

# 现浇箱梁预应力施工技术在市政桥梁建设中的应用

陆韶辉

安徽省公路桥梁工程有限公司

**摘要:**我国城市桥梁建设大都采用了现浇箱梁结构,因为这种结构能够大大提升桥梁结构强度,增加稳定性,减少外部载荷对桥梁造成的干扰影响,可有效延长桥梁使用年限,因此得到了大量的推广运用。基于进一步提升对现浇箱梁预应力施工技术的创新和改进能力,提高该技术的实际应用效果,本篇文章从预应力施工技术的原理出发,通过对工程实例的应用总结,详细介绍了预应力钢筋的下料与安装、预应力束张拉和压浆等各种工艺,并给出了相应的施工质量管理策略,希望可以为类似工程项目提供一些参考借鉴。

**关键词:**市政桥梁;现浇箱梁;预应力;施工技术;应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.046

**引言:**伴随着城市化进程的加快,为了提升区域经济发展动力,城市道路桥梁工程的新建、改建、扩建项目也在不断的增多,对道路质量、安全性能和驾驶体验感要求越来越高。现浇箱梁预应力施工技术在市政桥梁工程项目建设中得到了有效应用,提升了路桥性能,延长了使用年限。现浇箱梁预应力施工技术具有很多优点、施工方法灵活,跨越能力强,目前也逐渐成为现代桥梁施工中常用的施工技术,加大对此项技术的研究,对提升我国路桥施工企业的整体施工能力和经济效益有着十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

## 一、预应力施工技术概述

早在19世纪,预应力施工技术就已经被运用于工程实践,预应力混凝土箱梁结构所具有的优越性也凸显出来,并逐渐得到业内的认可和广泛应用。由于其截面特征与整体性能较好,能有效地抵抗正、负弯矩和剪力,无论是在建设期还是在使用期都能很好地适应环境需求,尤其适用于正弯矩和负弯矩的预应力混凝土箱梁桥。由于采用了预应力法,让这两项技术在材料上的形成了优势互补,可以有效地抑制混凝土的受力,延缓开裂,增加刚度,可优化结构的尺寸,增加了箱形梁的横移能力。而采用预应力法进行悬臂节段的拼装,彻底颠覆了以往的有托架现浇的施工方式,实现了半自动化的施工模式。在不同的桥梁中,预应力混凝土梁也能得到多种不同的应用方式。

## 二、工程案例介绍

本文以某桥梁工程为例,该桥梁工程全长1600余米,桥跨布置为 $3 \times 30 + 3 \times 30 + 2 \times 30 + 5 \times 30 + 3 \times 33 + (35 + 50 + 35) + 4 \times 30 + 3 \times 46 + 4 \times 30 + 3 \times 30 + (42 + 69 + 42) + 4 \times 30 + 5 \times 30 + (30 + 40 + 30 + 30) + 2 \times 32$ 。

上部结构采用混凝土现浇箱梁,下部结构采用花瓶柱式桥墩,桥台采用直墙式桥台,基础采用钻孔灌注桩基础。该桥现浇箱梁主要施工工艺流程:地基处理→支架搭设→支座安装→模板安装→钢筋安装→砼浇筑→拆模、养生→张拉、压浆→封锚。为了让混凝土现浇箱梁的施工更清晰明了,本文就该工程的具体实施步骤进行了探讨<sup>[2]</sup>。

## 三、现浇箱梁施工中预应力施工技术应用

### (一) 地基处理

在进行工程建设之前,必须做好地基处理工作,因为地基的承载力直接关系到工程的安全与稳定,如果土壤结构疏松,土壤密度不均匀,则会造成基础塌陷,从而增加桥梁的安全风险。所以要在施工前,必须先对地基承载力进行复测,再对其进行平整和支架的安装。首先要清理基础表面,去除淤泥和软化部位,然后用厚实的石渣进行填筑,压路机反复碾压压实,然后在上面均匀的铺上砾石再压实处理,压实率达到95%以上。

### (二) 支架搭设

首先要彻底地清扫场地,并检查每一种材料的数量、规格、质量等,确定支架的位置,并采取相应的措施。根据箱梁面积、重量、高程等资料,以及箱梁荷载的分布情况来确定支架的大小,有针对性的设计。

### (三) 支座安装

首先对垫石顶面凿毛处理,根据设计图上标明的支座中心位置,分别在支座及垫石上划出纵横轴线,在墩台上放出支座控制标高。其次将墩台垫石处清理干净,用干硬性水泥砂浆将支承面缺陷修补找平,并使其顶面标高符合设计要求。将支座安装在支座垫石上,使支座中心线同垫石中心线相重合。其支座中心横桥向偏移不得大于2mm,顺桥向偏移不得大于10mm。

支座安装的正确与否与支座的受力作用和使用寿命有直接的影响,如果支座安放不平整,造成支座局部承压,则支座在活动荷载作用下会产生转动、滑移、甚至滑落。为防止支座产生过多的剪切变形,支座安装应考虑施工时温度等因素影响,合理选定施工时段,以保证橡胶支座在低温或高温时偏离支座中心位置不会过大。

### (四) 支架预压

支架预压主要是了解支架在承受荷载作用后的弹性变形,通过分析有关资料,确定合理的预拱度,保证支架拆除后的箱梁标高满足有关规范。在进行地基沉降变形观测时,首先要做的是预压件和箱形件的处理,预压件的是箱形件的下压件和箱形件的承载件,因为有关规范要求预压件不能小于箱梁的自重,所以预压件的预压

值为其结构的115%，并根据具体情况选用最方便的预压件，如水箱、编织袋、钢包等。可以在基坑侧设置一个监测点，便于观察和记录预压材料的堆积和拆除后的回弹值，并按不同的载荷等级进行观测，每一阶段的测量数级为25%，每一阶段监测时间为12小时，在预压载荷达到100%后，24小时内没有出现明显的变化异常，那么就可以说明支架的沉降和支撑结构是满足要求的，然后可进行卸载<sup>[3]</sup>。

### （五）箱梁钢筋的安装准备

在确定了支架的预压值满足规范后，再根据设计图来确定箱梁的钢筋尺寸及具体的位置，进行钢筋的绑扎工作。在绑扎的工作过程中，要做到钢筋间距适当，以防止对混凝土浇筑的产生影响。当腹板与钢筋的连接高度超出第一次浇筑的高度位置时，必须通过预埋的混凝土垫片将钢筋与模板进行分离，其包含有底板、腹板、横隔板等。在布置时，底板垫片应保持50厘米\*50厘米，腹板100厘米\*100厘米。先将钢模表面抛光，涂上脱膜剂，然后把它固定在模子的末端，保证模板与模板的牢固结合，从而防止模板的移动。此外，在进行主梁的钢筋安装时，还应注意预应力管线的设置，做到合理定位。

### （六）预应力钢绞线下料与穿束

现浇箱梁预应力施工技术在桥梁工程中的应用中，下料和穿束是施工中的一个重要环节，它直接关系到施工的质量。（1）为了确定预应力钢绞线的下料时的材料长度，必须按照特定的计算公式来计算，但由于张拉方式的不同，计算方法也不尽相同，例如：两端张拉法的材料长度=孔径+2×（工作锚杆厚度+穿心式千斤顶长度+夹片式工作锚厚度+预留工作长度）；（2）在下料时，可采用砂轮切割机，将方木或彩色布条放置在钢绞线下面，以保证下料场地平整，防止钢绞线与地面接触，产生摩擦，从而导致钢绞线的材质性能下降。在切割的时候，难免会有一些偏差，为了防止安全问题，通常会将偏差控制在-50到100毫米之间，最好是用一个有顺序的圆盘，然后慢慢的抽出，逐个切割，以确保钢绞线的切割质量和施工安全。此外，要选用适当的钢绞线固定方法，在钢束中打上记号，用20号钢丝将钢绞线固定，长度的范围取值是1.0到1.5米，并将钢绞线缠绕在一起，以保证其横向平行。捆扎过程也要特别关注钢绞线的松紧性是否一致，要有秩序地对彼此间进行梳理。要在施工准备前认真地清除孔洞。

### （七）预应力筋张拉

预应力钢筋张拉要遵循“同步、对称、偏心”的基本原则，即纵向同时张拉时，要按下向上、左向右对称张拉，首先对与横向形状接近的钢束进行张拉。为了保证张拉的质量，必须按照根据预应力筋的数量、钢丝的截面等因素来测算出张拉的受力，得到张拉控制应力，并通过试验计算对比，来确定预应力钢筋张拉的实际伸

长值，误差通常控制在-6%~6%之间。张拉控制是施工中普遍存在的问题，此阶段的施工过程必须保证应力满足规定的要求，但实际伸长与理论伸长的差异较大，因而不能保证预应力施工的质量，容易造成施工质量失控。所以要在进行理论延伸计算时，必须根据实测数据来确定预应力钢筋的弹性，从而避免对拉伸的影响。此外，要求各钢索与整束张拉的受力一致，并形成工程上的统一伸长，这样一来钢绞线的预张拉值要比初始张拉小，所用的工具为单顶头。张拉设备在施工过程中产生的碰撞也有可能造成实际伸长与理论伸长值的不同，因此，在实际工程中要避免有关设备的频繁使用，并做好设备的定期检查、校对，以避免在张拉过程中出现意外<sup>[4]</sup>。在进行预应力张拉时，应从两个方面入手。（1）在张拉前，应根据实际情况，分别对张拉力吨位与压力计的关系、绞线弹性模量、箱梁混凝土强度等进行科学的计算。并对油泵的油量、波纹管成孔、绞线束、梁体施工质量、混凝土强度、锚垫板混凝土的密实度等进行了全面的检测，以保证施工的顺利进行。（2）张拉流程根据0→初应力（10%σ<sub>con</sub>）→100%σ<sub>con</sub>（持荷5min）→锚固过程，对预应力钢筋进行了拉伸，并综合考虑了构件的规格和张拉锚固系统。张拉时，两端部位要保持对称性，按不同级别的顺序加大拉力和拉伸，以保证两端相同，当有很大差别时，可分别调整压力的大小，若钢绞线长度大于80米，则应根据实际情况适当延长张拉时间。为了确保拉伸试验的精确度，不仅要对其末端进行平整、抛光，还要对钢丝绳的平面与锚垫之间的距离进行测量，以便对张拉应力值进行较好的控制。为了确保张拉操作的质量，必须掌握好3个关键环节。一是张拉顺序，按“均匀对称，偏心荷载少”的原则，按相应的要求进行施工，以防止发生侧弯、混凝土变形等问题；二是张拉安全，不仅要保证现场施工和周边工作人员的人身安全，还要保证张拉施工的安全，如果可以安排专业的安全技术人员进行现场监督和指导，以便能及时发现和解决安全隐患；三是张拉施工时的张拉质量，确保施工技术的合理运用，确保千斤顶、工具锚板、限位板等同轴线，在张拉应力得到稳定后，立即进行锚固工作。

### （八）孔道压浆

在孔道压浆施工中，可以采用智能压浆机进行压浆。在施工过程中，按照相关的施工规范，必须要选用C50微膨胀水泥压浆料，并在张拉后48h内进行施工。在进行孔道压浆之前，首先采用收缩水泥将裸露在外的钢绞线和锚杆等进行包裹，清理孔道，清理不彻底的话就用清洁剂进行清洁，然后用压气机吹干，保证压浆管道通畅，达到施工要求。压浆施工通常把压浆孔置于最低处，由下到上依次进行。在压入孔道之前，水泥要进行均匀的搅拌，一般持续40分钟，然后用筛子过滤，筛子的尺寸不能大于3毫米。孔道压浆施工中经常遇到的问

问题是孔道不畅通、注浆不密实,造成这种问题的主要原因是人为操作导致的,比如在浇注混凝土时没有在波纹管放置塑料衬管,或者是对弯孔进行注浆时,不按规定的施工次序,或者是钢绞线的力量和速度没有掌握好,造成了波纹管的破裂、阻塞等等。孔道的连续灌浆不能很好地控制流速,从而在施工中很容易发生堵塞现象,会影响孔道压浆质量。为避免这些问题就应加强在灌浆前的冲洗与检验,以保证孔道通畅,才能进行后续工程<sup>[5]</sup>。

#### (九) 封锚施工

孔道压浆完成后,在混凝土选用上,应与桥梁混凝土标号保持一致,首先清除锚具和锚垫板上的浮浆,避免锚圈、垫板连接处的湿气泄漏,也可以将环氧树脂砂浆灌注到现浇裂缝处,再将钻具取下,将钻孔表面的凿毛清除,保证水泥接头处的连接部位足够紧密。此外,端头模、张拉槽口模的浇注方式与箱形梁式相同,浇注前先用钢筋网覆盖,浇注完后再进行振捣,以保证其密实度达到要求。然后在表面适当喷洒水分进行养护,待其强度达到规范要求后即可拆除。养护结束后,新老混凝土的交接缝也要做好防水处理的相关工作,环氧树脂胶泥的使用也是必不可少的。

### 四、现浇预应力混凝土箱梁施工质量控制措施

#### (一) 强化预应力的施工质量检查

必须要强化对波纹管的质量检查。施工企业在进行施工的过程中,必须要对预应力管线上安装临时衬管,并对接头进行密封,防止渗漏。并且要强化波纹管的现场管理,防止腐蚀、开裂和损坏。仅仅靠1 kN的径向力作用下,是不会发生变形的,要在使用之前应进行注水测试,以确保没有漏水的不良现象发生。同时,要防止水泥进入管道,造成孔道堵塞的现象。而且在安装时还必须要着重避免重复的弯折,防止管道破裂。

#### (二) 有效利用智能张拉系统

智能张拉系统通常把应力作为预应力张拉的控制指标,以伸长误差为修正指标,以张拉装置的工作压力、预应力钢束的伸长率等为主的测量手段。在传感器采集到数据之后,系统会将数据实时传输给系统,通过相应的程序控制软件进行分析和判定,然后将命令传送给张拉装置,通过对变频器的运行参数进行实时调节,对油泵的转速进行高精度的实时调节,并能实时地控制油泵的进退油,并实时地控制预应力和张拉力,以保证施工的需要,取得较好的施工效果,并实时获取油压、位移等信息,并自动产生预应力张拉记录表<sup>[5]</sup>。

#### (三) 加强预应力施工队伍建设

预应力施工技术具有精细化的特征,需由专业的施工人员进行相应的工作,否则容易因为操作不规范而出现质量问题。施工前挑选技术经验丰富的技工,并将岗前培训和技术交底工作落实到位,确保能够准确的掌握

施工技术的总体应用流程及要点。施工期间由项目技术人员旁站指导操作,及时指出施工人员的不当之处,引导其积极改进。

### 五、现浇箱梁预应力在施工中质量控制要点

#### (一) 混凝土质量控制要点

(1) 在施工过程中,必须要严格按生产配比进行混凝土的调配,以保证混凝土拌合物的和易性、保水性和重塑性都能达到现场浇筑的要求。(2) 在混凝土中加入外加剂后,可以满足运输和浇筑工艺的要求,但不能在混凝土搅拌中掺入水分,否则流动性容易不达标,从而造成后期强度不能满足标准。(3) 在箱梁混凝土浇筑工作完成后,及时进行覆盖(或保温)养护,以减小因失水而引起的收缩、开裂,从而保证混凝土浇筑质量。

#### (二) 预应力筋施工质量控制要点

(1) 预应力筋的孔道位置控制要点:①先根据设计图纸确定预应力筋的位置,②在已经安装好的基板(或腹板、顶板)钢筋上安装定位钢筋,并对预应力管道进行紧固,直线段内的定位钢筋与弯头之间的间隔不得大于1米,弯曲处不得大于0.5米。(2) 预应力筋的穿束:最好是整束的梳编钢绞线,这样可以防止钢绞线在张拉时互相缠结,从而影响钢丝的使用寿命。(3) 对预应力钢筋张拉的控制要点:①检验同工况下的梁体混凝土强度,使其张拉强度满足设计要求,方能进行张拉。②按照张拉顺序及张拉力,对预应力钢筋进行张拉,张拉时采用张拉力与伸长量的双重控制法,同时,要以张拉力为主,并进行伸长值检验。

### 六、结语

目前在我国城市桥梁工程建设中,现浇箱梁预应力施工技术已被广泛采用,该技术优势主要体现在既能保证桥梁的稳定、坚固,又能延长桥梁的使用年限,而且施工技术灵活,跨越能力强,极大的满足城市桥梁工程的施工要求。在实际的施工过程中,必须要严格遵守相关的施工工序和规范,注重技术运用的重点及要点,从而保证道路桥梁的高品质建设目标。

#### 参考文献

- [1] 高勇. 预应力混凝土现浇箱梁施工技术和质量控制要点[J]. 交通世界. 2021, (35): 131-132.
- [2] 包珍. 现浇箱梁箱内增设体外预应力施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2017(10): 66-70.
- [3] 李燕通. 探究预应力现浇箱梁支架预压与施工技术[J]. 建筑与预算. 2021, (12): 116-118.
- [4] 曹文龙. 道路桥梁施工中现浇箱梁施工技术分析[J]. 黑龙江交通科技. 2021, 44(12): 107-108.
- [5] 涂遥. 现浇箱梁模板施工技术在路桥工程项目中的应用[J]. 工程技术研究. 2021, 6(21): 58-59.