

新型预应力技术在大跨度空间结构中的应用效果评估

张智雄

中国建筑第五工程局有限公司 广东广州

【摘要】在当代建筑领域，大跨度空间结构需求日益攀升，新型预应力技术应运而生。它能精准调控结构内力，优化受力状态，大幅提升稳定性。通过对多类建筑案例深入剖析，全面展现其在增强结构承载、加速施工流程、创造经济价值等方面卓越成效。为建筑从业者提供关键技术参考，助力攻克大跨度难题，推动建筑科技迈向新高度，实现建筑的高效、优质、可持续发展。

【关键词】新型预应力技术；大跨度空间结构；结构性能；施工效率；经济效益

【收稿日期】2025 年 2 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 28 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250144

Evaluation of the application effect of new prestressing technology in large span space structure

Zhixiong Zhang

China Construction Fifth Engineering Bureau Co. Ltd, Guangzhou, Guangdong

【Abstract】In the field of contemporary architecture, the demand for large-span spatial structures is on the rise, leading to the emergence of new prestressing technologies. These technologies can precisely control internal forces within structures, optimize stress states, and significantly enhance stability. Through in-depth analysis of various building cases, their outstanding performance in enhancing structural load-bearing capacity, accelerating construction processes, and creating economic value is comprehensively demonstrated. This provides key technical references for professionals in the industry, helping to tackle challenges related to large spans, advancing architectural technology to new heights, and achieving efficient, high-quality, and sustainable development in construction.

【Keywords】New prestressing technology; Large span space structure; Structural performance; Construction efficiency; Economic benefit

引言

当今时代，大型体育场馆、会展中心等大跨度空间建筑如雨后春笋般涌现，承载着城市的多元功能需求。传统建筑结构在面对大跨度挑战时，常陷入困境，诸如结构自重过大易引发安全隐患，变形控制困难影响使用体验等。新型预应力技术恰如破局利刃，巧妙利用预应力改变结构受力模式。深入探究其在大跨度空间结构中的应用效果，既能为当下复杂建筑项目提供切实可行的解决方案，又可为建筑行业可持续发展开辟崭新路径，意义深远且刻不容缓。

1 强化结构承载实力

大跨度空间结构作为众多大型建筑的核心支撑体系，肩负着极为关键的承载重任，其稳定性与安全性始终是设计与建造过程中首要考量的核心要素。在传统的大跨度空间结构设计中，由于结构自身跨度大、承受

荷载种类繁多等特性，常常面临着严峻的受力挑战^[1]。新型预应力技术的横空出世，恰似一场及时雨，为大跨度空间结构的受力格局带来了根本性的革新。以某国际大型机场候机楼这一典型案例来说，其屋盖采用了大跨度网架结构。在未引入预应力技术之前，该候机楼屋盖在自重、风雪荷载等多种荷载的叠加作用下，关键杆件所承受的应力急剧攀升，甚至逼近材料的极限应力值，同时结构的变形也十分显著。这种状况不仅给建筑结构的安全性带来了巨大隐患，还让身处其中的旅客产生了强烈的不安全感。

为有效解决这一难题，设计团队引入了新型预应力索。在设计过程中，团队依据结构力学的基本原理与复杂的计算公式，运用先进的结构分析软件，对结构进行了精细化的模拟与计算^[2]。通过反复的分析与研究，最终确定了最为合理的索网布局方案，并精准地计算

作者简介：张智雄（1978-）男，汉族，湖北天门，本科，研究方向为土木工程。

出所需施加的预应力大小。经模拟分析结果显示,在引入新型预应力索并合理施加预应力后,该候机楼屋盖关键部位的应力降幅超过 30%,变形更是被精确控制在毫米级,完全满足了严苛的建筑设计规范要求。施工环节是将设计蓝图转化为现实建筑的关键战场,对于实现结构强化目标起着决定性作用。以复杂双层网壳结构的施工为例,由于其结构形式复杂,受力状态多变,需要综合考量几何非线性、材料非线性等多种复杂因素,构建极为精细的计算模型。只有通过这样精确的模型,才能确保预应力的施加能够精准到位,充分发挥预应力技术对结构性能的提升作用。

在预应力张拉工艺方面,其重要性不言而喻。施工过程中,需采用分阶段、分级张拉的策略,这一过程就如同为结构进行一场精心的“柔性按摩”。通过这种方式,可以有效避免应力瞬间集中对结构构件造成损伤,确保结构在施工过程中的安全性与稳定性。施工人员在实际操作过程中,必须严格遵循既定的施工流程,与监测团队紧密配合。监测团队通过在结构关键部位布置高精度的传感器,实时采集结构的应力、变形等数据,并将这些数据及时反馈给施工人员。施工人员则依据传感器反馈的数据,实时调整张拉参数,确保结构从初始搭建阶段直至最终成型的全过程都始终保持稳固状态,为大跨度建筑的安全运营筑牢坚实的根基。

2 助力施工高效疾驰

大跨度空间结构的施工过程,犹如攀登一座高耸险峻的山峰,面临着诸多艰难险阻。在传统的施工工艺中,由于受到技术手段和施工方法的限制,常常导致施工工期冗长,不仅增加了项目的建设成本,还可能影响到项目的整体效益。新型预应力技术的出现,宛如为大跨度空间结构施工注入了一剂强大的加速剂,极大地提升了施工效率^[3]。以某城市地标性体育场馆的建设为例,其穹顶采用了空间桁架形式。若采用传统施工工艺,施工过程中将面临海量的高空作业,构件的拼装速度极为缓慢,同时为了确保施工过程中的结构稳定性,需要搭建密密麻麻的临时支撑体系,这不仅耗费了大量的人力、物力和时间,还增加了施工过程中的安全风险。

在施工现场,借助预应力张拉技术,构件能够迅速实现拼接。具体来说,在构件吊装就位的瞬间,初张拉工序随即启动。通过施加一定的预应力,构件能够被牢牢地固定在预定位置,为后续的精细拼接工作打造一个稳定可靠的“底盘”。在完成所有构件的拼接工作后,进行终张拉工序。终张拉能够促使整个结构“一气呵成”地形成一个完整的整体受力体系,极大地提

升了结构的整体性与稳定性^[4]。在此过程中,实时监测系统发挥着至关重要的作用。它宛如一双“智慧天眼”,全方位、无死角地捕捉预应力的动态变化以及构件的变形轨迹。施工团队依据实时监测系统所反馈的精准数据,能够及时对施工过程进行校准与调整,有效避免了因施工误差而导致的返工延误等问题。通过这种施工、监测协同作战的模式,该体育场馆项目的高空作业量锐减 40%,临时支撑的使用量削减 60%,施工效率得到了大幅提升,确保了场馆能够如期甚至提前惊艳亮相,为城市的发展增添了浓墨重彩的一笔。

不难看出,新型预应力技术深度融入到大跨度空间结构的施工流程之中,成功打破了传统繁琐工序所带来的枷锁,为大跨度建筑施工注入了强大的动力源泉。在与时间赛跑的建筑项目建设过程中,新型预应力技术助力项目团队抢占先机,实现了建筑项目的高效落成。

3 创造丰厚经济回报

以繁华都市核心区的商业综合体建设项目为例,该项目通常具有宏大的建筑面积以及复杂的结构形式。若选用普通钢结构作为建筑的主体结构形式,由于普通钢结构在抵抗大跨度空间结构所承受的巨大荷载时,需要大量的钢材来保证结构的强度与稳定性,这将导致钢材用量惊人,进而使得项目的建设成本居高不下。

当引入新型预应力钢混组合结构后,情况发生了显著的改变。在这种组合结构中,混凝土凭借其自身良好的抗压性能,勇挑抗压重担;预应力钢束则利用其对拉应力的精准抵抗能力,与混凝土协同工作,二者相辅相成,共同实现了“1+1>2”的协同增效效果^[5]。经过严谨的核算,采用新型预应力钢混组合结构后,钢材用量相较于普通钢结构削减了约 25%。

从建筑项目的全生命周期来算账,预应力结构更是展现出了其作为“长期赢家”的独特魅力。由于预应力结构合理的受力设计,能够有效抑制裂缝、变形等常见结构病害的产生,使得建筑结构在长期使用过程中的后期维护工作变得省心省力。有一座已经运营了 20 年的展览馆,其采用传统结构的屋面因频繁受到荷载作用而产生变形,导致屋面“伤痕累累”,在这 20 年期间,为了维持屋面的正常使用功能,投入了大量的资金进行维修^[6]。

显然,新型预应力技术在建筑项目的建设初期就通过优化结构设计、合理选用材料等方式“精打细算”,有效降低了项目的建设成本;在漫长的使用期内,又凭借其良好的结构性能持续“开源节流”,减少了

维护成本并增加了租金收益等。通过这一系列的优点，新型预应力技术为投资方与运营方呈上了一份丰厚的经济红利，铸就了建筑领域的双赢传奇。

4 拓展广阔应用天地

在前沿的生态建筑领域，大跨度空间结构被赋予了节能、环保等重要使命。为了实现这一目标，预应力技术积极与碳纤维预应力筋等新材料展开深度合作。碳纤维预应力筋具有强度高、质量轻、耐腐蚀等诸多优异性能，将其与预应力技术相结合，能够打造出具有自适应能力的结构体系^[7]。在白天，这种自适应结构可以利用自身结构的形变，巧妙地收集太阳能，并将其转化为电能储存起来；到了夜晚，储存的电能则被释放出来用于建筑的照明等用途，真正实现了建筑的“自我供电”，极大地拓展了预应力技术在绿色建筑领域的应用边界。

着眼于地域差异，不同地区的建筑面临着截然不同的挑战。在地震活跃带，建筑时刻面临着生死考验。为了提高建筑在地震作用下的安全性，预应力技术与隔震、减震装备展开“强强联合”，共同构建起一道坚固的抗震防线。当地震波来袭时，结构能够通过预应力的自动调整，巧妙地“以柔克刚”，有效消耗地震能量，最大限度地保障建筑内生命财产的安全。在高寒地区，建筑施工又面临着低温环境下材料“脆化”的难题。针对这一问题，科研人员与工程技术人员通过优化施工工艺，研发出了一系列适用于低温环境的施工方法与材料处理技术，成功克服了低温材料“脆化”难题，确保了预应力结构在高寒地区的耐寒耐冻性能，为大跨度建筑在高寒地区的建设提供了有力的技术支持。

伴随数字化时代的东风，建筑领域也迎来了数字化变革的浪潮。在新型预应力技术的应用过程中，预应力技术参数可以借助先进的设计软件进行精准调控。通过数字化模拟与分析，能够在设计阶段对预应力结构的性能进行全方位的预测与优化。在施工管理方面，借助智能化的管理系统，能够实现对施工过程的实时监控与精准管理，大大提高了施工效率与质量^[8]。在深海建筑、星际基地等极具挑战性的极端设想场景下，新

型预应力技术凭借其自身的技术优势与不断创新发展的潜力，有望在未来的建筑领域中施展拳脚，为人类探索未知空间、拓展生活领域提供坚实的技术保障。

5 结语

新型预应力技术于大跨度空间结构领域建树颇丰。稳固结构、加速施工、增益经济，一路高歌猛进。展望未来，材料革新、科技赋能将助力其冲破重重枷锁，在异形、极端环境建筑中大显身手，持续优化建筑性能，迈向可持续发展新征程，为人类雕琢更多梦幻建筑空间，开启建筑新纪元。

参考文献

- [1] 吴腾飞.新型预应力技术在桥梁工程中的应用[J].内江科技,2024,45(11):42-43.
- [2] 车瑶.高速公路桥梁维修中新型预应力技术的应用[J].科技资讯,2024,22(08):131-133.
- [3] 杜维坤.高速公路桥梁养护加固中新型预应力技术的应用方法[J].山西交通科技,2023,(02):69-71.
- [4] 朱虹,刘子卿,董志强,等.基于铁基形状记忆合金的新型预应力技术及其工程应用[J].东南大学学报(自然科学版),2022,52(02):402-416.
- [5] 张振东.高速公路桥梁养护加固中新型预应力技术的应用[J].交通世界,2021,(28):103-104.
- [6] 潘玉.新型预应力技术在高速公路桥梁养护加固中的应用[J].工程技术研究,2021,6(09):67-68.
- [7] 余莹.公路桥梁工程应急加固中新型预应力技术的应用分析[J].运输经理世界,2020,(15):113-114.
- [8] 杨庆.路桥施工中预应力技术的探讨[J].产业与科技论坛,2019,18(19):65-66.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

