

Automotive air compressor products—research and design discussion on generalization, serialization, and standardization

Wenping Luo

Taizhou Dongxie Auto Parts Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318050, China

Abstract

In the design and manufacturing processes of enterprise products, the generalization, series, and standardization of products and their components are crucial. These aspects impact the economic benefits of the enterprise, the operation of mechanical automation, and the management philosophy of design and manufacturing personnel. By establishing a series of standards for product requirements and quality control, and by considering past issues with the three guarantees (warranty, repair, and return) and other excellent designs, innovative design concepts can be skillfully and flexibly applied. This will significantly enhance product quality, addressing issues such as air compressor leaks, oil seepage, noise, and energy efficiency, while improving quality and reducing costs. Ultimately, this will lead to continuous improvement in enterprise products and ensure the long-term sustainability of enterprise operations.

Keywords

Generalization; Series; Standardization; Design; Economic Benefits

汽车空压机产品——通用化、系列化、标准化研究和设计论述

罗文平

台州市东协汽车配件有限公司, 中国·浙江台州 318050

摘要

在企业产品设计、制造过程中, 产品及其零件的通用化、系列化、标准化, 尤为重要, 关系到企业的经济效益, 关系到机械自动化的运行, 关系到设计和制造人员的管理理念。通过制定一系列的规范用于对产品要求和质量的控制, 将曾经出现过的三包质量问题, 和其他一些优秀设计都考虑进来, 巧妙灵活地运用一些创新的设计思路, 对产品质量提升会上一个大台阶, 达到解决空压机三漏、窜油、噪声、节能等问题和提质降本的目的, 最终使得企业产品精益求精, 企业运营持续长久。

关键词

通用化; 系列化; 标准化; 设计; 经济效益

1 概述

产品的通用化、系列化、标准化, 在企业里尤为重要, 关系到企业的经济效益。为什么这么说呢? 如果产品进行了“三化”, 我们就可以用更少的零件装配出更多的成品来。作为专业设计、制造、销售汽车空压机的企业, 这样做有以下好处:

①对设计部门而言, 可以降低劳动量, 提高设计效率, 节省时间, 降低成本, 因为产品成本是设计出来的, 设计降低成本是企业重要的一部分。

②对生产部门而言, 操作者不用频繁更换工装就可以连续生产同一种零件, 这样既提高了生产效率, 又提高了产品质量。

③对质检部门而言, 各种量检具数量较少, 管理上比较方便。

④对库房管理而言, 专用件的减少, 通用件的增多, 造成零件品种的大量减少, 方便了库房管理。

⑤对装配车间而言, 通过不同零件的组合装配, 可以快速组装起一台空压机总成, 这样就可以极大满足客户的订单需求, 不会因个别零件没有到位而影响发货, 从而能够保证客户的订单交付。

⑥按人员和生产时间计算, 产品进行“三化”以后, 同样多的人员和生产时间, 预计每年能增加 1/3 的产量。所以对公司而言, 管理成本降低, 效益提高, 产品进行“三化”处理后, 可以每年为公司节约 200 万元以上, 给企业创造大量的效益。

2 进行通用化、系列化、标准化的指导思想是:

①能成品零件通用的就成品零件通用, 不能通用的也

【作者简介】罗文平(1988-), 男, 中国浙江台州人, 工程师, 从事机械制造业产品的设计与技术管理研究。

要尽量要求其毛坯件通用。

②简化产品结构，在整体式结构铸造成品率满足条件的情况下，能采用整体结构的就尽量采用整体结构，减少零件种类，因为目前三包产品维修大多是不更换零件的，而是直接换总成的。

③能采用压装的就不要设计成用螺栓装配。

④各部自身连接尺寸应规定几个值，这对减少零件数量，减少工装、检具的数量是至关重要的，也为工业自动化生产打下基础。

⑤进行三化的过程也是降低成本的过程，我们通过改进可以降低故障率、减少窜油概率、提高产品可靠性等，这是为客户优化产品、提升质量、降低成本的好事情。

3 通用化、系列化、标准化相关设计论述：

①在可能的情况下尽量采用一端轴承一端轴套结构，这样做的好处是：1) 曲轴上的润滑油流道比较短，容易保证各处润滑；2) 该结构对曲轴箱上的轴承和轴套安装孔同轴度要求相对来讲比较低，极少出现空压机烧瓦问题。

②对绝大部分空压机而言， $\phi 78$ 缸径及以下空压机采用 207 轴承就可满足其承载要求， $\phi 82\sim\phi 92$ 缸径的产品采用 307 轴承。

③轴套选用确定几种规格，如 $\phi 30\times 16.5$ ， $\phi 35\times 20$ 等，轴套内孔中应存在整圈的油槽以保证润滑的可靠。

④曲轴箱与缸体做成整体式，下部采用压装钣金盖为宜。整体式曲轴箱选材为 HT250，或选用硼铸铁。因为这样做的好处是：降低成本；提高空压机的运转精度，降低空压机捣缸的概率；减少泄漏点，彻底解决了缸体与曲轴箱间的垫片漏油隐患；降低了空压机的窜油概率；空压机外形美观大方，提高了空压机的设计档次；提高了空压机的可靠性和耐久性。

同时，设计整体式曲轴箱时，应注意：曲轴箱的铸造可行性问题，不能增加太多的铸造难度，应尽量考虑少加镶块的结构以方便铸造工艺；注意缸孔最下端应有 $1\times 45^\circ$ 的倒角，可以避免活塞经过最下端时，由于下端孔口铸造不齐，可能出现的材料剥落而导致缸体内孔产生划伤的问题；缸孔下端增加一个大于缸径的通圆，方便后续车加工和珩磨；注意外围的螺钉孔搭子不能超过缸径内孔尺寸，否则会影响后续加工。

⑤如果曲轴箱后端需要带输出的话，则将其设计成通过螺栓连接的方式。如果该类型的曲轴箱没有后输出的话，则可以将后端设计成整体结构，或因为铸造问题而采用钣金堵盖进行压装的形式。后连接如果存在同轴度要求的话，曲轴箱后端孔与后连接法兰间应采用 H7/h6 配合。

⑥空压机总成的缸径和行程，尽量选用常用规格，如缸径 85 和 86 可统一成一种，行程 46 和 47 也可统一成一种。

空压机现有的分体曲轴箱，中心线到上平面的距离设计为几个常用尺寸，如 47、55。这个尺寸是由曲轴偏心距 + 连杆中心距 + 活塞压缩高三者合起来的尺寸，然后分解到缸体、缸体垫片、曲轴箱的。因为曲轴箱设计制造比较复杂，

相对而言缸体制造比较简单，所以我们将曲轴箱该尺寸固定，采取更换不同的缸体来满足空压机的高度要求。可以明显增加零件的通用性。

4 通用化、标准化、系列化注意事项：

①复杂的零件尽量减少数量，简单的零件可以数量多一些。

②规定几个常用规格的螺纹堵盖、钣金堵盖用于查缺补漏和工艺需要。

③设计零件时，如果有螺纹孔的话，应根据螺纹直径来确定统一的钻孔深度和攻丝深度，同时，螺纹孔的数量和间距也进行标准化处理，为自动化生产提供技术支持。

④对螺纹孔进行设计时，如果能设计成通孔的话，应尽量避免设计成盲孔结构，这样可以方便螺纹内孔铁屑的清理和避免锈蚀的出现。

⑤螺纹孔攻丝深度应参考设计手册，一般铸铁件螺纹旋入深度为螺纹直径的 1.5~2 倍，随着空压机排气压力的提高，在空压机高度方向的螺纹旋入深度应以大于螺纹直径 2 倍的设计要求为宜。例如 M8 螺纹的旋入深度应大于 16mm 等。这个问题很重要，特别是对缸盖螺栓，如果达不到上面的要求的话，长期工作后很容易出现螺栓扭力矩不足的虚紧现象。

⑥轴套设计时应注意：应标注内径尺寸，而且是压入后要保证的尺寸，不要标注壁厚尺寸。轴套内必须存在整圈的润滑油槽或在非载荷区设计有 X 型储油槽，这种设计可以保证润滑的可靠。轴套压入曲轴箱等零件内孔后应采用滚轧工艺进行内孔尺寸的修正。因为轴套为薄壁件，压入后会产生极大变形，其尺寸和圆度都不能满足设计要求，这对以后与曲轴配合旋转的稳定性极为不利。另外，轴套内孔经过滚轧工艺的处理后，尺寸公差可控制在 0.02mm 以内，圆度在 0.01mm 以内，这也是提高曲轴运转的稳定性和降低噪声的方法。还有，轴套内孔经过滚轧工艺的处理后，其强度会比原来提高 30%，会极大延长轴套的使用寿命。d) 轴套设计时，应选取常用规格。

⑦全水冷空气是个很好的设计思想，为了降低空压机的排气温度而提出的。冷却设计有两条基本设计原则必须遵守：尽量大的流量；流向的唯一性。具体讲就是：最大流量主要是看我们设计的整个流道中的最小水道截面积，根据的是木桶效应；不能存在多条水流，多条水流的存在会使水流形成对冲，严重影响水流的流动并很容易形成死水；水道内不能出现死水现象，死水的冷却效果有限，如果因结构的限制不可避免的话，也应该将死水的占用空间降到最小；水的流量应大于 8~12L/min，随着空压机新标准的实施，排气压力越来越高，将水流量设定为大于 10~12L/min 比较合理；铸造的缸体水道在设计时应注意砂芯的强度和方便清砂的问题，如将砂芯最薄处设计成大于 10mm 以上为宜，在外部不产生干涉的情况下，内腔越大越好；水道设计的越长越好；全水冷设计的空压机应推广缸体进水，缸盖出水结构，这样可以在发动机放水的时候，能同时将空压机水道内的水

撤出,因为用户是很少单独给空压机放水的,所以避免空压机冬季的冻裂问题^[1]。

因为优秀的全水冷空压机不存在高温积炭问题,我们推荐全水冷空压机的目的就是解决高温积炭、提升排气量、降低窜油概率这三个问题而提出的设计方案。一般来讲全水冷空压机在转速达到3000rpm、排气压力为1.0MPa的情况下,其排气温度应该在150℃以下。

⑧缸盖垫片设计时,尽量采用涂氟橡胶的金属垫片,不过采用金属垫片后对缸盖和阀板安装表面提出了更高的技术要求,如平面度应在0.015mm以内,平面不得有磕碰伤、划痕、粗糙度高于Ra0.8等。

⑨阀板与缸体间的垫片也应该尽量改为涂氟橡胶的金属垫片(如铝垫片或不锈钢垫片),因为该部位的压力越来越大。

⑩阀板设计时,应将进气口采用铸造的方法来解决,一是可以降低成本,二是可以提高空压机的排气量,不过应注意铸造后的进气口不得有任何容易脱落的物质存在,清砂后用小砂轮处理一下。排气口也采用铸造成型,关于其截面尺寸最好用实验验证来确定,注意两个前提:排气温度最低;排气量符合图样要求,即排气温度与排气量应兼顾。

⑪连杆采用铝合金结构,这样做的好处是:重量轻,空压机震动减轻;零件减少,提高装配效率;现有铝连杆大端外形小,有利于曲轴箱曲拐处旋转直径的减少。

⑫曲轴设计时,应尽量将平衡铁设计成锻造出来,不采用加工获得的方式,同时平衡铁的形状尺寸也应该规范和统一,这样可以缩短曲轴锻造模具的制作周期,和减少模具制作费用。

⑬空压机采用的油封应该统一成同一个规格,可以减少零件、工装、检具等的数量。同时,社会上的简易维修也很方便。

⑭带后输出的空压机设计时,请务必注意后端回油孔的设计问题,回油孔应设计到后端孔的水平中心线上,也就是说要保证后端孔内存有半孔机油用于后连接的润滑,不允许将回油孔设计在最底部,这一设计的依据是:不管是何种传动连接方式,有油润滑和无油润滑的传动扭矩是完全不同的。

⑮曲轴箱前端回油孔设计时,尽量采用铸造解决。

⑯曲轴与曲轴箱进行摩擦副设计时,为了解决曲轴端面与曲轴箱端面轴间摩擦和润滑问题,我们将曲轴箱轴套前端面上增加4个2x4的润滑槽。该方案简单又省成本,该方案已经过充分论证并推广。

⑰设计活塞环时,由四道环改为三道环,可以减少摩擦功率,降低空压机的发热量,降低排气温度,还能降低空压机的损耗功率,是一条节能途径。

⑱曲轴箱上一般设计有M8x1或M10x1的进油孔,该处设计时应尽量统一外端平面尺寸和钻孔深度和攻丝深度,以及底部的 $\phi 4$ 进油孔,该处标准化后,我们可以对其采用专机(现有专机生产效率因为是单刀作业,所以效率并不高,如果采用6工位可转位专机进行生产的话,那生产效率将是

现用专机的5倍以上)进行生产,同时有利于刀具的采购和调整,以及避免设定程序的频繁更换,有利于生产的稳定和产品质量的提高。

⑲进、排气结构,我们确定出使用效果比较理想的结构并进行固化,减少进、排气零件的数量。进气阀片所起的作用是密封进气口并产生进气动作,至于其形状我们要考虑的是阀板上进排气口的位置和卸荷口的位置,同时保证其强度和可靠性。

⑳各部尺寸标注应重新进行策划和确定,确定的依据是:运转部位应保证必要而可靠的润滑;各零件配合部位尺寸的通用性,以保证可靠为前提,用最小的零件数生产出最多的成品;以满足采用工业加工自动化为前提。

㉑零件设计时:应尽量设计成圆形或对称的形状,应尽量从加工制造的角度来设计零件,应该设计成通用夹具就能加工完成的状态。设计基准的选择也很重要,应尽量将设计基准、加工基准及测量基准相重合,这样能提高零件的精度,也能减少因变换基准而增加加工难度。同类型的零件,可能对工装定位有要求的尺寸和形状应尽量通用和统一,这可为工装的标准化提供技术支持。设计零件时要考虑零件的工装定位、压紧位置等要求的统一性问题^[2]。

5 通用化、系列化、标准化要做的工作有:

①我们通过市场三包反馈,根据故障形式,分析故障原因,通过改进来提高空压机质量,达到解决空压机三漏、窜油、噪声、节能等问题。

②可能会对现用的铸造型具、加工工装、测量检具、工艺文件等进行变更,在整改过程中,我们可以将以前出现的三包质量问题,和其他一些优秀设计都考虑进来,对我们的产品质量提升会上一个大台阶。

③制定一系列的规范用于对产品要求和质量的控制,如未注尺寸和形位公差、扭力矩值、铸造精度、铸造毛坯要求、标识、喷漆、清洁度、包装等一系列的规范,这样可以简化图纸的标注和技术要求,也有利于产品质量的提升。

④对于空压机中的一些常用的小零件,我们也可以将其设计成企业内部标准件,如各种堵头、封盖、非标螺母、橡胶件等一些非标标准件,所有的非标零件都应该在对现有产品全面考察后来明确其种类和数量,要扩大范围和数量时必须经过专项评审才能扩充。

6 小结

还有很多工作需要我们去,通过通用化、系列化、标准化的整合,我们企业的产品设计、制造会更加精益,产品成本最低,企业效益最高,管理最方便,企业运营会持续长久。

参考文献

- [1] 罗文平.浅谈车用空气压缩机窜油问题的解决思路及研究[J].内燃机与配件,2018(20):2.D
- [2] 朱海清.装配式建筑构件标准化设计与制造技术创新研究[J].创意与创新,2024,8(12).