

# 大跨度混凝土梁式结构与挠度控制

马冀

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 大跨度混凝土梁式结构在建筑工程中应用广泛,但其设计与挠度控制面临诸多挑战,本文先阐述设计要点,涵盖前期准备、结构选型与布置等方面;接着分析挠度影响因素,包括材料性能、荷载作用、施工因素;然后提出控制策略,涉及预应力技术、结构优化、施工控制、挠度监测与评估。通过全面考虑设计与施工各环节,采取有效措施,可保障大跨度混凝土梁式结构满足功能需求,确保其安全、稳定运行,实现挠度合理控制。

**关键词:** 大跨度;混凝土;梁式结构设计;挠度控制

## 引言

大跨度混凝土梁式结构在现代建筑中应用广泛,然而其挠度控制一直是设计与施工中的关键难题。挠度过大不仅影响结构美观与使用功能,更可能危及结构安全。本文深入探讨大跨度混凝土梁式结构设计要点,涵盖前期准备、结构选型、截面与配筋设计等方面;分析材料性能、荷载作用、施工因素对挠度的影响;提出预应力技术、结构优化、施工控制、挠度监测与评估等控制策略,为保障结构安全稳定运行提供参考。

## 1 大跨度混凝土梁式结构设计要点

### 1.1 设计前期准备

(1) 工程需求分析,设计前期需全面掌握工程使用功能、跨度要求、荷载情况等基本信息。不同工程用途对结构性能要求不同,如体育馆需满足大空间需求,对结构跨度与挠度控制要求严格;工业厂房则需考虑设备布置及吊车荷载等因素。(2) 场地条件调查,要对工程场地的地质、地形、气候等条件展开详细调查。地质条件对基础设计有直接影响,地形和气候条件可能影响结构布置与构造设计。在地震多发区域,结构抗震性能是设计重点;高温或高湿地区,要采取防护措施确保混凝土耐久性。(3) 相关规范和标准研究,设计人员要熟悉国家和地方有关结构设计规范、规程及标准,保证设计方案符合法规要求。不同地区、不同类型工程存在特定规范要求,设计人员需精准把握并合理运用,以此为基础开展后续设计工作,确保大跨度混凝土梁式结构设计的科学性、合理性与合规性。

### 1.2 结构选型与布置

在结构形式选择方面,要依据工程需求及场地条件,挑选适配的大跨度混凝土梁式结构形式。常见结构形式有简支梁、连续梁、刚构梁等。简支梁结构构成简单,施工操作便利,不过存在跨中挠度较大的问题;连

续梁通过设置中间支座,能有效减小跨中弯矩与挠度,然而其内力计算和构造设计更为复杂;刚构梁融合了梁与柱的特性,整体性和力学性能良好。在结构布置优化环节,需合理确定梁的间距、跨度比等关键参数。若梁间距设置过大,会使楼板跨度增大、厚度增加,进而影响使用功能与经济性;若跨度比不合理,会造成结构内力分布不均衡,导致挠度增大<sup>[1]</sup>。通过科学优化结构布置,能够提升结构的整体刚度与稳定性,降低挠度。结构选型与布置需综合考虑多方面因素,确保所选结构形式和布置方案既能满足工程的功能需求,又能保证结构的安全性及经济性。

### 1.3 截面设计

(1) 截面尺寸确定。依据结构内力计算结果与规范要求,初步明确梁的截面尺寸。选择截面尺寸时,要兼顾梁的抗弯、抗剪及抗扭能力,同时满足构造要求。通常,梁高度由跨度和荷载大小决定,梁宽度与高度相关联,以此保证梁截面形状合理。合理的截面尺寸是保障梁具备足够承载能力的基础,若尺寸选择不当,可能导致梁无法承受相应荷载,影响结构安全。(2) 截面配筋计算。按照规范规定的计算方法,开展梁的正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力和受扭承载力计算,确定纵向受力钢筋和箍筋的配筋量。计算过程中,需考虑荷载组合、材料强度等因素,确保配筋能满足结构安全要求。配筋量不足,梁在受力时易出现破坏;配筋量过多,则会造成材料浪费,增加成本。(3) 截面构造设计。合理布置梁的箍筋、弯起钢筋等构造钢筋,保证梁的截面性能。箍筋能约束混凝土,提升混凝土抗压强度与延性,同时承受剪力;弯起钢筋可增强梁抗剪能力,控制裂缝发展。

### 1.4 配筋设计

一是纵向受力钢筋配置。依据截面配筋计算结果,

对纵向受力钢筋进行合理布置。纵向受力钢筋需均匀分布于梁的截面受拉区,针对大跨度梁,可采取分层布置或者束筋布置的方式,这样既能满足受力需求,又便于施工操作。同时,要留意钢筋的间距与排距,以此保证混凝土的浇筑质量,若间距和排距不合理,会影响混凝土与钢筋的协同工作性能。二是箍筋配置。箍筋要依照计算结果和构造要求来配置。其间距和直径应根据梁所承受的剪力大小以及混凝土强度等级来确定,在梁端这类剪力较大的部位,需加密箍筋设置。箍筋形式可采用封闭式或者螺旋式,封闭式和螺旋式箍筋能够增强对混凝土的约束作用。三是其他钢筋配置。根据结构实际需要,配置弯起钢筋、架立钢筋等其他类型的钢筋<sup>[2]</sup>。弯起钢筋的位置与数量要依据抗剪计算来确定,其主要作用是增强梁的抗剪能力;架立钢筋主要用于固定箍筋的位置,进而形成稳固的钢筋骨架,保证钢筋在混凝土中的正确位置和整体稳定性。

## 2 大跨度混凝土梁式结构挠度影响因素分析

### 2.1 材料性能因素

第一,混凝土弹性模量。混凝土弹性模量是影响梁挠度的关键因素之一。弹性模量越大,混凝土受力时变形越小,梁挠度随之减小。它受混凝土强度等级、配合比、养护条件等影响。通常高强度混凝土弹性模量较高,但过高强度等级会使混凝土脆性增大,对结构延性产生不利影响。第二,钢筋屈服强度。钢筋屈服强度对梁抗弯刚度有影响。在配筋率相同的情况下,屈服强度越高,梁抗弯刚度越大,挠度越小。不过,钢筋屈服强度并非越高越优,需考虑钢筋与混凝土的协同工作性能以及结构延性要求。若屈服强度过高,可能导致钢筋与混凝土不能良好协同。第三,材料收缩和徐变。混凝土收缩和徐变会使梁变形增加,进而增大挠度。混凝土收缩主要与水泥品种、水灰比、养护条件等因素相关;徐变则和加载时间、应力水平、环境湿度等因素有关。设计时,要充分考虑混凝土收缩和徐变对挠度的作用,并采取相应措施加以控制。

### 2.2 荷载作用因素

(1) 恒载。恒载涵盖结构自重、装修荷载等长期施加于梁上的荷载类型。其数值大小对梁的挠度有着直接影响,所以在设计环节,必须精准计算恒载值。同时,要充分考量恒载在施工过程以及后续使用阶段可能出现的变化情况,以此确保对梁挠度的分析与控制具备准确性。(2) 活载。活载指的是在使用过程中有可能出现的可变荷载,像人员活动、设备放置、风荷载以及地震作用等均包含在内。活载不仅大小存在不确定性,其作用

位置也难以精确预估,这使得它对梁的挠度影响颇为显著。在进行挠度计算时,要严格依照规范所规定的活载组合方式开展计算工作,并且要全面考虑活载的最不利分布状况,从而保证计算结果能反映梁在极端情况下的挠度。(3) 荷载持续作用时间。荷载持续作用时间的长短与梁的挠度变化密切相关。当荷载持续作用时间越长,混凝土的徐变变形就会越大,进而导致梁的挠度也相应增大<sup>[3]</sup>。对于那些长期承受恒载的大跨度梁,必须重视荷载持续作用时间对挠度的影响,开展长期挠度计算,以保障结构的安全性及适用性。

### 2.3 施工因素

一是施工质量和精度。施工过程中若出现质量瑕疵与精度偏差,会使梁实际受力状况偏离设计状态,进而影响挠度。混凝土浇筑不密实,内部会存在孔洞等缺陷,削弱结构整体性;钢筋位置偏差,会改变梁的受力体系;预应力张拉不准确,无法有效建立预压应力,这些都会降低梁的刚度,导致挠度增大。所以,施工时要严格把控质量,保证各项参数契合设计要求。二是施工顺序和支撑体系。施工顺序与支撑体系的合理性关乎梁的挠度。不合理的施工顺序,可能让梁在施工阶段产生过大变形,影响后续结构性能;支撑体系若刚度欠缺或拆除时机不当,会引发梁挠度改变。施工前制定科学合理的施工方案,挑选适宜的支撑体系,并严格依照既定施工顺序作业。三是混凝土养护。混凝土养护条件对混凝土强度发展以及收缩徐变影响显著。良好养护条件能减少混凝土收缩和徐变,降低梁挠度。养护不足混凝土的强度增长缓慢,收缩徐变增大,梁挠度也会随之增加。

## 3 大跨度混凝土梁式结构挠度控制策略

### 3.1 预应力技术

(1) 预应力概念及作用原理。预应力技术是通过在结构构件受拉区域预先施加压力,抵消或减小外荷载产生的拉应力,从而提高构件的抗裂性能和刚度,减小挠度。预应力可以使混凝土处于受压状态,充分发挥混凝土的抗压性能,同时改善钢筋与混凝土之间的黏结性能,提高结构的整体性能。(2) 预应力筋布置。合理布置预应力筋是预应力设计的关键。预应力筋的布置应根据梁的内力分布和挠度控制要求确定,一般采用直线布置或曲线布置的方式。在梁的跨中部位,预应力筋应尽量靠近截面受拉边缘布置,以提供较大的预压应力;在梁端部位,预应力筋应进行合理锚固,避免出现应力集中现象。(3) 预应力损失计算与控制。预应力在张拉和使用过程中会发生各种损失,如锚具变形和钢筋内缩引起的损失、预应力筋与孔道壁之间的摩擦损失、混凝土

加热养护时受张拉的钢筋与承受拉力的设备之间的温差损失等。准确计算预应力损失并采取相应的控制措施,是保证预应力效果的重要环节,可以通过选择合适的锚具、优化张拉工艺、控制混凝土养护温度等方法减少预应力损失。

### 3.2 结构优化

一是结构形式优化。通过对不同结构形式的比较和分析,选择对挠度控制有利的结构形式。例如,采用刚构梁结构可以增加结构的整体刚度,减小挠度;在连续梁中设置预应力束,也可以有效控制挠度。二是截面尺寸优化。在满足结构强度和构造要求的前提下,优化梁的截面尺寸。适当增加梁的高度可以提高梁的抗弯刚度,减小挠度;但梁的高度增加也会增加结构自重和材料用量,需要进行综合经济比较<sup>[4]</sup>。此外,还可以通过改变梁的截面形状,如采用箱形截面等,提高梁的抗扭刚度和整体性能,从而控制挠度。三是配筋优化。优化梁的配筋方案,在保证结构安全的前提下,合理减少钢筋用量。通过采用高强度钢筋、调整钢筋布置方式等方法,提高钢筋的利用效率,降低结构的自重,从而减小挠度,还要注意配筋的合理性,避免出现超筋或少筋等不利情况。

### 3.3 施工控制

第一,施工过程监测。在施工过程中,对梁的变形进行实时监测。通过安装位移传感器、应变计等监测设备,及时掌握梁的挠度变化情况。根据监测结果,调整施工参数和施工工艺,确保梁的施工挠度在允许范围内。第二,施工参数调整。根据施工监测数据和实际施工情况,对施工参数进行调整。例如,如果发现梁的挠度过大,可以适当增加支撑体系的刚度、调整预应力张拉顺序或张拉力等;如果梁的挠度过小,可以适当减少支撑体系的约束或调整混凝土浇筑顺序等。第三,施工质量控制。加强施工质量控制,确保各项施工工序符合设计要求和规范标准。严格控制混凝土的质量,保证混凝土的强度和弹性模量符合设计要求;准确安装钢筋和预应力筋,保证其位置和间距符合设计要求。

### 3.4 挠度监测与评估

(1) 监测方法选择。选择合适的挠度监测方法,常用的监测方法包括水准仪测量、全站仪测量、激光位

移传感器测量等。水准仪测量适用于小跨度结构的挠度监测,测量精度较高;全站仪测量可以实现三维坐标测量,适用于大跨度结构的挠度监测;激光位移传感器测量具有测量速度快、精度高、可实现自动化监测等优点,但成本较高。根据工程实际情况和监测要求,选择合适的监测方法。(2) 监测频率确定。确定合理的监测频率,在施工过程中和结构使用初期,应适当增加监测频率,及时掌握结构的挠度变化情况。随着结构的稳定和使用时间的增加,可以适当减少监测频率。监测频率应根据结构的重要性、荷载变化情况、环境条件等因素综合考虑确定<sup>[5]</sup>。(3) 挠度评估与预警。根据监测数据,对梁的挠度进行评估。将实测挠度与设计挠度、规范允许挠度进行比较,判断结构的挠度是否在允许范围内。如果实测挠度超过允许值,应及时发出预警信号,并采取相应的处理措施,确保结构的安全使用。

### 结语

综上所述,大跨度混凝土梁式结构与挠度控制至关重要,关乎结构安全与正常使用。设计时需做好前期准备,合理选型布置、设计截面与配筋;要明晰挠度影响因素,从材料、荷载、施工等方面综合考量。通过运用预应力技术、优化结构、加强施工控制以及做好挠度监测评估等策略,可有效控制挠度。只有全方位把控设计与施工环节,才能保障大跨度混凝土梁式结构稳定可靠运行。

### 参考文献

- [1] 吴邑涛,应亮亮,刘传平.超长大跨度预应力钢筋混凝土结构设计关键技术[J].铁路技术创新,2025(4):83-88.
- [2] 黄宇波.复杂结构大跨度型钢混凝土梁施工工艺优化及质量控制研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(9):073-076.
- [3] 周纯泽.基于超高性能混凝土的大跨度桥梁结构创新设计与性能优化[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(6):151-154.
- [4] 司维.高性能混凝土在大跨度桥梁设计中的应用探究[J].科技创新与生产力,2025,46(10):141-144.
- [5] 张嘉麟.大跨度预应力混凝土桥梁施工控制技术探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):187-189.