

钢结构滑移施工技术研究及工程应用

常 璐

(北方集成电路技术创新中心(北京)有限公司, 北京 100163)

摘 要 目前, 钢结构广泛应用于建筑、铁路等领域^[1], 滑移施工技术在许多钢结构中也得到了广泛的应用, 是解决大跨度钢结构施工问题的有效途径。滑移施工技术是一个大类, 根据不同的分类标准, 可分为几种方法。本文对钢结构的滑移施工技术及工程应用进行了分析和探讨, 结合四个工程应用实例, 旨在对人们加深对滑移施工技术的认识有所裨益。

关键词 钢结构 滑移施工技术 建筑结构

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)06-0013-03

钢结构存在于我们生活的每一个角落, 起着重要的作用^[2]。大兴区钢结构采用湿滑施工技术, 提高了施工的可靠性和稳定性。为了满足大跨度钢结构安装的需要, 各种施工方法应运而生, 滑移施工技术是众多施工技术之一, 随着滑移理论计算、设备和手段的不断改进, 越来越多的工程采用滑移施工, 本文结合工程的成功应用, 对滑移施工技术进行了详细的总结。

1 滑移施工技术的分类与特点

1. 在实践中, 滑动框架中包含滑动结构, 滑动结构可分为单(块)滑动和累积滑动。根据滑行轨迹可分为三种类型: 平面直线滑行法、平面曲线滑行法和空间曲线滑行法。根据受力的不同, 可分为提升滑行法、千斤顶滑行法和液压手动滑行法。

2. 本发明涉及一种建筑结构的滑移方法, 在建筑结构滑移方法中, 将建筑结构沿建筑结构的纵向分为若干滑移单元, 在建筑结构的端部或中部的某一滑移单元轮架可以设置在底盘的范围之外。在准备好其他各种滑动条件后, 结构单元可从装配位置滑离, 直至达到最终使用位置, 轮胎保持在原来的位置从而通过反复循环完成整个结构的施工任务。本实用新型的特征在于: 所述的框架为不动框架, 结构为滑动结构。

3. 当采用滑动框架法施工时, 结构沿结构纵向分为多个组装单元, 在结构的端部或中部的某个组装单元的下方设置有框架轮框架的一个部件或一部分装配在装配单元中。因此, 轮胎可以滑动到车架上, 将原来的装配位置留给下一个相邻的装配单元的下部, 然后松开轮胎, 车架杆就可以恢复到原来的状态, 开始装配。相邻单元之间, 通过反复循环完成整个结构的施工任务。其特征为: 所述结构固定, 所述框架为滑动框架。

4. 设计了平面直线、平面曲线和空间曲线的滑移方法, 形成滑移时的滑移轨迹。液压千斤顶、滑动千斤顶、滑动方法、滑动导轨(或起重机)滑动法是针对一种滑动驱动力而提出的, 其中前两种方法广泛应用于框架结构的滑动法, 而人工滑动法只能用于一些小项目。

2 滑移施工技术简介

由于滑动结构的特点, 滑槽位于不同区域, 滑带中心不在同一直线上。因此, 必须设计两套玻璃营地, 以解决手动修改问题。固定在液压滑道结构钢框架内的特殊滑动阀滑轨上可设置滑靴。根据工程特点, 在B轴和H轴上分别在剪力墙上方设置两个滑轨。在剪力墙上方设置一个整体板, 液压同步爬行施工技术。

1. 和传统的用绞车和钢丝绳牵引一样, 对爬行机器人的推进力和前进速率均可进行精密的检测和监控。计算机系统通过利用传感器测量机器人的推进力和爬行速率, 控制自动化机器人间的协调同步能力, 在出现超载或同步过载情况发生时及时调整速度和发送报警信号, 使滑行过程变得更加安全。

2. 通过模块化和扩展相结合的方法, 对履带式机器人设备的重量、尺寸和滑动距离进行了有限元分析。

3. 本实用新型体积小, 重量轻, 负载能力高, 自动化程度高, 使用舒适灵活, 安全可靠, 特别适用于电池。在小空间或难以安装悬挂机构的施工现场进行大量滑动安装。

3 钢结构滑移施工关键技术

3.1 施工及调整

3.1.1 钢拱肋整体纵推滑移问题是施工管理中的难题在一切准备工作完成后, 按钢拱整体顶推方式施

工进行。先利用液压缸的推动保证夹轨器夹轨,夹轨器反作用于夹轨器上,在夹轨器前端再由液压缸的同步推动。液压缸上的校准标记可以用来调节向前推的距离,并在开始点与定位点之间把每个路径分为一个小单元。在向顶推过程中,可以通过对智能钢轨表面喷砂的方式,来维持铁轨和平衡块之间的摩擦力。车轮箱组人员在被动监控前后通过内部通讯保持联系,一旦其他区域出现了异常状况时,应立即停机检查支付设备,并报告。

3.1.2 钢管支架的调整方式

将钢管支架推到位后,对钢管支架进行精确调整,通过滑动量修正纵向位置偏差,通过调整轨道高度和水平偏差,并通过轮箱与轮轨之间的间隙进行滑动到位。钢管支架就位后,将滑动系统的整体支架脚与支架肋之间的闭门安装在焊接锁上,将格栅板等附件安装在完成的安装全钢管支架。

3.2 施工中的安全措施

为确保关键钢管拱沿轨道侧曲线的安全性和稳定性,应进行横向防转检查,以提高 SSR 的安全系数,并防止钢管拱自动滑动。平衡装置设置在滑动系统的后部,以增加摩擦功率,从而增加整个系统与轨道之间的摩擦力。防侧倾检查,桥区平均强风日数为 8 级 156. sd,最大瞬时风速 40.7m/s,主风向与交汇线夹角较小。钢管支架安装完成后,斜向荷载主要为横向风荷载。

4 滑移施工技术的适用条件

1. 对象构造函数必须能够被划分成多个相同或相似的独立模块,以便它们可以在一个固定或轻微变化的框架中重用,而这些模块必须沿轨道空间有规律地排列,使它们可以沿同一轨道(结构滑动)或轮胎(滑动轮胎)滑动到指定位置。

2. 所用动力设备简单,在一般工程中,动力设备往往只需要一个或多个慢速液压千斤顶或手拉蒙陆,甚至手动推完成施工任务。

3. 现有建筑物、构筑物或者其他堆积物置于需要安装的构筑物下面时,在施工过程中不会相互干扰。

5 滑移施工技术的基本原理

滑移施工技术的基本原理是当物体的推力或拉力大于或等于物体所受各种阻力之和时运动,即:

$$R_{\text{动力}} \geq \gamma_0 S_{\text{阻力}}$$

式中, $R_{\text{动力}}$ 为动力设备产生的总动力之和; $S_{\text{阻力}}$ 为物体所受的各种阻力之和; γ_0 为安全储备系数,取 2~4。

当物体为滑动摩擦时: $S_{\text{阻力}} = \mu_1 \delta_1 G_{\text{ok}}$ 。 μ_1 为滑动摩擦系数,在自然压制表面,经粗除锈表面充分润滑的钢与钢之间可取 0.12~0.15; δ_1 常为阻力系数,当有其它因素影响动力时,取 1.3~1.5; G_{ok} 为滑移对象自重标准值。

物体为滚动摩擦时: $S_{\text{阻力}} = (k r_1 + \mu_2 r r_1) G_{\text{ok}} \delta_2$ 。 k 为钢制轮与钢轨之间的滚动摩擦力臂,当圆顶轨道车轮直径为 100~150mm 时,取 0.3mm,车轮直径为 200~300mm 时,取 0.4mm 为车轮轴承摩擦系数,滑动开始轴承取 0.1,稀油润滑取 0.08,滚珠轴承取 0.015,滚珠轴承、圆锥滚子轴承取 0.02; δ_2 为阻力系数,由小车制作安装精度、钢轨安装精度、牵引的不同步程度等因素确定,取 1.1~1.3; r_1 为滚轮的外圆半径 /mm; r 为轴的半径 /mm。

6 滑移施工技术应用中应考虑的因素

1. 在滑移阶段,一些构件的内力会发生变化,一些构件的荷载会发生变化,一些构件的卸载会发生变化,一些构件会出现反作用,在滑移阶段,必须根据边界条件和滑动阶段的载荷,保证滑动阶段构件的内力不超过构件的最大承载力,使滑动部件处于安全状态。

2. 由于滑移阶段结构形状、边界条件和载荷条件的变化,滑移时结构的变形会发生变化。滑动构件的变形验算应根据施工实际情况进行,以确保结构变形与相邻构件完全吻合。

3. 为了保证铁路轮胎在滑动阶段的安全,必须对铁路轮胎的强度、刚度和稳定性进行检查。

4. 在滑动结构单元或车轮框架时,必须在滑动前进行彻底检查,以确保在整个安装过程中完全自由。在滑动过程中,应检查抗倾覆能力,以确保滑动阶段的安全状态。

5. 电力设备在滑行前必须进行全面检查,以确保电力设备处于良好的工作状态。当多台设备同时提供动力时,在滑动过程中,必须不断检查滑动是否同步,防止滑动体扭伤。

6. 在滑行前,必须严格掌握天气,在有强风、暴雨、雷暴等恶劣天气时,必须停止施工,并采取各种固定措施。

7. 在滑行前必须有统一的密码,滑行程序必须一致。

7 滑移施工技术在工程中的应用

实例 1: 以华能北京热电厂干煤棚 1 号网壳为例,采用三芯圆柱网壳螺栓球节点。网壳平面尺寸 120m × 210m,总投影面积 25200m²,高度 43.75m,是我国最大的柱面网壳结构。网壳分为东西两部分,网壳支撑

是一种两端有上下绳的双支撑形式,每个楼层节点都有支架。由于机组施工要求在安装网壳时,电站的发电不受自然影响,因此最终工程采用了累积滑移法,各扇区的安装结构都取得了成功。在施工过程中,首先在东西两端设置一个宽度为 $4.2\text{m} \times 5=21\text{m}$ 的组合式支架,在滑动单元中采用两个宽度为 8.4m 的网架,将整个结构分为10模块化,最后,其余网壳在高空组装在组装平台上,无需滑动。牵引设备选用2套 300kN 四门滑轮组,钢丝绳直径 25mm 。

在整个滑移过程中,对结构关键部位的内力和变形进行监测。滑动轴承的特殊设计,滑动到位后更换支架也是保证结构在滑动过程中安全的关键控制。

实例2:南京奥林匹克游泳馆位于南京市河西區奥林匹克体育中心,国际标准游泳池 50m 长,跳池 $25\text{m} \times 25\text{m}$,训练池 $50\text{m} \times 15\text{m}$,场地面积 600m^2 。根据施工现场的实际情况,通过反复论证,将桁架结构在现场外分段拼装,然后吊装到拼装支架上,焊接成整体桁架,上部空间曲线结构滑动法。

由于本工程采用斜坡滑移,轨道有倾角,施工时采用两台 20kN 的索道牵引,索道上端设置有索道,滑移时滑移缓慢,时间同时,还做好了防止牵引设备故障引起结构快速滑移的措施。

实例3:青岛流亭机场三期3号航站楼钢结构屋盖由6个主桁架组成,主桁架之间填充有弧形网壳。每个主桁架由两个横截面为倒三角形的管桁架组成。主桁架顶部支撑高度为 $+19.100\text{m}$,支撑高度为人字英尺 $+21.434\text{m}$,6个主桁架呈扇形分布。在施工中,将框架的一端、主框架和第一网架穹顶组装焊接。组装完成后,将爬行装置12安装在第一桁架上,使第一桁架滑动,同时对第二桁架进行组装焊接。沿曲轨3-9滑动后,桁架的第一个滑动停止。沿曲线轨道滑动3-9后,两个桁架停止滑动,第三个桁架与第一个桁架连接后,三个桁架一起滑动。3-9沿曲线轨道滑动后,第1、3桁架停止,第4、3桁架连接后,3、4桁架上安装液压履带累积滑动。4根累积桁架在4根累积桁架上爬行后滑动3-9,停止滑动,5根桁架连接,5根累积桁架连接后滑动。在蓄能器滑动3-9后,停止滑动,将第六桁架与桁架连接,再将蓄能器滑动6-Cotton桁架连接到位后进行滑动。

在滑移过程中,应重点控制等速角,即保持内外圆弧轮轨的滑移速度为 8.310m/h ,分别通过滑油流量控制系统和滑油流量计算机自动控制系统,确保2套滑油系统抓取、3组抓取、2组抓取、4组抓取误差在

10mm 以内,从而控制整个结构的同步切换。

实例4:嘉兴电厂二期工程位于浙江省平湖市黄山镇,位于已投产的一期电厂工程南侧。本工程为煤场上部9#,10#干煤棚网壳结构。网壳采用螺栓球与焊接球节点相结合的三芯柱面网壳结构,全长 140m ,跨度 103m ,拱高 40.539m ,覆盖面积 14420m^2 ,扩展面积 20160m^2 ,为大型工业建筑。本工程采用下部满堂脚手架、上部滑动胎架的直线滑动技术。下部全厅操作架立杆置于木垫块上,立杆高度为 12m (两侧), 18m (中间)。在其上方安装了一个滑动工作平台。滑道采用 120 钢制作,滑道下方设置间距 40cm 的面杆。工字钢交错布置,采用 8×3.5 钢管整体连接。滑道上部为滑动夹具架。第一块网壳安装检查完成并合格后,拆除放置在型钢上的脚手架底部立杆和顶部脚手架各部分的连接立杆,用手拉出压簧向前推滑动胎架,滑动到位后,将底部立杆伸出。固定滑动夹具框架并安装上部网壳。依此类推,直到所有工作完成。

在工程中,采用下全脚手架、上全脚手架直线滑移技术施工,下全脚手架为上全脚手架的滑移座,从而使下全脚手架必须严格控制,以保证上部框架的滑移和网壳的安装要求。

8 结语

该滑移施工技术具有施工方便、设备简单、经济性能好、安全文明等优点,是对称重复单元空间钢结构的经济可行的选择。但是,在采用滑移施工技术时,有必要对框架结构的施工状况进行检查,以保证滑移过程的安全,从而降低施工成本,以达到最佳效果。

参考文献:

- [1] JG61—2003]258—2003网壳结构技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2] JG7—91网架结构设计与施工规程[S].北京:中国建筑工业出版社,1991.