

# ISO 关于工程车辆翻车和落物保护装置的概念与要求

曲守平<sup>1</sup>, 陆丛红<sup>2</sup>, 侯慕英<sup>3</sup>, 汪 萍<sup>3</sup>

(1. 长春大学; 2. 大连理工大学; 3. 内蒙古工业大学)

**摘 要:** 基于最新国际标准 ISO 3471: 1994、ISO 3449: 1992 及 ISO 3164: 1992, 就工程车辆翻车和落物保护装置 (ROPS & FOPS) 的概念、结构类型特点及功能、性能要求和试验规则作了较为详细的阐述, 为国内制定相关标准和 ROPS & FOPS 的性能试验提供了依据。

**关键词:** ROPS & FOPS; 性能要求; 试验规则

**中图分类号:** U 2701<sup>+</sup> 1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 100226819(2002)0420193205

工程车辆的安全保护装置可最大限度地保护司机的人身安全, 充分发挥车辆工作效率。随着工程车辆出口量的增加及国际上对其安全保护性能要求的提高, 进入国际市场的工程车辆必须配装性能合格的安全保护装置。根据最新 ISO 国际标准, 本文就 ROPS & FOPS 的结构类型特点及功能、性能要求和试验规则进行了详细阐述。

## 1 ROPS & FOPS 的结构类型特点及功能

ROPS (RollOver Protective Structures) 是用于翻车时保护司机的安全装置, 它包括所有承载的下支架、托架、安全支承、插座、螺钉、销钉以及将该装置固定在机架上的悬挂装置或挠性减震器。其主要功能是减少翻滚的车辆对司机的伤害。

工程车辆常见的 ROPS 的结构形式主要有 3 类: 两支柱、多支柱结构以及翻车保护杆 (即无任何承载的悬臂结构的 ROPS)。图 1 为几种典型 ROPS 的结构及布置简图。

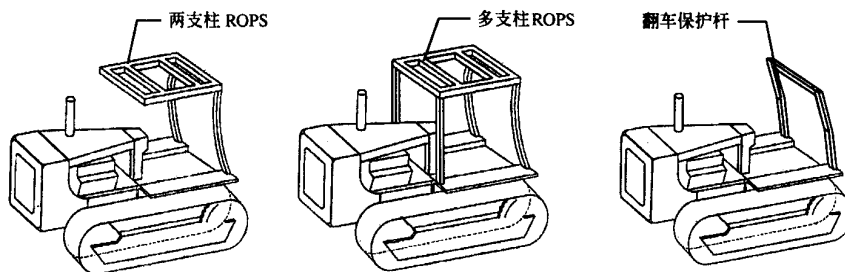


图 1 ROPS 的典型结构及其布置图

Fig. 1 Schematic diagrams of typical structures and arrangements of ROPS

FOPS (Falling Object Protective Structures) 是用于落物时保护司机免于砸伤的装置, 其功能是能遮蔽坠落的物体 (如: 树木、岩石等), 以便对司机提供适当的安全保护。ROPS 和 FOPS 一般是一整体结构系统, 合称为 ROPS & FOPS。

## 2 ROPS & FOPS 的性能要求及试验规则

最新国际标准 ISO 3471: 1994《铲土运输机械——翻车保护装置实验室试验性能要求》及 ISO 3449: 1992《铲土运输机械——落物保护装置实验室试验性能要求》对 ROPS & FOPS 的实验室静

态试验性能要求作了详细规定, 用以鉴定 ROPS 在静载下的承载能力和力—挠曲特性以及 FOPS 的抗冲击性能。标准认为, ROPS 在典型的静态试验中, 若满足规定的性能指标, 则在下列情况下可保证司机的安全, 即车辆以 0~16 km/h 的初速度在坡度

30° 的硬质粘土斜坡上前进, 车辆围绕纵轴翻滚 360° 并且一直保持与地面接触时, ROPS 构件的变形没有侵入挠曲极限量 (Deflection Limiting Volume, 简称 DLV)。

### 2.1 挠曲极限量 (DLV) 的规定

#### 2.1.1 挠曲极限量 (DLV) 的定义

挠曲极限量 (DLV) 是人体的极限生存空间, 是在对 ROPS 和 FOPS 进行实验室鉴定时, 用以规定与司机安全有关的 ROPS 或 FOPS 的变形不得侵

收稿日期: 2001212220

作者简介: 曲守平, 教授, 长春市卫星路一号 长春大学机械工程学院, 130022

入的空间。ISO 3164: 1992《铲土运输机械——翻车保护装置和落物保护装置实验室鉴定——偏移极限空间的规定》对DLV 作了明确规定。

2 1 2 挠曲极限量(DLV)的定位

在进行DLV 定位时, 首先必须将司机座位调到最后和最低位置, 然后用底座上面的水平中线 $L_1$ 和靠背前面的垂直中线 $L_2$ 的交点作为DLV 的定位点LP, 用通过LP 且垂直于司机座纵向平面的线作为DLV 的定位轴线LA, 如图2 所示。

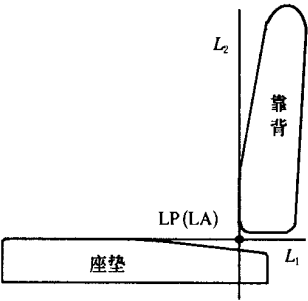


图2 LP 及LA 的确定  
Fig 2 Detemination of LP and LA

在确定了LP 和LA 后, 即可用图3 所示的尺寸来确定标准的DLV。

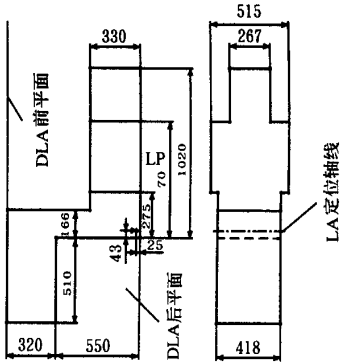


图3 DLV 定位(尺寸单位mm)  
Fig 3 DLV position (unit: mm)

2 2 国际标准对ROPS 的性能要求和试验规则

在现行的国际标准 ISO 3471: 1994 中, 对ROPS 的性能要求主要有4 项, 即最小侧向承载能力、最小能量吸收能力、最小垂直承载能力和最小纵向承载能力。它们的大小与车辆类型和整车质量有关, 除最小垂直载荷均为 $2Mg$  ( $M$  为整车质量,  $g$  为重力加速度) 外, 其余性能要求具体计算方法如表1 所示。

表1 ROPS 应能满足的最小承载能力和能量吸收标准<sup>[1]</sup>

Table 1 The smallest loadbearing capacity and power absorption standard that the ROPS should be satisfied

车辆种类	整车质量 $M$ /kg	最小侧向载荷 $F$ /N	最小能量吸收标准 $E$ /J	最小纵向载荷 $F$ /N
轮式装载机和拖拉机	$700 < M \leq 10\,000$	$F = 6M$	$E = 12\,500(M/10\,000)^{1.25}$	$F = 4.8M$
	$10\,000 < M \leq 128\,600$	$F = 60\,000(M/10\,000)^{1.20}$	$E = 12\,500(M/10\,000)^{1.25}$	$F = 48\,000(M/10\,000)^{1.20}$
	$M > 128\,600$	$F = 10M$	$E = 2.37M$	$F = 8M$
平地机	$700 < M \leq 2\,140$	$F = 6M$	$E = 15\,000(M/2\,140)^{1.25}$	$F = 4.8M$
	$2\,140 < M \leq 38\,010$	$F = 70\,000(M/38\,010)^{1.10}$	$E = 15\,000(M/38\,010)^{1.25}$	$F = 56\,000(M/38\,010)^{1.10}$
	$M > 38\,010$	$F = 8M$	$E = 2.09M$	$F = 6.4M$
自行式铲运机	$700 < M \leq 1\,010$	$F = 6M$	$E = 20\,000(M/1\,010)^{1.25}$	$F = 4.8M$
	$1\,010 < M \leq 32\,160$	$F = 95\,000(M/32\,160)^{1.20}$	$E = 20\,000(M/32\,160)^{1.25}$	$F = 76\,000(M/32\,160)^{1.20}$
	$M > 32\,160$	$F = 12M$	$E = 2.68M$	$F = 9.6M$
履带式装载机和拖拉机	$700 < M \leq 4\,630$	$F = 6M$	$E = 13\,000(M/4\,630)^{1.25}$	$F = 4.8M$
	$4\,630 < M \leq 59\,500$	$F = 70\,000(M/59\,500)^{1.20}$	$E = 13\,000(M/59\,500)^{1.25}$	$F = 56\,000(M/59\,500)^{1.20}$
	$M > 59\,500$	$F = 10M$	$E = 2.09M$	$F = 8M$
轮式工业拖拉机	$700 < M \leq 10\,000$	$F = 6M$	$E = 12\,500(M/10\,000)^{1.25}$	$F = 4.8M$
	$10\,000 < M \leq 128\,600$	$F = 60\,000(M/10\,000)^{1.20}$	$E = 12\,500(M/10\,000)^{1.25}$	$F = 60\,000(M/10\,000)^{1.20}$
	$M > 128\,600$	$F = 10M$	$E = 2.37M$	$F = 8M$

2 2 1 ROPS 的最小侧向承载能力性能要求和试验规则

ROPS 的最小侧向承载能力是要求ROPS 具有一定的侧向强度而穿入未冻土壤, 使ROPS 能起到阻止车辆进一步翻滚的作用。

在进行ROPS 的侧向承载能力实验室试验时, ROPS 的固装和加载应遵守如下规定:

- 1) ROPS 的固定应如同固装在实际工作的车

辆上一样, 但必须将窗户、壁板、车门等卸除。

- 2) 侧向加载时载荷作用点应在ROPS 顶部纵向构件上, 且应通过载荷分配装置进行。

- 3) 对于多支柱的ROPS, 载荷分配装置的长度不得大于ROPS 前后支柱之间的顶部构件水平距离的80%, 且保证载荷开始时作用在距DLV 前后平面外侧各80 mm 的平面所确定的投影区域内(如图4 所示)。

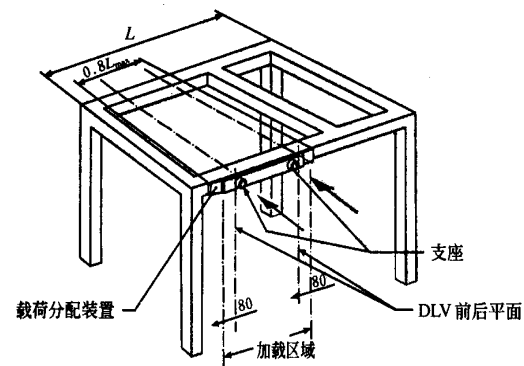


图 4 多支柱ROPS 的侧向加载位置

Fig 4 Side load position on more than two post ROPS

4) 对于只有 2 根支柱的 ROPS, 载荷作用点距支柱至少应等于纵向构件长度的 1/3, 且保证侧向加载一开始作用在 DLV 前后面所确定的投影区域内(如图 5 所示)。

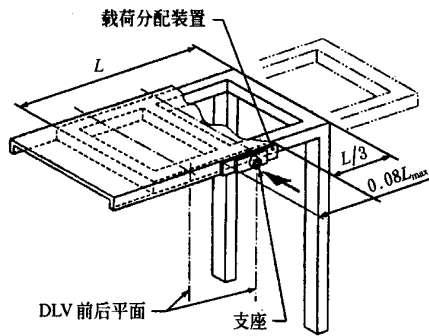


图 5 两根支柱 ROPS 的侧向加载位置

Fig 5 Side load position on two post ROPS

5) 加载的速度应该认为是静态的速度(即在载荷施加点构件变形率不大于 5 mm/s), 且以加载中心位移增量 15 mm 为间隔, 记录力和加载中心的位移量, 来绘制力—位移曲线。

在实验室静态试验时, 为了模拟车辆实际倾倒时与地面的相对关系, 国际标准引入了侧向加载模拟地平面(Lateral Simulate Ground Plane, 简称 LSGP)的概念, LSGP 的确定方法如下:

过承受载荷作用的 ROPS 上部构件的最外一点, 作垂直于地面的直线, 过该线作平行于车辆纵轴的平面, 将该平面向离开 DLV 的方向旋转 15° 即形成了侧向加载的模拟地平面 LSGP, 如图 6 所示。在 ROPS 的变形过程中, LSGP 应随承载构件的移动而移动, 但必须保持与垂直平面成 15° 角。

判断 ROPS 是否满足最小侧向承载能力的标准是: 在满足表 1 规定的载荷大小的前提下, 试验中变形的 ROPS 和侧向加载模拟地平面不得进入 DLV。

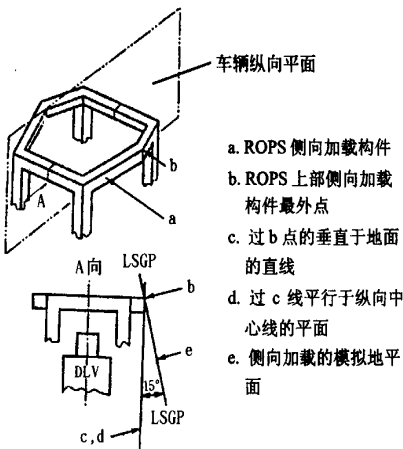


图 6 LSGP 的确定方法

Fig 6 The method of determining LSGP

2.2.2 ROPS 的最小能量吸收能力要求及试验规则<sup>[1]</sup>

最小能量吸收能力要求主要是考虑车辆滚翻后 ROPS 应有承受连续冲击的能力, ROPS 能量吸收能力是用 ROPS 在侧向加载试验中, 侧向载荷在整个加载过程中所作的功来衡量的, ROPS 的能量吸收能力可根据下面的公式计算

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{F_i + F_{i-1}}{2} (\$i - \$_{i-1})$$

式中  $F_i$ ——第  $i$  个加载水平的载荷值;  $\$i$ ——第  $i$  个加载水平的加载中心的偏移值;  $n$ ——加载水平总数。

最小能量吸收能力实验室试验的具体规定与最小侧向承载能力相同。一般情况下, 在 ROPS 的侧向加载试验中, 能量吸收和侧向承载能力标准不可能在试验进行的同一时刻到达, 这时应连续加载到 ROPS 力和能量吸收都满足要求为止。

2.2.3 ROPS 的垂直承载能力要求及试验规则

要求 ROPS 有一定的垂直承载能力的目的在于当车辆滚翻后, 变形的 ROPS 能支撑住整个颠覆的车辆, 避免司机轧伤。按照 ISO 3471: 1994, 在进行试验时应遵守如下规定:

1) 施加的垂直载荷大小为整机重量的 2 倍, 即  $2Mg$  ( $M$  为整车质量,  $g$  为重力加速度)。

2) 对于有 2 根支柱以上的 ROPS, 垂直载荷的施加位置没有任何限制。

3) 对于只有 2 根支柱的 ROPS, 垂直载荷的作用中心距支柱的距离至少应为顶部构件长度  $L$  的 1/3, 且应包括在 DLV 的前后平面的投影区域内, 如图 7 所示。

衡量 ROPS 是否满足垂直承载能力的标准是, 在去掉侧向载荷后, ROPS 应支撑  $2Mg$  ( $M$  为整车

质量)的垂直荷载达 5 m in, 而不出现任何明显的变形。对于翻车保护杆, 垂直加载过程中, ROPS 变形不允许其任何部分和垂直加载模拟地平面 VSGP 进入 DLV。VSGP 由 ROPS 上部横向构件和车辆上能支承住颠覆车辆且可能与 ROPS 同时接触地面的前(或后)部构件确定, VSGP 随 ROPS 的变形而移动。图 8 为已进入 DLV 的 VSGP 示意图。

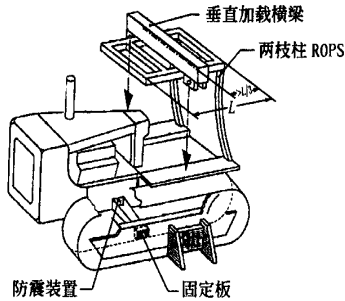


图 7 两根支柱 ROPS 的垂直加载位置  
Fig. 7 Vertical load position on two-post ROPS

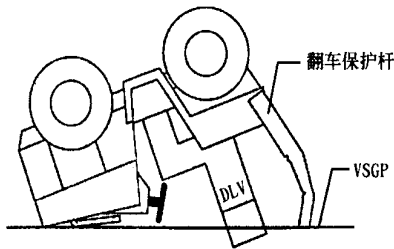


图 8 已进入 DLV 的 VSGP 示意图  
Fig. 8 Schematic diagram of VSGP in DLV

2.2.4 ROPS 的纵向承载能力要求及试验规则

纵向承载能力要求是为了保证当车辆横向滚翻时, ROPS 能穿入未冻土壤而防止车辆进一步滚翻。当纵向载荷与司机同向时, DLV 可绕 LA 转动, 转动极限为 15°; 当纵向载荷与司机相对时, 不允许 DLV 转动。

按照 ISO 3471: 1994, 纵向承载能力试验应遵守如下规定:

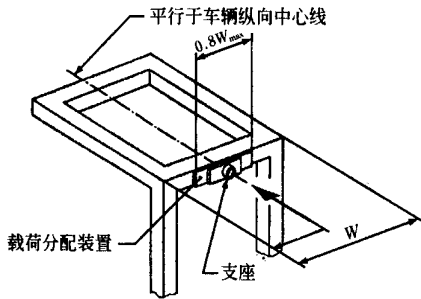


图 9 ROPS 的纵向加载位置  
Fig. 9 Longitudinal load position on ROPS

1) 如果没有前(或后)横向构件, 载荷分配装置可分布在整个宽度上, 否则, 不得超过宽度 W 的 80%, 如图 9 所示。

2) 加载速度应该认为是静态的速度(见 3.2.1.5), 载荷应持续到满足纵向加载要求为止。

2.3 FOPS 的抗冲击性能要求及试验规则

车辆在实际工作中遇到落物的情况千变万化, 无论是落物的种类还是落下时产生的冲击能量, 均难以用统一的方法再现和表示。为了使 FOPS 的抗冲击性能要求有统一的衡量方法, 国际标准化组织在 ISO 3449: 1992 中作了硬性规定, 即 FOPS 应至少承受由钝物产生的 11 600 J 的冲击能量而不被击穿, 在具体实施落物试验时应遵守下列规定:

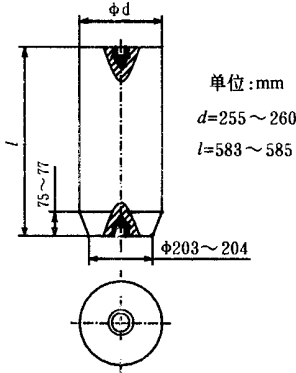


图 10 标准落锤的结构要求  
Fig. 10 Structure requirement of standard falling hammer

1) 标准落锤的结构应满足图 10 的要求, 如任选落锤时, 必须是一种最大直径为 400 mm 的球状体或球体。

2) 落锤的小头必须完全落在 DLV 垂直投影面内并保证落锤无偏落下。

3) 落锤的下落高度决定于落锤的质量大小, 要保证产生不小于 11 600 J 的能量。评定 FOPS 抗冲击性能合格的标准是: 在落锤的初次和以后的撞击下, ROPS & FOPS 的任何部分变形不得进入 DLV, 且 FOPS 不应被落锤击穿, 如果 FOPS 被落锤击穿, 则认为该 FOPS 不合格。

3 结 论

1) 本文阐述了工程车辆翻车和落物保护装置 (ROPS & FOPS) 的概念、结构类型特点及功能、性能要求和试验规则, 为 ROPS & FOPS 的性能试验提供了依据。

2) 对国产工程机械配装符合国际标准的 ROPS & FOPS, 或研制新型 ROPS & FOPS 驾驶室, 提高国内装载机水平具有重要意义。

[参 考 文 献]

[ 1 ]

ISO 3471: 1994: Earthmoving machinery—Roll-over protective structures—Laboratory tests and performance requirements[S]

[ 2 ]

ISO 3449: 1992: Earthmoving machinery—Falling object protective structures—Laboratory tests and performance requirements[S]

[ 3 ]

ISO 3164: 1992: Earthmoving machinery—Laboratory evaluation of roll-over and falling object protective structures—specifications for deflection-limiting volume[S]

Outline of Roll-Over and Falling Object Protective Structure of Engineering Vehicles

Qu Shouping<sup>1</sup>, Lu Conghong<sup>2</sup>, Hou Muying<sup>3</sup>, Wang Ping<sup>3</sup>

(1. College of Machinery Engineering, Changchun University, Jilin 130022, China;

2 Dalian University of Science & Technology, Dalian 116023, China;

3 InnerMongolia University of Technology, Hohhot 010062, China)

**Abstract:** Based on the newest ISO 3471: 1994, ISO 3449: 1992, and ISO 3164: 1992, this paper describes the conceptions, structure types and characteristics, functions, performances requirements and testing regulations of roll-over and falling object protective structures(ROPS & FOPS) of the engineering vehicle. It provides a criterion for domestic standard and the experiment of the performance of ROPS & FOPS.

**Key words:** ROPS & FOPS; performance requirement; testing regulations