

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2014.03.008

工业雷管抗弯性能试验装置与方法设计^{*}

郑思友 翟廷海 夏 斌

中煤科工集团淮北爆破技术研究院有限公司(安徽淮北,235000)

[摘 要] 为了研究工业雷管的抗弯性能,设计了一种测试工业雷管抗弯性能的试验装置及试验方法,研究了国内部分生产企业的工业雷管的抗弯性能。结果表明:设计的试验装置安全、可靠、操作简单,能够满足工业雷管抗弯性能测试要求;我国工业雷管的抗弯性能整体质量能够满足欧盟有关技术标准和规范的要求,抗弯性能质量达到了国外发达国家同类产品的水平。

[关键词] 爆炸力学;工业雷管;抗弯性能;试验装置;试验方法

[分类号] TQ565;O389

引言

我国是工业雷管生产大国,近几年年产量已达到 20 亿发^[1],生产企业及产品品种与规格均较多^[2-5]。由于目前尚无关于工业雷管管壳方面的质量标准,各生产企业基本上都是自行加工、生产管壳,受采用的原材料、生产工艺技术及管理水平的的影响,导致工业雷管管壳的机械强度各有不同。

目前国内工业雷管常用内部装药主要有以下几种:叠氮化铅(LA)、二硝基重氮酚(DDNP)、斯蒂芬酸铅(LTNR)、苦味酸钾、D·S 共沉淀起爆药、K·D 复盐起爆药、GTG 起爆药、硝酸胥镍(NHN)、四氮烯、二硝基苯并氧化呋咱钾(KDNBF)、太安、黑索今(RDX)等^[6-7],尽管它们都具有各自的优点,获得了工业规模的应用,但还都不同程度存在自身难以克服的缺点,那就是它们一般都对机械刺激具有较高的敏感度,机械作用极易导致其发生意外爆炸事故^[6]。这就导致工业雷管对机械作用具有较高的敏感性,工业雷管的管壳质量一定程度上直接影响着工业雷管的安全生产及使用,管壳强度差,在生产、储存、运输及使用过程中均可造成雷管意外发火、半爆或拒爆^[7]。可见,研究工业雷管的机械敏感度,对于工业雷管从生产到工程应用全过程中的安全生产均具有非常重要的指导作用。

工业雷管抗弯性能是衡量工业雷管受到外界弯曲载荷作用时,抵抗可能发生的损毁和意外爆炸的能力^[8],是表征工业雷管抵抗机械荷载作用敏感程度的重要指标之一,其水平高低不仅是评价工业雷管在生产、运输、贮存和使用过程中的危险性大小的

重要依据,也是确定在雷管的生产、运输、储存及使用过程中采用何种设备、方法、条件以及措施的重要参考。

国外一些发达国家早已将工业雷管的抗弯性能纳入了产品标准,也有相应的标准化试验方法^[8-10]。我国是世界上工业雷管的生产和使用量最大的国家,已有几十年的历史,但到目前为止,我国尚未建立工业雷管抗弯性能标准试验方法,甚至未见到工业雷管抗弯性能的相关研究文献,与国际先进水平的差距较大,这显然不利于行业整体质量水平的提高,也不能满足行业安全生产的需要。因此,开展工业雷管抗弯性能研究,对于进一步提高我国工业雷管的机械强度,减少爆破安全事故有一定的指导意义。

本文主要通过分析研究欧盟的雷管抗弯性能试验方法、技术原理,研究开发工业雷管抗弯性能试验装置,用于工业雷管的抗弯性能测定。

1 试验装置结构设计及工作原理

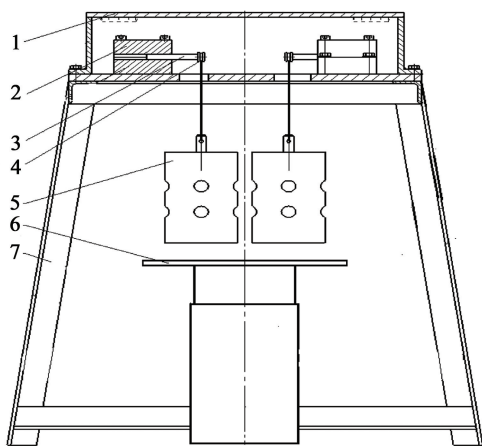
工业雷管抗弯性能试验装置主要用于模拟测定工业雷管在受到外部机械力作用时,雷管是否会出现意外爆炸、断裂、弯折以及功能失效等损坏现象。

本文设计的工业雷管抗弯性能试验装置见图 1。主要由防爆装置、钢块、支架、液压升降台、钢环等组成。

支架为钢结构,防爆箱安装在支架上的工作台上,通过螺栓固定;钢块通过固定孔用螺栓固定安装在支架工作台面上的防爆箱内部,安装的钢块数量可根据定做的支架的大小确定,钢块一侧的台面

* 收稿日期:2014-02-20

作者简介:郑思友(1982~),男,工程师,主要从事民用爆破器材爆炸性能测试、安全防护和工程爆破技术研究。E-mail:waitzh@qq.com



1 - 防爆箱; 2 - 钢块; 3 - 雷管; 4 - 钢环;
5 - 重物; 6 - 液压升降台; 7 - 支架

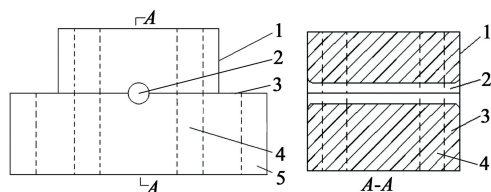
图 1 工业雷管抗弯性能试验装置示意图

Fig. 1 Sketch of the testing system for bending resistance of industrial detonator

上开设有贯通台面的绳索孔,用于穿过连接重物的绳索。本文设计的装置安装了 4 个钢块,可同时测试 4 发雷管试样的抗弯性能。液压升降台对应安装在支架的下面。

1.1 钢块设计

钢块主要用于固定雷管试样,设计的钢块分上下两个部分,上下两部分钢块对应配合形成用于雷管固定和定位的雷管孔,上下两部分通过螺栓固定,目的是能够微调钢块上雷管孔孔径的大小,以便于把雷管试样紧密地固定在钢块上。钢块与工作面之间采用活动结构,也利用螺栓固定,目的是一旦钢块损坏便于更换。根据试验要求,钢块上的雷管孔孔径不超过雷管外径 0.1 mm,孔边缘有半径为 (2 ± 0.1) mm 的倒角,孔长 50 mm。钢块结构示意图如图 2。



1 - 钢块上部分; 2 - 雷管孔;
3 - 钢块下部分; 4, 5 - 螺栓孔

图 2 钢块结构示意图

Fig. 2 Structure sketch of steel blocks

1.2 钢环设计

钢环主要用于对受试雷管施加作用力,钢环为短管状,弹簧钢材质,钢环长度参照欧盟相关试验技术标准设计为 12.0 mm,壁厚为 3.0 mm。根据雷管

抗弯性能试验要求钢环内径不超过雷管外径 0.1 mm。为了满足不同管径雷管试样的试验要求,设计时在钢环壁上沿轴向开设有一条贯通的微调缝,裂缝宽约 2.0 mm,通过在钢环外圆周加装夹具可对钢环内径进行微调。钢环外圆周中部的径向上设有环形的防滑槽,防滑槽半径约 1.0 mm,用于防止悬挂重物的细钢丝绳滑动。钢环剖视图见图 3。

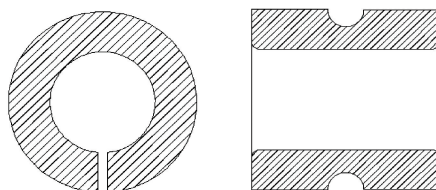


图 3 钢环剖视图

Fig. 3 Profile map of steel rings

试验时,悬挂一定质量重物的细钢丝绳的另一端挂在钢环的防滑槽内,释放重物即可对雷管施加力矩作用。

1.3 液压升降台设计

液压升降台主要是为了支撑重物和释放重物,以对雷管施加作用力。采用的细钢丝绳通过在材料试验机上进行的拉伸试验,300 mm 长细钢丝绳在 600 N 静拉力作用下其变形小于 5 mm。对雷管进行弯折破坏试验,观察到雷管管壳发生断裂时重物最大下降高度约 50 mm 左右。因此,液压台垂直位移不小于 55 mm 即可满足试验要求,但考虑到雷管受力前要保证悬挂重物的钢丝绳处于完全松弛状态,受力后要保证重物完全脱离液压台,本装置设计液压升降台垂直位移为 300 mm。雷管抗弯试验要求对雷管要缓慢施加作用力,为了能够自如控制液压升降台的升降过程,设计中在液压系统回路中加装一个单向节流阀,通过调节节流阀控制回油速率来控制液压缸的回缩速率。经试验验证,加装节流阀后的液压升降台能够任意平稳地控制升降速率,安全可靠,操作方便,满足试验技术要求。

试验时,将雷管一端插入钢块上的雷管孔中,把雷管水平固定在钢块上,雷管另一端套上钢环,钢环通过细钢丝绳与重物(或拉力计)相连,重物放置(或拉力计固定)在液压升降台上,通过控制升降台的升降对雷管施加一个竖直向下的力,使雷管受到力矩作用。通过改变力的大小、受力部位达到综合评估雷管的抗弯性能的目的。该装置工作稳定、操作方便,满足工业雷管抗弯性能测试的技术要求。

2 试验部分

2.1 试验方法及试验条件

参照欧盟相关标准方法及测试条件,分别对工业电雷管、数码电子雷管和导爆管雷管进行抗弯性能试验,施加的作用力为(50±0.1) N。

首先在雷管管体上标记出强度最弱位置(有卡腰雷管为卡腰处),以力矩力臂最大为原则将雷管的根(或头)部插入钢块中,插到预先标记的最弱位置为止;另一端的端部套上连接有重物的钢环,重物静置于液压升降台上,并使悬挂重物的钢丝绳处于完全松弛状态。然后,缓慢降低液压台给雷管施加一个垂直向下的作用力,继续降低液压台,直至重物载荷完全作用在雷管上,保持至少 5s。观察、记录雷管发生发火或管壳发生断裂或弯折等损坏情况。抗弯试验中未发生发火、断裂、弯折等损坏现象的试样,再按产品标准规定进行发火试验以判定受试样品的抗弯性能。

考虑到雷管抗弯过程中发火可能会危及安全使用,断裂、弯折或者是后续发火试验时拒爆等均会导致雷管失效,因此,上述现象应定为 A 类缺陷;而出现管体有折痕等轻微损坏现象而雷管仍能发火的,则定为 B 类缺陷。

试验条件的选择直接影响到试验结果,为了便于与发达国家的产品质量进行直接比较,本项目采用了欧盟相关标准中规定的试验条件,并增加了对雷管进行 100 N 弯矩作用力的试验。

2.2 结果与讨论

试验所用试样均来自国内不同厂家生产的成品 8 号工业雷管,每试样在 50 N 和 100 N 作用力下均

进行两组试验,每组样品数量均为 20 发,若试验结果中发现缺陷(A 或 B 类缺陷),则加试两组试验。试验结果列于表 1 中。

由表 1 试验结果可知,按照欧盟国家相关技术标准和规范规定的在 50N 作用力的作用条件下,所考察的我国 2 种管壳(发蓝壳和覆铜壳),3 类产品(煤矿许用电雷管、导爆管雷管和数码电子雷管)共 13 个工业雷管试样均未出现缺陷,由此说明所考察的国内工业雷管样品的抗弯性能均较好。

作用力增大 1 倍达到 100 N 后,选取的 13 个试样中,管体长度最长的电子雷管和管体长度最长的毫秒导爆管雷管出现了 B 类缺陷。其中,出现缺陷的电子雷管的管体长度达到 84 mm,力矩力臂达到 50 mm,80 发试验样本中仅出现了 2 发 B 类缺陷(力矩矩心处有轻微的压痕,但试样起爆能力正常);出现缺陷的毫秒导爆管雷管管体长达到 80 mm,力臂 42 mm,且有卡腰,80 发样本中出现了 1 发 B 类缺陷(卡腰处有肉眼可观察到的轻微弯曲,但试样起爆正常)。由此可反映出工业雷管受到的力矩作用越大,工业雷管越易损坏;工业雷管的极限抗弯性能与作用力大小和力臂大小有关,力矩的作用力增大或力臂增大均可造成工业雷管损坏。因此,提高工业雷管抗弯性能水平的技术措施除了提高管壳的机械强度外,还可以从降低工业雷管受到的力矩作用方面考虑。例如,在保证雷管装配结构的前提下,尽量缩短雷管管体的长度,从而可有效降低工业雷管可能受到的力矩作用时的力臂长度。

表 1 雷管抗弯性能试验
Tab. 1 Bending resistance test of the detonator

雷管样品	规格型号	管长/mm	力臂/mm	缺陷频数	
				50N	100N
煤矿许用电雷管	发蓝壳,无卡腰	58	25	0/40	0/40
煤矿许用电雷管	发蓝壳,有卡腰	64	26	0/40	0/40
煤矿许用电雷管	覆铜壳,无卡腰	58	25	0/40	0/40
煤矿许用毫秒电雷管	发蓝壳,有卡腰	68	31	0/40	0/40
煤矿许用毫秒电雷管	发蓝壳,有卡腰	68	33	0/40	0/40
煤矿许用毫秒电雷管	覆铜壳,有卡腰	68	31	0/40	0/40
数码电子雷管	发蓝壳,无卡腰	84	50	0/40	2/80(B 类)
数码电子雷管	发蓝壳,无卡腰	80	44	0/40	0/40
毫秒延期导爆管雷管	发蓝壳,有卡腰	78	35	0/40	0/40
毫秒延期导爆管雷管	覆铜壳,有卡腰	80	42	0/40	1/80(B 类)
1/4 秒延期导爆管雷管	覆铜壳,有卡腰	68	30	0/40	0/40
半秒延期导爆管雷管	发蓝壳,有卡腰	70	32	0/40	0/40
秒延期导爆管雷管	发蓝壳,有卡腰	72	33	0/40	0/40

试验结果表明,所考察的工业雷管样品的抗弯性能较好,能够满足欧盟有关技术标准和规范的要求,基本上可达到国外发达国家同类产品水平。

3 结论

1)所设计的工业雷管抗弯性能试验装置结构合理、操作方便,满足欧盟相关技术标准和规范规定的试验技术条件。

2)建立的工业雷管抗弯性能试验方法与欧盟标准基本一致,抗弯性能检测能够满足欧盟有关技术标准和规范的要求。

3)我国工业雷管样品的抗弯性能较好,基本上可达到国外发达国家同类产品水平。

4)工业雷管受到的力矩作用越大,工业雷管越易损坏。因此,可以通过减少工业雷管管体长度的方法提高工业雷管的抗弯性能水平。

参 考 文 献

- [1] 王艳平,甘为军. 2012 年民爆行业经济运行分析及对策研究[J]. 煤矿爆破,2013(2):1-4.
Wang Yanping, Gan Weijun. The countermeasure research and analysis of the civil explosive industry economy running in 2012[J]. Coal Mine Blasting, 2013(2):1-4.
- [2] 汪旭光,沈立晋. 工业雷管技术的现状和发展[J]. 工程爆破,2003,9(3):52-57.
Wang Xuguang, Shen Lijin. The state-of-the-arts of industrial detonators[J]. Engineering Blasting, 2003, 9(3):52-57.
- [3] 张成君,张新河. XF-II 型雷管自动装填生产线介绍[J]. 爆破器材,2010,39(4):22-24.
Zhang Chengjun, Zhang Xinhe. Introduction about filling automatically production line of XF-II detonator[J]. Explosive Materials, 2010, 39(4):22-24.
- [4] 张念念,郑志琴,杨阳. 数码电子雷管及其起爆系统的安全性能分析[J]. 河南科学,2012,30(12):1765-

1768.

Zhang Niannian, Zheng Zhiqin, Yang Yang. The statety properties of digital electronic detonator and the detonating system[J]. He'nan Science, 2012, 30(12):1765-1768.

- [5] 吴新霞,赵根,王文辉,等. 数码雷管起爆系统及雷管性能测试[J]. 爆破,2006,9(3):93-96.
Wu Xinxia, Zhao Gen, Wang Wenhui, et al. Digital detonators performance test and energy control system[J]. Blasting, 2006, 9(3):93-96.
- [6] 张同来,武碧栋,杨利,等. 含能配合物研究新进展[J]. 含能材料,2013,21(2):137-151.
Zhang Tonglai, Wu Bidong, Yang Li, et al. Recent research progresses in energetic coordination compounds[J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2013, 21(2):137-151.
- [7] 耿梅葵,史怀莲. 某电雷管半爆原因分析[J]. 火工品,2012(6):25-29.
Geng Meikui, Shi Huailian. Analysis on half explosion of some electric detonator[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2012(6):25-29.
- [8] European Committee for Standardization. EN13763-1~27 Explosives for civil uses-detonators and relays[S]. Rue de stassart,368-1050 Brussels.
- [9] 韩尧,汪蓓,宫广东,等. 欧盟工业雷管标准与我国标准对比初探[J]. 爆破器材,2011,40(2):31-35.
Han Yao, Wang Bei, Gong Guangdong, et al. Elementarily comparison of EN standards and domestic standards about industry detonator[J]. Explosive Materials, 2011, 40(2):31-35.
- [10] 赵杰. 工业电雷管国家标准与瑞典及日本标准比较[J]. 爆破器材,2011,40(3):26-30.
Zhao Jie. Comparison on standards of China, Sweden and Japan for industrial electric detonator[J]. Explosive Materials, 2011, 40(3):26-30.

Testing System and Method Design of the Bending Resistance of Industrial Detonator

ZHENG Siyou, ZHAI Tinghai, XIA Bin

Huaibei Blasting Technology Research Institute Co., Ltd., China Coal Technology Engineering Group
(Anhui Huaibei, 235000)

[ABSTRACT] Testing system and method were designed to study the bending resistance of industrial detonators. The bending resistance of some industrial detonators made in china was tested by the system. The results show that the test device is safe, reliable, and easy to operate, which can meet the testing requirements of bending resistance of industrial detonators. The bending resistance of domestic industrial detonators could meet the relevant standards of EU, and the quality reached the level of similar products in developed countries.

[KEY WORDS] explosion mechanics; industrial detonator; bending resistance; testing system; testing method