

全螺栓连接钢结构安装安全质量控制成套设备研制与应用

化 亮 李 刚

甘肃诚信送变电工程有限责任公司 甘肃兰州 730000

摘 要: 国家电网建设变电施工工程机械技术领域, 钢结构工程中有效解决钢结构立柱地脚螺栓未固定时的稳固、调平的方便及快捷且能保证安全的问题。解决梁、柱连接处螺丝紧固工作量大, 高处作业无可靠作业面的问题。解决钢结构顶面作业人员安全带无可靠挂点、移动时可能失去保护等问题。对相应设备进行试用、检测、修正满足钢结构安装作业过程人身防护的安全可靠, 并方便使用。为装配式变电站建筑物在施工中发挥良好的作用。

关键词: 全螺栓连接; 安全护具; 变电站

Development and application of complete equipment for safety and quality control of steel structure installation with bolt connection

Liang Hua, Gang Li

Gansu Chengxin Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd. Lanzhou, Gansu, 730000

Abstract: In the field of technical machinery for the construction of substations by the State Grid Corporation, effective solutions have been developed for securing, leveling, and ensuring safety when steel structural columns are not fixed properly at the base. This innovation addresses the challenges of securing screws in the beam-column connections, particularly in high-altitude work situations where a reliable operating surface may be lacking. It also resolves issues related to the lack of secure attachment points for safety harnesses on the top surface of steel structures and the potential loss of protection during movement. This paper describes the testing and modification of corresponding equipment to ensure the safety and reliability of personal protective equipment during the installation process of steel structures. These adaptations facilitate ease of use and contribute to the efficient construction of prefabricated substation buildings.

Keywords: Full Bolt Connection; Safety Protective Gear; Transformer Substation

一、项目的理论和实践依据

1. 对高空坠楼问题的预防

对于安装人员所采用的工具, 譬如, 扳手、刀具及机械设备等需用安全绳进行连接, 谨防其坠落。对于像螺栓垫片类的部件需放入专用的工具袋中。在高空施工作业过程中有坠落可能的物品, 必须对其采取加固措施。另外, 在高空进行电焊、切割等工作时, 需采取保护措施防止切割、焊接产生的碎片、火花等伤及行人。

2. 对吊装后机构失稳的预防

在对结构构件吊装完成后, 应首先校验其位置是否准确, 待固定后可卸除吊钩, 在对其安装稳固完成后可将其余固定设施或装置卸除。在对钢屋盖进行吊装时, 应及时对其进行安装牢固并对屋面支撑系统进行安装,

目的是保证整个屋盖系统的稳定性。对于长细比较大的构件, 在其临时固定未形成稳定系统前, 需设置绳索加地锚固。对安装、校正完成后, 达到设计要求的结构体系, 应检查全部的连接螺栓, 对其紧固达到设计要求, 保证结构的稳定性。

3. 梁、柱连接与安装与防护技术

在安装刚架构件时, 须严格按照设计进行施工。譬如, 在对多跨门式刚架进行设计时, 其中柱需设计为摇摆柱。然而, 施工过程中若将中柱和斜梁焊接在一起, 使得实际安装效果与设计计算存在较大差别, 造成质量安全事故。因此, 安装施工时需严格遵循设计图纸进行。

在对工字梁进行焊接施工时, 在对翼缘板与连接板进行对接焊缝时, 未对其做成倾斜式的过渡段。在对上述

对接焊缝进行焊接时,若焊接两侧的宽度或厚度不一致,并且相同侧差距大于4mm时,需同时在宽度或厚度方向自同侧或两侧做成坡度不大于1:2.5(1:4)的斜角。

在对梁、柱安装施工时,端板的连接面没有形成光滑的平面,切割不整齐或同梁、柱翼缘板的焊接质量不佳,使得端板发生一定的翘曲变形,进而使其接触部位得不到吻合,连接螺栓受力不均匀,最终难以满足节点的各种弯拉、剪切变形。

在对门式刚架的梁和柱进行拼接安装时,将翼缘板同腹板的安装接头放在同一个截面上,造成质量隐患。在对翼缘板和腹板拼接接头安装时,需将其接头按规定错开。

门式刚架的梁和柱等构件,其受集中荷载部位并未设置相应的加劲肋,容易引发结构构件的局部受压过度,进而产生失稳破坏。

作为连接用的高强螺栓不满足相关规范及技术条件的规定。高强螺栓的使用,在对其紧固的过程中,分为初拧、终拧,对于某些施工过程中的大型节点还需增设复拧。整个紧固过程需要在一天内完成,避免某些忘记终拧。同时,在结构全部安装完成以后,还需将所有连接螺栓进行逐个检查,避免产生漏拧和松动现象。另外,针对某些安装工程中使用的高强螺栓,其连接部位并未依据设计进行相关处理,使其连接部位的抗滑移系数达不到抗剪切的相关规定。

二、实施方案

1.解决钢结构立柱地脚螺栓未固定时的稳固、调平的方便快捷且能保证安全的问题。

2.解决梁、柱连接处螺丝紧固工作量大,高处作业无可靠作业面的问题。

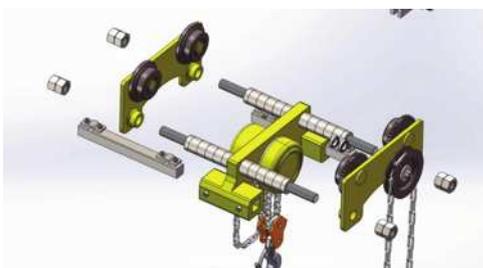
3.解决钢结构顶面作业人员安全带无可靠挂点、移动时可能失去保护等问题。

4.对相应设备进行试用、检测、修正满足钢结构安装作业过程人身防护的安全可靠,并方便使用。

三、结构设计

整体结构分为,驱动滑车,滑动式伸缩机构,高强度铝合金防护缆车。

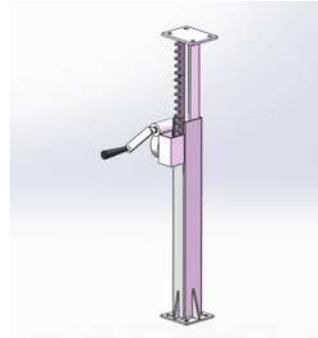
1.驱动滑车



驱动滑车使用手拉式链轨原理,仅仅通过人力即可

完成在缆车在工字钢的自由滑动的目标,从而实现在工字钢任意位置都可以进行施工作业。

2.滑动式伸缩机构



滑动式伸缩机构,是由高强度合金材质制成,具有重量轻,承载大,灵活易用等特征。采用特制的齿轮齿条结构,配有专门设计闭锁装置,让工作人员轻轻摇动手柄,即可使防护栏上下移动。从而让高空作业人员有个更加舒适的工作位置,方便螺栓安装旋拧操作。

3.高强度铝合金防护缆车



高强度铝合金防护缆车,为高空作业人员提供一个有效安全的作业位置。本身采用高强度6061铝合金材料,其屈服强度高达260mpa,其强度远超过施工中常用的Q235钢质材料。使用其整体重量仅为40公斤,仅为钢材的1/3重量。熟练的操作工,可以实现在高空进行组装的目的。实用性能大大增强。

四、全螺栓连接的特点和优势

全螺栓连接,顾名思义,就是连接中的主受力零件只有螺栓。钢结构中的柱脚、主次梁、梁柱、支撑等连接都可以实现全螺栓连接。全螺栓连接虽然会增加一定的成本,但是其优点还是不少的。

1.对现场的安装条件要求降低

螺栓连接施工时,工人只需要携带简单的安装工具即可完成。而传统的焊接连接则需要使用专用的焊接设备及电气设备,对设备的依赖会更强。同时从规范要求来看,螺栓连接的作业要求会更为宽松,比如螺栓施工在-10℃以上的气温都是可以进行的,而焊接施工在温度较低时就要求对被连接零件进行预热处理了。当然对施工单位来说,最大的差别还是在人员的要求上。焊接作业时,要求施工人员有专业技术且安全技术考试合格,

并持有合格证才可上岗,而螺栓的施工人员则没有对应的要求。

2. 连接质量可控

现场焊接属于隐蔽工程,其质量受各方面因素的影响很大,比如环境温度、焊接位置、焊接水平等,所以对于要求较高的焊缝需要进行相应的质量检查才能保证其连接的强度。而螺栓连接则技术指标比较简单,且有专门的工具和措施能保证其连接的可靠性。所以从连接质量上来看,螺栓的质量更加稳定,而且不需要太多的额外保障措施。

3. 环保低碳

焊接不可避免的会在现场产生相应的光污染和气体污染,而螺栓连接过程则不会有这方面的困扰。当前国家也正在实施“双碳”战略,要在2030年实现碳达峰,2060年实现碳中和。对建筑业来说,施工阶段的碳排放是一个关键的节点。当采用全螺栓连接后,所有的焊接工作都可以转入构件工厂,通过技术手段来降低碳排放量,这样相对现场焊接作业会更加可控。

4. 方便后期拆卸

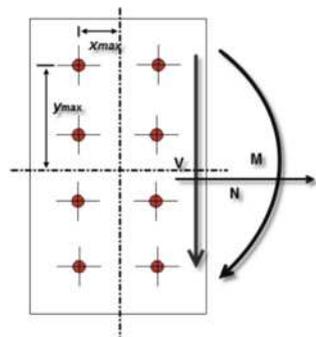
钢结构相对于混凝土结构的最大特点就是结构有一定的可拆卸性。当完全采用螺栓连接以后,结构的可拆卸性就更好,只需要将连接螺栓拆除,就可以将构件分离。这种特性可以方便的实现结构局部的功能性调整。

五、全螺栓连接的设计技术条件

1. 螺栓群的承载力计算方法

螺栓群根据其受力特性,可以分为两种类型。

一种为螺栓受剪。首先假定其螺栓群的转动中心在其几何中心,而后以最外排的螺栓达到其受剪承载力上限为极限。假定内侧的其余螺栓的剪力与其到转动中心的距离呈线性关系,以此对所有的螺栓的力矩求和,得到螺栓群的受弯承载力。



从公式中可以看到,螺栓群的受弯承载力与其几何排布尺寸有较大关系,当几何排布尺寸增加时,受弯承载力也相应增加。

另一种为螺栓受拉。首先也要假定一个螺栓群的转动中心,一般可假定在螺栓群的几何中心或者连接端板可

能发生塑性铰的位置(比如相连梁的下翼缘中心)。同样的,也以最外排螺栓达到受拉承载力作为极限。假定内侧的其余螺栓的拉力与其到转动中心的距离呈线性关系,以此对所有的螺栓的力矩求和,得到螺栓群的受弯承载力。和上面受剪的情况一样,螺栓群的受弯承载力也和几何排布有很大关系。而且可以看到,如果假定中和轴在几何中心时,有一半的螺栓实际是处于受压状态的,实际螺栓是不可能受压的,所以这部分力是由端板来承担的。

2. 极限承载力的计算原则和方法

当结构有抗震构造要求时,对钢结构的连接节点,需要进行极限承载力的验算。极限承载力的计算可以参考抗规的8.2.8条,从原理上可以知道,控制极限承载力的目的是让节点的极限承载力要大于相连梁的塑性弯矩,而控制这项承载力的最终效果会让梁先于节点发生屈服,即塑性铰外移,以此保证竖向构件的安全。需要达到塑性铰外移的部位,在钢结构设计标准的17.2.9条中已经有所规定,即塑性耗能区。如果连接已经不在此区段内,此时不管是连接先屈服还是构件先屈服都已不再重要,可不进行验算。

3. 存在的问题和改进方案

螺栓本身属于紧固件,需要穿越至少两个零件,中间有螺栓孔贯通。当螺栓数量较多时,就要求所有的螺栓孔都必须精准对位。但在实际工程中,由于深化或者加工精度不到位,可能会导致相关联的零件之间螺栓孔有错位,引起施工困难。为了快速解决这种问题,现场施工人员往往会选择强行让零件变形满足安装条件,或者直接放弃安装某些螺栓,这样会带来严重的安全隐患。

六、结束语

文中针对钢结构立柱地脚螺栓未固定时的稳固、调平的方便及快捷且能保证安全的问题,梁、柱连接处螺丝紧固工作量大,高处作业无可靠作业面的问题,钢结构顶面作业人员安全带无可靠挂点、移动时可能失去保护等问题进行思考,重点进行了传统连接方式的改造,通过设计一种全螺栓连接钢结构安装安全质量控制成套设备,经过实际应用,验证该套设备可实现对相应设备进行试用、检测、修正满足钢结构安装作业过程人身防护的安全可靠,并方便使用。

参考文献:

[1]侯兆新.高强度螺栓连接设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
[2]中国工程建设标准化协会.高性能建筑钢结构应用技术规程:T/CECS 599—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
[3]张猛,马人乐,吕兆华,等.对高强螺栓施加预拉力方法的研究[J].建筑结构,2009,39(7):37-39,65.