

无穿孔机械固定 TPO 屋面防水系统施工工艺研究

文 / 白中辉 中国机械工业建设集团有限公司河南分公司

焦启航 中国机械工业建设集团有限公司河南分公司

赵阳阳 中国机械工业建设集团有限公司河南分公司

摘要: TPO防水卷材以其优异的性能在屋面防水领域得到广泛应用。传统的机械固定TPO防水施工需要在卷材上穿孔,破坏了防水层的完整性。无穿孔机械固定技术通过特制的热熔垫片将防水卷材固定,避免了穿孔,是一种先进可靠的施工工艺。本文介绍了无穿孔TPO屋面防水系统的技术原理和优势,重点探讨了系统的关键施工技术,包括基层处理、卷材铺设搭接、机械固定、节点做法、质量检测等,在此基础上从施工准备、工艺优化、固定方法改进、节点处理、检测方案等方面提出了施工工艺的改进措施,为同类工程提供借鉴。结合工程实例,证明采用无穿孔机械固定TPO防水系统,能显著提高防水可靠性,具有良好的应用效果和推广价值。

关键词: TPO防水卷材; 无穿孔; 机械固定; 屋面防水; 施工工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.038

引言

近年来,热塑性聚烯烃(TPO)防水卷材凭借优异的综合性能在国内屋面防水市场快速发展,已广泛应用于工业厂房、公共建筑等屋面防水工程。TPO防水卷材具有优异的抗老化性能、对温度适应性强、化学稳定性好、环保等特点。在TPO防水卷材的施工方面,传统的机械固定工艺简便易行,但需要在卷材上穿孔并用紧固件穿过卷材固定,破坏了防水层的完整性,易引发渗漏,影响防水效果和使用寿命。

一、无穿孔机械固定 TPO 屋面防水技术研究现状

(一) TPO 防水卷材的性能特点

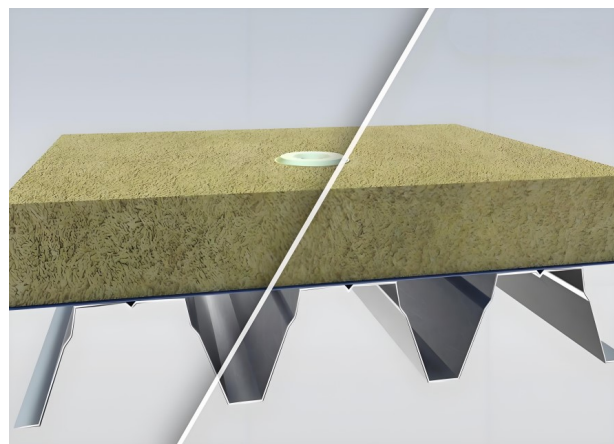
TPO防水卷材是以热塑性聚烯烃树脂为基料,掺入增强材料、抗老化剂等助剂挤出成型的高分子卷材。与传统的沥青类、PVC类卷材相比,TPO卷材综合了EPDM和PVC材料的优点,具有以下突出特性:抗老化性能优异。TPO卷材采用新型抗氧剂体系,能有效抵抗紫外线照射和臭氧老化,使用寿命长;对温度适应性强。TPO材料的柔韧性好,高温时不软化,低温时不开裂,适应温度范围宽;化学稳定性好。TPO卷材对大多数化学介质和微生物有很强的抵抗性,耐腐蚀;环保性能不佳。TPO材料不含有毒物质,在生产和使用过程中不会释放有害气体,是绿色环保型防水材料;可焊接性强。专用焊接设备能方便地实现TPO卷材的搭接黏结。基于上述优点,TPO防水卷材在近年来得到快速推广应用,特别适用于对耐久性和环保性要求较高的重要屋面工程。

(二) 无穿孔机械固定技术原理

无穿孔机械固定技术的基本原理是在屋面板与防水卷材之间设置特制的热熔垫片,用紧固件将热熔垫片固定在屋面板上;铺设防水卷材后,利用电磁感应或热风焊接使垫片上表面的涂层受热熔化,与卷材黏结在一起,从而将防水卷材可靠固定,代替了直接在卷材上开

孔的固定方式。垫片的尺寸和强度根据抗风揭设计要求确定。

无穿孔机械固定系统主要由TPO防水卷材、专用热熔垫片、紧固件三部分组成。其典型做法:先将热熔垫片用螺钉固定在屋面板上,垫片固定点的间距根据抗风揭荷载确定;然后铺设TPO卷材,采用专用焊接设备加热垫片使其表面熔化,冷却后牢固地黏结在TPO卷材背面,同时采用热空气焊枪将相邻卷材搭接焊接密封。



图一 无穿孔机械固定技术原理图

二、无穿孔机械固定 TPO 屋面防水系统的关键施工技术

(一) 基层处理技术要点

无穿孔机械固定TPO屋面防水系统施工的第一步是做好基层处理。只有在坚实平整、干燥清洁的基层上,才能确保后续防水卷材铺贴和固定的质量。屋面基层必须平整坚实,表面不得有尖锐凸起、凹凸不平或空鼓部位,以免损伤防水卷材或影响卷材与基层的黏结。如发现基层有破损或起砂现象,应及时修补和找平。对于混凝土屋面,应采用混凝土凿毛工具将表面浮浆层去除,

使基层毛糙而均匀，并凿除突出的钢筋头、模板接缝处高出的砂浆等。然后用1:3水泥砂浆做找平层，厚度宜为20—30mm。找平层表面应抹平压光，待强度达到相关标准要求后进入下道工序。对于压型钢板屋面，应注意板面的平整度。若钢板搭接高低差超过2mm，应采用适当方法矫平。钢板固定应牢固严密，连接部位应平顺。钢板封口可用发泡聚乙烯实心条嵌填。

（二）卷材铺设与搭接技术要点

TPO防水卷材铺设与搭接是屋面防水施工的核心环节。TPO卷材的优异性能只有通过严格规范的铺贴和焊接才能充分发挥。铺设前应将TPO卷材从包装中取出，摊开在屋面上松散放置一段时间，使卷材尽量舒展，避免因卷曲变形而影响铺贴质量。摊开时间视气温和卷材厚度而定，一般在30分钟以上。铺贴前要做好排版。根据设计图纸，结合屋面形状、坡度方向、落水口位置，以及卷材的规格尺寸，在屋面用粉线和划线方式画出卷材铺设位置和搭接宽度。卷材铺设方向应与屋面坡度方向一致，搭接缝应顺水流方向铺设，避免逆坡。铺贴应尽量减少接头和避免交叉接头。铺设时应注意卷材的搭接宽度。按照规范要求，TPO防水卷材接头搭接宽度不应小于50mm。过小的搭接宽度达不到防水的要求，过大又会造成不必要的材料浪费。接头位置应根据排版线控制，做到搭接均匀一致。相邻两幅卷材不得对齐接头，接头应错开铺设。侧向错开搭接宽度不应小于500mm，纵向错开1m以上为宜。交叉接头更是要尽量避免，因为交叉部位是最容易渗漏的薄弱部位。铺设完成后要及时热风焊接密封接缝。应选择专业的爬焊机或手工焊枪，严格控制焊接温度、速度和压力。温度过低达不到粘接要求，过高又会损伤卷材。有效焊接宽度应不小于30mm。焊接接头应挤压紧密，表面平整，不得有皱褶、孔洞、焊接不严密或搭接不足等缺陷。焊缝冷却后，可用细铲刮平焊缝料溢出的部分，检查接头是否平整牢固。

（三）机械固定技术要点

无穿孔机械固定是本系统的核心技术，直接关系到防水卷材的抗风揭性能。固定施工必须规范、细致，不容忽视。要采用厂家专门配套的固定材料，包括热熔垫片和紧固螺钉。垫片必须是与TPO卷材相容的材料，尺寸和厚度应满足抗风揭设计要求，并经过耐久性试验检验合格。紧固螺钉应采用不易生锈的材质，强度和刚度满足要求。固定点的布置要合理。固定垫片应均匀分布在屋面上，间距要严格按照抗风揭设计确定，并符合规范要求。一般情况下，垫片间距不应大于500mm。垫片布置尽量对称，避免出现扎堆或有大面积空白区域的现象。紧固点的位置要准确。固定时应避开屋面板的接缝，将紧固件打入屋面板的坚实部位。对于混凝土基

层，应打入混凝土内；对于压型钢板，应打入钢板的波峰或肋部。紧固件应垂直打入，不能倾斜，更不能固定在空鼓或脆弱部位。紧固要适度，既要牢固，又不能过紧。紧固件头部要与垫片表面齐平略低，不能高出垫片表面。螺钉帽与垫片要紧密贴合，不能有空隙。但也不能拧得过紧，以免损坏垫片和基层。可用专用的定扭矩螺丝刀控制紧固力度。热熔垫片与TPO卷材的焊接要严格控制。采用专用的电磁感应焊接机进行焊接。要对准垫片中心施加感应加热，加热功率和时间要恰当，温度不宜超过180℃。垫片表面涂层融化时，应立即停止加热，用冷却压板压实，直至涂层冷却固化。焊接要均匀，不漏烫、不过烫。施工中要随时检查固顶质量。可用手轻拉卷材和垫片，检查是否牢固。发现问题应及时处理。固定完成后，应按设计抽查固定点的数量和黏结牢固性。

三、无穿孔机械固定 TPO 屋面防水系统施工工艺优化

（一）优化施工准备阶段质量控制

施工准备阶段的质量控制对于保障整个防水系统的施工质量至关重要，要严格把控材料质量关，所采购的TPO卷材、热熔垫片以及紧固件等必须是经过专业配套设计、符合性能要求的合格产品。进场时除了常规的抽样检测外，还要认真核对每批材料的出厂合格证、质保书和性能检测报告，确保所用材料为正品原料，杜绝以次充好、偷工减料的现象发生，要重视专用施工机具设备的进场检查与验收。尤其是电磁感应焊接机等核心设备，必须确保其灵敏性、温控精度以及加热性能稳定正常。同时要高度重视施工人员的技术素质和安全意识，采取“传帮带”的方式，组织专项技术培训和安全教育，使每位操作工人都能熟练掌握规范的施工要领。特种工序如电磁感应焊接等，必须由取得相应资质证书的焊接工操作。施工前的测量放线必须精确到位，尤其是热熔垫片这类隐蔽工程，更要预先进行定位划线，并复核无误后方可进行安装，要指派专人负责施工过程的巡检和记录，及时发现问题并监督整改，做到有据可查、有迹可循。优化施工准备阶段的质量控制，才能为高质量完成后续施工奠定坚实基础。

（二）严控卷材铺设工艺

TPO防水卷材的铺设质量直接关系到整个屋面防水的性能和寿命。在铺贴施工中，要合理安排铺设次序，科学划分施工区域，尽量避免大面积铺设后长时间暴露。露天环境下，温度和太阳辐射的急剧变化会引起TPO卷材的热胀冷缩变形，导致大范围的褶皱、鼓泡甚至脱层。采取分区域铺设，可以有效控制热变形，减少返工，在铺设时应使用专门的卷材展开小车，由两人配合，一人牵引前行，一人控制缓慢放卷。逐步松开铺

展,既可使卷材在屋面上得到充分舒展,也能避免放卷过猛而损坏卷材,要严格控制卷材的铺设定位和搭接宽度。利用经纬仪、水平尺等工具,精确测量和调整铺设位置,确保搭接宽度均匀一致,接头顺直平整,不能有皱褶、鼓包或歪斜的缺陷。每天铺设的卷材面积要根据当天能够焊接完成的工作量来计划和控制。严禁大量铺设后搁置过夜不焊接,造成因夜间气温骤降和结露而损坏卷材,从铺设工艺的各个环节入手,优化把控质量,能确保卷材面层平整、光滑、严密,不出现漏焊、焊接不均、膨胀变形等质量通病。

(三) 改进机械固定方法

机械固定是通过在基层与TPO卷材之间设置热熔垫片并锚固,代替传统固定方式中在卷材上开孔并打入紧固件的方法,是本系统的核心技术。它能最大限度地保护TPO卷材的完整性,提高防水可靠性。为进一步改进其施工效果,热熔垫片铺设方向应与金属屋面的波峰走向垂直,这样更有利于紧固件垂直打入波峰而不易刺破或滑落,选择自攻螺钉作为紧固件,直接穿透钢板并拧紧,固定更牢靠。拧紧力度要适中,切忌过松或过紧。紧固后应及时检查螺钉的垂直度和平直度,确保其头部与垫片下凹面充分贴合,不能倾斜或外凸,热熔垫片与屋面之间、相邻垫片之间都不允许出现搭接或交叉,否则会导致局部固定强度的下降,热熔垫片与TPO卷材的黏合须采用专用的电磁感应焊接设备。焊接过程要分两次进行,先以点焊的方式周边固定,再进行面焊黏合,要严格控制感应加热的温度和时间,做到受热均匀,温度适宜,热熔层完全熔化并渗入卷材的背面毡层。焊接冷却后,要仔细检查垫片与卷材的黏结牢固性,尤其是边缘部位,不能有翘边、虚粘、脱层等现象,发现问题要及时调整焊接工艺参数。垫片的点位布置、数量、焊接质量是机械固定的关键,只有通过科学设计和精益施工,才能确保其抗风揭性能的可靠发挥。

(四) 加强细部节点施工质量

屋面工程的细部节点往往是最容易渗漏的薄弱部位。TPO防水系统的节点处理要严格按照设计方案进行,并注重施工质量的过程控制。是落水口,必须在主体结构施工时预埋好TPO防水套管,待防水层施工时再在落水口周边铺贴一层附加卷材并开孔。两层卷材要均匀压实,边部扎牢并做好密封,内外都不能有渗漏点,是管道等穿屋面构筑物,应提前预制好TPO管道套管,待管道安装就位后,再将防水卷材层层包裹在套管根部,并用专用胶水黏结密封。管道与套管的缝隙也要用弹性嵌缝密封材料填实,不留死角。天窗、气窗等突出屋面的部件,要在四周设置固定金属压条,将防水卷材边部牢固夹持。同时将天窗整体用卷材进行包裹,包裹

高度应高出屋面150mm以上。屋面变形缝部位的节点做法,同样需在缝口设置金属压条并焊接防水卷材,金属压条必须选用耐腐蚀材质,并确保安装牢固平直,卷材包裹要严丝合缝,不能有开裂、皱褶、翘边等缺陷。特别是在接缝和转角部位,要增设一道附加卷材密封,以延长防水路径。只有对每一个细部节点精心设计和施工,才能堵住渗漏的潜在通道,最终确保整个屋面防水的可靠性和耐久性。

四、无穿孔机械固定TPO屋面防水系统应用效果评价

根据提供的资料,无穿孔机械固定TPO屋面防水系统的应用效果可以从以下几个方面评价:

1. 经济效益:与传统机械固定相比,无穿孔固定可节省TPO卷材用量约800平方米,节省紧固件3万条,缩短工期9天,减少人工360工日,节约成本15.4万元,平均每平方米节约5.5元。

2. 社会效益:该技术提高了工程利润率,积累了宝贵经验,开拓了市场,提升了企业的综合施工能力。同时培养了一支优秀施工团队。

3. 环保效益:施工采用电磁感应焊接,无明火、无有毒气体释放,TPO卷材也不含氯化物,是环保型材料。有利于节能减排,减少环境污染。

4. 推广应用:该工法已在奇瑞捷豹路虎涂装车间、冲焊联合厂房、发动机车间三个项目成功应用,合计面积17.74万平方米,取得了良好效果,具有推广价值。

结论

无穿孔机械固定TPO屋面防水系统是一种先进可靠的防水施工工艺。通过在基层与TPO卷材之间设置热熔垫片并锚固固定,既确保了防水层的完整性,提高了抗风揭性能和防水可靠性,同时也简化了施工程序,降低了渗漏风险。工程实践证明,采用该技术能有效规避传统穿孔固定易引发的质量通病,延长屋面使用寿命,具有良好的推广应用价值。

参考文献

[1]王鑫,赵东菊,孙荣喜.TPO无穿孔机械固定系统在金属厂房屋面的应用[J].中国建筑防水,2023(4):25-29.

[2]徐海霞.一种超大钢结构屋面TPO单层防水无穿孔结构:CN202122116314.6[P].CN215978099U[2024-12-22].

[3]岳德双.长沙汇智新城挖掘机械智能制造园区一标段钢结构柔性屋面系统工程[J].中国建筑防水,2023(10):24-30.

[4]李强,孙明博,梁斌,等.一种屋面TPO防水卷材无穿孔电磁焊钉方法:CN202310115972.4[P].CN115992573A[2024-12-22].