。

⑦为防止硫铝酸盐水泥混凝土热养生或高温养生产生的强度倒缩现象,不允许热养生或高温养生。不得采用电磁加热和高温蒸汽养生,抢修工程终凝后可采用热水养生。但应注意撤出养生时的降温速率不得过快,防止其开裂。

5 防冻混凝土的质量控制

加强水泥混凝土温度监测,了解保温防冻措施的效果,目的是严防水泥混凝土未达到抗冻临界抗

压强度时的受冻破坏。掺防冻剂混凝土的质量,最主要是监测含气量、凝结时间、28 d 标养强度、不同龄期工程结构的受冻临界强度、拆模强度、28 d 强度、恢复正温后的长期强度等应满足设计和施工要求。

(1)水泥混凝土浇筑后,在结构最薄弱和易冻的部位,应加强保温防冻措施,并应布置测温点测定水泥混凝土的温度。测温探头埋入水泥混凝土深度应为100~150 mm,也可为板厚的1/2。在达到受冻临界强度前,每隔2 h 测温一次,以后每隔6 h 测温一次,并应同时测定环境温度。

(2)防冻水泥混凝土的质量应满足设计要求,并应符合下列规定。

①在浇筑地点制作一定数量水泥混凝土试件进行强度试验。其中一组试件应在标准条件下养生,其余放在现场养生。除按规定龄期试压外,在达到受冻临界强度时,拆模前及拆除支撑前与工程同条件养生28 d、再标准养生28 d 均应进行试压。试件不得在冻结状态下试压,边长150 mm 的立方体或150 mm×150 mm×550 mm 的棱柱体试件,应在15~20℃室内解冻5~6 h 或浸入10~15℃的水中解冻6 h;边长100 mm 的立方体或100 mm×100 mm×400 mm 的棱柱体试件,应在15~20℃室内解冻3~4 h 或浸入10~15℃的水中解冻3 h,试件擦干后试压。

②检验抗冻、抗渗所用的试件,应在现场养生28 d,再标准养生28 d 后进行抗冻或抗渗试验。

③防冻引气水泥混凝土拌和物应在搅拌机口每

工班检测2次含气量,含气量应符合表3和表4规定。凝结时间检验应在现场温度环境下进行,每工班检测1次,初、终凝时间分别不得晚于5 h、10 h。

6 结语

目前,我国正处于大规模基础设施建设时期,水泥混凝土中掺加防冻剂不仅可以达到防冻的目的,保证水泥混凝土在负温施工时的强度增长,同时与其他种类外加剂的复合,还会具有促凝、早强和减水作用,发挥综合效应,达到更好的技术经济效益。本文通过对防冻剂主要品种和性能指标、复配要求、适用范围以及防冻水泥混凝土的施工和质量控制等应注意的问题的介绍,希望广大工程技术人员及实验检测人员在施工过程中能依据指南中相关的技术要求,尽量避免由于防冻剂的使用失误而给公路工程带来损失,为提高公路水泥混凝土路面的建设质量共同努力。

参考文献:

- [1] 交通部公路科学研究院. 公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南[S].
- [2] DL/T5100-1999, 水工混凝土外加剂技术规程[S].
- [3] 中国混凝土外加剂协会. 混凝土结构外加剂标准应用指南[M]. 中国标准出版社, 2004.
- [4] JC475-2004, 混凝土防冻剂[S].

Application Technology of Anti-freezing Admixture for Cement Concrete in Highway Engineering

WANG Da-peng^{1,3}, LI Hong², FU Zhi³

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

3. Research Institute of Highway of Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: The category, using range, performance and application technology of anti-freezing admixture are introduced. The admixture is compiled in "Technical Guidelines for Applications of Chemical and Mineral Admixtures on Cement Concrete in Highway Engineering" so as to guide the properly use and avoid the quality problems in highway engineering.

Key words: highway engineering; cement concrete; anti-freezing admixture; application technology