

建筑隔震橡胶支座骨架钢板的设计和加工

刘兴衡

(云南正安橡胶减震技术有限公司, 云南 昆明 650233)

摘要:介绍建筑隔震橡胶支座骨架钢板(夹层钢板)的设计、加工及成品支座性能。建筑隔震橡胶支座的夹层钢板赋予橡胶支座纵向刚度和纵向承载力,其材质、厚度、层数、表面加工工艺及与橡胶的粘合强度是影响橡胶支座性能的重要因素。采用材质好和结构合理的夹层钢板,可制得减震性能好的建筑隔震橡胶支座。

关键词:隔震橡胶支座;骨架钢板

中图分类号:TQ336.4⁺2;TQ330.38⁺9 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-890X(2004)05-0286-04

建筑隔震橡胶支座是近代基础隔震技术中研究深入、应用广泛和技术成熟的一种隔震元件,由于它要支撑庞大、沉重的建筑物,要求具有较大的纵向刚度和纵向承载能力,因此必须采用柔性橡胶材料加刚性骨架材料制备。隔震橡胶支座是柔软的薄橡胶层与坚硬的薄骨架钢板交替叠合并加上上、下端盖板模压硫化而成的,故也称夹层橡胶支座或叠层橡胶支座。在隔震橡胶支座的设计和制造中,骨架钢板(夹层钢板)的设计和加工十分重要。现将其设计、加工和成品支座性能情况简介如下。

1 夹层钢板的作用原理

隔震橡胶支座的结构如图1所示。在橡胶支座中,橡胶层与夹层钢板紧密粘合,当橡胶支座承受上部结构的自重力和荷载时,橡胶层的横向伸展受到钢板的约束,纵向刚度增大,夹层钢板赋予橡胶支座较高的纵向刚度和纵向承载力,有利于橡胶支座稳定地支撑建筑物;当橡胶支座承受水平荷载时,夹层钢板的约束使橡胶层的相对侧移大大减小,橡胶支座可以产生很大的整体侧移而不失稳,并且保持较小的水平刚度。这样,地震发生时,建筑物或构筑物即使受到水平、垂直和扭转等多维力的作用,橡胶支座仍能可靠地起到隔

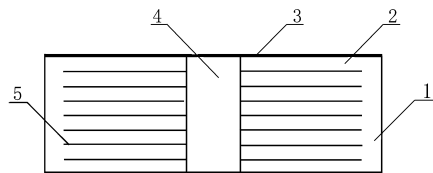


图1 隔震橡胶支座的结构示意图

1—保护层;2—橡胶层;3—盖板;4—铅芯;5—夹层钢板。
震作用^[1]。

2 夹层钢板材质、厚度和层数的确定

2.1 材质

试验^[1]表明,在纵向压力作用下,橡胶支座及其夹层钢板产生的纵向应力分布、环向应力分布和径向应力分布是中间大、边缘小。夹层钢板在纵向压力及其产生的径向拉应力作用下产生的破裂是从橡胶支座中间向边缘发展,最终形成贯穿性断裂而使橡胶支座承载力大大降低的,即橡胶支座的纵向承压破坏表现为夹层钢板断裂。显然,夹层钢板强度对橡胶支座的力学性能至关重要;夹层钢板极限抗拉屈服强度越大,橡胶支座的极限承载力越大^[1]。根据我国建筑行业标准 JG 118—2000 标准《建筑隔震橡胶支座》规定,建筑隔震橡胶支座夹层钢板应采用 Q235-A 或性能不低于 Q235-A 的钢板,且钢板力学性能应符合 GB 912—1989 标准《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄板及钢带》要求。

2.2 厚度

夹层钢板厚度对橡胶支座刚度的影响较大,为保证橡胶支座的刚度,必须确定合适的夹层钢

作者简介:刘兴衡(1937-),男,广东普宁人,云南正安橡胶减震技术有限公司高级工程师,从事科研管理和橡胶制品的研究开发工作。

板厚度。夹层钢板最小厚度 t_s 的计算式^[2]为:

$$t_s = \sigma_v t_r (3 + \mu) 2\sigma_m$$

式中 σ_v ——橡胶支座承受的纵向应力;

t_r ——橡胶支座的橡胶层厚度;

μ ——钢板的泊松比,一般为 0.24~0.28;

σ_m ——橡胶支座安全工作的极限应力。

根据夹层钢板对压缩剪切产生的应力和应变分析结果得出,夹层钢板厚度越大,在压缩剪切应力下产生的应力和应变值越小,可供屈服的位移量越大^[3]。但钢板厚度过大,会影响 t_s/t_r 的比值,从而影响形状因数 S_1 和 S_2 的取值。过去,橡胶支座的夹层钢板厚度一般取 3.2 mm;而最近,用于较高纵向应力下的橡胶支座夹层钢板厚度大多取 4.5 mm,小规格的橡胶支座夹层钢板厚度大多取 1.5~4.0 mm^[1]。我们研究得出,对于直径为 300~600 mm 的橡胶支座,夹层钢板厚度选取 3 mm 较合适。

另外,橡胶支座的上、下端盖板除了连接功能外,因直接与橡胶层粘合,其厚度取值与橡胶支座的压缩剪切变形性有关。盖板厚度的确定一般以橡胶支座的水平压缩剪切变形率大于 350% 时盖板不被拉弯为准。对于直径为 200~1 200 mm 的橡胶支座,盖板厚度一般取 16~40 mm;对于直径为 300~600 mm 的橡胶支座,盖板厚度一般取 16~25 mm。

2.3 层数

在一定范围内, t_s/t_r 越大,橡胶支座的纵向承载力越大^[1]。橡胶支座的橡胶层总厚度可以由橡胶支座的水平刚度 K_H 计算^[1,4]:

$$nt_r = \frac{\pi D^2 G}{4 K_H}$$

式中 n ——橡胶支座的橡胶层层数;

D ——橡胶支座的有效直径;

G ——橡胶的剪切模量。

由此可得出夹层钢板的层数($n-1$)。

由于橡胶支座的水平刚度受形状因数、纵向应力和剪切变形等因素的影响较大,在实际设计中,夹层钢板层数和橡胶层层数更多根据橡胶支座高度、盖板厚度、夹层钢板厚度、铅芯直径、形状因数($S_1 \geq 15, S_2 \geq 5$)等参数以及有效直径与最大水平剪切应变的关系推算出来。

3 夹层钢板与橡胶层的粘合

夹层钢板与橡胶层的粘合强度是橡胶支座重要的性能指标,它一方面表征橡胶支座在承压时夹层钢板对橡胶层的约束力,即橡胶支座的承载能力,另一方面表征橡胶支座在发生地震时的变形能力,即橡胶支座在拉伸或位移时的整体稳定性。如果夹层钢板与橡胶层的粘合强度低,橡胶支座在承压时就会产生层间不均匀位移,造成橡胶层脱离钢板约束,进而出现失稳问题^[5]。

橡胶层与夹层钢板的粘合强度取决于胶粘剂种类、橡胶层配方及夹层钢板表面状况等因素。

3.1 胶粘剂及橡胶层

金属与橡胶常用的粘合方法是冷粘法和热粘法。虽然冷粘法具有成型和粘合工艺简单的优点,但该法的金属-橡胶粘合强度低于热粘法,故建筑隔震橡胶支座夹层钢板与橡胶层的粘合一般采用热粘法。

热粘法的热硫化胶粘剂必须对金属有较强的亲和性,在硫化过程中易于在橡胶表面扩散和渗入橡胶中,并对橡胶具有很好的化学交联活性^[6]。

列克钠胶粘剂含有极性大、化学性质活泼的异氰酸基,易溶于橡胶,能直接在橡胶与金属之间形成化学结合,用其作粘合剂的金属-橡胶粘合强度高,粘合热稳定性好^[7],但列克钠胶粘剂有一定毒性且贮存稳定性差,实际使用效果并不是很好。开姆洛克(CH)、保乐固(PL)、美伽姆(MG)和莫顿(MT)等胶粘剂由含卤聚合物弹性体、粘合增进剂和偶联剂等组成,是金属-橡胶优良的热硫化胶粘剂。试验表明,采用这些胶粘剂时,橡胶层配方,尤其是硫黄用量不同时,金属-橡胶的粘合性能差异较大,如图 2(橡胶层配方为 NR 100,硬脂酸 1.5,氧化锌 4,防老剂 3,软化剂 5,炭黑 35,促进剂 1.8,硫黄 变量)和表 1 所示(除硫黄和炭黑外,橡胶层配方其余组分同图 2)。从表 1 还可以看出,橡胶层配方的硫黄用量为 0.6 份、炭黑用量为 40 份或硫黄用量在 1 份以上、炭黑用量在 30 份以上,钢板-橡胶的粘合强度较高,且较稳定。

3.2 夹层钢板的加工工艺

(1) 表面处理

由于性质差异较大,夹层钢板难以与橡胶层

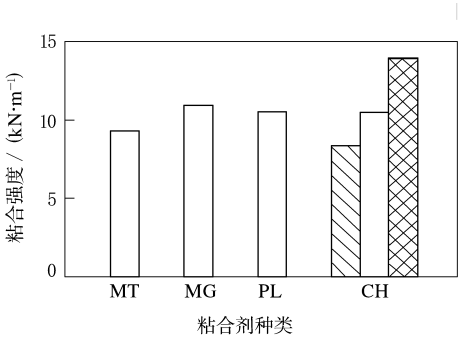


图 2 硫黄用量对钢板-橡胶粘合强度的影响
硫黄用量:斜线—1 份;空白—1.5 份;网格—2 份。

表 1 硫化体系和炭黑用量对钢板-橡胶粘合强度的影响

项 目	试样号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
硫黄用量/份	0	0	0.3	0.6	0.6	0.8	1	1	1	1.2	1.4	1.8
促进剂 TMTD 用量/份	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炭黑用量/份	30	30	25	25	40	30	30	35	40	40	40	40
粘合强度/(kN·m ⁻¹)	8.8	11.6	9.3	10.8	17.5	12.6	17.9	17.1	18.1	18.7	19.7	22.0

注:夹层钢板底涂为 CH205,面涂为 CH220。

剂对钢板表面的湿润,从而增大钢板与橡胶的粘合强度。

(2)加工工艺流程

夹层钢板的加工工艺流程为:钢板冲裁→切削、校平→喷砂→清洗、去屑、脱脂→涂胶粘剂→自然干燥→待用。夹层钢板加工中要注意的问题是:

- ①钢板的规格、尺寸要准确,厚薄要均匀,表面及边缘平滑、无毛边;
- ②喷砂时不能漏喷;
- ③胶粘剂在涂刷前必须充分搅拌,达到均匀混合后方可使用;
- ④胶粘剂必须涂刷均匀,底涂胶粘剂晾干后才能涂面涂胶粘剂,胶粘剂层(双层干膜)厚度一般为 5~25 μm;
- ⑤涂刷完胶粘剂的钢板应在室温且湿度不太大的条件下自然干燥 40 min 以上;
- ⑥操作场地要通风,空气要清洁,操作人员要注意防护;
- ⑦涂刷胶粘剂的钢板最好在一个月內使用。

4 建筑隔震橡胶支座的性能

按表2设计参数,采用配方为NR 100、硬

直接粘合,因此夹层钢板与橡胶层粘合前需要进行表面处理,以彻底除去其表面的油脂、锈渍、积垢和氧化膜等杂质,使钢板呈现的新表面具有适当的表面结构和电化学惰性^[7]。实践证明,磷化处理虽然能使钢板表面形成一层具有电化学惰性、不易生锈并便于与橡胶结合的磷酸盐转化层,且操作简便、经济,但其处理效果不如喷砂处理好。原因是喷砂处理除能清除钢板表面的锈渍、积垢和氧化膜等杂质,使钢板表面能提高外^[8],还能增大钢板的表面粗糙度和表面积,有利于胶粘

表 2 隔震橡胶支座基本参数

项 目	橡胶支座直径/mm			
	300	400	500	600
设计承载力 ¹⁾ /kN				
甲类建筑物	700	1 250	1 960	2 820
乙类建筑物	840	1 500	2 350	3 390
丙类建筑物	1 050	1 880	2 900	4 240
外径/mm	320	420	520	620
有效直径/mm	300	400	500	600
高度/mm	125	150	175	200
盖板厚度/mm	20	20	20	25
夹层钢板厚度/mm	3	3	3	3
夹层钢板层数	11	13	12	13
S ₁	14.6	16.5	15.3	15.8
S ₂	5.8	5.6	5.6	5.4

注:1)按 GB 550011—2001 标准(《建筑抗震设计规范》)要求甲、乙、丙类建筑物橡胶支座纵向平均应力分别为 10、12 和 15 MPa 计算得出。

脂酸 1.5、氧化锌 4、防老剂 3、软化剂 5、炭黑 40、促进剂 1.8、硫黄 1.5 的橡胶层,材质为 Q235-A 的夹层钢板,底涂为 CH205,面涂为 CH220 制造的建筑隔震橡胶支座性能见表 3。从表 3 可以看出,这些橡胶支座的极限承载力均达到甲、乙、丙类建筑物隔震橡胶支座设计承载力的 9.5~14 倍,大大超过了建筑设计安全因数为 6 的要求,可用于甲、乙、丙类建筑物的隔震。

表 3 建筑隔震橡胶支座的性能

项 目	橡胶支座直径/mm			
	300	400	500	600
极限承载力/kN	10 090	17 940	28 030	40 360
水平极限变形能力/%	>350	>350	>350	>350
水平刚度/(kN·mm ⁻¹)				
水平压缩剪切应变 50%	0.76	1.42	1.94	2.6
水平压缩剪切应变 100%				2.1
水平压缩剪切应变 250%	0.49	0.99	1.29	
纵向刚度/(kN·mm ⁻¹)	827	1 085	1 565	2 050
等效阻尼比/%				
水平压缩剪切应变 50%	24.0	22.7	22.7	23.9
水平压缩剪切应变 100%				18.2
水平压缩剪切应变 250%	16.0	16.2	17.4	

5 结语

夹层钢板是隔震橡胶支座重要的组成部分，其质量约占橡胶支座总质量的 36%~40%。夹层钢板的材质、厚度、层数及与橡胶的粘合强度是影响橡胶支座性能的重要因素。随着人们对隔震橡胶支座性能及应用的进一步研究，夹层钢板的

设计和加工技术将更加完善。

参考文献：

[1] 周福霖. 工程结构减震控制[M]. 北京:地震出版社,1997. 66-115.

[2] 卢 光. NR 支承及其在建筑物抗震上的应用[J]. 橡胶工业,1997,44(11):670-673.

[3] 西部一郎. 天然橡胶类抗震叠层橡胶[J]. 曹元礼译. 橡胶参考资料,1999,29(7):1-7.

[4] 唐家祥,刘再华. 建筑结构基础隔震[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1993. 42-97.

[5] 张 燕. 叠层隔震橡胶支座性能的影响因素[J]. 橡胶工业, 2000,47(6):348-352.

[6] 郑文博,吴文彪. 减震橡胶支座的技术改进[J]. 橡胶工业, 2001,48(12):728-730.

[7] 邓本诚,纪奎江. 橡胶工艺原理[M]. 北京:化学工业出版社,1984. 360-388.

[8] 王孟钟,黄应昌. 胶粘剂应用手册[M]. 北京:化学工业出版社,1987. 7-41.

第二届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

2003 年桂林橡机再创佳绩

中图分类号:TQ330.4⁺7 文献标识码:D

截至 2003 年年底,桂林橡胶机械厂共完成工业总产值 33 242.4 万元,其中新产品产值超过 1 亿元,同比分别增长 109.66%和 55.44%。向法国米其林、日本住友和日本普利司通等国际知名轮胎公司出口各种型号硫化机 100 多台,产品交货值达到 1 000 多万美元,同比增长 252.99%。各项工业指标均创历史最高水平。

在完成各项经济指标的同时,技术部门还加大了新产品的开发力度,成功开发了全钢子午线轮胎三鼓一次法成型机、全钢子午线轮胎胎面联动装置、2 235.2 mm 机械式硫化机和 1 168.4 mm RIB 型机械式硫化机等新产品。其中,国家级重点科研项目 1700 液压硫化机通过国家鉴定;硫化机群网络控制系统通过区级鉴定。GRM-PDM 管理集成系统通过专家组鉴定,标志着企业实现了产品设计、工艺设计和定额的信息化管理,企业信息化建设进一步提高,企业因此被广西壮族自治区科技厅认定为“高新技术创汇示范企业”。

(桂林橡胶机械厂 胡春林供稿)

橡胶试验将与成品关系更密切

中图分类号:TQ330.7 文献标识码:D

英国《欧洲橡胶杂志》2004 年 186 卷 1 期 23 页报道:

橡胶行业总是要进行大量的常规试验,例如拉伸伸长率和拉伸强度的测试。但是目前发展最快的是与成品有关的试验。10 年前,Tinus Olsen 试验设备公司销售的大多数产品是常规试验机。目前该公司销售的与成品有关的试验机和常规试验机的比例已达到 60:40。

与成品有关的试验是保证产品满足市场对其理化性能以及环保要求的试验。因此,减震器可能需要在具有腐蚀性化学药品的高温环境中进行一段长时间的力学试验。儿童玩具可能需要对其附属件反复进行前后拉伸,而且还要看如果长时间吮吸,是否会有任何有害配合剂沥滤到水或盐溶液中;如果啃咬或咀嚼玩具,是否会给儿童造成伤害。

能够证实产品可以满足市场要求的试验设备是目前该领域发展的主流。尽管如此,大多数公司在原材料入库时需检验其性能,而标准常规试验对此是能够胜任的。

(涂学忠摘译)