

水利工程中混凝土施工质量控制要点分析

徐慧敏

通化市水利水电工程质量监督站

摘要：随着现代水利工程建设事业的快速发展，混凝土施工技术的应用要求越来越高，如何采取科学合理的方法举措，全面保障混凝土浇筑质量，备受业内关注。本文首先介绍了混凝土的性能，从原材料控制、混凝土配合比设计及模板工程施工，浇筑工艺和振捣等流程，分析了水利工程混凝土施工过程。在该基础上，结合相关实践经验，直至深入提炼了水利工程中混凝土浇筑质量控制措施。

关键词：水利工程；混凝土施工；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.063

疫情过后，当今社会经济发展活力显著增强，水利工程项目建设节奏明显加快，随着国家高质量发展实施方案的推进，对混凝土施工质量的各项技术要求更加突出。当前形势下，技术人员有必要立足水利工程项目实际，确切把握混凝土浇筑施工技术方法，保障水利工程项目建设的整体质量效果。

一、水利工程混凝土施工现状

水利工程建设是庞大且复杂的系统工程，承担着农业灌溉、防洪排涝、发电和水利综合利用等功能作用，是保障现代化社会经济发展的重要手段。混凝土施工是水利工程的重要组成部分，对整体工程施工质量控制极为关键，对工程的质量进度也有着重大影响。对混凝土施工技术要点进行全面掌握，提出合理的质量管控措施，才能确保施工质量符合设计要求。因此，需要对混凝土施工技术要点进行综合性分析，并加强质量管理控制力度，确保混凝土施工的有序性开展，为水利工程功能的有效性发挥创造良好条件。水利工程施工中的混凝土施工具有明显的时节性特征，如雨季容易受到雨水影响，不利于其导流工作的开展，冬季温度较低，难以施工；施工工艺较为复杂，工种较多，交叉作业繁多，对施工技术水平提出了较高的要求；混凝土施工中对施工环境温度要求较高，一旦温度过高或者过低容易引起混凝土裂缝问题，危害整体水利工程结构体质量。因此，需要对混凝土施工技术进行合理研究，加强施工质量管控力度，促进整体工程施工效果的提升。

二、混凝土的特性

2.1 混凝土的优越性

混凝土是水利工程建筑施工中的常用材料，在工程实践中具有重要现实作用。混凝土的优越性首先体现在强度系数方面，其质地坚硬、耐磨、耐风化，物理力学性质稳定，在多类型工程项目建设中均具有较强适用性。在未凝固状态下，混凝土具有较强可塑性，可根据工程施工需求，浇筑成为不同尺寸和形状的构件，用于工程整体，满足工程结构多样化需求。在复合力方面，混凝土可与钢筋、树脂等材料复合，进一步提升其物理力学性能，同时可降低经济成本，减少施工能耗^[1]。混凝土属于非均质材料范畴，尽管具有较高抗压强度，但抗冲击、抗折、抗拉强度相对不足，往往需要配合采用

钢筋等材料进行强化，混凝土的抗冻、抗渗强度需辅以外加剂得以实现。在混凝土浇筑完成后，需进行长时间养护硬化。

三、水利工程混凝土施工流程

3.1 混凝土施工具体事项

3.1.1 施工前期准备

施工前期工作是水利工程混凝土浇筑施工的重要环节。在该环节，应搜集分析水利工程项目所处区域范围内的水文地质、气象条件、结构规模等基本信息，依据施工现场的勘察结果，确定符合工程实际和设计要求的混凝土浇筑的施工技术方案。配置性能稳定的运输设备、泵送设备和浇筑设备等，避免因设备性能不稳而导致的施工中断。对混凝土浇筑施工作业人员进行必要指导与培训，提高其实操技能。有针对性地执行混凝土浇筑完成后的养护措施，准备相关工程材料。

3.1.2 原材料的选择

(一) 水泥

选用普通硅酸盐水泥，在满足混凝土基本质量要求的基础上，尽量降低水泥使用量。水泥材料的选择应用，应按照相关技术要求对其性能指标进行检验检测，获取其初凝时间、终凝时间、安定性和标准稠度用水量等指标，不满足普通硅酸盐水泥标准及水利工程施工要求的原材料一律不得入场使用。

(二) 碎石骨料

碎石骨料的采用必须符合现行的施工规范及相关标准的要求，水工砼选用二级配，粒径大小5mm-20mm、20mm-40mm，最大粒径40mm，严格控制细骨料含泥量，防止因含泥量过高而降低混凝土整体性能，粗骨料的着重点在于超逊径问题，骨料应级配良好。

(三) 砂子

要求砂料细度模数在2.4~3.0之间，对砂子进行过筛处理，选择特定大小筛孔的筛子，对不符合技术要求的砂子予以筛除。控制砂子含水率及含泥量，剔除存在明显质量缺陷的砂子，消除影响混凝土性能的潜在隐患。

(四) 外加剂

混凝土原材料中的外加剂选用根据不同气候不同条件而定。主要包括防冻剂、减水剂等，通过搭配高效减水剂，混凝土配制过程中的拌和水使用量可相应减少，提高混凝土的流动性和减少气泡，其整体和易性将得到显著增强，且有利于降低水化热，改善混凝土工作性能和可靠性。防冻剂主要用于在低温情况下保护混凝土不收伤害，增加混凝土的冻融循环性能。

所有原材料进场后都需按现行的施工规范的规定进行取样复检，经检测合格，符合设计标准方可使用。

3.1.3 原材料的存放

(1) 水泥的特性是不能接触水，所以存放的位置一定要在比较干燥和有一定高度的地方，这样水泥才能避免遇水结块以及和其他物质产生化学反应。水泥的堆叠高度不宜超过10袋，如果迫不得已露天堆放时

候。一定选择地势高的地方，因为有利于防雨和排水。

(2) 粗细骨料和砂子，根据不同名称、产地、品种、粒径、用途进行标识，并分别堆放，且不能与石灰接近。

(3) 钢筋存放在干燥、地势高的地方，雨季注意遮盖防水，以防生锈。

3.1.4 混凝土配合比的选择

在水利工程混凝土施工中，如何科学准确计算混凝土配合比，以确保达到最优效果，成为控制混凝土浇筑施工质量的重要考量因素。对此，可委托检测单位根据设计要求和原材料的性质，开展配合比试验，获取相应的试验技术参数，通过比较调整优化配比，使配合比趋于最优。

监理工程师履行原材料见证取样的职责，并填写见证取样记录单，委托相应资质等级的检测单位进行混凝土配合设计和试验配制工作。在检测单位出具的配合比实验单及相应的混凝土抗压抗冻等性能，能够满足工程的设计要求后，才能进行混凝土的搅拌和浇筑工序。首次使用的混凝土配合比应进行验证，确定其满足设计配合比的要求。混凝土搅拌前，要测定砂、石含水率，并根据测试结果调配原材料用量。

3.2 混凝土施工工艺

3.2.1 模板的安装

选择平整度和整洁度较好的模板，把上面的灰尘、杂质清理干净，浸润，保持足够的湿润度，然后才能进行下一步的模板支立施工。模板和支架应具有足够的稳定性和刚度。在支立模板的过程中，应保证底部紧贴调平层，保障模板的稳定性、牢固性。如果调平层与模板底部的接触不够紧密的话，要对模板进行垫衬或者堵塞处理，避免混凝土在搅拌时发生漏浆的现象。侧模板之间的接缝必须平整严密，无错台现象。混凝土浇筑过程中，应安排专人检查，及时调整模板的位置，对侧模进行有效加固。防止模板变形或移位，影响混凝土的浇筑质量。在混凝土浇筑之前，应当将一层塑料性薄膜铺在模板内侧，这样可以很好地解决漏水、漏浆等问题，还可以确保混凝土板侧无蜂窝、平整美观，从而保证混凝土的强度以及密实度。

3.2.2 混凝土浇筑施工工艺

混凝土应分层、分块浇筑。首层混凝土浇筑前，应在基础面铺摊一层厚2~3cm厚与混凝土强度同等级的水泥砂浆。混凝土浇筑层厚通常控制在30~50cm之间，一般不大于60cm。混凝土生产拌制能力决定了混凝土浇筑层厚和铺设面积，这样才能保证在下层混凝土初凝前能及时覆盖上面一层的混凝土。混凝土铺设方法常用浇筑缝法，即在结构中预留伸缩缝。入仓铺料一般采用平铺法，局部采用台阶法。

入仓的混凝土边铺料边平仓，边振捣，不可堆积。仓内避免砂浆下沉，骨料向上堆叠产生离析，影响混凝土质量并造成内部蜂窝。混凝土平仓以人工平仓为主，不得以振捣代替平仓。靠近模板及钢筋密集处，要谨慎操作，避免振动强度过大使模板和钢筋变形。

混凝土浇筑过程中，禁止往仓内加水，当发现混凝土和易性较差时，采用加强振捣等措施来加以改善。如遇仓内表面泌水多，应及时采取措施，排除仓内的泌水，不得在模板上开孔赶水，避免出现流失灰浆的现

象。

3.2.3 温度控制及振捣

温度条件是影响混凝土施工效果的重要因素，必须在施工中注重对环境温度的控制与优化，将温度条件控制在最优状态，确保混凝土形成良好初凝效果。采取预冷或冷管法等，调节混凝土浇筑温度，获取最优温度环境，消除后期可能存现的麻面或裂缝等问题。混凝土浇筑时，采用插入式或平板振捣器，采用二次振捣法，控制好振捣强度，需均匀振捣，振捣时间适当，把混凝土内部的气泡空隙排出，上下层混凝土结合要密实，避免漏振或过振。

四、水利工程中混凝土浇筑质量控制措施

4.1 混凝土拌和的质量控制要点

混凝土分商品混凝土和现场拌制混凝土两种。

商品混凝土是在商品混凝土搅拌站预先拌制好的，经过严格的质量检查程序，质量有一定保证。拌合配制过程同时也是其综合性能形成的过程，需考虑后期运输环节的热损失，保证施工时其具备足够温度，避免出现早凝等现象。

现场拌制的混凝土容易受到工地环境、机械设备操作和人员因素的影响。但可随时搅拌随时使用。拌制砼时，必须按检测单位签发的混凝土配合比进行配料，按最佳投料顺序和拌合时间进行拌和，不可擅自更改。水泥、砂子、粗细骨料、掺合料以重量计、水及外加剂溶液可由重量换算成体积，称量时不能超过规定的偏差数值范围。搅拌站应设配合比标识，包括设计配合比【水泥：砂子：粗骨料：细骨料：外加剂：掺合料】、每立方米混凝土的水泥用量和施工配合比。施工前需检查拌合设备的性能，如发现与设计配合比不相适应时，及时调整混凝土的配合比。在混凝土拌和过程中，随时根据气候等条件变化定时检测砂子和碎石的含水量，砂子的含水量尤为重要，以便随时调整混凝土拌合物的含水量，达到最优效果。混凝土的拌制过程中，要保持砂子、骨料含水率的稳定，砂子的含水率应控制在6%以内。外加剂的正确使用方法，是将外加剂溶液均匀配入拌和用水中，再同其他原材料混合。混凝土拌合物的搅拌应均匀，不得有颗粒物或团块，并保持对混凝土的塌落度进行监测。

4.2 混凝土浇筑的质量控制要点

(1) 基础验收及浇筑前的准备

水工建筑物基础经验收合格后，方可进行仓面准备。基础一般分软基、砂砾石基础、岩石基础三种。软基需保证预留保护层已挖除，砂砾石基础确保无杂物，无淤泥，无积水，岩基则需清除杂物、泥土及风化软弱夹层，露出新鲜岩石，冲洗干净且及时排净积水，清洁后的岩基在浇筑砼前需保持洁净和湿润。如遇混凝土仓面需凿毛或冲毛完成。基础确保处理妥当才能浇筑混凝土。混凝土浇筑前，相关准备工作不可或缺：核实基础处理情况，检查模板、钢筋绑扎、预埋件及止水设置等是否符合设计要求。模板表面平整，无附着砂浆残留，是否涂抹脱模剂，钢筋上无尘土、绿锈，提高混凝土附着效果，混凝土应在初凝前进行浇筑，如有初凝现象若浇筑作业前，混凝土出现离析等状况，则应及时进行再次搅拌，同时控制混凝土温度，将入模温度控制在5℃以上。

(2) 混凝土入仓注意事项

岩基面和砂砾石基础面的浇筑仓及原有混凝土的迎水面浇筑仓,在浇筑第一层混凝土前,通常先铺一层2~3cm厚的水泥砂浆,砂浆水灰比应和混凝土浇筑强度相适应。混凝土浇筑应按既定层厚、以先边角后中间的顺序一次性浇筑,并使混凝土充满模板。浇筑层厚应由拌合设备的拌和能力、运输或传送距离、浇筑速度、气温及振捣器的性能等多种因素来确定。入仓的混凝土边铺料边平仓边振捣,不可堆积。混凝土入仓时不可集中倾倒以防强力冲击模板和钢筋骨架,自高处倾落的自由落体高度不应超过2米,否则应延斜槽、溜管等下料,以防混凝土因自由下落高度过大而产生离析。并且出料管口离浇筑层的倾落自由高度应小于1.5米。避免仓内粗骨料堆叠,骨料间有或大或小的空隙,形成内部蜂窝,产生离析。混凝土浇筑面应保持水平,浇筑仓位于倾斜面时,应由地势低向地势高处浇筑。混凝土浇筑过程中,不得往仓内加水。如发现混凝土和易性较差时,可采取加强振捣等措施来加以改善,不合格的混凝土严禁入料。

(3) 混凝土浇筑的持续性

已浇筑好的混凝土,在强度到达2.5MPa之后,方可进行上一层混凝土的支模与浇筑。混凝土浇筑应尽可能保持连续作业,采用普通硅酸盐水泥拌和的混凝土在时温20℃~30℃条件下施工时,若中途因故中止,上下两层混凝土施工允许间歇时长不超过90分钟,否则按施工缝处理。下层混凝土表面用高压水冲毛机冲毛、也可用风砂枪、刷毛机或采用人工凿毛并清洗干净,再行浇筑新的混凝土。浇筑过程中,如遇仓面泌水多,应及时采取措施,尽快排除仓内泌水。不得在模板上开孔赶水,以致产生灰浆的流失。

(4) 混凝土的振捣

混凝土采用振捣器振捣密实。点位的振捣时间,应以混凝土表面呈水平,不产生明显下沉、无气泡出现,产生浮浆时为止。振捣点位一般呈梅花状排列,振捣器前后两次插入混凝土振点的间距,不超过40厘米。振捣器通常应垂直插入混凝土中,有序依次振捣,每次振捣时长30秒,振捣频率取决于混凝土塌落度的大小。若有倾斜,则倾斜方向需保持一致,目的是不漏振、不过振,且振捣器拔出混凝土时不宜过快。选择振捣器的振捣能力与仓面大小相关。浇筑的首层混凝土卸料后的接触范围内,要加强振捣。两层混凝土浇筑时间间隔不超过1.5小时,振捣上层混凝土时,要将振捣器插入两层混凝土交界处土5cm左右,不间断搅动,防止出现冷缝。仓内使用振捣器够不到的部位,要采用人工捣实。振捣完用木抹子找平。顶面的混凝土浇筑完毕,需达到设计要求,避免麻面、骨料外露、露筋等情形。

(5) 雨天的混凝土施工

逢遇雨天,不宜露天浇筑混凝土。已入膜振捣成型的混凝土要及时进行覆盖,达到有效防雨。支模后无法及时浇筑混凝土,要在模板适当位置预留排水孔,加强仓内排水,防止积水。小雨若不停工可搭设雨棚,适当减少混凝土拌和水量,降低出料口的混凝土塌落度。不得已设置临时施工缝时,雨后再施工,需对施工缝进行处理后再行浇筑。

4.3 混凝土养护的控制要点

混凝土浇筑完成后,需要进行养护。水工混凝土的强度变化是持续性的,并且变化速度是比较缓慢的。若不妥善养护,可能会导致混凝土出现裂缝等安全隐患。混凝土浇筑完成后的28天内,可根据实际需要进行适当养护,以确保混凝土的各项性能指标能够达到设计要求。

混凝土的养护,主要是为了水泥能够充分水化,加快混凝土的硬化,并防止混凝土成型后因外部气候、温度等自然因素的影响,导致混凝土出现超出正常范围的收缩、裂纹、裂缝等现象。混凝土的水化作用必须在适合的温度和湿度条件下方可完成。混凝土常温养护的温度范围是5℃至35℃,养护条件最佳为温度18℃至22℃之间,相对湿度应保持在90%以上。当温度低于5℃时,即采取加热保温养护,或适当延长拆模和养护时间。

混凝土养护的常规做法是人工洒水养护,维持混凝土养护面的湿润度。防止早期裂纹的出现,养护面表面用塑料布覆盖养护。通常浇筑完12~18小时内开始养护,遇高温干燥气候,需提前养护。混凝土养护时间,根据所用水泥品种确定。普通硅酸盐水泥混凝土不少于7天,防水混凝土的养护时间不少于14天。重要部位及构件的混凝土,如遇干燥、气温过高的天气,可适当延长养护时间。混凝土强度达到1.2MPa之前不得在上面踩踏和安装模板及支架。竖向构件表面不适合浇水和覆盖塑料布时,可涂刷养护液或喷膜养护。模具拆除时间和停止养护时间应由实验室对同条件下的养护试件进行检测所确定。混凝土浇筑拆模后出现开裂和非贯穿裂缝时,应及时修补和加固,以确保混凝土的强度和质量。

五、结束语

综上所述,受工程设计、材料配制与施工控制等因素影响,当前水利工程混凝土浇筑实践中依然存在诸多短板与不足,不利于实现最优化的工程施工成效。因此,施工技术人员应密切结合水利工程项目实际情况,精准把握混凝土浇筑施工的各项技术要点,制定完善可行的施工技术方,根据混凝土浇筑施工规范要求,把培训施工作业人员专业技能常态化,形成有效的施工全流程质量控制体系,从而全面保障水利工程项目建设的高质量发展。

参考文献

- [1]康朴.水利工程水库大坝大体积混凝土温控养护技术研究[J].四川水利(下旬刊),2023,44(2):73-76.
- [2]刘洋,马霄.水利工程中混凝土检测试验及其质量控制措施分析[J].科技资讯,2023,21(6):83-86.
- [3]李金丽.水利工程施工现场的干硬混凝土检测技术研究[J].水利科技与经济,2023,29(5):126-132.
- [4]杨梦鑫,马腾飞,高珊,等.水利工程建筑物混凝土裂缝的预防与控制技术研究[J].水利科学与寒区工程,2023,6(5):8-10.
- [5]孙峰,杨建辉.混凝土密实增强剂对改进水利工程用混凝土性能的影响[J].中国市政工程,2023(11):50-53.

作者简介:徐慧敏(1970.01-),女,汉族,江苏泰州,本科毕业,现任副高级工程师,研究方向:水利水电工程,水利工程质量监督。