

# 某锥形罩零件的加工工艺改进及刀具优化方法

胡艳平

江南工业集团有限公司

## 1 引言

某锥形罩是某破甲弹主要的破甲元件,其产品结构、加工工艺和加工质量将影响产品射流的形成和破甲效果,而直接影响该锥形罩破甲性能的关键要素是角度、壁厚差和表面粗糙度等。

在设计选定合理角度值后,角度加工误差是影响破甲的重要因素。在精密装药技术中,锥形罩设计圆锥角公差一般只允许  $1 - 2\mu\text{m}$ ,以减少因角度误差造成对破甲效应的影响。在锥形罩的设计加工中任意横截面的壁厚差是关键控制要素,必须严格控制。加工中直接影响壁厚差控制的是罩体内形尺寸的稳定性和一致性。锥形罩的表面粗糙度对射流存在着干涉,由于射流来源于药型罩内层,其表面越光滑,可推迟射流断裂时间,减少对射流连续稳定的干扰。可见,锥形罩内壁的粗糙度更为重要,内壁的表面粗糙度往往低于外壁,其内壁  $R_a$  值不允许大于  $1.6\mu\text{m}$ 。锥形罩的加工工艺是先将内形精加工完后,再以内形为基准加工外形尺寸,所以内形的锥角、表面粗糙度及尺寸一致性等控制要素的精度直接决定外形锥角和壁厚差的精度。

## 2 加工工艺难点

由于公司锥形罩零件的种类日益增多,产品结构(见图1)也日益复杂,特别是内孔加工约占整个加工工作量的  $1/4$ ,对于一般的刀杆,在长径比超过4倍时刀具本身将产生振颤,使得加工无法进行。而对于这种要求刀具长径比较大的复杂内形加工,采用自制  $\phi 70$  镗杆加焊接刀具,可在刀具静态刚性方面取得一定的成效。由于传统刀杆的结构缺陷,越靠近内尖,刀具悬伸越长,零件线速度越低,零件振颤越严重,造成内形精度下降,降低了刀具刃口的安全性,而且刀具更换非常不方便,这些已成为生产加工中的瓶颈问题。而解决这一问题的关键是提高刀具系统的动态刚性,能吸收加工所造成的振颤,为此工艺上提出了锥形罩减振加工。

收稿日期: 2018年11月

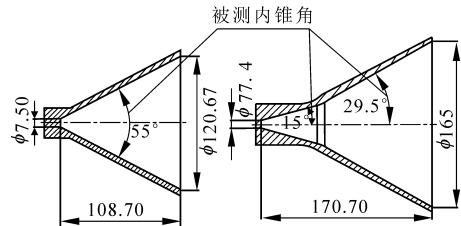


图1 典型单、复合锥形罩结构

## 3 减振刀具应用

减振刀具主要应用在深孔/深腔加工中,当刀具悬伸长度与刀具直径之比(长径比)大于4时,减振刀具是稳定加工的最优选择。目前,减振刀具的减振方法主要有两种思路:一是采用刚性更高的材料制作刀杆,如重金属刀杆、硬质合金刀杆等,以提高刀杆的静刚度达到减振的目的,主要用于长径比不大于6的深孔/深腔加工场合和一些组合加工的场合;二是采用刀杆内置动力减振器的方法,以提高刀具系统的动刚度,达到减振的目的,刀具的长径比可以达到10以上,主要用于特别深的深孔加工方面。与第一种思路相结合,刀具的长径比可达到14以上,是解决特殊行业、特殊问题的唯一选择,如航空起落架孔、导弹弹头装药孔、特殊泵阀孔的加工领域等。采用内置动力减振器的松德减振刀具,如图2所示。



图2 松德减振刀具

## 4 加工解决方案

待加工孔为锥形孔,小端直径仅  $6 - 8\text{mm}$ ,孔的锥度很大,表面粗糙度和锥度要求较高。分析后认为,刀具解决方案需考虑以下几方面:

①刀具前端形状必须为锥形,否则很难保持足够的刚性,动力减振器的效果很难作用于刀尖,刀具应以提高静刚度为主要方向;

表 1 复合锥形罩精车内形检测结果

序号	炉批号	检验项目						
		φ156.696	59°8' ± 2"	30°45' ± 2"	φ7.94	φ42.041 ± 0.05	163.05 + 0.15 + 0.05	粗糙度 1.6
1	1804 - 05	φ156.818	59°7'40"	30°45'28"	φ7.94	φ42.062	163.132	0.622
2	1804 - 05	φ156.820	59°7'38"	30°45'56"	φ7.95	φ42.071	163.119	0.702
3	1804 - 05	φ156.815	59°7'41"	30°45'29"	φ7.938	φ42.050	163.134	0.644
4	1804 - 05	φ156.813	59°7'32"	30°45'33"	φ7.938	φ42.046	163.134	0.639
5	1804 - 05	φ156.821	59°7'52"	30°45'48"	φ7.939	φ42.080	163.129	0.675
6	1804 - 05	φ156.819	59°7'48"	30°45'20"	φ7.941	φ42.059	163.123	0.575
7	1804 - 05	φ156.817	59°7'46"	30°45'28"	φ7.939	φ42.065	163.129	0.530
8	1804 - 05	φ156.820	59°7'56"	30°45'43"	φ7.948	φ42.082	163.130	0.604
9	1804 - 05	φ156.814	59°7'49"	30°45'33"	φ7.944	φ42.062	163.132	0.583
10	1804 - 05	φ156.812	59°7'46"	30°45'47"	φ7.947	φ42.066	163.126	0.571
2018.4.11		三坐标检测						粗糙度仪检测

②考虑到经济性和更换方便性,刀具应设计为分体结构,能够快速更换。

③被加工材料质地较软,断屑困难,表面粗糙度要求较高,必须考虑容屑和排屑问题;

④内锥孔需考虑冷却问题,必须采用内冷却才能冷却至刀尖。

综合以上因素,在刀具解决方案中,主刀杆采用重金属材料制造,其刚度比钢制刀杆提高了近 2 倍。头部设计成锥形(见图 3),中心有一个刀头安装孔,并设计了定向和锁紧孔,可以方便地更换刀头;刀杆头部削扁设计,预留更大的容屑和排屑空间;刀杆中心设计有内冷孔,方便冷却液通过,保持足够的内冷。

前端安装的刀头采用焊刃结构或整体硬质合金磨制,结构尺寸小,更换成本低;刀头内部设计有内冷孔,与主刀杆的内冷孔相通,使冷却液直达刀尖。采用由锥孔内向锥孔外走刀的方式,避免切屑堆积、堵塞影响表面质量。

4.5 试验验证及结果分析

通过对单、复合锥罩体试验加工,从计量理化中心检测(被测要素见图 1)的数据可以看出:加工后产品的各尺寸波动稳定,精度一致性高,粗糙度高于预期目标值,减振效果比较明显,对达到射流的形成和破甲效果提供了强有力的保障,最终提高了锥形罩的破甲能力。试验结果分别见表 1 和表 2。

5 结语

在后续加工中,长径比 5 倍径悬伸量减振刀具加工表面粗糙度一直控制在  $R_a0.5 - 1.0$  范围内。使用新刀具后,将锥形罩加工节拍由 78min 缩短至 55min,解决了生产中的瓶颈问题,缩短了刀具制造、修磨、更换、对刀调试和三坐标抽检等辅助时间,生产效率大幅提高。

经过对解决方案的试验、验证和分析,结果表明:该减振刀具解决方案切实可行,比原切削刀具方案加工效率提升 30%,更换调整时间是原来的 1/160,表面粗糙度降低为原来的 1/4 - 1/2,质量稳定性提高 40%,极大地提高了生产效率和产品质量。

作者:胡艳平,江南工业集团有限公司数控加工分厂,411207 湖南省湘潭市

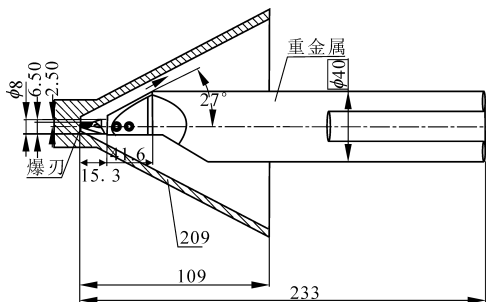


图 3 复合锥形罩减振刀具方案

表 2 单锥形罩精车内形检测结果

序号	炉批号	检验项目		
		φ120.19	内锥角 54°48' ± 2"	粗糙度 1.6
1	18 - 03 - 07	φ120.185	54°47'01"	0.879
2	18 - 03 - 07	φ120.168	54°46'36"	0.882
3	18 - 03 - 07	φ120.184	54°47'08"	0.916
4	18 - 03 - 07	φ120.168	54°46'41"	0.968
5	18 - 03 - 07	φ120.179	54°47'	0.887
6	18 - 03 - 07	φ120.183	54°47'03"	0.904
7	18 - 03 - 07	φ120.178	54°46'54"	0.918
8	18 - 03 - 07	φ120.173	54°46'39"	0.851
9	18 - 03 - 07	φ120.174	54°46'50"	0.905
10	18 - 03 - 07	φ120.181	54°47'	0.899
		三坐标检测		粗糙度仪检测