

# 民机机翼千斤顶顶升装置分析

薄晓莉

(上海飞机设计研究院强度设计研究部,上海 200232)

Analysis on the Wing Jacking Equipment of Civil Aircraft

Bo Xiaoli

(Stress Department of SADRI, Shanghai 200232, China)

**摘要:**千斤顶顶升情况是民用飞机在进行维修、更换零部件时必须考虑的一个状态。对民机顶升的相关适航条款进行了理解;对 B737 及 A320 的机翼顶升装置进行了总结对比,通过传力分析,比较了其优缺点。两种机型的传力方式稍有不同:B737 机翼顶升载荷的垂直分量由加强肋承担主要传递到前梁,水平分量通过挤压由下壁板承担;A320 机翼顶升载荷的垂直分量由加强肋承担,主要传递到后梁,水平分量通过挤压由下壁板和加强肋承担。B737 机翼顶升接头的连接方式操作简单,但 A320 机翼顶升接头传力路径更清晰。

**关键词:**千斤顶;顶升;强度;传力;机翼

**[Abstract]** Jacking condition must be considered when maintaining and replacing parts of a civil aircraft. In this paper, relevant airworthiness standards is be analyzed, and the advantages and disadvantages of the B737 and A320 aircraft wing lifting devices is compared, through the force transmission analysis. Vertical component of the B737 wing jacking load is borne by the reinforcing rib and pass to the front spar, horizontal component is borne by the lower skin through the bearing. Vertical component of the A320 wing jacking load is borne by the reinforcing rib and pass to the rear spar, horizontal component is borne by the lower skin and the reinforcing rib through the bearing. The aircraft wing jacking connection joints of B737 is simple, but the force transmission of A320 aircraft wing lifting connection is clearer.

**[Key words]** jack;jacking;stress;force transmission;wing

## 0 引言

千斤顶顶升情况是民用飞机在进行维修、更换零部件时必须考虑的一个状态。将它作为民用飞机的设计情况,就能保证更换机轮、机体维修工作的正常进行。千斤顶顶升分为两种情况:起落架顶升情况和飞机顶升情况。本文对飞机顶升情况进行分析。

相关适航条款对飞机顶升情况进行了规定,要求确保将顶升点设计成具有足够的强度并能够承受相应的载荷。

B737 和 A320 两种典型民机机型采用了两种不同的顶升点位置方案及不同的顶升装置,本文将通过对比分析其优缺点。

## 1 相关适航条款

CCAR25 部第 25.519 章节<sup>[1]</sup>:

(a)总则 飞机必须设计成在最临界的重量和重心组合情况下,能够承受本条(b)(当适用时)和(c)的地面静载荷情况所引起的限制载荷。必须规定每个千斤顶垫的最大允许限制载荷。

(b)顶升 飞机上必须有顶升用的设施,当飞机支承于千斤顶上时,这些设施必须能承受下列限制载荷:

(1)当由起落架顶升飞机的最大停机坪重量时,飞机结构必须设计成能承受单独作用于每个顶升点的垂直静反作用力 1.33 倍的垂直载荷,以及该垂直载荷与 0.33 倍垂直静反作用力的沿任何方向作用的水平载荷的组合;

(2)当由飞机其它结构顶升飞机的最大批准顶升重量时:

(i)飞机结构必须设计成能承受单独作用于每个顶升点的垂直静反作用力 1.33 倍的垂直载荷,以及该垂直载荷与 0.33 倍垂直静反作用力的沿任何方向作用的水平载荷的组合;

(ii)千斤顶垫与局部结构必须设计成能承受单独作用于每个顶升点的垂直静反作用力 2.0 倍的垂直载荷,以及该垂直载荷与 0.33 倍垂直静反作用力的沿任何方向作用的水平载荷的组合。

对适航条款的理解:

将飞机顶升情况作为设计情况,就意味着机体顶升点的结构及其支持结构必须能够承受正常顶升飞机的载荷。在进行顶升点的载荷计算时,必须依据顶升点的位置、飞机姿态及顶升方式来确定正常顶升的载荷,并在此基础上,乘以相应限制过载系数得到顶升点的限制载荷:垂直方向过载系数为 1.33;水平方向过载系数为 0.33。垂直载荷必须单独施加到各项升点上或与水平载荷一起作用于各项升点

上。水平方向载荷可以作用在任意方向上。

## 2 典型民机机型顶升点位置设置

波音 737 顶升点如图 1 所示。可以看到机翼的顶升点在机翼盒段 4 号肋靠近前梁位置。该机型有三个主顶升点和四个辅助顶升点。

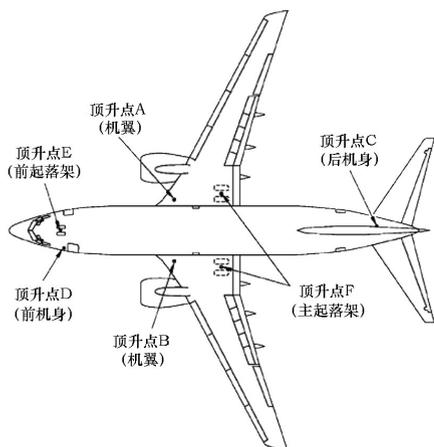


图 1 波音 737 顶升点示意图

### (1) 飞机主顶升点

左、右机翼下表面各设置一个主顶升点 A 和 B, 后机身下部设置一个主顶升点 C。飞机主顶升点用于顶升整个飞机。

### (2) 飞机辅助顶升点

前机身下部设置一个辅助顶升点 D。辅助顶升点用于顶升机头或者当顶升整个飞机时作为顶升保护。起落架处设置三个辅助顶升点: 前起落架轮轴中间下表面设置一个顶升点 E, 左、右主起落架轮轴中间下表面各有一个顶升点 F。起落架顶升点主要用于维修轮胎、机轮或刹车装置。

A320 顶升点如图 2 所示。可以看到机翼的顶升点在机翼盒段 9 号肋靠近后梁位置。

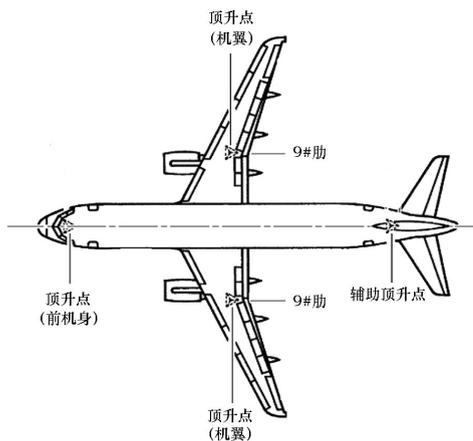


图 2 A320 顶升点示意图

### (1) 飞机主顶升点

左、右机翼下表面各设置一个主顶升点, 前机身下部设置一个主顶升点。飞机主顶升点用于顶升整个飞机。

### (2) 飞机辅助顶升点

后机身下部设置一个辅助顶升点。辅助顶升点用于当顶升整个飞机时作为顶升保护。起落架处设置三个辅助顶升点, 主要用于维修轮胎、机轮或刹车装置。

## 3 典型民机机型机翼顶升装置

### 3.1 波音 737 机翼顶升装置

波音 737 的机翼顶升装置如图 3、图 4 所示。

机翼顶升装置为一个半球形的顶升板。与机翼盒段下壁板通过一个螺钉进行连接。

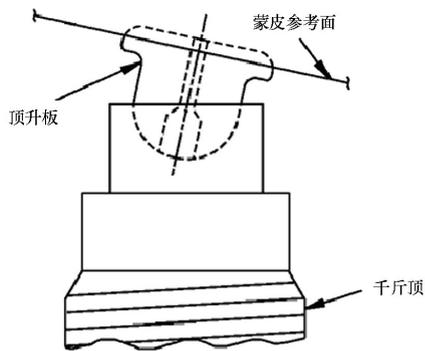


图 3 波音 737 机翼顶升装置

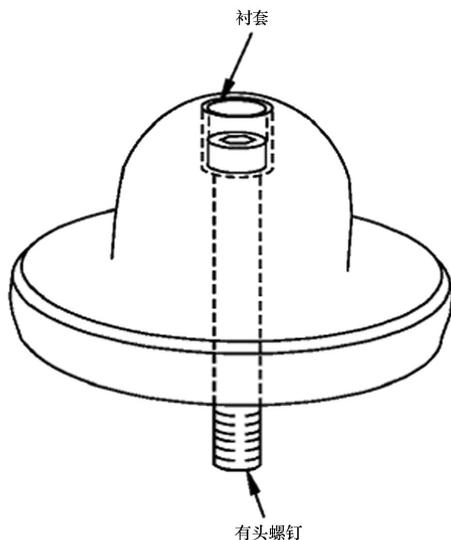


图 4 波音 737 机翼顶升装置

### 3.2 A320 飞机机翼顶升装置

A320 的机翼顶升装置如图 5、图 6 所示。机翼顶升装置与机翼盒段下壁板通过四个螺栓进行连接。压力表和转换接头都作为顶升装置的一部分,

如图6所示。

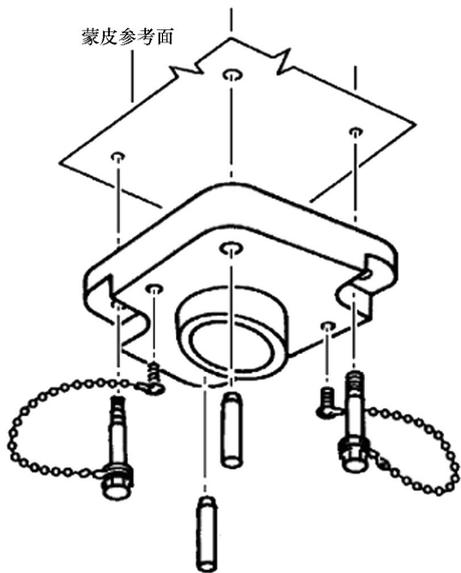


图5 A320机翼顶升装置

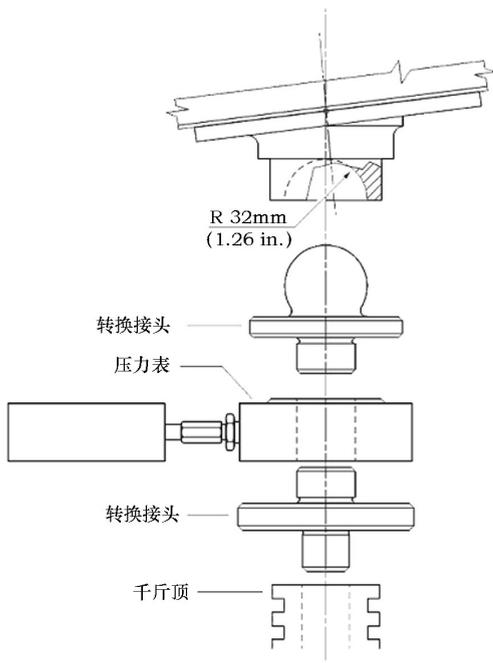


图6 A320机翼顶升装置

## 4 传力分析

千斤顶顶升载荷情况是飞机千斤顶支撑点处结构局部受载的严重情况,在该支撑点站位、剪力和对机翼的扭矩较大。

### 4.1 顶升载荷的垂直分量

A320和波音737机翼顶升点传力都是通过加强肋来传递顶升载荷的垂直分量。A320机翼加强肋为机翼盒段9#肋,波音737机翼加强肋为机翼盒段4#肋。

在加强肋上必然会有个加强支柱来传递集中载荷,如图7所示,加载支柱受载示意图如图8所示。在顶升载荷垂直分力作用下,加强肋肋腹板承受剪切,与顶升接头接触的加强支柱相当于承受轴向分布剪流的杆件。

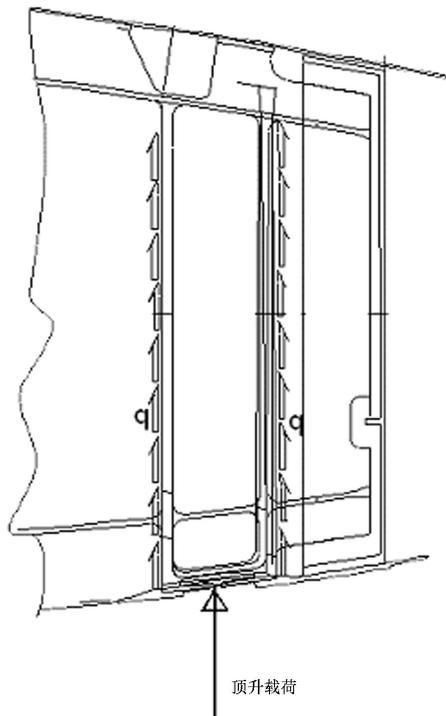


图7 加强肋受力示意图

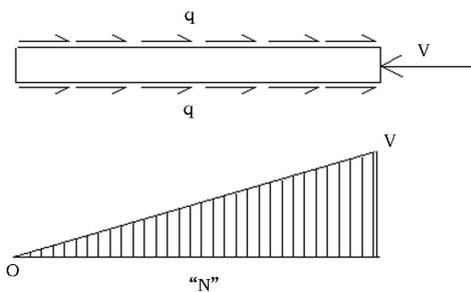


图8 加强支柱受载示意图

肋腹板剪应力  $\tau$ :

$$\tau = \frac{q}{t}, q = \frac{V}{H}$$

式中:  $V$ 为顶升载荷的垂直分量,  $q$ 为剪流,  $t$ 为肋腹板最小厚度(保守算法);  $H$ 为支柱高度。  
肋腹板剪切安全裕度计算:

$$M. S. = \frac{[\tau]}{\tau} - 1, \text{其中 } [\tau] \text{ 为肋腹板的剪切许用值。}$$

支柱内最大压应力  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{V}{A}$$

