

团体标准

T/TMAC × × ×—202X

桥梁与隧道工程大体积混凝土施工技术规范

Technical specifications for construction of large volume concrete for bridges and tunnels

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订TMAC标准的建议并参与有关工作。TMAC标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲23号城乡华懋大厦12层1217室。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前言.....	1
1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	5
3 基本规定.....	6
4 原材料、配合比、制备及运输.....	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 原材料.....	8
4.3 配合比设计.....	9
4.4 制备及运输.....	10
5 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工.....	12
5.1 一般规定.....	12
5.2 技术准备.....	13
5.3 模板工程.....	13
5.4 混凝土浇筑.....	14
5.5 混凝土养护.....	14
5.6 特殊气候条件下的施工.....	15
5.7 现场取样.....	16
6 温度监测与控制.....	17

前 言

根据中国技术市场协会2023年团体标准制修订计划的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准、地方标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分6章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、原材料、配合比、制备及运输、大体积混凝土施工、温度监测与控制。

本规程由中交第三公路工程局有限公司提出。

本规程由中国技术市场协会归口。

本规程起草单位：中交第三公路工程局有限公司、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX、XXXXXX。

本规程主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

1 总 则

1.0.1 为在桥梁与隧道工程大体积混凝土施工中贯彻国家技术经济政策，保证工程质量，做到技术先进、工艺合理、节约资源、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于桥梁与隧道工程大体积混凝土及其他有特殊要求的混凝土施工。

1.0.3 桥梁与隧道工程大体积混凝土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 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土 mass concrete for bridge and tunnel engineering

桥梁与隧道工程中，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 胶凝材料 cementitious material

配制混凝土的硅酸盐水泥与活性矿物掺合料的总称。

2.1.3 跳仓施工法 alternative by construction method

将超长的混凝土块体分为若干小块体间隔施工，经过短期的应力释放，再将若干小块体连成整体，依靠混凝土抗拉强度抵抗下段温度收缩应力的施工方法。

2.1.4 永久变形缝 permanent deformation seam

将桥梁、隧道混凝土结构物垂直分割开永久留置的预留缝，包括伸缩缝和沉降缝。

2.1.5 竖向施工缝 vertical construction seam

混凝土不能连续浇筑时，浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的垂直方向的预留缝。

2.1.6 水平施工缝 horizontal construction seam

混凝土不能连续浇筑时，浇筑停顿时间有可能超过混凝土的初凝时间，在适当位置留置的水平方向的预留缝。

2.1.7 温度应力 thermal stress

混凝土温度变形受到约束时，在混凝土内部产生的应力。

2.1.8 收缩应力 shrinkage stress

混凝土收缩变形受到约束时，在混凝土内部产生的应力。

2.1.9 温升峰值 peak value of rising temperature

混凝土浇筑体内部的最高温升值。

2.1.10 里表温差 temperature difference of core and surface

混凝土浇筑体内最高温度与外表面50mm处的温度之差。

2.1.11 断面加权平均温度 thickness weighted mean temperature

根据测试点位各温度测点代表区段长度占厚度权值，对各测点温度进行加权平均得到的值。

2.1.12 降温速率 descending speed of temperature

散热条件下，混凝土浇筑体内部温度达到温升峰值后，24h内断面加权平均温度下降值。

2.1.13 入模温度 temperature of mixture placing to mold

混凝土拌合物浇筑入模时的温度。

2.1.14 有害裂缝 harmful crack

影响结构安全或使用功能的裂缝。

2.1.15 绝热温升 adiabatic temperature rise

混凝土浇筑体处于绝热状态条件下，其内部某时刻温升值。

2.1.16 胶浆量 binder paste content

混凝土中胶凝材料浆体量占混凝土总量之比。

2.1.17 温度场 temperature field

混凝土温度在空间和时间上的分布。

2.1.18 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。

2.1.19 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。

2.1.20 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。

2.1.21 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。

2.1.22 温度峰值 peak temperature

混凝土内部某一测点温度达到最高的温度值。

2.1.23 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。

2.1.24 测位 test seat

混凝土浇筑体布置一组温度传感器的区域。

2.1.25 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。

2.1.26 保湿养护 moisturizing curing

使混凝土表面保持湿润的养护过程。

2.1.27 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。

2.1.28 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。

2.1.29 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。

2.1.30 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

2.1.31 冷却水管回路系统充 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。

2.1.32 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 温度及材料性能

α ——混凝土热扩散率；
 C ——混凝土比热容；
 C_x ——外约束介质（地基或老混凝土）的水平变形刚度；
 E_0 ——混凝土弹性模量；
 $E(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的弹性模量；
 $E_i(t)$ ——第 i 计算区段，龄期为 t 时，混凝土的弹性模量；
 $f_{ik}(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值；
 K_b, K_1, K_2 ——混凝土浇筑体表面保温层传热系数修正值；
 m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数；
 Q ——胶凝材料水化热总量；
 Q_0 ——水泥水化热总量；
 Q_t ——龄期 t 时的累积水化热；
 R ——保温层总热阻；
 t ——混凝土的龄期；
 T_s ——混凝土浇筑体表面温度；
 $T_b(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体内的表层温度；
 $T_m(t)$ 、 $T_{m'}(t)$ ——混凝土浇筑体中部达到最高温度时，其块体上、下表层的温度；

T_{max} ——混凝土浇筑体内的最高温度；
 $T_{max}(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体内的最高温度；
 T_q ——混凝土达到最高温度时的大气平均温度；
 $T(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土的绝热温升；
 $T_y(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土收缩当量温度；
 $T_w(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑体预计的稳定温度或最终稳定温度；
 $\Delta T_1(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑块体的里表温差；
 $\Delta T_2(t)$ ——龄期为 t 时，混凝土浇筑块体在降温过程中的综合降温差；
 $\Delta T_{1max}(t)$ ——混凝土浇筑后可能出现的最大里表温差；
 $\Delta T_{1i}(t)$ ——龄期为 t 时，在第 i 计算区段混凝土浇筑块体里表温差的增量；
 $T_{2i}(t)$ ——龄期为 t 时，在第 i 计算区段内，混凝土浇筑块体综合降温差的增量

；

β_μ ——固体在空气中的放热系数；
 β ——保温材料总放热系数；
 λ_0 ——混凝土的导热系数；
 λ_i ——第 i 层保温材料的导热系数。

2.2.2 数量几何参数

H ——混凝土浇筑体的厚度，该厚度为浇筑体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和；

h ——混凝土的实际厚度；
 h' ——混凝土的虚拟厚度；
 L ——混凝土搅拌运输车往返距离；
 N ——混凝土搅拌运输车台数；

Q_l ——每台混凝土泵的实际平均输出量；
 $Q_{\max}$ ——每台混凝土泵的最大输出量；
 S ——混凝土搅拌运输车平均行车速度；
 T_t ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间；
 V ——每台混凝土搅拌运输车的容量；
 W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量；
 a_1 ——配管条件系数；
 δ ——混凝土表面的保温层厚度；
 δ_i ——第*i*层保温材料厚度。

2.2.3 计算参数及其他

$H(T, t)$ ——在龄期为*t*时产生的约束应力延续至*T*时的松弛系数；
 K ——防裂安全系数；
 k ——不同掺量掺合料水化热调整系数；
 k_1 、 k_2 ——粉煤灰、矿渣粉掺量对应的水化热调整系数；
 M_1 、 M_2 M_{11} ——混凝土收缩变形不同条件影响修正系数；
 $R_i(t)$ ——龄期为*t*时，在第*i*计算区段，外约束的约束系数；
 n ——常数，随水泥品种、比表面积等因素不同而异；
 $\bar{r}$ ——水力半径的倒数；
 a ——混凝土的线膨胀系数；
 β ——混凝土中掺合料对弹性模量的修正系数；
 β_1 、 β_2 ——混凝土中粉煤灰、矿渣粉掺量对应的弹性模量修正系数；
 p ——混凝土的质量密度；
 ε_y^0 ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值；
 $\varepsilon_y(t)$ ——龄期为*t*时，混凝土收缩引起的相对变形值；
 $\sigma_x(t)$ ——龄期为*t*时，因综合降温差，在外约束条件下产生的拉应力；
 $\sigma_z(t)$ ——龄期为*t*时，因混凝土浇筑块体里表温差产生自约束拉应力的累计值；
 η ——作业效率；
 $\sigma_{z\max}$ ——最大自约束应力。

3 基本规定

3.0.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工应根据相关标准和设计图纸编制专项施工技术方案，并应有环境保护和安全施工的技术措施。

3.0.2 施工前应对施工人员进行培训和交底，包括但不限于混凝土浇筑的技术要求、安全操作规程等内容。

3.0.3 桥梁与隧道工程大体积混凝土在选用原材料和进行配合比设计时，应按降低水化热温升的原则进行，并应符合下列规定：

1 宜选用低水化热和凝结时间长的水泥品种。粗集料宜采用连续级配，细集料宜采用中砂。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和掺合料，外加剂宜采用缓凝剂、减水剂；掺合料宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等。

2 进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，宜采取改善粗集料级配、提高掺合料和粗集料的含量、降低水胶比等措施，减少单方混凝土胶凝材料中的水泥用量。

3 桥梁与隧道工程大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可按 60d 龄期的抗压强度控制。

3.0.4 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工前，应对混凝土浇筑体的温度、温度应力及收缩应力进行试算，并确定混凝土浇筑体的温升峰值，里表温差及降温速率的控制指标，制定相应的温控技术措施。

3.0.5 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工温控指标应符合下列规定：

1 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50℃；

2 混凝土浇筑体里表温差（不含混凝土收缩当量温度）不宜大于 25℃；

3 混凝土浇筑体降温速率不宜大于 2.0℃/d；

4 拆除保温覆盖时混凝土浇筑体表面与大气温差不应大于 20℃。

3.0.6 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工前，应做好施工准备，并应与当地气象台、站联系，掌握近期气象情况。在冬期施工时，尚应符合有关混凝土冬期施工规定。

3.0.7 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工应采取节能、节材、节水、节地和环境保护措施，并应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T50905 的有关规定。

3.0.8 宜对采用大体积混凝土的桥梁、隧道结构变形进行长期观测。

4 原材料、配合比、制备及运输

4.1 一般规定

4.1.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土在选用原材料和进行配合比设计时，应按降低水化热温升的原则进行并应符合下列规定：

1 宜选用低水化热和凝结时间长的水泥品种。粗集料宜采用连续级配，细集料宜采用中砂。宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和掺合料，外加剂宜采用缓凝剂、减水剂；掺合料宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等。

2 进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，宜采取改善粗集料级配、提高掺合料和粗集料的含量、降低水胶比等措施，减少单方混凝土胶凝材料中的水泥用量。

4.1.2 施工混凝土可利用混凝土的后期强度，应根据设计图纸或按 60d 龄期强度等级评定。

4.1.3 超长混凝土结构，不应掺加膨胀剂和膨胀类外加剂。

4.1.4 混凝土制备及运输，除应满足混凝土设计强度等级要求，还应根据预拌混凝土供应运输距离、运输设备、供应能力、材料批次、环境温度等调整预拌混凝土的有关参数。

4.2 原材料

4.2.1 水泥选择及其质量，应符合下列规定：

1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的有关规定，当采用其他品种时，其性能指标应符合国家现行有关标准的规定：

2 应选用中热或低热的矿山渣水泥，火山灰水泥、通用硅酸盐水泥，3d 水化热不宜大于 250kJ/kg，7d 水化热不宜大于 280kJ/kg；当选用 52.5 强度等级水泥时，7d 水化热宜小于 300kJ/kg；

3 在配制混凝土配合比时尽量减少水泥的用量，宜控制在 220kg/m³~300kg/m³，选用保水性好、泌水小、压缩小的水泥，优先选用矿渣硅酸盐水泥；

4 水泥在搅拌站的入机温度不宜高于 60℃；

5 混凝土有抗渗指标要求时，所用水泥的铝酸三钙含量不宜大于 8%。

4.2.2 用于桥梁与隧道工程大体积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》GB175 的相关规定。

4.2.3 骨料选择，除应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ52 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 选用天然或机制中粗砂，级配良好，其细度模数在 2.3~3.0 的中粗砂，含泥量（重量比）不应大于 3%，泥块含量（重量比）不应大于 1%；

2 应选用质地坚硬，连续级配，不含杂质的非碱活性碎石。石子粒径宜选用 5mm~31.5mm。石子含泥量（重量比）不应大于 1%，泥块含量（重量比）不应大于 0.5%，针片状颗粒含量不应大于 8%；

3 当采用非泵送施工时，粗骨料的粒径可适当增大。

4.2.4 宜选用II级及以上粉煤灰，粉煤灰和粒化高炉矿渣粉质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046 的有关规定。

4.2.5 外加剂质量及应用技术，应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 的有关规定。

4.2.6 外加剂的选择除应满足本标准第 4.2.5 条的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 外加剂的品种、掺量应根据材料试验确定；
- 2 宜提供外加剂对硬化混凝土收缩等性能的影响系数；
- 3 耐久性要求较高或寒冷地区的桥梁与隧道工程大体积混凝土，宜采用引气剂或引气减水剂；
- 4 优先选用聚羧酸减水剂，不宜掺加早强型减水剂。

4.2.7 混凝土拌合用水质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的有关规定。

4.2.8 桥梁的墩台大体积混凝土工程，圬工可采用片石混凝土。片石混凝土应满足下列规定：

- 1 石块数量不应超过混凝土体积的25%；
- 2 石块最大尺寸不应超过填放石块处最小结构尺寸的1/4；
- 3 石块的最小尺寸不宜小于15cm；
- 4 石块应选用无裂缝、无夹层和未煅烧过的石块，其抗压强度不得低于3000kN/m³，且应具有混凝土内外粗骨料要求的耐久性；
- 5 石块填放前应用水洗刷干净，不得有泥浆和其他污物；
- 6 石块应均匀分布，安放稳妥，两石块的间距应允许内部式插入振捣器进行捣实操作，一般应大于混凝土中粗骨料的粒径，并不小于10cm；
- 7 石块与模板的间距应不少于25cm，且不得与钢筋接触，在最上层石块的顶面应覆盖不小于25cm的混凝土层；
- 8 为了加强混凝土浇筑层间的结合或浇筑工作中断时，在前层接缝面上应埋入接茬石块，应使其体积露出混凝土外一半左右。

4.3 配合比设计

4.3.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土配合比设计，除应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 当采用混凝土 60d 强度验收指标时，应将其作为混凝土配合比的设计依据；
- 2 混凝土拌合物的实测坍落度 120mm~180mm；
- 3 拌合水用量不宜大于 170kg/m³；
- 4 应充分选用粉煤灰及矿物掺合料，以降低水泥用量和水化热；
- 5 粉煤灰掺量不宜大于胶凝材料用量的 50%，矿渣粉掺量不宜大于胶凝材料用量的40%；粉煤灰和矿渣粉掺量总和不宜大于胶凝材料用量的50%；
- 6 依据现行行业标准《普通混凝土配合比设计规范》JGJ55，并参照鲍罗米公式，确定水胶比。建议水胶比为：0.40~0.45；
- 7 砂率宜为 38%~45%。

4.3.2 混凝土制备前，宜进行绝热温升、泌水率、可泵性等对大体积混凝土裂缝控制有影响的技术参数的试验，必要时配合比设计应通过试泵送验证。

4.3.3 在确定混凝土配合比时，应根据混凝土绝热温升、温控施工方案的要求，提出混凝土制备时的粗细骨料和拌合用水及入模温度控制的技术措施。

4.3.4 混凝土配合比的确定需要根据工程的具体要求和使用环境来制定，宜采用现场试验配合方式。

4.4 制备及运输

4.4.1 混凝土制备与运输能力应满足混凝土浇筑工艺要求，预拌混凝土质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902的有关规定，并应满足施工工艺对坍落度损失、入模落度、入模温度等的技术要求。

4.4.2 对同时供应同一工程分项的预拌混凝土，胶凝材料 and 外加剂、配合比应一致，制备工艺和质量控制水平应基本相同。

4.4.3 混凝土拌合物运输应采用混凝土搅拌运输车，运输车应根据施工现场实际情况具有防晒、防雨和保温措施。

4.4.4 搅拌运输车数量应满足混凝土浇筑工艺要求。

4.4.5 搅拌运输车运送时间应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T14902的有关规定。

4.4.6 运输过程补充外加剂进行调整时，搅拌运输车应快速搅拌，搅拌时间不应小于 120s。

4.4.7 运输和浇筑过程中，严禁向拌合物中加水。

4.4.8 运输过程中当坍落度损失或离析严重，经采取措施无法恢复混凝土拌合物工作性能时，不得浇筑入模。

4.4.9 在施工前应对制备及运输所用大型设备进行检查和维护，施工过程中需要对设备进行定期检查和维护，确保设备运转正常。且应对大型设备进行安全防护。

5 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土专项施工方案，应包括下列主要内容：

- 1 大体积混凝土浇筑体温度应力和收缩应力计算结果；
- 2 施工阶段主要抗裂构造措施和温控指标的确定；
- 3 原材料优选、配合比设计、制备与运输计划；
- 4 主要施工设备和现场总平面布置；
- 5 温控监测设备和测试布置图；
- 6 浇筑顺序和施工进度计划；
- 7 保温和保湿养护方法；
- 8 应急预案和应急保障措施；
- 9 特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。

5.1.2 按要求确定混凝土浇筑体温度应力和收缩应力。

5.1.3 按要求确定保温覆盖层的厚度，可根据温控指标的要求。

5.1.4 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工宜采用整体分层或推移式连续浇筑施工。

5.1.5 当桥梁与隧道工程大体积混凝土施工设置水平施工缝时，位置及间歇时间应根据设计规定、温度裂缝控制规定、混凝土供应能力、钢筋工程施工、预埋管件安装等因素确定。

5.1.6 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工应符合下列规定：

1 混凝土可分层、分块浇筑，分层、分块的尺寸宜根据温控设计的要求及浇筑能力合理确定；当结构尺寸相对较小或能满足温控要求时，可全断面一次浇筑。

2 分层浇筑时，在上层混凝土浇筑之前应对下层混凝土的顶面作凿毛处理，且新浇混凝土与下层已浇筑混凝土的温差宜小于 20°C ，并应采取措施将各层间的浇筑间歇期控制在 7d 以内。

3 分块浇筑时，块与块之间的竖向接缝面应平行于结构物的短边，并应在浇筑完成拆模后按施工缝的要求进行凿毛处理。分块施工所形成的后浇段，应在对大体积混凝土实施温度控制且其温度场趋于稳定后方可浇筑；后浇段宜采用微膨胀混凝土，并应一次浇筑完成。

4 混凝土的温度控制宜按照“内降外保”的原则，对混凝土内部采取设置冷却水管通循环水冷却，对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。在混凝土内部通水降温时，进出口水的温差宜小于或等于 10°C ，且水温与内部混凝土的温差宜不大于 20°C ，降温速率宜不大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ；利用冷却水管中排出的降温用水在混凝土顶面蓄水保温养护时，养护水温度与混凝土表面温度的差值应不大于 15°C 。

5.1.7 桥梁与隧道工程大体积混凝土的浇筑宜在气温较低时进行，但混凝土的入模温度应不低于 5°C ；热期施工时，宜采取措施降低混凝土的入模温度，且其入模温度宜不高于 28°C 。

5.1.8 桥梁与隧道工程大体积混凝土采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其浇筑后的养护时间宜不少于 14d，采用其他品种水泥时宜不少于 21d。在寒冷天气

或遇气温骤降天气时浇筑的混凝土除应对其外部加强覆盖保温外，尚宜适当延长养护时间。

5.2 技术准备

5.2.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工前应进行图纸会审，并应提出施工阶段的综合抗裂措施，制定关键部位的施工作业指导书。

5.2.2 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工应在混凝土的模板和支架、钢筋工程、预埋管件等工作完成并验收合格的基础上进行。

5.2.3 施工现场设施应按施工总平面布置图的要求按时完成，场区内道路应坚实平坦。必要时，应制定场外交通临时疏导方案。

5.2.4 施工现场供水、供电应满足混凝土连续施工需要。当有断电可能时，应采取双回路供电或自备电源等措施。

5.2.5 桥梁与隧道工程大体积混凝土供应能力应满足连续施工需要，不宜低于单位时间所需量的1.2倍。

5.2.6 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工设备，在浇筑混凝土前应进行检修和试运转，其性能和数量应满足混凝土连续浇筑需要。

5.2.7 混凝土测温监控设备的标定调试应正常，保温材料应齐备，并应派专人负责测温作业管理。

5.2.8 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工前，应进行专业培训，并应逐级进行技术交底，同时应建立岗位责任制和交接班制度。

5.3 模板工程

5.3.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土模板和支架应进行承载力、刚度和整体稳固性验算，并应根据混凝土采用的养护方法进行保温构造设计。

5.3.2 模板和支架系统安装、使用和拆除过程中，必须采取安全稳定措施。

5.3.3 对后浇带或跳仓法留置的竖向施工缝，宜采用钢板网、铁丝网或快易收口网等材料支挡。

5.3.4 桥梁与隧道工程大体积混凝土拆模时间应满足混凝土的强度要求，当模板作为保温养护措施的一部分时，其拆模时间应根据温控要求确定。拆模期限和要求参考如下：

- 1 非承重模板在混凝土强度大于 250 N/cm^2 或棱角不因拆模而损伤时可拆模；
- 2 结构为了以防止裂缝由气温变化或内外温差确定拆模时间；
- 3 承重模板应在混凝土达到设计强度时才可拆模；
- 4 拆模时先拆非承重模板后拆承重模板，且不得使混凝土受到振动。

5.3.5 桥梁与隧道工程大体积混凝土宜适当延迟拆模时间。拆模后，应采取预防寒流袭击、突然降温和剧烈干燥等措施。

5.4 混凝土浇筑

5.4.1 混凝土浇筑现场应保证平整和固定，保证混凝土浇筑时不会出现倾斜或塌陷等；并应设置施工安全区域，确保施工安全。

5.4.2 桥梁与隧道工程大体积混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑层厚度应根据所用振捣器作用深度及混凝土的和易性确定，整体连续浇筑时宜为 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ ，振捣时应避免过振和漏振；

2 整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间歇时间，并应在前层混凝土初凝之前将次层混凝土浇筑完毕。层间间隔时间不应大于混凝土初凝时间。混凝土初凝时间应通过试验确定当层间间隔时间超过混凝土初凝时间时，层面应按施工缝处理；

- 3 混凝土的浇灌应连续、有序，宜减少施工缝；
- 4 混凝土宜采用泵送方式和二次振捣工艺；
- 5.4.3 混凝土浇筑体温度控制应符合下列规定：
 - 1 混凝土入模温度（振捣后50—100mm深处的温度）不宜大于28℃；
 - 2 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于50℃；
 - 3 混凝土浇筑体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不宜大于25℃；
 - 4 混凝土浇筑体的降温速率不宜大于2.0℃/d。
- 5.4.4 根据桥梁与隧道工程大体积混凝土结构尺寸特点，浇筑分层方式可分为以下三种：
 - 1 全面分层：适用结构尺寸不太大情况；
 - 2 分段分层：适合于厚度不太大而面积或长度较大的结构；
 - 3 斜面分层：适于结构长度超过厚度的3倍的情况。
- 5.4.5 当采取分层间歇浇筑混凝土时，水平施工缝的处理应符合下列规定：
 - 1 在已硬化的混凝土表面，应清除表面的浮浆、松动的石子及软弱混凝土层；
 - 2 在上层混凝土浇筑前，应采用清水冲洗混凝土表面的污物，并应充分润湿，但不得有积水；
 - 3 新浇筑混凝土应振捣密实，并应与先期浇筑的混凝土紧密结合。
- 5.4.6 桥梁与隧道工程大体积混凝土底板与侧墙相连接的施工缝，当有防水要求时，宜采取钢板止水带等处理措施。
- 5.4.7 在桥梁与隧道工程大体积混凝土浇筑过程中，应采取措施防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形，并应及时清除混凝土表面泌水。
- 5.4.8 混凝土浇筑完成后，应及时对浇筑面进行多次抹压处理。混凝土收水后，应继续搓平两次，以闭合混凝土面层收缩裂缝。
- 5.4.9 大坡面桥台混凝土浇筑时，应人工将泌水清除出承台；当混凝土大坡面的坡脚接近另一侧模板时，应改变混凝土浇筑方向，从顶端向回浇筑。

5.5 混凝土养护

- 5.5.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土应采取保温保湿养护。在每次混凝土浇筑完毕后，除应按普通混凝土进行常规养护外，保温养护应符合下列规定：
 - 1 应专人负责保温养护工作，定期检查保温、保湿完整情况，并应进行测试记录。
 - 2 桥梁与隧道工程大体积混凝土采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其浇筑后的养护时间宜不少于14d，采用其他品种水泥时宜不少于21d。在寒冷天气或遇气温骤降天气时浇筑的混凝土，除应对其外部加强覆盖保温外，尚宜适当延长养护时间。
 - 3 保温覆盖层拆除应分层逐步进行，当混凝土表面温度与环境最大温差小于20℃时，可全部拆除。
- 5.5.2 混凝土浇筑完毕后，在初凝前宜立即进行覆盖或喷雾养护工作。
- 5.5.3 混凝土保温材料可采用塑料薄膜、土工布、阻燃保温被等。在保温养护中，应现场监测混凝土浇筑体的里表温差和降温速率，当实测结果不满足温控指标要求时，应及时调整保温养护措施。
- 5.5.4 沉管隧道大体积混凝土裂缝易集中于顶板位置，应及时采取有效的预防措施，加强养护管理。

5.5.5 桥梁与隧道工程大体积混凝土内部最高温度应不超过 65°C ，混凝土内部温度与表面温度温差、表面温度与环境温度之差不宜大于 20°C ，养护用水温度与表面温度之差不应大于 15°C ，防止混凝土出现裂纹。

5.5.6 桥梁承台混凝土严禁出现内部温度裂缝，表面最大裂缝宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

5.6 特殊气候条件下的施工

5.6.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土施工遇高温、冬期、大风或雨雪天气时，必须采用混凝土浇筑质量保证措施。

5.6.2 当高温天气浇筑混凝土时，宜采取以下措施：

- 1 水泥储罐应定时喷水降温；
- 2 用凉水冲洗骨料，降低骨料温度；
- 3 搅拌混凝土时加冰屑或冷水以降低温度；
- 4 避开高温天气，在室外温度较低时浇筑混凝土；
- 5 拌合及运输期间应对混凝土罐车车身喷水冷却，采取遮蔽混凝土罐车等措施。

5.6.3 当冬期浇筑混凝土时，宜采用热水拌合、加热骨料等提高混凝土原材料温度的措施。混凝土浇筑后，应及时进行保温保湿养护。

5.6.4 当大风天气浇筑混凝土时，在作业面应采取挡风措施，并应增加混凝土表面的抹压次数，应及时覆盖塑料薄膜和保温材料。

5.6.5 雨雪天不宜露天浇筑混凝土，需施工时，应采取混凝土质量保证措施。浇筑过程中突遇大雨或大雪天气时，应及时在结构合理部位留置施工缝，并应中止混凝土浇筑；对已浇筑还未硬化的混凝土应立即覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。

5.7 现场取样

5.7.1 当一次连续浇筑不大于 1000m^3 同配合比的桥梁与隧道工程大体积混凝土时，混凝土强度试件现场取样不应少于10组。

5.7.2 当一次连续浇筑 $1000\text{m}^3 \sim 5000\text{m}^3$ 同配合比的桥梁与隧道工程大体积混凝土时，超出 1000m^3 的混凝土，每增加 500m^3 取样不应少于一组，增加不足 500m^3 时取样一组。

5.7.3 当一次连续浇筑大于 5000m^3 同配合比的桥梁与隧道工程大体积混凝土时，超出 5000m^3 的混凝土，每增加 1000m^3 取样不应少于一组，增加不足 1000m^3 时取样一组。

6 温度监控和质量控制

6.1 温度监控

6.1.1 桥梁与隧道工程大体积混凝土浇筑体里表温差、降温速率及环境温度的测试，在混凝土浇筑后，每昼夜不应少于4次；入模温度测量，每台班不应少于2次。

6.1.2 桥梁与隧道工程大体积混凝土浇筑体内监测点布置，应反映混凝土浇筑体内最高温升、里表温差、降温速率及环境温度，可采用下列布置方式：

1 测试区可选混凝土浇筑体平面对称轴线的半条轴线，测试区内监测点应按平面分层布置；

2 测试区内，监测点的位置与数量可根据混凝土浇筑体内温度场的分布情况及温控的规定确定；

3 在每条测试轴线上，监测点位不宜少于4处，应根据结构的平面尺寸布置；

4 沿混凝土浇筑体厚度方向，应至少布置表层、底层和中心温度测点，测点间距不宜大于500mm；

5 保温养护效果及环境温度监测点数量应根据具体需要确定；

6 混凝土浇筑体表层温度，宜为混凝土浇筑体表面以内50mm处的温度；

7 混凝土浇筑体底层温度，宜为混凝土浇筑体底面以上50mm处的温度。

6.1.3 应变测试宜根据工程需要进行。

6.1.4 测试元件的选择应符合下列规定：

1 25℃环境下，测温误差不应大于0.3℃；

2 温度测试范围应为-30℃~120℃；

3 应变测试元件测试分辨率不应大于5με；

4 应变测试范围应满足-1000με~1000με要求；

5 测试元件绝缘电阻应大于500MΩ。

6.1.5 温度测试元件的安装及保护，应符合下列规定：

1 测试元件安装前，应在水下1m处经过浸泡24h不损坏；

2 测试元件固定应牢固，并应与结构钢筋及固定架金属件隔离；

3 测试元件引出线宜集中布置，沿走线方向予以标识并加以保护；

4 测试元件周围应采取保护措施，下料和振捣时不得直接冲击和触及温度测试元件及其引出线。

6.1.6 测试过程中宜描绘各点温度变化曲线和断面温度分布曲线。

6.1.7 发现监测结果异常时应及时报警，并应采取相应的措施。

6.1.8 温控措施可根据下列原则或方法，结合监测数据实时调控：

1 控制混凝土出模温度，调控入模温度在合适区间；

2 升温阶段可适当散热，降低温升峰值，当升温速率减缓时，应及时增加保温措施，避免表面温度快速下降；

3 在降温阶段，根据温度监测结果调整保温层厚度，但应避免表面温度快速下降；

4 在采用保温棚措施的工程中，当降温速率过慢时，可通过局部打开保温棚调整环境温度。

6.1.9 桥梁墩柱、承台大体积混凝土内表温差应控制在25℃以内。

6.2 质量控制与检测

6.2.1 质量控制:

1 混凝土浇筑与养护时，环境温度应每日定时检查，并做好检查记录；当温度超过规定的要求时，混凝土拌合时应采取有效降温、防晒措施，以保证混凝土的浇筑质量，否则应停止施工。

2 混凝土施工除应留标准条件下养护试件外，还应制作相同数量的试件并将其置于与结构相同的环境条件下养护，检查混凝土强度以指导施工。

3 在混凝土浇筑前，应通过试验确定在最高气温条件下，混凝土分层浇筑的覆盖时间，施工时应严格控制，不得超过。

4 应严格控制缓凝剂的掺量，并检查混凝土的凝结时间，以防因缓凝剂掺量不准造成危害。

5 严格桥梁与隧道工程大体积混凝土测温过程控制工作，及时根据测温情况调整水泵的进水流量。严格控制通水时间和流量，确保满足温度要求，防止出现裂纹。

6.2.2 在混凝土施工过程中，应按规定的要求对混凝土的力学性能和耐久性能进行抽检，检验结果应满足设计和施工要求。

1 混凝土强度检验评定应符合《混凝土强度检验评定标准》（GB/T 50107）的有关规定。混凝土耐久性检验评定应符合《混凝土耐久性检验评定标准》（JGJ/T 193）；

2 对于用于施工过程控制的现场混凝土试件，应根据不同要求从同一盘混凝土或同一车运送的混凝土中取出，并在与实际结构相同的条件下成型和养护；

3 对于用于强度评定和耐久性抽检的现场混凝土试件，应根据不同要求从同一盘混凝土或同一车运送的混凝土中取出，并在与实际结构相同的条件下成型。当混凝土结构采用自然养护时，试件应在标准养护条件下养护到规定龄期再进行试验；当混凝土结构采用蒸汽养护时，试件应先在与实际蒸养条件相同的条件下养护，再在标准养护条件下养护到规定龄期后再进行试验。

6.2.3 在混凝土施工过程中，如更换水泥、外加剂、矿物掺和料等主要原材料，应重新进行混凝土配合比选定试验，并对新选定的配合比混凝土的拌合物性能、力学性能和耐久性能进行检验，检验结果应分别满足设计和施工要求。

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，在条件允许时首先这样做的：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、规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《通用硅酸盐水泥》GB 175
《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
《混凝土外加剂》GB 8076
《预拌混凝土》GB/T 14902
《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905
《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
《混凝土用水标准》JGJ 63
《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193