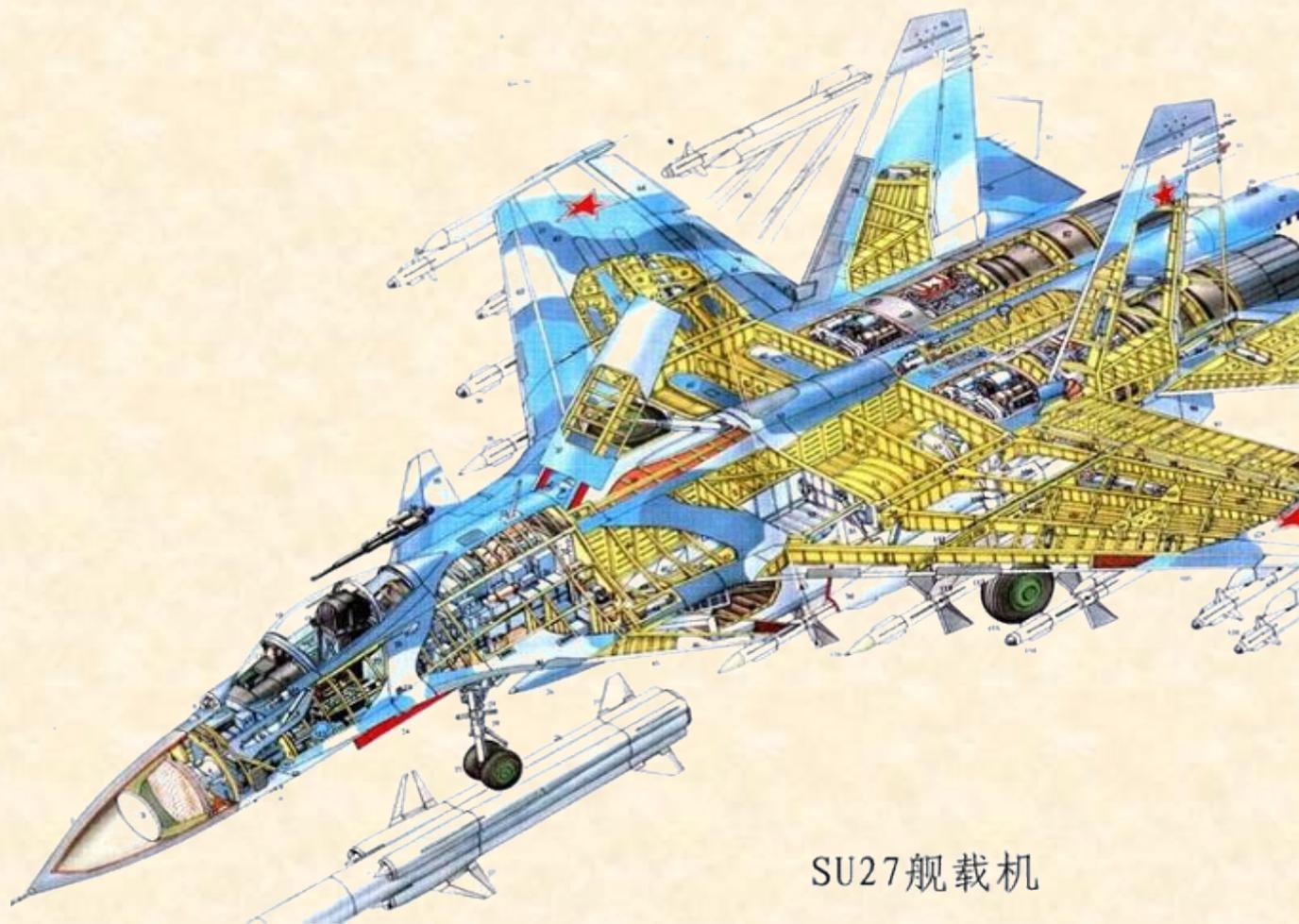


第一章 飞机的外载荷



SU27舰载机

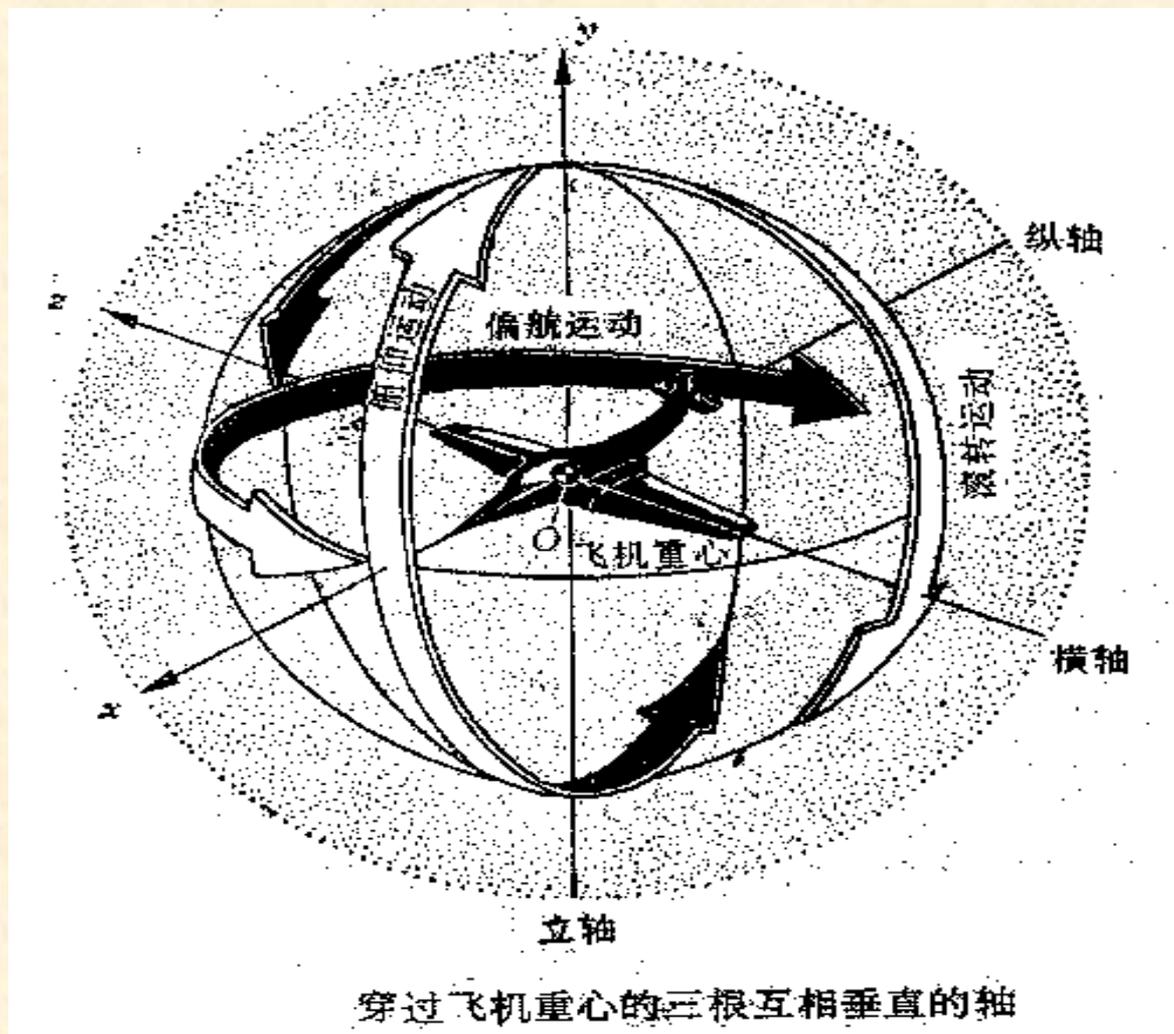
一 作用在飞机上的外力

飞机作为运载工具要求反复使用，可能经历各样的复杂载荷历程。最主要、最基本的有哪些？对构造的影响作用是什么？这是设计师们关心的基本问题；其次是不同载荷形态与主要载荷的差别以及这些载荷的变化规律（涉及大气气象规律的统计）。

1. 思维要点：

①主要载荷形式；② 主要载荷分类；③ 作用于构造怎样分析。

1 载荷的参照坐标系：机体坐标系



2 基本载荷形态及分析

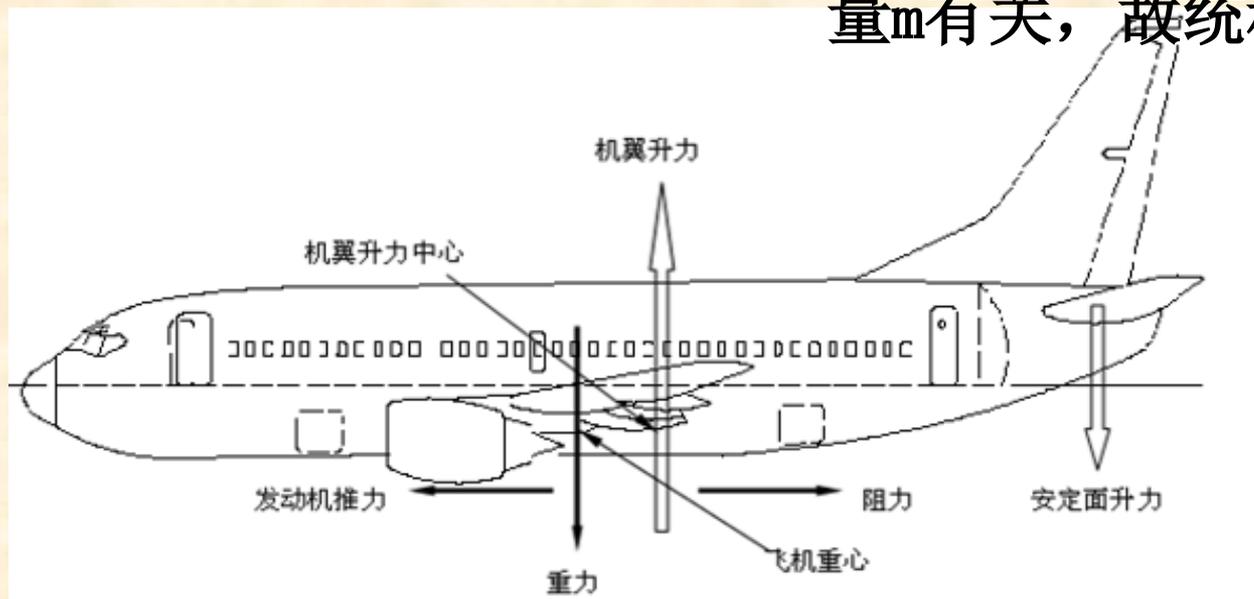
飞机的外载：

重力 (G)、升力 (Y)、阻力 (X)、推力 (P)、起落架载荷。

惯性力：质量乘以加速

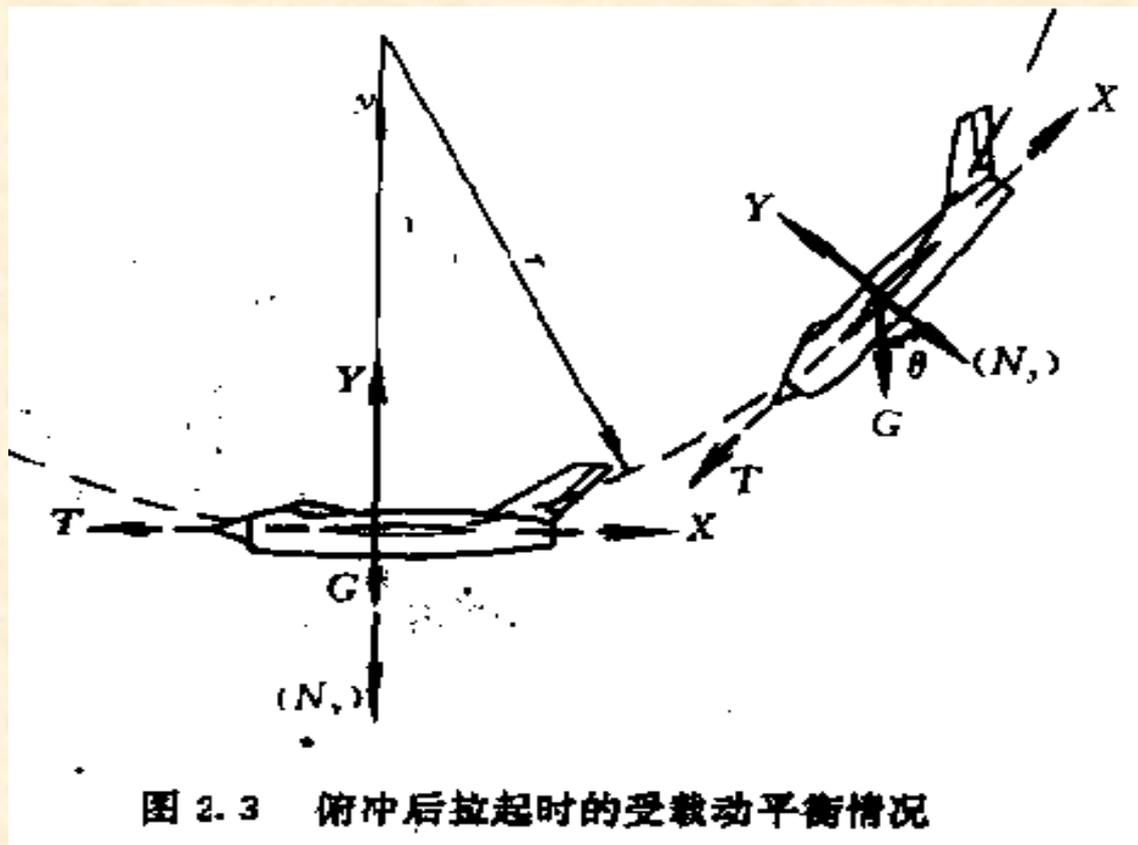
度的负值

质量力：飞机重力 G (mg) 和惯性力 N ($-ma$) 均与飞机质量 m 有关，故统称为质量力。



二 经典飞行情况和过载

- 1 俯冲拉起: 对称面内作曲线机动飞行情况 (纵向飞行)
飞机的升力使飞机保持向心曲线运动。



1 俯冲拉起

动平衡关系：（机体坐标系y向）

$\frac{Y}{G} \neq 1$ ，体现了运动的变速特征（曲线运动）

$$\text{即： } Y = G \cos \theta + N_y = G \cos \theta + \frac{G}{g} \frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{Y}{G} = \cos \theta + \frac{v^2}{gr}$$

升力等于G乘上一种系数，

该系数称为过载。

$$n_y = \frac{Y}{G} = \cos \theta + \frac{v^2}{gr}$$

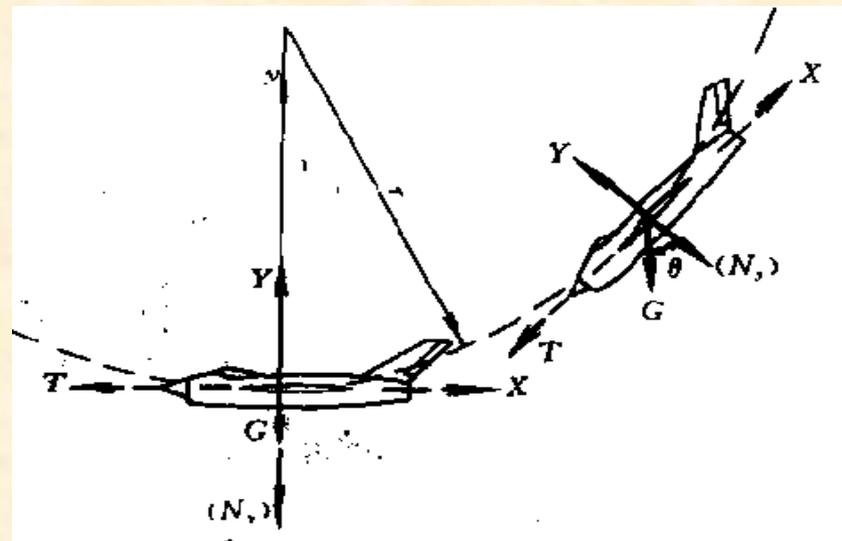
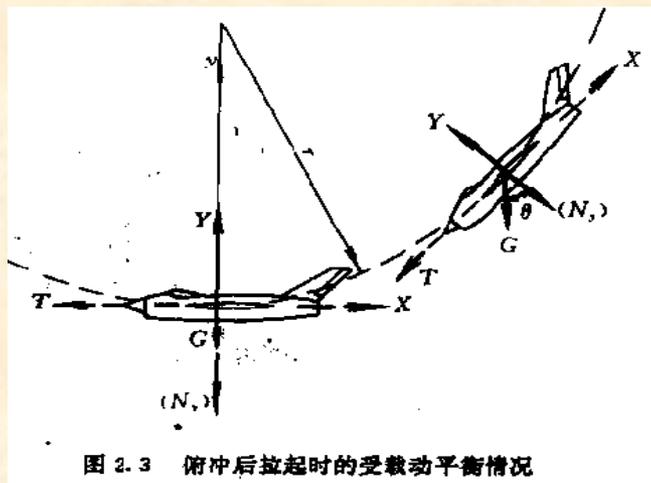


图 2.3 俯冲后拉起时的受载动平衡情况

1 俯冲拉起

分析该曲线运动中, n_y 的特征:

$$\textcircled{1} \quad n_{y \max} = 1 + \frac{v^2}{gr} \quad \theta = 0^\circ$$



② $n_{y \max}$ 与曲线航迹半径成反比, 与切线运动速度的平方成正比, 这表白:

若 $n_{y \max}$ 一定, v 一定, 则运动半径就要求了; 太小, 则构造承载发生问题;

若 $n_{y \max}$ 一定, r 一定, 则速度就要限制。

③ 由此看来, 对构造设计是一种主要的无量纲过载。

2 过载的概念

◆ **过载定义**：除质量力外，作用在飞机某方向上的全部外力的合力与当初飞机重量的比值，称为该方向上的过载。

Note :

① 机体坐标系为正向；

② 过载是一矢量，分量用 n_x 、 n_y 、 n_z 表达。

2 过载的概念

◆ 过载的物理意义：

① 表达了作用于飞机**重心处**的外力与飞机重力的比值关系；

② 表达了飞机质量力（重力与惯性力均与质量有关，故统称为质量力）与重力的比率。

（应注意质量力与外力方向相反）

③ 飞机的质量力应该是飞机的各部分质量力之和： $nG = n \sum_i G_i$

2 过载的概念

◆ 过载的物理意义:

④飞机中的某集中质量 $G_I=m_i g$ ，作用在构造上的质量力为:

$$P_i = nG_i \quad \text{或分量} \quad P_{iy} = n_y G_i$$

⑤当飞机沿 x 方向有变速运动时， x 向惯性力:

$$N_x = -ma = -\frac{G}{g} \frac{dv}{dt}$$

若俯冲拉起中的曲线运动中，切向是加速运动，则:

$$n_x = (T - X) / G = \frac{N_x - G \sin \theta}{G} = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} - \sin \theta$$

⑥ $n_z = 0$ (飞机展向变速平移难); n_z 一般较小, 在大机动飞行中可能出现。

2 过载的概念

◆ 过载的实用意义

- ① 作为飞机构造设计时主要原始过载；
- ② n 的大小实际反应了飞机的机动性能；
- ③ 结合 n 和已知的气动力分布，可取得实际作用于构造上载荷的大小，从而进行设计与校验。
- ④ 可经过在飞机重心处安装加速度计来获取。

3 其他飞行姿态的过载

◆ 进入俯冲状态:

$$Y = G \cos \theta - \frac{G v^2}{g r} \Rightarrow n_y = \cos \theta - \frac{v^2}{g r}$$

(可能为负, 阐明升力不总是正的)

◆ 垂直俯冲状态:

$$n_x = \frac{T - X}{G} = \frac{-(G - N_x)}{G} = \frac{N_x - G}{G}$$

(外作用合力等于惯性力合力的负值)

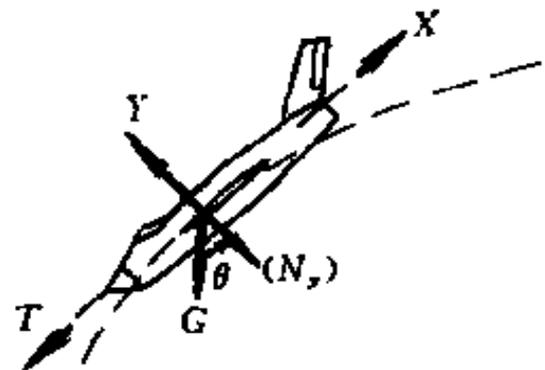


图 2.7 进入俯冲情况

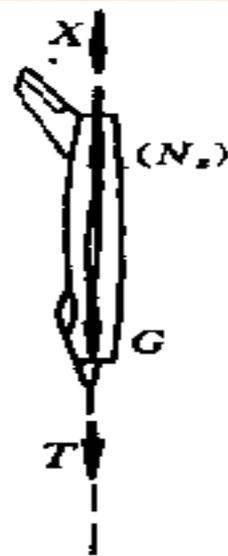


图 2.8 垂直俯冲情况

3 其他飞行姿态的过载

◆等速水平盘旋：（非对称机动飞行）

$$Y \cos \beta = G$$

$$\Rightarrow Y = \frac{G}{\cos \beta}$$

$$\Rightarrow n_y = \frac{1}{\cos \beta}$$

$$\beta = 75^\circ \sim 80^\circ, \quad n_y = 4 \sim 6$$

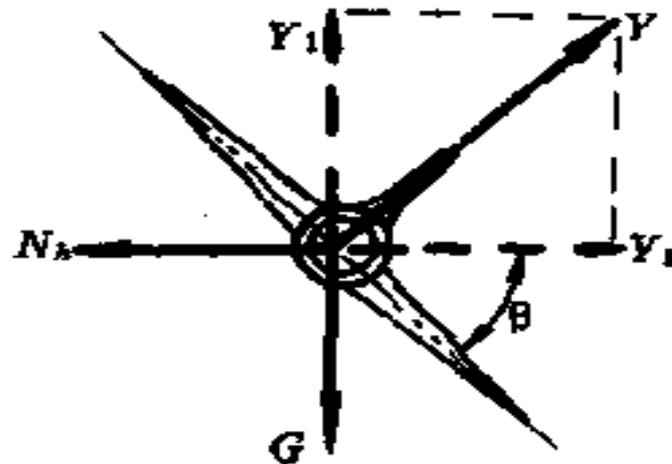


图 2.9 等速水平盘旋情况

3 其他飞行姿态的过载

◆ 垂直突风 (在航迹运动坐标系中分析)

(1) 计算突风引起的升力变化:

$$\Delta Y = K \Delta C_y S Q$$

$$\Delta \alpha = \frac{u}{v_0} \quad \Delta C_y = C_y^\alpha \Delta \alpha$$

$$q = \frac{1}{2} \rho_H v_0^2$$

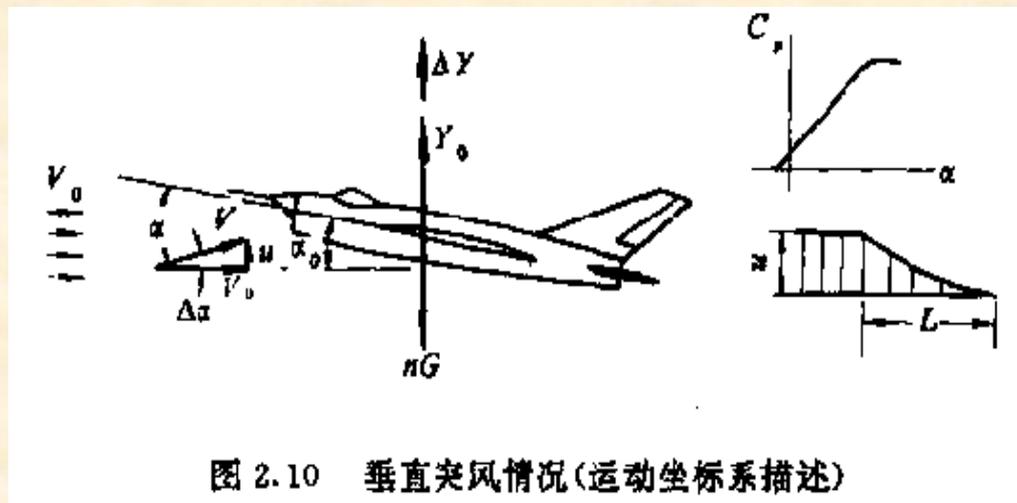


图 2.10 垂直突风情况(运动坐标系描述)

(2) 计算过载

$$\Delta Y = K C_y^\alpha \frac{u}{v_0} \frac{1}{2} \rho_H v_0^2 S = K C_y^\alpha \frac{\rho_H u v_0}{2} S$$

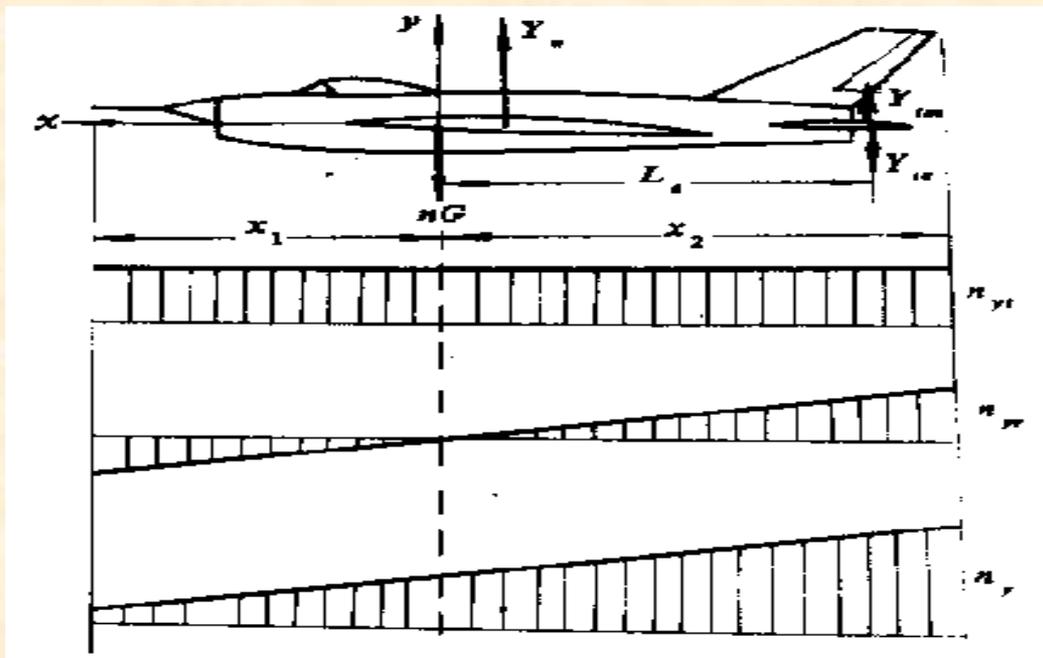
$$n_y = \frac{Y_0 \pm \Delta Y}{G} = 1 \pm K C_y^\alpha \frac{\rho_H u v_0}{2 p} \quad p = \frac{G}{S}$$

3 其他飞行姿态的过载

◆ 飞机转动(升降)时的过载(刚体运动分析)

① 运动分析：旋转+平移

② 载荷分析：当平尾产生机动载荷时，飞机产生平移与旋转；该载荷克服了飞机原有的平飞状态，使飞机在上述两个运动中产生加速度。从动平衡角度，平尾机动载荷与它克服的惯性力及力矩相平衡。

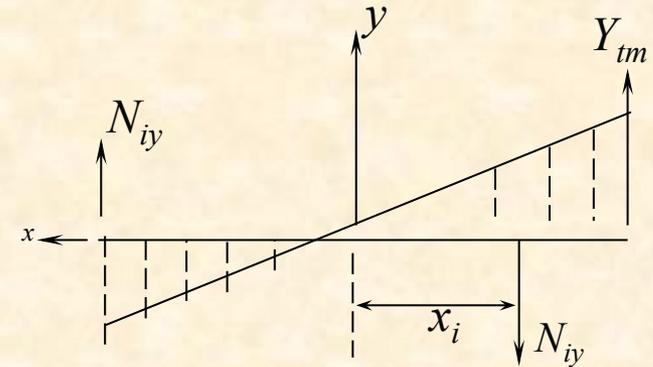


3 其他飞行姿态的过载

◆ 飞机转动(升降)时的过载(刚体运动分析)

I. 平移速度过载(质点)(外载分析法)

$$n_{yt} = \frac{Y}{G} = \frac{Y_w}{G} \pm \frac{Y_{te}}{G} \pm \frac{Y_{tm}}{G}$$

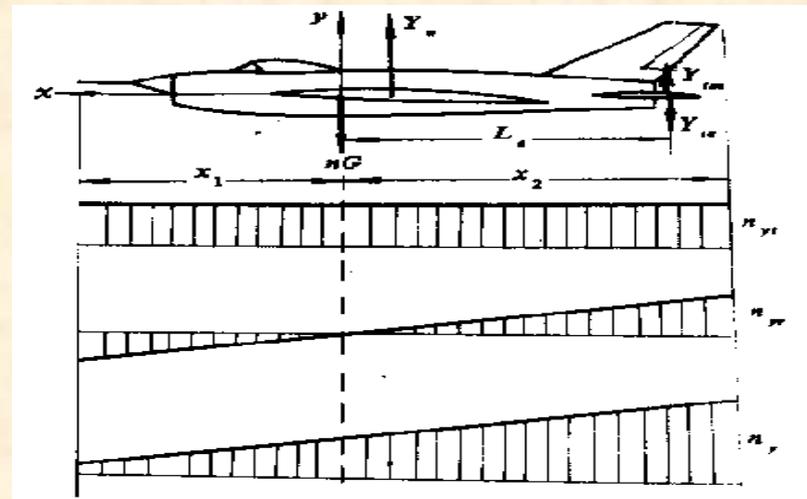


II. 绕中心转动的过载(质量力分析法)

$$n_{yr} = \frac{N_{iy}}{G_i} = \frac{m_i a_i}{G_i} = \frac{m_i \alpha_z x_i}{G_i} = - \frac{1}{g} \frac{Y_{tm} L_a}{I_z} x_i$$

$$n_y = n_{yt} + n_{yr}$$

i 表达转动轴线上的任意位置



3 其他飞行姿态的过载

◆ 着陆时的过载

① 这里的过载定义与空中飞行情况不同。

当空中匀速飞行时, $n_y=1$ 表达 $Y/G=1$, 地面滑行或停止态时, 再以升力来定义已毫无意义, 应以地面的支撑载荷与重量之比来定义, 即 $n_y=1=P_{lg}/G$.

Note:

- i. 这两种情况下的 $n_y=1$, 但飞机构造的承载方式却完全不同, 匀速平飞是一种分布载荷作用, 而着陆主要是以集中力形式作用于起落架上, 经过起落架作用于机身。
- ii. 工程上, 常称
平飞时 $n_y=1$ 为平飞的 $1g$;
停机时 $n_y=1$ 为停机的 $1g$.

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/336043115153010233>