● 装备技术 Equipment Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.03.011

铸造工装芯盒的模块化和标准化设计

张跃辉,谢吉坤
(昆明云内动力股份有限公司,云南 昆明 650000)

摘　要:传统的铸造模具设计周期长、工艺复杂,严重制约着新产品的开发周期。通过模块化、标准化设计,不仅提高了零部件的互换性,也缩短了模具设计周期,可有效提高企业的竞争力。

关键词:铸造模具;模块化;标准化
中图分类号:TG231.66　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)03-0203-04

Modular and Standardized Design of Foundry Tooling Corebox

ZHANG Yuehui, XIE Jikun
(Kunming Yunnei Power Co., Ltd., Kunming 650000, China)

Abstract: Traditional foundry tooling design cycle is long and the process is complicated which seriously restrict the development cycle of new casting products. Through the modular and standardized design, not only the interchangeability of components is improved, but the tooling design cycle is shortened and the competitiveness of enterprises is effectively enhanced as well.

Key words: foundry tooling; modularity; standardization

铸造是制造业的重要基础产业,2019 年全国铸件产能达 4 875 万 t,而铸造模具作为铸造行业不可或缺的部分,在铸造生产中扮演着重要角色。传统的铸造模具开发周期长,严重影响新产品的开发。为了解决上述问题,模具模块化、标准化设计就很有必要,通过模块化、标准化设计,提高了零部件的通用性和利用率,可有效缩短模具设计周期,为新产品开发提供有利条件[1-3]。本文作者以发动机缸体三乙胺法冷芯盒为例,介绍模具模块化、标准化设计的优势。

1　三乙胺冷芯盒的基本构成及其作用

三乙胺冷芯盒由底框、下顶芯机构、上下型块、上下模底座、射砂板组件、吹气板、上压芯机构、定位系统及侧抽机构组成。图 1 为整套模具的三维结构图。底框对整套模具起到支撑的作用,同时也是与设备连接的主体部分,是整套模具与设备连接位置是否准确的基准;下顶芯机构将砂芯从型腔中顶出,达到一定的顶芯高度,使其与型腔脱离;上、下模底座主要用于安装型块,为了保证模底座的强度及刚性,上下模底座通常设计为框架结构;上下型块形成砂芯的整个外形轮廓,也是形成产品的核心;射砂板组件通过压缩空气,将芯砂吹入型腔内,填充整个型腔;通过吹气板,将三乙胺气雾吹入型腔内,使芯砂中的树脂进行反应,在砂粒与砂粒之间建立粘结桥,形成强度。上压芯机构主要有两个作用:①射砂结束后,上压板将型腔内的芯砂压平;②砂芯固化结束后,上下芯盒分离过程中,使上芯盒内的砂芯与其脱离,使其留在下芯盒。此外,吹气板与上压芯机构通过零部件连接为一个整体。

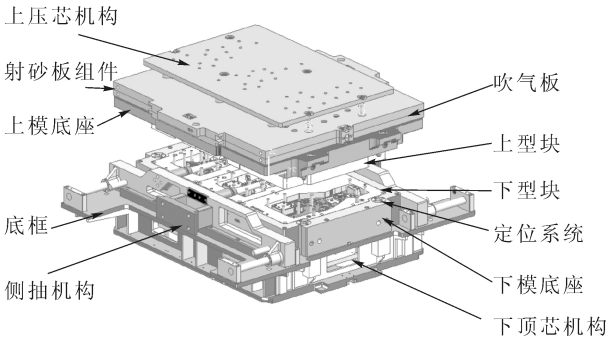

图 1 整套模具的三维结构图
Fig.1 3D structure of whole set corebox

2　三乙胺冷芯盒各模块介绍

通过对现有发动机缸体模具进行梳理,并对零部件进行统一,相关模块已形成标准化、通用化,不

收稿日期:2021-01-25
作者简介:张跃辉(1986—),云南楚雄人,彝族,工程师.主要从事铸造工艺、模具开发与应用方面的工作.
电话:13808725122,Email:464300959@qq.com

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

同模具零部件之间互换性较高。以下结合某公司制芯中心使用的发动机缸体模具结构,对组成模具的各个模块进行介绍。

2.1 底框

底框是整套模具的基础,底框连接位置正确与否,直接决定整套模具能否在设备上完成安装。发动机缸孔芯是通过制芯中心完成制芯。目前,缸孔芯有“一箱一件”和“一箱两件”两种不同的工艺,从设计的角度看,工艺不同,模具的尺寸也不同,底框台面(上面板)尺寸也应不同。因此,设计过程中就存在两种不同状态的底框,导致底框种类较多,且无互换性,存在资源浪费的情况。

工艺人员对正常使用的底框尺寸进行梳理后发现,同一台设备上使用的模具,其底框尺寸不尽相同,具体梳理情况列于表 1。可以看出,不同产品之间,底框的台面(上面板)尺寸均不相同,导致底框种类繁多,不论是模具制造还是后期工装维护、管理均带来了一定困难。底框下面板与设备安装连接,因其与设备对接外围尺寸已经固定,因此,底框下面板的外形尺寸及定位位置均已固定。

表1 各种缸体的底框尺寸、工艺统计表
Tab.1 Statistics of cylinder bottom frame sizes and process methods for all cylinder blocks

类别	高度尺寸 /mm	台面宽(上面板)/mm	内框尺寸 /mm	抽芯方式	工艺
缸体 1(老)	225	1 500×1 350	1 090×703	单面抽芯	一箱一件
缸体 1(新)	225	1 500×1 510	1 090×650	双面抽芯	一箱一件
缸体 2	225	1 500×1 660	1 090×916	双面抽芯	一箱两件
缸体 3	225	1 500×1 530	1 210×840	双面抽芯	一箱一件
缸体 4	225	1 500×1 510	1 190×700	双面抽芯	一箱一件

为了实现底框的互换性及资源利用的最大化,工艺人员结合不同工艺的模具尺寸,对底框进行了统一,并形成了标准模块。新模具设计时,直接调用标准模块即可,既节约了模具的设计周期,也提高了模具设计的准确性。模块化后的底框尺寸列于表2。

表 2 模块化后的底框尺寸
Tab.2 Size of bottom frame after modularization

类别	高度尺寸 /mm	台面宽(上面板)/mm	内框尺寸 /mm	抽芯方式	工艺
底框	225	1 500×1 660	1 190×916	双面抽芯	一箱一件 一箱两件

2.2 下顶芯机构

下顶芯机构由顶芯板、顶芯杆及回位导杆等组成,下顶芯机构将砂芯从型腔中顶出,使其与型腔脱离,达到一定高度便于取芯机器人进行取芯。

2.2.1 顶芯板

由于缸孔芯工艺不同,顶芯板的外形尺寸也不相同。通过梳理,各机型的顶芯板具体外形尺寸列于表 3。

表3 各缸体顶芯板外形尺寸统计表
Tab.3 Statistics of external dimensions of top plates of all cylinder block coreboxes

类别	顶芯板外形尺寸 /mm	工艺
缸体 1	1 050×610	一箱一件
缸体 2	1 054×880	一箱两件
缸体 3	1 190×820	一箱一件
缸体 4	1 212×680	一箱一件

由于底框的内腔尺寸已经统一,原则上不同工艺的顶芯板外形尺寸均可统一。但结合表 3 来看,若按照最大外形尺寸统一,则部分产品的顶芯板外形尺寸较大,不仅造成材料浪费,同时对加工成本也会造成浪费。因此结合模具实际使用情况,仅对一箱一件的顶芯板外形尺寸进行了模块化,模块化后的尺寸列于表 4。

表4 模块化后的顶芯板外形尺寸
Tab.4 The external dimensions of the top core plate after modularity

类别	顶芯板外形板尺寸 /mm	工艺
缸体 1、缸体 3、缸体 4	1 180×820	一箱一件

2.2.2 顶芯杆

顶芯杆通过压板固定在顶芯板上,其主要作用为将砂芯从型腔中顶出,使其与型腔脱离,同时将砂芯顶出适当高度,便于机器人夹取砂芯。由于砂芯结构及顶芯杆布置位置不同,顶芯杆的直径及长度也不相同,通过梳理,存在以下问题:①同种直径规格的顶芯杆,其在顶芯板上的安装尺寸也不尽相同,导致顶芯板在加工过程,需根据不同的安装尺寸配备不同的刀具,这样不仅对加工刀具造成浪费,同时也会延长加工周期;②同种直径规格的顶芯杆,其长度尺寸因产品结构不同也会存在差别,当差别较小时,加工过程中无法实现批量加工,同时,在模具装配过程中也会出现错装的情况。以 ϕ16 mm 顶芯杆为例,安装尺寸和长度尺寸分别列于表 5 和表 6。

表5 顶芯杆安装尺寸统计表
Tab.5 Installation dimensions of core ejectors

	类型 1	类型 2	类型 3
安装尺寸 /mm	ϕ21×7×ϕ16	ϕ22×7×ϕ16	ϕ21×7.1×ϕ16

表6 顶杆长度尺寸统计表
Tab.6 Lengths of core ejectors

序号	1	2	3	4	5	6	7
ϕ21×7×ϕ16 长度尺寸 /mm	280.6	281.7	281.6	282.2	278.6	277.6	278.2

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为了解决上述问题，将顶芯杆单独设计为一个标准模块，这样不仅统一了安装规格，同时也减少了顶芯杆类型。标准化后的顶芯杆尺寸见图2。

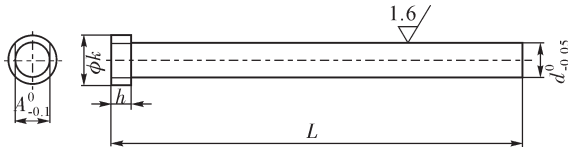

图2 标准化后的顶芯杆尺寸

Fig.2 Lengths of core ejectors after standardization

2.2.3 回位导杆

回位导杆通过压板固定在顶芯板上，其目的是顶芯板顶芯结束后，回到原始位置过程中，确保顶芯板、顶芯杆顺利回到原位。经过梳理，回位导杆安装尺寸也存在多种规格，具体列于表7。

表7 回位导杆安装尺寸

Tab.7 Installation dimension of return guiding bar

	类型1	类型2
安装尺寸/mm	$\phi32\times10\times\phi25$	$\phi26\times8\times\phi20$

为了减少加工刀具及回位导杆种类，工艺人员将回位导杆单独设计为一个标准模块。标准化后的回位导杆尺寸见图3。

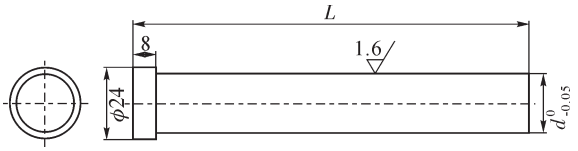

图3 标准化后的回位导杆尺寸

Fig.3 Dimensions of return guide bar after standardization

2.3 上、下模底座

上、下模底座主要用于型块安装，为了确保模底座的强度及刚性，避免使用过程中发生变形，通常将模底座设计为铸造框架结构。下模底座安装在底框上，底框标准化后，下模底座外形轮廓尺寸应统一，同时，上、下模底座配合使用，上模底座外形轮廓尺寸也应统一。

但如前所述，缸孔芯有“一箱一件”和“一箱两件”工艺，若完全按“一箱两件”工艺统一，则“一箱一件”的下模底座重量增加约20%，侧抽机构也无法满足使用要求。因此，仅对“一箱一件”的外形轮廓尺寸及内腔宽度尺寸进行统一，内腔长度尺寸及形状根据产品结构不同，可进行调整，满足模具布置需求。

上模底座与设备连接尺寸及定位尺寸已经固定，因此，不同工艺的上模底座外形尺寸及定位尺寸已经统一。如上所述，“一箱一件”工艺的下模底座内腔宽度尺寸已经统一，因此上模底座的内腔宽度尺寸也已统一，内腔长度尺寸根据产品结构不同，可进行调整，满足模具布置需求。

2.4 上下型块

上下型块根据产品结构不同，单独制作。但一箱一件工艺的上下模底内腔座宽度尺寸已经统一，因此上下型块的长度尺寸也完成统一，宽度尺寸根据产品结构调整即可（型块安装过程中，型块的长度尺寸对应模底座的宽度尺寸）。

2.5 射砂板组件

射砂板组件包括射砂板和射嘴，射砂板组件主要通过压缩空气，将芯砂吹入型腔。射砂板与设备的连接尺寸及定位尺寸已经固定，因此，不同工艺的射砂板外形尺寸及定位尺寸已经统一，设计过程中根据产品结构不同，对射嘴安装位置进行调整即可。

射嘴是芯砂进入型腔的通道，现普遍采用插入式射嘴，避免在砂芯上结出射嘴棒而浪费芯砂。目前，射嘴有两种安装方式，分别为螺钉紧固式及螺纹安装可调式，每种安装方式各有优缺点，具体优缺点列于表8。两种安装方式孰优孰劣尚无定论，目前两种安装方式均有使用。

表8 射嘴安装方式优缺点

Tab.8 Advantages and disadvantages of blowing nozzle installation methods

安装方式	优点	缺点
螺钉紧固式	安装较为方便，按照编号安装即可	设计时需对每个射嘴长度尺寸进行严格计算，射嘴类型较多，若尺寸计算错误，则射嘴报废
螺纹安装可调式	对射嘴长度尺寸要求相对宽松，尺寸相近的可以设计为一种类型，减少射嘴类型，即使计算错误，也可通过调整高度满足使用要求	安装较为麻烦，安装时，需对每个射嘴高度尺寸进行调整，工作量较大

2.6 吹气板

压缩空气通过吹气板，将三乙胺气雾吹入型腔内，芯砂中的树脂在三乙胺气雾的催化作用下，使均匀包覆在砂粒表面的树脂膜从液态变成固态，在砂粒与砂粒之间建立粘结桥，形成强度。吹气板与设备的连接尺寸、定位尺寸，以及设备的吹气口位置已经固定。因此，不同工艺的吹气板外形尺寸、定位尺寸及三乙胺入口位置均已统一，设计过程中根据产品结构不同，调整压芯杆安装位置即可（吹气板与上压芯机构通过零部件连接为一个整体）。

2.7 上压芯机构

上压芯机构由压芯板和压芯杆组成，其完成型腔内的芯砂压平及开模过程中上芯盒的砂芯与上芯盒脱离。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.7.1 压芯板

压芯板与设备的上压板配合使用,原则上压芯板外形尺寸均应统一,但经过梳理发现,压芯板外形尺寸也存在多种规格,具体见表 9。

表 9 各缸体压芯板外形尺寸统计表
Tab.9 Statistical table of overall dimensions of each cylinder core pressing plate

类别	压芯板外形尺寸 /mm	工艺
缸体 1	1 180×800	一箱一件
缸体 2	1 060×910	一箱两件
缸体 3	1 180×800	一箱一件
缸体 4	1 060×830	一箱一件

可以看出，若完全按最大外形尺寸进行统一，则压芯板重量增加约 15%，不仅造成材料浪费,同时对加工成本也造成浪费。因此,在满足使用要求的情况下,仅对一箱一件工艺的压芯板外形尺寸进行模块化,模块化后的尺寸列于表 10。

表10 模块化后的压芯板外形尺寸
Tab.10 Dimensions of core pressing plate after modularization

类别	压芯板外形尺寸 /mm	工艺
缸体 1、缸体 3、缸体 4	1 180×800	一箱一件

2.7.2 压芯杆

压芯杆通过螺钉紧固的方式安装在压芯板上,经过梳理,螺钉安装规格已经统一。由于压芯杆的外形尺寸及长度尺寸受砂芯结构及布置位置的影响,其规格也不相同。通过梳理发现,同样直径规格的压芯杆,其长度尺寸也存在多种类别,当尺寸差别较小时,加工过程中无法实现批量加工;同时,在模具装配过程中也会出现错装的情况。以 $\phi22$ 压芯杆为例,其长度尺寸列于表 11。

表11 压芯杆同种规格不同长度尺寸统计表
Tab.11 Lengths of different core ejector pins for same specification

序号	1	2	3	4	5	6	7
$\phi22$ 长度尺寸	186.6	185.8	177.5	177.1	176.9	182.1	181.3

为了解决上述问题,将压芯杆单独设计为一个标准模块。标准化后的压芯杆尺寸见图 4。

2.8 定位系统

定位系统由定位销、定位销套和定位键等组成。对开式芯盒均要设置定位装置,常用芯盒定位是定位销和定位销套。由于定位销与定位销套的配合精度直接决定着所生产铸件的尺寸精度。因此,在模具上对它们的精度要求都特别高。基于定位销和定位销套的功能与目的，所以要求它们的材料必须能够经得起频繁相互配合过程中的冲击和摩擦。目前,定位销、定位销套及定位键均已标准化,其中定位销和定位销套采用 T10 制作,热处理后硬度为 HRC 50~HRC 55；定位键采用 45# 钢制作,热处理后硬度为 HRC 40~HRC 45。

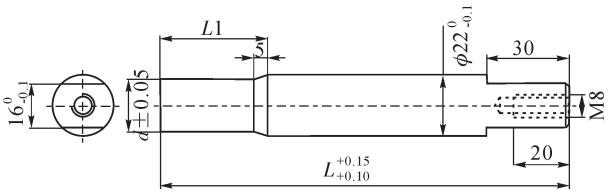

图 4 标准化后的压芯杆尺寸
Fig.4 Standardized mandrel dimensions

3 结束语

通过长期的整理和应用，铸造模具相关模块已形成标准件库,新模具设计时,可根据需求,直接从标准件库调用即可。通过本文分析，铸造模具模块化、标准化设计有如下优势：

(1)提高了模具设计的准确性,同时缩短了模具设计周期,为新产品开发争取了时间,模具设计效率提升了约 30%。

(2)减少了加工车间刀具种类,降低了刀具采购成本;加工过程中,减少了换刀频次,提高了生产效率。

(3)减少了零部件数量及种类,提高了不同模具之间零部件的互换性及利用率,避免造成资源浪费。

虽然模具大部分结构已经模块化、标准化,但也不能一概而论，设计过程中也要结合实际情况进行分析能否直接调用标准件。

参考文献:

[1] 李昂，吴密. 铸造工艺设计技术与生产质量控制实用手册[M]. 金版电子出版公司, 2003.
[2] 任现伟. 砂型铸造模具的设计与工艺研究 [J]. 中国铸造装备与技术, 2020,55(3):23-27.
[3] 刘岳,李冠. 一种冷射芯模具模块化制作的设计[J]. 中国铸造装备与技术,2019,54(5):50-51.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2021 年《铸造技术》杂志
国内邮发代号:52-64 国外发行号:M855 国内定价:25 元/本 海外定价:25 美元/本

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net