

# 浅论 SMA 记忆合金

苏 贤 徐 婷 陈语林

(南京工程学院 建筑工程学院, 江苏 南京 211167)

**摘 要** 本文简述了 SMA 记忆合金这种全新的材料, 从其分类入手, 先简单描述了它三种不同特性的类型, 接着通过对近几年市场数据的分析, 得出记忆合金的市场价格呈逐年递增的趋势且在未来很有可能持续走高。然后指出 SMA 记忆合金的特殊性能: 独特的形状记忆特性和相变超弹性特性, 论述了其在建筑抗震方面的应用。最后总结出 SMA 记忆合金未来的市场前景较为广阔, 企业想要占据市场还需要提升自身能力和对技术的研究。

**关键词** SMA 记忆合金 价格趋势 抗震

中图分类号: TG14

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)11-0003-02

SMA 记忆合金是一种全新的功能性材料, 自 1932 年被发现至今, 很多人对其特性尚不了解, 认为它是一种高昂的且应用范围很窄的材料。其实不然, 它的“智能性”可以被应用在医疗、建造、生活等各个方面。它的特殊性能能解决很多传统材料无法解决的问题。例如在建造领域, 一些对抗震要求很高的地区, 有时是很难将传统的抗震建筑材料运用其中, 因为可能会存在环境破坏、运输困难等问题, 但这些都能利用 SMA 记忆合金有效解决。据资料显示 SMA 记忆合金的极限应力可达 1000MPa, 恢复应变为 8% 左右<sup>[1]</sup>。因此利用 SMA 记忆合金的不同特性, 加上其较高的极限应力, 可在建筑结构中进行自我监测并能在地震发生时减少地震效应, 有利于延长建筑的使用寿命, 有效减少震害, 对地震频发地区尤其有利。

## 1 SMA 记忆合金的分类

所谓记忆合金就是当记忆合金受到外力变形后, 在加热条件下可以恢复到原来的形状, 这种具有记忆特性的合金被人们称为记忆合金。具体的类型有: Au-Cd、Cu-Zn、Cu-Zn-Al、Cu-Zn-Sn、Cu-Zn-Si、Cu-Sn、Cu-Zn-Ga、Ag-Cd、In-Ti、Au-Cu-Zn、NiAl、Fe-Pt、U-Nb 和 Fe-Mn-Si 等, 而 SMA 记忆合金按形状记忆效应可分为以下三类。

### 1.1 不可逆形状记忆效应

SMA 记忆合金在受力变形后, 在加热条件下可使其恢复高温相形状, 但是冷却后却不能使其恢复低温相形状。这种仅在高温状态下使得合金形状改变的现象称为不可逆形状记忆合金效应, 又称单程记忆效应。

### 1.2 可逆形状记忆效应

顾名思义, 即可以根据温度高低自由可逆的变换到原来的形状, 又称双程记忆效应。

### 1.3 全程式记忆效应

SMA 记忆合金受力变形后, 对其加热时可使其恢复高温相形状, 但冷却时却变为形状相同、取向相反的高温相形状<sup>[2]</sup>。

## 2 SMA 记忆合金的价格趋势

SMA 记忆合金从 1932 年被发现至今, 随着我国对其不断的深入研究, SMA 记忆合金在我国各行各业的应用范围已经进一步扩大。想要在各领域使用廉价的 SMA 记忆合金已经不再是痴人说梦。近年来, 国内的记忆合金行业均价整体呈下降趋势, 据《智研咨询》整理显示: 国内记忆合金均价从 2011 年的 66.8 万元/吨, 下降到 2017 年的 58.2 万元/吨。据资料显示我国 SMA 记忆合金行业的价格主要受材料成本、人工成本、制造费用的影响。拿 2017 年举例, 制造费用占记忆合金生产成本的 27%, 材料成本占 62%, 人工成本占 11%。

不仅如此, 从《智研咨询》发布的《2019-2025 年中国形状记忆合金行业投资分析与投资决策咨询报告》数据可知: 2018 年该行业价格将达到 58.5 万元/吨, 预计到 2024 年可达 60.8 万元/吨, 且从 2018-2024 年行业均价呈逐年上升趋势, 且极有可能依旧上升。相对于卖方市场来说, 价格的上升导致利润的提升, 促使更多人加入这个行业中, 对于买方市场而言, 价格总体虽然呈上升趋势, 但上升幅度不大, 在能够承受的范围之内, 因此买方市场规模不会缩小。

## 3 SMA 记忆合金抗震性的应用

SMA 记忆合金有两方面特性, 分别是独特的形状记忆特性和相变超弹性性能特性, 这两种特性使得它拥有较大的恢复应力和恢复应变, 并能够广泛的运用到结构当中。由于 SMA 记忆合金的高弹性模量以及对抗压力、拉力、剪切荷载具有相同的阻尼系数, 这使得它较其他的传统阻尼材料更有优势且更易于应用于结构中。方法如下: 首先, 将 SMA 记忆合金埋置于结构当中, 当结构振动时, 可利用其特性进行主动控制和监测; 其次, 因为记忆合金的高温奥氏相和低温马氏相的刚度有所不同, 可在振动时对结构进行频率调整和改变。不仅如此, 利用 SMA 记忆合金内部有很大内摩擦, 因此可将其设计成智能隔震器并应用于土木工程的结构设计中。其原理是先对 SMA 记忆合金预加荷载, 使其接近弹性极限附近, 然后将其连同其他建筑材料埋于

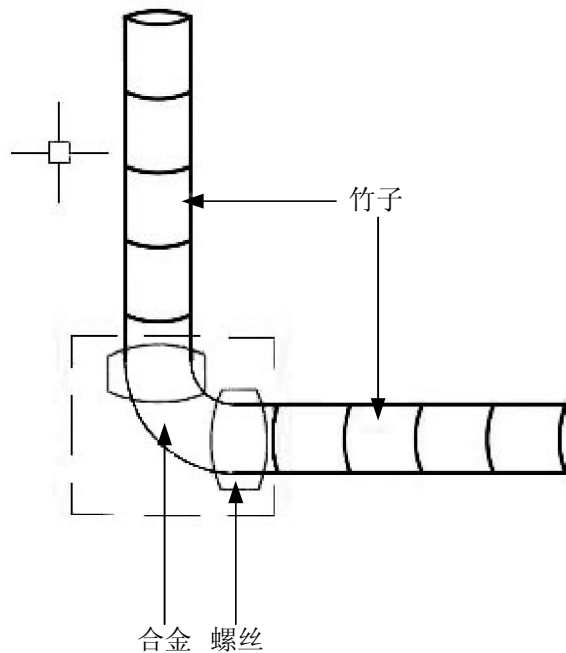


图1 为竹子与合金的连接方式

地基中，因此当地震发生时，SMA 记忆合金就可以吸收和耗散地震时的能量，减少地震对结构的影响<sup>[1]</sup>。不仅如此还可以通过在传统建筑的基础上加入 SMA 记忆合金（如竹楼）来增加竹楼的抗震性（如图 1 所示）。主要方法是通过确定竹子的有限离散点，并在该点处加增 SMA 记忆合金，那么当竹楼振动时，一方面利用 SMA 记忆合金高温下的奥氏体与马氏体弹性模量不同的特征（奥氏体高于马氏体），通过对 SMA 记忆合金的加热，使得竹楼的局部或整体刚度有所改变，进而改变竹楼的振动特性，降低竹楼的反应；另一方面也可以利用 SMA 记忆合金的塑性滞回变形耗能的特点来耗散振动时的能量，从而有效降低竹楼反应，减少破坏。

#### 4 SMA 记忆合金的前景

SMA 记忆合金作为一种还未广泛运用的新型材料，它具有其他绝大多数材料所不具备的智能性和优越性。有着可以制作高度智能、性能优良的材料绝佳优势。在科技迅速发展的今天，各领域对新型智能材料的需求不断增加，因此记忆合金的前景不可忽视，在将来它极有可能代替传统材料应用于人们各方面的生产生活中。

同时随着我国对记忆合金的不断研究，其已经不是奢侈品类的新型材料，开始逐步的迈入人们的日常生活中。部分商品也逐渐开始利用记忆合金的“记忆性”来满足人们的需求，如在眼镜、汽车中的应用。

不仅如此，就建筑方面来说，记忆合金在建筑中的广泛应用将使得该行业发展更为迅速，对于某些需要对建筑抗震性加强的地区，虽然传统材料也能满足抗震需求，但并不能解决所有问题。拿地震频发的西双版纳地区而言，该处环境优美且多以竹楼为主要建筑，想要利用传统钢筋混凝土材料解决地震破坏的问题显然很难行得通，那只能在传统竹楼上进行改造。而 SMA 记忆合金的性能能有效解决这

个问题，当然还需要依托技术以及其他材料的联合使用。

此外，就上述的价格来说，2018 年合金的每吨价格为 50.8 万元，较之前已经有所减少，虽然预估后期价格会上升，但幅度不大。随着技术的逐渐成熟，价格终究会降低，因此市场较为明朗。

当然这些所谓的市场还需要企业自己去创造，虽然利好消息较多，但存在的问题也很多，目前而言 SMA 记忆合金的技术也不算相当完善。各个企业需要吸取经验，吸纳新技能，对传统的记忆合金进行改造，提高企业竞争力和自主创新能力，这才是拥有广阔市场前景的制胜法宝。

#### 5 结语

当地震发生时，SMA 记忆合金的应用能有效降低结构的地震反应，一些对环境有特殊要求的地区，其相比于钢筋混凝土等材料可以大大减少对环境的破坏。但目前而言，记忆合金应用于建筑的想法还未成熟，比如它的价格、技术的完善以及还需要大量的实验来验证此想法的正确性。当然这不是一朝一夕能够解决的，需要各个企业联合起来，共同实现这个目标。这个问题解决了，那么 SMA 记忆合金的市场也将被打开，市场前景不可估量，企业也会收获利润，以此相辅相成，这才是推动 SMA 记忆合金甚至行业发展的关键。

#### 参考文献：

- [1] 牛心如,王娜,黄宁昕,崔仲凯,王磊,赵辰.形状记忆合金综述[J].江苏建材,2021(01):22-23.
- [2] 孙晋,陈松.形状记忆合金及其在建筑工程中的应用[J].科技创业月刊,2006(05):192-193.
- [3] 王社良,马怀忠,沈亚鹏.形状记忆合金在结构抗震控制中的应用[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),1998(02):15-18,47.