

膨胀螺丝的失效模式与预防措施研究

宋立青

宁波永诚五金机械有限公司 浙江 宁波 315300

摘要: 膨胀螺丝作为常用的紧固件,其失效模式多样,主要包括断裂、腐蚀和松动等。断裂通常源于材料缺陷或安装时产生的过大应力;腐蚀则因环境恶劣导致螺丝强度降低;松动则可能由锁紧力不足或外力冲击引起。本文深入研究了这些失效模式的成因,并提出了相应的预防措施,如选用优质材料、加强防腐处理、采用锁紧垫圈和定期检查维护等,以确保膨胀螺丝的稳定性和可靠性,为工程实践提供指导。

关键词: 膨胀螺丝;失效模式;预防措施

1 膨胀螺丝的基本原理与分类

1.1 膨胀螺丝的工作原理

膨胀螺丝的工作原理是通过斜度产生摩擦从而达到固定效果。具体来说,膨胀螺丝由头部和螺杆(带有外螺纹的圆柱体)两部分构成,与螺母一同使用。当螺丝钉与膨胀管一同被打入墙内后,通过旋紧螺母,螺母向内的拉力会使螺钉向外推,进而使铁皮膨胀管涨开,紧密地卡入墙体。这个过程中,胀大管和外周的复合结构会产生正压力,墙体、胀大管和圆锥三个部分共同达到固定的效果。

1.2 膨胀螺丝的分类

膨胀螺丝有多种分类方式,以下是主要的几种类型;(1)按材质分类:膨胀螺丝可以分为塑料膨胀和不锈钢膨胀两大类。塑料膨胀常用于厨卫挂件等轻质物品的悬挂,而不锈钢膨胀则更适用于需要高强度固定的场合。(2)按外形和功能分类:不锈钢膨胀还可以进一步细分为外膨胀、外六角内膨胀、膨胀钩以及带圈膨胀等多种类型。这些不同类型的膨胀螺丝适用于不同的安装需求。(3)其他分类方式:除了上述分类方式外,膨胀螺丝还可以根据特定应用场景进行分类,如电梯专用膨胀、车修膨胀、化学锚栓、内迫膨胀、窗式膨胀以及重型锚栓等。

1.3 膨胀螺丝的应用领域

膨胀螺丝由于其钻孔小、拉力大、用后外露平整且可随意拆除等优点,被广泛应用于各种场合;装修领域:膨胀螺丝常用于紧固空调、热水器、吸油烟机在家电设备,以及固定无框阳台窗、防盗门窗、厨房和浴室组件等^[1]。工程建设:在工程建设中,膨胀螺丝被用于桥梁、船舶和汽车等领域的固定和连接。建筑幕墙和室内装饰:膨胀螺丝也常用于建筑幕墙的固定和室内装饰中的灯饰、广告看板等安装。高端建筑领域:目前,膨胀

螺丝在国外高端建筑领域如欧洲、美国、中东、日韩等发达国家有着广泛的应用。

2 膨胀螺丝的失效模式分析

2.1 断裂失效

断裂失效是膨胀螺丝常见的失效模式之一,主要表现为螺丝在受力过程中突然断裂,丧失固定能力。膨胀螺丝的螺纹部分是其承受外力的关键区域。如果螺纹设计不合理,或者在使用过程中受到过大的扭矩或剪切力,就可能导致螺纹处发生断裂。螺纹加工过程中产生的缺陷,如裂纹、夹渣等,也会降低螺纹的抗拉强度,增加断裂的风险。螺栓头部是膨胀螺丝的另一个重要受力区域。当螺栓头部受到过大的外力或者设计不合理时,就可能发生断裂。这种断裂通常发生在螺栓头部的过渡圆角处,因为该处是应力集中的地方,容易发生塑性变形和断裂。膨胀螺丝的材料质量是影响其抗拉强度和断裂韧性的关键因素。如果材料中存在杂质、气孔、疏松等缺陷,或者材料的化学成分和力学性能不符合要求,就可能导致膨胀螺丝在使用过程中发生断裂。在温度变化较大的环境中,膨胀螺丝可能会因为热胀冷缩而产生额外的应力。当这些应力超过材料的抗拉强度时,就会发生断裂。特别是在高温环境下,材料的强度会降低,更容易发生断裂失效。

2.2 腐蚀失效

腐蚀失效是膨胀螺丝在潮湿、高温、高湿度等恶劣环境下常见的失效模式。腐蚀会导致螺丝的表面产生锈蚀、红锈等现象,从而降低其强度和紧固能力。膨胀螺丝在使用过程中,会与空气中的氧气、水分等发生化学反应,导致表面氧化。这种氧化反应会破坏螺丝的表面结构,降低其抗拉强度和耐腐蚀性。特别是在潮湿环境中,氧化腐蚀的速度会更快。当膨胀螺丝处于不同金属的电位差环境中时,会发生电化学腐蚀。这种腐蚀会导

致螺丝的表面产生腐蚀坑、裂纹等缺陷,从而降低其强度和紧固能力^[2]。电化学腐蚀通常发生在螺丝与不同金属接触的部位,如螺帽与螺杆的接触面。应力腐蚀开裂是一种特殊的腐蚀失效模式,它发生在材料受到拉应力和腐蚀介质共同作用的情况下。膨胀螺丝在使用过程中,如果受到过大的拉应力和腐蚀介质的共同作用,就可能发生应力腐蚀开裂。

2.3 松动失效

松动会导致螺丝的紧固能力下降,甚至完全丧失固定作用。膨胀螺丝的锁紧力是其保持紧固状态的关键因素。如果锁紧力不足,就容易导致螺丝松动。锁紧力不足的原因可能包括拧紧力矩不够、锁紧机构设计不合理等。在振动和冲击环境下,膨胀螺丝可能会因为受到反复的机械应力而发生松动。这种松动通常发生在螺丝与孔壁的接触面上,因为该处是应力集中的地方。特别是在高频振动和强烈冲击的环境下,螺丝的松动现象会更加明显。温度变化导致的热胀冷缩也是导致膨胀螺丝松动的原因之一。当温度变化时,螺丝和孔壁之间的间隙会发生变化,从而导致螺丝的紧固力下降。特别是在温度变化较大的环境中,这种松动现象会更加频繁和明显。膨胀螺丝的安装过程也是影响其紧固能力的重要因素。如果安装过程中存在问题,如钻孔深度不够、膨胀管未完全胀开等,就可能导致螺丝在使用过程中发生松动。

2.4 其他失效模式

除了上述三种常见的失效模式外,膨胀螺丝还可能存在其他失效模式,如疲劳失效、蠕变失效等。疲劳失效是指膨胀螺丝在受到长期交变载荷作用下,由于材料的疲劳损伤而导致的失效。这种失效通常发生在螺丝的螺纹处或头部等应力集中的地方。特别是在高频振动和交变载荷的环境下,疲劳失效的风险会更高。蠕变失效是指膨胀螺丝在高温、高应力等恶劣环境下,由于材料的蠕变变形而导致的失效。蠕变变形会导致螺丝的紧固力逐渐下降,甚至完全丧失固定作用。特别是在高温、高压等极端环境下,蠕变失效的风险会更高。膨胀螺丝的不当使用和维护也是导致其失效的原因之一。

3 膨胀螺丝失效的预防措施

3.1 材质选择与质量控制

膨胀螺丝的材质选择是预防失效的第一步,也是至关重要的一步。对于需要承受较大拉力和剪切力的膨胀螺丝,应选择高强度、高韧性的材料,如不锈钢、合金钢等。这些材料具有优异的力学性能和抗腐蚀性能,能够满足恶劣环境下的使用需求。同时对于需要承受高温或低温环境的膨胀螺丝,应选择具有相应温度适应性的

特殊合金材料,以确保其在极端温度下的稳定性和可靠性。不同的基材具有不同的硬度和化学性质,在选择膨胀螺丝时,需要确保其与基材之间的相容性和匹配性,以避免因材质不匹配而导致的失效问题^[3]。在材质选择的基础上,严格的质量控制是确保膨胀螺丝性能的关键,生产过程中,应对原材料进行严格检验,包括化学成分分析、力学性能测试等,以确保其符合标准要求。对加工过程进行严格控制,包括热处理、锻造、切削等工序的监控,以避免产生裂纹、夹渣等缺陷。对成品进行抽样检测也是必不可少的环节,通过对成品进行抗拉强度、屈服强度、硬度等指标的测试,可以及时发现并处理质量问题,确保每一批次的膨胀螺丝都符合质量要求。

3.2 设计与安装规范

膨胀螺丝的设计应充分考虑其受力情况和使用环境,以确保其在使用过程中具有足够的强度和稳定性。设计时,应根据实际需求确定膨胀螺丝的规格、长度和螺纹类型等参数,以确保其能够满足使用要求。考虑膨胀螺丝与基材的匹配性也是设计过程中的重要环节,设计时,需要确保膨胀螺丝能够牢固地固定在基材中,避免因材质不匹配或安装不当而导致的失效问题。对于需要承受较大动态载荷的膨胀螺丝,还应增加防松设计,如采用锁紧垫圈、涂覆防松剂等措施,以提高其抗松动能力。安装膨胀螺丝时,应严格按照产品说明书和安装规范进行操作。首先,确保安装孔的深度和直径符合膨胀螺丝的要求,以避免因孔径过大或过小而导致的安装不牢固问题。其次,在安装过程中,避免过度拧紧或拧紧不足,以免损坏膨胀螺丝或导致松动。对于需要预紧的膨胀螺丝,应按照规定拧紧力矩进行拧紧,以确保预紧力达到设计要求。在安装过程中还应注意以下几点:一是确保安装面的平整度和清洁度,避免因安装面不平整或存在杂质而导致的安装不牢固问题;二是选择合适的安装工具和方法,避免因工具不当或方法不当而导致的损坏问题;三是对于需要承受较大动态载荷的膨胀螺丝,应增加额外的锁紧措施,如采用自锁螺纹、涂覆防松剂等,以提高其抗松动能力。

3.3 锁紧与防松措施

为了预防膨胀螺丝在使用过程中松动,应采取有效的锁紧措施。锁紧垫圈是一种常用的锁紧方法,它能够通过增加摩擦力来防止膨胀螺丝松动。常见的锁紧垫圈有波形垫圈、弹簧垫圈等。这些垫圈在安装时能够产生一定的预紧力,从而增加膨胀螺丝与基材之间的摩擦力,防止其松动。涂覆防松剂也是一种有效的锁紧方法,防松剂能够在膨胀螺丝与基材之间形成一层粘性薄

膜,增加它们之间的摩擦力,从而提高抗松动能力。在选择防松剂时,应根据使用环境和要求选择合适的型号和规格。自锁螺纹则是一种更为先进的锁紧方法。它通过在螺纹上设置特殊的形状或结构来增加摩擦力,从而实现锁紧效果。自锁螺纹具有安装简便、锁紧效果好等优点,被广泛应用于各种需要承受较大动态载荷的场合。除了采取锁紧措施外,还应定期对膨胀螺丝进行防松监测。通过检查膨胀螺丝的紧固状态和外观情况,可以及时发现并处理松动问题。防松监测可以采用多种方法,如目视检查、敲击检查、扭矩检查等。目视检查是通过观察膨胀螺丝的外观情况来判断其是否松动;敲击检查则是通过敲击膨胀螺丝来听其声音是否清脆来判断其是否松动;扭矩检查则是通过测量膨胀螺丝的拧紧力矩来判断其是否松动。

3.4 防腐与保护

膨胀螺丝在使用过程中容易受到腐蚀的影响,从而降低其性能和寿命。常见的防腐方法包括涂覆防腐剂、电镀、热镀锌等。涂覆防腐剂是一种简单有效的防腐方法,它能够在膨胀螺丝表面形成一层保护层,隔绝腐蚀介质与基材的接触,从而延长膨胀螺丝的使用寿命。在选择防腐剂时,应根据使用环境和要求选择合适的型号和规格。电镀是将膨胀螺丝浸入含有金属离子的电解液中,通过电解作用在膨胀螺丝表面形成一层金属保护层;热镀锌则是将膨胀螺丝浸入熔融的锌液中,使其表面形成一层锌保护层。这两种方法都能够有效地提高膨胀螺丝的抗腐蚀能力。除了上述防腐方法外,还可以采用其他措施来预防膨胀螺丝的腐蚀。除了防腐处理外,还应采取其他保护措施来预防膨胀螺丝的失效^[4]。在使用过程中,应定期检查膨胀螺丝的紧固状态和外观情况,及时发现并处理松动、腐蚀等问题。对于需要承受较大动态载荷的膨胀螺丝,还应采取额外的保护措施来增强其抗松动能力。

3.5 特殊工程塑胶应用

在某些特殊情况下,如需要固定轻质材料或要求较低的紧固力时,可以采用塑胶膨胀塞来代替传统的金属膨胀螺丝。塑胶膨胀塞的工作原理是通过将塑胶材料注入到安装孔中,然后利用塑胶材料的膨胀性来填充安装孔并产生紧固力。在安装过程中,塑胶膨胀塞能够自动调整其形状和尺寸以适应安装孔的大小和形状,从而实

现可靠的紧固效果。与传统的金属膨胀螺丝相比,塑胶膨胀塞具有更多的优点。首先,它们具有更好的耐腐蚀性和耐磨性,能够在恶劣环境下长期使用而不失效。其次,塑胶膨胀塞的安装过程更为简便快捷,无需使用特殊的工具和设备即可完成安装。另外,塑胶膨胀塞还具有较好的弹性和吸震性能,能够吸收振动和冲击,减少松动风险。在选择塑胶膨胀塞时,应根据应用环境和受力情况确定合适的规格和材质。常见的塑胶膨胀塞材质包括尼龙、聚四氟乙烯等。在安装塑胶膨胀塞时,应确保安装孔的深度和直径符合产品要求。避免过度敲击或拧紧,以免损坏塑胶膨胀塞或导致松动。对于需要承受较大动态载荷的塑胶膨胀塞,应采用额外的锁紧措施来提高其抗松动能力。虽然塑胶膨胀塞具有诸多优点,但在使用过程中仍需进行定期维护和检查。通过检查塑胶膨胀塞的紧固状态和外观情况,可以及时发现并处理松动、老化等问题。对于重要设备或结构中的塑胶膨胀塞,应建立定期检查和维护制度,确保其在使用过程中始终保持稳定可靠的紧固力。对于已经老化或损坏的塑胶膨胀塞,应及时进行更换以避免对设备和人员的安全造成威胁。在更换塑胶膨胀塞时,应选择与原产品相同规格和材质的替代品,以确保其性能和可靠性。

结束语

通过对膨胀螺丝失效模式与预防措施的研究,我们深刻认识到预防失效的重要性。本文提出的措施能够有效降低膨胀螺丝的失效风险,提高其使用寿命和安全性。未来,随着材料科学和紧固件技术的不断发展,将继续探索更为高效、可靠的预防方法,为工程实践提供更有力的支持。

参考文献

- [1]王华.螺丝头形状对连接强度的影响研究[J].工程力学,2019,36(5):87-93.
- [2]张强.螺丝头设计优化及应用案例分析[J].机械设计与制造,2020,58(7):45-52.
- [3]郭强.低纬度热带岛礁大气环境中高强度不锈钢螺栓断裂分析[J].失效分析与预防,2022,17(06):415-420.
- [4]卢倍嵘,刘忠陪,吕伟荣,王奕博,戚菁菁,邓伟杰,周志锦.不锈钢螺栓端板攻丝连接受力性能试验研究[J].建筑钢结构进展,2023,25(03):75-85.