

# The Research and Application of the Auto-Filling Production Line of CF-1 Base Detonators

Tailin Chen, Yuxing Liu, Chunhua Wang, Kai Wang, Xuejun Tao

Hunan Changfuzhonghe Sci & Tech Co., Ltd., Changsha Hunan  
Email: [chen.tailin@163.com](mailto:chen.tailin@163.com)

Received: Aug. 14<sup>th</sup>, 2015; accepted: Aug. 28<sup>th</sup>, 2015; published: Aug. 31<sup>st</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper introduces the process design, the development of the key equipment, the design and main characteristics of electric control system of the auto-filling production line of CF-1 base detonators. The results of pre-production proved that this production line is a continuous production line with a production capacity of 12 million rounds per shift and has the functions of man-machine isolation, auto-filling drug, automatic online testing, automatically removing the waste, automatic security alarm, automatic security interlock, and being reliable to prevent explosion transmission. The properties of the productions are all up to the standards GB8031-2005 "Industrial Electric Detonators".

## Keywords

Detonator Filling, Man-Machine Isolation, Auto-Filling Drug, Online Testing, Automatic Removing, Security Interlock

---

## CF-1型基础雷管自动装填生产线的研究

陈太林, 刘宇星, 王春华, 王 凯, 陶学军

湖南长斧众和科技有限公司, 湖南 长沙  
Email: [chen.tailin@163.com](mailto:chen.tailin@163.com)

收稿日期：2015年8月14日；录用日期：2015年8月28日；发布日期：2015年8月31日

## 摘要

文章介绍了CF-1型基础雷管自动装填生产线的工艺方案设计、关键设备研制、电器控制系统设计及主要特点。通过试生产证明：该自动装填生产线具有人机隔离、自动添加药、自动在线检测、自动剔除废品、自动安全报警、自动安全连锁、可靠防止传爆的连续化生产功能，生产线班产达12万发。经产品抽检，所测项目符合GB8031-2005《工业电雷管》的规定要求。

## 关键词

雷管装填，人机隔离，自动添加药，在线检测，自动剔除，安全连锁

## 1. 引言

二十世纪末，我国大部分民爆生产企业的雷管装填仍处于手工或半自动化生产水平，生产过程中存在着粉尘严重、产品质量不稳定、劳动密集、自动化程度低、劳动强度大、安全稳定差等缺陷。为了提升工业雷管生产的安全技术水平、减轻企业的安全生产压力、降低安全事故风险，湖南长斧众和科技有限公司科研团队于二十一世纪初着手雷管自动装填技术研究。2008年，CF-1型基础雷管自动装填生产线研究项目正式立项，2011年2月22日通过了由工业和信息化部组织的科技成果鉴定(鉴字[2011]第06003号)。CF-1型基础雷管自动装填生产线具备人机隔离、自动添加药、自动在线检测、自动剔除废品、自动安全报警、自动安全连锁、可靠防止传爆的连续化生产功能，符合原国防科工委《关于印发起爆药、工业雷管半成品生产安全技术与生产线建设的指导意见的通知》(委爆字[2007]123号文)和工信部《关于民用爆炸物品行业技术进步的指导意见》(工信部安[2010]227号)的要求。另外，CF-1型基础雷管自动装填生产线还具有生产瞬发系列和延期系列雷管的功能，能兼容铝延期系列及铅延期系列两种类别结构雷管的装填作业。由于CF-1型基础雷管自动装填生产线自动化水平高，具备本质安全性、通用性、实用性，充分得到市场认可，2015年6月止，已向市场推广二十二条。

## 2. 研究内容

### 2.1. 工艺方案设计

#### 2.1.1. 工艺流程设计

目前，国内基础雷管按结构分类，大致分为瞬发系列和延期系列两类。根据用户要求，我们设计的装填线应具有生产瞬发系列和延期系列雷管的功能，并且能兼容铝延期系列及铅延期系列两种类别结构雷管的装填作业。本文以最复杂的铝延期体基础雷管为例，设计的工艺流程如图1，其中内管的装、压药次数根据装填雷管的段别确定。

#### 2.1.2. 工艺平面布置图

在同一条生产线上要实现瞬发系列基础雷管、铅延期体基础雷管及铝延期体基础雷管等不同型号雷管装填，我们设计时，将基础雷管自动装填生产线工房规划为铝延期体装填、大管装填、激光编码及辅助设置四大部分组成；针对新建工房总长度不得起过100m的实际情况，将装、压延期药设备合二为一，布置在一个抗爆间内。具体布置如图2。

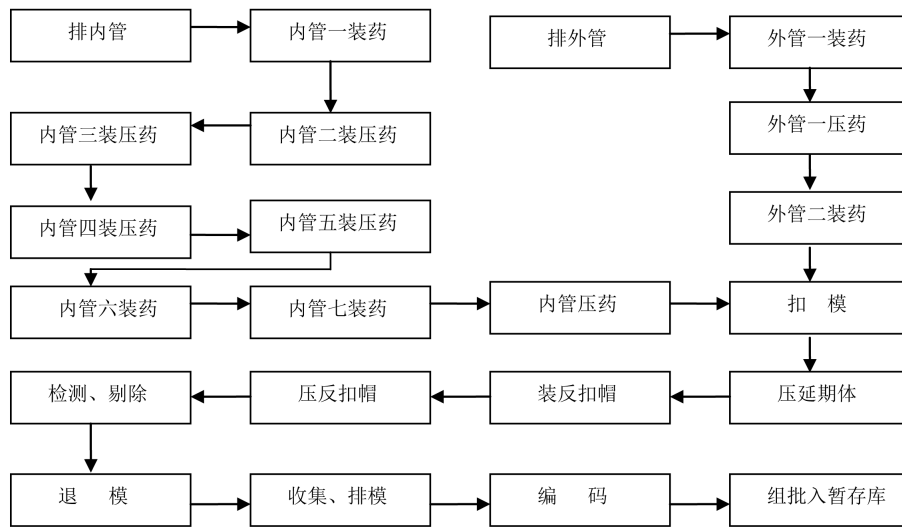
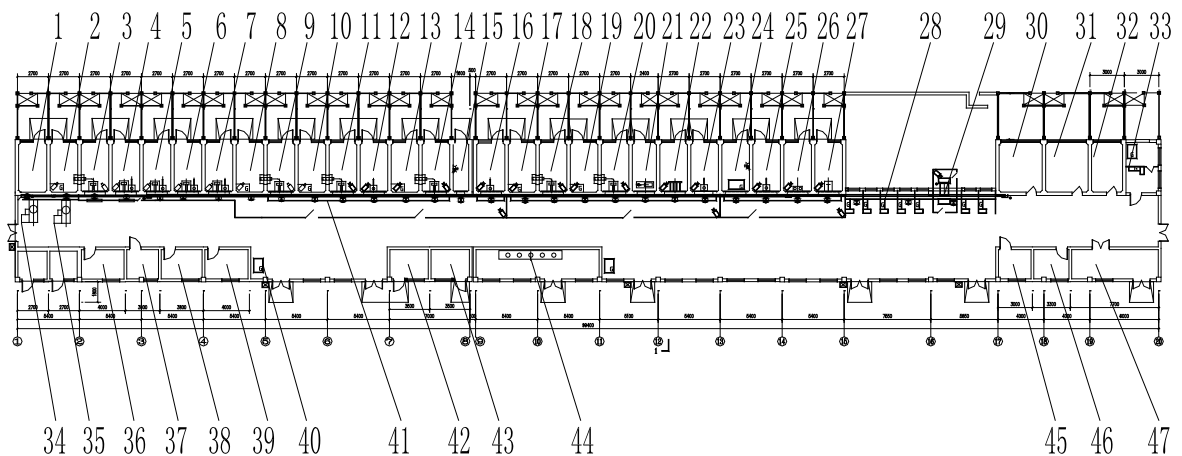


Figure 1. The based detonator process flow diagram of filling automatically with aluminum delay component

图 1. 铝延期体基础雷管自动装填工艺流程图



1-药剂暂存库；2-药剂暂存间；3-内管一装药；4-内管二装药；5-内管三装药；6-内管四装药；7-内管五装药；8-药剂暂存间；9-内管六装药；10-药剂暂存间；11-内管七装药；12-内管压药；13-药剂暂存间；14-外管一装药；15-添药停留间；16-外管一压药；17-药剂暂存间；18-外管二装药；19-药剂暂存间；20-外管三装药；21-倒废药间；22-延期体翻模间；23-压延期体间；24-装反扣帽间；25-压反扣帽间；26-自动检测与废品剔除间；27-退模间；28-排模间；29-编码间；30-组批间；31-合格品暂存间；32-不合格品暂存间；33-测试间；34-排内管间；35-排外管间；36-铝延期管壳暂存间；37-铝延期体暂存间；38-工具间；39-雷管壳暂存间；40-称量间；41-钢防护间；42-配电间；43-换热间；44-自控室；45-清洗剂间；46-工具间；47-工装、模具间。

Figure 2. The workshop's plane layout that based detonator automatic filling line named CF-1

图 2. CF-1 型基础雷管自动装填工房平面布置图

## 2.2. 关键设备研制

### 2.2.1. 自动添药机

自动添药机由药盒传送机构、取药机械手、添药机械手和控制系统三部分组成。药盒传送机构由分度盘将药盒等分送至取药机械手的抓取位置；取药机械手由机械手臂的伸缩、手指夹紧、手臂升降及手臂的水平旋转等部分组成；添药机械手由手指夹紧、手臂升降、手臂伸缩及手臂旋转等部分组成。各动作顺序和关联互锁由 PLC 控制并配以视频监视系统，实现了自动添药要求。每次可放置六盒药，添药量：200 g~1000 g/盒。

### 2.2.2. 自动检测剔除机

自动检测剔除机由自动检测和废品自动剔除两部分组成。自动检测部分设计了专门的空位尺寸探测装置,探测装置由 50 个光栅传感器组成[1],传感器根据回光的强弱来探测管壳内药面的高低,检测传回的数据与设定数据比较后,上下限超差即输出废品信号,数据传回 PLC 并记忆废品存在位置,废品检测精度 $\pm 0.5$  mm;废品自动剔除部分装有磁铁或夹爪的 50 个小气缸,当在线检测到雷管超差信号时,PLC 记忆废品雷管在组合模的位置,向剔除机构的对应小气缸发出指令,气缸下降吸起或夹住不合格产品,剔除机构回位,小气缸复位后磁性消失或松开夹爪,不合格产品落入废品收集盒内,完成废品自动剔除[2],废品剔除率 100%。

### 2.2.3. 自动装药机

自动装药机由装药器、余药回收装置、药位探测器等部件组成。装药器上设有定量板和引药板,定量板以体积计量方式控制装药药量,引药板可引导药剂集中流入雷管管壳,并降低浮药的产生,避免药剂散落至管壳外;倒余药装置可通过翻转气缸自动将药斗内剩余的药倒入收集盒中;药斗上安装的红外传感器探测装药器中药量高度,探测信息传入 PLC 并向自动添药机发出信号,实现定期添装药。单机生产能力: $>3$  万发/小时。

### 2.2.4. 自动压药机

自动压药机主要由气液增力缸和压力补偿器组成[3] [4]。气液增力缸提供压药动力,从上而下带动压合台板工作,压力补偿器采用液压油作传递介质,当压合冲子接触到药面时压力补偿器开始工作,当工作压力达到设定压力时,安装在压力补偿器中的压力传感器发出指令,气液增压缸回位,完成压合工作。单机生产能力: $>2$  万发/小时。

## 2.3. 电器控制系统的设计

电器控制系统包括自动控系统、视频监控系统、语音通话系统。

自动控制系统主要由工业控制计算机、数据采集模块、各工序位 PLC、不间断应急电源的 UPS、工业液晶显示器、各种信号采集传感器或控制器、串行通讯模块及电磁换向阀等各种终端电器组成。采用 PLC 分布式控制[5],对添药、装药、压药、抖浮药、检测、剔除、退模等工序的所有动作自动控制,并且承接前一工序位和后一工序位的传递。以 PLC 为核心,控制各个子系统,进行参数监控、调节、超限报警、故障停机及自诊断等工作。

视频监控系统主要由硬盘录像机、彩色摄像机、视频分配器、画面分割器、液晶显示器和监视器电子墙组成。其能对各工序进行全方位无死角监视,使中央控制室的操作员对工房的情况一目了然。采用大容量硬盘录像机,实时数据能保存一年以上。

另外,生产线配置了语音通话系统。语音通话系统主要由系统主机、防爆接线箱、防爆电话机、防爆扬声器、无主机室内对讲电话机及室内音箱组成,以方便现场人员与中央控制室操作员及时取得联系。

## 3. 产品性能测试

2010 年 12 月 15 日,全国民用爆破器材产品长沙质量监督检测站在生产现场成品库中随机抽取 CF-1 型基础雷管自动装填线生产的半秒延期电雷管 2 段、3 段、4 段各 100 发(抽样基数 50,000 发),做性能检测。检测依据 GB8031-2005《工业电雷管》; Q/SFXH001-2010《工业电雷管用半秒、秒延期雷管》,检测方法 GB8031-2005《工业电雷管》; GB/T13226-91《工业电雷管铅板试验方法》; GB/T13225-91《工业电雷管延期时间测定方法》。检测结果如表 1、表 2。

**Table 1.** The appearance performance's detecting result of electric detonator with half second delay component  
**表 1.** 半秒延期电雷管外观性能检测结果

序号	检测项目	标准要求	抽样方案	检测结果	结论
1	外观	不应有浮药、锈蚀、砂眼、开裂、残缺	200, 200/1, 3; 2, 3 200, 200/3, 7; 6, 7	不合格数为 0	合格
2	尺寸	全长: (61.0 ± 0.5) mm 外径: $\varnothing$ 6.9 mm~ $\varnothing$ 7.1 mm 空位: 26.0 mm~29.0 mm	25, 25/0, 2; 1, 2	全长: 60.5 mm~61.0 mm 外径: $\varnothing$ 6.9 mm 空位: 28.1 mm~28.9 mm	合格
3	抗震性能	不许爆炸; 不应有结构损坏、反扣帽移动	20/0, 1 20, 20/0, 2; 1, 2	不合格数为 0	合格
4	起爆能力	穿孔直径不小于雷管外径	50, 50/0, 2; 1, 2	平均: 6.90 mm 最大: 11.78 mm 最小: 10.90 mm	合格
5	延期时间	应符合 GB8031 5.4.13 要求	各段 20 发	各段检测结果见表 2	合格

**Table 2.** The delay time's detecting result of electric detonator with half second delay component  
**表 2.** 半秒延期电雷管延期时间检测结果

段别	名义时间 T (s)	上规格限 U (s)	下规格限 L (s)	最大值 Max (s)	最小值 Min (s)	平均值 $\bar{x}$ (s)	标准差 S (s)	横坐标 X (s)	纵坐标 Y (s)
2	0.50	0.75	0.26	0.56	0.48	0.52	0.03	0.051	0.531
3	1.00	1.25	0.76	1.09	0.88	1.00	0.06	0.120	0.490
4	1.50	1.75	1.26	1.72	1.45	1.59	0.09	0.177	0.670

从上表 1、表 2 结果看出, 所测项目符合国家标准 GB8031-2005《工业电雷管》和企业标准 Q/SFXH001-2010《工业电雷管用半秒、秒延期雷管》的规定要求。

#### 4. CF-1 型基础雷管自动装填线的主要特点

- 1) 该装填线生产具有视频监控、人机隔离、在线编码、自动添加药、自动在线检测、自动剔除废品、自动安全报警、自动安全连锁、可靠防止传爆等连续化生产功能;
- 2) 该自动装填线具备通用性、实用性, 既能满足铅延期系列雷管的装填, 又能满足铝延期系列雷管的装填, 可生产毫秒、半秒、秒延期雷管;
- 3) 铝延期体装填作业与大管装填设置在同一工房内完成, 在铝延期体装填装置中设计了铝延期体组合模具, 生过程产中铝延期体无需更换模具, 取消了铝延期体成品的二次排模, 实现了两种装填方式有机对接;
- 4) 取药、添药等工序由机械手自动完成, 克服了步进电机、轨道式传送等方式产生的摩擦、震动等不安全因素, 提高了安全保证;
- 5) 操作工由每次放置一盒药提升为每次可放置六盒药, 不仅减少了操作工在炸药暂存间的停驻次数和时间, 而且极大的降低了工人的劳动强度, 从而有效的保障了操作工的安全、提高了生产效率;
- 6) 压力机全部采用气液增压缸, 其优点有: 压力大, 各阶段工作行程的速度及增力大小在规定范围内可无级调节并实现 PLC 控制; 采用压缩空气驱动, 动力源容易解决; 工作过程中压合冲子接触工作后, 自动启动行程, 保证了无冲击、无噪音, 有效地提高了机器及模具寿命;
- 7) 设置了带中挡模机构的隔离模具, 通过 PLC 控制实现了前工位和其前后工位相互连锁, 从而保证

了两工位间传送带上模具不超过两模，有效防止了产品殉爆；设置的自动真空吸浮药装置和皮带在线清理装置，能有效清除输送带和多工位浮药；

8) 生产线建筑构造为钢筋混凝土加钢板焊接结构，产品主体传送方式为皮带输送的结构设计具有抗爆等级高、维修方便及转产易的优点，适用新线建设和对旧雷管装填线的改造。

## 5. 结论

1) 实践证明：该装填线符合《关于印发(起爆药、工业雷管半成品生产安全技术与生产线建设的指导意见)的通知》(委爆字[2007] 123)和《民用爆炸物品行业技术进步指导意见》(工信部安[2010] 227 号)的要求，具有人机隔离、自动添加药、自动在线检测、自动剔除废品、自动安全报警、自动安全连锁，可靠防止传爆的连续化生产功能；

2) 该装填线的投入使用，减轻了劳动强度、提高了生产效率。在自动线上进行雷管装填，组合模的运行都在防爆间内有节奏的自动进行，不用人工搬运模具，大大减轻了劳动强度，操作工(含延期体装填、大管装填、打码)由原来的 58 人减少为 14 人，极大的降低了人工成本，提高了生产效率；

3) 该装填线的投入使用，改善了作业环境，保证了安全生产。自动线各工序在防爆间内，工人与药粉的接触减少了，保护了工人的身体健康，另外由于自动线可以均衡、平稳的在各个防爆房间内完成工序的装填动作，为安全生产创造了良好的条件；

4) 该装填线的投入使用，提高了产品质量。由于采用自动装填，避免了各种人为因素的影响，从而提高了产品质量。

## 参考文献 (References)

- [1] 张维梁 (2009) 以光纤位移传感器实现的多通道雷管填药量在线监测系统. 硕士论文, 北京交通大学, 北京.
- [2] 付春, 杨民刚, 闫泉刚 (2004) 气压传动在雷管装配生产线中的应用. *煤矿爆破*, **1**, 21-23.
- [3] 谭宏 (2004) 雷管自动压药(上补偿)技术研究. 硕士论文, 沈阳工业学院, 沈阳.
- [4] 刘希敏 (2004) 雷管自动压药(下补偿)技术的研究. 硕士论文, 沈阳工业学院, 沈阳.
- [5] 陈朝春, 吴为民 (2008) 工业雷管自动装填线分布式控制系统. *爆破器材*, **4**, 18-20.