飞机结构维修引孔定位工艺方法分析

冯广贺
（哈尔滨哈飞航空维修工程有限公司 黑龙江 哈尔滨 150066）

摘要：在多次飞行期间，飞机机体结构会受到外部因素的影响，导致机体材料性能发生改变，从而出现结构裂纹，需要及时进行维修处理，保证飞机机体结构质量，才能让飞机在飞行期间处于安全状态。但由于飞机机体结构体积比较大，实际开展修复工作时需要投入的维修成本比较高，常用常规引孔定位工艺技术进行操作处理，但是该工艺技术相对落后，实际使用期间存在一定的局限性，无法保证工作开展质量，也会影响后期维修效果。应重视新型引孔定位工艺技术的研究与运用，了解每种工艺技术的操作要点，能够在实际进行飞机结构维修时快速、高效完成引孔定位工作。

关键词：飞机；结构维修；引孔定位；新型工艺方法

0 引言

维修处理飞机结构疲劳裂纹时，通常需要通过原机孔引出新孔，但是以往运用的方式方法存在孔定位精度不准确的情况，会受到操作技术和维修空间等方面的影响无法有效定位引出新孔。这就要求在常规引孔定位工艺技术的基础上进行新工艺和新技术的研究，注重多种先进工具设备的运用，优化引孔定位工艺方法，确保能够快速引孔，保证定位的准确性，从而为飞机结构维修工作的有效开展奠定基础。这对提高飞机结构维修质量和水平也有着重要意义，能够满足现代飞机结构维修引孔定位的高精度要求。

1 飞机结构维修处理现状

飞机结构裂纹维修一般会采用损伤部位补强处理或者零件换新的方式，具体进行维修操作时需要利用飞机结构表面原有的螺栓孔或铆钉孔，对于补强材料的位置或者新零件的位置进行定位，引出新孔，便于后续阶段的维修处理。整个操作过程对孔定位精度有着较为严格的要求，若定位精度得不到保障，则会影响飞机结构疲劳寿命。比较常用的手工引孔方法，实际应用期间也会受到定位工具、引孔方法、作业精度和空间区域等方面的影响，存在引孔定位准确性差和不能保障引孔效果的情况。而且由于飞机机体结构体积大，内部构件组成复杂，许多先进引孔定位技术无法广泛运用到飞机结构维修方面，这就需要在常规引孔定位方法的基础上进行工艺方法的深入研究，形成新型工艺技术，以此解决以往引孔定位过程中存在的困难。

2 飞机结构维修常规引孔定位及不足

2.1 常规引孔定位方法

2.1.1 划针引孔定位

该引孔定位方法是飞机结构维修处理中较为常用的工艺方法，实际操作过程中先将加强件与飞机结构紧密相连，划针则要在飞机机体结构没有粘贴加强件的一侧伸入飞机结构表面原本的螺栓孔或者铆钉孔中，通过旋转的方式在加强件表面留下痕迹，而后取下加强件，按照划痕位置制作新孔[1]。这种引孔定位方法定位不精准，容易出现较大偏差，在机体维修过程中还需要进行纠偏处理，常用于对引孔定位精度要求不高的飞机结构部位。

2.1.2 常规引出线引孔定位

引出线引孔定位技术主要应用于维修处理表面较为平整的部位，在加强件表面也相对平整的情况下，可运用引出线引盲孔的方式进行引孔定位。主要是根据两条交叉线来确定孔位的具体位置，交叉线在延伸期间交点的位置不会发生改变。具体操作时，可选择直线尺工具在机体表面原来螺栓孔或者铆钉孔的位置画十字引出线，根据引出线确定加强件表面上孔位的具体位置，通常情况下会与飞机结构原孔位置的中心处于一条直线上。

2.1.3 透孔夹引孔定位

部分飞机机体结构在外力作用下会受到损坏，对于处于封闭区域的损伤结构部位，一般会采用透孔夹引

64-77 现代交通技术 22年 11月中 第32期.indd 75 2022/12/3 9:54:36

孔定位方法进行定位。运用透孔夹进行引孔定位时需要使用到定位板和引孔板，通过定位点进行定位，使用引孔圆进行引孔。具体操作过程中应将透孔夹放入到加强件与机体中间缝隙位置，将定位点插入到飞机结构表面原孔位置，同时也要保证引孔板与加强件之间连接的紧密性，而后通过引孔圆标记同心孔的位置，整个操作流程较为方便。

2.2　常规引孔定位方法运用中的不足

划针引孔定位方法在使用过程中经常会出现划针痕迹不规则、不清晰的情况，导致在引新孔时不能对钻孔中心点进行准确定位，从而出现钻孔偏差，影响维修效果。引出线引孔定位依赖于交叉线来确定钻孔位置，这种引孔定位方法比较适用于结构较为平整的区域。透孔夹引孔定位则比较适用于相对封闭的区域空间，对于厚度比较薄的蒙皮也能够进行妥善维修处理，但是整体精度有待提升。

3　飞机结构维修新型引孔定位方法

3.1　运用引出线自适应定位工具进行引孔定位

常规引出线引孔定位方法在应用期间，经常会出现中心点识别不准确的情况，从而影响引孔精度。要想对这一问题的发生进行有效控制，则可以设计和研发引出线自适应定位工具，能够根据飞机机体原本表面孔位进行自动定位和纠偏处理，保证画线的准确性，提高引孔的精准性。自适应定位工具主要运用自适应定位器确定中心位置，而后运用直线尺进行画线，直线尺中留有画线槽，可保证画线清晰。实际运用相关工具进行引孔定位时，应保证直线尺与飞机机体结构表面紧密贴合，而后通过自适应定位器的锥形端头寻找原机孔，确保二者完全贴合后运用直线尺中的画线槽进行画线[2]。直线尺可根据实际需要随意转动，选择合适的位置画线，对画线进行延伸，而后放置加强件，通过回引交叉线的方式在加强件表面找到回引线的交叉点，该点与原机孔的中心点相同。

3.2　打点器引孔定位工艺方法

该引孔定位工艺方法主要分为主动和被动两种形式。主动敲击打点器引盲孔的工艺方法，主要运用与飞机结构原本孔径一致的光杆作为打点器，将打点器插入原机孔中，而后使用专门的工具敲击打点器的凸起部位，确保能够在加强件上留下痕迹，并将其作为定位孔进行维修处理。被动敲击打点器的工艺方法，先要将打点器放入到原机孔处，而后将加强件与飞机结构紧密贴合，从贴合加强件的一侧进行敲击，使其与打点器的定位点撞击在一起，从而留下痕迹，根据痕迹进行定位[3]。这一引孔定位工艺方式在实际应用过程中可以保证整个操作过程的稳定性，而且也能够提高定位精度，并实现批量引孔。另外，两种不同的敲击方式可以满足不同空间区域的引孔定位需求，不会受到空间条件的限制，适用性比较强。

3.3　磁铁引孔定位工艺方法

磁铁引孔定位主要是利用磁铁异性相吸原理进行引孔定位，通过铁磁定位引孔器来确定定位磁铁的位置，从而实现引孔定位，磁铁定位引孔器引孔操作如图所示。具体操作过程中，会根据飞机机体表面原来孔径大小选择合适的磁铁放入其中，而后将加强件安装在需要维修处理的结构部位，将铁磁定位引孔器放在加强件表面，该工具中的铁磁能够与原机孔中的定位磁铁相吸引，实现自动校准，而后标记孔位，方便飞机结构维修处理。

4　引孔定位工艺方法试验验证

4.1　试验准备工作

对三种常规引孔定位方法和三种新型引孔定位工艺方法的应用效果进行对比分析，根据飞机机体结构特点运用铝板制作试验件和加强件，分成 6 组分别运用上述引孔定位方法进行引孔定位。6 组实验样本和加强件的尺寸需要保证一致，而后在 6 个样本中间引出 25 个新孔，对引孔定位速度、精度等进行对比分析。

4.2　具体操作过程

将样本 1 ～ 6 分别运用划针引孔定位方法、常规引

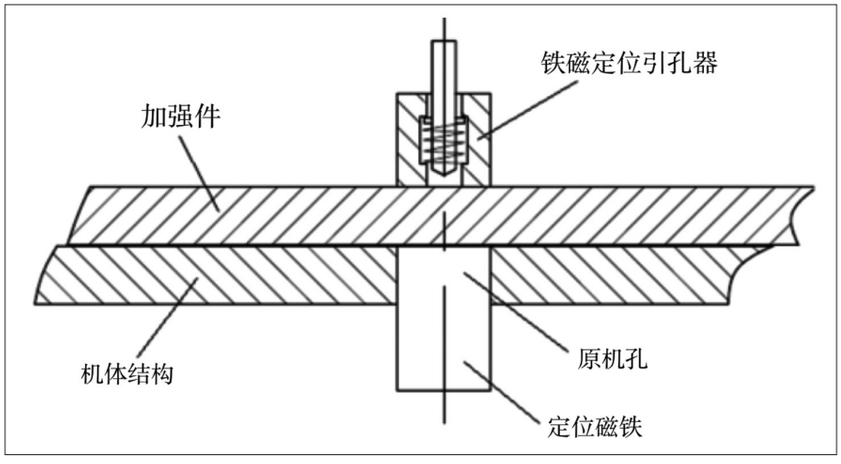

图　磁铁定位引孔器引孔示意图

64-77 现代交通技术 22年 11月中 第32期.indd 76　　2022/12/3 9:54:36

出线引孔定位方法、透孔夹引孔定位方法、新型引出线引孔定位方法、打点器引孔定位方法、磁铁引孔定位方法在加强件 1 ～ 6 上引出 25 个新孔定位点，并使用台钻钻制到 ϕ8mm，然后将加强件与试验件紧密贴合，从原机孔或者加强件上的钻孔部位将塞规插入孔内 [4]，观察是否能够通过以及通过数量。

4.3 新旧引孔定位工艺方法的应用对比分析

通过对试验结果分析可以发现，使用打点器引孔定位工艺方法进行处理，合格数量为 24 个，合格率达到 96%，其他两种新型引孔定位工艺的合格率也达到了 92%，定位速度比较快。而常规引孔定位工艺方法的合格率比较低，定位速度也比较慢，常规引出线引孔定位方法还需进行纠偏处理，导致飞机结构维修效率低。通过试验结果对比可知，新型引孔定位工艺方法的操作精度和引孔定位效率比较高，是当前飞机结构维修处理中首选的引孔定位方法。具体试验结果见下表。

5 结语

综上所述，要想提高飞机结构维修处理技术水平，提高机体结构维修质量，还应充分考虑到飞机结构材料性质、引孔位置和定位空间等因素，根据现实情况对照常规引孔定位方法，结合新技术形成引孔定位新工艺，设计符合飞机结构裂纹维修精度要求的引孔工具，确保可以满足飞机各部位的精准、快速引孔定位，降低对飞机结构的损伤，提高维修质量和效率。新型引孔定位方法能够在较短时间内进行引孔定位，新孔定位点的精度都能够满足飞机结构维修质量要求，是当前飞机结构维修工作开展中应加强重视与研究的工艺技术，要不断进行改进与优化，提高工艺水平，使其满足不同类型飞机结构的维修要求。

表 新旧六种引孔定位工艺的试验结果

样本和加强件	工艺方法	合格数量 / 个	定位时间 /s	合格率 /%
1 号样本和 1 号加强件	引孔定位方法	15	50	60
2 号样本和 2 号加强件	常规引出线引孔定位方法	14	41	56
3 号样本和 3 号加强件	透孔夹引孔定位方法	16	56	64
4 号样本和 4 号加强件	新型引出线引孔定位方法	23	13	92
5 号样本和 5 号加强件	打点器引孔定位方法	24	20	96
6 号样本和 6 号加强件	磁铁引孔定位方法	23	21	92

参考文献：

[1] 田家豪，宋庭新．基于维修大数据的飞机结构故障预测 [J]．湖北工业大学学报，2021,36(5):14-18.

[2] 孔磊，邢瑞山．浅谈飞机复合材料结构损伤和检测维修方法 [J]．中国设备工程，2021(16):155-156.

[3] 吕勤云，许爱军，黄浩然，等．钻削飞机钛合金结构维修孔的钻头横刃优选试验 [J]．工具技术，2018,52(11):28-31.

[4] 毕超，郝雪，周鹏，等．基于十字线结构光的铆钉孔定位技术研究 [J]．航空科学技术，2021,32(5):72-78.

作者简介：冯广贺（1990.07-），男，汉族，黑龙江哈尔滨人，本科，工程师，研究方向：保障性和综合保障技术。

64-77 现代交通技术 22年 11月中 第32期.indd 77 2022/12/3 9:54:36