



马氏体 不锈钢 自钻自攻螺钉 在建筑围护系统中的应用

文 / 嘉兴合邦机械科技有限公司 黄岳枝

工程建筑或机械设备发生腐蚀或失效，通常是紧固系统的率先失效或崩溃造成。由于建筑紧固件的特殊构造及所处特殊环境和担负的使命，造成紧固件在所处腐蚀环境中首当其冲。因此，提高紧固件的耐蚀性，是提高建筑寿命的必要前提。本文介绍了一种新型的SUS410马氏体不锈钢紧固件，其机械性能和耐蚀性均达到卓越水准，是未来轻钢结构建筑领域优质紧固件的发展方向。

一、中国轻钢结构建筑围护系统中自钻自攻螺钉应用的现状

钢结构围护系统包括屋面系统、墙面系统、采光带、包边及泛水、天沟和保温棉等。围护系统是轻钢结构最主要的组成部分之一，决定建筑外观的观赏度、建筑的防水与保温效果。自钻自攻螺钉作为一个辅助性紧固件，其各方面性能对整体建筑的性能、品质和寿命起着重要的作用。

而不乐观的情况是，作为如此重要的一个基础零部件，我们对建筑紧固件的重视和研究却远远低于建筑主体构件，往往忽视紧固件和建筑围护系统主要构件的性能匹配。

在轻钢结构围护系统中，用于屋面和墙面的彩钢瓦是在以热镀锌钢带为基材的基础上，再于表面涂复彩色有机涂层的钢带，使用寿命比单纯镀锌板长约1.5倍，在中性内陆环境气候下，其寿命可达40年以上，有些经特殊表面处理后，寿命可达70年以上。

而围护系统中的紧固件绝大部分为碳素钢材质的自钻自攻螺钉，此类螺钉材质一般为1022A，属低碳钢；为了防止锈蚀，一般在螺钉热处理后再进行镀锌或涂复耐蚀涂层处理，为了更进一步耐蚀和美观，有的还在螺钉头部注塑包裹或佩带不锈钢帽。

这类螺钉大致制造工艺为：螺钉成型→热处理→电镀锌（或物理涂复）→包装出货。

目前中国70%以上的工程采用国产碳素钢镀锌螺钉，这类螺钉绝大多数若以中性盐雾试验24小时，即生红铁锈，施工安装后2-15个月内即出现粉碎性锈蚀，一般一年后螺钉抗拉拔能力即行减损。此类螺钉正常服役时间约5-10年左右，严重拖累主体建筑的品质、安全和寿命，如图1。



▲ 图1 曹妃甸某项目墙面镀锌螺钉12个月内出现锈蚀

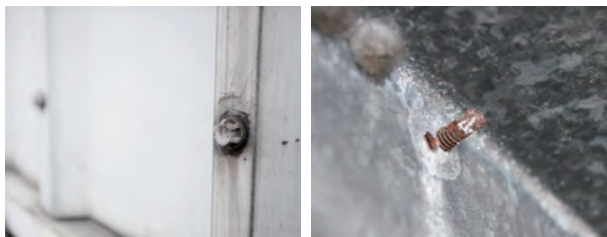
另有约30%的紧固件是外资品牌的碳素钢涂层螺钉，虽称其碳素钢涂层螺钉产品可以经受1,500小时中性盐雾试验的测试，但由于施工使用过程中螺钉与电动工具的驱动摩擦及螺钉钻透铁材过程中的剧烈穿刺摩擦，螺钉螺杆及钉头部分的涂层均会受到致命的损伤和破坏，螺钉基材亦因此彻底暴露于空气之中，粉碎性锈蚀自然不可避免。依表面涂层破坏程度，其正常服役时间约为5-20年，同样严重拖累主体建



筑的品质、安全和寿命。其使用情况如图2、图3。



▲ 图2 10年后螺钉头部和螺杆螺纹部分均已锈蚀



▲ 图3 塑料头涂层钉14年后虽然头部未锈，但螺杆部分已然锈蚀

我们知道，普通碳素钢耐腐蚀性能低，一旦出现锈蚀，即为粉碎性锈蚀，如图4、图5。



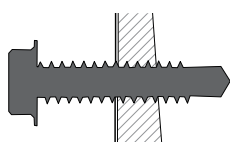
▲ 图4 锈蚀的碳素钢螺钉



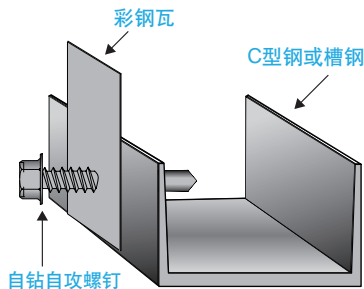
▲ 图5 碳素钢螺钉粉碎性锈蚀

由于螺钉连接依赖细小螺纹相互咬合来实现，因此螺纹部分一旦出现粉碎性锈蚀，螺钉抗拉拔能力即行减损，螺钉与建筑基材间的缔结强度将会大幅降低，日后一旦遭遇雨雪风暴，或车间偶发的骤燃骤爆，围护系统就面临分崩离析的危险。见图6、图7。

螺钉的抗拉拔力主要靠纤小的螺纹咬合实现，因此螺纹轻微的锈蚀毁损，对抗拉拔力影响甚巨



▲ 图6 自钻自攻螺钉紧固示意图



▲ 图7 彩钢瓦通过自钻自攻螺钉固定在C型钢或槽钢上示意图

目前中国98%以上的轻钢结构建筑围护系统所使用的紧固件，均为性能低下的碳素钢自钻自攻螺钉，这类螺钉平均寿命约为5-20年，与建筑主体构件40-70年的寿命严重不匹配，这也就是此类建筑平均寿命不超过30年的原因之一。

按保守估算，中国目前已保有钢结构建筑达百亿平方米以上，投入资金达万亿之多，而自钻自攻螺钉的成本仅占其中的千分之五左右，就是这区区数十亿的投入，使万亿资产效益减损过半！这实在值得我们震惊和深思！

综上所述，在钢结构围护系统中，自钻自攻螺钉因其使用特性，施加于螺钉表层的任何防腐处理，例如电镀、涂复或任何包裹行为，只能起到非常有限的屏障作用，要切实提高螺钉的耐蚀性，使之与主体构件性能寿命匹配，还得从螺钉自身的材质抓起，选用机械性能符合、耐蚀性更优良的材料，才是提升整体建筑寿命、提高投资效益的关键。

二、马氏体不锈钢紧固件的特点和优势

不锈钢材料家族中，只有马氏体不锈钢可以经过热处理加硬，如果从机械性能、耐蚀性能、易加工性及经济性的角度考虑，SUS410（国家标号：1Gr13）马氏体不锈钢则最为适合。

SUS410材质中碳含量低于0.15%，铬含量达到12%以上，属于马氏体不锈钢范畴；SUS410螺钉经过特殊的真空热处理后，其表面硬度可达HV580-700，芯部硬度为HV350-450，表面硬度和芯部硬度差值可达HV150以上，如此既保证了螺钉强劲的攻钻能力，又保证了螺钉优越的柔韧性能，其抗拉强度、机械扭力均为普通碳素钢的150%以上；见图8。

此外，SUS410红硬性远超碳素钢之上，在500℃以上尤保有强硬的攻钻能力，这就为一些超厚、超硬或不锈钢类建筑基材的紧固件创造十分有利的条件。

通过腐蚀试验，SUS410螺钉显示出比碳素钢螺钉卓越的耐腐蚀性能，见图9，试验结果见表一：



▲ 图8 SUS410螺钉热处理后优良的机械韧性



▲ 图9 腐蚀72小时后，澳洲的涂层钉螺纹外径已经从5.41腐蚀到4.1mm，SUS410螺钉尺寸几无变化。

从试验结果来看，SUS410螺钉的耐腐蚀性能远远高于碳素钢螺钉，其各项性能均可满足或超出目前建筑行业标准所需，是一种值得全员重视并大力推广的建筑紧固件。



表一 浸泡腐蚀前后螺钉拉拔力（试验基板为Q235铁板，厚度3.8mm）

序号	规格	品名	拉拔力(N)			产地
			腐蚀前	腐蚀48小时后	腐蚀72小时后	
1	ST5.5-24×38(材质1022A)	碳素钢镀锌螺钉(表面72小时镀锌)	11,000	8,000	4,900	韩国
2	ST5.5-14×38(材质1022A)	碳素钢涂层钉(表面1500小时涂层)	12,000	9,000	7,000	澳洲
3	ST5.5-24×38(材质1022A)	410螺钉(表面不锈钢本色)	13,000	13,000	12,300	中国

注：通过浸泡腐蚀试验（腐蚀液为5%分析纯NaCl+3%分析纯HNO₃）

三、马氏体不锈钢螺钉的经济性

目前，国内市场上马氏体不锈钢精线价格约12,000元/吨，碳素钢精线价格约为6,000元/吨，两者加工成本见下表：

类别	成本项目	原材料(元/吨)	加工(元/吨)	热处理(元/吨)	表面处理(元/吨)	总计成本(元/吨)
1022A	镀锌螺钉	6,000	4,000	2,000	2,000	14,000
1022A	涂层螺钉	6,000	4,000	2,000	10,000	22,000
SUS410	螺钉(本色)	12,000	4,500	2,000	1,000	19,500
SUS410	涂层螺钉	1,200	4,500	2,000	3,500	22,000
备注	1、碳素钢以1022A为典型代表，马氏体不锈钢以SUS410为代表 2、涂层螺钉均中性盐雾试验1000小时以上的涂覆处理					

从上述表格可看出，碳素钢镀锌螺钉成本最低，但依前所述，其耐腐蚀性能委实太低，理应被围护系统所弃，而马氏体不锈钢螺钉成本和碳素钢涂层螺钉相比较，两者成本相当，但马氏体螺钉在紧固强度、安全系数、耐蚀性等性能方面远高于碳素钢涂层螺钉，因此马氏体螺钉具有极大的市场推广价值。

四、马氏体不锈钢自钻自攻螺钉应用领域

SUS410螺钉表面钝化后颜色为不锈钢本色，可以广泛应用于高强度海洋环境或重工业污染环境（ISO等级4）的建筑围护系统，也可用于同等环境状况下的一切户外设施或设备；SUS410螺钉表面经过涂复处理后，可以用于极端重工业污染环境或极端海洋环境（ISO等级5）。

目前在中国国内，SUS410本色螺钉和涂层钉已经被首都国际机场T3航站楼、西安咸阳国际机场T3航站楼、首钢曹妃甸专案、高铁上海虹桥站、高铁广州南站、中铝焦作万方铝业等重点建设专案所采用，并且受到了广泛好评。

SUS410材质也可生产干壁钉和纤维板钉，其表面硬度HV650以上，可直接穿透1.2mm以下铁质龙骨，可用于内外装饰墙面干挂施工或轻钢石膏板隔断，因其出众的机械强韧性能和耐蚀性能，使围护系统具备抗震和抗风摆能力，紧固寿命可达70年以上。



图10 高性能干壁钉

五、马氏体不锈钢紧固件的市场展望

钢结构建筑与砖混结构建筑相比，在环保、节能、高效、工厂化生产等方面具有明显优势，因此业内人士和政府机构均普遍看好钢结构建筑体系。目前钢结构建筑不仅在厂房建设和大型公共服务设施建筑（如机场航站楼、火车站、体育馆等）中运用日益成熟和广泛，而且在高层建筑和住宅建筑技术上日臻成熟。

2012年4月27日，中国国家发改委、住房和城乡建设部联合发布了《关于加快推动我国绿色建筑发展的实施意见》的通知，明确将通过建立财政激励机制、健全标准规范及评价标识体系、推进相关科技进步和产业发展等多种手段，力争到2020年，轻钢结构绿色建筑占新建建筑比重超过30%！

目前中国每年新增建筑面积高达18亿—20亿平方米，按30%比重计算，将来每年钢结构建筑面积将超过5亿平方米！作为钢结构中关键的配件，性能优异的马氏体自钻自攻螺钉将会替代碳素钢紧固件，纵横在这广袤的建筑沙场，变身国家和国民资产的坚强守护者，走向各行各业千家万户，兑现节能增效、绿色环保的时代要求！因此，SUS410自钻自攻螺钉一定会拥有广阔的市场空间。