

度来铣削斜面。

用此法铣斜面，若工件尺寸较大，铣削面积大，可采用面铣刀端面铣削。因该工件斜面面积不大，且斜面底边距底面不高，用面铣刀铣倾斜的工件时极易碰到虎钳，故采用了立铣刀圆周铣削斜面。

② 合理安排铣削顺序。工件要铣削两个斜面，一般的习惯是先将一侧铣好，再铣另一侧，以便节约调头装夹找正的时间，其实不然。因为工件加工精度要求高，既要控制两侧斜角的公差还要保证顶端宽度 $20\pm 0.1\text{mm}$ 的公差，若先铣好一侧，则两侧斜角的对称度偏差不易控制， $20\pm 0.10\text{mm}$ 的尺寸也难以保证。由于斜面的表面粗糙度值要求较高，应划分粗铣、半精铣和精铣 3 个加工阶段，以使工件加工精度一步步提高，表面粗糙度值一次次减小。所以将工件两侧斜面分别经过粗铣和半精铣后，再依次精铣至要求。

③ 正确选择装夹方法。由零件图样标注可知，垫铁底面是两侧面设计基准，若采用虎钳装夹工件，应保证虎钳固定钳口侧面平行于工作台的横向移动方向，工件侧面对工作台面的垂直度，从而保证工件侧面相对底面的垂直度要求及斜面角度精度。

④ 注意控制好工件的斜角角度。斜角的精度是该工件最重要的技术要求之一，铣削过程中必须认真注意控制。铣削前，最好能画出斜面轮廓线，以便于找正和对刀，掌握加工余量。粗铣时可按线均匀留出余量；半精铣时要精心检测斜角大小，发现角

度有误差要及时调整。调整时，先从铣刀头转动角度入手，微调其角度，铣一刀测量一次所铣角度，若有误差再微调，直至符合要求。同时还必须查看工件装夹情况，工件是否未夹紧而在铣削时走动，或因两侧面平行度误差，使一侧面与钳口面未贴紧。若未夹紧，则适当加大夹紧力；若侧面未贴紧钳口面，可视工件斜角偏移方向，在工件下面的垫块上垫一层适当厚度的薄纸，经铣切、测量，通过调整所垫薄纸的位置和厚度来矫正角度误差。通过这样反复测量和多次调整，就可使工件的斜角误差控制在规定的范围内。

根据以上分析，拟定工艺方案如下：

① 机床的选择：选用 X5032 型立式万能铣床。

② 刀具的选择：选择直径为 $\phi 16\text{mm} \sim \phi 20\text{mm}$ 的立铣刀。

③ 装夹方法：用机用虎钳来夹紧工件的两个侧面，工件下垫上垫块。装夹时，必须仔细找正。

④ 铣削方法：把立铣刀倾斜成所需角度（ 24° ）来周铣斜面，为保证铣削用量，应划分粗、精铣。

⑤ 铣削用量的选择：粗铣时，铣刀转速为 $n=300 \text{ r/min} \sim 375 \text{ r/min}$ ，背吃刀量 $a_p=2\text{mm} \sim 4.5\text{mm}$ ，铣刀每转进给量 $f=0.8\text{mm/r} \sim 1\text{mm/r}$ ；精铣时， $n=750\text{r/min} \sim 950\text{r/min}$ ， $a_p=0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$ ， $f=0.4\text{mm/r} \sim 0.5\text{mm/r}$ 。

⑥ 工艺路线如下：粗铣左侧斜面→半精铣左侧斜面→粗铣右侧斜面→半精铣右侧斜面→精铣右侧斜面→精铣左侧斜面。

(2) 加工步骤。

① 操作前检查、准备。检工件尺寸及加工余量，清理工作台清除工件表面毛刺；用千分表找正虎钳安装位置，找正后固定钳口侧面与工作台横向运动方向的平行度误差控制在 0.02mm 之内；转动立铣头。安装好立铣刀，将立铣头顺时针方向转动 24° ，使得立铣刀轴线与铅垂方向成同一倾角。

② 装夹工件。将工件装夹在虎钳上，其下垫下垫块，用千分表找正侧面与机床横向进给方向平行，找正工件侧面对工作台面垂直度，误差不大于 0.02mm ，之后夹紧工件。

③ 粗铣左侧斜面。先用较大的切削用量切去角上大部分余量粗铣出一段斜面后，再以正常的切削用量继续铣削。粗铣后，留 $1.5\text{mm}\sim 2.0\text{mm}$ 余量。

④ 半精铣左侧斜面。半精铣时，需用游标万能角度尺检查斜角大小，若有误差，需经调整，直至斜角大小正确。半精铣后留 $0.5\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 余量，斜角为 $24^\circ\pm 6'$ 之内，表面粗糙度为 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 以下。

⑤ 粗铣右侧斜面。将工件转 180° ，调头装夹粗铣右侧面，留 $1.5\text{mm}\sim 2.0\text{mm}$ 余量。

⑥ 半精铣右侧斜面。留 $0.5\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 余量，斜角为 $24^\circ\pm 6'$ ，表面粗糙度为 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 以下。

⑦ 精铣右侧斜面。精铣至要求，保证斜角 $24^\circ\pm 6'$ ，表面粗糙度为 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。

⑧ 精铣左侧斜面。调头装夹，精铣左侧斜面至要求，斜角为 $24^{\circ}\pm 6'$ ，顶面宽度为 $22\pm 0.10\text{mm}$ ，表面粗糙度为 $R_a 1.6\mu\text{m}$ 。

(3) 加工注意事项。

① 注意工件装夹高度。工件采用虎钳装夹，工件下应垫一垫块，以控制其装夹高度。垫块应平稳光滑，平行度误差要小，高度也要适宜。若工件装夹得太高，则刚性会降低，铣削时易产生振动，工件产生波纹或者走动，严重时则工件会飞出或损坏铣刀；若工件装夹得太低，则立铣刀端部易碰撞虎钳口无法铣削。

夹紧时，工件应紧贴垫块，不能有较大的空隙更切忌悬空，否则工件会因铣削力的影响而走动。

② 用立铣刀周铣工件斜面时切忌不用切削液的“干铣”。因为切削条件较差，铣刀螺旋周齿的容屑空间又不大，切屑易堵塞，或因较高的切削热形成积屑瘤，破坏刀齿的切削性能。因此在铣削时必须采用足够流量的切削液，喷注在切削区域，以达到冲洗排屑、冷却散热和润滑的效果，有利于铣削的顺利进行，并保证工件所需的表面粗糙度值。

③ 在加工过程中，应十分重视有关的清理和清洁工件。工作台上若有杂物、重物，会影响其移动精度；工作台面有污垢、灰尘、切屑，会影响虎钳的安装精度。虎钳底部和钳口等部位有杂物，会直接影响工件的装夹精度。工件表面未清理，装夹后及转工序后更会破坏它的定位、加工和测量基准，从而影响其加工精度。

为此，从准备工件开始，每一个有关加工的环节都应做好必要的清理、清洁工作。安装虎钳前，工作台和虎钳底部要擦拭干净，虎钳安装找正后，钳口和垫铁也要清理洁净，严防杂物粘附。工件表面更要多次清理，在加工前和粗铣、半精铣后都要仔细清理，去掉毛刺、杂物，以便下一道工序的顺利进行。