**1 适用范围**

本作业指导书适用于大体积混凝土施工。

**2 作业准备**

2.0.1 在开工前组织相关技术人员认真学习施工组织设计，阅读，审核施工图纸，澄清相关技术问题，熟悉规范和技术标准。

2.0.2 根据设计图纸、《验标》、当地气象、施工条件优化配合比设计。

2.0.3 收集工地气象台（站）历年气象资料，设置工地气象观测点，建立观测制度，及时掌握气象变化情况。

2.0.4 施工前，制定详尽的施工方案，落实相关物资、机具设备。

2.0.5 对有关人员进行技术交底和培训。

2.0.6 引进能够满足设计和施工要求的混凝土搅拌设备，对参加施工的人员进行岗前技术培训，考试合格后持证上岗。

2.0.7 依照验收标准及建设、监理单位要求编制技术资料、施工原始记录、检验批资料表格计划。

2.0.8 混凝土工厂已建立，并经验收合格可以投入使用，各种混凝土材料已进场并经验收合格，混凝土配合比设计已完成并报批。

**3 技术要求**

混凝土结构物实体尺寸符合《验标》规定的尺寸，或易由温度应力引起裂缝的混凝土，按大体积混凝土施工技术要求控制施工。大体积混凝土浇筑完毕后，应在养护期间测定混凝土的表面和内部温度。

由于大体积混凝土构件混凝土水化热集聚在构件内部不易散发出去，造成混凝土内部温度过高和内外温差过大，混凝土表面可能出现过大拉应力而产生裂纹。大体积混凝土的内部最高温度、中心温度与表面温度之间的差值以及混凝土表面温度与室外空气中最低温度之间的差值均有明确的规定。大体积混凝土主要采用“双掺”技术、蓄热保温和预埋冷却管通水冷却的温控措施，以预防混凝土裂缝的产生。

38**4 施工程序与工艺流程**，见图 1。



**5 施工要求**

**5.1 合理选择原材料，优化混凝土配合比**

（1）在混凝土配合比中合理掺用矿物掺合料（粉煤灰、磨细矿渣粉等）替代部分水泥，尽可能降低水泥用量和水化热；

（2）采用水化热较低矿碴硅酸盐水泥，降低混凝土凝结过程中产生水化热；

（3）采用级配良好的碎石，严格控制针状、片状含量不大于、含泥量、要符合《验标》要求；

（4）采用优质中砂，细度模数、含泥量要符合《验标》要求；

（5）在混凝土中掺用高效减水剂，延长混凝土初凝时间，满足混凝土设计强度，延缓水泥水化热峰值出现的时间；

（6）禁止使用温度超标的水泥，以确保混凝土的施工性能和质量；

（7）严格按配合比设计值控制混凝土坍落度；

（8）混凝土生产过程中严格控制各种原材料的称量误差。

**5.2 降低混凝土的入模温度**

夏季或高温天气施工时采取以下措施：

（1）搅拌混凝土时加冰屑或冷水以降低温度。

（2）用凉水冲洗骨料，降低骨料温度。

（3）避开高温天气，在室外温度较低时浇筑混凝土，浇筑温度不宜过大。

（4）混凝土运输时采取措施避开太阳直射确保混凝土最高入模温度不超标。

**5.3 浇筑过程中的控制**

5.3.1 分层分段浇筑，减小浇筑层的厚度，增加散热面，从而降低施工期间的温度应力，以减少产生裂缝的可能性，控制混凝土的浇筑速率，严格控制混凝土的振捣频次和范围。

5.3.2 新浇筑与邻接的已硬化混凝土或岩土介质间的温度不得大于《验标》要求。每个部位测一次，并作好记录。

5.3.3 严格控制混凝土入模温度。混凝土入模温度不得超标。每工作班至少测 3次，并作好记录。

**5.4 预埋冷却水管**

5.4.1 冷却循环系统布置方法：冷却管采用钢管，冷却循环系统布置方法根据计算确定。在绑扎钢筋的同时，进行冷却水管的安装，冷却管要做到密封、不渗漏，并在指定部位设测温装置。同时外部接进出水总管、水泵。为了准确测量、监控混凝土内部的温度，指导混凝土的养护，确保大体积混凝土的施工质量，在构件内合理布设测温孔或温度测量元件。在承台混凝土养护期间测定混凝土表面和内部的温度，通过调节冷却水流量和流速来调整混凝土内部温度。

5.4.2 当混凝土内部和表面温度之差大于规定且通过蓄热保温无法实现控制值

时，应布设冷却水管通水降温。

5.4.3 每层冷却水管均在混凝土浇筑至水管标高后，根据温升情况开始通水，通水流量根据温控计算结果确定，确保水流降温效果。施工时要做好进出水温的测量记录，以便调整控温措施。

**5.5 做好混凝土养生工作**

应在浇筑完毕后规定时间以内进行覆盖保温并进行保湿养护。大体积混凝土浇注完成后采用塑料布或保湿土工布覆盖进行保湿保温。保湿养护必须覆盖严密，并保持内部有凝结水。

**5.6 加强混凝土温度测量监控**

5.6.1 混凝土养护期间，混凝土内部最高温度、混凝土内部温度与表面温度之差、表面温度与环境温度之差、养护用水温度与混凝土表面温度之差等均要符合《验标》要求。

5.6.2 测定混凝土温升峰值及其达到所需的时间，定期记录冷却水管进、出水的温度，绘制混凝土内部温度变化曲线。

5.6.3 根据观测结果确定冷却水管通水量、通水时间和蓄热养护时间等，以降低混凝土内部最高温度内外温差。

**5.7 拆模控制**

5.7.1 温度要求：拆模时混凝土内部温度与表面温度之差、表面温度与环境温度之差等均要符合《验标》要求。混凝土内部开始降温前不得拆模。

5.7.2 强度要求：拆非承重模板，要求混凝土强度应保证其表面和轮廓不受损伤。拆除承重模板必须按设计图纸和《验标》要求的强度执行。

**5.8 操作要点**

5.8.1 施工准备

1 浇灌混凝土的模板，钢筋及管线等应事先全部安装完毕，检查合格。

2 原材料经检查符合要求，试验室已下达混凝土配合比通知单。

3 磅秤（或自动上料系统）经检查度量准确，振捣棒经检查试运转合格。

4 优化混凝土配合比。

配合比设计原则除应符合《大体积混凝土施工规范》4.3条外，尚应符合如下原

则：

1）混凝土配制强度等级按《混凝土配合比设计规程》执行，不宜超强，否则对

温控不利，而且要尽可能利用后期强度，水泥宜采用中低水化热水泥，如矿渣硅酸盐类水泥。

2）混凝土的水灰比宜在0.4～0.6，砂率宜为35～45%，建议砂率取39%以上，初

凝时间宜在4小时以上，坍落度在12～16cm。

3）为了减少绝对用水量和水泥用量，改善混凝土和易性、可泵性和延长缓凝时

间，可掺加优质粉煤灰和抗裂、防渗、减水、缓凝等外加剂。

4）为补偿混凝土的收缩，应掺一定数量的UEA膨胀剂。

5）细骨料宜采用中砂，其通过0.315mm筛孔的颗粒含量不应少于15%，含泥量不得大于1%。粗骨料宜采用连续级配，其针片状颗粒含量不宜大于10%，含泥量不得大于1%。

5 混凝土水化热试验

1）大体积混凝土水泥水化发热量是温度裂缝控制最关键的一个参数，因此，在

进行配合比试验时必须同时进行水化热试验研究。

2）胶凝材料的水化热试验必须进行，并测量3天、7天、14天、28天的发热量。7天的水化热不宜大于250kJ/kg。

3）有条件时应尽可能进行混凝土的水化热试验，避免由胶凝材料的水化热推算

混凝土水化热带来的误差，以提高试验的精度。

6 输送管道设计

1）混凝土输送管应根据工程和施工场地特点、混凝土浇筑方案进行配管，应尽可能缩短管线长度。为减少压力损失，少用弯管和软管。输送管的铺设应保证安全施工，便于管道清洗和故障排除。

2）输送管道布置要求横平竖直。在同一条管线中，就采用相同管径的混凝土输送管；同时采用新、旧管段时，应将新管布置在压力较大处。

3）混凝土输送管应根据粗骨料最大料径、输送距离等确定。当粗骨料最大料径为40mm时，混凝土输送管最小管径为125mm。

5.8.2 材料选择与质量控制

材料措施是选择混凝上原材料、优化混凝土配合比。目的是使混凝土具有较大的抗裂能力，即尽量使混凝土的绝热温升较小，抗拉强度及极限抗伸变形能力较大。原则是在选材的基础上通过优化配比，以获得“低温(低浇注温度)”、“低热(低水化热温升)”混凝土，借以缩小温差，减少或避免裂缝，达到裂缝控制的目的。其具体

做法如下：

1 水泥

为降低混凝土水化热，一般采用中、低热硅酸盐水泥，了解水泥熟料中硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙及铁铝酸四钙等矿物成分含量。使用前应进行水化热分析，并检测其碱含量及化学成分；水泥中C3A含量不宜超过89/6，水泥细度(比表面积)不超过350m/kg，游离氧化钙不超过1.95/5，氯离子含量不宜超过水泥质量的0.2%，水泥含碱量不宜超过水泥质量的0.6%。混凝土内总含碱量不应超过3.0kg/m³。混凝土中胶凝材料最小用量应大于300kg/m。，最大用量不宜超过400kg/m。，最大水胶比为0.50。

2 粉煤灰

所选用的掺和料必须品质稳定、来料均匀、来源固定。矿物掺和料中不应含放射性物质、可溶性有毒物质或其他对混凝土品质有害的物质，应有相应的检验证明和产品合格证。掺人优质粉煤灰取代水泥，进一步降低水化热，提高混凝土的工作性，并进行碱含量试验，粉煤灰烧失量应尽可能低，三氧化硫含量不大于3%，需水量比不宜大于105%。取代量应不少于胶结材料总量的20%，当掺量超过30%以上时，水胶比不宜大于0.42。

3 外加剂

外加剂应具有减水、保塑、缓凝、泵送、等复合功能；使用前检测其碱含量。外加剂供应商提供推荐掺量与相应减水率、主要成分的化学名称、氯离子含量、含碱量及施工中的注意事项、掺和方法和成功使用证明。当混合使用多种外加剂时，应事先专门测定，确保它们之间的相容性。外加剂中氯离子含量不得大于混凝土中胶凝材料总量的0．02％，高效减水剂中硫酸钠含量不宜大于减水剂干重的15％。氯化钙不能作为混凝土外加剂、防冻剂使用，不能使用亚硝酸钠类阻锈剂。

4 粗骨料

采用5～31.5mm连续级配碎石，进一步提高混凝土内部密实度。骨料要求：

1)质地均匀坚固，粒形和级配良好、吸水率低、空隙率低(粗骨料堆积空隙率不超过40％；对不同细度模数的砂子，控制4.75 mm、O.6 mm和0.15 mm筛的累计筛余量分别为O～5%、40%～70%和≥95%)。粗骨料的压碎指标不大于7%，吸水率不大于2%，针、片状颗粒不宜超过5％。

2)粗、细骨料中含泥量应分别低于O.7%和1%；粗、细骨料中的水溶性氯化物折合氯离子含量均不应超过骨料质量的0.02%。

3)粗骨料的最大公称直径应小于钢筋间最小净距和保护层厚度的2/3。

4)不得使用鄂式破碎机生产的粗骨料，严禁使用海砂。使用骨料前应了解骨料有无潜在活性，并通过专门验证。

5)水：混凝土拌和用水中氯离子含量不大于200mg/L。由于大体积混凝土的特殊性，温控防裂常常是其配合比设计中首先要考虑的问题。因此，在大体积混凝土配合比设计时总要尽可能地降低混凝土的放热量，以减少混凝土的绝热温升。

5.8.3 混凝土浇筑施工

1）混凝土浇筑方案应根据结构平面位置、混凝土工程量、混凝土供应能力、预期浇筑时间等确定混凝土泵的数量和平面位置以及搅拌运输车的台数等。

2）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的振捣器的作用深度及混凝土的和易性确定，整体连续浇筑时宜为300-500mm。

（2）整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间隙时间。并应在前浇筑层混凝土初凝之前将次层混凝土浇筑完毕。层间最长的间隙时间不应大于混凝土初凝时间。混凝土的初凝时间应通过试验确定。当层间间隙时间超过混凝土的初凝时间时，层面应按施工缝处理。

（3）混凝土浇筑宜从低处开始，沿长边方向自一端向另一端进行。当混凝土供应量有保证时，亦可同时浇筑。

（4）混凝土浇筑宜采用二次振捣工艺。

3)大体积混凝土施工技术措施

(1)混凝土浇筑顺序的安排，以薄层连续浇筑以利散热，不出现冷锋为原则，分层厚度以50cm为宜，并采取斜面分层、一个坡度、自然流淌、一次到顶、步步推进的浇筑方案。

(2)加强振捣，以提高混凝土密实度和抗拉强度。

(3)混凝土在浇筑振捣过程中的泌水应予以及时排除。

(4)根据土建工程大体积混凝土的特点和施工经验，实测的混凝土内部中心与表面温度差，宜控制在25度之内，在混凝土浇筑24h后，进行通水冷却，冷却水优先采用河水，连续冷却7天，并要随时测量水温。

(5)冷却水管顺承台长向布置，预先做成一定长度的直段，配合U型弯管，尽量减少弯头和接头的数目，减少漏水的机会，在安装水管时管与管的接头用橡皮管作为套管，套管的两头用铁丝缠紧，水管用铁丝与承台架立筋绑扎牢固，浇筑混凝土到水管高度时，应放慢震捣速度，避免水管受到剧烈震动而遭致破坏，安装水管时应及时检查水管和接头质量，安装完毕后及时压水测试，以防漏浆。

(6)大体积承台施工中，需要进行温度控制的项目主要有：混凝土各组成材料的原始温度，混凝土搅拌的拌和温度、入模温度、浇筑温度、冷却水水温和混凝土浇筑后内部水化热温度的测定，温度测定采用铜-铜康热电偶，Jdc-2混凝土测温仪，热电偶固定在承台架立筋上，安装后要有良好的绝缘性和抗干扰能力，测温点在浇筑高度范围内分浅层、中层、深层布置，在平面范围内分中间和边缘布置，混凝土浇筑后第一周每隔2h测一次，第二周每隔6小时测一次，连续测温15d。

(7)利用测温技术进行信息化施工，全面了解混凝土在强度发展过程中内部温度场分布状况，并且根据温度梯度变化情况，可定性、定量指导施工，控制降温速率，控制裂缝的出现。

5.8.4 结构措施

1 合理配置钢筋。配筋是控制混凝土裂缝的主要手段，对于由荷载引起的裂缝及其裂缝宽度上要依靠配筋控制。主要的控制指标有：最小钢筋面积、钢筋最大直径、钢筋最大间距等。除了依据设计规范按结构承载力进行配筋外，还要考虑通过配筋控制收缩裂缝，以减少或抑制收缩裂缝的出现。

2 确定合理的混凝土强度等级。在大体积混凝土施工中，混凝土强度等级高，会使水泥用量增加，从而导致泥凝土内部温度过高，造成内外温差过大，从而引起结构物的开裂。对于大体积混凝土底板，应在满足抗弯及抗冲切的计算要求下，尽可能采用C20～C35级的混凝土。

5.8.5 大体积承台混凝土温控计算分析

在大体积承台混凝土浇注前，应根据方案确定的承台混凝土分层浇注的顺序、混凝土配合比、通水冷却方案、混凝土养护方案，进行承台混凝土热传导分析和温度应力分析。估算混凝土浇注及养护过程中温度变化情况、管冷效果、最大温度收缩应力。并根据温控计算结果调整混凝土配合比、混凝土浇注和养护工艺。混凝土温控分析包括热传导分析和热应力分析两个过程。热传导分析是通过考虑胶凝材料水花反应时产生的热量、对流、传导等因素，计算混凝土温度随时间变化过程；热应力分析是利用计算得到的不同时间的温度，考虑随时间和温度变化的材料特性、干缩、随时间和应力变化的徐变等，计算大体积承台混凝土各施工阶段的应力。

**5.9 冬夏季施工要求**

当工地昼夜平均气温连续 3d 低于 5℃或最低气温低于-3℃时，按冬期施工。当工地昼夜平均气温高于 30℃时，按夏季施工。

**5.10 事先分析与计算**

为了控制构件混凝土内部因水化热引起的绝热温升过高和内外温差过大，防止因混凝土内外温差过大而生产裂纹，要进行详细的计算和综合分析，编制计算书，指导现场施工。具体计算方法按相关规定执行。

**6 劳动组织**

6.1 劳动力组织方式：采用架子队组织模式。

6.2 劳动力按照作业区段、机械、人员、工期要求合理配置，见表 1。



**7 材料要求**

7.0.1 水泥应采用强度高、干缩性小、耐久性好和抗冻性好的水泥。一般可采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。水泥的技术指标和最小水泥用量应符合现行的国家标准。

7.0.2 在混凝土中粗集料指碎石，细集料指砂。无论是粗集料还是细集料均应质地坚硬、耐久、洁净，符合规定的级配，技术指标应满足《验标》的有关规定。

7.0.3 一般饮用水均可用于混凝土施工和养护；对非饮用水，应检验其硫酸盐含量和 PH 值，符合要求时可以采用。

7.0.4 为了改善混凝土的技术性质，可以在混凝土的制备过程中加入一定数量的外加剂。常用的外加剂有流变剂、调凝剂和改变混凝土含气量的外加剂等。外加剂的质量应符合现行的国家标准。

**8 设备机具配置**

混凝土工厂的产量应满足施工的要求，可根据现场的实际情况进行配置或用商品混凝土。振捣和养护设备根据具体施工方案配备。

**9 质量控制及检验**

**9.1 质量控制**

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

9.1.2 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。

9.1.3 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。

9.1.4 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。

9.1.5 严格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。

**9.2 质量检验**

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）混凝土强度的检验评定应符合《铁路混凝土强度检验评定标准》（TB10425-1994）的有关规定，但预应力混凝土、蒸养混凝土、喷射混凝土试件的试验龄期为 28d，其它混凝土试件的试验龄期为 56d。混凝土耐久性的检验评定应符合《\*\*混凝土工程施工质量验收标准》（TB10424—2010），混凝土试件的试验龄期为 56d。

（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。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和物性能、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。

**10 安全与环保要求**

**10.1 安全要求**

10.1.1 水上施工须配备救生圈和救生船。岸上施工根据地质条件设置必要防护措施，并在施工工点设置安全围栏和警示标志，禁止非施工人员随意入内。

10.1.2 水上施工时，施工船舶多，水上交通安全及防撞措施尤为重要，必须加强水上施工船舶的协调工作及航道疏通工作。

10.1.3 起重机械设备设专人操作并配指挥人员，定责定岗；上岗前进行技术培训，制定专项制度和指挥联络方法，考核合格后，持证上岗。定期对施工设备进行检查、保养、维修，确保设备正常运转，安全使用。跨越公路施工时，设专人负责做好防护工作，确保既有公路畅通无阻及人员安全。

**10.2 环保要求**

10.2.1 严格按国家和地方政府有关规定及设计要求做好环保、水土保持工作。开工前详细探测地下管线，做到管线先迁移后施工，确保地下管线安全。

10.2.2 加强施工船舶污染物排放控制，注意防止船舶事故对水域污染影响。制定水上施工作业防污染及安全应急措施，严禁向水域排放油污。施工船舶需限制航速，并在指定区域内航行，避免影响航道通行。

10.2.3 维护自然生态平衡的措施：保护当地自然植被，采取措施使地表植被的损失减少到最低限度。

10.2.4 合理规划施工用地，尽量控制或减少对土地资源不必要的破坏。