

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2015.06.008

乳化炸药 HP 型灌装机与 RC-12 型装药机 配套使用可行性研究*

岳纪炜^① 乔枫革^① 黄河新^② 向 梅^①^①中国兵器工业规划研究院(北京,100053)^②浙江永联民爆器材有限公司永进分公司(浙江兰溪,321100)

[摘 要] 德国威马格(Vemag)机械设备有限公司生产的 HP 型灌装机与深圳市金奥博科技有限公司提供的德国迪博泰(TipperTie)公司生产的 RC-12 型装药机(热合打卡机)配套使用,作为装药设备尚未有在乳化炸药生产技术上的应用实例。通过理论分析和试验检测等手段,对该套组合装药设备在中低温乳化炸药生产线上使用的可行性进行研究。结论为 HP 型灌装机和 RC-12 型装药机连用,在中低温乳化炸药生产线上使用是安全的、匹配的 and 可靠的,技术方案是可行的。

[关键词] HP 型灌装机;RC-12 型装药机;中低温乳化炸药生产线;安全性;可靠性;匹配性

[分类号] TQ560.5

引言

目前国内一些乳化炸药生产线装药系统采用深圳市金奥博科技有限公司(简称“深圳金奥博”)提供的 RC-12 型装药机与螺杆泵配套使用^[1],也有采用德国威马格机械设备有限公司(简称“德国威马格”)HP 型灌装机与德国保利卡 TSCA 型热合打卡机的组合装药机,另外还有大量叶片泵作为灌装机的装药系统在乳化炸药生产线上应用。鉴于螺杆泵输送乳化炸药已发生过多次爆炸事故^[2-5],人们对叶片泵作为灌装机安全性也存在异议,选用 HP 型灌装机输送乳化炸药半成品,在一定程度上规避了普通螺杆泵和叶片泵输送乳胶基质或半成品炸药存在的风险。但由于单台 HP 型灌装机与 TSCA 型热合打卡机组合的小直径装药机受 TSCA 型热合打卡机生产能力限制,整套设备装药效率较低,单台设备产能不满足乳化炸药生产线产能大于 3.5 t/h 的民爆行业技术进步要求,因此,拟采用德国威马格 HP 型灌装机与深圳金奥博 RC-12 型装药机(热合打卡机)组合成的装药设备。

该类设备组合在乳化炸药生产技术上尚未试用,因此,有必要对 HP 型灌装机与 RC-12 型装药机组合成的装药设备技术方案可行性进行研究,以实现其在乳化炸药生产线上使用的安全性、匹配性和可靠性要求^[6-9]。

1 技术方案

以中低温乳化炸药生产技术为基础,工艺流程包括水油相制备、乳化、冷却、敏化、装药、包装工序等。乳胶基质经钢带冷却器冷却、敞开式敏化器进行化学敏化,半成品散料由皮带输送至装药工序。装药工序采用 HP 型灌装机和 RC-12 型装药机,HP 型灌装机作为装药机的动力灌装部分,与 RC-12 型装药机连用。

催化剂和发泡剂均在钢带冷却器后的敏化器中与乳胶基质混拌,敏化后的半成品由皮带送至装药间,下料至 HP 型灌装机料斗,然后进入 RC-12 型装药机进行装药。其中乳化、冷却、敏化工序布置在一个工作间内,HP 型灌装机与 RC-12 型装药机布置在装药间,且与制药工序之间设置 370 mm 隔墙。

2 主要工艺设备介绍

2.1 HP 型灌装机

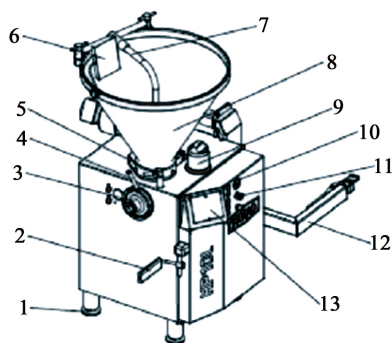
HP 型灌装机机体采用不锈钢,双电机设计,分别驱动双螺杆送料系统和螺旋下料系统。配置 48/24-367 型乳化炸药用不锈钢双螺杆一套,实现准确定量。内置真空泵,可设计保证灌装过程中不产生气泡,并通过真空吸附功能使料斗中的物料通畅进入双螺杆送料区。驱动双螺杆的伺服电机配置高灵敏的自动保护装置,如物料中混杂有异物而导致驱动负载增大,电机会自动停机并报警,避免出现异常

* 收稿日期:2015-01-20

作者简介:岳纪炜(1981~),女,硕士,高级工程师,主要从事民爆工程设计。E-mail:yjw2009@163.com

通信作者:乔枫革(1958~),男,硕士,研究员级高工,主要从事民爆工程设计。E-mail:fg_qiao@aliyun.com

摩擦导致过热升温的情况。配置温度和压力传感器,通过设定安全标准要求的最高温度值和压力值,精准实现在超出标准设定值时自动停机,避免隐患的出现。HP 型灌装机组成见图 1,主要性能参数见表 1。



1 - 可调支脚;2 - 曲杆;3 - 灌肠套管座;4 - 锁紧螺母;
5 - 进料斗脱扣机构;6 - 反光镜;7 - 螺旋制动器;8 - 进
料料斗;9 - 真空泵;10 - 真空显示器;11 - 真空控制阀;
12 - 升降/倾翻装置;13 - 控制面板

图 1 HP 型灌装机组件示意图

Fig. 1 Schematic diagram of HP filling machine

表 1 HP 型灌装机主要性能参数

Tab. 1 The main performance parameters
of HP filling machine

项 目	指 标
宽度/mm	2 378 ~ 2 554
长度/mm	1 386
高度/mm	2 998 ~ 3 096
耗电量/(kW · h ⁻¹)	22
料斗容积/L	350
电机转速/(r · min ⁻¹)	0 ~ 400, 可调
灌装温度/℃	80(最高值)

2.2 RC-12 型旋转卡式装药机

RC-12 型装药机主要包括旋转工作台、胶封机、自动上模机 3 部分,其中旋转工作台由旋转工作台发动机、桌式平台执行器、打卡机等组成,胶封机由挤胶机、真空膜带驱动组件、成型组件等组成。

RC-12 型旋转卡式装药机采用热熔胶封口的方式对乳化炸药进行成型封口管状塑膜包装(如药卷)。乳化炸药经双螺杆送料系统输送到在线成型的包装筒膜内,与此同时打卡机将环绕一周充满的筒状包装产品剪断分离。RC-12 型旋转卡式装药机有 12 组卡盘,可用于直径 19 ~ 90 mm、长 160 ~ 486 mm 的薄膜的包装,速度最大可达 343 根/分钟。RC-12 型装药机主要性能参数见表 2。

表 2 RC-12 型装药机主要性能参数

Tab. 2 The main performance parameters
of RC-12 charging machine

项 目	指 标
机座尺寸/mm	4 684 × 2 794
高度/mm	2 133
圆盘直径/mm	2 794
功率/kW	7.5
压缩空气要求	0.55 MPa, 3 m ³ /min

3 组合装药设备的安全性

3.1 HP 型灌装机安全控制措施

双螺杆在工作时,其每一个螺距的空间是恒定的,不会给予额外的压力。在双螺杆的系统中,螺杆套的材质为铸钢或耐磨工程塑料,材质较软,即使有金属异物进入也不会造成火花,更不会发生断裂。其配套的 LTI 高性能电机和艾默生伺服驱动器能非常灵敏地感觉到异物的进入,适时地停止机器。在 HP 的双螺杆系统的尾部配有真空管道,为保证物料的回流,其尾部被设计成不同的螺距。在管道上更是额外装备了单向阀、过滤器等,防止物料被反抽入真空泵内,造成安全隐患。其在机器上部的透明真空罩更能让操作工随时了解真空管道内清洁程度。

HP 型灌装机还设置了以下安全控制措施:

- 1) 燃烧爆炸控制:电气系统达到 IP54 防护等级要求,并具有电机过载停机保护措施;
- 2) 机械伤害控制:采用隔离保护,设置安全开关和急停开关;
- 3) 触电控制:电气设备接地,外壳接地保护;
- 4) 灌装压力控制:出料口设有压力传感器,当压力超过设定值可报警及自动停机;
- 5) 灌装温度控制:出料口设有温度传感器,当温度超过设定值可报警及自动停机;
- 6) 料位控制:料斗上方可安置料位感应器,当料斗内料位低于设定值时可报警及自动停机;
- 7) 故障检测显示:如设备出现故障,电脑显示屏会出现故障信息显示或故障代码显示,便于维修人员及时发现及解决问题。

3.2 全线安全联锁

生产线采用工业以太网、PROFIBUS-DP 总线等方式采集实时现场数据和各工序反馈信号,经过 PLC 的集中处理,将水油相配料、制药、HP 型灌装机、RC-12 型旋转卡式装药机、包装线的控制系统整合在一起,实现产能与水油相流量自动设定、油相流量按照工艺配方自动与水相流量匹配、水油相流量

的闭环控制、RC-12 型装药机装药速度与 HP 灌装机输送速度自动匹配、乳化-灌装-热合打卡-包装全线产能智能匹配。生产环节中的任何工序出现故障,与之对应的上级工序和下级工序都将自动实现能力匹配,智能调节保护。

RC-12 型旋转卡式装药机启动后,装药速度自动换成 HP 灌装机输送转速的设定值,控制系统能确保 HP 型灌装机的输入量自动跟踪 RC-12 型旋转卡式装药机的速度,无需人为干预。HP 型灌装机出料口设有压力传感器,当压力超过设定值可报警及自动停机,RC-12 装药机随后延迟停机;出料口设有温度传感器,当温度超过设定值可报警及自动停机,RC-12 装药机随后延迟停机;灌装机料斗上方可安置料位感应器,当料斗内料位低于设定值时可报警及自动停机,RC-12 装药机随后延迟停机。当 RC-12 装药机出现故障停机时,HP 型灌装机立即停机。

4 组合装药设备的可靠性

4.1 设备选用的可靠性

4.1.1 HP 型灌装机

HP 型灌装机的设备排出量 5 ~ 15 t/h,电机总功率在 12 ~ 22 kW 范围内选配,转速 0 ~ 400 r/min。该灌装机与 TSCA120 型、TSCA160 型装药机、TSA + ICA8700 型热合打卡机组成的乳化炸药自动装药系统已在多家民爆企业投入使用,主要用于化学敏化类乳化炸药的自动装药。该灌装机灌装时会对敏化后乳化炸药中的气泡造成一定的破坏,导致炸药密度变大,但通过在敏化过程中加入促进剂,延缓发泡过程,可解决此问题。该设备自 1997 年国内首次使用以来,已有超过 20 家民爆企业,近 50 台(套)HP 系列灌装机在低温乳化炸药生产线上安全运行。

4.1.2 RC-12 型装药机

RC-12 型装药机 2009 年在国内开始使用,经过国内转让已投产的 50 余条生产线、历经 6 年的使用情况分析,该部分未出现因设备故障而严重影响生产的现象。

4.2 设备联用可靠性

RC-12 型装药机产能由 HP 型灌装机送料能力和自身的打卡包装速率决定,在保证灌装送料充足、稳定时,装药机速度最大可达 343 根/分钟。经技术方在生产企业低温生产线上试用,该套组合设备运行状态良好,初步检测结果见表 3。

实测数据表明,HP 型灌装机和 RC-12 型装药机配套使用在装药压力控制在 0.8 ~ 1.0 MPa,装药温度控制在 50 ~ 55 ℃ 左右,装填 $\varnothing 32$ mm \times 200 g 药卷效率可达 3.6 t/h 以上。

表 3 装药检测数据

Tab. 3 Data of charging test

装药温度/ ℃	压力/ MPa	产能/ (t · h ⁻¹)	装填效率/ (支 · 分钟 ⁻¹)
41	1.13 ~ 1.15	1.85	154
42 ~ 45	1.15 ~ 1.20	1.82	152
46 ~ 47	1.28 ~ 1.31	3.00	250
47	0.89 ~ 0.92	1.82	152
47.5	1.10 ~ 1.13	3.10	260
49.3	0.81	1.87	156
50.6	0.80 ~ 0.90	3.60	300
50.6	0.90 ~ 1.00	4.00	333

5 组合装药设备的匹配性

5.1 生产工艺技术匹配性

HP 型灌装机灌装温度为最高 80 ℃,RC-12 型装药机适用温度为 20 ~ 90 ℃^[1],中低温乳化炸药生产线半成品炸药装药温度一般为 50 ~ 60 ℃,HP 型灌装机和 RC-12 型装药机适用于中低温乳化炸药生产线生产工艺条件。

HP 型灌装机在与 RC-12 型装药机联动生产的工作原理与和 TSCA 型热合打卡机联动有着很大区别。与 TSCA 型热合打卡机联动生产时,由于 TSCA 在每一个药卷灌装完毕都需要停顿以完成打卡工序,导致 HP 型灌装机也同样必须遵循“起-停-起-停”的工作原理,该原理导致在“停-起”的瞬间灌装压力会骤然增大。与 RC-12 型装药机联动时采取的是连续灌装的原理,RC-12 无需停顿打卡,该组合没有“起-停-起-停”的过程,HP 型始终是保持恒定压力连续灌装。避免了不断出现的瞬间压力增大的现象和对产品质量的影响,同时由于无打卡停顿而提高了该设备组合的生产功效。

5.2 设备产能的匹配性

HP 型灌装机的实际产能计算是通过调整双螺杆转速而实现不同的灌装量。灌装乳化炸药时,HP 型灌装机完全可以达到 5 t/h 以上的直灌产能。

在与 RC-12 型装药机联动生产时,该组合的实际灌装产能主要由 RC-12 型装药机速度来主导。通过在线的控制系统,在设定好 RC-12 型装药机的打卡速度后,自动调节 HP 型灌装机的双螺杆转速以完成准确的、相匹配的对应直灌量。以生产 $\varnothing 32$ mm \times 200 g 产品为例,当 RC-12 型装药机设定打卡速度为 300 根/分钟时,在线控制系统就会要求 HP 型装药机提供 $300 \times 200 \times 60 = 3.6$ (t/h) 的直灌量,而 HP 型装药机会相应确定双螺杆转速以准确提供该数量的物料至 RC-12 型装药机工位。

通过对试验数据分析,HP 型灌装机与 RC-12 型装药机在装药工序组合使用,装药效率与装药温度关联度较大,与装药压力关联度次之。装药压力控制在 0.8 ~ 1.0 MPa,装药温度控制在 50 ~ 55 ℃ 左右,单台组合装药机装填 $\varnothing 32 \text{ mm} \times 200 \text{ g}$ 药卷效率达 3.6 t/h 以上,生产大直径药卷时效率更高。

5.3 定员与定量

RC-12 型装药机单独作为装药设备时定员 1 人,HP 型灌装机与 RC-12 型装药机联用后,装药工序定员仍为 1 人,可有效控制整条线人员编制,该套装药设备定员能够满足民爆行业相关要求。

正常生产时,RC-12 型装药机在线药量为 3 kg,HP 型灌装机在线药量最大可控制在 350 kg 以内,则装药工序设备在线药量可控制在 353 kg 以内,可根据乳化炸药生产工房其他工序在线药量情况,对灌装机中的散料药量进行调节,以便更好地控制整个工房设备在线药量,满足行业有关要求。

6 结论

HP 型灌装机与 RC-12 型装药机均已纳入《民用爆炸物品专用生产设备目录》,这套组合装药设备工艺参数匹配,设备产能能够达到 3.6 t/h 以上,设置温度、压力、料位自动检测、故障自动检测装置,自动控制系统可以实现 2 种设备产能自动匹配和全线连锁控制,工艺布置符合民爆规范相关要求,HP 型灌装机和 RC-12 型装药机连用,作为装药设备在中低温乳化炸药生产线上使用是安全的、匹配的和可靠的,技术方案是可行的。

参 考 文 献

- [1] 许建刚,贾海亮,原海青,等.全自动装药机在胶状乳化炸药生产线的应用[J].工程爆破,2011,17(2):76-78,81.
- XU J G, JIA H L, YUAN H Q, et al. Application of automatic charge machine in the production line of gelatine

emulsion explosives[J]. Engineering Blasting, 2011, 17(2):76-78,81.

- [2] 谈选民,唐秋明.乳化器和螺杆泵爆炸事故原因分析及其防范对策[J].爆破器材,2007,36(3):31-33.
- TAN X M, TANG Q M. Cause analysis and prevention measure of explosion accident of emulsifier and screw-bump[J]. Explosive Materials, 2007, 36(3): 31-33.
- [3] ZHANG K M, NI O Q. Study on safety of model II powdery emulsion explosive [C]//4th International Conference on Frontiers of Manufacturing and Design Science. Hong Kong, 2013.
- [4] 王飞翔.乳化炸药用螺杆泵的安全性研究[D].南京:南京理工大学,2010.
- [5] 江小波,肖青松.从爆炸事故谈提高乳化炸药生产本质安全[J].爆破,2014,31(3):159-162.
- JIANG X B, XIAO Q S. Talking about improving essence of safety in emulsion explosive production from blasting accidents[J]. Blasting, 2014, 31(3):159-162.
- [6] 吴晓梦.包装型乳化炸药生产线重大危险源分析及预防措施[J].中国工程科学,2014,16(11):82-85,102.
- WU X M. Major hazard sources analysis and prevention measures of packaging emulsion explosive production line [J]. Engineering Sciences, 2014, 16(11): 82-85, 102.
- [7] 白文忠,任卫东,刘静,等.粉状炸药大产能自动装药机研究[J].煤矿爆破,2014(3):7-13.
- BAI W Z, REN W D, LIU J, et al. Analysis on automatic charging machine of plastic tube powdery explosive of large capacity[J]. Coal Mine Blasting, 2014(3):7-13.
- [8] WANG L Q, FANG J. Rheological properties and water-in-oil structural stability of emulsion matrixes[J]. Central European Journal of Energetic Materials, 2013, 10(1): 87-102.
- [9] ZHENG J Y, WANG L Q. Safety evaluation of emulsion explosives production line based on SDG-HAZOP [J]. Procedia Engineering, 2012, 45:144-151.

Feasibility Research on the Combined Use of HP Filling Machine and RC-12 Charge Machine for Emulsion Explosive

YUE Jiwei^①, QIAO Fengge^①, HUANG Hexin^②, XIANG Mei^①

^①Norinco Group Planning and Research Institute (Beijing, 100053)

^②Yongjin Branch Compang, Zhejiang Yonglian Explosive Materials Co., Ltd. (Zhejiang Lanxi, 321100)

[ABSTRACT] There is no application examples on assembling both HP filling machine (Vemag, Germany) and RC-12 charge machine (Shenzhen King Explorer Science and Technology Co. Ltd) in emulsion explosive production. Theoretical analysis and testing technology were conducted to discuss the feasibility of combined use on production lines of middle-low temperature emulsion explosive. The conclusion is that the usage is safe, matched and reliable. The technical proposal is feasible.

[KEY WORDS] HP filling machine; RC-12 charge machine; emulsion explosive production line with middle-low temperature; safety; reliability; matching