

飞机零部件基准选择与应用

汪 玮, 匡 翠

(中国商飞上海飞机制造有限公司, 上海 200436)

[摘要] 随着飞机性能的不不断提高,飞机制造协调准确度的要求也越来越严格,国外先进的航空制造企业得益于厂所合一的生产方式,在产品阶段考虑生产过程,来合理定义飞机零部件尺寸公差要求,保证飞机的装配品质 and 产品质量。对飞机零部件基准选择方法介绍和研究,并应用到某机型飞机外翼翼盒典型零部件基准选择中去,从功能要求出发制定基准,说明了飞机零部件基准传递偏差方式和基准一致性原则。主要思想和技术要点是要从产品的功能要求出发,考虑生产过程来制定零部件设计基准,保证产品在生产过程中基准的统一,从而保证尺寸的设计满足生产的功能性要求。提出的方法可以应用到飞机零部件的尺寸设计中,通过合理的制定基准来提高飞机的装配品质,在一定程度上降低生产成本和提高生产效率。

关键词: 定位; 基准选择; 工艺方案; 尺寸工程

Choice and Application on Datum of Aircraft Components

WANG Wei, KUANG Cui

(COMAC Shanghai Aircraft Manufacturing Co.,Ltd., Shanghai 200436, China)

[ABSTRACT] The assembly coordination accuracy of aircraft manufacturing becomes more and more strict with the development of the aircraft structure and process. So defining fairly aircraft components dimension to achieve process optimum through tolerance analysis is an inevitable trend. This thesis introduces and researches the basic theory, with applying selection of certain aircraft components datum. Defining datum is decided by function request, indicating transfer deviation by datum and datum consistency principia of aircraft components. The datum selection method can be applied to dimension design. Assembly quality is improved by defining fairly aircraft components datum, with reducing production cost and increasing productivity in some case.

Keywords: Location; Datum selection; Process plan; Dimensional engineering

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.23/24.116

近年来随着飞机性能的不不断提高,对飞机制造协调准确度的要求越来越严格。利用先进的设计手段合理地规划尺寸设计要求,并使之有效指导生产、提高装配质量成为必然趋势^[1]。

民机制造技术要与国际接轨,尺寸工程的推广是其中重要部分。尺寸工程是以满足客户质量需求为目标,以飞机装配尺寸精度为核心,从设计、生产和管理等各个环节对产品尺寸与公差系统进行优化。由于产品的尺寸偏差是在制造过程中产生的,当今先进的尺寸工程理念是从功能要求出发,考虑生产制造过程来确定零部件尺寸设计要求,引导整个生产过程。

飞机零部件基准与定位的选择是尺寸工程中的关键项目,是规划尺寸设计的前提。合理的选择设计基准并在产品生产阶段合理应用,可以保证制造质量的稳定和持续改进,从而能更好地满足飞机的研制需求^[2-3]。

具体的论述了如何由设计人员与工艺人员共同合理、系统地选择统一的飞机零部件基准,此基准在图纸上反映为设计基准,在产品生产中是零部件装配基准和测量基准,也可以作为加工基准的参考。以某机型为例来说明飞机外翼翼盒典型零部件基准和定位选择方法。

1 基准与定位介绍

定位指确定零部件在空间中的位置。定位的目的是控制零部件的6个自由度,零部件无论加工、测量、装配都需要定位,并且这些过程的定位基准尽可能统一。国外航空制造企业如波音等,得益于厂所合一生产方式,尺寸设计人员需要了解生产过程,与工艺人员一同确定零部件的设计基准,在实际装配时以此基准作为装配定位基准;产品测量时,测量定位基准与设计基准相一致,这样就保证了测量基准与装配基准的一致性,也

就保证了测量状态与装配状态的一致性,在统一的基准体系下可以直接测量出所对应关键特性的装配偏差,保证关键特征在空间状态下的相对位置,有利于进行尺寸分析迭代等尺寸控制工作^[4-5]。

因此应该合理选择零部件的定位基准,并作为设计图纸中的设计基准,在随后的制造过程中都以设计图纸为依据或参考进行加工、测量和装配。这样就使得各生产过程的基准统一,既避免了基准转换产生的偏差,又使零部件在加工、测量和装配时的状态都相同并符合设计要求^[6-7]。

同时图纸中的基准标注要符合通用的格式和规范,这样可以精确表达基准要求,使设计、制造和供应商各部门的技术人员明确基准定义,避免混淆,准确控制零部件各生产状态^[8-9]。

2 飞机零部件定位基准选择原则和方法

2.1 零部件定位基准传统的选择原则

一般传统方法会考虑零部件的结构特点,在其所有特征中选择关键的特征作为基准特征,其他特征相对基准特征有位置要求。以下为零部件选择基准的传统一般原则^[10]。

(1) 对于刚性较好零部件,选择的基准为能完全控制 6 个自由度,尽可能不要过约束;

(2) 同等条件下尽可能选择面积大的特征;

(3) 基准特征要便于定位与测量。

2.2 飞机零部件定位基准选择原则

上述仅仅是普通机械零件定位基准选择的传统原则,一般情况下机械零件装配时只是一次定位。而飞机零件不同于普通的机械零件,因为构型复杂往往需要多层次的装配,那么应该考虑零部件整个装配过程,从满足功能要求出发来合理选择装配定位基准,同时考虑加工和测量的因素,最终确定基准^[11]。

因此对于飞机零部件定位基准选择除了基本要求外最重要的原则是:基准选择要满足功能要求,功能要求包括了零部件的设计要求和工艺要求。

2.3 飞机零件基准选择应用举例

如图 1 所示,零件为主起支撑接头,对于飞机零件

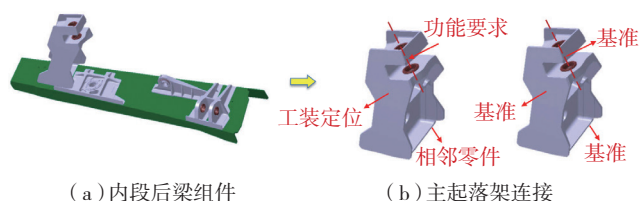


图1 主起支撑接头基准选择举例
Fig.1 Coupling of main landing gear datum choice example

不能单单从零件形状来确定基准,一定要从满足功能要求出发考虑与此零件有关的生产过程。上一级工艺划分是内段后梁组件,也就是主起支撑接头第一次装配好之后与其他零件组成内段后梁组件。从功能角度考虑,主起支撑接头交点孔是重要的孔,要保证其位置度,那么可以选择交点孔作为定位基准;支撑接头底面与内段后梁相连接,从组件结构可以看出零件的底面是装配界面,如果选择底面作为定位基准,可直接与已定位好的后梁腹板平面贴合,那么两个结构件之间不必补偿,所以选择用底面作为定位基准;对于支持接头还有一个转动自由度没有控制,最后可以选择侧面作为基准。零件的基准可以直接用于加工、测量和装配的定位,在保证了装配过程中主起支撑接头交点孔位置度的同时,又避免了结构的打磨和加垫,既保证了功能要求又有较好的装配工艺性。

3 基准的标注

选择好零部件的定位特征后要在图纸中准确注明基准特征及基准的顺序,这样才可以精确表达基准要求,使设计、制造和供应商各部门的技术人员明确基准定义,准确控制零部件生产。

基准体系(DRF),一个基准体系是由 3 个相互垂直的交叉基准面来表示,如图 2 所示。合理选择控制 6 个自由度的基准特征可以建立基准体系,基准特征是有制造偏差的,基准体系是 3 个相互垂直的理论面,是没有偏差的。其他特征的位置度要求是在基准体系下的位置要求^[12]。不同的基准特征选择所建立的基准体系是不同的,也就导致了对其他特征的控制结果不同,因此选择好基准特征后,要合理定义基准特征的顺序,并且在图纸中用形位公差语言精准地表示所选基准。

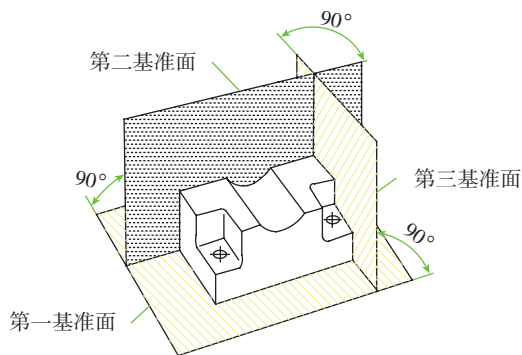


图2 基准体系
Fig.2 Datum reference frame

4 飞机零部件基准选择举例

基准的选择与整个工艺协调规划和工艺方案制定是密不可分的,需要经过反复迭代和系统性的分析。

外翼盒段已知装配工艺层次如图3所示,内段后梁与主起各接头装配成内段后梁组件;内段后梁组件又与中段后梁组件、外段后梁组件共同装配成外翼后梁组件;外翼后梁组件与前梁组件、上下壁板和肋共同装配成外翼翼盒。

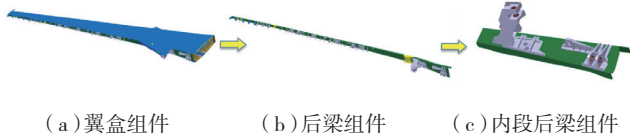


图3 外翼翼盒后梁的装配工艺层次

Fig.3 Assembly process sequence of wing-box trailing spar

4.1 外翼部段基准选择

一般结构较大并且复杂的零部件很多情况都用基准目标建立基准体系。从上文的原则可以看出,基准选择要控制零部件6个自由度,刚性好不易变形,尽量选择包含面积的特征,那么针对外翼翼盒部段这种结构特征可以选择3个点作为基准目标建立基准体系,如图4所示。表1阐述了基准目标点如何建立外翼翼盒部段基准体系,可以看出3个基准目标点分别为后梁根部和梢部的工艺孔的交点和前梁根部工艺孔的交点。所选基准在部段装配时要重点控制,并且所选基准作为大部段对接调姿基准,满足基准统一原则,使部段装配状态与大部段对接调姿状态相同^[13]。其他功能特征和关键特征可以建立相对基准体系的位置要求。

表1 外翼翼盒部段基准建立

基准	基准建立	基准特征	自由度控制 DOF
A	经过基准目标点 A_1, A_2, A_3 建立基准 A 面	A_1, A_2, A_3 为 3 个工艺孔交点	T_z, R_x, R_y
B	基准 B 面通过基准目标点 B_1, B_2 与基准面 A 垂直	B_1, B_2 为后梁两端工艺孔交点	T_y, R_z
C	基准 C 面通过基准目标点 C 与基准面 A、B 垂直	C 为后梁靠近对接面工艺孔交点	T_x

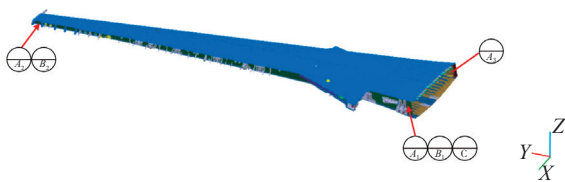


图4 外翼翼盒部段基准选择

Fig.4 Wing components datum choice

4.2 组件基准选择

4.2.1 后梁组件基准选择

先判断关键的功能要求,对于后梁组件腹板平面和主起支撑接头交点孔有重要的功能要求,其他活动面的连接交点孔也有功能要求,可以选择后梁腹板面为基准,因为腹板面不是平面并且很长,可以选择腹板上3

个小区域作为 A 基准目标,梁根部和梢部的定位孔作为 B、C 基准,这样控制了组件的6个自由度,其他功能特征和关键特征可以在基准体系有如图5的位置要求。

4.2.2 内段后梁组件基准

内段后梁组件和中段后梁组件、外段后梁组件共同组成后梁组件。有重要功能要求的是梁腹板面和主起交点孔,可以选择这两个特征作为基准,最后可以选择梁上的定位孔作为基准,这样控制了组件6个自由度。组件基准选择如图5所示,其他有功能要求或比较关键的特征可以相对基准有位置度要求。

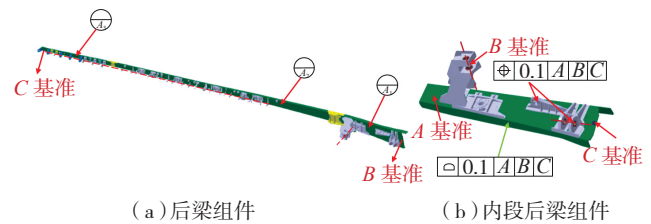


图5 组件基准选择

Fig.5 Components datum choice

4.3 内段后梁零件基准选择

4.3.1 内段后梁基准选择

后梁腹板面的位置度是有功能要求的,要保证其位置度。同时腹板面上有很多接头与之连接,所以腹板面的位置最重要,作为 A 基准。从结构上分析梁缘条面和蒙皮相连,蒙皮轮廓度也是重要的控制特征,可以把其中一个缘条面作为定位基准,最后还有差展向方向移动的自由度没有控制住,可以在梁根部选择一个定位孔定位,这样梁的6个自由度就都控制住了。因此可以选择缘条面为 B 基准(因为缘条面不是平面,可以选择两个小区域为基准目标,也代表了在定位时此处有挡块定位),最后工艺孔作为 C 基准。

4.3.2 主起支持接头基准

在上文中说明了主起支撑接头如何选择基准特征,可以选择底面特征作为 A 基准,这样避免了在装配过程中的打磨和加垫,交点孔作为 B 基准保证其功能要求,侧面作为 C 基准来完全约束零件的6个自由度,其他需要控制的特征可以相对基准有轮廓度要求。

4.3.3 侧撑杆接头基准

侧撑杆接头交点孔有功能要求,底面与梁贴合,但是因为两个特征控制自由度方向相似,不能同时定位:例如在装配过程中用销定位孔,那么底面可能会打磨和加垫。因此可以选择底面定位避免打磨和加垫,然后选择控制其他自由度的特征,如图6所示。交点孔可以在相对基准有位置度要求,此种基准选择的另一个好处就是对于加工来讲比较方便操作。

从以上例子可以看出选择有相邻零件的特征作为

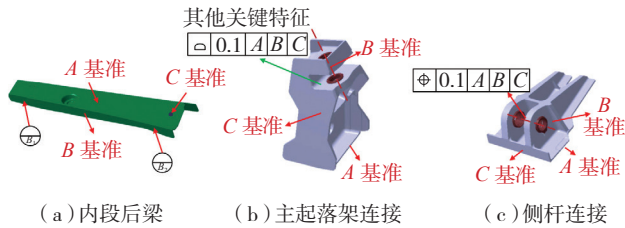


图6 内段后梁零件基准

Fig.6 Component datum of inner trailing spar

基准,可以避免补偿,体现了数字量传递的思想,有助于生产线批量生产。侧撑杆接头没有直接拿有功能要求的孔作为基准,这时就要通过容差分析来评价交点孔装配好之后是否满足要求,如不满足要求可以通过设计镗精孔的方式来保证要求,或者直接改成孔定位^[14]。

可以看出选择基准特征要注意每个装配层次下选择的基准要一致(如梁上的工艺孔作为大部段基准,那么在每个装配层次下最好都要作为基准),这样避免在不同装配层次下的基准转换误差,保证了基准所在特征的精度,也保证了其他特征的精度^[15]。

最终从部段、组件到零件所选择的基准通过精确的形位公差符号和语言反映在图纸和技术文件中作为设计基准用来指导生产。

5 结论

对飞机零部件基准选择方法进行介绍和研究,并以某飞机外翼翼盒为例说明典型零部件基准和定位选择方法:

(1) 可见基准选择有多种可能,要考虑整个生产过程,与工艺方案、协调方案共同确定,并且满足功能要求和技术要求;

(2) 对于飞机型号来说,确定基准的过程要从上到下、从下到上反复迭代思考和协调,各方达成共识,选择最佳基准与定位;

(3) 用精确、标准的语言反映到图纸或者技术文件中,最终确定最佳的尺寸设计,用于整个生产过程,来提高飞机的装配质量。

参考文献

- [1] 常智勇,赵杰,王社伟,等. 装配制造数字化研究综述[J]. 航空制造技术, 2008(11): 34-37.
- CHANG Zhiyong, ZHAO Jie, WANG Shewei, et al. Research on digital assembly manufacturing[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2008(11): 34-37.
- [2] 何胜强. 飞机数字化装配技术体系[J]. 航空制造技术, 2010(23): 32-37.
- HE Shengqiang. Aircraft digital assembly technology system[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(23): 32-37.
- [3] 李原. 大飞机部件数字化柔性装配若干关键技术[J]. 航空制

造技术, 2009(14): 48-51.

LI Yuan. Some key technologies of digital flexible assembly large aircraft parts[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(14): 48-51.

[4] ASME. Y14. 5-2009 Dimensioning and tolerancing[S]. New York: ASME, 2009.

[5] 刘善国. 先进飞机装配技术及其发展[J]. 航空制造技术, 2006(10): 38-41.

LIU Shanguo. Advanced aircraft assembly technology and its development[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2006(10):38-41.

[6] 范玉青. 飞机数字化装配技术综述[J]. 航空制造技术, 2006(10): 44-48.

FAN Yuqing. Aircraft digital assembly technology were reviewed[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2006(10): 44-48.

[7] 张黎,魏小辉,印寅,等. 基于3DCS的大型客机主起落架收放机构容差分析[J]. 机械设计与制造, 2012(7): 73-75.

ZHANG Li, WEI Xiaohui, YIN Yin, et al. Tolerance analysis for the landing gear of one large-type aircraft based on 3DCS[J]. Machinery Design & Manufacture, 2012(7): 73-75.

[8] 余顺年,杨国亮. 基于价值分析的装配尺寸链公差可靠性优化分配[J]. 机械设计与制造, 2000(4): 3-4.

YU Shunlian, YANG Guoliang. The reliability optimal distributing tolerance of assemble dimensional chain on the basis of value analysis[J]. Machinery Design & Manufacture, 2000(4): 3-4.

[9] 范玉青. 基于模型定义技术及其实施[J]. 航空制造技术, 2012(6): 34-39.

FAN Yuqing. Model based definition technology and its practices[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012(6): 34-39.

[10] 董菊明,余贵. 浅析机加工工件定位基准的正确选择[J]. 装备制造技术, 2012(3): 54-55.

DONG Juming, YU Gui. Shallow of machined work piece positioning base of correct selection[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2012(3): 54-55.

[11] JOSKOWICZ L, SACHS E, SRINIVASAN V. Kinematic tolerance analysis[J]. Computer Aided Design, 1997, 9(2): 147-157.

[12] 傅成昌,傅晓燕. 形位公差应用技术问答[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

FU Chengchang, FU Xiaoyan. Tolerance technology question and answer[M]. Beijing: China Machine Press, 2009.

[13] ZHAO Z, BEZDECNY M, LEE B, et al. Prediction of assembly variation during early design[J]. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2009, 9(3): 891-900.

[14] 杨永红,乔明杰. 现代民用飞机金属机翼壁板关键制造技术分析[C]//中国航空学会第三届民用飞机先进制造技术及装备论坛论文集编. 北京: 中国航空学会, 2011.

YANG Yonghong, QIAO Mingjie. Modern civil aircraft wing wall metal key manufacturing technology is analyzed[C]// The Third Civilian Aircraft Proceedings BBS on Advanced Manufacturing Technology and Equipment. Beijing: Chinese Society of Aeronautics and Astronautics, 2011.

[15] 李柱,徐振高,蒋向前. 互换性与测量技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

LI Zhu, XU Zhengao, XU Xiangqian. Interchangeability and measuring technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.

(责编 海山)