

拉索（单索）幕墙的施工技术

陈实 安文智 王鹏 李斌 何文华
中建国际城市建设有限公司 江苏 苏州 215163

摘要：拉索幕墙，作为一种现代化建筑外立面结构，以其独特的外观设计和卓越的功能性，如出色的防水、隔热和隔音性能，受到了广泛关注。在中建国际全球总部项目中，我们将深入探讨拉索幕墙的施工技术，并对施工前的各项准备工作、关键技术措施以及安全保障措施进行详尽的阐述。

关键词：拉索(单索)幕墙；施工技术；安全保障

引言

拉索幕墙，作为当代建筑领域中的一种创新外墙装饰手法，巧妙地融合了张拉不锈钢索与玻璃面板，以此打造出兼具高度透明性与立体感的建筑外观。中建国际全球总部项目，采纳了这一设计元素，将其融入建筑构造之中。为确保该项目的施工品质与进度，本文将对拉索幕墙施工技术的具体细节进行详尽阐述。

1 施工准备

1.1 设计和方案确认

1.1.1 在施工前期，必须严格审查幕墙的设计方案，确保各项内容准确无误。审查重点涵盖幕墙施工图纸的设计、施工方案的编制、技术交底、材料质量和数量的确认，以及材料的运输、保管和安装要求。设计文件应全面包含幕墙施工图纸、建筑总平面图、幕墙平面布置图、竖向剖面图，以及主体结构和支承柱的布置图。对于拉索系统，其构件及节点详图需进行详细阐述。在审查过程中，需对设计文件逐一核对，保证图纸的精确性。同时，拉索系统的节点设计亦应细致入微，确保其与建筑主体结构紧密相连，以保障整体施工质量和安全。

1.1.2 在设计阶段，由于拉索幕墙的构造十分复杂，且施工安装过程中有诸多影响因素，因此在设计过程中，项目技术负责人需对拉索幕墙的构造、材料和工艺进行深入研究，并根据研究结果编制施工方案。拉索幕墙施工方案应包括如下内容：拉索类型、规格、数量及安装位置；拉索体系设计参数（如力臂长度、索力等）；拉索单元尺寸及安装长度；单元预埋件的设计和安装方案；拉索系统的设计和施工技术要点。设计阶段完成后，需由业主和总包共同组织幕墙施工单位、设计院、设计单位、监理单位、业主代表等各方进行拉索幕墙的深化设计和施工方案确认^[1]。

1.2 材料准备

1.2.1 拉索材料：拉索材料的选取必须综合考虑多个方面，包括强度等级、结构形式以及材料类型等。对于规模较大的拉索幕墙项目，我们推荐使用强度等级达到Sb级或P8级的钢丝绳，并尽可能使用未经截断的整根钢丝绳。拉索与立柱的材料选择应以不锈钢为优，且必须严格遵循设计要求进行加工处理。在吊杆与预埋件的制作过程中，务必遵循相关的技术规范，确保产品质量。若采用焊接连接方式，必须按照技术规范要求对焊缝进行检测。至于预埋件的材料选择，同样需要关注材质、规格、位置以及尺寸等因素，特别是拉索幕墙的预埋件，其位置与尺寸必须严格符合设计要求。

1.2.2 拉索材料选用的原则是，选用的材料要保证幕墙安全可靠，同时要保证材料的质量。在本工程中，主要选用了符合国家标准和行业标准的索头、拉杆接头、钢绞线。钢绞线：采用了符合国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224-2014的直径为52mm，加工完成后粘贴对应标签，索出厂前必须进行预张拉，钢索张拉值分别达到其破断强度的50%~55%，并维持1.5h。为防止零件运输过程中刮伤、划伤，对零件做保护包装，在实际工程中，为了方便施工，在施工前将不锈钢拉索先进行加工，用钢支架将钢绞线盘固定好，然后逐圈放松钢绞线；钢绞线下料时应认真检查每根钢绞线是否有死弯，切口处是否松散，如遇死弯应切掉，松散的钢绞线头应裹好并绑扎好。每盘（捆）上应挂有标牌，运输到施工现场。

1.2.3 工具和设备准备

测量工具：全站仪或GPS测量仪器（主要用于测量建筑物的定位和轴线）；经纬仪或测距仪（主要用于测量建筑物的垂直度）；钢尺（用于测量建筑物的垂直度）；钢卷尺（用于测量建筑物的垂直度）；水平仪或水准仪；角尺（用于测量建筑物的垂直度）；铁锤（用于敲击钢丝绳上的锚栓，以检查缓粘结预应力筋与锚栓

的连接情况)；塔吊(用于起吊构件，可移动)；千斤顶(主要用于起吊构件，可移动)；吊车梁(用于吊装构件，可移动)；吊车钩(用于吊装构件，可移动)；钢丝绳(主要用于起吊构件，可移动)^[2]。

2 施工技术

2.1 耳板施工

2.1.1 本项目中的底部耳板与钢梁是一体成型，耳板的安装应严格按照设计图纸要求进行，同时应保证其安装精度满足设计要求。在耳板的施工中，主要包括以下几个方面：耳板的安装位置应符合设计要求，同时还应确保其与钢结构之间的连接牢固；耳板的标高和直径应符合设计要求，并保证其符合相关标准；耳板在与钢结构焊接时，应保证其材质和防腐性能等符合要求；耳板在安装完成后，其标高和直径均应符合相关标准要求。若耳板的标高或直径等未达到设计要求，则应及时对其进行调整和修复；耳板安装完成后，其位置、标高、尺寸等均不能发生变化。

2.1.2 耳板是钢索幕墙的主要受力构件，其安装质量对整个幕墙工程质量有着重要影响。由于本项目为超高层建筑，且部分位置在城市景观上有特殊要求，因此其耳板应采用与钢梁一体成型和主体结构相连接。在耳板的施工中，首先应根据设计要求对耳板的位置、标高、直径和材质等进行严格地控制，并按施工顺序进行安装。当工程采用锚固筋连接时，应严格按照设计要求和锚固间距进行设置；当工程采用焊接时，应严格按照设计要求和焊接工艺进行操作，并按规定设置防裂膜。耳板的安装顺序应与钢结构安装顺序相协调，并应避免对钢结构产生不利的影响。

2.2 过载保护装置安装

2.2.1 鉴于当前环境状况的不断恶化，极端气候条件的频繁出现可能导致索力超出设计值，进而对幕墙或主体结构构成潜在威胁。为了有效应对这一挑战，我们必须在拉索端部安装过载保护装置。该装置在正常工作状态下保持静默，但当拉索内力达到或超过限定值时，其内置的保险丝将自动断裂，启动过载保护机制。此时，弹簧被压缩，产生一定的变形量，以缓冲拉索内力的增加。随着弹簧的缓冲作用，拉索内力逐渐降低，从而有效防止拉索受损。当支座位移得到恢复后，被压缩的弹簧也随之恢复到原始状态，确保拉索继续保持张紧状态，维持其正常的工作效能。这一设计不仅提升了结构的安全性，也增强了其应对极端环境的能力。

2.2.2 过载保护装置的安装必须按图纸要求进行，安装前应先对过载保护装置进行验收。过载保护装置安装

前应先对过载保护装置的位置进行复测，以保证其符合图纸设计要求，并对过载保护装置与拉索座的连接处进行处理，以防在连接处拉索变形而影响整个幕墙结构。安装前要在耳板上标记出每根拉索座管槽的中心线。拉索座管槽应与耳板的位置保持一致，以确保安装时不出现偏差。在安装前必须将拉索座管槽清理干净，并进行严格的检查，以确保其符合图纸设计要求。检查合格后要对每根拉索座进行编号，并将编号打印出来。拉索支座应保证其与拉索座的连接紧密，并且应保证在拉索支座上没有任何杂物^[3]。

2.3 拉索安装

2.3.1 拉索，作为建筑幕墙中的关键支撑构件，其安装过程至关重要。拉索的安装主要有两种方法：一种是借助钢结构的耳板进行安装；另一种则是直接将拉索嵌入结构中。在本项目中，我们采用了第一种安装方法。具体的安装原理如下：首先，卸下销钉，随后将固定端的拉索索头与耳板(结构)紧密连接。对于配备有销钉的部分，需在螺纹部位涂抹螺纹紧固胶，以防止松动，并确保螺钉的紧固。接着，松开调节端上的锁紧螺母，通过旋转调节器调整调节端的长度，以便另一调节端的索头能与耳板(结构)顺利连接。为确保拉索的稳固性，我们会在不同阶段对拉索施加预拉力，并通过调节器调整拉索伸长，从而实现拉索的张紧。预拉力施加完毕后，我们会旋紧锁紧螺母，以防止任何可能的松动。

2.3.2 拉索安装之前，拉索底部耳板与钢梁按照理论分格尺寸在厂内焊接好，待现场安装顶部钢梁时以底部耳板为基准定位，保证顶部钢梁预留孔与底部耳板在一条线上。使用水平仪对拉索进行测量，检查安装误差是否在允许范围内。使用水平仪进行测量时，水平仪的水平精度应达到 $L/1000$ 或 ≤ 5.0 的要求。测量完成后，将拉索平置于安装平台上，按照设计要求进行挂装。安装完成后，使用水平仪对拉索进行测量。拉索悬挂于平台上时，其悬挂点应与支座连接牢固；拉索悬挂于平台上时，其吊点应与幕墙设计吊点连接牢固；拉索悬挂于地面时，其吊点应与地面吊点连接牢固；拉索悬挂于地面时，其吊点应与地面吊点连接牢固。

2.3.3 玻璃面板安装

玻璃面板安装时，先用吊机把玻璃面板吊到幕墙设计位置，然后用专用工具进行安装。玻璃面板的安装顺序是先外侧后内侧，即先进行拉索幕墙的安装，然后进行拉索幕墙与索体的连接。玻璃面板的安装应在拉索施工前完成，然后自下而上进行玻璃面板的安装。玻璃面板安装时，应调整好各块面板之间的水平偏差和垂直偏

差,使玻璃面板的平整度符合规范要求。在测量完玻璃面板与拉索之间的偏差后,再进行玻璃面板与索体之间的连接。为保证连接强度,在连接前应对连接处进行密封处理。在玻璃面板与索体连接时应保证足够的强度和刚度,以避免在连接时出现变形^[4]。

3 安全保障

3.1 安全防护措施

施工现场设置明显的安全警示标志,对存在的隐患及时进行整改;施工现场配备足够的安全防护用品,并严格按照要求使用;对进场的工具、材料等进行严格检查,不合格的不允许进入工地;认真做好安全教育工作,定期开展安全生产知识培训,提高工人的安全意识;施工现场设置专门的消防设备,配备足够的消防器材和工具;施工现场要有完善的“三防”设施,即防雷、防静电、防台风、防火灾等措施;加强对临时用电的管理,防止电气设备漏电引发事故;加强对临边、洞口作业人员的安全教育,落实各项安全措施;高空作业前要进行安全检查,不符合要求时严禁施工。

3.2 施工人员培训

施工人员上岗前,必须进行安全教育培训,经考试合格后方可上岗作业。培训内容包括:施工安全知识、操作规程、劳动纪律、安全生产责任制度等。对新上岗的作业人员必须进行安全技术交底,并由安全员对其进行书面技术交底,经考核合格后方可上岗。特种作业人员还应经过专门培训和考试合格后方可持证上岗。施工人员在作业中必须严格执行各项安全管理规定,严禁违章作业和违章指挥。严格执行检查制度,对施工现场进行不定期检查,并做好检查记录。加强对施工人员的思想教育和职业道德教育,严禁使用童工或不符合国家规定年龄的工人。

3.3 定期检查和维修

3.3.1 拉索幕墙是一种新型的结构体系,目前还没有一套成熟的拉索幕墙施工技术,因此施工人员需要在施工过程中不断积累经验,并针对可能出现的问题,进

行提前预防。同时,为了保证拉索幕墙能够达到预期效果,必须要对拉索幕墙进行定期检查和维修。拉索幕墙是一种具有多种功能的新型结构体系,可以有效解决目前建筑结构体系中存在的诸多问题。但是在实际施工过程中,由于拉索幕墙是一种刚开始应用的新型结构体系,其设计、施工等方面都没有成熟的经验可供参考,因此需要在施工过程中不断地积累经验和教训,并不断加强对其进行维护和保养^[5]。

3.3.2 由于拉索幕墙的结构比较复杂,因此对其进行定期检查和维修是不可避免的。在对拉索幕墙进行检查和维修时,需要注意以下几点:每半年对拉索幕墙的索体进行一次全面检查,如果发现索体有较大的破损或出现变形、松动等情况时,应及时对其进行更换;在索体上设置专用的测量工具,来随时监测拉索幕墙的实际受力情况,当发现拉索出现较大变形时应及时更换;对索体上设置的测量工具要定期进行检修,以保证测量工具的正常工

总结

拉索(单索)幕墙的施工技术是建筑施工中的重要环节,对于中建国际全球总部项目来说,我们采取了严格的施工技术和安全保障措施,确保了施工的顺利进行和施工质量的高标准。

参考文献

- [1]阮稳.超高拉索(单索)幕墙的施工技术[J].中国高新技术,2023(14):50-52.
- [2]郝加生,王先忠,姜海林,等.四边对称单索球拉索玻璃幕墙施工技术[J].建筑施工,2023,45(9):1753-1756.
- [3]文杰.悬臂式预应力单索点式幕墙体系施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(7):106-110.
- [4]张昊成.建筑玻璃幕墙施工技术要点分析[J].城市建筑与发展,2023.DOI:10.37155/2717-557x-0406-32.
- [5]张振礼,汪涛,余清雅.超大面积弧面单层单向点支式拉索幕墙施工技术[J].建筑施工,2022(003):044.