发动机气门颈部结构设计参考

□ 湖南天雁机械有限责任公司/江文广　莫晓腾

本文对发动机气门颈部结构设计进行介绍，包括气门颈部结构型式、颈部设计主要原则等，详细阐述了气门颈部各部位的设计原则及应用情况。

气门是发动机工作过程中密封进排气口的关键基础零件，用于控制发动机的气体交换。其工作条件恶劣，要求气门具有合理的外形尺寸、足够的热强度、良好的抗氧化腐蚀性能及使用寿命、良好的锻造及加工性能等。因此气门设计时在考虑安装尺寸、气门强度和刚度、气门材料及表面处理方式等因素下，合理的气门结构设计对保证气门工作可靠性显得尤为重要。

气门作为配气机构的主要组成部件，设计时首先要保证其与其他配气机构零件的安装尺寸。发动机厂家在对配气机构总体设计时已完成对气门安装尺寸的设计，气门厂家再根据发动机厂提供的设计输入草图进行气门详细图样设计。

气门颈部结构形式

气门颈部结构设计在气门外形尺寸设计中占用重要地位，发动机厂向气门厂家提供的气门相关安装尺寸，已包括锥面角度、盘外圆直径、杆部直径、锁夹槽型式等尺寸，发动机厂只允许对气门颈部尺寸进行更改，气门尺寸的更改会影响其他配气机构相关安装尺寸。气门颈部结构的尺寸主要包括颈部厚度、颈部角度、颈部圆弧、颈部直径及颈部长度等。

根据气门颈部功能用途，气门颈部结构主要分为基本型结构（见图1）和带除碳凹部型结构（见图2）两种形式。图1所示的基本型颈部结构大量应用于进排气门，图2所示的颈部结构主要应用于排气门。

气门颈部设计主要原则

1.颈部厚度

颈部厚度也称为盘部总厚度或

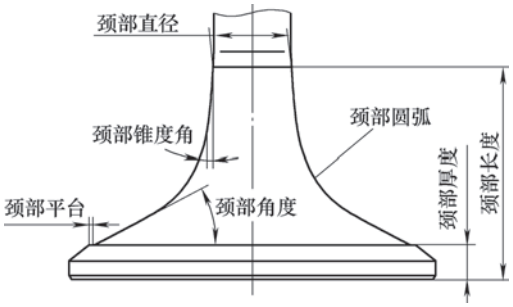

图　1

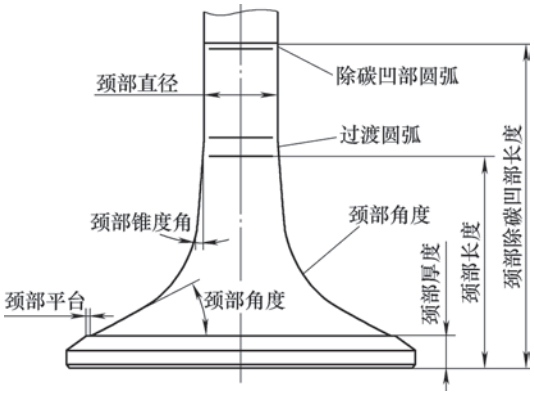

图 2

头部总厚度，由盘边高和锥面高组成。颈部厚度决定气门头部的刚性，颈部厚度取决于各自的燃烧压力及温度，在实际上它应由FE分析法所确定。实际证明，气门颈部厚度选取为盘径的7%～10%是正常的，这要根据气门类型和应用情况而定。因此，当气门盘部的弹性保持在能适应缸头变形水平，是比较有利的。在“波浪式磨损”或可见的“折边弯曲”情况下，必须将颈部厚度加厚，或采用更耐热材料。

如图3所示，颈部厚度由盘边高和锥面高组成。一般推荐气门与座圈配合时，推荐座圈的密封锥面落在气门锥面中间区域的2/3上，据此即已确定锥面高尺寸。

盘边高设计是依据气门锥面角度（简称锥角）。当气门锥角为45°即全锥角为90°时，盘边高设计为50%的颈部厚度；当气门锥角为60°即全锥角为120°时，盘边高设计为55%～60%的颈部厚度。

2.颈部角度

颈部角度对气门头部的刚度也有着决定性的影响，其对气流影响很大（这一点对进气门尤为明显）。应力试验测试结果表明，颈部角度在20°～25°之间时气门应力分布最均匀、最佳，在考虑气门轻量化及刚度等因素，颈部角度取值范围为15°～30°。在满足相同工作可靠性条件下，根据应力分析及市场应用经验，通常排气门颈部角度大于等于进气门颈部角度。

如图4所示，考虑锥面角度加工的工艺性，锥面角度和颈部角度之间的角度差应≥0°，以便于加工。气门头部在有足够刚度情况下，建议两者角度差应≥5°；当气门锥面角度为大锥角时，两者角度差为0°，此时务必在气门颈部上设置颈部平台。不建议将两者角度差设计＜0°，因为就算增加颈部平台在气门锥面磨削时易磨伤气门颈部，此时加工工艺性极差。

3.颈部平台

为减少气门锥面的磨损，越来越多的气门锥角采用60°～75°大锥角。气门锥角的增大致使气门锥角和颈部角度间的角度差变小。考虑气门锥角及颈部加工的工艺性，需在气门颈部设置颈部平台0.5_{max}mm。

对于颈部不加工的气门，为保证颈部厚度的一致性，在气门颈部设置颈部平台0.5mm。

4.颈部圆弧

气门颈部圆弧与杆部的过渡部同样影响气流，但更重要的是其尺

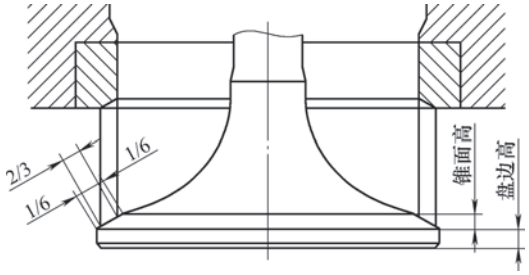

图 3

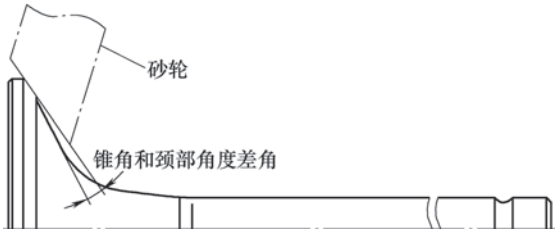

图 4

寸，它起着整个圆弧部的应力水平分布平衡作用，通常此处圆弧半径为气门盘外圆的20%～50%，排气门要比进气门大些。气门颈部工作应力越大，其颈部圆弧设计得越大，以平衡应力水平，提高可靠性。

5.颈部锥度角及颈部长度

对于工作负荷不大的气门将气门颈部锥度角设计为0°（即无颈部锥度角），以简化产品结构。为提高气门使用寿命，气门颈部与杆部过渡部也常设计为腐蚀和疲劳失效十分敏感，增加颈部锥度角可以在重量不增加或重量增加很少的情况下提高寿命，同时还克服了杆径增加而带来成本也增加的不足；在颈部和杆部过渡处增加颈部锥度角，同时适当加长颈部长度尺寸，这样既增加了气门颈部第二热点位置的直径，增强盘杆过渡处强度，又避免了盘杆过渡处与第二热点重合，使得两个应力集中位置分离，有利于提高气门颈部使用寿命。

近几年随着发动机强化度的不断提高，采取在颈部与杆部过渡区增加颈部锥度角和延长颈部长度这一设计原则越来越多的被采用。根据气门工作受力大小，通常气门颈部锥度角设计为0°～8°。为提高气门颈部工作可靠性，将颈部锥度角设计为3°～5°已被很多气门所采用；通常颈部长度为气门盘外圆的50%～80%，排气门颈部长度尺寸要比进气门大些。

6.颈部直径

如图1所示，对于基本型结构型式的颈部直径其尺寸略大于杆部直径，通常取比杆部直径大0.15～0.5mm。气门颈部采用全加工方式，建议颈部直径取比杆部直径大0.15～0.3 mm。气门颈部采用毛坯成型后不加工方式，建议颈部直径取比杆部直径大0.3～0.5 mm；如图2所示，对于带除碳凹部型结构型式的颈部直径其尺寸略小于杆部直径，通常取比杆部直径小0.2～0.35mm。

7.颈部除碳凹部长度及圆弧

由于气门导管间隙、供油及油温等原因，发动机正常工作时容易在导管口处造成积碳，导致气门粘滞，影响气门密封和正常工作。如图5所示，设计者常常在气门杆靠近头部的一定区域设计“除碳凹部”（缩小杆部直径），凹部边缘在气门关闭时移入导管内大约相当气门行程的一半处，在气门打开举升时，利用凹部边缘的尖角清除导管孔处积碳，以保证导管内孔清洁。

除碳凹部圆弧通常设计的较小，以利于圆弧边缘的尖角清除积碳，常取*R*1～*R*5mm；靠近颈部锥度角的过渡圆弧起着平衡工作应力、减少应力集中作用，常取较大的圆弧*R*20～*R*30mm。

结语

气门作为发动机配气机构的基础零部件，本文对气门颈部结构主要设计原则进行了阐述，这些设计原则是在考虑气门刚度、强度、气体流动、工作可靠性、使用寿命、加工工艺性等因素并总结行业经验得到的，具有一定的参考意义。在完成对气门颈部结构设计后，为确认是否达到设计目标，需对气门进行有限元应力分析及相关发动机台架考核试验，在得到应力分析及试验确认后方可确定最终气门颈部结构。

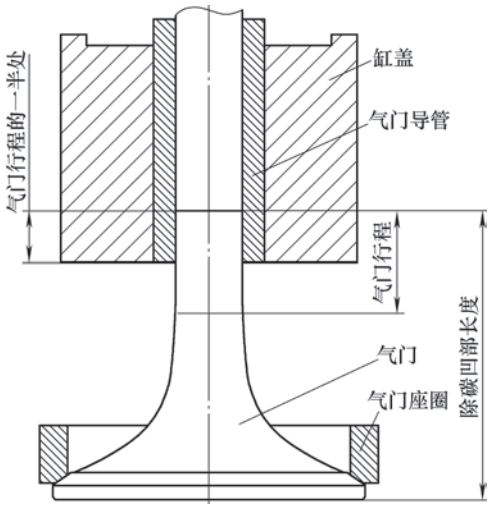

图 5