

随着科学进步与社会发展,建筑幕墙的应用将越来越多地应用到高层建筑中,如果建筑幕墙本身的安全性参尤其是抗爆炸冲击波性能得不到保证,一旦发生爆炸事件,可能造成巨大损失。性能的提高需要检测技术为其验证,检测能力也必将与检测要济南市同时提高,抗爆炸冲击波性能是继气密、水密和抗风压性能之后提出的又一重要安全性能指标之一。



建筑幕墙抗爆炸冲击波性能检测技术

王洪涛, 刘会涛

(中国建筑科学研究院, 北京100013)

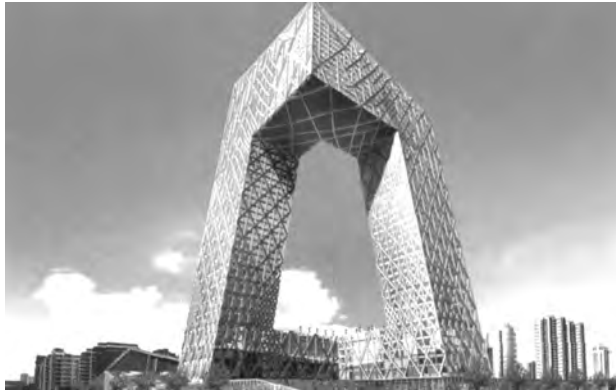
现代建筑多以美丽的幕墙作为其外表,因此,在遭受爆炸冲击波时,建筑物的第1道屏障即为建筑幕墙。

0 国内外建筑幕墙常规检测项目及抗爆炸冲击波检测方法现状

幕墙作为建筑物的主要围护结构,其性能合格与否直接影响到建筑物的外观、安全、节能、环保等诸多方面。经过几十年的发展研究,建筑幕墙的性能要求及相关检测技术已经日趋成熟。2008年2月1日实施的国家标准GB/T20186-2007《建筑幕墙》借鉴了国际发达国家的幕墙标准,并结合我国建筑幕墙发展的实际情况,最终确定我国建筑幕墙的主要性能包括以下9项:抗风压性能、气密性能、水密性能、热工性能、隔声性能、平面内变形性能和抗震要求、耐撞击性能、光学性能和承重力性能,这9项性能能够

反映当前国内建筑幕墙及其检测技术的最新发展状况。

针对爆炸冲击波对建筑物的威胁,国内外设计师相继提出了建筑幕墙的抗冲击波性能要求,同时提出了对幕墙抗冲击波性能的检测方法要求。截止目前,国内还无相关的检测方法标准。英国在2001年和2004年先后颁布了抗冲击波试验的激波管法和距离试验法以及相对应的分级标准,即BS EN 13123-1《门窗和百叶抗爆破分类及要求—第一部分:激波管试验》、BS EN 13124-1《门窗和百叶抗爆破试验方法—第一部分:激波管试验》和BS EN 13123-2《门窗和百叶抗爆破分类及要求—第二部分:距离试验》、BS EN 13124-2《门窗和百叶窗抗爆破试验方法—第二部分:距离试验》。美国材料与试验协会也于2004年颁布了ASTM F1642《玻璃和玻璃系统承受爆炸冲击波试验方法》,针对距离试验法做了具体的要求。



1 爆炸冲击波的产生和传播

爆炸是某一系统在发生迅速的物理和化学变化时系统本身的能量借助于气体的急剧膨胀而转化为对周围介质做功,同时伴随有强烈放热、发光和声响等效应的过程,爆炸的瞬间能够产生大量的气体产物,并以相当快的速度向外传播。当爆炸发生在空气或水等介质中时,就会引起空气(或水)扰动而产生冲击波。

根据产生爆炸的方式不同,爆炸可以分为以下3类:物理爆炸、化学爆炸和核爆炸。炸药爆炸后,由于爆轰产物对周围空气的强烈压缩产生压强很高的初始冲击波。当炸药在空气中爆炸时,便产生空气冲击波向周围传播。空气冲击波在传播过程中,冲击波阵面以超声速运动,随后由于能量不断的消耗,冲击波的速度迅速衰减,波阵面后的压力急剧下降。

2 爆炸冲击波对建筑幕墙的破坏机理

爆炸冲击波以超声速向周围扩散,瞬间便可在附近的建筑幕墙发生正反射或斜反射。建筑幕墙在受到空气冲击波的作用后,受到强大的冲击波作用力,并在极短的时间内发生变形。单元面板或整体面板在力的作用下开始向冲击波的初始方向后退,并把冲击波压力传递到幕墙的横梁与立柱。当冲击波作用在玻璃面板上时,由于玻璃为脆性材料,更易发生破坏。当冲击波压力到达玻璃的承受极限时,玻璃即可能发生破碎,甚至发生玻璃碎片飞溅现象,如果幕墙横梁与立柱受到的作用力超过其承受荷载时,幕墙的结构即可能发生破坏,即发

生系统破坏。幕墙的破坏程度与空气冲击波作用在幕墙上的超压大小及作用的时间长短有密切的关系,或者说冲击波比冲量的变化使幕墙产生变形或破坏。因此,在对幕墙的爆炸冲击波试验中,超压值及其作用时间是我们应该控制的两个参数。

3 爆炸冲击波试验方法

1) 根据试验原理的不同,建筑幕墙抗爆炸冲击波的试验方法可分为以下两种:

①距离试验将定量的炸药(TNT)离开试件一定距离放置,将其引爆产生冲击波,试验试件对冲击波的承受能力。

②激波管试验法激波管主要是采用瞬间释放高压气体的方法来产生冲击波,作用在试件并检验试件承受冲击波的能力。

2) 建筑幕墙冲击波试验方法的选择。根据试验条件,冲击波压力的要求以及试件大小,来确定需要采取的试验方法。当对较大试件,建议采用距离试验法。一般采用化学爆炸方式,如TNT炸药;对较小的试件可采用激波管试验法时,可采用物理爆炸方式,如释放高压气体。当达不到试验需要的超压时,也可以在激波管内可燃气体产生冲击波。

3) 建筑幕墙冲击波试验方法的选择与确定。事实上,常规激波管的开口端尺寸远小于常规幕墙试验组件的尺寸,建造一个大型的激波管也具有一定的难度。因此,一般采用距离试验法进行建筑幕墙的爆炸冲击波试验。本文以下部分对距离试验做具体介绍。

4 距离试验试验原理

4.1 自由场冲击波传播原理

爆炸发生后,爆炸冲击波迅速向外传播,最终衰减。从冲击波的压力一时间变化曲线可以分析得出,自由场某位置压力值变化可分为3个阶段,分别为:

1) 冲击波压力骤升区:当爆炸发生后,冲击波压力瞬间于 t_A 时刻达到最大值 P_{max} 。此时,冲击波对试样的作用力最大,此时幕墙试件最易发生破坏。

2) 压力到达最大值 P_{\max} 之后, 压力在 (t_A, t_A+t_r) 区间保持正压, 但有一个衰减的过程。

3) 当冲击波到达 t_A+t_r 时刻之后, 冲击波压力降为负值, 之后逐渐恢复为冲击波压力为零。

4.2 冲击波遇到障碍物时的反射压力

当冲击波高速前进遇到障碍物(如建筑幕墙)时, 会发生反射现象。 λ 射波的传播方向垂直于障碍物表面时, 在障碍物表面发生的反射现象称为正反射。当 λ 射波传播方向与障碍物成一定的角度时, 在障碍物表面将发生斜反射。由于冲击波发生正反射时对障碍物破坏力最强, 因此, 建筑幕墙在受到冲击波的压力按正反射情况进行计算。另外, 由于幕墙的声阻抗比空气的声阻抗高很多, 因此在处理空气冲击波反射问题时, 可以近似地将幕墙当作刚性壁面。因此冲击波遇到幕墙的反射压力可按照冲击波的固壁正反射规律进行计算。

5 试验中用到的仪器和设备

检测设备由爆炸装置、幕墙试验箱体、压力传感器, 高速摄像机等组成。

5.1 爆炸装置

爆炸装置包括起爆雷管和TNT炸药, 是特殊的试验材料, 其获取、运输与使用都需要严格的审批程序, 应由有资质的专业人员负责完成爆炸相关的一切工作。

1) 起爆雷管。起爆雷管可采用电子起爆器, 由操作者在安全位置进行起爆。当然, 在确保安全的情况下, 也可以采用其它起爆方式。

2) TNT炸药。一般而言, 炸药包的外形宜为球形, 这样释放出的冲击波的大小和方向为径向均匀。当试样距离爆点距离较远时, 炸药的外形尺寸对试验结果的影响可以忽略。药包的安装位置最好距离地面一定的距离, 以减少冲击波传播时的地面效应。

5.2 幕墙爆炸试验箱体

爆炸冲击波在空气中传播在遇到障碍物时有以下特点: 一空气冲击波可能产生正反射和斜反射, 在反射的同时, 冲击波超压值成倍地增大, 增

大的倍数还与障碍物的声阻抗有关。巨大的超压对障碍物产生巨大的作用力: 二冲击波遇到障碍物在发生反射的同时, 还会绕过障碍物, 继续向前推进, 同时, 可能在障碍物的侧面和背面对障碍物产生一定的超压。

因此, 幕墙爆炸试验箱体应该满足以下要求: 一是由于冲击波作用力巨大, 应采用有效的措施使试验箱体保持固定; 二是幕墙与试验箱体的前一部分是冲击波作用的主要目标, 幕墙应安装牢固。试验箱体的强度和韧性应远大于幕墙试件的强度, 并能有效抵抗住爆炸冲击波的破坏。三是幕墙镶嵌在试验箱体上, 采取有效密封措施, 使幕墙与箱体内部形成一个密闭的空腔, 爆炸冲击波不能进入空腔内, 从而避免幕墙的背面产生冲击波作用力。

5.3 冲击波测试仪器

冲击波测试仪器主要为冲击波压力传感器, 其压力灵敏度、测压范围等参数都应满足试验要求。压力传感器应安装在幕墙试件的中心位置, 用来测量幕墙试样受到的冲击波压力值。由于试验的特殊



性,可选用2个或4个压力传感器,分别安装在试样的中心区域,且对称布置。测量结果取平均值。

5.4 高速摄像仪器

TNT炸药在爆炸初始时,冲击波的“波头”迅速向外扩散,作用在障碍物时,冲击波超压瞬间可能会将试件破坏。在玻璃幕墙的抗爆炸冲击波试验中,玻璃幕墙的破坏过程极快,用肉眼是无法分辨清楚的。因此,当有必要观察幕墙的破坏过程时,可采用高速摄像仪器将整个试验过程进行拍摄记录。

6 试验过程及注意事项

1) 试验应按照下面的步骤进行。

根据设计要求计算得到爆炸需要的各种参数,选取适合的试验场地。

试验场地考察,确定试验箱体、起爆炸药、测量装置及检测人员的位置。

2) 安装试件。

检测人员进行必要的试验前测量工作。

安装传感器、数据线、防护设施、测量仪器、高速摄像设备等。

疏散人员,所有人员撤到警戒线之外。

爆炸工程师根据设计要求安装炸药和雷管。

各仪器设备准备完毕,起爆;警戒解除;检测人员对试验结果进行检查和检测。

7 试验记录及结果评定

在建筑幕墙的抗爆炸冲击波试验中可以采用3种不同的方法,对试验过程进行记录。

1) 采用高速摄像机进行全程摄像。

对幕墙受爆炸冲击波试验时的全过程进行摄像记录,可帮我们再现冲击波在的产生、传播以及遇到幕墙后作用在幕墙上,以及幕墙的变形及破坏过程,这可以帮助设计师分析幕墙设计的薄弱部位。

2) 压力传感器对超压进行记录。

采用安装在试样上和自由场中的冲击波压力传感器,可以对冲击波超压的幅值以及变化情况进行采集.通过信号线传输到远端的计算机采集系统。

通过对采用到的信号的处理,可以精确测量幕墙系统受到的冲击波的各种参数,并且可绘制出超压一时间关系曲线,由此可以准确地计算冲击波的幅值与作用时间和超压的反射脉冲。

3) 采用试验安装箱体里的见证板对试验结果进行记录。

见证板可采用泡沫聚苯乙烯,当幕墙玻璃碎片飞溅到上面时,根据残留在见证板上的碎片,可以说明玻璃碎片的最远飞溅距离及方向,进而可以对幕墙的抗爆炸冲击波的风险进行评价。

随着科学进步与社会发展,建筑幕墙的应用将越来越多地应用到高层建筑中,如果建筑幕墙本身的安全性能尤其是抗爆炸冲击波性能得不到保证.一旦发生爆炸事件,可能造成巨大损失。性能的提高需要检测技术为其验证,检测能力也必将与检测要求同时提高,抗爆炸冲击波性能是继气密、水密和抗风压性能之后提出的又一重要安全性能指标之一。国家建筑工程质量监督检验中心率先在国内开展了建筑幕墙、门窗等产品的抗爆炸;中击波试验,并于2006年9月在北京完成中央电视台新址的玻璃幕墙的抗爆炸冲击波的检测试验,完成了国内幕墙第一爆,这标志着我国建筑幕墙及其检测的技术已经有了新的提高。

