

UDC

黑龙江省地方标准

DB

P

DB23/Txxxx-2021

预拌混凝土早期强度推定试验方法标准

Standards for Ready-mixed Concrete Test Method of Early
Estimating Compressive strength

征求意见稿

主编单位：哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、黑龙江省城
乡建设研究所、哈尔滨市散装水泥办公室

联系人：李志刚 13039971898

联系电话：哈市建工院李松涛 18945648623

省城乡所 常 远 15245137675

哈市散装办张金仲 18604509672

邮 箱：13039971898@163.com

2021 -XX-XX 发布

2021 - XX-XX 实施

黑龙江省住房和城乡建设厅
黑龙江省市场监督管理局

联合发布

黑龙江省地方标准

预拌混凝土早期强度推定试验方法标准

DB23/TXXX-2021

主编部门：黑龙江省住房和城乡建设厅

批准部门：黑龙江省住房和城乡建设厅、黑龙江省市场监督管理局

施行日期：2021 年 XX 月 XX 日

2021 哈尔滨
黑龙江省住房和城乡建设厅

前 言

本标准系根据黑龙江省住房和城乡建设厅《关于对编制地方标准<预拌混凝土早期强度推定试验方法标准>的批复》【黑建科(2019)3 号】文件精神的要求，由哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、黑龙江省城乡建设研究所和哈尔滨市散装水泥办公室会同有关单位编制而成，该标准编制过程中，2017 年由哈尔滨市住房和城乡建设委员会，哈尔滨市散装水泥办公室，组织在哈大专院校、科研院所，部分预拌混凝土生产企业、有关施工单位进行试验室试验、工程试验及工程应用试点，于 2018 年 9 月，由哈尔滨市住房和城乡建设委员会组织发布了《预拌混凝土早期强度指标选用指导手册》并于当年组织了预拌混凝土企业与施工企业进行了培训，2019 年 2 月由哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、黑龙江省城乡建设研究所和哈尔滨市散装水泥办公室组织有关单位进行全省大规模试验，同时进行了广泛调查研究，认真总结前二年实践经验，积极与相关标准进行了协调，并参考相关国际标准和国内外先进标准，经过三年的工程实践与试验室对比试验，形成这部黑龙江省地方推荐标准，并在广泛征求意见的基础上，编制而成。

本标准共分 9 章和 2 个附录，主要技术内容包括：1 总则；2 术语、符号及标记办法；3 基本规定；4 试件成型养护与强度试验；5 预拌混凝土早期强度推定试验方法；6 预拌混凝土基础垫层强度 1.2PMa 龄期估值；7 预拌混凝土结构强度百分率估值；8 防水(抗渗)预拌混凝土强度 1.2PMa 龄期估值；9 大体积预拌混凝土强度 1.2PMa 龄期估值。附录 A、附录 B 均为规范性附录。本标准由黑龙江省住房和城乡建设厅负责管理，由哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司、黑龙江省城乡建设研究所和哈尔滨市散装水泥办公室负责具体内容的解释。执行进程中如有意见、建

议和问题，请寄送至哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司（地址：哈尔滨市南岗区西大直街 328 号；邮政编码：150080，电子邮箱 13039971898@163.com）。

本标准主编单位： 哈尔滨市建筑工程研究设计院有限公司
黑龙江省城乡建设研究所
哈尔滨市散装水泥办公室

本标准参编单位： 哈尔滨工业大学
哈尔滨学院
黑龙江建筑职业技术学院
嫩江市建筑设计院
黑河学院
黑河市工程质量监测站
黑龙江中医药大学
重庆大学
黑龙江省寒地建筑科学研究院
黑龙江省建筑材料工业规划设计研究院
牡丹江市建筑科学研究院
黑龙江瑞盛建设工程质量检测有限公司
黑龙江鹏程检验检测有限公司
哈尔滨鸿成商品混凝土有限公司
哈尔滨晟圆新型建筑材料有限责任公司
哈尔滨航宇商品混凝土有限公司
哈尔滨伟业商品混凝土有限公司
哈尔滨筑砼混凝土有限公司
哈尔滨兴昌建材有限公司
黑龙江岁宝热电有限公司
哈尔滨白云商砼有限公司
伊春林业发电厂

黑龙江省齐翔建工集团有限公司。

本标准主要起草人：

李志刚 韩宏伟 孟凡旭 姚德洪
张建平 李松涛 唐超然 王 钢
孙连军 姬丽迎 孙洪义 张金仲
徐鹏举 董淑慧 杨海华 陶成云
江守恒 王 力 隋良志 周仲景
张 怡 纪明香 刘冬梅 王 新
刘 扬 张 宇 王爱香 陈 飞
李 刚 初景峰 王传福 张立业
孙中国 吴向阳 马永胜 田 轩
魏 超 刘英健 刘 虹 李慧慧
张 辉 徐文静 李 洋 吴 丽
常 远 田 诚 黄 志 迟忠海
张洪达 胡克亚 刘智慧 程 迪
张 悦 马海韬 辛延磊 孙力斫
单 良 郑 权 李 新 王龙梅
朱效宏 杨玉龙 李秀芳 邓海英
李 迪 马洪涛 贾彦武 王继祥
贾 超 李 赫 米聚斌 刘 胜
沈旭杰 高小建

本标准主要审查人：

目 次

1 总 则.....	1
2 术语、符号及标记方法.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号及标记方法.....	3
3 基本规定.....	5
4 试件成型养护与强度试验.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 取样.....	6
4.3 试件成型和养护.....	7
4.4 强度试验.....	8
5 预拌混凝土早期强度推定试验方法.....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 预拌混凝土早期强度与龄期关系的推定曲线建立.....	10
5.3 等效龄期法推定预拌混凝土早期强度.....	11
5.4 图解法推定预拌混凝土早期强度.....	12
5.5 直接成熟度法推定预拌混凝土早期强度.....	13
6 预拌混凝土基础垫层强度 1.2MPa 龄期估值.....	15
6.1 一般规定.....	15
6.2 龄期估值.....	15
7 预拌混凝土结构强度百分率估值.....	18
7.1 一般规定.....	18
7.2 预拌混凝土结构强度指标百分率估值。.....	18
8 防水（抗渗）预拌混凝土强度 1.2MPa 龄期估值.....	25
8.1 一般规定.....	25
8.2 龄期估值.....	25

9 大体积预拌混凝土强度 1.2MPa 龄期估值.....	28
9.1 一般规定.....	28
9.2 原材料与温控.....	28
9.3 龄期估值.....	30
10 本标准用词说明.....	33
11 规范性引用文件.....	34
附录 A 预拌混凝土早期强度推定关系式的建立.....	35
A.1 基本关系式.....	35
A.2 回归系数求取.....	35
附录 B 成熟度法推定预拌混凝土早期强度算例.....	38
B.1 等效系数法算例.....	38
B.2 图解法算例.....	40
B.3 直接成熟度法算例.....	41
附：条文说明.....	41

Contents

1	General Provisios.....	1
2	Terms and symbol and labeling method.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbol and labeling method.....	3
3	Basic Requirements.....	5
4	Concrete Specimens Fabrication Curing and Compressive Strength Test.....	6
4.1	General Requirements.....	6
4.2	Sampling.....	6
4.3	Concrete Specimens Fabrication and Curing.....	7
4.4	Compressive Strength Test.....	8
5	Ready-mixed Concrete Test Method of Early Estimating Compressive Strength.....	10
5.1	General Requirements.....	10
5.2	The Estimating Curve Establishment for Ready-mixed Concrete Early Strength and Age.....	10
5.3	Estimating Early Strength of Ready-mixed Concrete with Method of Equivalent Age.....	11
5.4	Estimating Early Strength of Ready-mixed Concrete with Method of Graphic.....	12
5.5	Estimating Early Strength of Ready-mixed Concrete with Method of Direct Maturity.....	13
6	Age Valuations of Foundation Pad Strength 1.2MPa with Ready-mixed Concrete.....	15
6.1	General Requirements.....	15

6.2 Age Valuations.....	15
7 Percent Valuations of Structure Strength with Ready-mixed Concrete.....	18
7.1 General Requirements.....	18
7.2 Percent Valuations of Structure Strength with Ready-mixed Concrete.....	18
8 Age Valuations of Waterproof(Impermeability) Concrete Strength 1.2MPa with Ready-mixed.....	25
8.1 General Requirements.....	25
8.2 Age Valuations.....	25
9 Age Valuations of Mass Concrete Strength 1.2MPa with Ready-mixed.....	28
9.1 General Requirements.....	28
9.2 Raw Material.....	28
9.3 Age Valuations.....	30
10 Explanation of Wording in This Standards	33
11 List of Quoted Standards.....	34
Appendix A The Calculations Method of least-squares Procedure Coefficient for Age Early Estimating Compressive with Strength Ready-mixed Concrete	36
Appendix B The Numerical Example of Estimating Early Strength of Mehtod of Direct Maturity with Ready-mixed Concrete	39
Addition: Explanation of Provisions.....	43

I 总 则

1.0.1 为了合理推定和预估预拌混凝土达到 1.2MPa 抗压强度所需要的时间及结构混凝土早期抗压强度百分率指标,在保证预拌混凝土质量合格的基础上,保证建设工程合理进度,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于黑龙江省预拌混凝土企业生产的各类现行常规品类的预拌混凝土达到 1.2MPa 抗压强度所需要的时间及结构混凝土早期抗压强度指标百分率推定试验与估算。

1.0.3 预拌混凝土企业生产特殊混凝土品种时,需要确定达到 1.2MPa 所需要的的时间及结构混凝土早期抗压强度指标百分率,供需双方可通过协商等方式进行约定。

1.0.4 预拌混凝土早期强度推定试验与估算除符合本标准规定外,尚应满足国家及地方现行相关标准和设计要求。

2 术语、符号及标记方法

2.1 术语

2.1.1 预拌混凝土 ready-mixed concrete

在搅拌站（楼）生产的、通过运输设备送至使用地点的、交货时为新鲜拌合物的混凝土。预拌混凝土分为常规品和特制品。

2.1.2 早期强度推定试验方法 test method of early estimating compressive strength

采用成熟度计算与成型试件进行标准养护后抗压强度试验相结合推定预拌混凝土早期强度的方法。

2.1.3 成熟度 maturity

预拌混凝土强度发展为温度-时间乘积的函数。以一定温度为起点起算的温度（℃）与时间（h）的乘积称为混凝土的成熟度，单位为度时积（℃·h）。

2.1.4 度时积 multiply of temperature degree and time

预拌混凝土浇筑成型后，以-10℃水泥停止水化为基准，在一定的温度（℃）条件下养护不同时间段（h）的乘积值累积的和。

2.1.5 等效龄期 equivalent age

预拌混凝土浇筑成型后，在不同温度下养护时间总和折算为20℃标准养护温度下的龄期，以等效龄期系数 α_m 进行换算，时间为天（d）。

2.1.6 基础垫层混凝土 foundation pad concrete

工程施工时基础垫层用预拌混凝土。

2.1.7 结构混凝土 structural concrete

工程施工时结构用预拌混凝土

2.1.8 防水（抗渗）混凝土 water proof(impermeability)concrete

具有防水功能抗渗等级不低于 P6 的预拌混凝土

2.1.9 大体积混凝土 mass concrete

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

2.2 符号及标记方法

2.2.1 符号

C15(20、25、30、35、40、45、50)—混凝土强度等级；

JCDC—基础垫层的预拌混凝土；

PT—普通预拌混凝土；

ZQ—掺入早强剂的预拌混凝土；

CZQ—掺入超早强剂的预拌混凝土；

DTJ—大体积预拌混凝土；

P6（8、10、12）—抗渗等级不低于 P6（8、10、12）的混凝土；

d —天；

h —小时；

f —混凝土立方体抗压强度；

D —混凝土养护龄期；

a 、 b —回归系数；

D_e —等效龄期；

α_t —等效系数；

Δt —5℃～20℃条件下的持续时间；

α_m —成熟度法预拌混凝土强度估算调整系数；

$l_{\ln f \ln f}$ 、 $l_{(-M^{-1} \ln f)}$ 、 $l_{(-M^{-1})(-M^{-1})}$ —最小二乘法回归计算系数。

2.2.2 标记方法

（1）标记方法：混凝土代号应按下列顺序进行标记，并可根据需要增加标记内容：混凝土强度等级、类型代号、养护温度（5℃、10℃、15℃、20℃）；

（2）标记示例：强度等级为 C20，养护温度为 20℃的普通预拌混凝土标记为：C20PT20。

3 基本规定

本标准以工程直接采用的预拌混凝土常规品经过标准养护强度试验,求取的以等效龄期或成熟度为函数的龄期—抗压强度回归曲线为基准,采用等效龄期法或成熟度法推定预拌混凝土早期强度,其养护温度为自然养护温度,取日最高气温与最低气温的平均值,且日最低气温不得低于 0℃,气温均以气象部门公布的数据为准。当采用其他措施进行保温养护时,混凝土的养护温度应取混凝土表面与保温层间的连续实测温度的平均值。

3.0.2 按照本标准推定预拌混凝土强度时,应以自然养护温度为准,当采取保温措施时,可按相应不同措施预估实测养护温度。

3.0.3 混凝土满足人员踏踩最低标准或安装模板及支架的抗压强度取值不应低于 1.2MPa。且满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的相关规定。

3.0.4 预拌混凝土等效龄期法或直接成熟度法进行混凝土抗压强度推算的条件,应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 附录 B 的规定。

3.0.5 推定预拌混凝土早期强度的试验成型及试件的抗压强度试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 和《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的相关规定。

4 试件成型养护与强度试验

4.1 一般规定

4.1.1 用于预拌混凝土早期强度推定的试件应采用 $150\times 150\times 150\text{mm}$ 尺寸的标准试件进行成型，基础垫层和结构用普通混凝土标准养护的龄期为 1d、2d、3d、7d，掺早强剂混凝土、超早强剂混凝土标准养护的龄期为 12h、1d、2d、3d、7d，防水（抗渗）混凝土标准养护的龄期为 1d、2d、3d、7d，大体积混凝土标准养护龄期采用 2d、3d、4d、7d。且试验所用材料应与工程实际应用的材料完全一致。

4.1.2 用于预拌混凝土早期强度推定的配合比应进行优化设计，预拌混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

4.1.3 用于制作预拌混凝土早期强度推定的试件进行以等效龄期或成熟度为函数的龄期—强度曲线回归时，先采用试验室配合比进行成型养护试压，之后采用从搅拌楼主机下料口接样的同配合比工程浇筑用预拌混凝土配合比进行复验，龄期与 4.1.1 条相同。

4.2 取样

4.2.1 预拌混凝土的取样应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 中的有关规定。

4.2.2 早期强度推定的混凝土抗压强度试验应以三个试件为一组，每组试件中采用的拌合物应从同一盘混凝土或同一车混凝土中取样。

4.3 试件成型和养护

4.3.1 用于预拌混凝土早期强度推定的试件成型应符合下列规定：

(1) 成型前，应检查试模尺寸并符合现行行业标准《混凝土试模》JG23790、现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中的有关规定；试模内表面应涂一层矿物油或其他不与混凝土发生反应的脱模剂；

(2) 在试验室拌制混凝土时，其材料用量应以质量计，称量精度对于：水泥、掺合料、水和外加剂为 $\pm 0.5\%$ ，对于其他骨料为 $\pm 1.0\%$ ；

(3) 取样或试验室拌制的混凝土应在拌制后 15min 内成型，在搅拌楼出料口取样后在 30min 内成型；

(4) 试验室控制的坍落度与搅拌楼取料口取样的工程混凝土坍落度差值不得超过 20mm。

4.3.2 混凝土试件制作应按下列步骤进行：

(1) 取样或拌制好的混凝土拌合物应至少在铁板上用铁锹再来回翻拌三次；

(2) 将混凝土拌合物一次装入试模，装料时应用抹刀沿各试模壁插捣，并使混凝土拌合物高出试模口；

(3) 试验室成型方法应与工地振实方法相同，采用相同条件的振捣棒，沿试模外沿振动，时间不超过 20sec；

(4) 刮除试模上多余的混凝土，并用抹刀反复搓抹至平整并编号。

4.3.3 用于预拌混凝土早期强度推定的试件养护应符合下列规定：

(1) 试件成型后，应在 60min 内用不透水的薄膜覆盖表面；

(2) 采用标准养护的试件中，应在成型后立即移入温度为 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的标准养护室中养护，掺早强剂混凝土、掺超早强剂混凝土 12h 拆模、基础垫层混凝土、普通混凝土、防水（抗渗）混凝土 24h 拆模，大体积混凝土 48h 拆模，试件应放在标准养护室内的支架上，彼此间隔 20mm 以上。

(3) 除掺入早强剂、超早强剂的预拌混凝土成型后的标准养护试件为 12h、1d、2d、3d、7d 外，基础垫层混凝土、防水（抗渗）混凝土、结构用普通混凝土标准养护时间为 1d、2d、3d、7d，大体积混凝土为 2d、3d、4d、7d；

4.3.4 试件制作和养护的试验记录内容应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 有关规定。

4.4 强度试验

4.4.1 本方法适用于预拌混凝土早期强度推定、建立以等效龄期或成熟度为函数的龄期-抗压强度回归曲线的标准立方体试件的测试。

4.4.2 预拌混凝土立方体抗压强度试验所采用的压力试验机应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 有关规定。

4.4.3 预拌混凝土立方体抗压强度试验步骤应按下列方法进行：

(1) 试件从标准养护室取出后应及时进行试压，试压前应将试件的表面及压力机的上下承压板表面擦拭干净；

(2) 将试件安放在试验机的上下压板或垫板上，试件的几何中心应与压力机的承压板几何中心对正，中心点应重合，试件的承压面应与试件成型时的顶面相垂直，开动压力机，当上压板与试件或钢垫板接近时，调整球座，稳住压力机，渐收油门，使接触均衡，调整对中。

(3) 开始试压, 逐渐加大油门, 连续均匀加荷, 混凝土抗压强度等级<C30 时, 加荷速度取 0.3 MPa/s~0.5MPa/s, 混凝土抗压强度等级>C30 时, 加荷速度取 0.5 MPa/s~0.8MPa/s;

(4) 当试件接近破坏开始急剧变形时, 应停止调整压力机油门, 直至破坏, 然后记录破坏荷载。

4.4.4 用于预拌混凝土早期强度推定的立方体抗压强度试验结果计算及确定按下列方法进行:

(1) 混凝土立方体抗压强度应按式 (4.4.4) 计算:

$$f_{cc} = \frac{F}{A} \quad (4.4.4)$$

式中: f_{cc} —混凝土立方体试件抗压强度 (MPa);

F —试件破坏荷载 (N);

A —试件承压面积 (mm^2)。

混凝土立方体抗压强度计算应精确至 0.1 MPa。

(2) 混凝土抗压强度值的确定应符合下列规定:

1) 以三个试件测值的算术平均值作为该组试件的强度值(精确至 0.1 MPa);

2) 若三个试件测值中的最大值或最小值有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时, 则把最大值及最小值一并舍除, 取中间值作为该组试件的抗压强度取值;

3) 如最大值和最小值与中间值的差均超过中间值的 15%, 则该组试件的试验结果作废。

5 预拌混凝土早期强度推定试验方法

5.1 一般规定

5.1.1 本标准采用的成熟度计算的适用温度为 4 个区间,分别为 ($\geq 5^{\circ}\text{C}$, $<10^{\circ}\text{C}$)、($\geq 10^{\circ}\text{C}$, $<15^{\circ}\text{C}$)、($\geq 15^{\circ}\text{C}$, $<20^{\circ}\text{C}$)、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 本标准的推定与试验适应于基础垫层预拌混凝土、不掺促凝剂类外加剂的普通预拌混凝土、掺早强剂的预拌混凝土、掺超早强剂的预拌混凝土、掺防水剂类的抗渗等级不低于 P6 的防水(抗渗)混凝土。

5.1.3 本标准推定与试验预拌混凝土等级为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50 级。

5.1.4 本标准应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(掺早强剂或超早强剂的预拌混凝土测试 12h、1d、2d、3d、7d; 防水(抗渗)混凝土、普通预拌混凝土测试 1d、2d、3d、7d; 大体积混凝土测试 2d、3d、4d、7d) 的抗压强度值去推定 0~7d 以内的抗压强度值形成所需等度时积条件下时间或达到 1.2MPa 抗压强度值所需要的时间及其结构混凝土强度的百分率在 1d、3d、7d 龄期时达到 28d 的抗压强度值。

5.2 预拌混凝土早期强度与龄期关系的推定曲线建立

5.2.1 预拌混凝土强度龄期的推定曲线在标准养护条件下建立。

5.2.2 推定前预拌混凝土供应单位应进行标准曲线的建立,用标准养护试件的各龄期强度数据按式(5.2.2)进行回归分析拟合曲线方程

$$f = ae^{\frac{-b}{D}} \quad (5.2.2)$$

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 —回归系数；

e —自然对数，取值 2.71828。

5.3 等效龄期法推定预拌混凝土早期强度

5.3.1 采用等效龄期法推定混凝土早期抗压强度时，应建立等效龄期-抗压强度的回归曲线。回归曲线建立时应采用施工现场养护预拌混凝土的实测温度，按式（5.3.1）计算混凝土已达到的等效龄期：

$$D_e = \sum(\alpha_t \times \Delta t) \quad (5.3.1)$$

式中： D_e —等效龄期（h）；

α_t —等效系数，按（表 5.3.1）取用；

Δt —5℃～50℃条件下的持续时间（h）。

表 5.3.1 预拌混凝土 5℃～50℃等效系数 α_t

温度（℃）	等效系数（ α_t ）	温度（℃）	等效系数（ α_t ）
5	0.42	28	1.42
6	0.46	29	1.48
7	0.49	30	1.54
8	0.52	31	1.60
9	0.56	32	1.67
10	0.59	33	1.73
11	0.63	34	1.78
12	0.67	35	1.85
13	0.71	36	1.93
14	0.75	37	1.99

温度 (°C)	等效系数 (α_t)	温度 (°C)	等效系数 (α_t)
15	0.78	38	2.05
16	0.82	39	2.13
17	0.87	40	2.20
18	0.91	41	2.26
19	0.96	42	2.32
20	1.00	43	2.41
21	1.06	44	2.49
22	1.11	45	2.56
23	1.16	46	2.64
24	1.21	47	2.72
25	1.26	48	2.79
26	1.31	49	2.88
27	1.36	50	2.96

5.3.2 当实测温度为非整数时，可按内插法求取等效龄期 D_e 。

5.3.3 以求取的等效龄期 D_e 作为 D 代入式 (5.2.2) 计算预拌混凝土的早期强度。

5.4 图解法推定预拌混凝土早期强度

5.4.1 根据需要推定的养护试件各龄期强度数据，以预拌混凝土标准养护条件下的龄期 D 为横坐标，以预拌混凝土立方体抗压强度为纵坐标，在坐标纸上画出龄期—抗压强度曲线。

5.4.2 根据现场实测的预拌混凝土养护温度资料，计算预拌混凝土达到的等效龄期。

5.4.3 根据等效龄期的数值，按图 5.4.3 的方式在龄期 D —抗压强度 f 曲线上查出相应的 1.2MPa 时等效龄期的抗压强度值对应龄期 D 时间、及换算百分比。

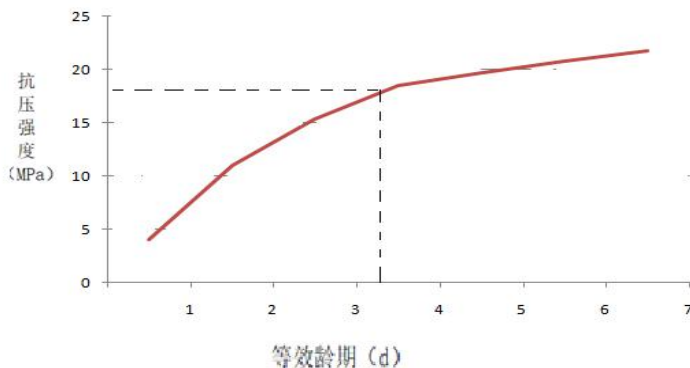


图 5.4.3 预拌混凝土龄期-抗压强度图解法强度推定示意图

5.5 直接成熟度法推定预拌混凝土早期强度

5.5.1 采用直接成熟度法推定预拌混凝土抗压强度时, 计算公式中的温度值取-10℃水泥停止水化。

5.5.2 预拌混凝土由于泵送剂或缓凝剂造成的延缓凝结, 延缓凝结时间内的成熟度为零。

5.5.3 标定时采用标准养护试件各龄期的成熟度根据回归曲线公式采用式 (5.5.3) 计算混凝土已达到的早期强度:

$$f = a \times e^{\frac{-b}{M}} \quad (5.5.3)$$

式中: f —混凝土立方体抗压强度 (MPa);

M —预拌混凝土养护的成熟度 (℃·h);

a 、 b —回归系数;

e —自然对数, 取值 2.71828。

5.5.4 根据现场取得的混凝土测温结果, 用式 (5.5.4) 计算预拌混凝土成熟度:

$$M = \sum [(T+10) \times \Delta t] \quad (5.5.4)$$

式中： M —预拌混凝土养护的成熟度（℃·h）；

T —在时间段 Δt 内预拌混凝土养护的平均温度（℃）；

Δt —5℃～50℃条件下的持续时间（h）。

5.5.5 将预拌混凝土成熟度 M 代入式（5.5.3）进行计算施工现场混凝土强度 f 。

5.5.6 预拌混凝土的实际强度，可根据现场对已浇筑的预拌混凝土养护覆盖方式进行修正，用式（5.5.6）计算其抗压强度推定值。

$$f = \alpha_m (a \times e^{\frac{-b}{M}}) \quad (5.5.6)$$

式中： α_m — 调整系数，按表 5.5.6 取用。

表 5.5.6 预拌混凝土强度估算调整系数 α_m

预拌混凝土养护方式	调整系数 α_m
不养护	0.80
一层草袋（棉毡）浇水养护	1.00
一层塑料布不浇水养护	1.10
一层塑料布浇水养护	1.15
一层塑料布、一层草袋（棉毡）养护	1.20

6 预拌混凝土基础垫层强度 1.2MPa 龄期估值

6.1 一般规定

6.1.1 C15 级预拌混凝土用于基础垫层时，以达到 1.2MPa 抗压强度的度时积为依据进行龄期估算。

6.1.2 基础垫层混凝土的力学性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定，以 C15 混凝土为基础，且不低于 C15 级。基础垫层混凝土龄期估值早期混凝土强度为 1.2MPa 时，据（ $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ， $<10^{\circ}\text{C}$ ）、（ $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ， $<15^{\circ}\text{C}$ ）、（ $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ， $<20^{\circ}\text{C}$ ）、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的养护条件的度时积进行估算，以小时计。

6.2 龄期估值

6.2.1 基础垫层混凝土抗压强度达到 1.2MPa 时，可采用等效龄期或实测度时积值，据式（5.2.2）或（5.5.3）进行推算。

6.2.2 施工单位在无试验资料可循的情况下，用于基础垫层 C15 级预拌混凝土 1.2MPa 时间应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 1.2MPa 基础垫层的混凝土的龄期估值

代号	养护温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）	1.2MPa 龄期（h）
C15JCDC5	≥ 5 ， <10	50~55
C15JCDC10	≥ 10 ， <15	40~45
C15JCDC15	≥ 15 ， <20	35~40
C15JCDC20	≥ 20	30~35

7 预拌混凝土结构强度百分率估值

7.1 一般规定

7.1.1 本标准预拌混凝土用于结构条件时的强度等级分为 C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50 共 7 个等级。

7.1.2 本标准估算的用于结构预拌混凝土的龄期为 1d、3d、7d，标准养护条件下龄期-抗压强度曲线回归采用龄期为 1d、2d、3d、7d。

7.1.3 本标准估算的混凝土抗压强度指标以各预拌混凝土设计等级在各龄期条件下的百分率表示。

7.1.4 在各强度等级预拌混凝土中，估算混凝土抗压强度等级百分率时，分为不掺促凝剂类的普通混凝土、掺早强剂的预拌混凝土、掺超早强剂的预拌混凝土。

7.2 预拌混凝土结构强度指标百分率估值。

7.2.1 预拌混凝土在 1d、3d、7d 龄期达到设计等级的百分率估值，可按本标准的第 5 章规定进行，工地取样后预拌混凝土供应单位或预拌混凝土使用单位可在本标准养护条件下建立 f_{D_e} 或 f_M 推定回归曲线，具体试验单位可通过合同约定。

7.2.2 估算 1d、3d、7d 各龄期强度达到设计等级百分率时，可先按式 (5.2.2) 或 (5.5.3) 求取计算抗压强度值，以求取的计算抗压强度值为分子，以工程设计混凝土等级为分母乘以 100% 进行百分率计算。

7.2.3 施工单位或预拌混凝土使用单位在无试验资料可循的情况下，可按本标准给出的百分率值进行选用。

7.2.4 C20 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早

强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 C20 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 (℃)	达到设计混凝土强度等 级值的百分率 (%) ≥		
			1d	3d	7d
普通混 凝土	C20PT5	≥5, <10	-	10	20
	C20PT10	≥10, <15	-	15	30
	C20PT15	≥15, <20	-	20	40
	C20PT20	≥20	-	25	50
早强混 凝土	C20ZQ5	≥5, <10	-	15	30
	C20ZQ10	≥10, <15	-	25	45
	C20ZQ15	≥15, <20	6	30	60
	C20ZQ20	≥20	8	40	75
超早强 混凝土	C20CZQ5	≥5, <10	5	25	40
	C20CZQ10	≥10, <15	7	35	50
	C20CZQ15	≥15, <20	9	45	70
	C20CZQ20	≥20	12	60	90

注：适用于采暖房间的混凝土梁、墙、板、柱及临时结构部位，抗震等级一级框架柱、预应力混凝土除外。

7.2.5 C25 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.5 的规定。

表 7.2.5 C25 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 (℃)	达到设计混凝土强度等 级值的百分率 (%) ≥		
			1d	3d	7d
普通混 凝土	C25PT5	≥5, <10	-	10	20
	C25PT10	≥10, <15	-	15	30

	C25PT15	$\geq 15, < 20$	5	20	40
	C25PT20	≥ 20	7	25	50
早强混凝土	C25ZQ5	$\geq 5, < 10$	5	15	30
	C25ZQ10	$\geq 10, < 15$	6	25	45
	C25ZQ15	$\geq 15, < 20$	8	35	60
	C25ZQ20	≥ 20	10	45	75
超早强混凝土	C25CZQ5	$\geq 5, < 10$	6	25	40
	C25CZQ10	$\geq 10, < 15$	9	35	50
	C25CZQ15	$\geq 15, < 20$	12	45	70
	C25CZQ20	≥ 20	15	60	90

注：适用于采暖房间的混凝土梁、墙、板、柱，抗震等级一级框架柱、预应力混凝土除外。

7.2.6 C30 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 C30 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 ($^{\circ}\text{C}$)	达到设计混凝土强度等级值的百分率 (%) $\geq$		
			1d	3d	7d
普通混凝土	C30PT5	$\geq 5, < 10$	-	15	25
	C30PT10	$\geq 10, < 15$	4	20	30
	C30PT15	$\geq 15, < 20$	5	25	40
	C30PT20	≥ 20	7	30	55
早强混凝土	C30ZQ5	$\geq 5, < 10$	5	20	30
	C30ZQ10	$\geq 10, < 15$	6	30	45
	C30ZQ15	$\geq 15, < 20$	8	40	60
	C30ZQ20	≥ 20	10	50	75

超早强 混凝土	C30CZQ5	$\geq 5, < 10$	6	25	40
	C30CZQ10	$\geq 10, < 15$	9	35	50
	C30CZQ15	$\geq 15, < 20$	12	45	70
	C30CZQ20	≥ 20	15	60	90

注：适用于各结构部位。

7.2.7 C35 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 C35 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 ($^{\circ}\text{C}$)	达到设计混凝土强度等 级值的百分率 (%) $\geq$		
			1d	3d	7d
普通混 凝土	C35PT5	$\geq 5, < 10$	-	15	25
	C35PT10	$\geq 10, < 15$	5	20	30
	C35PT15	$\geq 15, < 20$	6	25	40
	C35PT20	≥ 20	8	30	55
早强混 凝土	C35ZQ5	$\geq 5, < 10$	5	20	30
	C35ZQ10	$\geq 10, < 15$	7	30	45
	C35ZQ15	$\geq 15, < 20$	9	40	60
	C35ZQ20	≥ 20	12	50	75
超早强 混凝土	C35CZQ5	$\geq 5, < 10$	6	25	40
	C35CZQ10	$\geq 10, < 15$	9	35	50
	C35CZQ15	$\geq 15, < 20$	12	45	70
	C35CZQ20	≥ 20	15	60	90

注：适用于各结构部位。

7.2.8 C40 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 C40 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 (℃)	达到设计混凝土强度等 级值的百分率 (%) ≥		
			1d	3d	7d
普通混 凝土	C40PT5	≥5, <10	3	15	25
	C40PT10	≥10, <15	5	20	35
	C40PT15	≥15, <20	6	25	45
	C40PT20	≥20	8	35	60
早强混 凝土	C40ZQ5	≥5, <10	5	20	30
	C40ZQ10	≥10, <15	7	30	45
	C40ZQ15	≥15, <20	9	40	60
	C40ZQ20	≥20	12	50	75
超早强 混凝土	C40CZQ5	≥5, <10	6	25	40
	C40CZQ10	≥10, <15	9	35	50
	C40CZQ15	≥15, <20	12	45	70
	C40CZQ20	≥20	15	60	90

注：适用于各结构部位。

7.2.9 C45 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.9 的规定。

表 7.2.9 C45 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 (℃)	达到设计混凝土强度等 级值的百分率 (%) ≥		
			1d	3d	7d
普通混 凝土	C45PT5	≥5, <10	3	15	25
	C45PT10	≥10, <15	5	25	40
	C45PT15	≥15, <20	6	30	50

	C45PT20	≥ 20	8	40	65
早强混凝土	C45ZQ5	$\geq 5, < 10$	5	25	30
	C45ZQ10	$\geq 10, < 15$	7	35	45
	C45ZQ15	$\geq 15, < 20$	9	40	60
	C45ZQ20	≥ 20	12	55	75
超早强混凝土	C45CZQ5	$\geq 5, < 10$	6	30	40
	C45CZQ10	$\geq 10, < 15$	9	40	50
	C45CZQ15	$\geq 15, < 20$	12	50	70
	C45CZQ20	≥ 20	15	65	90

注：适用于各结构部位。

7.2.10 C50 级预拌普通混凝土、掺早强剂预拌混凝土和掺超早强剂预拌混凝土的结构强度百分率选用应符合表 7.2.10 的规定。

表 7.2.10 C50 级预拌混凝土结构强度百分率估算

品种	代号	养护温度 ($^{\circ}\text{C}$)	达到设计混凝土强度等级值的百分率 (%) $\geq$		
			1d	3d	7d
普通混凝土	C50PT5	$\geq 5, < 10$	3	20	30
	C50PT10	$\geq 10, < 15$	5	25	40
	C50PT15	$\geq 15, < 20$	6	35	55
	C50PT20	≥ 20	8	45	70
早强混凝土	C50ZQ5	$\geq 5, < 10$	5	30	35
	C50ZQ10	$\geq 10, < 15$	7	35	45
	C50ZQ15	$\geq 15, < 20$	9	50	65
	C50ZQ20	≥ 20	12	60	80
超早强混凝土	C50CZQ5	$\geq 5, < 10$	8	35	40
	C50CZQ10	$\geq 10, < 15$	12	40	50

	C50CZQ15	$\geq 15, < 20$	15	55	70
	C50CZQ20	≥ 20	20	70	90

注：适用于各结构部位。

8 防水（抗渗）预拌混凝土强度 1.2MPa 龄期估值

8.1 一般规定

8.1.1 当设计的预拌混凝土的防水（抗渗）提出在短时间内进一步施工要求时，进行下一项工序作业以抗压强度达到 1.2MPa 的度时积为依据进行龄期估算。

8.1.2 防水（抗渗）混凝土的防水（抗渗）性能应符合现行国家标准《地下防水工程验收规范》GB50208 的规定。

8.1.3 用于防水（抗渗）工程的预拌混凝土达到 1.2MPa 抗压强度的龄期估值，据（ $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ， $<10^{\circ}\text{C}$ ）、（ $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ， $<15^{\circ}\text{C}$ ）、（ $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ， $<20^{\circ}\text{C}$ ）、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的养护条件的度时积进行估算，以小时计。

8.2 龄期估值

8.2.1 用于防水（抗渗）工程的预拌混凝土抗压强度达到 1.2MPa 时，可采用等效龄期或实测度时积值，据式（5.2.2）或（5.5.3）进行推定。

8.2.2 施工单位在无试验资料可循的情况下，用于防水（抗渗）预拌混凝土 1.2MPa 龄期应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 C20-C50 防水（抗渗）预拌混凝土龄期估算表

序号	强度等级	抗渗等级	代号	养护温度（℃）	达到 1.2MPa 龄期（h）
1	C20	P6	C20P6	20	25~30
		P8	C20P8		
		P10	C20P10		
		P12	C20P12		
2	C25	P6	C25P6	20	20~25

		P8	C25P8		
		P10	C25P10		
		P12	C25P12		
3	C30	P6	C30P6	20	15~20
		P8	C30P8		
		P10	C30P10		
		P12	C30P12		
4	C35	P6	C35P6	20	15~20
		P8	C35P8		
		P10	C35P10		
		P12	C35P12		
5	C40	P6	C40P6	20	15~20
		P8	C40P8		
		P10	C40P10		
		P12	C40P12		
6	C45	P6	C45P6	20	15~20
		P8	C45P8		
		P10	C45P10		
		P12	C45P12		
7	C50	P6	C50P6	20	15~20
		P8	C50P8		
		P10	C50P10		
		P12	C50P12		

注：1、C20 混凝土仅适用于无侵蚀性净水浸没的环境、临时结构。

2、C25 混凝土适用于室内水池等超市环境、露天结构、冰

冻线以下的与土壤直接接触的结构。

3、C30 及以上等级混凝土可以用于任何地下工程、综合管廊、市政隧道、水塔、水池等防水结构。

4、适用于任何地下工程、综合管廊、市政隧道、水塔、水池等防水结构，预应力结构宜采用 C40 及以上等级的混凝土。

8.2.3 在 ($\geq 5^{\circ}\text{C}$, $< 10^{\circ}\text{C}$)、($\geq 10^{\circ}\text{C}$, $< 15^{\circ}\text{C}$)、($\geq 15^{\circ}\text{C}$, $< 20^{\circ}\text{C}$) 的区间内的 C20~C50 级防水（抗渗）预拌混凝土达到 1.2MPa 龄期估算可按表 8.2.2 给出的数据，采用式（5.5.4）按等度时积的原则进行换算。

9 大体积预拌混凝土强度 1.2MPa 龄期估值

9.1 一般规定

9.1.1 采用预拌混凝土进行大体积混凝土的下一工序施工强度设定为 1.2MPa，推定早期强度应考虑混凝土浇筑后的内部温度升高，时间缩短因素，缩短时间应通过工程实际测试确定。

9.1.2 采用预拌混凝土进行大体积混凝土施工时，浇筑混凝土后的缓凝时间，因大体积水泥水化热集中放热的影响，应通过试验取得温升缩短系数。

9.1.3 大体积预拌混凝土的早期强度发展符合度时积推定强度规律，推定时应按照上层、中层、下层温度实测 $M(^{\circ}\text{C}\cdot\text{h})$ 值分区控制，用实际上层预估温度进行试验以实际上层估算强度值进行试件养护建立以等效龄期或成熟度为函数的龄期-强度曲线关系，并以标准条件的龄期-强度曲线进行比较，求取上层达到 1.2MPa 强度值的预估时间。

9.1.4 采用预拌混凝土进行施工的大体积混凝土应力应变测试、测温过程、质量控制过程及验收条件应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的要求。

9.2 原材料与温控

9.2.1 采用预拌混凝土进行大体积混凝土浇筑时，原材料宜符合下列规定：

(1) 水泥宜采用中、低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥，水泥的 3d 和 7d 水化热应符合现行国家标准《中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥低热矿渣硅酸盐水泥》GB 200 规定。当采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，应掺加矿物掺合料，胶凝材料的 3d 和 7d 水化热分别不宜大于 240kJ/kg 和 270kJ/kg。当选用

52.5 强度等级水泥时，7d 水化热值不大于 290 kJ/kg。水泥水化热试验方法应按现行国家标准《水泥水化热测定方法》GB/T 12959 执行；

(2) 水泥在预拌混凝土搅拌站的入机温度不宜高于 50℃；

(3) 粗骨料宜为连续级配，最大公称粒径不宜大于 31.5mm，含泥量不大于 1.0%；

(4) 细骨料宜采用中砂，含泥量不大于 3.0%；

(5) 宜掺用矿物掺合料和缓凝剂或缓凝型减水剂。

9.2.2 用于大体积预拌混凝土的水泥进场时应检查水泥品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等，并应对水泥的强度、安定性、凝结时间、水化热进行检验，检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定。

9.2.3 采用预拌混凝土进行大体积混凝土施工时不得掺入早强剂或超早强剂。

9.2.4 当采用混凝土 60d 或 90d 龄期的强度验收时，宜采用 150mm×150mm×150mm 的标准尺寸试件进行抗压强度试验。

9.2.5 大体积混凝土配合比设计应符合下列规定：

(1) 水胶比不宜大于 0.55，用水量不宜大于 175kg/m³；

(2) 在保证混凝土性能要求的前提下，宜提高每 m³中的粗骨料用量，砂率宜为 35%~42%；

(3) 在保证混凝土性能要求的前提下，宜减少胶凝材料中的水泥用量，适当提高矿物掺合料的用量。

9.2.6 大体积预拌混凝土配合比设计应满足运输、施工对混凝土凝结时间的要求。

9.2.7 大体积预拌混凝土施工可采用抛石法充占混凝土体积以降低混凝土内部温度最高温升。

9.2.8 大体积预拌混凝土浇筑后的温控指标应符合下列规定：

(1) 预拌混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不大于 50℃；

(2) 预拌混凝土浇筑块体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不大于 25℃；

(3) 预拌混凝土浇筑体经过升温至最高温度起开始降温，应保证各测温层的降温速率不大于 2.0℃/d；

(4) 拆除保温覆盖层时，预拌混凝土浇筑体表面与大气温差不应大于 20℃。

9.2.9 采用预拌混凝土浇筑的大体积混凝土应进行保温保湿养护，保温养护时间应由测温数据确定，保湿养护的持续时间不得少于 14d。

9.2.10 大体积混凝土施工应满足安全耐久、节约资源和环境保护的措施，并提出相应的创新与提高技术，且符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905 的有关规定。

9.3 龄期估值

9.3.1 本标准规定的预拌混凝土浇筑大体积混凝土强度等级分为 C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50 共 7 个等级。

9.3.2 大体积混凝土上层强度达到 1.2MPa 的时间估值宜符合表 9.3.2 的规定要求。

表 9.3.2 大体积混凝土上层强度 1.2MPa 时间估值

序号	强度等级	代号	养护温度 (℃)	达到 1.2MPa 龄期 (h)
1	C20	C20DTJ5	≥5, <10	40~45
		C20DTJ10	≥10, <15	37~42
		C20DTJ15	≥15, <20	35~40
		C20DTJ20	≥20	33~38

2	C25	C25DTJ5	$\geq 5, < 10$	37~42
		C25DTJ10	$\geq 10, < 15$	34~39
		C25DTJ15	$\geq 15, < 20$	32~37
		C25DTJ20	≥ 20	30~35
3	C30	C30DTJ5	$\geq 5, < 10$	34~39
		C30DTJ10	$\geq 10, < 15$	31~36
		C30DTJ15	$\geq 15, < 20$	29~34
		C30DTJ20	≥ 20	27~32
4	C35	C35DTJ5	$\geq 5, < 10$	30~35
		C35DTJ10	$\geq 10, < 15$	26~31
		C35DTJ15	$\geq 15, < 20$	22~27
		C35DTJ20	≥ 20	18~23
5	C40	C40DTJ5	$\geq 5, < 10$	24~29
		C40DTJ10	$\geq 10, < 15$	20~25
		C40DTJ15	$\geq 15, < 20$	16~21
		C40DTJ20	≥ 20	12~17
6	C45	C45DTJ5	$\geq 5, < 10$	23~28
		C45DTJ10	$\geq 10, < 15$	19~24
		C45DTJ15	$\geq 15, < 20$	15~20
		C45DTJ20	≥ 20	11~16
7	C50	C50DTJ5	$\geq 5, < 10$	22~26
		C50DTJ10	$\geq 10, < 15$	17~22
		C50DTJ15	$\geq 15, < 20$	14~19
		C50DTJ20	≥ 20	10~15

9.3.3 应考虑大体积混凝土中水泥水化热对浇筑后现场凝结时间缩短的作用，当预拌混凝土设计等级大于 C40 级（不含 C40

级)时,其上层强度达到 1.2MPa 的时间估值,可在 C40 级大体积混凝土上层强度达到的度时积估算基础上,进行实际测试,其温度升高值与间隔时间按式(5.2.2)的方程进行估算。

10 本标准用词说明

(1) 为便于在执行本标准条文时区别对待，对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”。

11 引用标准名录

- 1 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 2 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB /T50080
- 3 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 4 《混凝土结构设计规范》 GB50010
- 5 《地下防水工程验收规范》 GB50208
- 6 《大体积混凝土施工标准》 GB 50496
- 7 《中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥低热矿渣硅酸盐水泥》
GB 200
- 8 《水泥水化热测定方法》 GB/T 12959
- 9 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 10 《建筑工程绿色施工规范》 GB/T 50905
- 11 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 12 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 13 《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104
- 14 《混凝土试模》 JG 237

附录 A 预拌混凝土早期强度推定关系式的建立

A.1 基本关系式

A.1.1 预拌混凝土早期强度推定的基本关系式为混凝土强度与成熟度的指数函数关系, 式中指数分母 D_e 、 M 无论取等效系数换算值还是取实测的度时积计算值, 其构造形式不变

$$f = a \times e^{\frac{-b}{D_e}} \quad (\text{A.1.1-1})$$

$$f = a \times e^{\frac{-b}{M}} \quad (\text{A.1.1-2})$$

式中: f —混凝土立方体抗压强度 (MPa);

D_e —等效龄期 (d);

M —预拌混凝土养护的成熟度 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$);

a 、 b —回归系数;

e —自然对数, 取值 2.71828。

A.1.2 通用计算对式 (A.1.1-2) 两边取自然对数

$$\ln f = \ln a - \left(\frac{1}{M}\right)b \quad (\text{A.1.2})$$

A.2 回归系数求取

A.2.1 对式 (A.1.2) 自变量成熟度的倒数为 ($-M^{-1}$) 与变量

预拌混凝土强度 ($\ln f$) 对应的实测值可按实测数列于表 A.2.1。

表 A.2.1 成熟度 ($-M^{-1}$) 与预拌混凝土强度 ($\ln f$) 的对应试

验值

$-M^{-1}$	M_1^{-1}	M_2^{-1}	……	M_n^{-1}
$\ln f$	$\ln f_1$	$\ln f_2$	……	$\ln f_n$

表中 $\ln f_i$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 取 (对于基础垫层混凝土、普通预拌混凝土、防水 (抗渗) 混凝土取 1d、2d、3d、7d 标准养护; 对于掺早强剂或超早强剂的预拌混凝土取 12h、1d、2d、3d、7d 标准养护; 对于大体积混凝土取 2d、3d、4d、7d 标准养护) 抗压强度的自然对数。

A.2.2 计算换算系数 l

$$\text{此时,} \quad (-\overline{M}^{-1}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (-M_i^{-1}) \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$\ln f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f_i \quad (\text{A.2.2-2})$$

$$l_{(-M^{-1} \ln f)} = \sum_{i=1}^n [(-M_i^{-1}) - (\overline{M}^{-1})](\ln f_i - m_{\ln f}) \quad (\text{A.2.2-3})$$

$$l_{(-M^{-1})(-M^{-1})} = \sum_{i=1}^n [M_i^{-1} - (\overline{M}^{-1})]^2 \quad (\text{A.2.2-4})$$

式中: $m_{\ln f}$ — n 组标准养护各龄期预拌混凝土试件抗压强度

平均值 (MPa) ;

l —最小二乘法回归计算系数。

A.2.3 计算回归系数 a 、 b

$$a = \exp(\ln \bar{f} - b \overline{(-M^{-1})}) \quad (\text{A.2.3-1})$$

$$b = \frac{\ln(-M^{-1}) \ln f}{\ln(-M^{-1})(-M^{-1})} \quad (\text{A.2.3-2})$$

式中: a 、 b —回归系数

A.2.4 相关系数应按式 (A.2.4) 计算

$$r = \frac{l_{(-M^{-1}) \ln f}}{\sqrt{l_{(-M^{-1})(-M^{-1})} l_{i \ln f \ln f}}} \quad (\text{A.2.4})$$

式中: r —相关系数;

$\ln f_i$ —第 i 组标准养护各龄期预拌混凝土抗压强度值

(MPa) ;

$m_{\ln f}$ — n 组标准养护各龄期预拌混凝土抗压强度平均

值 (MPa) 。

A.2.5 剩余标准差应按式 (A.2.5) 计算

$$S^* = \sqrt{\frac{(1-r)^2 l_{\ln f \ln f}}{n-2}} \quad (\text{A.2.5})$$

式中: S^* —剩余标准差。

附录 B 成熟度法推定预拌混凝土早期强度算例

B.1 等效系数法算例

B.1.1 等效系数法采用的基本计算系数为等效系数 α_t 。

B.1.2 采用等效系数法进行推定预拌混凝土早期强度的必要试验数据为预拌混凝土在不同品种不同状态下 12h、1d、2d、3d、4d、7d 的标准养护抗压强度及预拌混凝土浇筑后测温记录。

B.1.3 等效系数法必要的计算参数为等效系数 α_t 与某一温度养护下的持续时间 t_T (h) 的乘积，即为 α_tgt_T 。

B.1.4 算例 1

某预拌混凝土经试验，测得 20℃标准养护条件下各龄期抗压强度如例表 B.1.4-1，混凝土浇筑后，初期养护阶段测温记录如例表 B.1.4-2，求该预拌混凝土浇筑后在所测取的温度下养护 38h 的强度。

例表 B.1.4-1 预拌混凝土标准养护强度

龄期 (d)	1	2	3	7
强度 (MPa)	2.8	10.1	13.6	20.3

例表 B.1.4-2 预拌混凝土浇筑后测温记录

从浇筑算起 时间 (h)	温度 (℃)	持续时间 (t_T (h))	平均温度 T (℃)
0	14		
2	20	2	17
4	26	2	23
6	30	2	28
8	32	2	31
10	36	2	34

12	40	2	38
38	40	26	40

解：

1 根据例表 B.1.4-2 测温记录，查本标准表 5.3.1 给出的等效系数 α_t 。实测温度为非整数时，可采用内插法，求取 α_t 。并于相应的持续时间相乘，所得参数列于例表 B.1.4-3 中。

例表 B.1.4-3 预拌混凝土的 α_t 与 $\alpha_t g t_T$ 参数表

从浇筑算起时间 (h)	α_t	$\alpha_t \bullet t_T$
0	—	—
2	0.87	1.74
4	1.16	2.32
6	1.42	2.84
8	1.60	3.20
10	1.78	3.56
12	2.05	4.10
38	2.20	57.20
$t = \sum \alpha_t \bullet t_T (h)$		74.96

2 根据例表 B.1.4-3 的数据进行回归分析，代入本标准附录 A 式 (A.2.3-1) 和式 (A.2.3-2) 代入 $a=28.219$ ， $b=2.227$ 。求得回归曲线方程式 (B.1.4)

$$f = 28.219e^{\frac{-2.227}{D}} \tag{B.1.4}$$

3 根据测温记录，经计算求得等效龄期 $t = 74.96h$ ，折合 3.12d，见表 B.1.4-3 所给出的数值。

4 取 t 作为龄期 D 代入式 (B.1.1) 求得该预拌混凝土在温度为 $17^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间养护的等效龄期为 3.12d 时的抗压强度值为:

$$f = 28.219e^{\frac{-2.227}{3.12}} = 28.219e^{-0.713} = 13.83(\text{MPa})$$

B.2 图解法算例

B.2.1 采用图解法进行推定预拌混凝土早期强度应以不同混凝土品种养护的龄期 (12h、1d、2d、3d、7d) 或 (1d、2d、3d、7d) 或 (2d、3d、4d、7d) 为横坐标, 以标准养护的实际试件的抗压强度为纵坐标在坐标方程纸上进行作图, 形成图 B.2.1。

B.2.2 作图根据例表 B.1.4-2 的测温记录及例表 B.1.4-3 的 α_t 与 $\alpha_t g_{tr}$ 计算值换算等效龄期 t 。

B.2.3 算例 2

解:

1 以等效龄期 t 作为龄期横坐标, 以标准养护条件下的抗压强度实测值 f 作为纵坐标, 作出强度推定曲线。

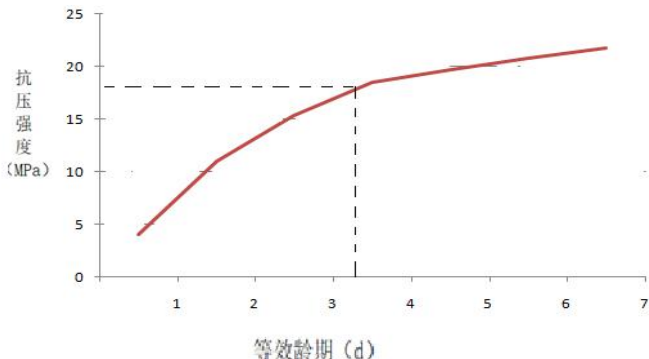


图 B.2.1 预拌混凝土等效龄期-抗压强度曲线

2 在等效龄期-抗压强度曲线图 B.2.1 上查得相应强度值为 13.83MPa，即为所求得预拌混凝土浇筑等效龄期 3.12d，养护温度为 17℃~40℃之间养护的等效龄期为 3.12d 时的抗压强度推定值。

B.3 直接成熟度法算例

B.3.1 直接成熟度法推定预拌混凝土的早期强度，可分为无覆盖、一层草袋（棉毡）浇水养护、一层塑料布不浇水养护、一层塑料布浇水养护、一层塑料布一层草袋（棉毡）养护等养护情况，其换算调整系数 a_m 按表 5.5.6 采用。

B.3.2 用标准养护试件各龄期强度数据，经回归分析拟合成为成熟度为自变量函数的成熟度-抗压强度曲线方程：

$$f = a \cdot e^{\frac{-b}{M}} \quad (\text{B.3.2-1})$$

$$M = \sum [(T+10) \times t] \quad (\text{B.3.2-2})$$

式中： f —预拌混凝土抗压强度（MPa）；

M —预拌混凝土养护的成熟度（℃·h）；

a 、 b —回归系数；

e —自然对数，取值 2.71828；

T —在时间段 t 内预拌混凝土养护的平均温度（℃）；

t —温度为 T 养护下的持续时间（h）。

B.3.3 取成熟度 M 代入公式（B.3.2-1）可算出预拌混凝土在该成熟度下的抗压强度推定值。

B.3.4 算例 3

某工程采用预拌混凝土施工浇筑后涂刷养护剂进行覆盖养护，标准养护各龄期预拌混凝土抗压强度如例表 B.3.4-1 混凝土

测温记录表如例表 B.3.4-2，求该预拌混凝土养护到 80h 的抗压强度值。

例表 B.3.4-1 标准养护各龄期预拌混凝土强度

龄期（d）	1	2	3	7
强度（MPa）	1.3	5.4	8.8	14.2
成熟度（℃·h）	720	1440	2160	5040

例表 B.3.4-2 预拌混凝土浇筑后测温记录及计算

1	2	3	4	5
从浇筑起算养护的时间（h）	实测养护温度（℃）	持续时间 t（h）	平均温度 T（℃）	（T+10）t
0	15	4		
4	12	4	13.5	98
8	10	4	11.0	84
12	9	4	9.5	78
16	8	4	8.5	74
20	6	4	7.0	68
24	4	4	5.0	60
32	2	8	3.0	104
40	0	8	1.0	88
60	-2	20	-1.0	180
80	-4	20	-3.0	140
$\sum[(T+10)\times t] \text{（℃·h）}$				974

解：

1 根据标准养护试件的龄期和抗压强度数据，首先计算出该预拌混凝土从浇筑起 80h 后的成熟度 M，见例表 B.3.4-2。

2 用例表 B.3.4-1 和例表 B.3.4-2 的数据，拟合出成熟度-抗压强度回归曲线方程

$$f = 21.846e^{\frac{2025.216}{M}}$$

3 根据养护测温资料，按公式 (B.3.2-1) 计算成熟度，见例表 (B.3.4-2)。

4 取成熟度 M 值代入上式即求出

$$f_1 = 21.846e^{\frac{2025.216}{974}} = 21.846e^{-2.08} = 2.73(MPa)$$

5 由于使用养护剂涂刷，不采取覆盖措施，所得结果 f 应乘以强度调整系数 α_m ，取 0.80。

$$f_2 = \ln f_1 2.73 \times 0.8 = 2.18 MPa$$

此值即为经过 80h 在 $-4^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 条件下养护后的预拌混凝土强度推定值。

黑龙江省地方标准

预拌混凝土早期强度推定试验方法标准

DB23/TXXX-2021

条文说明

目 次

1	总则.....	1
3		2
4		3
4.1		3
4.2	 错误！未定义书签。	
5	 错误！未定义书签。	
6	 错误！未定义书签。	

1 总则

1.0.1

1.0.2

2 基本规定

2.0.1

2.0.2

