

中华人民共和国国家标准

GB/T 23419—2009/ISO 7717:1985

四轮驱动飞机牵引车设计性能要求

Aircraft—Four-wheel-drive tow tractors—
Performance requirements factors for design

(ISO 7717:1985, IDT)

2009-03-23 发布

2009-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
四轮驱动飞机牵引车设计性能要求
GB/T 23419—2009/ISO 7717:1985

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 15 千字
2009年6月第一版 2009年6月第一次印刷

*

书号: 155066·1-37513 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

本标准等同采用 ISO 7717:1985《飞机——四轮驱动牵引车——设计性能要求》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 7717:1985。为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- c) 删除国际标准的前言;
- d) 将国际标准中的“3.10 示例”作为资料性附录。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国民用航空局提出。

本标准由中国民用航空总局航空安全技术中心归口。

本标准起草单位:中国民用航空局机场司。

本标准主要起草人:高天。

四轮驱动飞机牵引车设计性能要求

1 范围

本标准规定了设计四轮驱动飞机牵引车性能要求时需要考虑和评估的各种要素。同时还提供了设计参数表以及说明性的设计案例(参见附录 A)。本标准没有详述设计指标,只涉及性能要求。

本标准适用于四轮驱动飞机牵引车的设计。

2 设计要素

在确定飞机牵引车性能要求时,应考虑并评估下列设计要素。

2.1 飞机特性

应考虑的参数如下:

- a) 尺寸;
- b) 起落架及轮子的数量;
- c) 牵引连接点;
- d) 总重、空重及轮子的重量分布;
- e) 下列初始运动方向下,飞机起步阻力占飞机重量的百分比:
 - 1) 直线;
 - 2) 转弯;
- f) 在不同道面条件下匀速运动时飞机滚动阻力占飞机重量的百分比:
 - 1) 水平表面;
 - 2) 坡面;
- g) 飞机的转弯半径;
- h) 飞机牵引装置的角度限制;
- i) 载荷在下列方向时,飞机牵引装置的强度:
 - 1) 直线向前或向后;
 - 2) 最小强度方向;
- j) 发动机怠速工况下的推力。

2.2 机场环境

应考虑的参数如下:

- a) 需通过的最大坡度;
- b) 穿越在用跑道和滑行道时所需要的最小速度;
- c) 飞机停泊要求:
 - 1) 与候机楼平行或机头向内;
 - 2) 与其他飞机的间隔;
 - 3) 与其他固定物体的距离;
 - 4) 远机位停泊的需要;
- d) 站坪、滑行道、跑道及联络道的道面强度和表面状况;
- e) 道路、桥梁、立交等的通过限制;
- f) 飞机维护区、停泊区到候机楼、货运楼之间的预计牵引距离及路线;
- g) 通过站坪、滑行道、跑道及联络道的最大的接近角度及转弯角度。

2.3 牵引车的一般特性

应考虑的参数如下:

- a) 尺寸限制;
- b) 视线要求;
- c) 操作员的位置;
- d) 针对下列可能的配置条件下,满足 2.1 及 2.2 要求的转向特征:
 - 1) 单轴(单桥);
 - 2) 多轴(多桥);
 - 协同转向(如向心转向);
 - 蟹行转向;
- e) 制动能力;
- f) 满足 2.2 及 2.5 要求的车轮和轮胎;
- g) 车辆动力及传动系;
- h) 维护要求及维修可达性;
- i) 在牵引和待命模式下,支持飞机系统的集成式电源设备的要求;
- j) 与飞机连接的方法(如牵引钩的类型及位置);
- k) 地面控制通讯的要求;
- l) 操作灯光及工作照明;
- m) 操作员位置的环境保护;
- n) 飞机制造商或管理机构的特殊要求;
- o) 牵引车所有者的特殊要求。

2.4 牵引车传动系的要求

应考虑的参数见 2.4.1 至 2.4.3。

2.4.1 发动机功率

在考虑了重量、方向、速度、道面条件及运动阻力等因素的设计基础上,牵引车应有充足的功率驱动牵引车和飞机。

2.4.2 轮缘驱动力

有必要考虑下列因素:发动机功率及扭矩、传动类型(可能是液力变矩器加变速器,或发电机加电动机,或者其他形式),以及车桥及车轮的特性等,确保具有并有效传输充足的扭矩以产生轮缘驱动力驱动飞机和牵引车。

“轮缘驱动力”是牵引车驱动机构作用于地面所产生的力,“轮缘驱动力”减去牵引车自身运动的阻力就是牵引能力,通常称做“拖把牵引力”。

2.4.3 施加力的限制

应考虑限制施加于飞机牵引装置上的力,以免对其造成损坏。可在飞机拖把上使用剪切装置,或限制牵引车的拖把牵引力(如对轮缘驱动力增加扭矩限制,或减少牵引车的配重)。

2.5 牵引车的重量和牵引力

2.5.1 重量

牵引车能否在驱动轮不产生滑转的情况下,以充足的动力驱动给定载荷取决于其自身重量。在特定设计条件下,运动阻力可以确定,那么在给定运动表面的摩擦系数基础上,牵引车的重量就可以确定,确保其产生所需的拖把牵引力完成所需运动。

为此,牵引车的重量应均匀地分布在四轮上。质量转移量取决于拖把高度,同时忽略了加速度及减速度的影响,因为它们影响很小。

2.5.2 牵引力

牵引力会根据摩擦系数的变化而变化,为此,可通过增加配重的方法提高牵引车的自重以确保所需牵引力。相应地,发动机的功率应与配重情况相匹配。另外,可考虑使用诸如“防滑”差速器之类的装置将扭矩传递到不滑转的车轮上以减少轮胎滑转的影响。

3 设计参数及解释

3.1 总则

下述条款当前是正确无疑的,但仅应视为一般性的指导。强烈建议设计人员在针对特定情况时要重新校验参数。牵引力会受多种相关因素的影响,因而通过公式将所有变量考虑进去是不可能。

3.2 加速阻力(AR)

加速阻力是指飞机在水平表面上从静止加速到某恒定速度,或从某恒定速度变化为另一恒定速度时的惯性阻力。

飞机 AR 值的计算方法通常是取 0.5% 的飞机重量在 0.05 m/s² 加速度条件下的力为系数。因此,如果出于尽量减小冲击载荷的考虑将加速度设定为 0.15 m/s²,则:

$$\begin{aligned} AR &= 0.5\% \times \frac{0.15}{0.05} \times W \\ &= 1.5\% \times W \end{aligned}$$

式中:
W——飞机重量。

3.3 滚动阻力(RR)

滚动阻力是由轮胎与道面间摩擦力,车轮轴承的摩擦力,以及轮胎与道面间粘附力所组成的动态阻力。

克服滚动阻力所需的力可用被牵引飞机重量的百分比表示。该力应使飞机在水平表面保持恒速运动,单位为千牛(kN)。根据经验测试,不同情况下的滚动阻力系数见表 1。

表 1

| 道面类型 | RR (飞机重量的百分比/%) | |
|-------|--------------------|------|
| | 干燥表面 | 潮湿表面 |
| 硬沥青 | 1.4 | 1.8 |
| 水泥路 | 1.8 | 2.2 |
| 冰雪 | 2.0 | 2.5 |
| 雪(硬块) | 2.5 | 3.1 |
| 雪(松软) | 3.3 | 4.1 |

正常情况下,RR 值在直线牵引的情况下为飞机重量的 1%~2%,转弯时为 2%~4%。平均的滚动阻力为 2%,即 RR 等于飞机重量的 2%。

3.4 爬坡阻力(GR)

爬坡阻力是指使飞机在坡面上保持恒速运动所需要的拖把牵引力。GR 为每增加 1%坡度即增加 1%的飞机重量。“坡度”是指水平方向上每一百米距离范围内垂直向上的米数百分比值。

通常对机场而言,平均坡度为 2%是合理的,即 GR 等于飞机重量的 2%。

3.5 发动机推力(ET)

发动机怠速状态下的推力是牵引车设计指标的重要考虑因素之一。发动机怠速推力可能起正面作用,也可能起反面作用,这取决于将飞机向前拖还是向后推,但在此主要考虑的还是顶推飞机时的发动机推力。这种推力和别的因素一道阻止飞机运动,需要由牵引车克服。总的怠速推力随发动机形式及

运转的数量的不同而有所不同,单位为千牛(kN)。怠速推力数据可从发动机制造商处获取,而飞机顶推作业阶段启动的发动机数量则由各航空公司自己的运行程序决定。

3.6 起步阻力(BR)

起步阻力为飞机开始运动时需克服的惯性阻力及摩擦阻力之和。静态阻力的最大值发生在运动即将发生的瞬间。因此,在飞机即将运动的瞬时,其加速阻力和滚动阻力之和比运动发生后要大。静态起步阻力(BR_s)值在直线牵引作业时一般为飞机重量的4%,转弯作业时大约为飞机重量的8%。总的起步阻力(BR_t)为:

$$BR_t = BR_s + GR + ET$$

飞机运动开始后,起步阻力减弱,加速阻力及滚动阻力回复其动态值。平均静态起步阻力 BR_s 等于飞机重量的4%。

3.7 轮缘驱动力(RP)

轮缘驱动力是指在传递到牵引车各驱动轮外缘的驱动力的合力,单位为千牛(kN),由下式计算:

$$RP = \frac{T \times R \times E \times C}{R}$$

式中:

- T——发动机最大扭矩,单位为千牛米(kNm);
- R——牵引车驱动系的总减速比;
- E——牵引车驱动系的总机械效率;
- C——发动机扭矩的修正系数,它确定在飞轮处可获得的净扭矩;
- R——驱动轮的滚动半径,单位为米(m)。

3.8 牵引力极值(TE)

假设有足够的轮缘驱动力,TE 是指牵引车在车轮不滑转情况下所能发出的最大牵引力,它是牵引车重量与道面摩擦系数的函数,即 TE 等于摩擦系数(μ)与牵引车重量的乘积。

摩擦系数(μ)相对于不同的道面情况是一系列常数,见表 2。

表 2

| 道面情况 | μ |
|------|------|
| 平均 | 0.45 |
| 结冰 | 0.10 |
| 湿沥青 | 0.40 |
| 干沥青 | 0.80 |
| 湿水泥 | 0.50 |
| 干水泥 | 0.80 |
| 干雪 | 0.20 |
| 油污水泥 | 0.40 |

3.9 拖把牵引力(DBP)

3.9.1 可用拖把牵引力(DBP_a)

可用拖把牵引力是指牵引车在牵引栓处所能提供的牵引力,单位为千牛(kN)。它是牵引力极值(TE)减去牵引车自身运动所需动力之后的值。假如不考虑飞机发动机推力(ET)的影响,牵引车的运动阻力和飞机的运动阻力是一样的,则:

- 起步时,DBP_a 等于 TE 减去牵引车的 BR_t,即摩擦系数 μ 与牵引车重量的乘积,减去 4%牵引车重量与牵引车 GR 之和;

——起步后, DBP_t 等于 TE 减去牵引车的 AR 、 RR 、 GR 之和。

3.9.2 所需拖把牵引力(DBP_t)

所需拖把牵引力是指移动飞机所需的力,即:

——起步时, DBP_t 等于飞机的 BR_t ;

——飞机坡面加速时, DBP_t 等于牵引车的 AR 、 RR 、 GR 、 ET 之和;

——飞机坡面恒速时, DBP_t 等于牵引车的 RR 、 GR 、 ET 之和。

为保证牵引车大小适应最恶劣的工况,应假定沿坡面向上顶推飞机,且发动机推力与牵引车作用力相反。

3.10 制动

实际作业中,飞机通常是由静止缓慢加速到所需的速度,以减小冲击、节省燃料并保护驱动系统。

当牵引车对飞机实施制动时,动作也尽可能缓慢,以减小冲击、节省燃料并保护驱动系统。

设计工程师应切记以飞机为作业对象的牵引车其重量只相当于飞机重量的 $1/5 \sim 1/10$ 。

牵引车通过拖把与飞机连接,拖把一端通过转环与牵引车连接,另一端与飞机前起落架刚性连接。如果牵引车在制动时打滑,它将失去方向控制能力。由于拖把角度的缘故,飞机将使得打滑情况更加严重。基于此项原因,牵引车应保持方向控制能力,即不应打滑。

经验表明,牵引车最大减速制动力大致等于牵引车重量的 0.6 倍,这需要牵引车制动系统具有充足的制动能力和良好的热容量。正常作业条件下,制动力不应超过加速牵引力,或最多为飞机重量的 4%,与起步阻力(BR)相当。

牵引车对飞机实施制动类似于一辆汽车要拉住 10 辆汽车,因此需要考虑的问题就在于第一辆汽车的制动力应能让全部 11 辆汽车迅速减速,同时第一辆汽车的方向不应失控。

附录 A
(资料性附录)
示 例

假定牵引车需要克服 25 kN 的飞机发动机推力,移动一架 250 000 kg 的飞机,设计参数设定如下:

- a) 摩擦系数为 0.45(平均)或 0.10(最坏时);
- b) 最大地面坡度为 2%;
- c) 最大牵引速度为 16 km/h;
- d) 静态起步阻力系数 BR_s 为 4%(最大);
- e) 加速阻力系数 AR 为 1.5%(最大);
- f) 滚动阻力系数 RR 为 2%(最大);
- g) 爬坡阻力系数 GR 为 2%(最大);
- h) 假定飞机所受阻力恒定,牵引车也承受同类阻力;
- i) 起动时的所需拖把牵引力(DBP_r)等于飞机总的阻力或 BR_t :

$$\begin{aligned} DBP_r &= BR_t = BR_s + GR + ET \\ DBP_r &= 9.81 \times [(0.04 \times 250\,000) + (0.02 \times 250\,000)] + 25\,000 \\ &= 98\,100 + 49\,050 + 25\,000 \\ DBP_r &= 172\,150\text{ N} \approx 172\text{ kN} \end{aligned}$$

- j) 因此,在起步时刻牵引车的牵引力极值(TE)应等于飞机的所需拖把牵引力(DBP_r) 加上牵引车自身运动所需的力,即:

$$\begin{aligned} TE &= DBP_r + BR_t(\text{牵引车的}) \\ &= 172 + (BR_s \times W_{\text{车}}) + GR \\ &= 172 + (0.04 + 0.02) \times W_{\text{车}} \\ &= 172 + 0.06 \times W_{\text{车}} \end{aligned}$$

同时:

$$\begin{aligned} TE &= \mu \times W_{\text{车}} \\ &= 0.45 \times W_{\text{车}} \end{aligned}$$

所以:

$$\begin{aligned} 172 + 0.06 \times W_{\text{车}} &= 0.45 \times W_{\text{车}} \\ 172 &= 0.45 \times W_{\text{车}} - 0.06 \times W_{\text{车}} \\ 172 &= 0.39 \times W_{\text{车}} \end{aligned}$$

$$W_{\text{车}} = \frac{172}{0.39} = 441.4\text{ kN}$$

$$G_{\text{车}} = \frac{441.4}{0.009\,81} \approx 45\,000\text{ kg}$$

$$TE = 0.45 \times 441.4 = 198.63\text{ kN} \approx 200\text{ kN}$$

注: $W_{\text{车}}$ 为牵引车重量, $G_{\text{车}}$ 为牵引车质量。

- k) 结冰情况下 $\mu=0.10$ 则:

$$W_{\text{车}} = \frac{172}{0.10 - 0.06} = \frac{172}{0.04} = 4\,300\text{ kN}$$

鉴于为牵引车增加如此之多的配重是不现实的,因此应选择其他方法去改变摩擦系数,如采

用防滑链、选用带防滑钉的轮胎以及给路面撒沙子等；

1) 假设飞机和牵引车克服起步阻力,从 0 加速至 1 km/h 所需功率大致计算如下：

$$P=\frac{F}{4}$$

式中：

P ——牵引车所需功率,单位为千瓦(kW)；

F ——所需的牵引力极值,单位为千牛(kN)。

不同速度下所需功率(以 kW 为单位)可大致计算如下：

$$P=\frac{F\times v}{4}$$

式中：

P ——牵引车所需功率,单位为千瓦(kW)；

F ——所需的牵引力极值,单位为千牛(kN)；

v ——牵引速度,单位为千米每小时(km/h)。

按 j)项计算得出的起步阻力 200 kN,则：

$$P=\frac{200}{4}=50\text{ kW}$$

设计案例中飞机重 250 000 kg,牵引车重 45 000 kg,飞机发动机呈关闭状态,在 2% 的坡度上启动加速到 1 km/h 所需功率：

$$\begin{aligned} P &= \frac{TE \times v}{4} \\ &= \frac{(AR+RR+GR) \times (295\,000 \times v)}{4} \\ &= \frac{(0.015+0.02+0.02) \times (295\,000 \times 0.009\,81 \times 1)}{4} \\ &= 40\text{ kW} \end{aligned}$$

同样条件下,加速到 5 km/h 则需：

$$5 \times 40 = 200\text{ kW}$$

在水平道面加速到 2 km/h 需要的功率为：

$$\begin{aligned} P &= \frac{(AR+RR) \times (295\,000 \times 2)}{4} \\ &= \frac{(0.015+0.02) \times (295\,000 \times 0.009\,81 \times 2)}{4} \\ &= 50\text{ kW} \end{aligned}$$

加速到 10 km/h 则需 250 kW。

为使飞机和牵引车在坡面上保持恒速运动,所需要的力为：

$$0.04 \times 295\,000 \times 9.81 \approx 115\,760\text{ N 牵引力极值或 } 29\text{ kW}/(\text{km} \cdot \text{h})。$$

一台具有 150 kW 牵引能力的牵引车可以使飞机在坡面上保持 5 km/h 的速度运动。如果没有 2% 的坡度,牵引车则可以使飞机保持 10 km/h 的速度运动。

本示例中功率表示为牵引能力。然而,事实上典型的机械动力牵引车大概可将 60% 的发动机功率转换为牵引力,传动系效率、速比特性以及其他消耗功率的因素要消耗总功率的 40%。电驱动牵引车大概可将 80% 的功率的转换为牵引力。

因此需要 150 kW 牵引能力的牵引车应配置 250 kW 的发动机或 188 kW 的电动机。

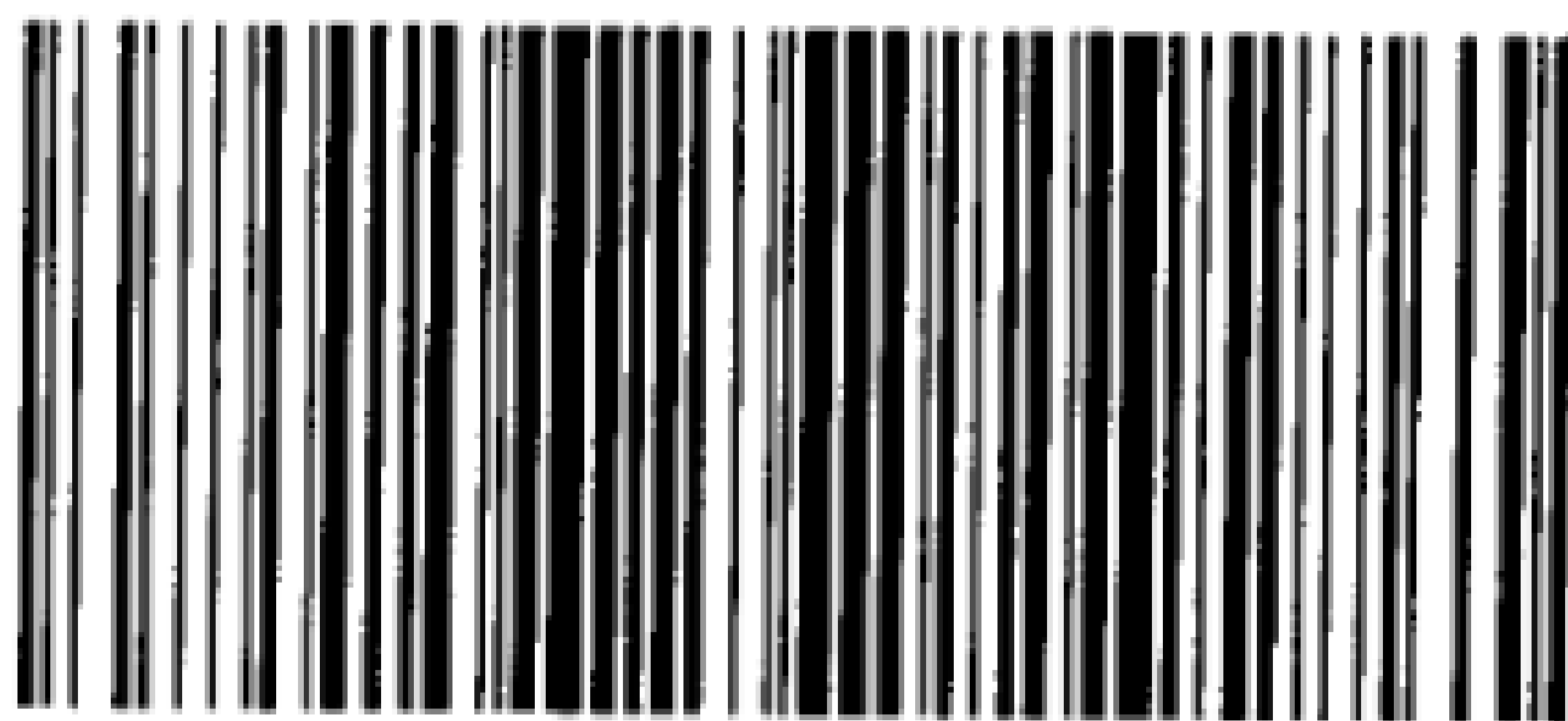
实践中,设计人员可根据实际试验结果修正参数,以满足常规作业环境需要,并保留必要的冗余量

以适应非常规或极限作业环境的要求。

许多情况下,案例中的假定值被证实过于苛刻,正常作业条件下不会遇到案例中的计算值。

飞机牵引车的首要要求为:

- 配置上与飞机相匹配;
 - 足够的轮缘驱动力以满足起步要求;
 - 足够的重量以提供足够的牵引力。
-



GB/T 23419-2009

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-37513

定价: 16.00 元

www.bzxz.net

免费标准下载网