

地震试验计划

试验摘要

减震试验在 4"/DN100、8"/DN200 和 16"/DN400 的唯特利沟槽式机械管道接头和配件上进行，这些接头和配件安装在标准壁厚碳钢上。试验证明，唯特利接头最适合在地震区的管道系统上使用。试验计划遵循国际认可的当前非结构性建筑组件试验之振动台标准开发。管道装置在 x 和 y 水平方向上的输入振幅为 $\pm 3"/76\text{mm}$ ，输入加速度最高为 1.3g，频率范围为 1.3 至 33Hz。在试验条件下，连接的刚性部件和挠性部件表现无可挑剔，记录的管路峰值加速度超过 7g。在所有试验期间，注入装置的水承压 200 psi/1375 kPa，在试验过程中或试验之后，未发现任何压力损失或泄露。

唯特利公司



唯特利创立于 1925 年，是全球机械管道连接系统的领导者。唯特利为连接管道引入了一个基本理念：将机械栓接的接头啮合到槽中，并使用橡胶垫圈来密封接合处。

相比 HVAC、铅管、消防、采矿、工业利用、油田管道系统、供水和污水系统中广泛使用的焊接、螺纹连接、法兰连接，滚槽管路大大减少了安装时间。

在全球的主要地标和建筑物中，处处可见唯特利产品。唯特利系统有刚性和挠性接头，提供了其它类型的管道连接系统所不具备的设计上的多功能性。

唯特利在地震条件下的表现

早在 20 世纪 40 年代，对于地震区用来为设备连接提供应力消除的唯特利挠性沟槽接头的使用情况，进行了跟踪。自那时起，沟槽产品就成为一种标准连接法，因为其具有独特的设计优势，能够根据特定系统的设计要求，提供刚性管道接头和挠性管道接头。在发生过地震活动的地区，唯特利产品已拥有多年的成功使用经验，因而成为地震区许多项目的标准管道连接法。为证明唯特利产品在不良条件（如地震活动、船上管道系统和高压循环）的表现能力，还执行了很多室内和第三方试验。各种试验的结果证明了唯特利产品在这些不良条件下的可靠性和完整性。

试验目的

为了展示对新规范要求的合规性，证明所提供的可持续系统能承受住地震活动期间产生的力，维护系统在经受真实地震活动时的系统完整性，唯特利对我们的产品实现了最先进的试验需求。试验旨在提供分析数据，从而对过去发生地震时成功的“真实”表现给予支持。

由于管道和建筑物之间发生差异运动；以及管道穿越建筑防震缝——管路穿过两个独立结构，或管路支承或固定在建筑物中独立的支承结构上（即从屋架支承，然后再是支架支承），致使管路和建筑物发生损坏。通过将管道（防震加固）固定到建筑结构，使其随建筑一同移动，可以解决前面这个问题。加固和间隙的设计，必须根据特定的地震加速度和移动幅度。将管路从一个“结构区”穿越另一个结构区，可解决后面的问题。应使用能够吸纳管道之间发生的差异运动的挠性组件（防震装置），来安装管路，这类组件连接在一起，但是从不同“防震结构”来支承，或锚固在不同的“防震结构”上。挠性部件可以让这些结构以及安装在每个结构上的管道在建筑物内独立移动，在地震活动发生期间不会彼此造成损坏，也不会损坏其它设备。

这项试验的目标，是证明唯特利沟槽式机械接头和配件，用于地震活动期间安装和维护管路系统作业完整性的适合程度。试验计划旨在表明上述两种情况下的防震表现。首先，执行试验是为了证实，安装在遵循规范的加固管路上的唯特利刚性或挠性接头，在遭遇地震活动时能保持完整的性能。其次，执行试验是为了证明，减震旋转接头或偏移管道结构中的挠性接头，能够进行充分的自由移动，从而吸纳结构与结构之间或者建筑物防震接合处所发生的差异运动。

地震试验

ATLSS 试验设施



理海大学 (Lehigh University) 的大型结构系统高级技术实验室 (Advanced Technology for Large Structural Systems, ATLSS), 是一家国际性的工程研究中心, 我们选择了这家研究中心来执行试验。ATLSS 中心是地震工程模拟网 (NEES) 的成员之一, NEES 由美国国家科学基金会创立, 致力于地理分布式共用试验研究设备场地的合作。理海 NEES 设备场地能够使用有效力法、拟动态试验法或拟动态混合试验法, 对大型结构组件、结构子组件和超级组件在地震激发下进行实时试验。因此, 它非常适合对管路系统执行和分析模拟的实时多向地震影响。唯特利和理海咨询了国际知名的设计师和隔震加固系统的供应商, 他们对管道试验装置的悬挂和加固给予了设计支持。

试验要求

遵循当前的振动台试验标准, 制定了试验计划。针对这项试验计划, 还制造了模拟的地面运动。之所以产生这些随机的地面运动, 是为了满足特定的最低反应谱。

ICC Evaluation Service, Inc. 报告, 使用了 AC156 “通过非结构组件与系统的振动台试验确定抗震合格验证之验收标准 (Acceptance Criteria for Seismic Qualification by Shake-table Testing of Nonstructural Components and Systems)” 来制定试验方案。这份文件确定了非结构组件 (包括管路在内) 进行振动台试验的最低要求。文件指明了由规定非结构组件设计地震荷载的规范得出的最低反应谱。振动试验输入运动的反应谱大于 AC156 中规定的最小反应谱。AC156 中规定的最小反应谱基于当前建筑规范中规定的地震设计荷载。

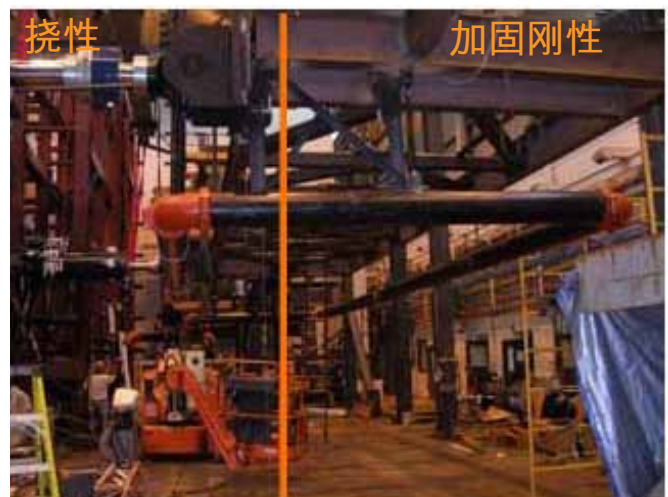
该项试验计划采用了《2006国际建筑规范》。美国土木工程协会 (American Society of Civil Engineers) 在 ASCE 7-05 “建筑物和其它结构的最小设计荷载 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)” 中, 对 IBC 2006参考地震荷载进行了规定。管路和其它非结构组件的设计, 以等效静态荷载法为基础, 类似于建筑物设计所使用的荷载法。

试验结构

开发的试验结构能够容纳大型管路, 并实现所需的运动。试验要求具备对管路和接头实现较大加速度、位移和速度的能力。水平构架设计用来作为刚性隔板或“建筑天花板”, 管路的支承便是从该隔板或天花板实现。地震运动施加于“天花板”, 进而转移至管路。试验中使用了三个 NEES 传动器, 来在纵向和横向施加地震运动。为记录所有相关的试验数据, 将加速度计、位移传感器和应变计战略性地放到了预先确定的位置, 来提供试验计划的准确记录。

布管长度为 40”/12米 (2条 20”/6米长的管道), 有一个 90”的弯头, 每端有 10”/3米长, 所有这些管道都使用唯特利 07 型或 W07 刚性接头进行连接。这部分管路按照标准的工业规范要求进行了隔震加固, 将之称为“加固刚性区域”。在“加固刚性区域”的每一端, 有一个“挠性区域”, 挠性区域由唯特利隔震装置组成。然后将这些位移装置连接到不允许发生移动的 ATLSS 反力壁上。因此, 管路在“刚性区域”的运动, 在隔震装置里面产生了相对位移。

刚性区域管路



地震试验

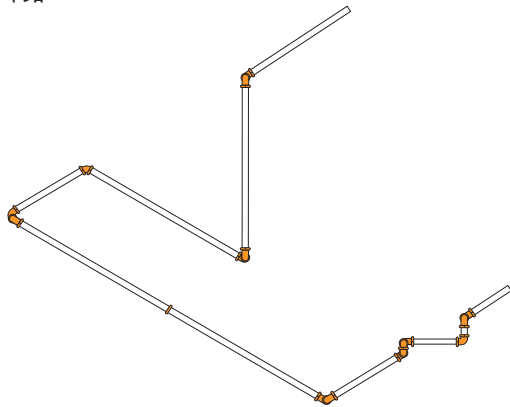
减震旋转接头



4" /DN100试验装置



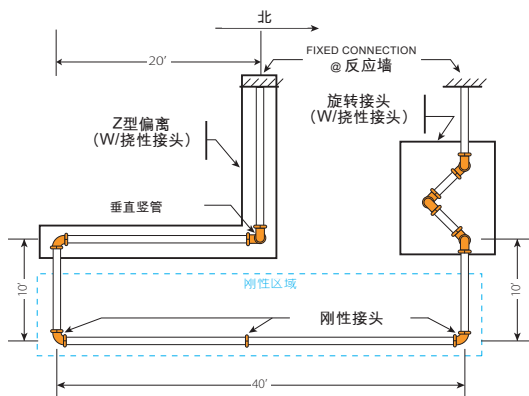
减震环路



8" /DN200试验装置



减震环路 – 刚性/挠性区域



16" /DN400试验装置



试验中使用了两个不同的隔震装置，“刚性区域”的每端各一个。一个装置是 Z 型偏移结构，另一个是减震旋转接头。这两种结构均运用了唯特利 77 型和 W77 挠性接头的偏转和旋转特点，以吸纳“刚性区域”和反力壁之间的差异管路运动。

地震试验

试验选用了三种大小的管道：4”/DN100、8”/DN200 和 16”/DN400。每种大小的管道进行了全面布管来进行试验。在每个管路装置上，执行了多项试验，来证明唯特利接头处理各种隔震需求的能力。这三种试验使用的是相同的接头和管道。这些试验包括静态位移试验、正弦振动试验和震动试验。在所有试验期间，管路注入了水，加压为 200 psi/1375 kPa。

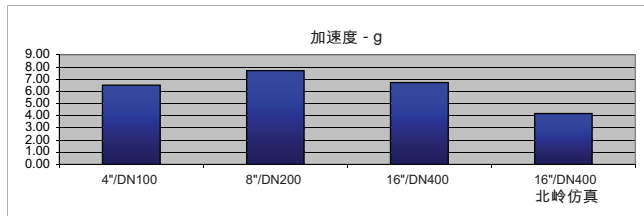
静态位移试验是每个装置在 x 和 y 水平方向发生 ± 4 ”/102 毫米移动的情况下进行的。正弦振动试验是每个装置在正弦加速度下进行的（记录的频率范围为 1.3Hz 至 33Hz）。震动试验是每个装置在受到三级地震运动的情况下进行的。震动试验期间的最大输入情况为：水平移动 ± 3 ”/76 毫米，加速度为 1.3 g。

还执行了另外两种试验。首先是对 8”/DN200 管路装置展开试验。其次是进行震动试验，以刚性接头替换挠性接头，并再次执行所有试验。其次进行试验的是 16”/DN400 管路装置。根据标准计划试验，完成了对北岭地震的实时多向混合模拟。之所以执行这项试验，是为了研究安装在三层建筑物的管路系统对于真实地震的反应。在该项试验期间进行了两次测试。首先，装置受到所计算的北岭地震振幅 $\frac{1}{2}$ 的影响。然后，装置受到所计算振幅的 1.07 倍的影响。

试验结果

唯特利接头的性能卓越。在所有试验中，没有任何管道接头渗漏的迹象。管道始终保持 200 psi/1375 kPa 的内压力。即使是在大量的隔震加固零件破坏之后，管路和接头仍表现出极其坚固结实的特点。

根据隔震装置记录的峰值加速度如下：



4”/DN100 装置 – 6.51 g

8”/DN200 装置 – 7.70 g

16”/DN400 装置 – 6.71 g

16”/DN400 北岭地震模拟 – 4.17 g

隔震装置的性能同样出色。所有差异运动一一被吸纳。应注意到，传动器中测量到的荷载极低，这表明隔震装置的刚度达到最小。这对于最大程度降低荷载及由隔震支架或锚点引致的应力是可取的。

里氏震级值

尽管我们很多人将“里氏震级”和地震联系在一起，但“里氏震级”是对地震活动中释放的能量的测量，而非建筑物或管路系统设计工具。它是一个用来比较不同地震活动相对强度的实用工具，但不能用于直接预测特定建筑物或管路系统将在地震运动过程中承受的运动或力。

结构工程师设计的建筑物和管路系统，要能承受住由地震地表运动引起的位移和加速度，而地表运动并不只与释放的能量有关，还和场地土壤性质、建筑类型/构造、和震中的接近程度以及其它等因素有关。由于建筑规模和形状、建设方法（如钢筋、混凝土、木质框架）、固有频率以及建筑内部的特定位置的不同，建筑物本身以及基础设施在建筑物内部的移动可能存在相当大的不同。管路系统的设计和实现要根据结构工程师规定的位移和力进行。这些设计参数随建筑物的固有频率、场地的地震活动度以及所提议的管路系统在结构内部的位置而变。由于我们的试验参数基于频率范围的历史数据记录以及上面记录的加速度的典型值，而不是基于“里氏震级”值，因此试验参数与任何特定的“里氏震级”值均不相关。

由某个特定地点发生的特定的地震引起的加速度/位移的大小，不仅随释放的能量多少（里氏等级）而变，而且也随以下因素而变：

1. 震中距离（距离越小，产生的力/位移越大）
2. 土壤条件（土壤越软，产生的力/位移越大）
3. 建筑物类型（建筑物的结构类型和高度/宽度影响固有频率，从而改变建筑物/管路对地震的反应方式）

如需完整的联络信息，请访问我们的网站 www.victaulic.com

26.13-CHI 5273 修订版A 更新日期2008年5月

唯特利 (VICTAULIC) 乃唯特利公司注册商标。© 2009唯特利公司，版权所有。

26.13-CHI