公路桥梁施工中高墩大跨结构体系转换关键技术及力学性能分析

王泽震

江苏宿迁交通工程建设有限公司, 江苏 宿迁 223800

摘要: 本文聚焦公路桥梁施工中高墩大跨结构体系转换的关键技术及其力学性能分析。针对高墩大跨桥梁结构在施工过程中因体系转换引发的结构受力状态变化、临时支撑系统稳定性及结构变形控制等关键问题, 文章首先系统阐述了体系转换的关键技术要点, 其次, 结合数值模拟与实测数据, 揭示了在不同施工阶段结构受力状态的演变规律。进一步探讨了混凝土材料性能、施工荷载变化、温度效应与施工工序安排等对体系转换力学性能的影响。研究结果为高墩大跨桥梁结构体系转换施工提供了系统的理论依据和可行的实践策略, 有助于确保施工过程中的结构安全与质量控制, 提升桥梁整体的运行性能和服役寿命。

关键词: 公路桥梁施工; 高墩大跨结构; 体系转换; 关键技术; 力学性能

随着我国交通事业的蓬勃发展, 公路桥梁建设规模日益扩大, 高墩大跨桥梁结构因其能够适应复杂地形、跨越较大障碍物等优势, 得到了广泛应用。在高墩大跨桥梁施工过程中, 结构体系转换是一个关键环节, 它直接关系到桥梁的施工安全、质量和最终性能。然而, 高墩大跨结构体系转换施工难度大、技术要求高, 涉及到复杂的力学问题。因此, 深入研究公路桥梁施工中高墩大跨结构体系转换关键技术及力学性能, 对于保障桥梁建设质量、推动桥梁工程技术发展具有重要意义^[1]。

1 公路桥梁高墩大跨结构体系转换关键技术

1.1 施工工艺的精准把控

在公路桥梁高墩大跨结构体系转换过程中, 施工工艺的精准把控至关重要。从基础施工开始, 就要确保高墩的垂直度和稳定性, 采用先进的测量技术和施工方法, 保证高墩的几何尺寸符合设计要求^[2]。在主梁施工阶段, 要根据桥梁的结构形式和跨度, 选择合适的施工方法, 如悬臂浇筑法、支架现浇法等^[3]。对于

悬臂浇筑法, 要严格控制挂篮的行走、模板的安装与拆除、混凝土的浇筑与养护等环节, 确保主梁的线形和内力满足设计要求。同时, 在施工过程中要加强对关键工序的质量控制, 如预应力张拉、压浆等, 保证预应力体系的有效工作, 为结构体系转换奠定坚实的基础^[4]。

1.2 临时支撑的合理设置与拆除

临时支撑在高墩大跨结构体系转换中起着至关重要的作用。在施工初期, 临时支撑能够承受上部结构的重量, 保证结构的稳定性。临时支撑的设置要根据桥梁的结构形式、荷载情况等因素进行合理设计, 确保其具有足够的强度、刚度和稳定性。在拆除临时支撑时, 要遵循一定的顺序和方法, 避免对结构产生过大的冲击和变形。拆除过程中要实时监测结构的应力、变形等参数, 根据监测结果及时调整拆除速度和顺序, 确保结构体系转换的顺利进行^[5]。

1.3 结构连接部位的精细处理

高墩大跨结构体系转换涉及到多个结构部件的连接, 连接部位的精细处理直接影响到

结构的整体性能。在连接部位，要保证连接的牢固性和可靠性，采用合适的连接方式，如焊接、螺栓连接等。对于焊接连接，要严格控制焊接工艺和质量，确保焊缝的强度和韧性满足设计要求。对于螺栓连接，要保证螺栓的预紧力和扭矩符合规范要求，避免出现松动现象。同时，在连接部位要做好防腐处理，延长结构的使用寿命。

2 公路桥梁高墩大跨结构体系转换力学性能分析

2.1 应力分布特征研究

在公路桥梁高墩大跨结构体系转换过程中，结构的应力分布会发生显著变化。在施工初期，高墩承受上部结构的重量，墩身会产生较大的压应力。随着主梁的施工和体系转换的进行，主梁的内力会逐渐传递到高墩上，导致高墩的应力状态发生改变。在体系转换完成后，结构的应力分布达到稳定状态。通过有限元分析等方法，可以深入研究结构在不同施工阶段的应力分布特征，找出应力集中区域，为结构的优化设计和施工控制提供依据。例如，在主梁与高墩的连接部位，由于力的传递和集中，往往会出现较大的应力，需要采取加强措施，如增加钢筋数量、设置加劲肋等，以提高结构的承载能力。

2.2 变形特征分析与控制

结构体系转换过程中，变形是一个重要的力学性能指标。高墩在承受上部结构重量和施工荷载的作用下，会产生压缩变形和侧向变形。主梁在施工和体系转换过程中，也会出现挠度变形。这些变形如果超过一定限度，会影响桥梁的线形和使用功能。通过对结构进行变形监测和分析，可以掌握结构的变形规律，及时采取控制措施。例如，在高墩施工中，可以通过设置预拱度来抵消后期的压缩变形；在主梁施工中，可以通过调整挂篮的标高来控制主梁的线形。同时，要加强对施工过程中的变形

监测，一旦发现变形异常，要及时分析原因并采取相应的处理措施。

2.3 动力特性研究

公路桥梁在使用过程中会受到车辆荷载、风荷载等动力荷载的作用，因此研究高墩大跨结构体系转换后的动力特性具有重要意义。结构的动力特性包括自振频率、阻尼比等参数，这些参数反映了结构在动力荷载作用下的响应特性。通过动力特性分析，可以评估结构在动力荷载作用下的安全性和稳定性。例如，如果结构的自振频率与车辆荷载的频率接近，可能会发生共振现象，导致结构的振动加剧，影响桥梁的使用寿命。因此，在设计和施工过程中，要合理调整结构的刚度和质量分布，避免共振现象的发生。

2.4 稳定性分析

高墩大跨桥梁结构在体系转换过程中和建成后，都需要保证其稳定性。结构的稳定性受到多种因素的影响，如结构的几何形状、材料性能、荷载作用等。通过稳定性分析，可以确定结构的临界荷载和失稳模式，为结构的安全设计提供依据。在体系转换过程中，由于结构的受力状态不断变化，稳定性问题尤为重要。要采取相应的措施提高结构的稳定性，如增加结构的约束、优化结构的截面形式等。同时，在施工过程中要加强对结构稳定性的监测，确保施工安全。

3 影响公路桥梁高墩大跨结构体系转换力学性能的因素及优化措施

3.1 材料性能的影响及优化

材料性能在公路桥梁高墩大跨结构体系转换的力学性能中扮演着举足轻重的角色。混凝土作为桥梁结构的主要构成材料，其强度直接决定了结构能够承受的最大荷载。强度不足的混凝土在体系转换过程中可能无法有效分散和传递应力，导致局部应力集中，进而引发裂缝甚至结构破坏。弹性模量则影响着结构的

变形特性,弹性模量不合适的混凝土会使结构在受力时产生过大的变形,影响桥梁的线形和使用功能。收缩徐变性能同样不可忽视,混凝土的收缩徐变会在长期使用过程中导致结构内力重新分布,影响结构的稳定性和耐久性。钢材作为关键的受力构件材料,其屈服强度和抗拉强度是衡量其力学性能的重要指标。屈服强度低的钢材在受力时容易进入塑性变形阶段,降低结构的承载能力;抗拉强度不足则可能导致钢材在拉应力作用下发生断裂,威胁桥梁的安全。

为了提高结构的力学性能,必须严格把控建筑材料的质量。在选用混凝土原材料时,要选择质量稳定、性能优良的水泥、骨料和外加剂。水泥的强度等级和活性要满足工程要求,骨料的级配和质地要良好,外加剂要能够有效改善混凝土的工作性能和耐久性。在混凝土配合比设计时,要综合考虑工程的具体要求、材料的性能以及施工条件等因素,通过多次试验和优化,确定最佳的配合比。例如,可以适当调整水胶比,在保证混凝土流动性的前提下,降低用水量,提高混凝土的强度和耐久性。对于钢材,要建立严格的质量检验制度,从钢材的采购、运输到使用环节都要进行全程监控。对每一批次的钢材都要进行力学性能检测,确保其屈服强度、抗拉强度等指标符合设计要求。在施工过程中,要加强对材料的质量检测力度。采用先进的检测设备和方法,对混凝土和钢材的质量进行实时监测。对于不合格的材料,要坚决禁止使用,从源头上保证结构体系转换过程中材料性能的可靠性,为桥梁的安全使用奠定坚实的基础。

3.2 施工荷载的影响及优化

施工荷载是公路桥梁高墩大跨结构体系转换过程中无法回避的外部作用力,其大小、分布和作用时间对结构的力学性能有着显著影响。在主梁施工过程中,挂篮作为重要的施工设备,其重量和位置会直接影响到主梁和高

墩的受力状态。如果挂篮的重量分布不均匀或者位置设置不合理,会在主梁上产生较大的附加弯矩和剪力,导致主梁局部应力过大,甚至可能引发主梁的变形和开裂。施工设备如吊车、混凝土输送泵等在运行过程中也会产生动态荷载,这些荷载的突然变化可能会使结构产生振动,影响结构的稳定性。

为了减小施工荷载对结构的不利影响,需要合理规划施工顺序和施工方法。在制定施工方案时,要充分考虑到施工荷载的作用,尽量将重荷载的施工环节分散进行,避免荷载过于集中。例如,在主梁分段施工时,可以根据结构的受力特点,合理安排各段的施工顺序,使结构的受力逐渐过渡,减少附加应力的产生。同时,要对施工荷载进行准确的计算和分析。通过建立精确的力学模型,考虑各种施工设备和材料的重量、位置以及作用时间等因素,计算出施工荷载对结构产生的内力和变形。根据计算结果,在设计和施工中采取相应的加固措施。可以在结构的薄弱部位增加临时支撑或加强构件,提高结构的承载能力。

3.3 环境因素的影响及优化

环境因素如温度、湿度、风力等对公路桥梁高墩大跨结构体系转换的力学性能有着不可忽视的影响。温度变化是影响结构力学性能的重要因素之一。在昼夜温差较大的地区,桥梁结构会随着温度的升降而产生热胀冷缩现象。由于高墩大跨结构各部分的约束条件不同,温度变化引起的变形会受到限制,从而在结构内部产生温度应力。这种温度应力可能会与结构自重和施工荷载产生的应力叠加,导致结构局部应力过大,引发裂缝等病害。湿度变化主要影响混凝土的收缩徐变性能。当环境湿度较低时,混凝土中的水分会加速蒸发,导致混凝土收缩加剧。长期的收缩徐变会使结构的内力重新分布,影响结构的长期稳定性和安全性。风力作用对高墩大跨桥梁的影响尤为显著。高墩在风力作用下会产生较大的弯矩和扭

矩,主梁在风荷载作用下会发生振动。如果风力过大,可能会导致主梁的振动幅度超过允许范围,影响桥梁的正常使用,甚至可能引发结构破坏。

为了减小环境因素的影响,需要采取相应的防护措施。在高温季节施工时,可以采取遮阳措施,如在施工区域搭建遮阳棚,减少阳光直射对混凝土的影响。在湿度较低的环境中施工时,要加强对混凝土的养护。可以采用覆盖保湿材料、定期洒水等方式,保持混凝土表面的湿润,减少混凝土的收缩。在风力较大的地区,要加强对结构的抗风设计。在设计阶段,要充分考虑风荷载的作用,合理确定结构的截面尺寸和形状,提高结构的抗风能力。在施工过程中,可以设置风障等防护设施,减小风力对结构的影响。

3.4 监测与反馈机制的建立及优化

为了确保公路桥梁高墩大跨结构体系转换的力学性能符合设计要求,建立完善的监测与反馈机制至关重要。在结构体系转换过程中,结构的应力、变形和振动等参数会随着施工的进行而不断变化。如果不能及时掌握这些参数的变化情况,就无法发现潜在的问题,可能会导致结构出现安全隐患。因此,在施工过程中,要安装各种先进的监测设备。应力传感

器可以实时监测结构各关键部位的应力大小和变化趋势,位移传感器能够准确测量结构的变形情况,加速度传感器则可以监测结构的振动频率和幅度。这些监测设备要合理布置在结构的重点部位,确保能够全面、准确地反映结构的力学性能状态。

通过对监测数据的分析和处理,能够及时掌握结构的力学性能变化情况。利用专业的数据分析软件,对采集到的监测数据进行整理、统计和分析,绘制应力-时间曲线、变形-时间曲线等图表,直观地展示结构参数的变化规律。通过与理论计算值进行对比,可以发现结构实际受力状态与设计状态的偏差。设计和施工人员可以根据反馈信息,迅速分析问题的原因,并采取相应的调整措施。

4 结束语

公路桥梁施工中高墩大跨结构体系转换关键技术及力学性能分析是一个复杂而重要的课题。通过精准把控施工工艺、合理设置与拆除临时支撑、精细处理结构连接部位等关键技术,可以有效保障结构体系转换的顺利进行。未来,随着桥梁工程技术的不断发展,还需要进一步加强对高墩大跨结构体系转换的研究,不断探索新的技术和方法,推动我国公路桥梁建设事业迈向新的台阶。

参考文献

- [1] 易善源. 探究高速公路桥梁高墩柱的施工技术要点[J]. 绿色环保建材, 2021(3): 94-95.
- [2] 张磊. 高墩柱现浇连续梁临时支架方案比选及检算分析[J]. 铁道建筑技术, 2019(1): 70-74.
- [3] 易善源. 探究高速公路桥梁高墩柱的施工技术要点[J]. 绿色环保建材, 2021(3): 94-95.
- [4] 张磊. 高墩柱现浇连续梁临时支架方案比选及检算分析[J]. 铁道建筑技术, 2019(1): 70-74.
- [5] 龙辉. 公路高墩柱桥梁的施工难点和控制要点研究[J]. 四川建材, 2022(3): 179-180.