



混凝土施工现场质量控制





■ 现场质量控制有两个因素必须时刻关注：

1. **配合比：**注意各种相关因素的变化对配合比带来的影响，如砂石水含量、水的计量误差、外加剂质量波动等。

2. **温度：**高度重视由于气温变化（尤其太阳照射）引起的原材料、施工机具、模板等的温度变化，可能导致混凝土温度升高。



1 影响混凝土质量的主要因素

(1) 原材料的选用与管理

混凝土的组成材料为水泥、砂、石、掺和料、外加剂和拌合用水，这些材料各项性能指标的优劣及其质量稳定性，直接影响到混凝土的质量及性能的优劣，对原材料进行认真细致的筛选，是确保混凝土质量的基础。

(2) 设备管理

设备影响混凝土质量的两个因素主要是设备的计量准确性及搅拌的均匀性。在预拌混凝土生产中，由于采用了机械或电子秤对混凝土生产所需的材料进行精确的计量，混凝土能够按配方严格的配料，这使混凝土的离散性大大减小，使混凝土的质量有相当的保证。

混凝土中各种物料在体系中分布的均匀性对混凝土的质量也至关重要，通过机械搅拌将各种材料均匀拌和是目前主要的方法。搅拌不均匀的混凝土将会导致一系列的质量问题，也会影响混凝土的耐久性。因此，选择合适的搅拌机，遵循科学合理的拌和制度十分重要。



在设备管理中应做到以下几点：

砵码校验（流量校验）

定期对称量系统用砵码校验，遇质量异常波动时应即时复验，以保证混凝土按配合比准确地计量，同时必须保持控制室、各称量控制系统的清洁，必须经常进行维护和保养，以确保生产控制系统的正常运行。

搅拌机维修保养

认真做好搅拌机的维修保养工作，确保搅拌机及其附件的完好，保证搅拌系统各项使用功能的正常。在生产中应确保混凝土有足够的搅拌时间，切忌一味提高产量，随意缩短混凝土的搅拌时间。



2 混凝土质量控制

由于混凝土结构物主要是用以承受荷载或抵抗其他各种作用力，而且混凝土的其他力学性能与混凝土抗压强度之间存在着密切的关系，因此，混凝土强度在很大程度上反映了混凝土质量的全部，并以此作为混凝土质量控制与评定的依据。（当然，不完全合理！）

所谓混凝土质量控制，是实测混凝土强度与质量标准要求之间的差异比较，并对存在差异采取控制措施，目的是将差异控制在允许范围内，使混凝土强度保持稳定。

强度越高
越好吗？

造成混凝土质量波动的原因：

引起混凝土质量波动的因素有原材料质量、施工质量、外界环境条件等，归纳起来，可分为正常和异常因素。

1 正常因素

正常因素是指不可避免的因素，如砂、石质量的波动、计量误差，这些因素属于不可克服或不可避免的误差。在施工中属正常质量波动范围。

2 异常因素

异常因素是指施工过程中出现的不正常情况，如搅拌混凝土时随意加水，原材料称量错误，这些因素对混凝土质量影响很大，它们是可以避免和克服的因素。

3 混凝土匀质性问题

表面颜色的均匀性、表面气孔量、蜂窝麻面情况

影响匀质性的主要因素：

- 原材料来源—稳定、均化、倒仓。（水泥或混合材中组分因密度不同而离析）；
- 配合比设计与优化—避免分层、离析、泌水
- 施工过程—工作性、凝结硬化特性、浇筑的间隔、振捣均匀性；
- 养护与维护

4 混凝土质量现场控制

(1) 新拌混凝土的制备与控制

a. 设计一个好的配合比

配合比是指混凝土所用原材料的配合比例。混凝土配合比的确定基于计算—试验方法，配合比设计好后，还必须进行试验和必要的调整，并在施工后进行验证。





一个好的配合比应具备的条件

- ❖ 满足混凝土各项技术要求，如抗压强度及工作性；还有耐久性要求，如抗折、抗冻、抗渗、抗侵蚀等。
- ❖ 满足混凝土施工性能方面的要求：要求混凝土易于搅拌、运输、泵送和成型的性能，即坍落度要适中，经时坍落度损失较小，工作性好，不易泌水或离析。
- ❖ 经济合理：在满足上述要求的前提下，混凝土成本应尽可能降低。在设计时应平衡原材料用量与其价格的关系，以求达到最优的技术经济指标。



b. 单位用水量对流动性的影响

固定用水量原则：在混凝土集料性质一

定的条件下，如果单位用水量不变，在一定范围内，单位水泥用量即使变化，流动性混凝土的坍落度（流动性）也大体保持不变。



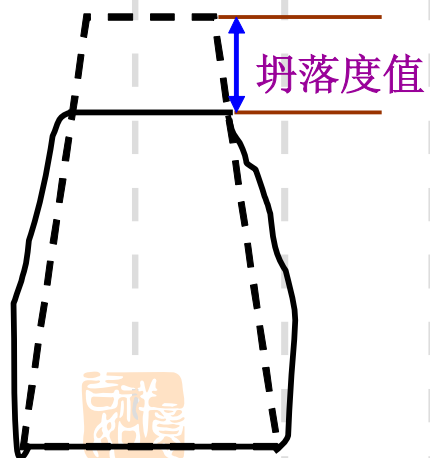


c. 砂率对工作性的影响

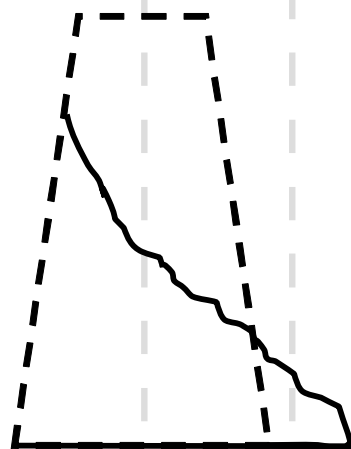
适当的细集料含量的砂浆在混合料中起着润滑作用，减少粗集料之间的摩擦阻力。在一定砂率范围内，砂率增加，润滑作用愈加明显，混合料粘度降低，流动性提高；但砂率超过一定范围后，细集料总表面积过分增加，从而使流动性能降低。



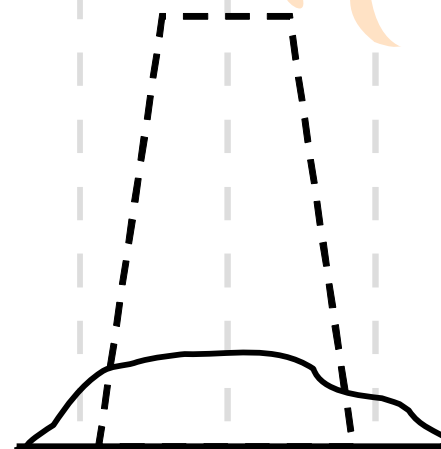
常用的工作性测量方法——坍落度



真正坍落



剪切

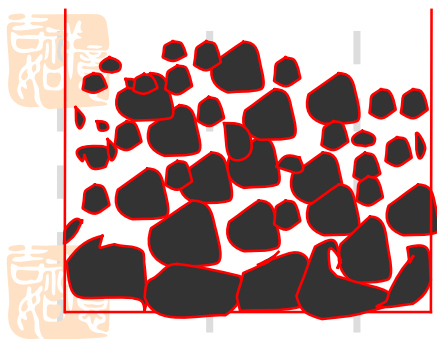


崩塌

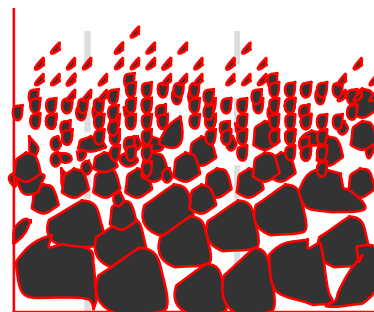
在坍落度试验中必须将“真正坍落”和“一侧剪坏”及“崩塌”等不正常情况加以区分。

(2) 新拌混凝土的离析和泌水

离析:现象描述: 新拌混凝土成分的析出, 导致形成一个不均一的拌和物。 离析有两种类型:



较重的混凝土颗粒
沉到新拌混凝土底部



混凝土和粗集料分离,
稀水泥浆从混合料中淌出



造成离析的原因:

- ❖ 较大的最大颗粒尺寸值和大颗粒的比例;
- ❖ 粗集料的密度比细集料高;
- ❖ 混凝土中较细集料数量的减少 (砂子或水泥);
- ❖ 不是匀称的颗粒, 而是形状不规则、粗糙的颗粒;
- ❖ 太干或太湿的混合物。

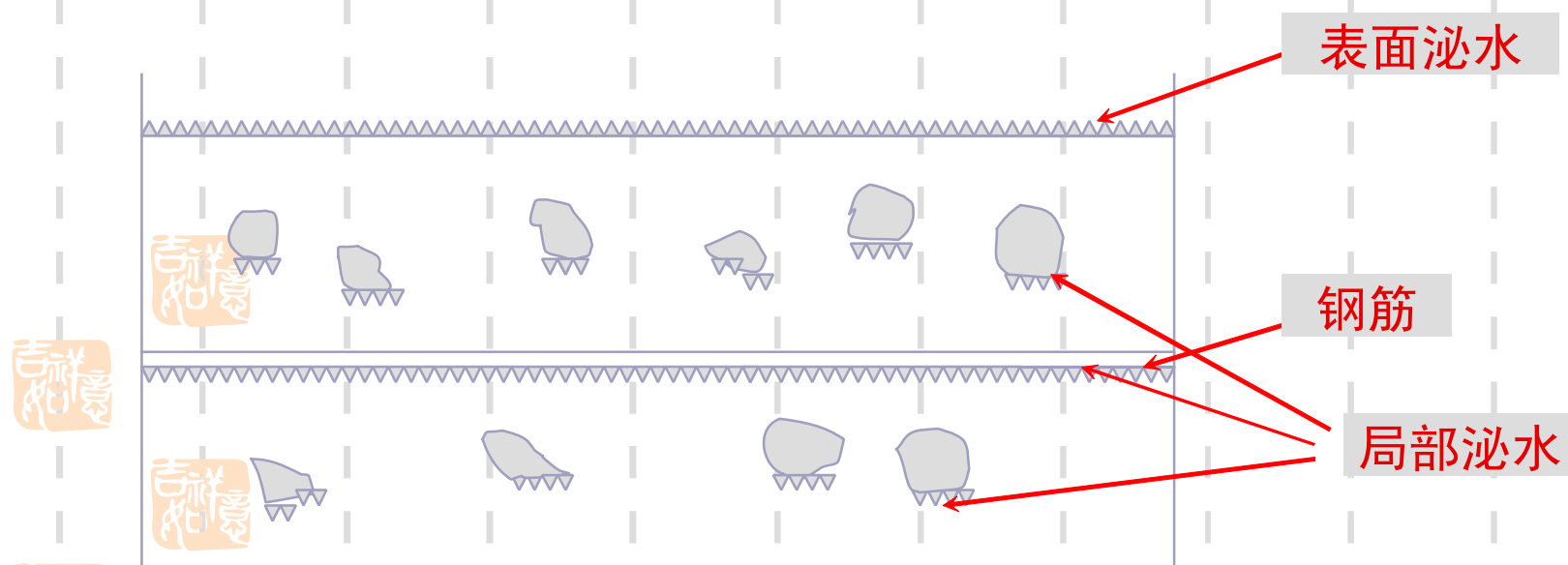


离析的控制措施:

- ❖ 使用级配良好集料、矿物掺和料或引气剂可以降低混凝土的离析;
- ❖ 运输车不能长距离运送混凝土;
- ❖ 在运输过程中轻微的搅动可以减少混凝土因不流动而产生的离析;
- ❖ 多数情况应限制混凝土自由下落距离 ($0.9\sim 1.5\text{m}$)。因为当材料从模板表面跳起或撞击钢筋时, 混凝土离析将增加。

泌水

现象描述：混凝土体积已经固定，没有凝结之前，水分的向上运动，在混凝土表面产生一层水。



混凝土泌水的不同形式：

既可以在表面发生，也可以在大颗粒集料或钢筋底部形成水窝。

泌水的危害:

- ❖ 表面泌水使得上层富含水泥浆，这一区域有过高的 w/c ，导致混凝土强度不够，多孔，缺乏耐久性；
- ❖ 局部泌水会在混凝土中产生一个薄弱区，导致结合力降低；
- ❖ 在温度较高或较干燥的天气里，如果渗出的水蒸发的速度比泌水速度快则会产生塑性收缩裂缝。

泌水的控制措施：

- ❖ 对配合比进行优化；使用微细矿物掺和料；
- ❖ 增加水泥的水化速度，或使用高碱成分和高 C_3A 成分的水泥（但注意水泥水化热）；
- ❖ 使用引气剂，这是比较有效的途径；
- ❖ 在保持工作性的基础上，可以适当降低水的含量（与矿物掺和料配合）。
- ❖ 对浮浆进行必要的处理。

(3) 混凝土施工工艺质量控制



原材料



搅拌



输送



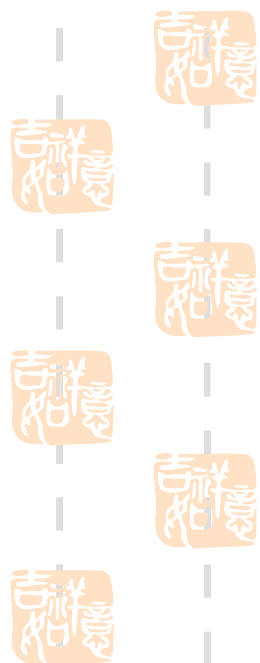
浇注



振捣、抹面



拆模、养护





(4) 硬化混凝土质量的评估

混凝土强度的主要影响因素

水泥



混凝土抗压强度与所用水泥的强度成正比

粗骨料



粗骨料的级配和形貌对抗压强度有影响

水灰比



一定范围内，水灰比与强度成反比



硬化混凝土检测的常规方法

a. 钻芯取样法



钻芯取样机



混凝土芯样



抗压试验机

b. 回弹仪法

依据反弹原理测试混凝土表面强度，是运用普遍的非破损检测方法。但必须指出，回弹硬度与强度之间不存在理论关系或内在关系，而且回弹测量结果受到很多因素影响，因而其合理性正受到质疑。需要与其它手段结合加以评判。



吉祥

混凝土施工技术

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

1 混凝土制备

配料计量允许偏差

施工条件	允许偏差（以质量计，%）				
	水泥	粗细集料	水	外加剂溶液	外掺混合料
现场拌制	±2	±3	±2	±2	±2
搅拌站拌制	±1	±2	±1	±1	±1

- 原材料存放
- 密切注意砂石含水量的变化。

2 混凝土拌制

混凝土应尽可能采用强制式搅拌机拌制，并以大型集中搅拌站为主，移动性搅拌站为辅。

搅拌延续时间是混凝土拌制最重要的指标，时间不足时拌和物将达不到均匀要求，时间过长时拌合物可能产生离析。搅拌延续时间主要根据搅拌机类型、混凝土坍落度等情况确定。



一般混凝土最短拌制时间如下表：

混凝土最短搅拌时间

搅拌机类型	搅拌机容量 (L)	混凝土坍落度 (mm)		
		< 30	30~70	> 70
		混凝土最短搅拌时间 (min)		
强制式	≤ 400	1.5	1.0	1.0
	≤ 1500	2.5	1.5	1.5

施工时密切观察混凝土拌合物质量，加大坍落度或扩展度检测频率，及时发现问题（当坍落度在目标值 $\pm 3\text{cm}$ 属于正常）。当发现拌合物质量异常时，应采取措施。通常调整拌合物工作性的方法有如下几种：

- 调整用水量：一般调整量不超过 5kg/m^3 ，当混凝土强度等级不大于C30时，可适当放宽；
- 保证水灰比不变，调整水泥和用水量，适应于砂、石级配或含泥量有变化；
- 调整砂率：适应于砂石级配的变化；
- 调整外加剂掺量；
- 当变化太大，应停机检查，取样试拌。

3 混凝土输送

- (1) 运距应尽可能短，道路平坦为宜。
- (2) 混凝土的转运次数应尽可能少，以减少离析。
- (3) 运输混凝土的工具应不吸水、不漏浆。如果气温较高还应用不吸水的材料遮盖，以防因温度过高而造成水分的过度蒸发。
- (4) 混凝土运到浇筑地点开始浇筑时，应具有设计配合比所规定的流动性（坍落度）。
- (5) 当混凝土在运输过程中发生离析时应进行二次搅拌。

4 混凝土浇筑

每一构件或块体混凝土的浇筑应连续进行一次浇筑完成。对于先张法在长线上浇筑混凝土时，每条生产线上的构件应该连续完成。


对于结构尺寸较大的现浇混凝土梁体或其他大体积混凝土，可进行分次浇筑，但要根据受力情况或设计要求选择好施工缝的位置。

模板在使用前进行抛光处理，合理选择脱模剂，并按程序涂刷均匀。同时，要避免太阳的直接照射。



5 混凝土振捣

(1) 混凝土用振动棒振捣时应做到“快插慢拔”。快插是为了防止先将表面混凝土振实而与下面混凝土发生分层、离析现象。慢拔是为了使混凝土能填满振动棒抽出时所造成的空洞。



(2) 振动棒每插一点要掌握好振动时间。时间过短不易捣实，过长可能产生离析现象。一般每点振动时间为20~30s。




(3) 混凝土分层浇注时，每层混凝土厚度应不超过振动棒长的1.25倍。在振捣上一层时，应插入下层5~10cm，以消除两层之间的接缝。在振捣上层混凝土时，要在下层混凝土初凝之前进行。



(4) 进行预制梁板施工时，要合理选择振捣工艺及布料工艺。



(5) 使用附着式振动器时，应考虑混凝土构件的厚度和钢筋网的密度，选择振幅与频率，不要追求高振动烈度。





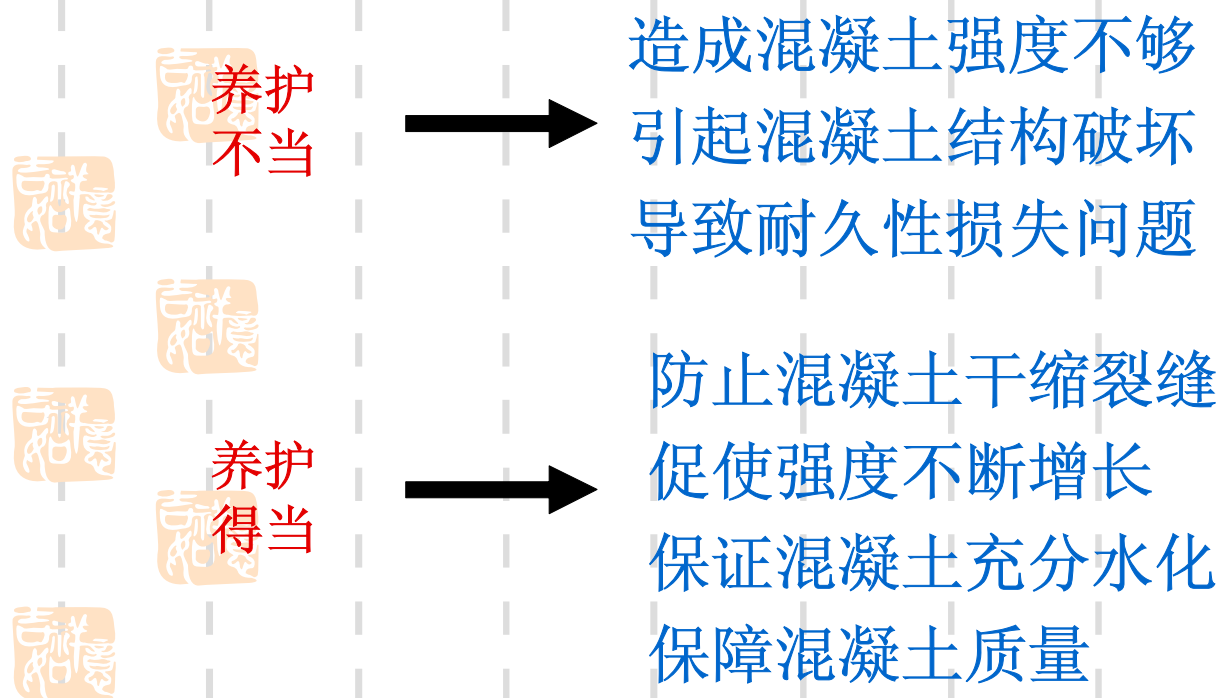
6 混凝土拆模

- ✓ 混凝土结构浇筑后，达到一定强度方可拆模。
- ✓ 模板拆卸时间应按结构特点和混凝土所达到的强度来确定。
- ✓ 不承重的侧模，保证不掉棱角即可拆除；承重模板应待混凝土强度达到规定强度后方可拆除。
- ✓ 拆模后应及时检查外观质量，及尺寸偏差，如发现缺陷应及时修补。
- ✓ 内蒙古地区由于温差大，拆模时还要考虑环境温度。



7 混凝土养护

混凝土浇筑捣实后，在一个相当长的时间内，应保持其适当的温度和足够的湿度，保证混凝土有适宜的硬化条件使其强度不断增长，必须对混凝土进行养护。



（1）混凝土养护的起始时间

- 一般混凝土在浇筑完成后，应在收浆后尽快予以覆盖和洒水养护。
- 对炎热或大风天气下浇筑的混凝土，干硬性混凝土，路面、桥面等大面积、塑性收缩较大的混凝土，应在混凝土浇筑完毕后，立即用湿麻袋或薄膜进行覆盖。当须收浆或平面整饰时再揭开。收浆、整饰完毕后，立即重新覆盖养生。
- 混凝土表面有模板时，应在脱模后立即采用覆盖保湿养生。



(2) 混凝土养护的期限

- 混凝土保湿、保温的养生时间，一般为14~21d;
- 高温天气不宜少于14d，低温天气不宜少于21d;
- 掺粉煤灰的混凝土、机制砂混凝土，可根据气候条件，酌情延长2~3d。



(3) 养护方法

混凝土养护方法较多，应根据工程具体情况、结构物的特点，制定切实可行的混凝土养护方案。

混凝土养护一般方法有：

- ① 土工毡加薄膜养生
- ② 保湿养护膜养生
- ③ 养生剂养生
- ④ 麻袋覆盖洒水养生

(4) 注意事项

- ①混凝土养护用水的水源要求与混凝土拌和用水要求相同；
- ②土工毡、薄膜等覆盖物应紧帖混凝土构造物表面；
- ③养护使用的薄膜应检查是否有破洞，有破洞处可用胶带修补。薄膜覆盖、缠绕应严实，搭接处应用胶带粘牢。
- ④养生剂的选用应通过试验验证，使用时要保证达到规定的用量，且涂刷均匀。

⑤洒水或麻袋湿水养护宜用自动喷水系统和喷雾器进行定期喷洒。湿养护应不间断，不得开成干湿循环。当气温低于 5°C 时，应覆盖保温，不得直接向混凝土表面洒水。

⑥高温天气下混凝土养护和高强混凝土的养护，宜采用土工毡加薄膜缠绕覆盖养生。

⑦大体积混凝土，冬期施工混凝土的养生，按《公路桥涵施工技术规范》执行。

吉祥

混凝土夏季施工与冬季施工

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

吉祥

1、混凝土夏季施工的特点

炎热天气可理解为高气温、低湿度及风速相结合的特定天气，这种天气对新拌制的及正处于硬化阶段的混凝土质量造成损害，产生不正常的性质。

在炎热天气下，影响混凝土质量的因素是气温和相对湿度，在风速加大时，这些因素的影响将更为显著。

炎热天气影响最严重的时候是温度上升、相对湿度下降，或者两者同时发生时。即使空气温度相同，但在干燥大风的日子所采取的预防措施也应该比在和风湿润时要求严格。

➤ 在夏季炎热高温条件下进行混凝土施工，搅拌后的混凝土温度会升高，浇筑后硬化阶段的混凝土还要经受周围的高温影响。

当混凝土处于塑性状态时，夏季炎热天气所引起的不利影响包括：

➤ 增加需水量。

➤ 坍落度减少。

➤ 凝结速度加快，因而加大了混凝土装卸、抹光及养护的困难，易导致接茬不良。

➤ 增加产生塑性裂纹的可能。

➤ 难以控制含水量。

当混凝土硬化之后，夏季炎热天气所引起的
不利影响包括：

- 高温加热模板，引起局部混凝土快速脱水；
- 由于高温度及高用水量，导致强度降低。
- 增加产生干缩裂缝及温差裂缝的趋势。
- 降低耐久性。
- 降低外观均匀性。



在下列情况下，夏季施工要特别注意：

- ①使用磨细度很大的水泥（水化快）；
- ②使用需要富水泥用量的高强混凝土；
- ③混凝土断面小而相应含钢率高的设计；
- ④大量低坍落度混凝土沿水平及垂直方向作较长距离的运输；
- ⑤在特炎热条件下连续施工；
- ⑥使用了抵消收缩型水泥—膨胀水泥。



2、混凝土夏季施工的工艺要求

(1) 原材料选择

水泥：在夏季炎热天气条件下，应尽量使用低水化热的水泥，这可以防止混凝土因水化热产生的温度裂缝。必要时，水泥仓要隔热。

骨料：在混凝土中，骨料用量最大，因此骨料温度对混凝土的温度影响较大，施工时尽量使用低温度骨料，并使骨料避免日光直接照射，采用覆盖或洒水的措施防止骨料温度上升。

水：在混凝土中，水的比热最大。要降低混凝土的制成温度，利用低温水最为方便，可采用井水(地下水)。贮水槽、输水管要避免阳光直接照射，必要时可采取冷却措施。

(2) 配合比确定

- a. 炎热条件下混凝土的单位用水量必须适当，否则混凝土容易产生缺陷。
- b. 根据运输条件和施工方法通过试拌来确定配合比，故应采用优质骨料，严格控制砂石含泥量，改善砂石级配，尽量采用坍落度小、单位用水量少、水灰比小的混凝土拌合物，以增加混凝土对裂缝发生的抵抗能力。



c. 确定配合比时，既要考虑由于单位用水量增加，对后期强度发展减少的影响，还要考虑单位用水量减少对坍落度减少的影响。

d. 使用缓凝型减水剂，对防止减少坍落度效果不大，但对捣固和整修工作有利，可以防止接茬不好，可以因减少单位用水量和单位水泥用量而减少水化热的影响。原则上不使用早强型外加剂！



(3) 施工中采取的措施

a. 混凝土搅拌：在炎热高温条件下搅拌混凝土时，应尽量采用水化热低的水泥，混凝土的搅拌温度不超过 30°C （等级高时从严控制）。

b. 混凝土运输：在炎热高温条件下运输混凝土时，坍落度下降较大。尽量缩短运输距离，对混合料加以覆盖。

以下几点值得注意：

- ①选择好的运输设备，运输距离和时间尽可能短，控制在1h内。
- ②使用手推车、皮带运输机、翻斗车等运输时，白天要覆盖，以防曝晒。
- ③用混凝土泵送时，输送管要包裹湿布。
- ④在输送过程中即使减小了坍落度，在浇灌地点也不应重新加水搅拌。
- ⑤为防止运输引起坍落度降低，比较有效的办法是采用后添法掺缓凝型减水剂。

c. 混凝土浇灌：

- ①夏季炎热条件下浇灌混凝土前，对模板、钢筋、以及浇灌地点的基岩或旧混凝土等，洒水冷却，在浇灌地点采取措施，以免温度升高和干燥。
- ②在浇灌过程中，混凝土浇灌时间要短，施工应尽量安排在白天气温较低时，浇灌和捣固混凝土要迅速。
- ③白天浇灌的混凝土，应避开阳光照射，配制低温混凝土和利用夜间施工是有利的。
- ④浇灌时混凝土温度应低于 35°C 。
- ⑤对于一些重要结构，有可能时应尽量避开高温季节施工，不得已也要选择阴凉天气或夜间施工

d. 夏季混凝土养护方法及注意事项

- (1) 浇灌混凝土后，应立即在其表面覆盖薄膜。在不能覆盖的情况下，可在表面喷水防止干燥。
- (2) 对于表面要求平整、有抹面要求的混凝土，可喷刷塑料薄膜养生液进行养护。
- (3) 为了使混凝土表面在不受损伤的情况下硬化，要覆盖麻布，草帘子、席子等，并充分洒水，至少在24h内保持湿润状态。
- (4) 对于重要结构至少湿润养护28d，停止养护时，也要逐渐干燥，以免产生裂缝。
- (5) 避免曝晒、风吹和雨淋，在气温变化较大的夜晚，要用保暖材料加以覆盖。
- (6) 对早强混凝土，要格外注意洒水养护。



3、冬期施工期限的划分原则

《建筑工程冬期施工规程》(JGJ104—97)

规定：

根据当地多年气温资料统计，当室外日平均气温连续5d稳定低于 5°C 即进入冬期施工；当室外日平均气温连续5d高于 5°C 时解除冬期施工。



4、混凝土冬季施工的特点

新浇混凝土在养护初期遭受冻结，当气温恢复到正温后，即使正温养护至一定龄期，也不能达到其设计强度，这就是混凝土的早期冻害。

温度偏低会影响水泥的水化速率，限制混凝土强度的发展。混凝土的早期冻害是由于混凝土内部的水结冰所致。

混凝土受冻临界强度：混凝土允许受冻而不致使其各项性能遭到损害的最低强度称为混凝土受冻临界强度。

5、混凝土冬期施工的工艺要求

(1) 原材料的控制措施

- ① 优先选用早强硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。
- ② 用热水搅拌混凝土是保证冬期混凝土拌合物质量的重要措施。
- ③ 拌制混凝土所采用的砂、石骨料应清洁并堆放在暖棚内，不得含有冰、雪、冻块及其它易冻裂物质。
- ④ 使用具有减水、增强、防冻、引气等功能的复合型防冻剂。
- ⑤ 选择冬期施工保温材料。

(2) 搅拌、运输、浇筑过程中的控制措施

混凝土的搅拌应在搭设的暖棚内进行，应优先采用大容量的搅拌机，以减少混凝土的热量损失。

混凝土浇筑应加快速度，采用随浇筑，随振捣，随覆盖保温的原则连续作业，混凝土拌合物的入模温度不低于 10°C ，混凝土坍落度比常温下尽量减小，在满足泵送前提下，可减小 $2\text{ cm}\sim 4\text{ cm}$ ，混凝土振捣采用机械振捣，振捣时间比常温有所增加，施工缝留设应在梁跨度中间 $2/3$ 范围内，或直接留在后浇带位置。

(3) 养护措施

混凝土冬季施工养护措施可采用以下几种方法:

a. 蓄热法

采取加热拌和水或砂等方法, 使混凝土拌合物在浇筑成型时温度不低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 混凝土成型后立即覆盖保温养护的方法。

蓄热法是一种简单而经济的方法, 应优先采用, 尤其对大体积混凝土更为有效。

只有采用蓄热法不合要求时, 才增加其它养护措施。





b. 暖棚法

对体积不大、施工集中的部位可搭建暖棚，棚内安设蒸汽管路或暖气包加温，使棚内温度保持在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 以上。搭建暖棚费用很高，包括采暖费，可使混凝土单价提高50%以上，故规范规定，只有“当日平均气温低于 -10°C 时”，才必须在暖棚内浇筑。



C. 蒸气法

采用蒸气养护，适宜的温度和湿度可使混凝土的强度迅速增长，甚至1~3天后即可拆模。蒸气养护成本较高，一般只适用于预制构件的养护。

d. 电加热养护法

在浇筑块内插上电极，利用交流电通电到混凝土内部，以混凝土自身作为电阻，把电能转变成加热混凝土的热能。当采用外部加热时可用电炉或电热片，在混凝土表面铺一层被盐水浸泡的锯末，并在其中通电加热。电热法耗电量大，故只有在电价低廉，小构件混凝土冬季作业中使用。