

水工建筑物混凝土结构施工技术难点分析

贾春亮

湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司 湖北 武汉 430000

摘要: 水工混凝土施工面临多重技术难点。施工环境上, 水域环境干扰与复杂地质条件影响进度与质量; 材料性能方面, 高性能混凝土配合比优化、拌合运输性能衰减控制及特殊环境适应性调整难度大; 结构施工精度与成型质量上, 大体积异形结构模板、浇筑过程及衔接部位施工精度把控不易; 耐久性保障上, 温度裂缝、抗渗及抗侵蚀性能提升均面临挑战, 需综合考量多重因素, 采取针对性措施, 以确保水工混凝土施工质量与结构安全。

关键词: 水工建筑; 混凝土结构; 施工技术; 难点分析

引言: 水工混凝土施工在水利工程中占据关键地位, 其质量直接影响工程的安全性与耐久性。然而, 在实际施工过程中, 面临着诸多复杂且棘手的技术难题。从施工环境适配来看, 水域环境干扰与地质条件复杂给混凝土施工带来巨大挑战; 材料性能控制方面, 高性能混凝土配合比优化、拌合运输性能衰减控制以及特殊环境适应性调整均存在难点; 结构施工精度与成型质量控制上, 大体积异形结构模板、浇筑过程及衔接部位施工精度把控不易; 耐久性保障中, 温度裂缝、抗渗及抗侵蚀性能提升也面临诸多困难。

1 施工环境适配相关技术难点

水工建筑物通常选址于江河、湖泊、水库等水域周边, 不少关键结构还需在水下开展施工作业。这种复杂且特殊的施工环境, 给混凝土施工带来了诸多严峻挑战, 其中水域环境干扰与地质条件复杂两大方面尤为突出, 成为影响施工进度与质量的首要难点。(1) 水域环境干扰对混凝土施工的影响显著。在水上施工时, 水流的速度、流向以及波浪的起伏等, 都会对混凝土的浇筑过程产生干扰。水流过快可能导致混凝土在运输和浇筑过程中发生离析现象, 影响其均匀性和密实性; 波浪的冲击力可能使刚浇筑的混凝土表面受损, 出现蜂窝、麻面等质量缺陷。而在水下施工时, 水的压力、浮力以及水流对模板和钢筋的冲刷作用, 都会增加施工难度。水的压力会影响混凝土的凝固过程, 可能导致混凝土内部产生孔隙; 浮力则会使模板和钢筋的定位变得困难, 影响结构的尺寸精度。(2) 地质条件复杂也是不容忽视的问题。水工建筑物所处地段的地质情况千差万别, 可能存在软弱地基、断层、溶洞等不良地质现象。软弱地基的承载能力不足, 在混凝土浇筑过程中容易发生沉降和不均匀变形, 导致结构开裂; 断层和溶洞的存在会破坏混凝土结构的整体性, 增加渗漏的风险。此外, 不同地

质条件下的地下水情况也各不相同, 地下水的酸碱度、水位变化等都会对混凝土的耐久性产生不利影响。因此, 在复杂地质条件下进行混凝土施工, 需要采取针对性的地基处理措施和施工工艺, 以确保施工质量和结构安全^[1]。

2 混凝土材料性能控制难点

2.1 高性能混凝土配合比优化难点

水工混凝土因结构功能与工作环境各异, 需精准调整配合比, 以协调强度、耐久性和工作性间的关系。(1) 大体积水工混凝土, 为控制水化热、减少温度裂缝, 要科学选定胶凝材料品种、掺合料掺量及外加剂类型。例如, 选用低热水泥、适量粉煤灰等掺合料, 可有效降低水化热。水下或水位变动区混凝土, 为保证抗渗性与抗冻性, 需精确控制水胶比、骨料级配等参数, 水胶比越小, 混凝土密实性越好, 抗渗抗冻能力越强。(2) 但不同地区骨料、胶凝材料性能有别, 且施工环境中的温度、湿度变化会改变混凝土凝结硬化特性。这使得配合比优化需综合考量多重因素, 控制难度大增。一旦配合比设计不合理, 就会引发诸多问题, 如混凝土流动性欠佳, 难以浇筑施工; 凝结时间异常, 影响施工进度; 强度增长缓慢, 无法满足设计要求; 耐久性不达标, 缩短工程使用寿命。

2.2 混凝土拌合与运输过程中的性能衰减控制难点

混凝土拌合质量均匀性对其强度与耐久性起着决定性作用。(1) 水工建筑物施工场地开阔, 这要求拌合设备合理布置且操作精度极高。水工混凝土工程规模庞大, 必须确保拌合过程连续稳定。若拌合时间不够, 胶凝材料无法充分水化, 骨料与胶凝材料不能均匀包裹; 配料计量出现偏差, 各组分比例失调, 都会致使混凝土匀质性降低, 进而引发局部强度不达标、耐久性存在缺陷等严重问题。(2) 在混凝土运输环节, 运输距离、方

式以及环境温度都是影响其性能的关键因素。长距离运输或颠簸的运输方式,易使混凝土和易性变差,出现离析、泌水现象。高温环境下,混凝土水分蒸发快,温度升高加速水化反应,可能导致初凝时间提前;低温环境则会延缓凝结时间,甚至使混凝土受冻。这些性能衰减情况,都会给后续的浇筑施工造成极大困难,影响水工建筑物的整体质量^[2]。

2.3 特殊环境下混凝土材料适应性调整难点

在高寒地区,水工混凝土面临严峻考验。(1)反复的冻融循环使混凝土内部产生应力,导致表面剥落、内部结构变得疏松,出现冻害。要保证混凝土在低温环境下正常凝结硬化,需采取加热原材料、添加防冻剂等措施,但这些措施可能影响混凝土后期强度发展。同时,提升抗冻性能需选用优质骨料、低水胶比,还需添加引气剂引入适量微小气泡,缓解冻胀压力,然而引气剂掺量控制不当,又会影响混凝土强度,这成为施工中的棘手难题。(2)盐碱地区,土壤与水中的盐碱成分会侵蚀混凝土,降低其强度、破坏结构。选用抗硫酸盐、抗氯离子侵蚀的特种混凝土材料是关键,但此类材料配合比设计复杂,对拌合工艺要求严苛,且材料性能受原材料质量、环境因素影响大,稳定性难以精准把控。(3)强风、暴雨等恶劣天气下,混凝土材料性能易受干扰,如强风加快水分蒸发,暴雨导致骨料含水量突变,需及时调整施工参数,这无疑增加了施工难度与不确定性。

3 结构施工精度与成型质量控制难点

3.1 大体积异形结构模板工程难点

大体积水工混凝土结构施工时,模板要承受混凝土浇筑产生的巨大侧压力,这对模板的强度、刚度与稳定性提出了严苛要求。(1)若模板强度不足,在侧压力作用下易发生变形甚至破裂;刚度不够会导致模板挠度过大,影响混凝土成型尺寸;稳定性差则可能使模板整体移位,造成严重质量事故。(2)对于异形结构,像弧形闸墩、曲面坝段等,模板成型精度至关重要。需确保模板曲面光滑无起伏,尺寸精确符合设计要求,拼接部位密封严实,防止漏浆。然而,在模板安装环节,因结构体型庞大,定位与固定难度颇高。定位偏差易使模板偏离设计位置,固定不牢则可能引发模板偏移、变形,进而导致混凝土成型后结构尺寸偏差超出允许范围。(3)模板拆除时间的把控也极为关键。拆除过早,混凝土强度不足,表面易受损;拆除过晚,又会延误后续施工进度。因此,精准平衡模板拆除时间与混凝土强度增长的关系,是大体积异形结构模板工程面临的一大难题。

3.2 混凝土浇筑施工过程控制难点

水工混凝土浇筑具有工程规模大、浇筑高度高、浇筑面积广的显著特点,为保证施工质量,通常采用分层分块浇筑的方式。(1)在浇筑作业推进过程中,确保各层、各块混凝土浇筑的连续性是关键,必须严格避免施工冷缝的出现。然而,实际施工中,混凝土供应、运输、布料等环节的协调工作难度极大。一旦混凝土供应出现中断,已浇筑的混凝土可能初凝,进而形成冷缝,这会严重削弱结构的整体性,降低其强度,为工程安全埋下隐患。(2)在高空或大体积混凝土浇筑时,振捣质量控制面临巨大挑战。振捣不足,混凝土内部会存在空隙,出现蜂窝、麻面等质量缺陷,影响结构的密实性;振捣过度,骨料会发生离析,导致混凝土强度降低。此外,分层浇筑过程中,层间结合面的处理质量至关重要。若结合面清理不彻底,新老混凝土无法紧密结合,就容易形成渗漏通道,影响工程的耐久性和防水性能^[3]。

3.3 结构衔接部位施工精度难点

水工建筑物的混凝土结构往往由众多构件相互衔接构成,像坝体与闸室、输水洞和坝体之间的衔接等。这些衔接部位的施工精度,对结构的受力传递效果以及密封性能起着决定性作用。(1)在实际施工过程中,不同构件的施工时序和施工工艺存在差异。有的构件先施工,有的后施工,且采用的工艺也不尽相同,这就极易造成衔接部位出现尺寸偏差、错台等状况。而且,衔接部位通常是应力集中的区域,倘若在施工过程中,无法确保混凝土的密实程度以及结合强度,裂缝和渗漏问题就会随之出现,严重影响结构的安全性和耐久性。(2)部分衔接部位空间十分狭小,给施工操作带来了极大的困难。模板安装时,难以精准定位和固定;混凝土浇筑时,难以保证均匀布料;振捣时,振捣设备难以有效发挥作用,这些因素都进一步加大了施工精度控制的难度,对工程质量构成了挑战。

4 混凝土结构耐久性保障技术难点

4.1 温度裂缝控制难点

大体积水工混凝土在浇筑完成后,水泥水化反应会释放出大量热量,使得混凝土内部温度迅速攀升。然而,混凝土表面温度受外界环境因素制约,上升速度相对迟缓,如此便在混凝土内部与表面之间形成了较大的温差。当这种温差引发的温度应力超出混凝土自身的抗拉强度时,混凝土表面就会产生裂缝。并且,在混凝土降温收缩的过程中,内部拉应力会持续增大,进而有可能出现贯穿性裂缝。温度裂缝的出现危害极大,不仅会显著降低混凝土的抗渗性能与耐久性,在情况严重时,还会对结构的承载能力造成影响。鉴于水工混凝土体积

巨大,热量散发过程极为缓慢,温度场分布错综复杂。所以,如何通过科学优化浇筑工艺,合理采取温控措施,例如精准埋设冷却水管、妥善覆盖保温材料等,来有效控制内外温差,减少温度裂缝的产生,已然成为施工过程中亟待攻克的一大技术难题^[4]。

4.2 抗渗性能保障难点

水工混凝土结构承担着抵御水体侵蚀的重要任务,必须具备优良的抗渗性能,否则水体渗透会引发结构内部钢筋锈蚀,使混凝土逐渐软化崩解,严重影响结构安全与耐久性。混凝土的抗渗性能主要取决于其密实程度和内部孔隙结构。然而在实际施工中,多种因素会对其产生不利影响。混凝土浇筑时若振捣不密实,内部会存在大量连通孔隙,为水体渗透提供通道,形成渗漏隐患。施工缝、伸缩缝等部位的密封处理若不到位,同样容易出现渗漏问题。混凝土养护若不及时或质量不佳,表面会产生裂缝,进一步降低抗渗能力。特别是水下或水位变动区的混凝土,长期遭受水流冲刷与浸泡,抗渗层极易受损。而且不同地区的水质成分存在差异,一些特殊水质可能具有更强的侵蚀性。因此,如何提升混凝土在这些复杂环境下的抗渗稳定性,确保其长期有效地发挥抗渗作用,是水工混凝土耐久性保障工作中亟待攻克的技术难点。

4.3 抗侵蚀性能提升难点

在硫酸盐、氯离子等有害物质充斥的水域环境里,水工混凝土面临着严峻的化学侵蚀挑战。硫酸盐与混凝土中的水化产物反应,生成具有膨胀性的物质,致使混凝土出现开裂、剥落等破坏现象;氯离子渗透进混凝土内部,会引发钢筋锈蚀,锈蚀产物体积膨胀,进一步加速混凝土的损坏进程。为提升混凝土的抗侵蚀性能,需从材料选取、配合比优化、表面防护等多个维度综合施策。然而在实际施工中,保证抗侵蚀材料均匀分布并非

易事,若分布不均,局部抗侵蚀能力将大打折扣。表面防护层的施工质量也难以精准把控,任何细微瑕疵都可能成为侵蚀介质的突破口。而且,复杂水域环境下侵蚀介质处于动态变化之中,这增加了应对的难度。此外,长期的水流冲刷会不断磨损混凝土表面,破坏抗侵蚀防护层,使混凝土直接暴露在侵蚀环境中,进一步削弱其抗侵蚀能力,给水工混凝土的耐久性保障工作带来了巨大挑战^[5]。

结束语

水工混凝土施工面临诸多复杂且棘手的技术难题。施工环境适配方面,水域干扰与地质复杂影响进度质量;材料性能控制上,配合比优化、拌合运输性能衰减及特殊环境适应性调整难度大;结构施工精度与成型质量控制中,大体积异形结构模板、浇筑过程及衔接部位施工精度把控不易;耐久性保障里,温度裂缝、抗渗及抗侵蚀性能提升均面临挑战。解决这些难题,需综合运用多学科知识,不断优化施工工艺、创新技术方法,加强各环节精细管理,以提升水工混凝土工程质量,确保水工建筑物长期安全稳定运行。

参考文献

- [1]任秋兵,李文伟,李明超等.水工高性能混凝土配合比多目标智能优化设计与分析方法[J].水利学报,2022,53(01):98-108
- [2]梁献,张明,樊冠桥.洋溪水利枢纽工程金属结构设计关键技术分析[J].广西水利水电,2022,No.207(03):68-71+74.
- [3]姚宇华.水工建筑混凝土结构施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(12):63-65.
- [4]何芝坚.水工建筑混凝土结构施工技术浅析[J].黑龙江水利科技,2023,51(04):111-113+146.
- [5]李上艳.水工建筑混凝土结构施工技术及应用[J].珠江水运,2022,(16):62-64.