

# 大模数齿轮轴齿形的加工

顾建平, 耿建伟, 刘莹

山东冶金机械厂有限公司 山东淄博 255000

**摘要:** 针对900t混铁炉传动装置中一个关键零件——模数为65mm的齿轮轴用一般的加工方法难以加工的问题进行分析, 发现利用齿轮转位设计特殊齿形样板, 再利用特殊齿形样板设计两种形状不同的指状铣刀, 在普通镗铣床上即可完成大模数齿轮轴的加工, 从而解决了生产中遇到的技术难题。

**关键词:** 指状铣刀; 齿形样板; 大模数; 齿轮轴; 仿形法; 混铁炉; 传动装置

## 1 序言

模数为65mm的齿轮轴(见图1)是900t或1300t混铁炉传动机构中的关键零件之一, 也是本公司有史以来加工的模数最大的齿轮轴。由于公司现有滚

齿机或插齿机加工范围不能满足零件的加工要求, 因此无法采用范成法进行加工, 只能采取成形法加工。在此之前, 公司加工的最大齿轮轴的模数为50mm, 是利用成形指状铣刀在镗铣床上进行单齿

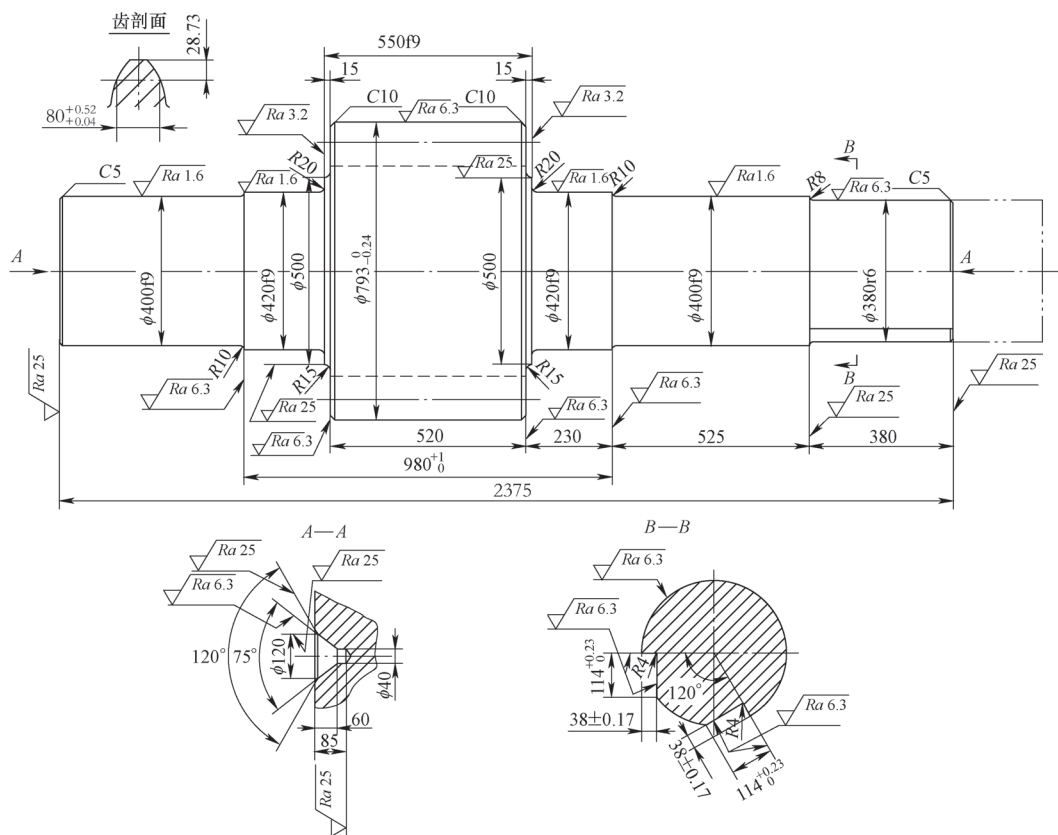


图1 齿轮轴的结构

加工，利用分度头按齿数分度来完成所有齿形的加工。由于齿轮模数较大，刀具切削长度大，因此造成切削力增大。在加工过程中，机床动力基本上能满足使用要求。由于刀具转速不高，因此加工的齿面表面粗糙度比设计要求有所降低。根据齿轮轴的使用情况，只要通过钳工抛光齿面，提高齿面的表面质量，就能够完全满足使用要求。

根据对模数为50mm的齿轮轴齿形的加工经验可知，模数为65mm齿轮轴齿形的加工不能完全按照上述方法。原因有两点：一是机床动力不足；二是刀具体积大，质量较大，铣刀与刀座、刀座与主轴的连接刚性无法保证。要想在镗铣床上加工这种大模数齿轮轴齿形，必须采取有效措施解决上述两个问题：一是减轻刀具质量；二是增加铣刀与刀座、刀座与主轴的连接刚性。只有这样，才能完成该齿轮轴的齿形加工<sup>[1, 2]</sup>。

参照齿轮轴的结构，根据900t混铁炉齿轮轴齿形的设计要求及使用情况，采取分体刀具，利用两把铣刀分3次加工1个完整齿形的方法，可以有效地解决上述问题。

## 2 模数为65mm齿轮轴齿形的加工方法

模数为65mm齿轮轴齿形的加工方法与仿形法不完全相同，是仿形法加工齿轮齿廓的特殊形式。

如果按照模数为50mm齿轮轴齿形的加工方法，设计整体齿形样板，设计整体指状铣刀，然后根据齿形样板加工铣刀，这样加工出来的铣刀最大直径为190mm，长度为170mm，质量超过30kg。这样的刀具在现有镗铣床上无法使用。

根据该零件的工作环境及使用要求，模数为65mm的齿轮轴的传动速度较低，加工精度要求不高。因此，根据齿轮轴的工作状况，改变传统的加工方法，将整体刀具设计成分体形式，设计两把分体式指状铣刀，利用这两把分体式指状铣刀共同完成1个齿形的加工，即每把铣刀只完成1个齿形的一部分。这样不但每把刀具的体积和质量减少到整体铣刀的1/4，提高了铣刀与刀座、主轴的连接刚性，而且刀具刃部接触长度也减少了一半，这样可以有效地解决机床动力和连接刚性不足的问题。具体方法如下。

### 2.1 第一把铣刀的齿形设计

首先按照图样标注参数进行齿形坐标点的计算，利用电脑软件（如CAXA、AutoCAD等）绘制出完整齿形；然后，截取完整齿形的一部分，即从根部开始截取一半以上的部分作为第一把铣刀齿形的凸样板，例如全齿高为117mm，则截取长度65mm；最后根据齿形的凸样板制作出齿形凹样板。这样，齿形凹样板即可作为第一把指状铣刀的齿形样板。如图2所示。

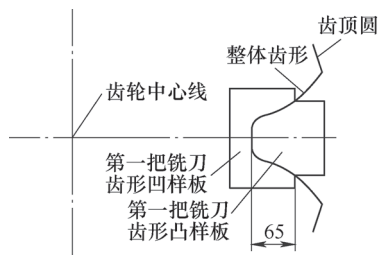


图2 齿形凹、凸样板

### 2.2 第二把铣刀的齿形设计

第二把铣刀齿形样板的设计是整个渐开线齿形加工的关键，因为第二把铣刀齿形样板的准确程度将会直接影响所加工渐开线齿形的正确与否。设计原理是：利用电脑软件模拟实际铣齿加工，根据齿轮轴实际转动角度，产生第二把铣刀的齿形样板。具体方法如下。

首先将由电脑软件绘制的完整齿形线以齿轮轴中心点O为原点旋转 $6^\circ$ ，中心线不作旋转，得到中心线两侧齿形不对称的图形，一侧离中心线较近，另一侧离中心线较远；然后利用电脑绘图软件将靠近中心线一侧的齿形线以中心线OA为轴线进行镜像拷贝操作，得到另一侧齿形线；最后截取全齿高117mm减去65mm以后剩余的部分齿形，即可作为第二把铣刀齿形凸样板。如图3所示。

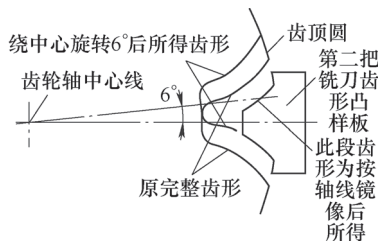


图3 铣刀齿形凸样板

根据上述设计的齿形凸样板制作出齿形凹样

板，利用齿形凹样板即可进行指状铣刀的加工制造。

### 3 铣刀的设计

根据我公司使用的刀具与刀柄的连接方式，参考《非标准刀具设计手册》《刀具设计手册》进行

刀具结构设计，铣刀切削刃部分要完全按照上面设计的齿形样板进行设计，其他部分则按照刀具设计标准及与刀柄的连接方式进行设计<sup>[3, 4]</sup>。根据上述两种齿形样板，设计出两种不同形状的指状铣刀，第一把铣刀（6齿）如图4所示，第二把铣刀（4齿）如图5所示。

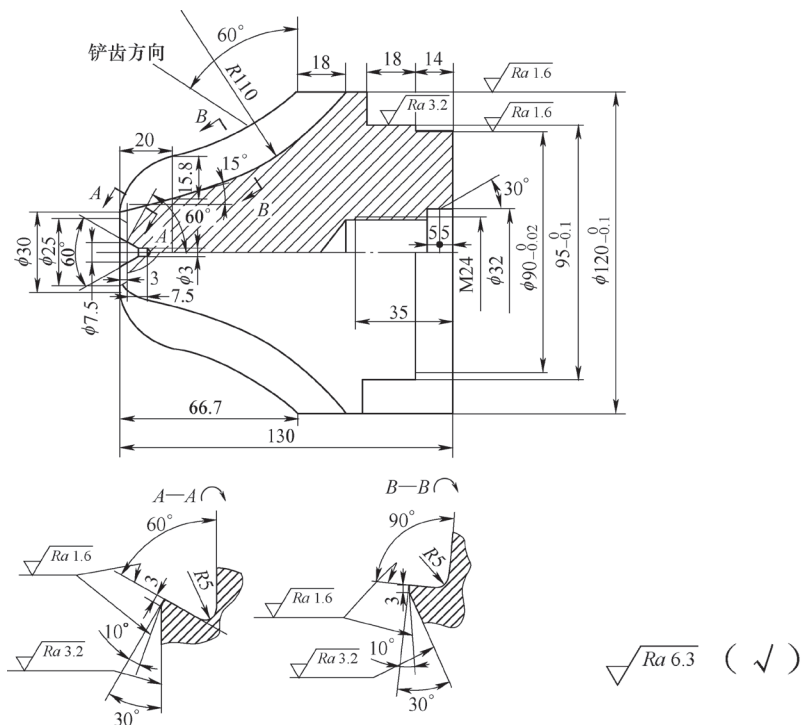


图4 第一把铣刀

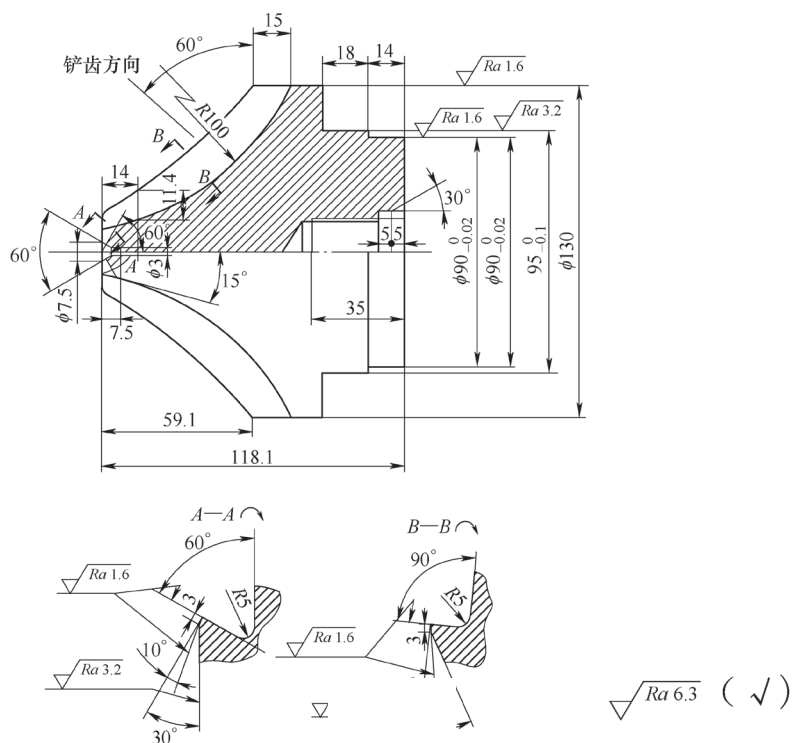


图5 第二把铣刀

根据上述方法设计的指状铣刀，最大直径为130mm，刀具长度为117mm，质量为10kg左右。有效地解决了刀具与刀柄、主轴的连接刚性问题。

#### 4 齿轮轴齿形加工工艺及注意事项

为了保证齿轮轴渐开线齿形的加工精度，必须严格按照加工工艺进行铣削加工。

1) 齿轮轴毛坯加工好后，钳工按照图样标注齿数进行分度，按照整体齿形样板划出所有齿的齿形加工线。

2) 在镗铣床上利用棒铣刀，按照钳工划出的齿形线进行粗加工，齿面留4~5mm调质余量。

3) 调质处理达到技术要求。

4) 在镗铣床上利用分度头对齿轮轴进行分度，利用设计好的第一把铣刀铣削出齿形根部的一部分齿廓，再按照齿数进行分度，依次铣削所有齿的齿根部分齿廓。如图6所示。

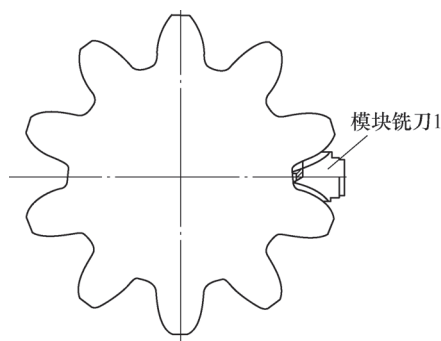


图6 铣削齿根部分齿廓

5) 当所有齿的齿根部齿廓铣削好后，更换第二把铣刀。旋转分度头，齿轮轴旋转 $6^\circ$ ，铣刀位置不变（见图7），利用第二把铣刀铣削出齿形的剩余部分，此时所加工的只是1个齿的单面。1个齿的单面加工好后，再次利用分度头，按照齿数进行分度加工所有齿的单面。由于本次加工是单面吃刀，所以齿轮轴要定位准确，装夹牢固，不允许齿轮轴在加工过程中发生转动，否则，齿形将发生严重变化，达不到渐开线齿形的精度要求。当一面齿形加工好后，将齿轮轴反向旋转 $12^\circ$ ，铣刀位置不变（见图8），按照上述加工步骤，加工出另一面的齿形。

6) 由于1个完整齿形分两次加工，在两把刀加工的连接处易出现台阶，需要钳工修磨两段齿形接刀处，使渐开线齿形过渡平滑。

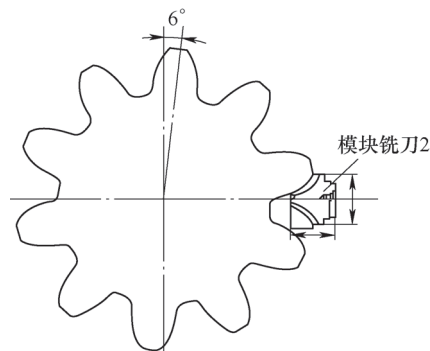


图7 齿轮轴旋转 $6^\circ$ 的铣削加工

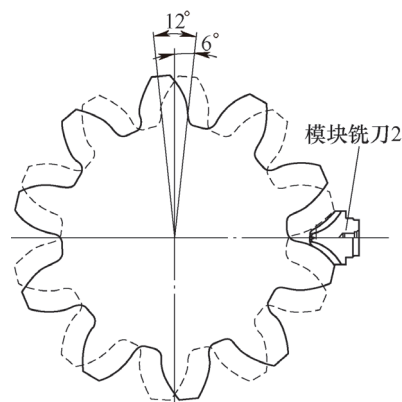


图8 齿轮轴反向旋转 $12^\circ$ 的铣削加工

#### 5 结束语

由于该齿轮轴加工精度要求较低，齿轮轴与齿条的啮合间隙较大，最大齿侧间隙为1.5mm，利用上述方法加工出来的齿形，完全能够满足使用要求。通过这种方法，解决了我公司加工900t混铁炉大模数齿轮轴齿形的技术难题，不但保证了生产工期，而且还降低了加工成本。

这种齿轮轴齿形的特殊加工方法为其他企业在设备不足的情况下，加工大模数齿轮提供了一种新的思路。

#### 参考文献：

- [1] 李维杰，张宗楠，冯东亮，等. 数控龙门铣加工大模数齿轮[J]. 金属加工(冷加工)，2015（19）：34-37.
- [2] 张萍，刘成，刘景兰，等. 超大模数齿轮齿形加工技术应用[J]. 矿山机械，2018，46（5）：73-75.
- [3] 许先绪. 非标准刀具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，1992.
- [4] 袁哲俊，刘华明. 刀具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，1999.