

# 预应力加固技术用于天车梁的承载力提升

李伟

黑龙江省中金建筑技术发展有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i7.4879

**[摘要]** 天车梁身为工业厂房起重输送系统的核心承重部件,其承载力径直关联生产安全与效能。随着工业生产规模的扩充以及服役时长的增加,既有天车梁普遍遭遇承载力不足的状况,预应力加固工艺因具备加固成效突出、对原始结构损害微小、能切实管控形变等长处,变成天车梁承载力提升的优先选择方案。本文立足于预应力加固工艺的核心原理,着重探究预应力和天车梁承载力提升之间的内在联系,从加固体系搭建、预应力施加形式对承载力的作用、加固进程中应力协调机理等层面展开深刻剖析,说明预应力怎样借助改变天车梁的受力状况、优化应力分布来达成承载力提升,为预应力加固工艺在天车梁加固工程中的合理运用提供理论参照。

**[关键词]** 预应力加固; 天车梁; 承载力提升; 应力协调; 受力优化

**中图分类号:** TV223.2+2 **文献标识码:** A

## The Prestressed Reinforcement Technology for the Load-bearing Capacity of the Crane Beam

Wei Li

Heilongjiang Kokin Construction Technology Development Co., Ltd.

**[Abstract]** As the core load-bearing component of industrial plant lifting and conveying systems, overhead crane girders directly impact production safety and operational efficiency. With expanding industrial production scales and prolonged service durations, existing overhead crane girders frequently face insufficient load-bearing capacity. The prestressed reinforcement technique has emerged as the preferred solution for capacity enhancement, owing to its outstanding reinforcement effectiveness, minimal damage to original structures, and precise deformation control. This paper examines the fundamental principles of prestressed reinforcement, focusing on the intrinsic relationship between prestressing and load-bearing capacity improvement. Through systematic analysis of reinforcement system design, the impact of prestressing application methods on load-bearing capacity, and stress coordination mechanisms during reinforcement processes, the study demonstrates how prestressing optimizes load distribution and modifies stress patterns to enhance structural performance. These findings provide theoretical references for the rational application of prestressed reinforcement techniques in overhead crane girder reinforcement projects.

**[Key words]** prestressed reinforcement; crane beam; load-bearing capacity improvement; stress coordination; force optimization

### 引言

天车梁是工业厂房中支撑天车运作、传递起重负荷的关键部件,其承载性能直接决定天车的起重本领和运行安全性。在长期服役历程中,天车梁不但要承受频繁的动负荷、静负荷作用,还会受到环境侵蚀、材料老化等因素的影响,致使部件出现开裂、形变等损伤,进而引发承载力下降的情况,难以满足工业生产的升级需要。传统加固工艺如粘贴钢板、加大截面等,虽能在一定程度上提升承载力,但存在加固后自身重量增加、对原始结

构干扰较大、应力集中显著等弊端。预应力加固工艺通过对部件施加预先应力,可有效抵消部分外部负荷产生的应力,优化部件应力分布,延缓裂缝发展,显著提升承载力的同时保障部件的长期稳固性。所以,深入探究预应力加固工艺和天车梁承载力提升之间的内在联系,明确预应力筋加固进程中的作用机理,对推动该工艺在天车梁加固工程中的精确运用具有重要现实意义<sup>[1]</sup>。

### 1 预应力加固工艺提升天车梁承载力的核心原理

### 1.1 预应力的应力抵消与叠加效果

预应力加固工艺提升天车梁承载力的核心逻辑,在于通过预应力筋向天车梁施加反向预应力,实现对外部荷载应力的抵消与叠加。天车梁在承受起重负荷时,梁体下部受拉、上部受压,长期负荷作用下,受拉区混凝土容易出现裂缝,随着裂缝扩展,梁体的承载力逐步降低。采用预应力加固时,通过张拉预应力筋并将其锚固于天车梁两端或特定部位,使梁体受拉区预先产生压应力。当车梁承受外部荷载时,外部荷载产生的拉应力与预应力产生的压应力相互叠加,此时梁体受拉区的实际拉应力为两者的差额,有效降低了受拉区混凝土的应力程度,延缓了裂缝的产生和发展。这种应力抵消效应并非单纯的数值累加形式,而是和预应力的施加位点、数值规模形成紧密关联。经过合理的预应力施加举措,能够让天车梁结构在标准使用荷载情况下,使受拉区域的混凝土始终处于受压状态或者低拉应力范围内,避免混凝土因承受拉力而产生开裂问题,进而导致结构刚度降低,最终影响梁体结构的承载性能。与此同时,预应力的施加还可以促使梁体结构的应力分布趋于均匀,减少传统加固技术应用过程中因局部加固引发的应力集中现象,提高梁体结构整体的承载稳定性水平产生提升作用<sup>[2]</sup>。

### 1.2 预应力机制对天车梁结构刚度指标与变形参数的调控效能

天车梁结构的承载力水平与刚度指标之间存在密切关联关系,一旦出现刚度指标不足的情况,会导致梁体结构在承受荷载作用过程中产生过量变形问题,对天车设备的正常运行状态造成影响,甚至可能诱发结构失效事故。预应力加固技术通过改变天车梁结构的受力状态,能够有效提升梁体结构的刚度指标,进而提高承载力。在预应力作用下,天车梁结构会产生反向挠度,即呈现向上的拱度,该拱度能够抵消一部分外部荷载产生的向下挠度。当外部荷载作用时,梁体结构的实际挠度为荷载引起的挠度与预应力反向挠度的差值,该作用机制显著降低了梁体结构的变形量数值水平<sup>[3]</sup>。

除此之外,预应力作用还能抑制混凝土结构裂缝的开展,裂缝数量的减少可有效提升梁体结构的截面刚度。混凝土构件的刚度指标与截面有效高度、混凝土弹性模量密切相关,裂缝的扩展会导致截面有效高度降低,进而导致刚度指标下降。预应力机制产生的压应力能使混凝土结构裂缝处于闭合或微裂状态,保障截面有效高度,维持混凝土的弹性性能,从而提升梁体结构整体的刚度。刚度指标的提升,使得天车梁结构在承受相同荷载时,产生的变形更小,受力状态更稳定,间接提升了梁体结构的承载力上限。

## 2 预应力加固体系构造与天车梁结构承载力提升目标的匹配对应关系

### 2.1 预应力筋排布方式与承载力提升效果的适配协调特性

预应力筋的排布方式直接决定了预应力在天车梁结构截面的分布状态,进而影响承载力提升效果。天车梁结构的受力特征表现为跨中区域受拉最显著,两端支座部位受压,因此,预应力

筋的排布应重点针对跨中受拉区域进行优化。现阶段常见的排布方式包括直线排布形式与曲线排布两种,不同排布方式与承载力提升目标的匹配关系存在差异。

采用直线排布方式的预应力筋主要作用于梁体结构的跨中区域,能够直接针对跨中受拉区域施加压应力,以针对性方式抵消跨中区域荷载作用产生的拉应力影响,适用于对跨中区域裂缝明显、跨中区域承载力不足的天车梁结构进行加固。该种排布设置方式具备施工操作简便易行、预应力传递作用直接高效的特点,能够快速实现对跨中区域承载力的提升效果,但对于梁体结构两端部位的应力改善作用相对有限。采用曲线排布方式的预应力筋,如抛物线形态、折线形态等形式,能够使预应力筋与天车梁结构的弯矩图示形成匹配对应关系,在跨中区域以及梁体结构其他受拉区域范围内,均能够产生合理化的压应力作用,实现对梁体结构全截面区域应力状态的优化调整效果。曲线规划的预应力筋不但能抬升跨中承载力量,还能改良梁体两端的受力形态,削减支座邻近的剪力缝隙,适配于整体承载力欠缺、多处产生损伤的天车梁加固事务。

预应力筋的数目与承载力提升同样存在清晰的匹配关联。于一定范畴之内,增添预应力筋数目可提高施加的预应力数值,增强对外部荷载应力的抵消成效,提升承载力。当预应力筋数目超越临界数值时,会致使梁体受压区域混凝土压应力过大,或引致受压区域混凝土开裂或压碎,反倒降低梁体的承载安全性。故需依照天车梁的实际承载力不足程度,精确计算预应力筋的数目,达成加固效果与结构安全的均衡。

### 2.2 锚固体系与承载力传递的稳定性关系

锚固体系作为预应力加固的关键构成部件,其性能直接决定预应力能否稳定传至天车梁,进而作用承载力提升效果。锚固体系需承受预应力筋的张拉应力,并将其可靠传至天车梁的锚固端点,因此锚固体系的承载力、锚固可靠性与天车梁的承载力提升紧密相关。

若锚固体系的承载力不足,于预应力张拉或后期运用过程当中,或许出现锚固失效状况,致使预应力损耗,无法达成预期的应力抵消效果,天车梁的承载力提升亦会大幅降低。同时,锚固端点的应力集中现象会作用天车梁的局部承载性能,若锚固体系设计不合理,或致使锚固端点混凝土裂开,进而作用梁体的整体稳定性。因此,锚固体系的设计需与天车梁的承载需求相匹配,锚固装置的承载力应大于预应力筋的张拉应力,同时借助设置垫板、加强筋等手段,分散锚固端点应力,规避局部混凝土损伤。

## 3 预应力施加途径对天车梁承载力提升的影响关系

### 3.1 体外预应力施加与承载力提升的动态关系

体外预应力索将预应力筋布置于天车梁体外,通过张拉锚固达成预应力施加,其与天车梁承载力提升的关系具备显著的动态特征。体外预应力加固过程当中,预应力筋与天车梁的协同工作状态直接作用承载力提升效果。鉴于预应力筋布置于体外,其与梁体的连接仅通过锚固装置和转向装置达成,在荷载作用

之下, 预应力筋的变形与梁体变形相互协调, 通过预应力的调整达成对梁体应力的动态优化。体外预应力持有优点体现于施工流程对原本天车梁构造产生扰动微小, 能够于不终止生产的状况当中开展加固操作, 同时预应力筋的更替、维护呈现较为便捷之态。于承载力提升层面, 体外预应力索借助调节张拉控制应力的数值, 精确掌控梁体的预应力程度, 达成对承载力的分级提升成效, 适配于不同承载需求的天车梁加固场景。然体外预应力筋显露于外部环境之内, 容易遭受碰撞、腐蚀等因素的作用, 需强化防护举措, 若未强化则会对预应力的稳定性产生影响, 进而使承载力提升效果有所降低。

### 3.2 体内预应力施加和承载力提升的协同联系

体内预应力是把预应力筋布置在天车梁体内的预留孔道或者预埋套管之中, 张拉之后通过灌浆手段实现预应力筋与梁体的粘结, 构建协同受力体系。体内预应力对天车梁承载力提升的核心联系在于预应力筋与梁体混凝土的协同运作, 通过二者的粘结来传递预应力, 达成对梁体全截面的应力优化目标。

体内预应力施加完毕后, 预应力筋与梁体混凝土紧密融合, 在荷载作用之下, 二者共同承受外部力量, 预应力筋的拉力借助粘结力传导至混凝土, 让混凝土受拉区域始终处于压应力状态, 切实提升梁体的承载力。鉴于预应力筋位于梁体之内, 受到混凝土的庇护, 耐久性表现较好, 预应力损失幅度较小, 能够长久保障天车梁的承载性能。单体内预应力施工需要在天车梁之上预留孔道, 对原有结构造成一定扰动, 施工工艺相对繁杂, 适用于对加固耐久性要求较高、可以暂停使用的天车梁加固工程。

## 4 预应力加固流程中应力协调和承载力提升的关联

### 4.1 预应力与原结构应力的协调机理

既有天车梁在加固之前已然承受一定的荷载, 存在初始应力状况, 所以预应力加固的关键在于实现预应力与原结构应力的有效协调, 若无法有效协调则会造成应力叠加失当, 对承载力提升效果产生影响。在加固流程中, 预应力的施加需要充分考量原结构的初始应力分布情况, 依据原结构的损伤程度、受力状况确定合理的预应力数值和施加次序。

对于存在裂缝的天车梁, 在施加预应力筋前, 需要先行对裂缝实施处理, 防止预应力施加过程中裂缝出现进一步扩展现象。预应力施加之时, 应采用分级张拉的形式, 逐步增加预应力数值, 使原结构具备足够的时间去适应应力变化, 实现预应力与原结构应力的平稳协调状态。若预应力施加量过大或者速度过快,

会造成原结构应力集中情况加剧, 可能引致新的损伤产生; 若预应力施加量过小, 则无法充分发挥应力抵消功效, 承载力提升效果不够理想。因此, 预应力筋原结构应力的协调程度, 决定着加固后天车梁的整体受力状况, 进而对承载力提升的有效性产生影响。

### 4.2 加固后整体架构的应力重新分布与承载力提升

预应力加固落实后, 天车梁同预应力筋构建全新的复合受力系统, 于外部荷载影响下会产生应力重新分布状况, 该重新分布情形和承载力提升紧密相连。恰当的预应力加固可让应力重新分布更为均衡, 防止局部应力集聚, 提高整体承载力; 相反, 若应力重新分布欠合理, 会造成局部区域应力超出材料极限强度, 诱发结构失效问题。

## 5 结论

预应力加固工艺通过预应力的应力抵减、刚度调节等作用, 能有效提高天车梁的承载力, 其关键在于预应力与天车梁受力情形的精确适配。预应力筋的布置形式、锚固系统的可靠性、预应力施加形式等, 均与承载力提升存在紧密的内在联系; 而预应力筋原架构应力的协调机制、加固后架构的应力重新分布情形, 直接决定了承载力提升的效果和持续性。在实际工程运用中, 需依据天车梁的原架构状况、承载需求, 合理设计预应力加固系统, 精确把控预应力数值和施加流程, 达成预应力与天车梁承载力提升的最佳适配。将来, 随着加固工艺的不断进步, 需进一步深入探究预应力加固的长期性能, 优化加固规划办法, 提高预应力加固工艺在天车梁承载力提升工程中的精确性和可靠性。

### [参考文献]

- [1]张茜.论钢筋混凝土加固在建筑工程中的实践[J].工程抗震与加固改造,2021,43(03):176.
- [2]殷树芳,孟繁伟.用于老旧混凝土梁桥预应力加固的电加热技术研究[J].工程技术研究,2021,6(05):145-146.
- [3]张奇.PCCP管道预应力加固技术研究[J].水利水电技术,2019,50(S1):126-132.

### 作者简介:

李伟(1984—),男,汉族,黑龙江省海伦市人,本科,高级工程师,结构改造加固鉴定、设计、施工、地基处理加固、建筑物病害治理等。