

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009年工程建设标准规范制订修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2009〕88号）的要求，规范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，编制了本规范。

本规范主要内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 大体积混凝土试样温度时间曲线的测定；5 大体积混凝土温度的监测；6 大体积混凝土温度控制。

本规范由住房和城乡建设部负责管理，由陕西省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，请寄送陕西省建筑科学研究院（地址：西安市环城西路北段272号，邮政编码：710082）。

本规范主编单位：陕西省建筑科学研究院

广州富利建筑安装工程有限公司

本规范参编单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

中冶建筑研究总院有限公司

中国水电顾问集团西北勘测设计研究院

浙江海天建设集团有限公司

中交四航工程研究院有限公司

云南大学

四川省建筑科学研究院

厦门市建筑科学研究院

山东乐陵回弹仪厂

舟山市博远科技开发有限公司

郑西铁路客运专线有限责任公司

西安市建设工程质量安全监督站

广州穗监工程质量安全检测中心

中铁十七局集团

陕西天石实业有限责任公司

本规范主要起草人员：文恒武 卢锡雷 崔庆怡 郭晓山

郝挺宇 罗卫民 贾兆武 黄石腾

罗新民 贾忠奎 李上莹 诸华丰

周庆华 吕 龙 杨晓梅 石新桥

戴 军 王小院 赖卫中 郭 林

王明堂 王跃其 张 峰 符颖操

潘荣国 石劭明 唐应初

本规范主要审查人员：张仁瑜 黄政宇 仲晓林 霍瑞琴

时 炜 崔士起 徐国孝 杨长辉

丁守宽 朱艾路 张永建

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	大体积混凝土试样温度时间曲线的测定	6
4.1	仪器要求	6
4.2	测试方法	6
5	大体积混凝土温度的监测	7
5.1	仪器要求	7
5.2	测位和测点布置	8
5.3	温度记录及测温曲线	8
6	大体积混凝土温度控制	10
6.1	一般规定	10
6.2	保温保湿养护	10
6.3	水冷却系统温度控制	11
附录 A	测温报告格式	13
附录 B	水冷却系统设计参数估算	14
附录 C	水冷却系统组成	16
本规范用词说明		18
引用标准名录		19

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Measurement of Temperature Duration Curve of Mass Concrete Sample	6
4.1	Instrument Requirements	6
4.2	Test Method	6
5	Temperature Monitoring of Mass Concrete	7
5.1	Instrument Requirements	7
5.2	Test Point Layout	8
5.3	Records and Temperature Curve	8
6	Temperature Control of Mass Concrete	10
6.1	General Requirements	10
6.2	Moisturizing Curing and Insulation Curing	10
6.3	Temperature Control of Water Cooling System	11
Appendix A	The Report of Massive Concrete Temperature Monitoring	13
Appendix B	Estimation of Design Parameters of Water Cooling System	14
Appendix C	Components of Water Cooling System	16
	Explanation of Wording in This Code	18
	List of Quoted Standards	19

1 总 则

1.0.1 为规范大体积混凝土温度的监测和控制，确保大体积混凝土工程质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑大体积混凝土及其他有特殊要求的混凝土温度的监测和控制。本规范不适用于碾压混凝土、水工混凝土温度的监测和控制。

1.0.3 大体积混凝土温度的监测和控制，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 大体积混凝土 mass concrete

混凝土结构物实体最小尺寸不小于 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。

2.1.2 混凝土最高温度 the highest temperature of the concrete

混凝土实体在测温区域内的最高温度。

2.1.3 混凝土表层温度 the temperature of concrete surface layer

距混凝土外表面 50mm 处的温度。

2.1.4 混凝土表里温差 the temperature difference between surface and center of concrete

混凝土最高温度与表层温度之差。

2.1.5 混凝土入模温度 the temperature of concrete mixer

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

2.1.6 温度峰值 peak temperature

混凝土内部某一测点温升达到最高的温度值。

2.1.7 降温速率 cooling rate

散热条件下，混凝土内部温度达到温度峰值后，每昼夜温度降低的数值。

2.1.8 测位 test seat

混凝土浇筑体布置一组温度传感器的区域。

2.1.9 测点 test point

在混凝土浇筑体某测位布置一个温度传感器的位置。

2.1.10 保湿养护 moisturizing curing

使混凝土表面保持湿润的养护过程。

2.1.11 保温养护 insulation curing

通过加盖保温材料达到减少混凝土表里温差的养护过程。

2.1.12 混凝土试样温度时间曲线 temperature-time curve of sample for mass concrete

与大体积混凝土施工时的配合比、原材料相同的混凝土拌合物试样中心温度随时间变化的曲线。

2.1.13 数据采集时间间隔 time interval of data acquisition

连续测量混凝土内部温度的时间间隔。

2.1.14 水冷却系统 water cooling system

通过在混凝土内部布置冷却水管，用于降低混凝土内部温度的控制系统。

2.1.15 冷却水管回路系统 loops system of the cooling water pipe

含有一个冷却水进口和出口的冷却水管回路称为一个水冷却单元，多个水冷却单元即构成冷却水管多回路系统，可分为单层多回路水冷却系统和多层多回路水冷却系统。

2.1.16 进水稳压装置 water pressure regulator

保持各回路进水端压力、流量稳定的装置。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

C_w ——水的比热；

C_{co} ——混凝土的比热；

ρ ——混凝土的密度。

2.2.2 计算参数

d ——冷却水管内径；

K ——不同掺量掺合料水化热调整系数；

k_1 ——粉煤灰掺量对应的水化热调整系数；

k_2 ——矿渣粉掺量对应的水化热调整系数；
 k_c ——总热量中被水冷却带走的热量百分数的经验系数；
 m ——与水泥品种，浇筑温度等有关的系数；
 m_w ——冷却水总量；
 V_{co} ——混凝土总体积；
 Q ——胶凝材料水化热总量；
 Q_0 ——水泥水化热总量；
 Q_{co} —— 1m^3 混凝土的发热量；
 Q_{cool} ——冷却水带走的热量；
 Q_t —— t 龄期时的混凝土中的水泥水化热累积值；
 T_{cw} ——冷却水温度；
 T_{max} ——混凝土内的最高温度；
 T ——混凝土的龄期；
 t_c ——预计混凝土冷却天数；
 T_{in} ——冷却水进口温度；
 T_{out} ——冷却水出口温度；
 W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量；
 v_w ——冷却水流速；
 δ ——水冷却管间距。

3 基本规定

3.0.1 大体积混凝土施工前，应根据施工时的气候条件、混凝土的几何尺寸和混凝土的原材料、配合比，按现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 有关规定进行混凝土的热工计算，估算混凝土中心最高温度；并应测定和绘制混凝土试样的温度时间曲线。

3.0.2 应根据混凝土的热工计算结果和试样温度时间曲线，确定大体积混凝土的温度控制方法。

3.0.3 大体积混凝土浇筑前，应根据混凝土的热工计算结果和温度控制要求，编制测温方案。测温方案应包括：测位、测点布置、主要仪器设备、养护方案、异常情况下的应急措施等；当采取水冷却工艺进行混凝土内部温度控制时，尚应编制专项方案。

3.0.4 大体积混凝土浇筑后，应根据实测的试样混凝土温度曲线和实时温度监测结果，调整和改进保温、保湿养护措施。

3.0.5 大体积混凝土温度监测与控制工作结束后，应编制大体积混凝土温度监测报告，监测报告内容可按本规范附录 A 编写。

4 大体积混凝土试样温度时间曲线的测定

4.1 仪 器 要 求

4.1.1 测试混凝土试样温度时间曲线的试样容器，直径宜为300mm，高径比为1:1，各个方向保温层热阻不应小于 $8.0\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

4.1.2 温度传感器在 $0^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内的精度应为 0.5°C 。

4.1.3 测试仪器应具有温度、时间参数的显示、储存、处理功能，并能绘制混凝土试样的温度时间变化曲线，数据采集时间间隔不应大于10min。

4.2 测 试 方 法

4.2.1 大体积混凝土试样温度时间曲线的测定，应采用与施工现场相同的原材料和配合比，拌制的混凝土试样量不宜小于 0.025m^3 。

4.2.2 混凝土试样搅拌均匀后1h内装入试样容器，开启温度时间测定仪，自动记录温度时间参数，连续记录时间不宜少于5d。

4.2.3 测试完毕，应绘制混凝土试样温度时间曲线，并应确定混凝土试样的最高温度。

5 大体积混凝土温度的监测

5.1 仪 器 要 求

5.1.1 大体积混凝土温度监测仪器应由温度传感器、数据采集系统、数据传输系统组成；系统应具有温度、时间参数的显示、储存、处理功能，可实时绘制测点温度变化曲线，温度测点数量不宜少于 50 个。

5.1.2 温度监测仪器可采用有线或无线信号传输。采用无线传输时，其传输距离应能满足现场测试的要求，无线发射的频率和功率不应影响其他通信和导航等设施的正常使用；采用有线传输时，传输导线的布置不得影响施工现场其他设施的正常运行，同时应保护好传输导线免遭损坏。

5.1.3 温度监测仪器应定期进行校准，其允许误差不应大于 0.5°C 。

5.1.4 温度传感器应符合下列规定：

- 1 温度传感器量程应为： $-30^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 传输线路应具有抗雷击、防短路功能；
- 3 温度传感器安装前，应连同传输导线一同在水下 1m 处浸泡 24h 不损坏；
- 4 温度传感器安装时应具有保护措施。

5.1.5 数据自动采集系统应符合下列规定：

- 1 稳定性、抗干扰能力应满足施工现场监测要求；
- 2 应满足连续测试 20d 以上的数据采集、存储的要求；
- 3 从信号采集到结果输出全过程均应自动实现，并应具有当出现降温速率过快、表里温差过大时报警的功能；
- 4 监测过程可实时显示不同测点温度及温度时间曲线，同时可用表格形式显示监测数据，并可输出各时间段的温度时间

曲线。

5.2 测位和测点布置

5.2.1 测位测点的布置应能全面准确地反映大体积混凝土温度的变化情况，可按下列方式布置：

1 按照施工进度每昼夜浇筑作业面布置（1~2）个测位；在混凝土的边缘、角部、中部及积水坑、电梯井边等部位可布置测位；混凝土浇筑体厚度均匀时，测位间距为 10m~15m，变截面部位可增加测位数量；在墙体的立面上，测位水平间距为 5m~10m，垂直间距为 3m~5m。

2 根据混凝土厚度，每个测位布置（3~5）个测点，分别位于混凝土的表层、中心、底层及中上、中下部位。

3 当进行水冷却时，测位布置在相邻两冷却水管的中间位置，并在冷却水管进出口处分别布置温度测点。

4 混凝土表层温度测点宜布置在距混凝土表面 50mm 处；底层的温度测点宜布置在混凝土浇筑体底面以上 50mm~100mm 处。

5.2.2 温度传感器直接埋入混凝土内时，传感器和传输导线应有防护措施，防止施工过程中损坏传感器和导线。

5.2.3 采用把温度传感器放入直径为 20mm~30mm 金属保护管内时，金属管的底端应预先封堵，宜露出混凝土表面 300mm，并应将金属管予以固定。温度传感器安放完毕，金属管上端口应作密封保护处理。

5.3 温度记录及测温曲线

5.3.1 大体积混凝土施工过程中应监测混凝土拌合物温度、内部温度、环境温度、冷却水温度，同时监控混凝土表里温差和降温速率。

5.3.2 混凝土入模温度、表里温差、降温速率及环境温度的测量记录频次应符合下列规定：

- 1 混凝土入模温度的测量频次每台班不应少于 2 次；
- 2 混凝土浇筑后，每间隔 15min~60min，测量记录温度 1 次。

5.3.3 温度监测过程中，当出现降温速率、表里温差超过下列规定值时应自动报警，并及时调整和优化温控措施：

- 1 降温速率大于 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 或每 4h 降温大于 1.0°C ；
- 2 表里温差控制值应符合表 5.3.3 规定。

表 5.3.3 混凝土表里温差控制值

混凝土厚度 (m)	<1.5	1.5~2.5	>2.5
表里温差 ($^{\circ}\text{C}$)	20	25	28

5.3.4 混凝土的降温速率和表里温差满足本规范第 5.3.3 条下限值，且混凝土最高温度与环境最低温度之差连续 3d 小于 25°C 时，可停止温度监测。

5.3.5 温度监测结束后，应绘制各测点的温度变化曲线，编制温度监测报告。

6 大体积混凝土温度控制

6.1 一般规定

6.1.1 大体积混凝土温度控制应符合现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 有关规定。

6.1.2 当出现下列情况之一时，宜采用水冷却方式控制大体积混凝土温度：

- 1 经计算或实测混凝土试样的中心温度大于 80°C ；
- 2 混凝土的厚度大于 2500mm 、强度等级大于 C50，且混凝土入模温度大于 30°C ；
- 3 当其他需要控制混凝土的中心温度时。

6.1.3 采用预埋冷却水管进行冷却时，应进行水冷却系统设计。

6.2 保温保湿养护

6.2.1 大体积混凝土浇筑前应根据本规范第 4.2.3 条的测定结果，按现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 计算保温层厚度，制定养护方案。

6.2.2 混凝土抹面作业结束后，应及时进行保湿养护。

6.2.3 根据混凝土内部温度变化的实时监测结果进行保温养护。

6.2.4 施工作业环境温度低于 5°C 时，应进行混凝土的保温、保湿养护；当环境温度高于 5°C 时，根据混凝土内部温升情况，可推迟保温养护。

6.2.5 大体积混凝土保湿养护时间不应少于 14d。

6.2.6 特殊情况下混凝土的养护，应制定相应技术措施。

6.3 水冷却系统温度控制

6.3.1 冷却水管宜采用管径 20mm~50mm 的金属管或塑料管，管径可按本规范附录 B 的规定计算。

6.3.2 冷却水管直径及水平方向管间距应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 冷却水管直径及水平方向管间距

管 材	塑料管	钢管
管 径 (mm)	20~40	20~50
管 间 距 (m)	0.8~1.5	1.0~2.0
水 流 速 (m/s)	0.8~1.0	

6.3.3 水冷却系统宜按下列规定：

1 当混凝土厚度不大于 3.0m 时，宜采用单层多回路水冷却系统。每个回路单元水管长度为 150m~200m；冷却单元宽度为 5m~10m。冷却水管宜按本规范附录 C 布置在混凝土的中间部位。

2 当混凝土厚度大于 3.0m 时，可沿厚度方向布置两层或多层冷却水管系统，各层冷却水回路的层间距宜为 1.5m。

3 布置多回路冷却系统时，宜在进水口处安装冷却水稳压装置。

4 冷却水管距混凝土边缘距离为 1.5m~2.0m。

6.3.4 冷却水管道应按设计图布置，并应固定牢靠；冷却水管使用前应进行水压试验，管道不得漏水、阻水。混凝土浇筑前，应在冷却水管中预先注满冷却水。

6.3.5 混凝土初凝后，应及时启动水冷却系统。

6.3.6 应通过调节进水流量及水温，控制进水温度与混凝土最高温度之差，温差宜为 15℃~25℃；出水温度与进水温度之差宜为 3℃~6℃；降温速率不宜大于 2℃/d，且不宜大于 1℃/4h。在水冷却过程中，应加强混凝土的保温保湿养护。

6.3.7 当混凝土最高温度与表层温度之差不大于 15℃时可暂停

水冷却作业；当混凝土最高温度与表层温度之差大于 25°C 时，应重新启动水冷却系统。

6.3.8 水冷却降温结束后，应及时用水泥浆对冷却水管进行压浆封堵。

附录 A 测温报告格式

A.0.1 测温报告应包括下列内容：

- 1 项目简介；
- 2 测温设备；
- 3 测试结果；
- 4 附件等。

A.0.2 项目简介应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 混凝土强度等级、配合比、混凝土总量、浇筑厚度；
- 3 施工气候条件，混凝土浇筑时间，温度监测实施的时间范围等。

A.0.3 测温仪器设备应包括下列内容：

- 1 测温仪器系统组成、功能、结果表达方式；
- 2 测温仪器及传感器测量范围、精度；
- 3 温度传感器布置方式。

A.0.4 测温结果应包括下列内容：

- 1 测温期间混凝土内部最高温度、最大温差、平均日降温值；
- 2 降温措施及效果；
- 3 编制单位、时间。

A.0.5 附件应包括下列内容：

- 1 测位、测点布置示意图；
- 2 温控系统示意图、测温曲线图。

附录 B 水冷却系统设计参数估算

B.0.1 单位体积混凝土发热量可按下式计算:

$$Q_{\infty} = k \cdot Q_0 \cdot W \quad (\text{B.0.1})$$

式中: Q_{∞} ——混凝土的总发热量, kJ/m^3 ;

Q_0 ——水泥的水化热, kJ/kg ;

W ——混凝土的胶凝材料用量, kg/m^3 ;

k ——不同掺量掺合料水化热调整系数, 可按现行国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496 规定取值。

B.0.2 混凝土绝热温升可按下式计算:

$$T(t) = \frac{W \cdot Q_{\infty}}{C_{\infty} \cdot \rho} (1 - e^{-mt}) \quad (\text{B.0.2})$$

式中: $T(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的绝热温升, $^{\circ}\text{C}$;

W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量, kg/m^3 ;

C_{∞} ——混凝土的比热, 一般为 $0.92 \sim 1.0 \text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

ρ ——混凝土密度, kg/m^3 ;

m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数, 一般取 $0.3 \sim 0.5$;

t ——混凝土龄期, d ;

Q_{∞} ——胶凝材料水化热, kJ/kg 。

B.0.3 混凝土 t 时段冷却放热量可按下式计算:

$$Q_t = C_{\infty} \cdot \rho \cdot V_{\infty} \cdot \Delta T \quad (\text{B.0.3})$$

式中: Q_t ——水冷却期间混凝土散热量, kJ ;

C_{∞} ——混凝土的比热, 一般为 $(0.92 \sim 1.0) \text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

ρ ——混凝土密度, kg/m^3 ;

V_{∞} ——混凝土体积, m^3 ;

ΔT —— t 时段混凝土温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

B. 0.4 水冷却带走热量可按式计算:

$$Q_{\text{cool}} = k_c \cdot Q_t \quad (\text{B. 0.4})$$

式中: k_c ——总热量中被水冷却带走的热量系数, 取 0.3~0.4;

Q_t —— t 龄期的混凝土累计总发热量, kJ ;

Q_{cool} ——冷却水带走的总热量, kJ 。

B. 0.5 冷却水总量可按式计算:

$$m_w = \frac{Q_{\text{cool}}}{C_w \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})} \quad (\text{B. 0.5})$$

式中: Q_{cool} ——冷却水带走的总热量, kJ ;

C_w ——水的比热, 取 $4.18\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

m_w ——冷却水总质量, kg ;

T_{out} ——冷却水出口温度, $^{\circ}\text{C}$;

T_{in} ——冷却水进口温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

B. 0.6 单回路冷却水管管径可按式计算:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{m_w}{\pi \cdot v_w \cdot t_c \cdot \rho_w}} \cdot 10^3 \quad (\text{B. 0.6})$$

式中: d ——冷却水管内径, mm ;

m_w ——冷却水总质量, kg ;

v_w ——冷却水的流速, 取 $(0.8 \sim 1.0)\text{m/s}$;

t_c ——预计混凝土冷却时间, s ;

ρ_w ——水的密度, 取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

B. 0.7 应根据冷却水流量, 确定水泵额定流量, 水泵扬程宜为 $(20 \sim 25)\text{m}$, 选择水泵型号。

B. 0.8 应根据大体积混凝土结构形式, 选择水冷却回路的分布。

附录 C 水冷却系统组成

C.0.1 水冷却管水平布置时，水管距混凝土边缘距离宜为 1500mm~2000mm，管间距按本规范第 6.3.2 条选用；单层多回路水冷却管宜布置在浇筑混凝土的同一水平面，各回路之间应并联与主管道相连，每回路宽度宜为 5000mm~10000mm（图 C.0.1）。

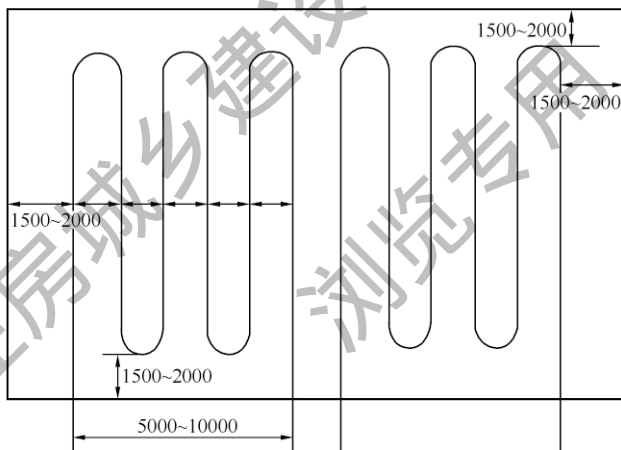


图 C.0.1 冷却水管平面布置图

C.0.2 水冷却管竖向单层布置时，冷却管宜布置在混凝土的中间部位；竖向多层布置时，层间距宜为 1500mm（图 C.0.2-1、图 C.0.2-2）。

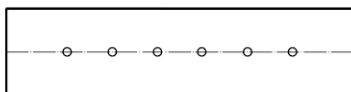


图 C.0.2-1 冷却水管单层布置

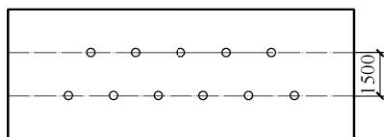


图 C.0.2-2 双层布置图

C.0.3 水冷却循环系统组由下列部分组成 (图 C.0.3):

- 1 水箱: 容量 $(5\sim 10)\text{m}^3$;
- 2 循环水泵: 可采用管道泵、潜水泵、离心泵等;
- 3 稳压装置: 宜采用 $\phi 300\text{mm}$ 钢管, 长 $L=(2\sim 5.0)\text{m}$;
- 4 温度计: 量程 $(0\sim 100)^\circ\text{C}$;
- 5 压力表: 量程 $(0\sim 0.5)\text{MPa}$;
- 6 回水管: 管径 $\phi 20\text{mm}$;
- 7 冷却水管: 按本规范第 6.3.1 条选用;
- 8 进水管: 外来水源调节管, 水箱温度过高时, 可放入冷水, 调节进水温度;
- 9 溢流管: 调节稳压装置压力;
- 10 温度计: 量程 $(0\sim 100)^\circ\text{C}$ 。

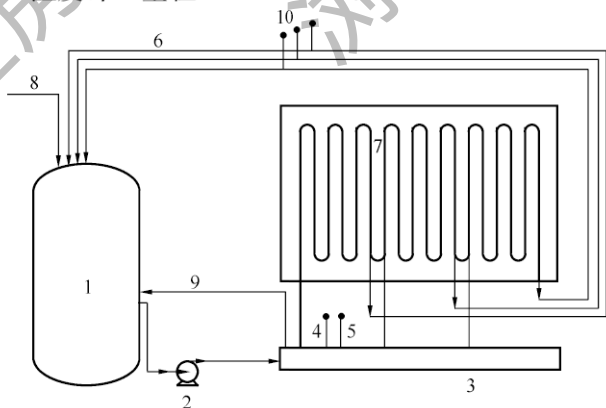


图 C.0.3 水冷却系统图

- 1—水箱; 2—水泵; 3—稳压装置; 4—温度计; 5—压力表; 6—回水管;
7—冷却水管; 8—进水管; 9—溢流管; 10—温度计

本规范用词说明

1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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，在条件许可时首先这样做的用词：

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时的写法为：“应按……执行”或“应符合……规定”。

引用标准名录

《大体积混凝土施工规范》GB 50496

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用