

预应力混凝土技术在民用建筑大空间结构中的设计与应用研究

刘人瑞

江苏美城建筑规划设计院有限公司

摘要: 本文主要探讨预应力混凝土技术在民用建筑大空间结构里的设计思路 and 实际使用情况。先梳理预应力混凝土技术的常见类型,说明每种技术的不同特性,这样能更清楚地了解各类技术的适用场景。再明确大空间结构具体指什么,讲讲这类结构在民用建筑里常出现在哪些地方。然后分析预应力混凝土技术在大空间结构里的设计要点,还会介绍具体的设计步骤,包括怎么建立计算模型、用什么方法分析结构受力情况。通过大跨度预应力梁、预应力混凝土楼板、预应力混凝土壳体结构等,分析该技术在大空间结构中的应用。

关键词: 预应力混凝土技术; 民用建筑; 大空间结构; 设计原则; 施工技术

一、预应力混凝土技术的分类及其特点

在民用建筑大空间结构施工过程中,预应力混凝土技术能起到关键支撑作用。这种技术主要有两种实现方式,分别是先张法和后张法。先张法的操作流程是这样的:在浇筑混凝土之前,先把预应力筋拉紧绷直,临时固定在台座或者钢模上,接着再浇筑混凝土。等混凝土凝固到一定硬度,能和预应力筋牢固粘在一起的时候,再松开预应力筋。借助两者之间的粘结力,混凝土内部就会产生预压应力。这种方法的施工步骤比较简单,适合批量生产中小型构件,像工业厂房里常用的预应力空心板就常用这种方法制作。

后张法则是另一种思路:先浇筑混凝土构件,等它达到设计要求的强度后,再在构件上张拉预应力筋,最后用锚具把预应力筋永久固定在构件两端,让混凝土产生预压应力。这种方法不需要专门的台座,适合在施工现场制作大型构件,比如大跨度桥梁的预应力梁,还有民用建筑大空间结构里的大型楼板、壳体结构等。而且构件的形状和大小都能根据实际需要灵活调整,使用起来更方便。

二、大空间结构的定义及其在民用建筑中的应用

大空间结构一般指跨度大、内部空间高且开阔、没有明显隔断的建筑结构。在民用建筑里,这种结构用得越来越多了。它能满足现代建筑对空间灵活调整、实现多种功能的需求,还让建筑看起来更美观、用起来更方便。像大型商场、体育馆、展览馆、机场航站楼和剧院这些地方,经常会用到大空间结构。这些建筑用了大空间结构后,内部空间可以自由划分,用起来也更高效,给人们提供了更舒适、更方便的活动地方。

三、预应力混凝土技术在大空间结构中的设计原则

3.1 设计原则概述

在民用建筑大空间结构里用预应力混凝土技术,设计时得遵循科学合理的原则才行。这种技术有自己的独特优势,所以在大空间结构领域用得挺广的,而设计原则对结构安全、省钱又好用的影响很大。从结构安全的角度看,设计时得把各种荷载情况都考虑进去。比如说在地震多的地方,得按照当地的抗震要求来做,让结构有足够的抗震能力。既要能承受住竖向的重量,像建筑本身的重量、使用时的荷载这些,还要能抵抗水平方向的地震力,避免结构在地震中被破坏或者倒塌。从省钱的角度考虑,要在保证安全的前提下,合理用材料,降低工程成本。比如选合适的预应力筋种类和布置方式,别浪费材料。同时还要方便施工,设计的时候得考虑施工方能不能方便操作,这样能提高施工效率,缩短工期,进一步降低成本。另外,设计原则还得考虑结构的适用性,让大空间结构在使用的时候能满足各种功能需求,给大家提供舒适稳定的使用环境。

而且,设计过程中要充分考量结构的耐久性。大空间结构往往承担着重要的使用功能,且使用年限较长,预应力混凝土结构需在长期的使用过程中,抵御各种环境因素的侵蚀,如潮湿、腐蚀性气体等,确保结构性能的稳定,减少后期维护的成本和频率。再者,要注重结构的整体协调性。预应力混凝土技术在大空间结构中的应用不是孤立的,要与建筑的整体风格、其他结构构件等相互配合、协调统一。从建筑外观上看,要使预应力混凝土结构与建筑的造型、立面处理等相融合,不显得突兀;从结构体系方面,要保证预应力混凝土结构与周边结构如柱、墙等有良好的连接和传力机制,共同构成一个稳定、可靠的整体结构体系。

3.2 结构安全性与经济性的平衡

在预应力混凝土技术用在民用建筑大空间结构里时,结

构安不安全、花钱多不多的平衡，是设计时得重点考虑的原则。从安全角度说，预应力混凝土技术能让结构承受更多重量，还能减少开裂情况，让结构变形和裂缝少出现一些，这样大空间结构用的时候就能更稳、更耐用。从成本角度看，在保证安全的基础上，得合理控制预应力混凝土结构的花费。一方面要算准需要的预应力筋数量和规格，别用太多造成材料浪费；另一方面优化结构设计，少用没必要的构件，简化构造形式，这样施工起来更简单，人工成本也能降下来。另外还要考虑结构整个使用周期的成本，比如后期维护、检修要花的钱，让结构在能用的这些年里都比较划算。

设计人员得用科学的设计方法和先进技术，才能让安全和成本平衡得更好。项目开始前，要仔细勘察地质情况，分析结构受力，把建筑场地的地质条件和结构承受的荷载摸清楚，给后面设计提供可靠依据。设计过程中，用先进的结构计算软件对预应力混凝土结构做精确的力学计算和模拟分析，根据结果不断调整设计方案，在满足安全要求的同时，尽量少花钱。施工时也要加强质量监控，严格按设计要求施工，特别是预应力筋的张拉、锚固这些关键步骤，一定要保证质量，避免因施工不好留下安全隐患，或者后期维修多花钱。

四、预应力混凝土技术的设计方法

4.1 预应力混凝土结构的计算模型

预应力混凝土结构的计算模型构建，离不开弹性力学和塑性力学的基础理论支撑，同时还要把预应力筋和混凝土之间的相互作用考虑进去。常用的模型类型有好几种，比如等效荷载法、实体力筋法和分离式模型。等效荷载法的思路是把预应力筋的作用转化成等效的荷载，直接加在混凝土结构上。这种方法能简化计算步骤，在初步设计和分析阶段用得比较多。实体力筋法则是把预应力筋和混凝土当成一个整体来建模，这样能更贴近结构实际的受力情况。分离式模型的特点是分开考虑混凝土和预应力筋各自的力学性能，通过界面单元来模拟两者之间的粘结滑移关系，适合对结构性能要求高的精细分析场景。

实际工程里选模型，得看具体需求和计算精度的要求。等效荷载法虽然算起来简单，但遇到复杂结构或者需要考虑预应力筋和混凝土之间复杂相互作用的情况，结果可能不够准确。实体力筋法能更精确反映受力，但建模过程相对麻烦，计算量也大，对计算资源的要求比较高。分离式模型提供了

更精细的分析方式，能捕捉到粘结滑移这类细节问题，但同样存在建模复杂、计算量大的问题。选模型的时候，要把结构复杂程度、计算精度要求和计算资源等因素都考虑进去，找到最适合的模型来做结构分析和设计。

4.2 预应力混凝土结构的分析方法

在民用建筑大空间结构里，预应力混凝土技术的应用很关键，而这类结构的分析方法更是保证设计合理、结构安全的重要环节。预应力混凝土结构的分析方法，是深入研究预应力混凝土技术在民用建筑大空间结构中应用的核心内容之一。常用的分析方法有有限元分析法、荷载平衡法，还有力法与位移法等。有限元分析法会把结构拆成一个个小单元，用数值计算的方式算出结构的应力、应变和位移等参数，能精准模拟结构复杂的受力情况。荷载平衡法通过合理布置预应力筋，让预应力产生的等效荷载和外荷载相互平衡，这样就能简化结构分析的步骤。力法与位移法是结构力学里的经典分析方法，通过建立力法方程或位移法方程来求解结构的内力和位移，适合用来分析各种预应力混凝土结构。实际工程里，得结合具体的结构特点和计算要求，灵活选合适的分析方法。

另外，随着计算机技术的快速发展，一些新的分析方法也慢慢用到预应力混凝土结构分析中了。比如说基于人工智能算法的结构分析方法，通过模拟人类智能来处理数据、训练模型，能快速准确地预测结构的性能，给设计提供更科学的依据。这些新兴方法还能处理一些传统方法很难解决的复杂问题，像结构的非线性分析、动力响应分析等，进一步扩大了预应力混凝土结构分析的应用范围。实际应用中，新兴方法和传统方法相互补充，一起推动着预应力混凝土结构分析技术不断进步。

五、预应力混凝土技术在大空间结构中的应用分析

5.1 大跨度预应力梁的应用研究

大跨度预应力梁是预应力混凝土技术在大空间建筑里的重要应用形式，有很多突出的好处。它通过施加预应力，解决了混凝土本身抗拉能力弱的问题，让梁能跨过更宽的空间，还不会出现裂缝或者变形太严重的情况。在实际盖房子的时候，这种梁用得特别多，像体育馆、展览馆、机场航站楼这些地方，都需要大空间还不能有柱子挡着，正好适合用它。设计的时候得考虑很多方面，比如梁怎么受力、预应力会不会慢慢减少、用久了会不会变形，还有施工的时候能不能做

得来,这些都得想周到,这样才能保证建筑用着安全、耐用。施工的时候也有讲究,得用先进的张拉技术,施工过程还要控制得特别准,这样才能让预应力好好传递到梁里,也能保证梁最后做出来的质量符合要求。

5.2 预应力混凝土楼板在大空间结构中的应用

在民用建筑大空间结构的建造过程中,预应力混凝土技术的作用十分关键,尤其是预应力混凝土楼板的使用,能带来不少好处。预应力混凝土楼板的原理是先把内部的预应力筋拉紧,让混凝土提前承受一定的压应力,这样做能让结构更不容易开裂,也能承受更大的重量。对于大空间结构来说,用这种楼板可以把楼板做得更薄一些,重量也会减轻,整个建筑结构需要承受的压力自然就小了。建筑里能利用的空间变多了,建房子用的材料也能省一些,工程造价也会跟着降低。而且,预应力混凝土楼板的整体性能比较好,抗地震的能力也不错,能满足大空间结构对安全方面的高要求。在实际盖房子的时候,设计预应力混凝土楼板得考虑具体是用来做什么的,以及需要承受多大的重量,合理安排预应力筋放在哪里,拉到多大的力度,这样才能保证楼板用起来没问题,能用得久。

具体用的时候,预应力混凝土楼板可以根据大空间结构的不同需要,选择单向或者双向的预应力方式。单向的预应力方式适合受力情况比较清楚、重量分布比较均匀的地方,施工起来简单,能很快让结构稳定下来。双向的预应力方式则更适合重量分布复杂、需要承受多个方向力量的地方,它能让应力分布得更均匀,让楼板整体更结实,也更不容易开裂。另外,预应力混凝土楼板还可以和钢结构、木结构等其他结构一起用,组成复合结构。这样能把各种结构材料的优点都发挥出来,让大空间结构的整体性能变得更好。

5.3 预应力混凝土壳体结构的建造技术

预应力混凝土壳体结构是一种能覆盖大空间的特殊建筑结构,它的建造过程有不少独特且复杂的地方。首先得把结构设计和模型分析做得特别精准,这是保证壳体能稳稳立住、承受住重量的基础。之后要根据设计的具体要求,挑合适的预应力筋,再把它们布置好。通过张拉这些钢筋,让混凝土提前受到一些压力,这样结构就不容易开裂,刚度也能变强。施工的时候,混凝土浇筑的质量得盯紧,要让混凝土密实又均匀,不能有空洞或者裂缝之类的问题。壳体的节点和连接的地方,也得用一些特殊的构造办法,这样结构的整体性和

抗震能力才能更好。等建造完了,还得全面检查质量、进行验收,确保结构用起来安全可靠。

模板工程在这种结构的建造里也很关键。因为壳体的形状一般都比较复杂,模板的设计和安装精度得高,这样混凝土成型后的尺寸和表面质量才能符合要求。而且壳体跨度大、受力也大,模板体系的强度和刚度得够,不然浇筑混凝土的时候可能会变形甚至垮掉。对于那些形状特别的壳体,还可以用定制的模板或者能调节的模板系统,这样施工速度能变快,模板也能反复用。拆模板的时候,得严格按照设计里规定的混凝土强度来,要是拆早了,结构可能会被损坏。

结语

预应力混凝土技术在民用建筑大空间结构里的使用,能让人看到它独有的好处和很大的发展空间。通过合适的设计和施工操作,这种技术不仅能提高建筑结构承受重量的能力和抵抗地震的性能,还能在保证安全的基础上,让建筑的成本更合理。像一些大型商场、会展中心的大跨度屋顶,就常用这种技术来减少柱子的数量,既省了材料钱,又让内部空间更开阔。现在建筑技术一直在进步,新的建筑材料也在不断研究和使用的,预应力混凝土技术在民用建筑大空间结构中的作用会越来越来,推动建筑行业向更高、更远的方向发展。

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.2024(04):83-88.
- [2]王杰.大跨径预应力混凝土连续箱梁桥设计[J].黑龙江交通科技.2024,48(11):66-69.
- [3]林镇权.预应力混凝土结构设计与实践[J].陶瓷.2024(10):181-183.
- [4]欧兴付;苏洋.工业厂房中大跨度预应力混凝土梁的研究与应用[J].中国建筑金属结构,2021(01):106-107.
- [5]温鹏;陈振德.预应力混凝土梁在建筑中的集成应用与效益研究.建筑技术开发,2024(11):78-80.