

# 建筑隔震橡胶支座、高阻尼增强隔震橡胶新型材料项目可行性研究报告

## 一、项目名称

建筑隔震橡胶支座项目、高阻尼增强隔震橡胶项目

## 二、承办单位概况

项目承办单位为山东同方防震技术有限公司。

### （一）公司设施及人员条件

#### 1、公司设施条件建设

我公司现有两处工作地点，建筑面积 10000 多平方米，包括办公室、会议室、实验室、计算室、报告厅、阅览室、图书室、职工活动室。

我公司近几年先后购置了大中型仪器设备 22 台（套），大部分为国际、国内先进设备，其中有：悬挂式波速测井仪、电法仪、电子水准仪、工程地质勘察 CAD 软件，并购置了一批先进的投影仪、荧幕、复印机、电脑、打印机、传真机等。

#### 2、公司人员配备情况

我公司拥有较强的专业技术和科研人员队伍，目前共有 66 名科研技术人员，其中具有博士学位 6 人，硕士学位 10 人，研究生 25 人，大学学历 25 人，具有高级职称的 20 人，中级职称的 32 人。

### 3、客座专家及客座研究情况

我公司聘请中国工程院周福霖院士、中国海洋大学教授冯启民、河南理工大学教授邹正盛、中国工程力学研究所研究员博士生导师李山有、中国地质研究所研究员蒋伟等客座专家。

在周福霖院士的指导下，对建设工程的减隔震技术进行了深入研究。

在冯启民教授指导下，在区域性震害防御和重大建设项目设防等领域进行了研究。进行了济南市高新区东部新区、青岛市黄岛区等地区地震小区划工作、为相关地区提供了防震减灾依据。

在邹正盛教授指导下，在断层活动性等领域开展了研究。

在李山有研究员指导下，在结构工程抗震方面开展了研究。

在蒋伟研究员指导下，在地震地质方面开展了研究。

## **(二) 公司内部建设与运行管理情况**

### 1、公司内部组织机构的布局设计及运转情况

我公司设总经理 1 名，负责公司全面工作；设副总经理两名，协助总经理工作；领导班子对公司管理委员会负责。

公司设有总工办、减隔震技术研究中心、地震安评研究中心、地震安评一室、地震安评二室、物探勘察中心、实验室、办公室、财务室等部门。

### 2、公司成立有山东省地震安评工程技术研究中心

该中心是政府批准成立，具有雄厚的技术力量，可为项目的实施提供强有力的支持。

自公司成立以来，总经理负责公司建设的全面工作，两名副总经理，一名负责技术和研发，一名负责行政，领导班子团结一致，共谋发展，各部门之间也紧密配合、协调统一，运转良好。

### 3、公司专家指导委员会的建立与作用发挥情况

我公司成立时就设立了专家指导委员会、由山东省地震局原研究员王锜为主任，成员有上海地震局原研究员刘文龙、中国地震局地质所研究员曹学锋、中国海洋大学教授冯启民、中国海洋大学教授高惠英、河南理工大学教授邹正盛、中国工程力学研究所研究员博士生导师李山有、中国地质研究所研究员蒋伟等。指导委员会成员为公司发展付出了辛勤的劳动，每个专家来公司指导工作的时间不少于 30 个工作日，有的多达 60 多个工作日。

专家们对山东及周边地震活动及地震构造背景、地震工程技术、抗震设防措施和对策进行深入研究，并结合几百项建设工程地震环境条件以及在此环境背景下工程抗震设防标准的合理性、科学性，提出符合场地实际条件的抗震设防要求，为提高这些重要建设工程的防震抗震能力做出了积极努力。专家们还对建筑工程、建筑物减隔震技术进行了长年研究，并取得了一定成果。

### 4、公司管理模式及经济、社会效益

公司为独立法人，实行总经理负责制，按规定实行独立核算。公司自成立以来一直健康运行，为省内外 1000 多项重要建设工程开展了地震安全性评价，评价项目量在全省及全国同行业中名列前茅，在地震安全性评价这一领域走在了前列，在科技研究及新技术应用方面起了行业带头作用，为建设工程提供了科学合理的抗震设防依据，提高了工程防震抗震能力，为经济、社会发展作出了突出贡献，取得了显著的社会效益和经济效益。

#### 5、公司各项制度的建立与管理

我公司建立之初，就建立了科研开发、人事管理、创新奖励、工作纪律、行政后勤等各项管理制度，其中有：科研计划和成果管理办法、研究成果及资料管理制度、公司奖励办法及人事、培训、物资、财务等一系列制度。各项制度的建立，保证了公司正常运行，职工执行制度、遵守制度蔚然成风。

#### 6、公司与科研机构大学院校合作情况及人才培养情况

公司与中国地震局工程力学研究所、中国地震局地质研究所、中国地震局地球物理勘察公司、中国海洋大学地震工程与地质工程研究所、济南大学建立长期稳定的合作关系，其中冯启民、邹正盛、李山有、蒋伟等专家学者聘为公司客座教授，经常到公司讲学授课，我们还定期派出专业技术人员在以上科研院所及高校听课培训，吸收新的知识。通过与高端科学院所及大学的合作交流，为深入研究、成果转化、资源共享提供了非常有利的条件。

### （三）公司建设的方向、目标及水平情况

公司下一步的主要研究方向是：建筑结构减隔震技术的推广应用，与国内外知名公司交流、合作，特别是与新西兰著名减隔震技术公司合作，引进先进的技术、工艺及设备，建设世界一流的橡胶隔震支座生产基地。邀请中国工程院周福霖等两名院士全程给予指导。

加大科研投入，培养一批高水平的隔震设计人员，为隔震支座的实际工程应用提供针对性服务；与国内院校及相关科研机构开展长期合作，对减隔震技术进行长期研究，不断改进技术，并及时将研究成果转化、应用。

另外，在地震工程技术理论及实际研究的基础上，对山东及周边和环渤海地区的工程建设，从地震活动及地震构造背景、地震工程技术、抗震设防措施和对策上进行分析研究，既对建设工程的地震环境条件以及在此背景下工程抗震设防标准的合理性、科学性提出符合场地实际条件的设防依据，又对工程结构抗震的理论问题通过在检测基础上的研究予以发展和提高，进而制定指导工程结构抗震的实际标准与具体措施，提高和强化建筑物、构筑物抗震设防的科学性、合理性，使建构筑物合理投入、科学设防，进一步提高建筑物的防震抗震能力。

### 三、项目建设背景

#### (一) 地震是最严重的自然灾害

地震作为自然灾害的一种，是群灾之首，贯穿于整个人类发展史中，并一直以来对人类的生命安全及财产安全构成严重的威胁。对过去的 100 年的地震统计数据显示，平均每年有 8 级以上的地震 1~2 次，7 级以上的有 10~20 次，6 级以上的有 20~100 次。世界上具有破坏性的强烈地震平均每年约多达 18 次。

我国整体位于欧亚板块，受到三大板块即太平洋板块、印度洋板块、非洲板块的挤压，构造活动活跃；地处世界上两个最活跃的地震带，即环太平洋火山地震带和欧亚地震带，裂隙地貌众多。

我国是世界上多地震国家之一，也是世界上灾害损失最为惨重的国家之一。据统计，我国有 41% 的国土及一般以上的城市位于地震基本烈度 7 度或 7 度以上的地区，6 度及其以上的地区则占国土面积的 79%。在 20 世纪有 33% 的陆上破坏性地震发生在我国，死亡人数 50 多万，占全世界同期地震死亡人数的一半左右。20 世纪死亡 20 万人以上的大地震全球共两次，都发生在我国，一次是 1920 年的宁夏海原的 8.5 级地震，死亡 20 余万，伤者不计其数；另一次是 1976 年唐山的 7.8 级地震，死亡达 24 万余人。大地震所造成的经济损失更是不计其数，如 1976 年的唐山地震的直接经济损失近百亿元，顷刻之间使一座百万人口的工业城市成为废墟；2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分发生在中国四川汶川县的 8.0 级地震，共造成 68858 人遇难，36586 人受伤，失踪 18618 人。

据专家研究预测，目前地震活动正处于相对活跃的时期，全球可能在较长一段时间内都不免受到地震频繁活动的影响。在这地震相对活跃的时期，也正是我国的大规模城市化建设时期，若受到强烈地震的影响，势必会对我国城镇化进程的推进造成影响，而其产生的经济损失也是不可估计的，对于我国的长远发展也是十分不利的。

## （二）减隔震技术具有的先进性

针对如何能降低地震对人们生命和财产安全的影响，国内外各相关领域的专家都在进行着大量的研究。目前在建筑物结构设计中通常

采用的仍然是传统的抗震设计方法，近年来隔震设计理论和方法趋于成熟，也已进入结构设计和运用领域，并收到了良好的效果。

## 1、结构隔震的概念与原理

### (1) 隔震的概念

在基础和上部结构之间设置隔震装置，以避免或减小地震能量向上部结构传输，以减小建筑物的地震反应，实现地震时建筑物只发生较轻微运动和变形，从而使建筑物在地震作用下不损坏或倒塌。隔震系统一般由隔震器、阻尼器等所组成，它具有竖向刚度大、水平刚度小，能提供较大阻尼的特点。

### (2) 隔震的原理

利用隔震层延长结构的周期，适当增加结构的阻尼，使结构的加速度反应大大减小，同时使结构的位移集中于隔震层，上部结构像刚体一样，自身相对位移很小，结构基本上处于弹性工作状态，从而建筑物不产生破坏或倒塌。

## 2、隔震结构的特点与使用范围

### (1) 隔震结构的特点

隔震层的集中大变形和所提供的阻尼将地震能量隔离和消散掉，地震能量不能向上部结构全部传输，因而上部结构的地震反应大大减小，震动减轻，结构不产生破坏，人员安全和财产安全均可以得到保证。

### (2) 隔震结构的适用范围

隔震结构体系可以用于下列类型的建筑物：

- ①医院、银行、保险、通信、警察、消防、电力等重要建筑。
- ②首脑机关、指挥中心以及放置贵重设备、物品的房屋。
- ③图书馆和纪念性建筑。
- ④一般工业与民用建筑。

## 3、隔震系统的组成与类型

### (1) 隔震系统的组成

隔震系统一般由隔震器、阻尼器、地基微震动与风反应控制装置等部分组成。在实际应用中，通常可使几种功能由同一元件完成，以方便使用。

隔震器的主要作用是：一方面在竖向支撑建筑物的重力，另一方面在水平方向具有弹性，能提供一定的水平刚度，延长建筑物的周期，以避免地震动的卓越周期，降低建筑物的地震反应，能提供较大的变形能力和自复位能力。

阻尼器的主要作用是吸收和耗散地震能量，抑制结构产生大的位移反应，同时在地震终了时帮助隔震器迅速复位。

地基微震动与风反应控制装置的主要作用是增加隔震系统的初期刚度，使建筑物在风荷载和轻微地震下保持稳定。

## (2) 隔震系统的类型

常用的隔震器有建筑隔震橡胶支座、螺旋弹簧支座、摩擦滑动支座等。目前国内外应用最广泛的是建筑隔震橡胶支座。

常用的阻尼器有弹塑性阻尼器、粘弹性阻尼器、粘滞阻尼器、摩擦阻尼器等。

常用的隔震系统主要有建筑隔震橡胶支座隔震系统、摩擦滑动加阻尼器隔震系统、摩擦滑动摆隔震系统等。其中建筑隔震橡胶支座隔震系统技术相对成熟，应用最为广泛。

## 4、减隔震技术比传统的抗震技术具有的优越性

传统的针对地震作用的结构设计方法以抗震设计为主，旨在通过使得结构本身获得足够的强度、刚度和延性来“抵抗”

地震作用。在我国现行的《建筑抗震设计规范》（GB50011~2010）中对于各种结构的抗震设计方法及构造措施都进行了详尽的阐述与介绍。不同地区应根据其所属设计地震分组，由我国现行的《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223~2008）确定抗震设防建筑的抗震设防类别，并根据相应类别确定设计基本地震加速度和特征周期，针对不同结构形式进行相应的结构的抗震计算和验算，以达到“小震不坏，中震可修，大震不倒”。虽然这种方法在理论上可行，在实际中收到一定效果，但其弊端也是显而易见的。抗震结构若想达到足够的强度、刚度和延性，就必然对结构构件及材料有很高的要求，这就使得建筑的经济性不尽人意；现有规范是按照设防分类进行设计，但由于地球内部构造的复杂性与地震的突发及难以预知性，在抗震设防烈度低的地区也不能完全否定大地震的可能性，在此类地区一旦有大震发生，产生的后果不堪设想。隔震设计方法是通过在结构内部或结构与基础之间某位置设置隔震元件，通过隔震元件起到“隔离”地震的作用，从而使得结构本身所承受的地震作用减弱。隔震设计方法的应用已是大势所趋。

隔震层的集中大变形以及所提供的阻尼可以将地震作用隔离和消散掉，进而减小了地震能量向上部结构的传输，最终可以使上部结构的地震反应大大减小，震动减弱，结构不产生破坏，人员安全和财产安全均可以得到保证。基础隔震结构与传统抗震结构相比，具有以下优越性：

(1) 可以较大幅度地减轻结构的地震反应。根据基础隔震结构在地震中的强震记录和振动台模拟地震试验可知,与传统结构(基础固定)的加速度反应相比,隔震体系的上部结构加速度反应呈现出明显降低的状态隔震结构的加速度只相当于传统结构加速度的  $1/4\sim 1/2$ ,可使上部结构的设防烈度降低  $1\sim 2$  度,大大提高了结构安全度;

(2) 抗震设防标准提高，确保安全；

(3) 防止了非结构构件破坏和建筑物内物品的振动、移动和翻倒。在中小地震作用下，隔震结构一般不会出现损坏的状态，仍处于弹性工作阶段；在罕遇大地震作用下，隔震结构一般仅发生局部破坏或非结构构件破坏，而不致倒塌，甚至可以做到“大震不坏”，从而保证建筑物及其人身财产的安全；

(4) 结构设计自由度增大。由于上部结构地震作用减少很多，使得建筑和结构设计时的严格限制大大放宽，上部结构布置灵活，设计简单；

(5) 抗震措施简单，由于地震能量大部分被隔震元件吸收，因而上部结构不必过多地考虑抗震措施；

(6) 降低工程造价，隔震后因上部结构的地震作用小，故构件断面、配筋减少，且结构构造简单，施工方便，8度区可降低造价5%~15%，9度区可降低造价10%~20%；

(7) 震后无须修复且特别耐高震级余震。地震后，只对隔震装置进行必要的检查，而无须考虑建筑结构物本身的修复。地震后可很快恢复正常生活或生产，这带来极明显的社会和经济效益。

### (三) 国家政策支持

近几年来，国家出台了一系列政策，鼓励、完善建筑工程隔震减震技术的推广应用。1998年4月6日，建设部颁发《关于在抗震设防区采用隔震技术有关问题的通知》，对保障隔震技术的发展作出了一些规定。为了规范建筑工程隔震减震产品市场，保障采用隔震减震技术的建筑工程的抗震安全和工程质量，建设部制定了《建筑工程隔震减震产品市场准入管理暂行规定》，自2000年1月1日起实施。自2009年5月1日起施行的《中华人民共和国防震减灾法》中第四十三条明确规定“国家鼓励、支持研究开发和推广使用符合抗震设防要求、经济实用的新技术、新工艺、新材料”。中华人民共和国住房和城乡建设部于2010年10月14日发布《关于做好<建筑业10项新技术（2010）>推广应用的通知》中就包括建筑隔震技术。《国务院关于进一步加强对防震减灾工作的意见》（国发〔2010〕18号）文件第三部分“切实提高城乡建筑物抗震能力”中提出“加强抗震新技术、新材料研究和推广应用”。《住房和城乡建设部防灾减灾与抗震2011年工作总结和2012年工作要点》中明确提出“开展‘建筑隔震减震技术应用’工作试点，探索创新工作模式”。《住房和城乡建设部防灾减灾与抗震2012年工作总结和2013年工作要点》中提出“积极稳妥推广减隔震技术在建设工程中的应用，并适时开展相关检查工作”。

根据法律法规有关规定及国务院、各部委的文件精神，全国多个省市根据地区实际情况开展了隔震减震技术的推广工作。重庆市城乡建设委员会于2010年10月20日发布《关于推广应用建筑隔震技术的通知》，要求各区县（自治县）城乡建委、各有关单位应采取有效

措施，积极推广建筑隔震技术的应用。云南省于 2011 年 4 月 6 日发布了《云南省人民政府办公厅关于加快推进减隔震技术发展与应用的意见》（云政办发[2011]55 号），明确要求

按照政府引导、合理使用、突出重点、财政补贴、抗震安全的原则，在全省符合适用条件的高烈度设防区全面推行减隔震技术。云南省住房和城乡建设厅于 2012 年 3 月 13 日发布《关于进一步加快推进我省减隔震技术发展与应用工作的通知》。河北省住房和城乡建设厅 2012 年 4 月 16 日发布《关于转发〈抗震防灾工作暨推广建筑隔震减震技术座谈会会议纪要〉的通知》，提出“推广应用隔震减震技术，强化抗震设防监管，对于有效减轻地震灾害具有十分重要的意义，各市城乡建设主管部门可结合本地实际做好建筑隔震减震技术的推广应用和工程质量的监管工作，充分发挥隔震减震技术在提高建筑工程抗震能力方面的积极作用”。2012 年 7 月 19 日，昆明市住房和城乡建设局发出《关于加快减隔震技术应用的通知》，要求自 2012 年 7 月 1 日开始，对 8 度和 9 度抗震设防区符合适用条件的 3 层以上幼儿园，单体建筑面积 2000 平方米以上，中小学校舍、县以上医院的 3 层以上医疗用房应当采用减隔震技术。

山东省对于隔震减震技术的应用也正在制定措施。自 2009 年 3 月 1 日起施行的《山东省地震重点监视防御区管理办法》中第十一条第八小条规定“组织开展减震、隔震、抗震等新技术研发推广，鼓励采用节能、环保、抗震等新型建筑材料，提高建设工程抗震性能”。

#### （四）社会影响

除了政策扶持外，隔震减震技术还得到了媒体舆论的高度评价。

2007 年 12 月 11 日的《科技之谜》以“小胶垫岂能‘隔离’

大地震”为题对隔震技术特别是橡胶隔震技术作了专题报道，指出隔震技术不仅能节约建筑造价，还能解决许多常规技术无法解决的问题。

2008年5月26日《广州日报》：《全国首幢隔震楼现身粤 橡胶支座悬空抗强震》。

2010年9月5日《京华时报》：《新西兰强震仅两人重伤 隔震技术世界领先》。

2011年5月13日中央电视台《走进科学》：《隔离地震的建筑》。

2012年5月12日，中央电视台新闻频道、中文国际频道及凤凰卫视对云南昆明实体高层建筑隔震实验进行了报道。

2013年4月11日《西安晚报》：《西安推广建筑隔震技术 高楼加层“抗震垫”地动房不动》。

2013年4月25日《南方日报》：《“楼坚强”是橡胶支座隔震》。

2013年4月27日中国新闻网《地震专家回应“楼坚强”：隔震设计立大功》。

2013年5月12日《华商报》：《地基上设“隔震层”不贵还抗震 西安建筑也将推广》。

2013年5月16日《华商报》：《“隔震层”设计 经济又防震》。

各互联网媒体对隔震技术也进行了多次报道，使得社会各界对隔震减震技术的发展及优越性有了越来越深入的认知。

## 四、产品技术介绍

### （一）建筑隔震橡胶支座技术介绍

#### 1、建筑隔震橡胶支座发展应用

基础隔震目前有夹层橡胶垫隔震装置、铅芯橡胶支座、滚珠（或滚轴）隔震、悬挂基础隔震、摇摆支座隔震、滑动支座隔震等多种，其中橡胶支座隔震技术是隔震技术中应用最广、技术最成熟的，它具有减震机理明确、减震效果显著、施工与安装方便等特点，而且已有多项工程在实际地震中经受考验，正受到越来越多国家的重视。

建筑隔震橡胶支座在竖向刚度很大，能承受很大的竖向荷载，支座的水平方向有很大的柔度，使得建筑物的周期变长，能够有效地将地震作用同上部建筑物隔离开来，减缓地震作用时上部建筑物的运动。

以建筑隔震橡胶支座作为隔震层的隔震结构主要适合于一定高度的砖石或钢混结构，这类结构一般不会出现竖向脱离问题，风载问题也不占动荷载的主要地位。

世界上首座使用铅芯橡胶支座的建筑是 1981 年在新西兰建造的惠灵顿 William Clayton 大楼，这是一座四层高的钢筋混凝土结构办公楼，紧靠惠灵顿断层。1982 年日本建成第一座现代隔震建筑，是一座两层民宅。1985 年，美国建成的加州圣丁司法事物中心是美国的第一座隔震建筑，也是世界上第一座采用高阻尼橡胶隔震支座的建筑。

如今铅芯橡胶垫的优点已得到广泛的认同，许多国家都采用这项技术设计建造楼房、桥梁等建筑物。现在，日本基础隔震建筑不仅用于中层、低层，而且随着对基础隔震高层和超高层建筑的需求，日本近期建成或正在建造一批基础隔震高层和超高层建筑，如东京杉并花园城、大阪 DT 办公楼、大阪楠叶塔楼城。联合国工业发展组织 (UNIDO) 将它列入了发展中国家低价格住房天然橡胶隔震系统研究项目，在中国的广东汕头、印度尼西亚的爪哇岛、意大利的 Reggio Calabria 和智利的圣地亚哥各建成示范性房屋。铅芯橡胶垫还被用于建筑物的加固。美国犹他州盐湖政府大楼是一所建于 1894 年的五层无配筋砖石结构建筑，离 Wasatch 断层只有 3 km，很容易为地震破坏。该楼就采用了在基础下组合安装合成橡胶支座与铅芯橡胶支座隔震的加固方案。新西兰议会大楼是用铅芯橡胶垫加固建筑物的另一个重要例子。

进入 20 世纪 80 年代，隔震研究逐渐在我国得到重视，建筑隔震橡胶支座技术逐渐为众多学者认识研究。同时，针对我国的国情，研究的重点集中在以砌体结构为主要应用对象的隔震结构上。橡胶支座技术应用情况有：1993 年在河南安阳用自主开发的铅芯橡胶支座建造的一座底框住宅楼。1994 年，又在四川冕宁建成一座八层框架隔震综合楼。1995 年~1996 年又陆续在广东、云南、四川、陕西等地兴建了一批隔震建筑。从 1997 年开始，橡胶支座隔震建筑开始在各地推广，建筑面积明显增加。这些隔震建筑取得了较好的效果。GB

50011~2001 建筑抗震设计规范的第十二章对隔震结构做了较为详尽的规定。

在已建成的隔震建筑中，不少已经经受了实际地震的考验。如日本仙台市东北大学校园内的一栋三层楼房，我国汕头和大理建成的夹层橡胶垫隔震结构，在 1994 年和 1995 年分别经受了台湾海峡地震(7.3 级)和云南地震(6.5 级)的考验。上述隔震结构在地震中的良好表现，使人们对结构隔震技术充满了信心，并为隔震技术提供了强有力的支持，同时也进一步证明了隔震技术的优越性。

## 2、建筑隔震橡胶支座的性能

建筑隔震橡胶支座是由薄橡胶板和薄钢板分层交替叠合，经高温高压硫化粘结而成。由于在橡胶层中加入若干薄钢板，并且橡胶层与钢板紧密粘结，当橡胶支座承受竖向荷载时，橡胶层的横向变形受到上下钢板的约束，使橡胶支座具有很大的竖向承载力和刚度。当橡胶支座承受水平荷载时，橡胶层的相对位移大大减小，使橡胶支座可达到很大的整体侧移而不致失稳，并且保持较小的水平刚度（约为竖向刚度的 1/500~1/1000）。并且，由于橡胶层与中间钢板紧密粘结，橡胶层在竖向地震作用下还能承受一定拉力。因此，建筑隔震橡胶支座是一种竖向刚度大，竖向承载力高，水平刚度小，水平变形能力大的隔震装置。

橡胶支座形状可为圆形、方形和矩形，一般多为圆形，因为圆形与方向无关。支座中间一般设有圆孔，以使硫化过程中橡胶支座所受热量均匀，从而保证产品质量。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/705220312012011221>