

绩效理论在气缸体铸造工艺优化设计中的应用

郭凌岑

(南充职业技术学院, 四川南充 637000)

摘要: 用传统砂型铸造工艺生产汽车发动机气缸体类铸铁时, 存在外模砂型紧实度不均衡、下芯夹具夹持机构受力不均和工作稳定性差, 冒口的设置不能发挥冒口的溢流和增益等优点。改用绩效理论指导气缸体类铸铁件外模模样设计时, 上述缺点得以改善。

关键词: 绩效理论; 重力铸造; 外模模样; 优化设计

绩效技术又称为人类绩效技术, 绩效技术理论在工程系统领域的重点是人类行为的效益和系统的价值的统一, 努力以低成本实现高价值, 促进个人和系统共同发展^[1]。其技术理论的研究资料众多, 大多侧重于应用效果方面的探索, 到目前为止虽然还没有一个较完整及较全面的概念或定义, 但其绩效技术理论(以下简称绩效理论)和理念已在多种领域有所应用^[2-3], 其中, 在机械制造行业也见有文献报道^[4-5]。

近几年来, 笔者所在的团队对于绩效理论在机械制作、尤其在热加工铸造领域中的应用做了较多研究和探索, 取得了良好的工艺效果和技术经济效果, 所应用的砂型铸造工艺、工装的设计、制作和使用, 得到了相关铸造厂及生产操作者的好评。故在此, 对绩效理论在气缸体铸造工艺中的应用可作优化设计的重要内容方面作一总结, 旨在为绩效理论在砂型铸造气缸体类铸铁件工艺、工装设计及制作技术水平的提高作一些经验、技术、知识的积累, 供同行提高专业工艺水平作参考。

1 气缸体传统铸造工艺存在的不足

在一些工厂, 包括国内少数大型铸造厂及一些专业铸造模具公司, 在设计制作砂型铸造气缸体类铸铁件的工艺、工装过程中, 采用一些传统铸造手册和教科书^[6-7]上介绍的传统工艺方法指导气缸体外模模样在模板上的布局、砂芯小芯头结构设计、底注式为主的浇注系统、飞边冒口的结构设计等, 如图1a和图2a所示。经过分析研究认为, 其主要分别存在着以下相应方面的缺点和不足。

1.1 气缸体在砂箱中传统布局方案存在的缺点

汽车发动机气缸体类铸铁件绝大多数采用砂型铸造, 以机器造型的卧做卧浇的形式为主。采用一些传统的铸造手册和教科书上介绍的传统铸造工艺方法指导气缸体外模模样在模板上的布局, 其大致状态是: 将外模模样的几何中心点与造型模板的几何中心点重合(图1a), 其外模模样的几何中心点 M_z 点与模板的几何中心点 B_z 点重合, 其配合见图1b所示的两个中心点。优点主要是简化安装工艺、工装的设计和制作, 但存在的缺点远大于优点。

主要缺点如下:

其一, 砂型紧实度不均衡及不合理。图1a所示气缸体卧做卧浇生产方式的外模模样绝大多数存在着模样高度不均衡, 多以油底壳面(侧)远高于缸顶面(侧)的状态, 几乎80%以上的气缸体的油底壳面(侧)成倍地高于缸顶面(侧)的状态。由此, 对于外模模样相对于砂箱内框尺寸较大者, 因吃砂量小或偏小, 而影响造型的正

作者简介:

郭凌岑(1980-), 男, 讲师, 学士, 主要从事机电、模具、机械设计制造与控制技术等教学和研究工作。
E-mail: 45529491@qq.com

中图分类号: TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)

10-1159-05

收稿日期:

2019-01-25 收到初稿,

2019-03-08 收到修订稿。

常生产；即使对于吃砂量较大者，也会使得砂型的紧实度不均衡、不合理。

图1a所示为某6130气缸体铸铁件卧做卧浇、湿型粘土砂静压造型铸造生产方式，是华东一专业铸造模具公司（以下简称A公司）为华北一汽车零部件制造厂（以下简称B厂）定制的模具布置状态简图。因其外模模样的几何中心点与造型模板的几何中心点重合，由此使得图1a气缸体油底壳面吃砂量“尺寸a”与气缸体顶盖面吃砂量“尺寸b”的尺寸相等，而油底壳面的模样高度则是顶盖面模样高度的两倍左右，又因砂箱内腔尺寸不富裕，从而使得油底壳面的砂型紧实度不合理，尺寸b区域也就时常产生垮砂现象，影响到该气缸体铸件的正常造型和铸造生产。

其二，影响下芯夹具正常工作。图1a所示的气缸体卧做卧浇生产方式、外模模样传统的均衡布置型式：即吃砂量尺寸 $a=b$ ，会使得气缸体的众多砂芯在“组芯平台”上组合好后在下芯夹具吊运的过程中使得其“砂芯组合体”的重心较大地偏离下芯夹具的中心。由此，一方面使得下芯夹具夹持机构受力不均，降低夹具的工作精度和寿命；另一方面使得下芯夹具在砂芯的吊运过程中的工作稳定性差。

其三，下芯工序质量不理想。图1a所示的气缸体卧做卧浇、外模模样传统的均衡布置形式：即吃砂量尺寸 $a=b$ ，一方面使下芯夹具工作稳定性差，另一方面又使得下芯质量不易得到良好的保证。因下芯夹具在夹起和吊运砂芯过程中因重心偏离较大，而在一定程度上对砂芯下入型腔的平稳性有不良影响。

1.2 传统小芯头结构铸造工艺性差

图1a所示的气缸体卧做卧浇、外模模样传统的均衡布置形式，其铸造工艺中砂芯的设计指导理念，通

常还配以传统的铸造手册、教科书上介绍的传统小芯头结构（传统小芯头——指芯头沿铸件内轮廓形成的大尺寸结构），如图2a及图1a所示。其优点主要是简化工艺的设计和略减少芯砂用量，但其存在的缺点远远大于这一个极小的优点。

主要的问题和缺点如下：

（1）不利于冒口的优化设计。如图2a所示的传统小芯头结构，其配套的冒口结构通常是平式飞边冒口（通常是顶盖面为平式飞边冒口）和立式飞边冒口（通常是油底壳面为立式飞边冒口）。这两种结构型式的冒口都不能或难以设置在铸件的最高处或铸件局部区域的最高处，从而不能良好地发挥冒口的溢流和增益等铸造工艺性。即如图2a所示的立式飞边冒口和平式飞边冒口不是冒口的优化设计状态，尤其不是气缸体类铸铁件冒口的优化形式。

（2）不利于气体的溢出和排出。如图2a所示的气缸体油底壳面立式飞边冒口，当铁液上升至“飞边”处时，“飞边”的缝隙面积会逐渐减小，逐渐降低其冒口对型腔中气体的溢出效果；又如图2a所示的气缸体顶盖面平式飞边冒口，当铁液上升溢满“飞边缝隙”时，冒口对型腔中气体的溢出作用便消失殆尽，极不利于冒口对型腔中铁液内气体的排出。

（3）不利于铁液中夹杂的溢出。如图2a所示的立式飞边冒口，当铁液涨至“飞边”缝隙处时，其缝隙面积逐渐缩小，冒口对铁液中夹杂、夹杂、散砂的溢出效果迅速降低；而对于平式飞边冒口，当铁液涨满“飞边”缝隙时，冒口对铁液的溢出夹杂的作用亦完全消失，也极不利于冒口对铁液中夹杂、夹杂、散砂的溢出。

（4）不利于铁液的增益作用。如图2a所示的立式飞边冒口和平式飞边冒口，因皆未处于铸件的最高

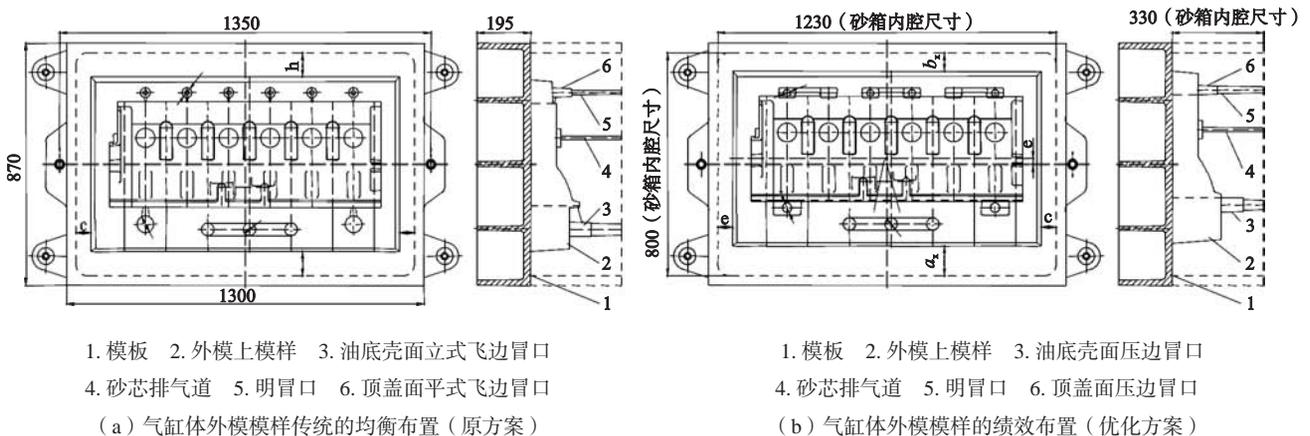


图1 气缸体类外模模样在模板上的两种不同布局型式

Fig. 1 Two different template layout forms of cylinder block outer die

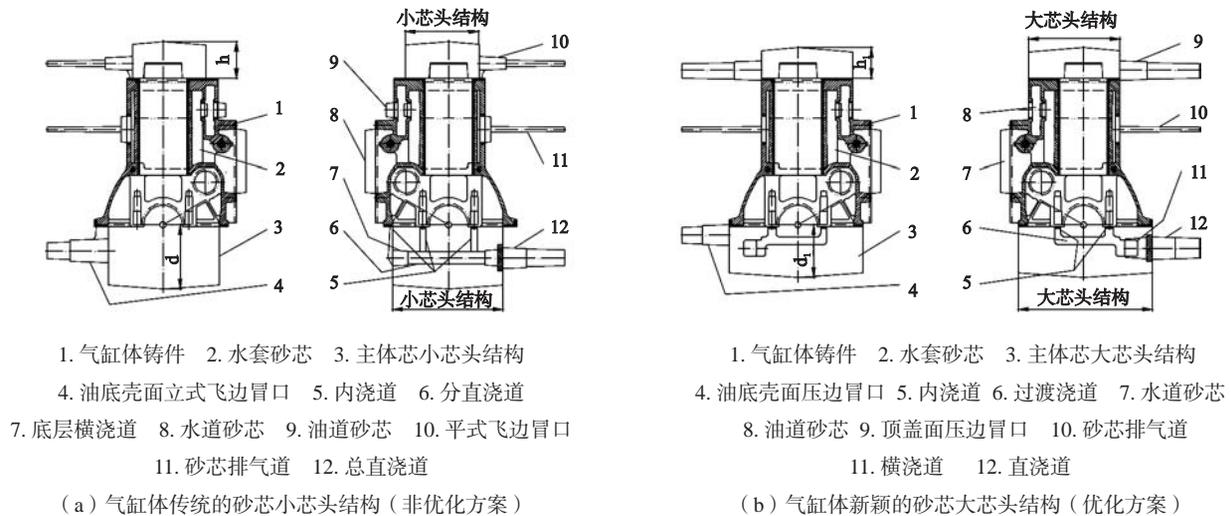


图2 气缸体砂芯工艺设计的两种不同芯头结构型式

Fig. 2 Two different types of core structure for cylinder block casting

处或铸件局部区域的最高处，其冒口对铁液的“压力头”作用大幅度较小，其对铸件相应部位铁液冷却过程中的增益作用不能（或很难）达到理想状态，及对冒口所在铸件部位铁液凝固过程中的补缩作用（效果）极差。

综上所述，图1a所示的气缸体卧做卧浇、外模模样传统的均衡布置形式和图2a所示的传统小芯头结构及其通常配套的底注式浇注系统、立式飞边冒口和平式飞边冒口，其设计理念和工艺效果便是一个“事倍功半”的铸造工艺方案，铸造生产实践中，往往使得气缸体类铸件的铸造合格率偏低，铸造工艺出品率低下。

2 绩效理论指导气缸体传统铸造工艺的优化设计

用绩效理论指导车用发动机气缸体类铸铁件卧做卧浇砂型铸造工艺工装的设计，其原则大致是：一方面，使得其铸造工艺尽可能优化，工装尽可能结构合理和工作高效，以及整个工艺流程尽可能合理，以较低的成本投入实现较高的产出，或以同等的成本投入实现高价值的产出；另一方面，结合人类工效学的应用，使得工艺、工装更为优化，以降低生产操作者的劳动强度，使人的行为有尽可能高的效益，从而使得气缸体类铸铁件整个铸造生产过程更加合理、高效，在相对较小的投入状态下，有较高的产出，或是在相同的条件下有更高的产出。

将绩效理论和人类工效学作为当代新技术、新理念，用于车用发动机气缸体类铸铁件、卧做卧浇砂型铸造工艺工装的设计中，设计出了图2b所示工艺方

案。其主要应体现在外模模样在模板上优化与合理布局，图1b所示为油底壳面吃砂量“尺寸 a ”大于顶盖面的吃砂量“尺寸 b ”。砂芯大芯头的优化设计、浇注系统的优化设计、冒口系统的优化设计等重要方面如图2b所示。本文也主要研究和探讨这几个较为重要的方面。

2.1 外模模样在模板上优化布局

图1b所示的外模模样在模板上优化布局，是我们为B厂设计的类似于图中气缸体的另外几个气缸体铸件的外模模样的布置方案，其主要特征是：模样的几何中心点 M_z 与模板的几何中心点 B_z 错开适当的距离 e （根据气缸体模样尺寸具体的大小而合理确定尺寸 e 的大小），因通常是车用发动机气缸体类铸铁件、卧做卧浇砂型铸造工艺的外模模样的油底壳面区域模样的高度，一般高于顶盖面区域模样的高度，绝大多数的高度差为：前者是后者的两倍左右。因此，图1b中的吃砂量尺寸 $a > b$ 才是合理的、正确的和优化的。

生产实践表明，我们为B厂设计的几个图1b所示气缸体铸件的外模模样的布置方案，在铸造生产过程中皆满足了其正常生产状态的铸造工艺需要，在造型过程中模具正常起模，砂型完好， a 尺寸所示区域和 b 尺寸所示区域的砂型紧实度比较均衡，即正常地满足了相应气缸体铸件的下芯、合箱、浇注等重要工序正常生产的工艺要求。而A公司为B厂设计制作的图1a所示的模样的几何中心点 M_z 与模板的几何中心点 B_z 重合（即尺寸 $e = 0$ mm）的方案，其在中、既不能有效保证造型过程中模具的正常起模（砂型难以保证完好），又不能保证 a 尺寸所示区域和 b 尺寸所示区域的砂型紧实度的均衡性，给其铸造生产带来了很多的难点。

2.2 优化下芯夹具的工作质量

图1b所示的外模模样在模板上优化布局,除了上述造型的相关方面得以优化外,因 $a > b$ 及尺寸 e 大小适宜,使得气缸体“整套”的“砂芯组合体”在下芯夹具夹起的过程中,砂芯组合体的重心尽可能地与下芯夹具的几何中心重合或靠近,这样以来可使下芯夹具的夹紧装置受力尽可能地均衡。

优化下芯夹具这一重要工装工作质量,可较好地保证或尽可能地提高气缸体的“砂芯组合体”下入型腔的工作质量,从而满足气缸体铸造过程中在此工序的工艺要求,即有利于生产的正常进行。而下芯夹具保持均衡受力的良好状态,一方面可延长这一重要工装的使用寿命,使下芯夹具本身保持良好的工装状态,同时还可使得生产操作者降低劳动强度及提高工作效率。

2.3 砂芯大芯头的优化设计

用绩效理论指导车用发动机气缸体类铸铁件卧做卧浇砂型铸造工艺的设计,设计出的图2b所示的气缸体主体芯大芯头和顶盖芯大芯头结构(加大芯头——指芯头沿铸件外轮廓形成的大尺寸结构),具有以下优点。

(1) 优化了模具结构。可使芯头与铸型减少一个“台阶”,简化了模具结构。一方面使得模具结构设计制作得以简化,也不再在其台阶处设计制作通常铸造状态下工艺要求的“防压环”的结构,以减少铁液的“无为”耗量;另一方面,可降低和杜绝砂芯下入型腔的过程中“压垮”台阶处砂型的可能性,既提高了下芯工序的工作质量,又减少铸件出现垮砂、砂眼缺陷的几率。

(2) 有利于铸件浇注系统的优化设计。图2b所示的气缸体主体芯油底壳面段大芯头的工艺结构,大幅度地提高了横浇道的设置位置,由此为铸件浇注系统的优化设计提供了更好、更大和更高的设计空间。

(3) 有利于铸件冒口系统的优化设计。图2b所示的气缸体顶盖面段大芯头的工艺结构,亦因大幅度地提高了冒口系统的设置位值,也具有可为铸件冒口系统的优化设计提供更高和更大的设计空间。

2.4 浇注系统的优化设计

用绩效理论指导车用发动机气缸体类铸铁件卧做卧浇砂型铸造工艺的设计,设计出如图2b所示的气缸体主体芯大芯头结构,其为铸件浇注系统的优化设计创造了良好的工艺条件,可使浇注系统达到以下几个方面的优化设计效果。

(1) 提高了横浇道的增益作用。油底壳面主体芯在图2b所示的大芯头结构相比于图2a所示的小芯头结

构,可将浇注系统的主横浇道尽可能较理想地设置在该大芯头的上方,横浇道在一定程度上作“热冒口”应用,因高位值度的横浇道的铁液“始终”相对处于“高温”状态,故而其能有效地提高横浇道的增益作用,也在一定程度上提高了铸件的工艺出品率。

(2) 提升了内浇道进液位值度。图2b所示的以顶注式为主的浇注系统相比于图2a所示的底注式为主的浇注系统,其内浇道提升了铁液的进液位值度,可使先进入型腔中的“冷铁液”处在型腔的底部和下部,后入型腔中的“热铁液”处在型腔的上部,从而有效地改善了型腔中铁液的温度梯度,使型腔内铁液的温度梯度呈现为上高下低的良性分布状态,有利于型腔中的气体、铁液内的气体的排除和溢出。

(3) 提高了铸件的合格率。图2b所示的以顶注式为主的浇注系统,使型腔内铁液的温度梯度呈现为上高下低的良性分布状态,既有利于型腔中的气体、铁液内的气体的排除和溢出,亦为铁液中夹渣、夹杂、散砂的排除和溢出创造了重要的工艺条件,故提高了铸件的合格率。

2.5 冒口系统的优化设计

用绩效理论指导车用发动机气缸体类铸铁件卧做卧浇砂型铸造工艺的设计,设计出如图2b所示的气缸体顶盖芯大芯头结构,其为铸件冒口系统的优化设计创造了良好的工艺条件,可使冒口系统达到以下几个方面的优化设计效果。

(1) 优化冒口的结构。图2b所示的顶盖面砂芯的大芯头结构相比于图2a所示的小芯头结构,可将冒口系统的主体结构设置在该大芯头的上方,即能将冒口设置在铸件局部区域(顶盖面)的最高处、也能将冒口设置在铸件的最高处(油底壳面),并可将冒口的结构型式优选为压边冒口形式^[8]。

(2) 提高了冒口的增益作用。图2b所示的大芯头结构,使冒口处在了铸件局部区域的最高处和铸件最高处,又加之是压边冒口,再结合前述的浇注系统提供的型腔铁液上高下低温度梯度之良性状态,由此而提高了冒口的增益作用,使冒口中的“高温铁液”能有效地对型腔内的“低温铁液”进行补缩——增益、提高了冒口的补缩效率,再加之压边冒口的良好自适应作用^[9],也有利于提高铸件的工艺出品率。

(3) 提高冒口的排气功能。同理,图2b所示压边冒口系统工艺方案,其压边冒口处于铸件局部区域的最高处和铸件的最高处,及结合型腔铁液上高下低的良性状态,由此其冒口的“缝隙”是全面地对型腔中的气体、铁液内的气体提供最大限度地排除和溢出功能,换句话说,图2b所示压边冒口系统发挥着“最大”排气作用,为降低铸件的气孔缺陷又进一步创造

了良好的工艺条件。

(4) 提高冒口的溢流作用。与上述的压边冒口排气作用原理相似,图2b所示冒口系统工艺方案,同理可有效地提高冒口的溢流作用,使得型腔中、铁液内的夹渣、夹杂、散砂尽可能地溢成型腔到达至冒口内,为铸件减少和克服相应的铸造缺陷进一步地创造了冒口方面的重要工艺条件。

此外,因浇注系统和冒口系统的优化设计,使得铸件的浇注温度适当降低(大多数情况下,可降低浇注温度20℃左右),以进一步优化铸件的铸造工艺,

但浇注温度的降低,又带来了如提高铸件的表面质量及降低铸件的粘砂倾向等缺陷的一些新的问题。

3 结束语

用绩效理论和人类工效学的理念指导设计的车用发动机气缸体类铸铁件卧做卧浇砂型铸造工艺,是一个“事半功倍”的铸造工艺方案,在其相应铸件的铸造生产中,获得了良好的技术及经济效果。本文的专题评述和总结可为铸造行业技术水平的提高提供一些技术资料积累,供同行借鉴。

参考文献:

- [1] 马宁,林君芬,林涛.绩效技术的理论渊源与研究领域[J].中国电化教育,2004(10):5-9.
- [2] 王昌辉.绩效技术在企业领域的延伸[J].东方企业文化,2010(10):73-74.
- [3] 焦建文.绩效技术在我国教育技术领域发展缓慢的原因与对策浅析[J].云南电大学报,2008(4):28-31.
- [4] 卢亭玉.绩效技术在注塑缸主体座结构设计中的应用[J].铸造,2015(5):478-480.
- [5] 刘文川,王正端.美学及人类工效学在铸造工装设计中的应用[C]//2005中国铸造活动周学术年会论文集,沈阳:中国机械工程学会铸造分会,2005-08.
- [6] 中国机械工程学会铸造学会.铸造手册(第5卷·铸造工艺)[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [7] 李魁盛.铸造工艺设计基础[M].北京:机械工业出版社,1981:93-113.
- [8] 刘光清,刘文川.压边冒口在铸件弧形结构面上的应用[J].中国铸造装备与技术,2009(5):56-57.
- [9] 魏兵,胡天登,张翼鹏,等.铸铁件压边冒口的补缩[J].铸造技术,1983(1):13-17.

Application of Performance Theory to Optimization Design of Cylinder Block Casting Process

GUO Ling-cen

(Nanchong Vocational and Technical College, Nanchong 637000, Sichuan, China)

Abstract:

As using traditional sand mold casting technology produced automobile engine cylinder type cast iron parts, there existed some shortcomings such as non-uniform compactability of sand mould, non-uniform force acting on clamping mechanism for core setting and not getting enough overflow and feeding action of riser. By applying the performance theory to the design of the outer die pattern of cylinder iron castings on the template, the above deficiencies were improved.

Key words:

performance theory; gravity casting; external mold pattern; optimum design
