

电梯传动轴数控车削中的问题及解决方法

■ 北京市工贸技师学院 (100037) 朱 洋

摘要: 本文以华菱电梯DH-J05系列传动轴的数控车削为例, 针对不锈钢细长轴工件在加工中存在的问题, 结合生产实践以及新技术的应用, 给出了相应的解决方法。

在电梯传动系统中, 传动轴是传递转矩而不承受弯矩的机械零件。为了达到使用性能, 保证电梯的安全运行, 对于传动轴的加工有严格的工序要求。DH-J05系列传动轴采用1Cr17Ni2不锈钢材料制成, 长径比大于25, 属于细长轴类零件。细长轴加工难度大的主要原因有: ①工艺刚性差, 在加工过程中易受到切削力、夹紧力等外力作用而产生变形和振颤, 破坏刀具和工件之间的位置关系, 降低加工精度。②热扩散性差, 在切削热的作用下, 产生线膨胀。如果两端为固定支承, 则轴会因伸长而顶弯, 出现椭圆形、圆锥形、腰鼓形及竹节形弯曲等情况, 造成圆度和圆柱度误差。通过生产实践以及与技术人员交流, 探索采用沈阳一机HTC40系列数控车床批量加工传动轴的有效方法, 主要包括: ①在粗加工中采用带滚动轴承的新型中心架, 减少触头磨损, 降低形位误差。②在热处理中采用分级淬火, 有效地减少转变过程中裂纹的产生, 防止传动

轴在使用过程中发生断裂。③在精加工中采用PCBN车刀, 以车代磨, 提高加工精度和加工效率。

1. 粗加工阶梯轴

DH-J05系列电梯的年产量为800台, 其传动轴的生产类型为中小批量生产。传动轴零件如图1所示。

(1) 车削加工工艺。毛坯 $\phi 35\text{mm} \times 805\text{mm}$, 材质为1Cr17Ni2不锈钢, 是低碳铬镍型耐蚀钢, 具有较高的强度、硬度及良好的耐蚀性。采用三爪自定心卡盘装夹毛坯左端 $\phi 35\text{mm} \times 400\text{mm}$ 处。为了减少

径向切削力对细长轴弯曲变形的影响, 通过自制带轴承的新型中心架支撑在 $\phi 35\text{mm} \times 200\text{mm}$ 处, 以增加工件的刚度。采用 45° 硬质合金车刀粗车右端面, 钻中心孔。调头后粗车左端面, 钻中心孔, 保证2个中心孔的轴线和尺寸一致, 此时保证总长796mm。粗车外圆时采用 85° 硬质合金车刀、5mm切槽刀、 60° 螺纹车刀, 一夹一顶装夹方式分段车削, $a_p=0.5\text{mm}$ 、 $n=800\text{r/min}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$ 。粗车后各阶段外圆尺寸分别为: $M20 \times 1.5\text{mm}$ 、 $5\text{mm} \times \phi 15\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm} \times 37.1\text{mm}$ 、 $5\text{mm} \times$

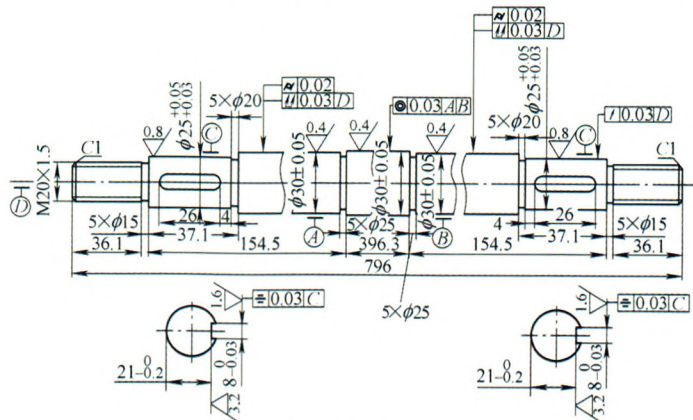


图1 传动轴零件

$\phi 20\text{mm}$ 、 $\phi 31\text{mm} \times 112.4\text{mm}$ 、 $5\text{mm} \times \phi 25\text{mm}$ 和 $\phi 33\text{mm} \times 396.3\text{mm}$ 。各外圆精车余量为 0.5mm ， $R_a < 0.8\mu\text{m}$ ，尺寸精度可达 0.08mm 。粗车后采用校直机对传动轴进行调直，使跳动小于 0.04mm 。

(2) 采用带滚动轴承的中心架。批量加工时，由于工件在中心架的支承下旋转，两者间为滑动摩擦，极易产生摩擦过热。当支承毛坯工件时，由于待加工表面比较粗糙、圆度较差，造成中心架支承爪的圆弧面磨损严重、间隙增大、支承爪的圆弧面与工件表面接触不良，同时又有剧烈的跳动，必须经常调整支承爪（见图2）。当支承已加工表面时，中心架支承爪又易擦伤、拉毛、咬坏已加工表面，影响工件的加工质量和表面粗糙度。

对原有中心架结构进行改进，设计出带滚动轴承的新型中心架。制作过程：根据支承爪的尺寸选用型号为608的深沟球轴承，其内径为 $\phi 8_{-0.007}^{+0.003}\text{mm}$ 、外径为 $\phi 22_{-0.008}^{+0.003}\text{mm}$ 、宽度为 $7_{-0.12}^{+0.08}\text{mm}$ 。该类轴承的摩擦系数小、极限转速高、结构简单、成本低，而且非常耐用，无需经常维护。主要用来承受径向载荷，也可以承受一定量的径、轴向联合载荷。在支承爪端部铣出9个 13mm 的沟槽，并在两侧钻出通孔 $\phi 8_{-0.003}^{+0.002}\text{mm}$ ，在



图2 磨损后的支撑爪

车床上车出销钉 $\phi 8_{-0.003}^{+0.002}\text{mm}$ 。轴承与销钉采用基孔制配合 $\phi 8\text{H}7/\text{s}5$ ，销钉与通孔采用基轴制配合 $\phi 8\text{S}7/\text{h}7$ 。支承爪的制作及装配过程如图3所示。

支承爪装配到中心架上后，采用试棒和百分表对中找正。试棒装夹在三爪自定心卡盘上，中心架架在导轨上，百分表装在表架上，测量主轴的跳动，反复调整中心架支承爪，直到指针指在 0.01mm 范围内，即保证中心架中心与主轴中心一致。带滚动轴承的新型中心架用滚动摩擦代替普通中心架的滑动摩擦，降低摩擦热，从根本上解决了由于支承爪磨损导致误差增大的问题。

2. 精加工阶梯轴

(1) 分级淬火热处理。以前采用的热处理方法是单介质淬火和低温回火。由于奥氏体比马氏体的密度大，因此奥氏体向马氏体转变的过程中，因体积变化产生热应力和相变应力，导致工件

产生裂纹。传动轴在使用过程中易发生断裂，不仅给生产企业造成经济损失，更重要的是将会给乘客的安全带来隐患。

通过观察易断裂处附近金相试样及多次热处理试验，在查阅金属材料热处理手册后，提出将工件粗加工后的热处理工艺改进为分级淬火和低温回火。

分级淬火工艺：将工件放到高频淬火机的感应器内，高频加热到 $950 \sim 1050^\circ\text{C}$ ，保温 50min 。取出工件后放入温度为 1210°C 的盐浴炉中，即稍高于马氏体转变温度点，保温 $2 \sim 5\text{min}$ ，待其表面与心部的温度均匀后取出，吹风冷却，使之发生马氏体转变，如图4所示，其目的是减少内应力，防止转变过程中的变形和开裂。

低温回火工艺：将冷却后的工件放入电炉，加热到 $275 \sim 350^\circ\text{C}$ ，保温 150min 后取出，吹风冷却。目的是得到马氏体组



图3 支承爪的制作及装配

织,在保证淬火后的高硬度和耐磨性的基础上,降低淬火应力,提高韧性。硬度为45~50HRC、抗拉强度 $\sigma_b \geq 850\text{MPa}$ 、伸长率 $\delta=5\%$ 。

(2) 刀具选择。以前的精加工方法是用TiAlN涂层硬质合金车刀精车传动轴后,在M1432A磨床上进行精磨。精车时, $a_p=0.2\text{mm}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$ 、 $n=300\text{r/min}$ 。硬质合金车刀车削淬硬钢的缺点是刀具磨损快、切削效率低,通常车削完一个工件后需要更换刀具。传动轴在磨床上精磨时需要再次定位,产生定位误差,影响加工精度。传动轴在磨削力和磨削热的作用下,产生受迫振动和自激振动,使传动轴表面产生直波振纹和多角振纹并出现径向跳动误差。传动轴自重产生的挠度会使其在加工中产生让刀现象,导致被加工表面出现素线不直的缺陷。

(3) 采用PCBN车刀。针对传动轴材质的特点,提出在精车阶段采用PCBN车刀,即聚晶立方氮化硼车刀,如图5所示。PCBN刀片通过CBN粉末和结合剂经超高压高温烧结而成,维氏

硬度3 000~5 000HV。车削淬硬钢时温度可达上千度,硬质合金、陶瓷刀具遇到高温就会变软,性能也会发生变化。PCBN车刀的红硬性高,达到1 200℃以上,在很高的温度下依然可以高速车削淬硬钢,且刀具耐磨性好,可成倍提高加工效率。特别适合加工硬度在45HRC以上的淬硬钢、耐磨铸铁以及35HRC以上的耐热合金、珠光体灰口铸铁。

传动轴经过两次热处理后,硬度达到45~50HRC。HTC40系列数控车床的卡盘直径为254mm、最大车削长度为1 030mm、重复定位精度为0.006mm。三爪自定心卡盘装夹毛坯左端 $\phi 33\text{mm} \times 400\text{mm}$ 处,中心架支撑在 $\phi 33\text{mm} \times 200\text{mm}$ 处,采用一夹一顶装夹方式分段硬车削。硬车削是指把淬硬钢的精加工由磨削改为车削的工艺方法。采用硬车削时,应合理选择刀具和车床工艺系统。刀具的材料一般选择硬度高、耐磨性好、热稳定性好的陶瓷、PCBN材料。淬硬钢切屑为带状,脆性大、易折断、不粘结,切削表面不产生积屑瘤,表面质量高,但切削力比较大,所以刀具宜采用负前角 $\geq -5^\circ$ 和较大的后角 $10^\circ \sim 15^\circ$,主偏角一般取 $45^\circ \sim 60^\circ$,以减少工件和刀具振颤,车床系统应具有足够的刚性。

精车外圆时采用 35° PCBN车刀, $a_p=0.3\text{mm}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$ 、

$n=1\,200\text{r/min}$,走两刀完成精车余量的车削,打样时走一刀后,根据测量结果进行调整。主轴转速的选择与数控车床的稳定性有关,转速过低时不能发挥PCBN车刀的切削性能,转速太高时机床会产生振动,从而加剧刀片损坏,因此主轴转速的选择应结合所用机床型号。精车后的表面粗糙度值 $R_a=0.4\mu\text{m}$,加工精度达到IT6,精车外圆的工序如图6所示。

使用PCBN车刀加工传动轴可以从刀具寿命、加工精度及工时等方面保证加工质量,提高加工效率。与车削+磨削工艺相比,使用PCBN车刀以车削代替磨削完成精加工有以下优点:①加工效率高。免去磨削中再次定位、装夹,减少换刀次数,车削的金属切除率是磨削的3~4倍,使单件加工时间由以前的2.5h缩短为1.5h,加工效率提高67%。②加工成本低。PCBN车刀相对硬质合金车刀的价格偏高,造成加工成本上升,但将磨床等设备投资摊入生产成本,综合测算后成本大幅降低,既节省人员、设备投资、占地面积,又符合柔性生产要求。③加工精度满足图样

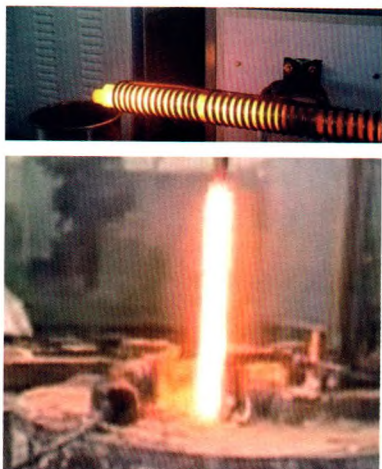


图4 分级淬火



图5 PCBN车刀

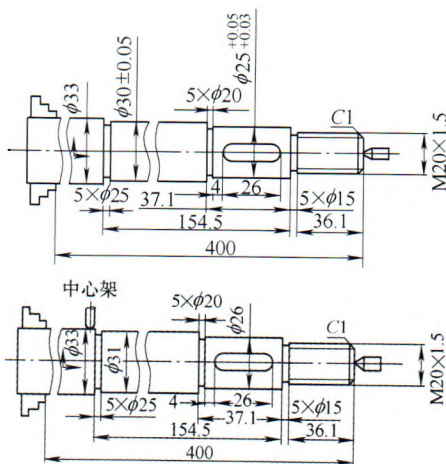


图6 精车外圆工序

要求。在一次装夹中完成多个表面加工，减少定位、装夹次数，从而减少误差，两者的对比如表1所示。

(4) 存在的问题及解决方法。

工件振颤：由于细长轴的刚性不足，且车削阶梯轴时不便使用跟刀架在加工时容易产生振颤。

解决方法：在车刀装夹时，刀尖中心低于主轴中心0.1~0.2mm，刀尖过高或过低会对工件产生向下或向上的径向力，使工件产生振颤。刀片的主偏角大于0°，此时车刀对工件具有适当的径向力，能消除部分振颤，使切削平稳，尾座套筒的伸出长度不宜过长。

工件热变形伸长：虽然PCBN车刀具有良好的导热性，不加切削液同样可达到理想的加

工质量和较长的使用寿命，但高速车削导致工件热变形轴向伸长。

解决方法：①使用非水溶性切削液。PCBN车刀车削淬硬钢时，湿式切削比干式切削寿命要长，使用切削液可吸收切削热，有效降低前后刀面的磨损速度，但必须使用非水溶性切削液，因为CBN易在1 000℃产生水解作用，造成刀具严重磨损。②采用弹性回转顶尖。当工件受热伸长时，顶尖有向后退让的余量，防止工件产生弯曲变形。顶尖的松紧以刚顶上工件为宜，不宜过紧，并在切削过程中随时观察顶尖的松紧，进行调整。

(5) PCBN车刀使用注意事项。使用时除参照刀片切削用量表外，还应根据车床、工件等情况合理选择。①切削用量：

切削速度要根据被加工材料选择。切削硬度为50~60HRC的淬硬钢时， $v_c=80\sim 120\text{m/min}$ ，切削速度过低，不能发挥PCBN车刀的切削性能。 $f\leq 0.2\text{mm/r}$ ， $a_p\leq 0.3\text{mm}$ 。②车床工艺系统：硬车削时，径向力很大，要求车床的系统刚性要好、功率要大。PCBN车刀装夹时，悬伸长度尽量短，以防止刀杆颤振和变形。③切削硬度高和不规则的工件：PCBN刀片较脆，在工件表面有夹渣、砂眼、凹凸不平时，最易发生冲击，使刀口破裂。使用PCBN车刀前，先将冷硬层粗车一次，以减小对PCBN车刀的冲击力。

3. 加工工艺过程

传动轴的加工工艺过程如表2所示。

4. 结语

细长轴类工件虽然结构简单，但由于本身的形状特点致使加工难度大，被认为是车削中的难题之一。通过在粗加工中采用

表1 硬车削与车削+磨削对比

加工方法	装夹次数	刀具寿命/h	精加工工时/h	加工费用/(元·h ⁻¹)	加工精度/ μm
车削+磨削	4	3	2.5	70	IT6/ $R_a=0.4$
硬车削	2	5	1.5	50	IT6/ $R_a=0.4$

表2 传动轴加工工艺过程

工序号	工序内容	设备	工艺装备
1	下料 锯棒料 $\phi 35\text{mm}\times 805\text{mm}$	弓锯床G7016	锯片、钢板尺
2	预热处理 正火、球化退火	正火HEW-16A、 球化退火炉	—
3	车端面、钻中心孔：①车一端面，钻2.5/6.3中心孔。②调头车另一端面，保持总长796mm，钻2.5/6.3中心孔	数控车床HTC40系列	45°硬质合金车刀、中心钻、三爪自定心卡盘、带滚动轴承的中心架、游标卡尺
4	粗车基圆、倒角、切槽，M20×1.5螺纹：①倒角1×45°、车 $\phi 20\text{mm}\times 41.1\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}\times 37.1\text{mm}$ 、 $\phi 31\text{mm}\times 117.4\text{mm}$ 、 $\phi 33\text{mm}\times 200\text{mm}$ 、5mm× $\phi 15\text{mm}$ 槽、5× $\phi 20\text{mm}$ 槽、5mm× $\phi 25\text{mm}$ 槽、M20×1.5螺纹。②调头倒角1×45°、车 $\phi 20\text{mm}\times 41.1\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}\times 37.1\text{mm}$ 、 $\phi 31\text{mm}\times 117.4\text{mm}$ 、 $\phi 33\text{mm}\times 198\text{mm}$ 、5mm× $\phi 15\text{mm}$ 槽、5mm× $\phi 20\text{mm}$ 槽、5mm× $\phi 25\text{mm}$ 槽、M20×1.5螺纹	数控车床HTC40系列	85°硬质合金车刀、60°螺纹车刀、5mm切刀、三爪自定心卡盘、带滚动轴承的中心架、弹性回转顶尖、游标卡尺
5	精车M20×1.5螺纹	数控车床HTC40系列	60°螺纹车刀、三爪自定心卡盘、中心架、弹性回转顶尖、游标卡尺、螺纹环规
6	铣键槽 铣 $\phi 8_{-0.03}^0\text{mm}\times 26\text{mm}$	数控铣床XK5036	$\phi 8\text{mm}$ 键槽铣刀、专用夹具、游标卡尺

(续)

工序号	工序内容	设备	工艺装备
7	调直 允许跳动小于0.04mm	校直机 YJZ-1000	百分表
8	二次热处理 分级淬火、低温回火	高频淬火机WDS-25D、 盐浴炉、低温回火炉SNJH-75-6	—
9	调直 允许跳动小于0.03mm	校直机 YJZ-1000	百分表
10	精车基圆：①车 $\phi 25_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 32.1 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 112.4 \text{ mm}$ 、 $\phi 32_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 。②调头车 $\phi 25_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 32.1 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 112.4 \text{ mm}$ 、 $\phi 32_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm} \times 198 \text{ mm}$	数控车床HTC40系列	35° PCBN车刀、三爪自定心卡盘、中心架、弹性回转顶尖、游标卡尺、外径千分尺
11	调直 允许跳动小于0.03mm	校直机 YJZ-1000	百分表
12	检验 检验各项尺寸		游标卡尺、螺纹环规、百分表、外径千分尺

带滚动轴承的新型中心架，在热处理中采用分级淬火，在精加工中采用PCBN车刀，探索出电梯传动轴数控车削的有效方法。但在控制温升、变形、振颤及工艺

设计等方面仍然存在进一步改进的空间。

参考文献：

[1] 宋莉莉. 数控车床车削加工工艺过程分析及编程[J]. 河北工业大

学成人教育学院学报, 2006, 21 (2) : 50-55.

[2] 王瑞. 数控车削加工工艺研究[J]. 河南科技, 2010 (24) : 49.

MW (收稿日期: 20161011)

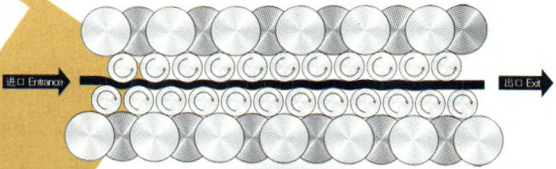


提供**24小时**
精密矫平加工服务

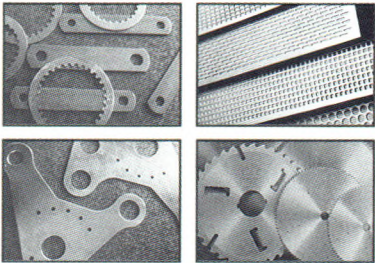
液压式精密矫平机

Hydraulic Traceless Precision Leveler

- ◎ 板料
Sheet Metals
- ◎ 平面零件
Flat Parts
- ◎ 有色金属
Non-ferrous Metals
- ◎ 镜面板
Mirror Sheet



板料 - 矫平设备
Leveling equipment for sheet metals
棒材 - 矫直设备
Straightening equipment for bars



常州市中安机械制造有限公司
中国·江苏常州市武进高新区凤翔路23号
手机: 13606144635 / 18306110052
电话: +86 (0) 519 86502221
传真: +86 (0) 519 86502804
网址: www.zamake.com
邮箱: czza-1008@163.com

北京办事处:
13910963480
昆山办事处:
13776360656

◆广告 查询编号: 1810