ICS

中华人民共和国国家标准

GB 25849—2010

移动式升降工作平台-设计计算、安全要求和测试方法

Mobile elevating work platforms-Design calculations，safety requirements and test method

（MOD ISO16368:2003）

2011-01-10 发布　　2011-12-01 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

目　　次

前言.....II
1 范围.....4
2 规范性引用文件.....4
3 术语和定义.....5
4 危险列表.....9
5 安全要求和/或措施.....14
6 安全要求和/或措施验证.....44
7 使用信息（见附录F）.....47
附录A （资料性附录） 移动式升降工作平台在风速大于12.5m/s情况下的使用 50
附录B （资料性附录） 稳定性和结构计算的动载系数.....51
附录C （规范性附录） 钢丝绳传动系统的计算.....52
附录D （资料性附录） 钢丝绳传动系统.....57
附录E （资料性附录） 障碍试验计算.....61
附录F （资料性附录） 使用说明手册 63
附录G （资料性附录） 结构安全系数.....77

国标久久 www.gb99.cn 免费下载

前　　言

本标准第5章和第6章中带“宜”字、第1章、第2章、第3章、第4章和第7章及附录中的内容为推荐性条款，其余为强制性条款。

本标准修改采用ISO16368:2003《移动式升降工作平台-设计计算，安全要求和测试方法》。

本标准根据ISO16368:2003重新起草。

本标准与ISO16368:2003的技术性差异及其原因：

——本标准第2章“规范性引用文件”中用一部分我国标准代替对应的欧洲标准和国际标准，增加了GB3811，取消了ISO 4302；增加了GB/T9465-2008，以使得与现行国家相关标准协调一致。

——本标准第5章5.2.3.3.2中，有关其他结构的迎风面积，引用了GB3811起重机设计规范，以使得与现行国家相关标准协调一致。

——本标准第5章5.2.5.2中，关于结构计算方法应符合相应的国家标准，例举了如GB3811 、GB/T9465 标准，计算出的安全系数不应低于规定值中增加了附录G，以使得与现行国家相关标准协调一致。

——本标准第5章5.3.6中， 稳定器支腿的构造宜适应地面不平度至少为 10° 。对于车载式平台很难达到。根据美国吉尼公司工程师建议更改为“在制造商允许的最大坡度进行操作时，稳定器应能够在最大允许倾角内对底盘进行调平”。

——本标准第5章5.6.14.3中，绝缘平台的绝缘测试和衬垫的绝缘测试引用了GB/T9465-2008的6.13中的内容，以使得与现行国家相关标准协调一致。

上述技术差异已编入正文中，并在它们所涉及的条款的边页空白处用垂直单线标识。

本标准的附录A、附录B、附录D、附录E、附录F、附录G为资料性附录，附录C为规范性附录。

本标准由全国升降工作平台标准化技术委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：北京建筑机械化研究院。

本标准参加起草单位：杭州赛奇高空作业机械有限公司、北京京城重工机械有限责任公司、杭州爱知国产车辆有限公司、徐州海伦哲专用车辆有限公司、江阴市华澄特种机械工程有限公司

本标准主要起草人：

ISO16368:2003 简介

本国际标准的目的是定义规则，保障有关人员和对象的安全，防止在操作移动式升降工作平台(MEWP) 时出现意外风险。

对于那些适用于每个电气部件、机械或结构部件的常规技术规则，本国际标准不再赘述。

此国际标准的安全要求是针对按照制造商的说明、工作条件、使用频率和国家规定进行定期维护的 移动式升降工作平台起草的。

假定每天开始工作前都对移动式升降工作平台进行了功能检查，而且除非所有要求的控制和安全设备都已经准备就绪并处于工作状态，否则不能启动移动式升降工作平台并投入运行。

如果移动式升降工作平台很少使用，可以在开始工作前进行检查。

附录 A 解释了选择Beaufort风力 6 级作为最高风速的原因。

本文列举了一个安全措施范例，但这并不是唯一的可行解决方案。只要可以达到相关的安全水平，其他所有可以减少风险的解决方案都是允许的。

因为无法找到对先前国家标准中用于稳定性计算的动力因数的令人满意的解释，所以采用欧洲标准化委员会(CEN)（即以前的 TC 98/WG1）所得出的测试结果，以决定移动式升降工作平台适合因数和稳定性计算方法。测试方法在附录 B 中进行了说明，可作为希望使用更高或更低操作风速和利用控制系统的最新研发成果的制造商的指南。

同样，为了避免出现与其他升降设备标准未说明的不一致钢丝绳使用系数，此文档的 5.5.2 和附录 C 中也适当地摘录了被广泛接受的德国标准 DIN 15020（所有部分），附录 D 中还有一个应用实例。

国标久久 www.gb99.cn 免费下载

移动式升降工作平台-设计计算，安全要求和测试方法

1 范围

本标准规定了用于输送人员到工作位置并在平台上进行工作的所有类型和规格的移动式升降工作平台的技术安全要求。

本标准适用于移动式升降工作平台的结构设计和稳定性计算、制造、安全检查和测试。指出了由于使用移动式升降工作平台会引起的危险并介绍了消除和降低这些危险的方法。本标准不包括以下方面引起的危险：

——用无线电和其他无线控制的操作

——在有潜在爆炸危险的环境里使用

——电磁的不相容

——在带电的系统上工作(见 IEC 61057)

——使用压缩气体作为承载的元件

本标准不适用于：

a) 电梯和液压电梯（见 EN 81-1 和 EN 81-2）
b) 消防和救火装置（见 prEN 1777）
c) 高处作业吊篮和擦窗机（见 prEN 1808）
d) 升降操作员的位置在轨道式存储和卸取设备上（EN 528）
e) 车尾起重机（见 prEN 1756-1 和 prEN 1756-2）
f) 桅柱爬升式工作平台（见 ISO 16369）
g) 公园游艺设备
h) 起升高度小于 2m 的升降平台（见 EN 1570）
i) 提升人员和材料的建筑施工升降机（见 prEN 12159）
j) 飞机地面支持设备（见 prEN 1915-1 和 1915-2）
k) 埋杆机（起重挖穴机）（见 ANSI A10.31）
l) 升降操作员的位置在工业卡车上的设备（见 prEN 1726-2）
m) 桥梁检测和维护设备（见 ANSI A92.8）
n) 库存拣选或订单拣选类设备

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 20118 一般用途钢丝绳(ISO/DIS 2408:2002, MOD)

GB/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第 1 部分:工作场所和公共区域中安全标志的设计原则

GB 2893 安全色 ISO 3864:1984, NEQ

GB 2894　　安全标志 ISO 3864:1984, NEQ

GB3811　　起重机设计规范

GB/T 19924　流动式起重机 稳定性的确定　ISO 4305:1991, IDT

GB/T 5972　起重机用钢丝绳检验和报废实用规范 ISO 4309:1990 ,IDT

GB/T 15706.1 机械安全 基本概念与设计通则 第 1 部分：基本术语和方法 ISO 12100-1:2003, IDT

GB/T 15706.2 机械安全 基本概念与设计通则 第 2 部分：技术原则 ISO 12100-2:2003, IDT

GB 16754　机械安全 急停 设计原则 ISO/IEC 13850:1995, EQV

ISO 13854　机器安全—避免挤压人体器官的最小间隙

ISO 18893　移动式升降工作平台－安全要求，检查，维护和操作

ISO 20381　移动式升降工作平台－操作控制和其他显示标记

GB 5226.1　机械安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件 IEC 60204-1:2000, IDT

GB4208　外壳防护等级（IP 代码）IEC 60529:2001, IDT

GB/T 11020　固体非金属材料暴露在火焰源时的燃烧性试验方法清单 IEC 60707:1999, IDT

GB 14048.5　低压开关设备和控制设备 第 5-1 部分 控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器 IEC 60947-5-1:1997, EQV

IEC 61057　有电工作环境的绝缘臂架式高空作业设备

GB/T9465　高空作业车

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 **出入位置** access position

出入工作平台的位置。

注：出入口位置、收藏位置（3.30）、低位行走位置（3.12）、运输位置（3.32）可以是相同的。

3.2 **链条传动系统** chain-drive system

包含一条或多条绕在链轮齿上和链滑轮以及所有相关链轮齿、链滑轮和平衡滑轮上链条的系统。

3.3 **底盘** chassis

移动式升降工作平台的基座（见图 1）。

注：底盘可以推、拉、自行等。

3.4 **关键部件** critical component

支撑或稳定工作平台或伸展结构的载荷承载部件。

3.5 **高位行走位置** elevated travel position

移动式升降平台工作时在低位行走位置之外的行走状态。

3.6 **伸展结构** extending structure

与底盘相连、支撑工作平台并可让工作平台移动至所需位置的结构。见图1。

注:例如：伸展结构可以是单个的臂架或梯子、伸缩式或铰接式臂架或梯子、剪式机构或它们的任何组合，并且在其底盘上是可回转或不回转的。

3.7 **有限元分析模型** finite element analysis model

为了进行结构分析，用计算机处理方法建立理想化模型。

3.8 **室内使用** indoor use

移动式升降平台在蔽风环境下使用，因此，不会有风力作用在移动式升降工作平台上。

国标久久 www.gb99.cn 免费下载

3.9 **载荷周期** load cycle

从进入平台位置开始进行工作并返回初始位置的循环。

3.10 **载荷传感系统** load-sensing system

监控工作平台上的垂直载荷和垂直力的系统。

注：系统包括测量装置、安装测量装置的方法和信号处理系统。

3.11 **下降** lowering

将移动式升降工作平台移动到较低位置的所有操作，除行走操作以外（见图 1）。

3.12 **低位行走位置** lowered travel position

移动式升降平台行走时，工作平台在小于或等于 3 米工作位置的状态。

注：出入位置（3.1）、收藏位置（3.30）、低位行走位置、运输位置（3.32）可以是相同的。

3.13 **制造商** manufacturer

对准备使用的移动式升降平台的设计、使用指导、采购、制造、装配和的检测负有全责的个人或实体。

3.14 **移动式升降工作平台分类** mobile elevating work platform group classification

3.14.1 A 组：载荷重心的垂直投影始终在倾翻线内的移动式升降平台。

3.14.2 B 组：载荷重心的垂直投影可以在倾翻线外的移动式升降平台。

3.15 **移动式升降工作平台型式** mobile elevating work platform types

型式1 只允许在其收藏位置行进的移动式升降工作平台；

型式2 可与工作平台一起在升高的行进位置行进，且由底盘上的一点来进行控制的移动式升降工作平台；

型式3 可与工作平台一起在升高的行进位置行进，且由工作平台上的一点来进行控制的移动式升降工作平台。

注：型式 2 和型式 3 可以组合在一起。

3.16 **移动式升降工作平台** mobile elevating work platform

用来运载人员、工具和材料到工作位置的设备（包括移动式高空作业平台和高空作业车）。至少由带控制的工作平台、伸展结构和底盘组成。

3.17 **力矩传感系统** moment-sensing system

对移动式升降工作平台相对于倾翻线产生倾翻力矩的监控系统。

注：系统包括测量装置、安装测量装置的方法和信号处理系统。

3.18 **不平整表面** off-slab

非整平、铺设的平面，或采用混凝土或相当材料的平面，但不包括未压实的地面。

3.19 **室外使用** outdoor use

移动式升降工作平台可能暴露在有风环境中使用。

3.20 **铺设表面** paved slab surface

沥青、混凝土或相当材料铺设的坚实的水平平面。

3.21 **行走控制移动式升降工作平台** pedestrian-controlled mobile elevating work platform

用动力驱动行走，人员徒步随行控制设备操作使其移动的移动式升降工作平台。

3.22 **轨道移动式升降工作平台** rail-mounted mobile elevating work platform

在轨道上移动的移动式升降工作平台。

3.23 **起升** raising

将工作平台上升到较高位置的所有操作，除行走操作之外（见图 1）。

3.24 **额定载荷** rated load

为移动式升降工作平台设计的正常操作载荷，由垂直作用在工作平台上的人员、工具和材料载荷组成。

注：移动式升降工作平台可以有多个额定载荷。

3.25 **旋转** rotation

工作平台相对于垂直轴的圆周运动（见图 1）。

3.26 **副平台** secondary work platform

附加于工作平台（3.39）或伸展结构上，能独立移动的工作平台。

3.27 **自行移动式升降工作平台**

在工作平台上进行行走控制的移动式升降工作平台。

3.28 **回转** slewing

伸展结构相对于垂直轴的圆周运动（见图 1）。

3.29 **稳定器** stabilizer

通过支撑和/或调平整个移动式升降工作平台或伸展结构以稳定移动式升降工作平台的任何装置或系统（见图1）。

例如：支腿、千斤顶、悬挂锁紧装置、伸展车轴。

3.30 **收藏位置** stowed position

制造商限定的移动式升降工作平台配置，处于该配置时伸展结构被降低并收起，稳定器也被收起的位置。

注：出入位置（3.1）、收藏位置（3.30）、低位行走位置（3.12）、运输位置（3.32）可以是相同的。

3.31 **人力移动** totally manually operated

移动式升降工作平台仅以人力实现移动。

3.32 **运输位置** transport position

移动式升降工作平台运到工作地点时工作平台位置。

注：出入位置（3.1）、收藏位置（3.30）、低位行走位置（3.12）、运输位置可以是相同的。

3.33 **运输** transporting

将移动式升降工作平台运送或运出工作场地。

3.34 行走 travelling

除了运输状态外，底盘的所有运动。（见图 1）

3.35 **型式试验** type test

对新设计的产品样品或现行设计经重大更改后的产品样品进行的试验，该试验由制造商或其授权的代表执行。

3.36 **车载移动式升降工作平台** vehicle-mounted mobile elevating work platform

行走控制位于车辆驾驶室内的移动式升降工作平台，即高空作业车。

3.37 **钢丝绳传动系统** wire rope drive system

由一个或多个在卷筒或钢丝绳滑轮上运行的钢丝绳以及相关的卷筒、滑轮和补偿滑轮组成的系统。

3.38 **作业范围** working envelope

在正常操作的条件下和在规定的载荷和力范围内，设计的工作平台的工作空间。

注：移动式升降工作平台可以有多个工作空间。

3.39 **工作平台** work platform

用于载人（带或不带材料）的移动式升降工作平台的可移动组成部分，底盘除外。

国标久久 www.gb99.cn 免费下载

例如：笼、斗、篮。

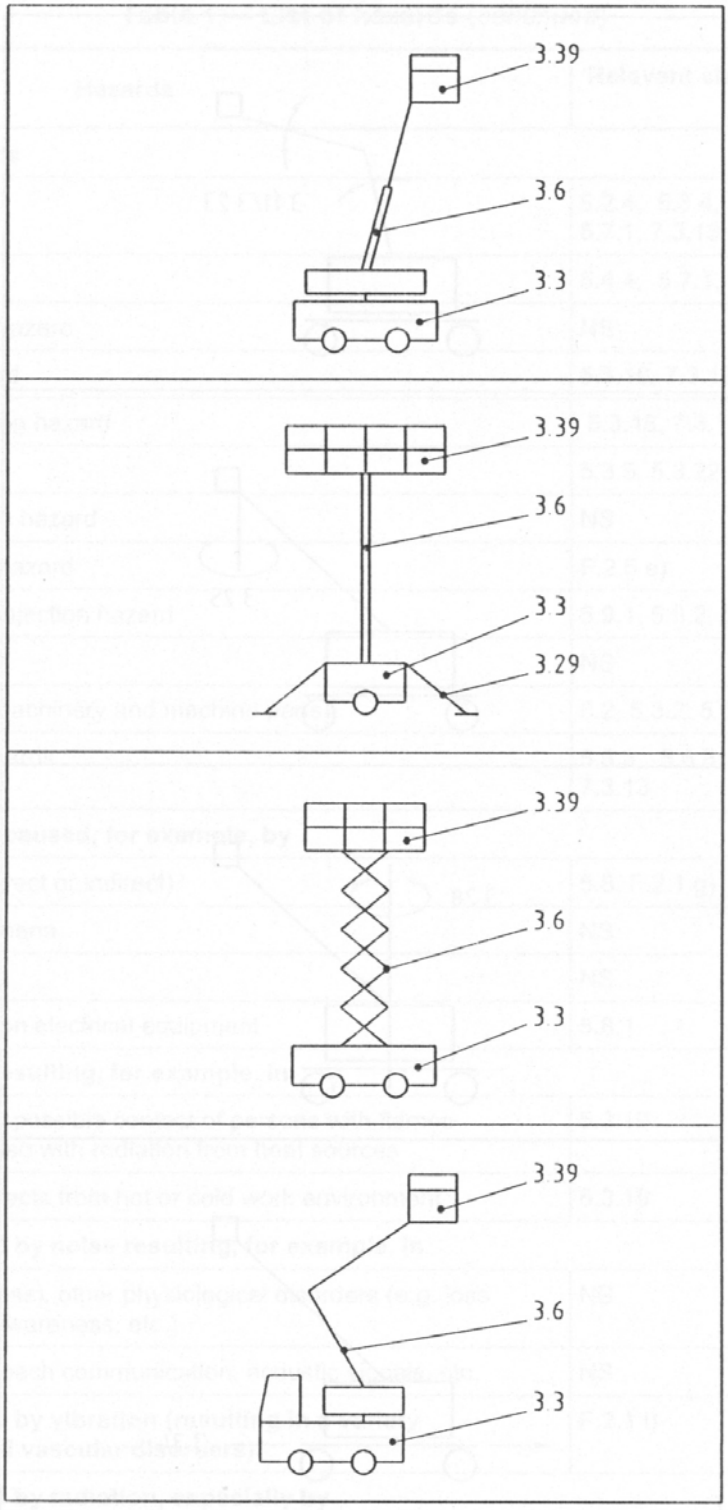


图 1　定义的插图（续图）

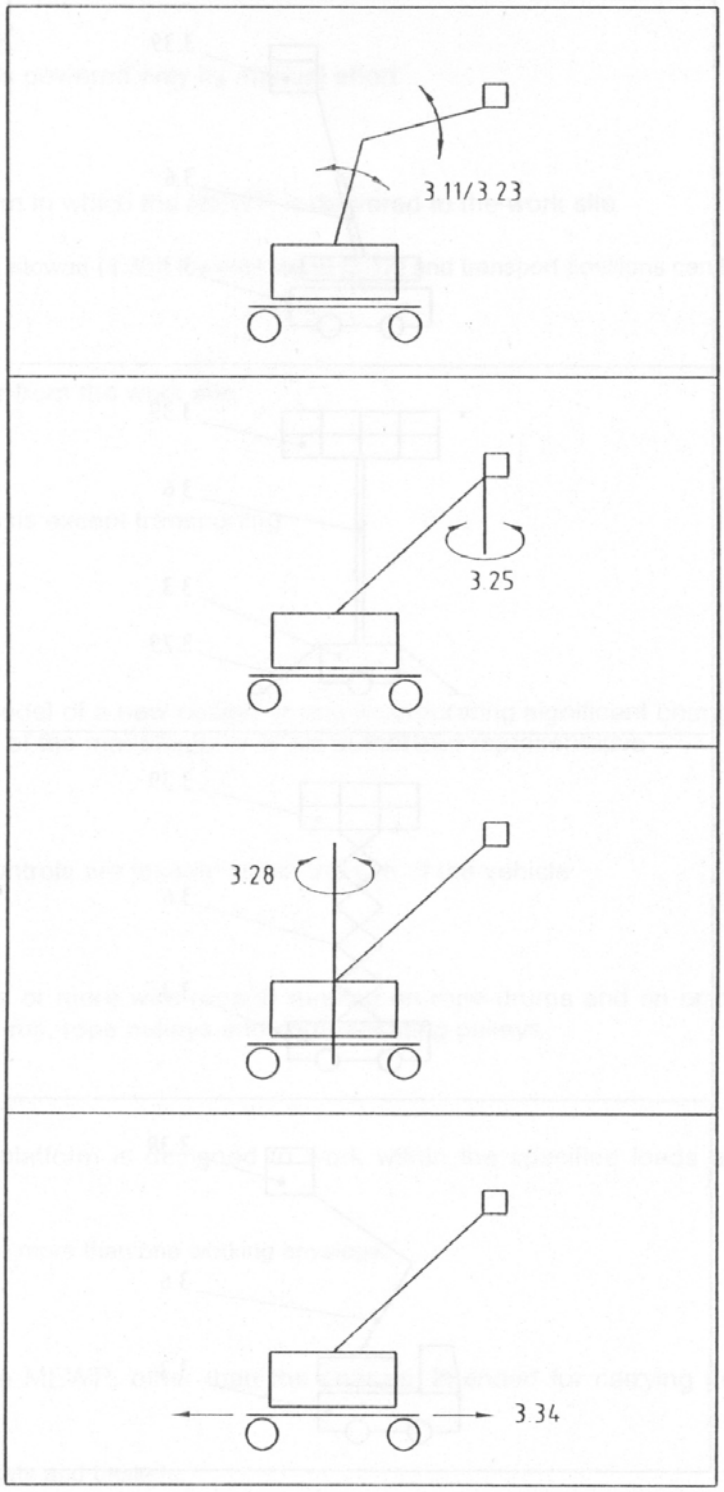


图 1　定义的插图（续图）

4 危险列表

国标久久 www.gb99.cn 免费下载

这些危险已按危险评估程序鉴别见表 1。

如果不是重大的危险而没有表述要求，在相应的要求栏内用“非重大”。

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
1	机械性危险	
1.1	挤压危险	5.2.4、5.3.4，5.3.5，5.3.21，5.4.4，5.6.9，5.7.1，7.2.13
1.2	剪切危险	5.4.4，5.7.1，7.3.13
1.3	切割或切断的危险	非重大
1.4	缠结危险	5.3.18，7.3.13
1.5	拉入或卷入的危险	5.3.18，7.3.13
1.6	冲击危险	5.3.5，5.3.22，F.2.1 h）
1.7	刺穿或刺破危险	非重大
1.8	摩擦或磨损危险	F2.5 e)
1.9	高压液体喷射的危险	5.9.1，5.9.2，5.9.3，5.9.4，5.9.5，5.9.10
1.10	零部件飞出	非重大
1.11	（整机或单件）稳定性丧失	5.2，5.3.2，5.3.6，5.3.7，5.3.9，5.3.10
1.12	滑倒、绊倒和坠落危险	5.6.2 5.6.3，5.6.4，5.6.5，5.6.6，5.6.7，7.3.13
2	电气危险：	
2.1	触电（直接或间接）	5.8，F.2.1 g)
2.2	静电	非重大
2.3	热辐射	非重大
2.4	电气设备的外部影响	5.8.1
3	热危险：	
3.1	热源的辐射热及火焰或爆炸所造成的烧伤或灼伤	5.3.19

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
3.2	过冷或过热工作环境对健康的危害	5.3.19
4	噪声	
4.1	听力丧失（耳聋），其它的生理紊乱（如失去平衡、失去知觉等）	非重大
4.2	对语言沟通、语音讯号等造成干扰	非重大
5	振动产生的危害（引起神经上的和血管的障碍）	F.2.1 i)
6	辐射产生的危害，尤其是：	
6.1	电弧	F.2.1 g)
6.2	激光	非重大
6.3	电离子辐射源	非重大
6.4	使用高频电磁场的机器	5.8.1
7	机器使用或排放的材料和物质处理产生的危害，例如：	
7.1	接触或吸入有害的液体、气体、薄雾、灰尘和烟雾	5.3.19
7.2	火灾或爆炸的危险	5.3.20
7.3	生物和微生物（病毒或细菌）的危害	非重大
8	在机器设计中，忽视人类工效学原理而引起的危害（人类特征和能力与机器不匹配），例如：	
8.1	有害健康的姿势或施力过度	5.6.6, 5.6.7
8.2	未充分考虑人的四肢构造	非重大
8.3	忽略使用人员保护设备	非重大
8.4	不合适的区域照明	非重大

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
8.5	人员精神过度紧张和疲劳	非重大
8.6	人为错误	5.7.1, 5.7.2
9	复合性危险	
10	动力供应失效、机械零部件故障和其他功能故障引起的危险，例如：	
10.1	动力供应失效（动力和/或控制回路）	5.3.11, 5.7.6, 5.7.7, 5.7.8, 5.7.9
10.2	机械零部件或液体意外飞出	非重大
10.3	控制系统的故障/失灵	5.7.7
10.4	装配错误	5.8.1，5.9.11
10.5	倾翻，机器稳定性的意外丧失	5.2, 5.3.2, 5.3.6, 5.3.7, 7.3.1 k)
11	有关（临时）没有或不当采用安全相关措施、手段和方法引起的危险	
11.1	防护装置的所有种类	5.3.18
11.2	所有与安全相关的防护装置	5.3.9
11.3	启动和停止装置	5.3.1, 5.4.5， 5.5.2.7, 5.5.3.7, 5.5.5.2, 5.6.3, 5.7.1, 5.7.2, 5.7.3, 5.7.4, 5.7.5, 5.7.6, 5.7.7, 5.7.8, 5.11.3, 5.11.6
11.4	安全标识和信号	5.3.2, 5.6.10, 5.7.2, 5.9.10
11.5	所有信息和警示装置	5.3.2, 5.3.13, 5.6.11,7.2， F2.1 c)，F 2.2
11.6	动力供应切断装置	5.8.2
11.7	急停装置	5.7.4

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
11.8	工件装入或移出的方式	非重大
11.9	进行安全调整和/或维护的必要装置和辅助设备	5.4.5, 5.9.1, F.2.5 a)， F.2.5 i)
11.10	气体排放设备等	5.3.19
12	移动/工作区域的照明不充足	非重大
13	装卸过程中突然移动/不稳定所造成的危险	5.2, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.6, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.9, 5.3.12, 5.6.1, 5.7.1, 5.7.3, 5.7.4, 5.7.5, 5.7.9
14	传动/操作位置的设计未充分考虑/未考虑人类工效学原理	5.6.9
14.1	危险环境所造成的危险（与移动零件、废气接触等）	5.3.18, 5.3.19
14.2	驾驶员/操作者所处位置的视野受阻	5.3.2, 5.3.21
14.3	不恰当座位/座椅（座椅标定点）	中度危险
14.4	控制装置的设计/位置未充分考虑/未考虑人类工效学原理	5.6.9
14.5	自行式机器的启动/移动	5.3.13, 5.3.14, 5.3.15, 5.3.16, 5.3.17, 5.3.21, 5.7.1, 5.7.3,
14.6	自行式机器的道路行驶	5.3.11, 5.3.15, 5.3.16, 5.3.18
14.7	徒步随行控制机器的运动	5.3.17
15	机械性危险	-
15.1	由于设备运动失控而对无防护人员的危险	5.2.4, 5.4.5, 5.7.1
15.2	由于零部件碎裂脱出而引起的危险	非重大
15.3	由于滚翻（ROPS）而引起的危险	非重大
15.4	由于落物（FOPS）而引起的危险	非重大
15.5	不恰当的出入方式引起的危险	5.6.6, 5.6.7
15.6	由于牵引、耦合、连接、传动而引起的危险	非重大

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
15.7	由于电池、火花、排放等而引起的危险	5.3.19, 5.3.20
16	由于升降操作而引起的危险	-
16.1	稳定性不足	5.2, 5.3.2, 5.3.6, 5.3.7, 5.3.9, 5.3.10, 5.4.1
16.2	机器脱轨	5.3.23
16.3	机器和起升附件的机械强度失效	5.2.5, 5.4.1, 5.4.7, 5.6.13, 7.2.2（b，F.2 a）, F.2.2 b)
16.4	运动失控	5.3.3, 5.3.4, 5.3.5, 5.4, 5.5, 5.6.1
17	无法清晰看到运动部件运行轨迹	5.3.21
18	雷电引起的危险	非重大
19	由于载荷/超载而引起的危险	5.4.1
20	由于提升人员而引起的危险	
20.1	机械强度	5.2，5.5.2, 5.5.3
20.2	载荷控制	5.4.1
21	控制	
21.1	工作平台的移动	5.4, 5.6.1, 5.7.1, 5.7.3, 5.7.4, 5.7.9, 附录 C
21.2	安全行走控制	5.7.1, 5.7.3, 5.7.4
21.3	安全速度控制	5.3.1, 5.3.16, 5.3.17, 5.4.6
22	人员坠落的危险	
22.1	人员保护设施	5.6.2
22.2	工作平台台面翻转门	5.6.8
22.3	工作平台倾斜控制	5.6.1
23	工作平台坠落/倾翻	

表 1---危险列表（续表）

危险类型		本标准相应条款
23.1	坠落/倾翻	5.2, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.6, 5.3.7, 5.3.9, 5.3.10, 5.3.12, 5.4.1, 5.4.2, 5.6.12, 5.9, 5.10
23.2	加速/制动	5.3.16, 5.4.6, 5.5.1.6
24	标识	7.3

5 安全要求和/或措施

5.1 一致性要求

制造商应满足本条款中的详细要求。

除非行业或地方有更为严格的标准规定，否则必须符合本标准的要求。

此外，对于本标准没有涵盖的危险，设备应符合（如果适用）GB/T 15706.1 和GB/T 15706.2危害的条款。

5.2 结构和稳定性计算

5.2.1 制造商的职责

制造商应负以下责任：

a) 结构计算，求各个载荷和力的位置、方向以及对构件强度产生最不利的组合值；

b) 稳定性计算，识别移动式升降工作平台的各种位置和载荷及力的组合作用而产生的最不利的稳定条件工况；

c) 结构和稳定性计算，包括由于使用 5.4.6 允许的较高速度而产生的动态作用。

5.2.2 载荷和力

应考虑下列载荷和力：

a) 额定载荷（见 5.2.3.1）

b) 结构载荷（见 5.2.3.2）

c) 风载荷（见 5.2.3.3）

d) 手动操作力（见 5.2.3.4）

e) 特殊载荷和力（见 5.2.3.5）

5.2.3 载荷和力的确定

5.2.3.1 额定载荷

额定载荷 m：

$$m=（n\times m_p）+m_e \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (1)$$

式中：

m_p 人的质量(80kg)

m_e 工具和材料的质量(≥40kg)

n 工作平台上的允许人数

假定每个人质量的载荷点作用在工作平台上，距上部顶栏杆平面水平距离 0.1m. 载荷点之间的距离为 0.5m。（见图 2 示例）

假定工具和材料的质量均匀作用在工作平台 25％的台面上，如果此压力超出 3kN/m²，可将 25％的数值增加到压力为 3kN/m² 为止。

所有这些载荷假定作用在产生最不利结果的位置。

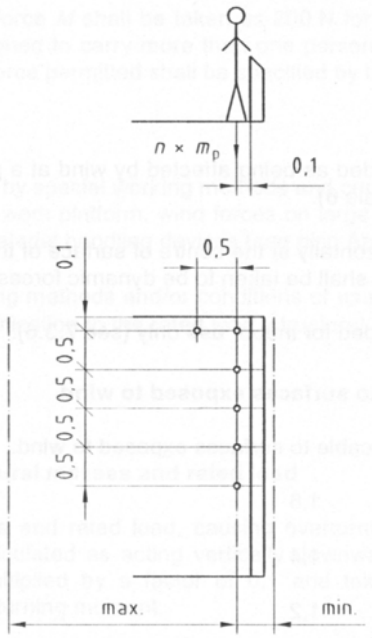
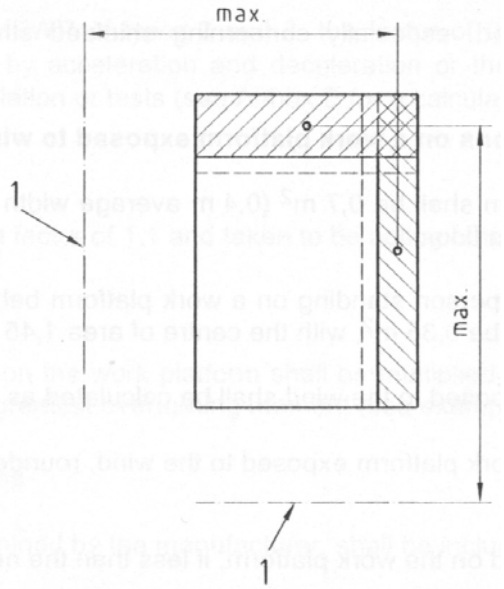


图 2： 额定载荷-人员



关键词：

1 倾翻线

图 3： 额定载荷-工具和材料

5.2.3.2 结构载荷

不运动的移动式升降工作平台构件的重量应为静态载荷。

运动的移动式升降工作平台构件的重量应为动态载荷。

5.2.3.3 风载荷

5.2.3.3.1 室外移动式升降工作平台

所有室外使用的移动式升降工作平台，被认为是受风压 100N/m^2 的作用，相当于风速 12.5m/s (风力等级 6 级)。

假定风力水平作用于工作平台上的人员、工具和材料及移动式升降工作平台零部件面积的中心，并应作为动态力。

本要求不适用于仅用于室内的移动式升降工作平台（见 7.3.6）

5.2.3.3.2 迎风面积采用的形状系数

a) L 形, U 形, T 形, I 形 截面 1.6
b) 箱形截面 1.4
c) 大型平面区域 1.2
d) 圆形截面，依尺寸而定 0.8/1.2
e) 直接迎风人员 1.0

有关其他结构迎风面积，见 GB3811 起重机设计规范。 人员的迎风面积，见 5.2.3.3.3。

5.2.3.3.3 工作平台上人员的迎风面积

一个人的全面积应为 0.7m^2 (平均宽度 0.4m × 高度 1.75m)，面积中心位于工作平台面以上 1.0m。站在工作平台的 1.1 m 高的（无孔）围栏后面的人员迎风面积应为 0.35m^2，其面积中心位于工作平台面以上 1.45m。

直接迎风的人数应按如下计算：

a) 平台迎风面的边长（圆整到 0.5m），除以 0.5m；或者
b) 如果工作平台上的人数少于 a) 计算的人数，按 a)。

如果工作平台上的许可人数大于 a) 计算的人数，其他人员应采用形状系数 0.6。

5.2.3.3.4 风力

工作平台上迎风的工具和材料所受风力按其重量的 3%计算，水平作用在工作平台面以上 0.5m 高度。

5.2.3.4 手动操作力

设计仅承载一个人员的移动式升降工作平台, 手操作力 M 的最小值应按 200N 计算; 设计承载一人以上的移动式升降工作平台, 手操作力的最小值应按 400N 计算，该力作用于平台面以上 1.1m 高度的位置；任何许可的较大力，制造商应注明。

5.2.3.5 特殊载荷和力

移动式升降工作平台在使用特殊的工作方法和使用条件下会产生特殊载荷和力， 例如：在工作平台之外承载物体、工作平台上承载的大型物体承受风力以及由卷扬机或材料装卸设备所施加的力（参见附录A）。

如果用户要求这种特殊的工作方法和使用条件，则应将所产生的载荷和力作为额定载荷、结构载荷、风载和/或手动力进行适当的修正。

5.2.4 稳定性计算

5.2.4.1 结构质量和额定载荷产生的力

由结构质量和额定载荷产生的力，所引起倾翻或稳定力矩，应乘以 1.0 系数，并作为垂直向下计算。对于伸展结构，这些力应乘以 0.1 系数，并作用于产生最大倾翻力矩的方向。

只要提供加速度和减速度效应的测量证明，制造商也可以使用小于 0.1 的系数。如果使用较高的加

速度/减速度，应采用大于 0.1 的系数。（见 5.4.6）

对于型式 2 和 3 的移动式升降工作平台的行走运动，应以代表加速度和减速度产生的力或路缘石测试的系数“z”代替系数 0.1(见 6.1.4.2.2.2)。该系数应以计算或测试决定（见附录 E 的计算示例）。

5.2.4.2 风力

风力乘以系数 1.1，且作用在水平方向上。

5.2.4.3 手动操作力

工作平台上人员工作产生的手操作力乘以系数 1.1 并作用于产生最大倾翻力矩的方向（见图 4）。

5.2.4.4 特殊载荷和力

由制造商确定的特殊载荷和力，应包括在计算中。

5.2.4.5 倾翻和稳定力矩的计算

最大的倾翻力矩和相应的稳定力矩, 应以最不利的倾翻线来计算。

倾翻线应按照 GB/T 19924 来决定，但对于实心轮胎和泡沫填充轮胎，倾翻线可看作位于轮胎与地面接触宽度往内 1/4 处。

计算应以移动式升降工作平台最不利的伸展和/或回缩位置，且底盘处于制造商定义的最大允许倾斜状态进行。制造商允许的底盘最大倾斜度，应再加上在设置移动式升降工作平台时的准确性偏差0.5°。所有同时作用的载荷和力，应以最不利的组合计算。例如：当载荷有稳定作用时，假设在工作平台上仅有一个人 (80 kg)，则还需进行额外的稳定性计算。表 2 中给出了示例，并且可以使用图 4 的图形方法。

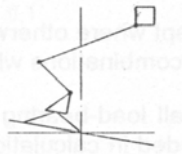
在所有情况下，计算的稳定力矩应大于倾翻力矩。

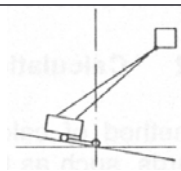
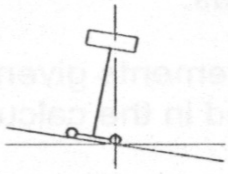
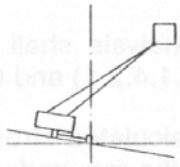
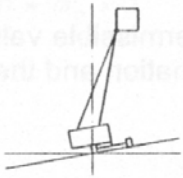
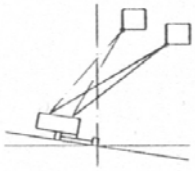
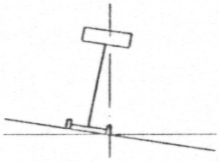
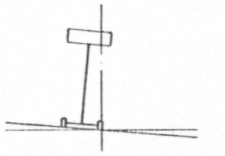
计算中应考虑下列影响：

a) 零部件制造的偏差。
b) 伸展结构的连接方法。
c) 由于力作用产生的弹性变形。
d) 气压轮胎支撑的移动式升降工作平台在工作时任何一只轮胎故障的情况。
e) 载荷感应系统、力矩感应系统和位置控制的性能特征（准确度）-例如:
   - 受短时间动态作用产生瞬间峰值的影响
   - 滞后
   - 移动式升降工作平台的倾斜
   - 环境温度
   - 工作平台上的载荷的不同位置及分布。（见 5.2.3.1）

弹性变形的确定应由计算或实验获得。

表 2 稳定性计算的载荷和力的方向及其组合示例（见图 4）

示例	工作情形	额定载荷		结构载荷 (Sn)		手操作力 (M)		风载荷（W）		图解
		× 1.0	× 0.1	× 1.0	× 0.1	× 1.0	× 0.1	× 1.0	× 0.1	
1	上升（下降）	V	A	V	A	-	-	H	H	

2	行走	V	S	V	S	-	-	H	H	
3	行走	V	S	V	S	-	-	H	H	
4	位于斜坡上前倾稳定性	V	-	V	-	A	A	H	H	
5	位于斜坡上后倾稳定性	80 kg V	-	V	-	A	A	H	H	
6	位于斜坡上下降，到极限位时前倾稳定性	V	S	V	S	-	-	H	H	
7	位于斜坡上	V	-	V	-	A	A	H	H	
8	位于水平地面	80 kg V	-	V	-	A	A	H	H	
注：V=垂直，　H=水平，　A=倾角，　S=斜坡上角度										
注：此表并不是完整的										

5.2.5 结构计算

5.2.5.1 概述

计算应按照材料力学的定理和原则。如果使用公式，一般应注明出处。否则，公式应由基本原理推导而来，以便可以检查其有效性。

除非特别说明，否则，各个载荷和力应认为作用于会产生最不利情况的位置、方向及其组合。

对于承载的零部件和连接件，强度和安全系数所需的资料应以清楚和容易验证的方法用于计算当中。如有必要校验计算，应给出各个零部件和连接件的具体主要尺寸、截面和材料。

5.2.5.2 计算方法

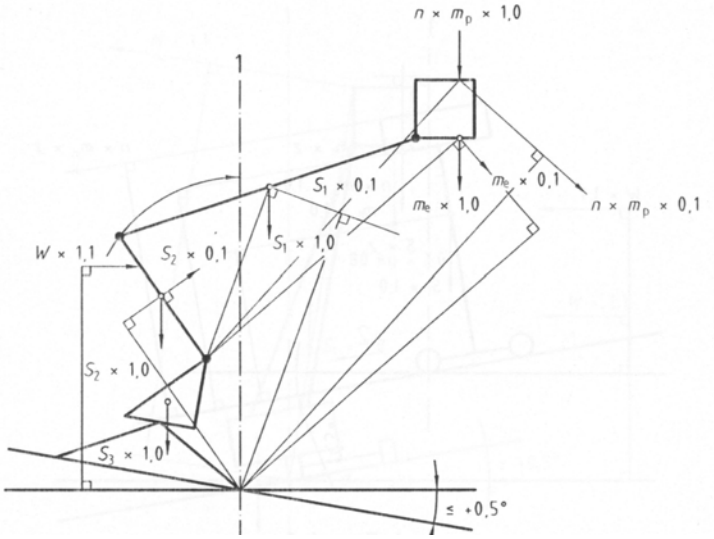
计算方法应符合相应的国家标准，如 GB3811 、GB/T9465-2008 标准，其中包括疲劳应力计算方法。确定计算中使用的载荷和力时，应考虑上述 5.2.2 和 5.2.4 中给出的规定。所用国家标准都不应改变这些规定。

应考虑细长部件的弹性变形。

应对最不利载荷组合进行分析。静态试验（见6.1.4.2.1）和超载试验（见 6.1.4.3）所产生的应力不应超过材料弹性极限的 90%。计算出的应力不应超过允许值。

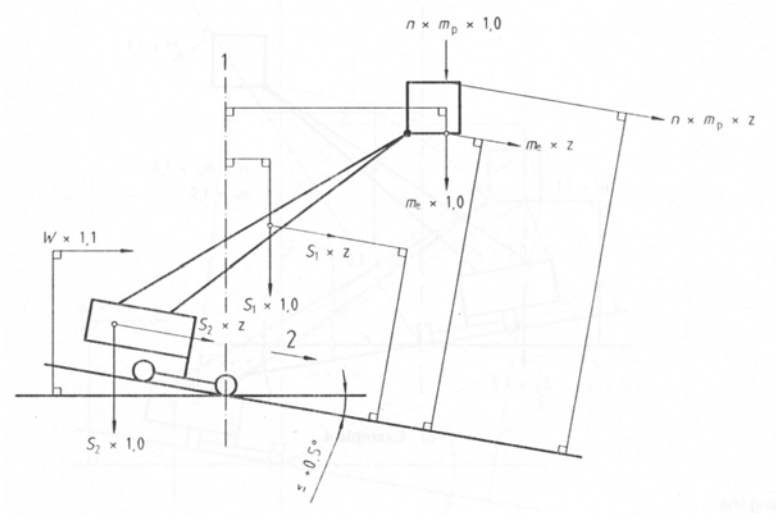
计算出的安全系数不应低于规定值（参见附录G）。

应力的允许值和安全系数的规定值取决于材料、载荷组合及计算方法。



。

示例 1

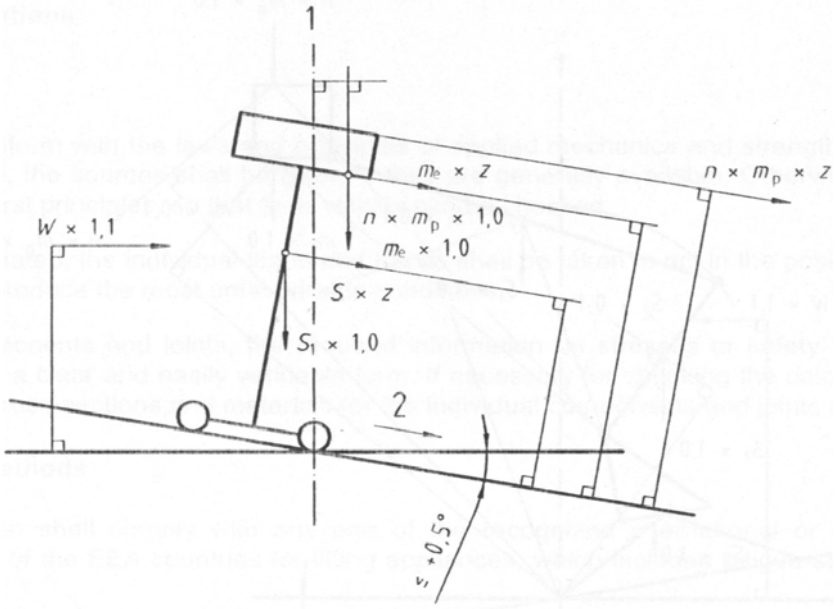


1 倾翻线

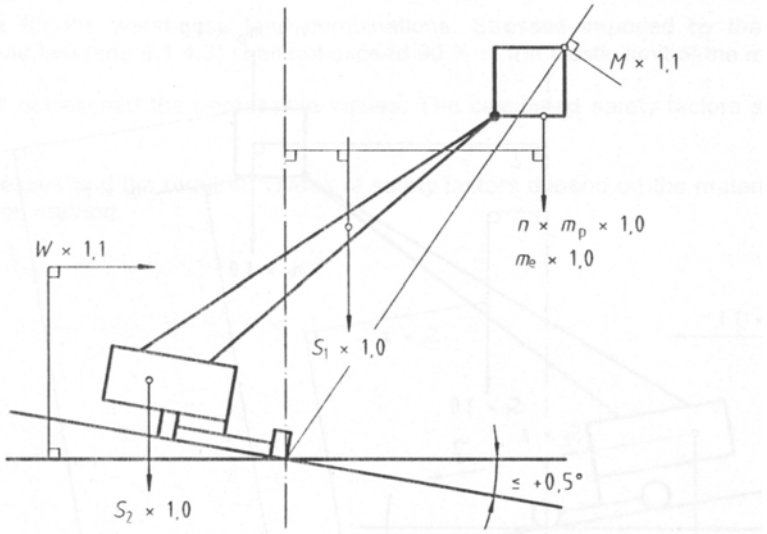
2 运行方向

示例 2

图 4： 最大倾覆载荷和力矩组合（见表 2）（续图）



示例 3

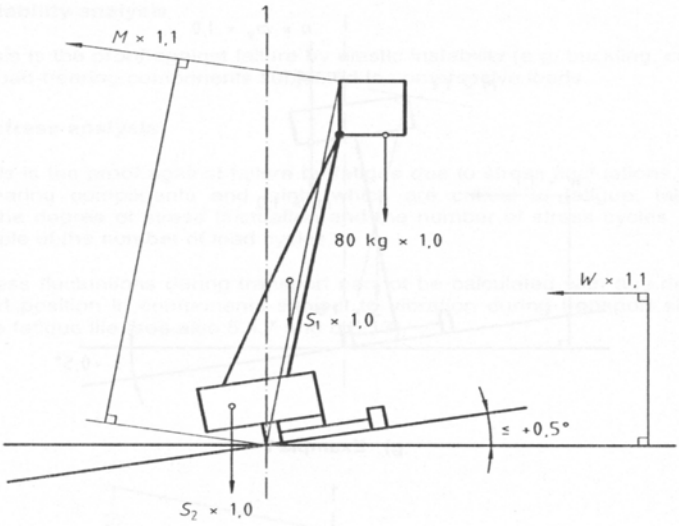


1 倾覆线

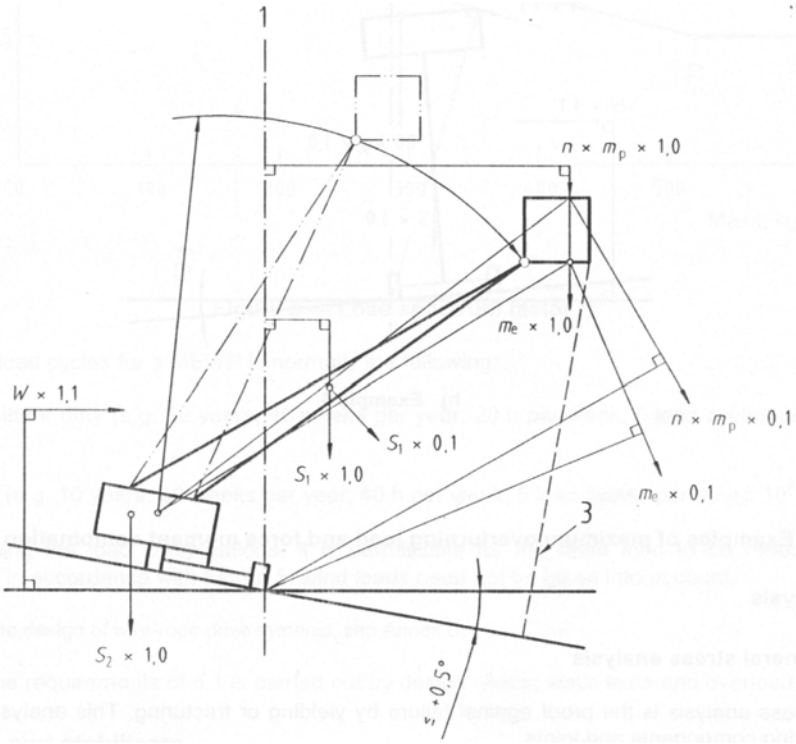
2 运行方向

示例 4

图 4： 最大倾覆载荷和力矩组合（见表 2）（续图）



示例 5

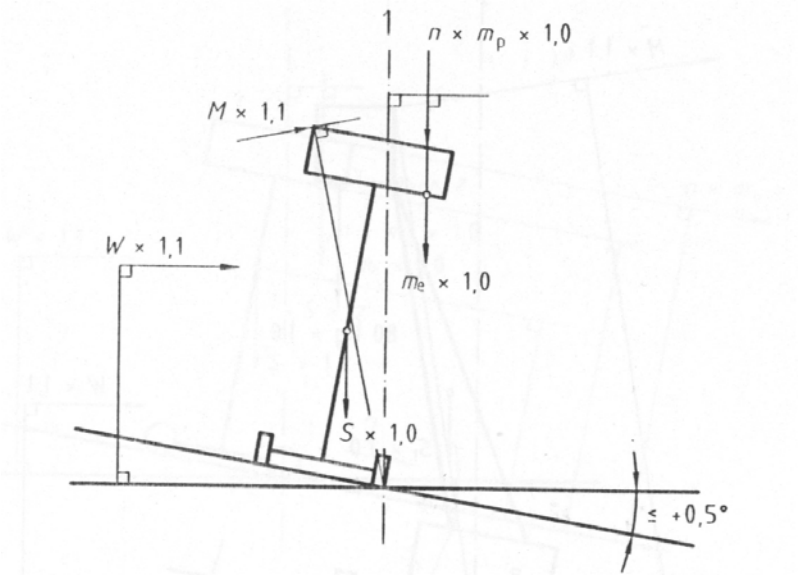


示例 6

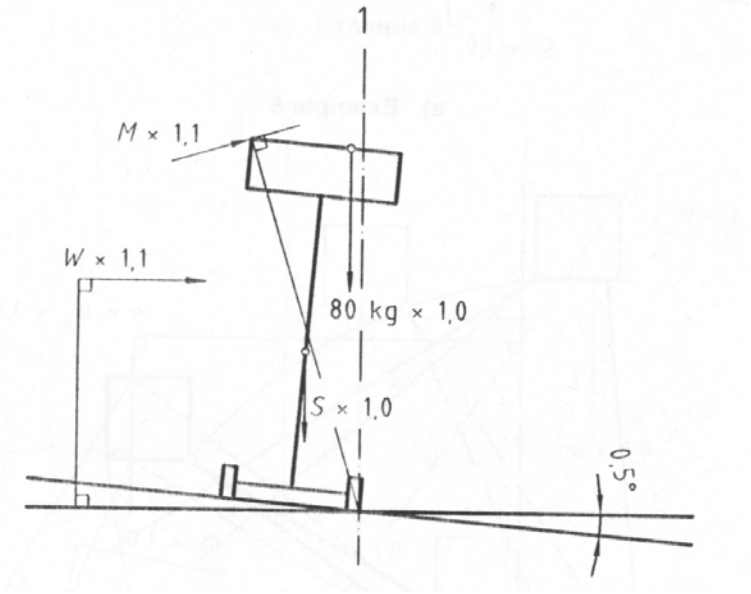
1 倾翻线

3 极限伸展

图 4： 最大倾覆载荷和力矩组合示例（见表 2）（续图）



示例 7



示例 8

1 倾翻线

图 4： 最大倾覆载荷和力矩组合示例（见表 2）

5.2.5.3 分析

5.2.5.3.1 总体受力分析

总体受力分析可避免因弯曲或断裂而出现故障。应对所有的承载零部件和连接件进行分析。

可采用有限元模型分析来满足此要求。应指明有限元模型和包括载荷区域、载荷形式、约束区域和约束形式的说明。

5.2.5.3.2 弹性稳定性分析

弹性稳定性分析可避免出现弹性失稳（例如弯曲、断裂）。应对所有涉及承受压力载荷的零部件进行弹性稳定性分析。

5.2.5.3.3 疲劳强度分析

疲劳强度分析可避免因应力波动而出现疲劳故障。应对所有对疲劳至关重要的承载部件和连接件进行分析，分析应考虑到结构细节、应力波动的程度及应力循环次数。应力循环次数可能是载荷循环次数的倍数。

由于无法准确计算出运输过程中的应力波动数，因此应减小运输过程中受振部件在运输位置上的应力，以确保实际具有无限长的疲劳寿命（见5.4.7 和 5.6.13）。

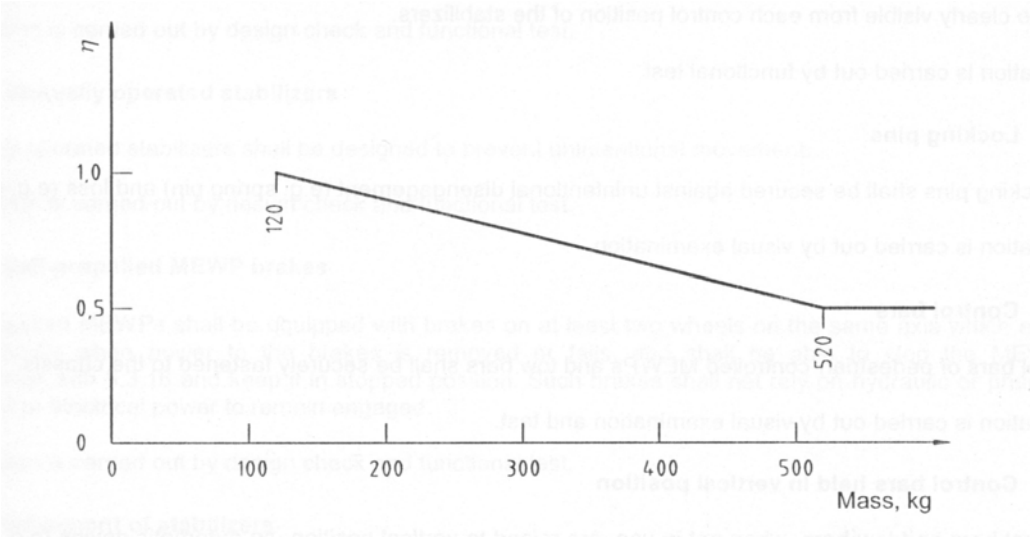


图 5： 载荷谱系数 η

移动式升降工作平台载荷循环次数一般为：

a) 间歇轻载（例如：10年，每年40星期，每星期20小时，每小时5个载荷循环次数）4×10^4循环次数

b) 重载（例如：10年，每年50星期，每星期40小时，每小时5个载荷循环次数）10^5 循环次数

根据图 5，确定载荷组合时，允许按照载荷谱系数减小额定载荷，无需考虑风载。

注： 有关钢丝绳传动系统的设计见附录D。

验证方法：可通过设计校验、静态试验和超载试验验证 5.1 中的要求。

5.3 底盘和稳定器

5.3.1 自动安全装置

对于徒步控制的移动式升降工作平台和型式1的动力驱动移动式升降工作平台。应按照 5.11条安装自动安全装置，以阻止工作平台不在运输或收藏位置时行走。

当工作平台不在低位行走位置时，自行移动式升降工作平台的任何行走速度应该是自动限制的。

验证方法：可通过设计校验和功能试验进行验证。

5.3.2 底盘倾斜

每个移动式升降工作平台都应具有一个可指示底盘倾斜度是否在制造商允许的限制范围内的装置（例如倾斜开关或水平仪）。应对该装置进行保护，以避免遭到损坏及意外更改其设置。

如果型式2 和 3 移动式升降工作平台到达倾斜极限，该装置应发出工作平台上可以听到的声音信号予以提示。

对于装有稳定器以用于测量水平的移动式升降工作平台，从稳定器的每个操作位置都应可以清楚地看到底盘倾斜的读数（例如水平仪）。

验证方法：可通过功能试验进行验证。

5.3.3 锁紧销

所有锁销都应紧固，以避免发生意外脱离（例如弹簧销）和遗失（例如链条）。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.4 控制杆

应将徒步控制的移动式升降工作平台的控制杆和牵引杆可靠地固定到底盘上。

验证方法：可通过目测和试验进行验证。

5.3.5 使控制杆保持在垂直位置

控制杆和牵引杆如果在不使用时升高至垂直位置，应使用自动装置（例如钩子）来使其保持在该位置，应防止意外掉落。

对于多轴底盘，完全降下的控制杆或牵引杆与地面之间的最小间隙应为 120 mm。

验证方法：可通过目测、试验和测试进行验证。

5.3.6 稳定器支腿

在制造商允许的最大坡度进行操作时，稳定器应能够在最大允许倾角内对底盘进行调平。

验证方法：可通过目测和测试进行验证。

5.3.7 允许的工作平台位置

除非已按照操作说明正确使用稳定器，否则应按照 5.11 要求安装移动式升降工作平台安全装置，以阻止在允许的位置外操作工作平台。

按照 5.11要求，如果移动式升降工作平台的构造是可在没有稳定器的情况下操作（操作范围有限），则应配备安全装置，以防止在限定范围外无稳定器而执行作业。

验证方法：可通过设计校验校验和功能试验。

5.3.8 完全用人力操作的升降工作平台

完全用人力操作的工作平台底板高度不超过地平面 5 m 的升降工作平台不需要完全符合 5.3.7 中的要求（见7.3.15）。

这类升降工作平台也无需满足所有无法在没有电源的情况下达到的安全要求。

验证方法：可通过设计校验进行验证。

5.3.9 防止动力稳定器移动

除非伸展结构和工作平台处于收藏位置或运输位置，或在 5.3.7 指定的限制范围内，否则带动力稳定器的升降工作平台应按照 5.11 的要求配备安全装置，以防止稳定器移动。伸展结构和工作平台处于限制范围内时，稳定器的运行不应引发不稳定的情况。

验证方法：设计校验校验和功能试验。

5.3.10 手动操作稳定器

手动操作型稳定器应设计成可防止意外的移动。

验证方法：可通过设计校验和功能试验进行验证。

5.3.11 自行式移动升降工作平台的制动

自行式移动升降工作平台应至少在同轴的两个车轮上配备制动器，以便在制动动力中断或出现故障时自动制动，并且该制动应该能按照 5.3.16 中的要求停止升降工作平台并将其保持在停止位置。此类制动器不应依靠液压或气动或电力来保持制动。

验证方法：设计校检和功能试验。

5.3.12 稳定器运动

稳定器的运动应由机械限位装置来限制。如果液压缸是为此目的而设计的，则满足这一要求。

应提供机械方式来防止稳定器在运输位置出现不受控的移动。每个稳定器应有两个独立的锁定装置

将稳定器锁定在运输位置上，其中至少一个锁定装置可自动动作，例如带棘爪的重力锁销。符合 5.3.9 和 5.10 中要求的动力稳定器也视为符合此要求。此要求适用于带可增加移动式升降工作平台宽度或高度且永久性连接的稳定器的移动式升降工作平台，也适用于所有车载式和拖式升降工作平台。

验证方法：可通过设计校验进行验证。

5.3.13 车载式移动升降工作平台稳定器指示装置

车载式移动升降工作平台应配备可从操作室内控制行走操纵台看到的指示装置，该指示装置可指示稳定器的所有部件、伸展结构、工作梯和本设备的工作平台是否处于运输位置。

验证方法：可通过功能试验进行验证。

5.3.14 未经授权的使用

移动式升降工作平台应配备防止未经授权使用的装置（如可以锁住的开关）。

验证方法：可通过功能测试进行验证。

5.3.15 在高位行走位置的最大行进速度

型式2和3的移动式升降工作平台在高位行走位置上的行走速度不应超过以下值：

a) 车载式升降工作平台，在驾驶室内使用行进控制器时，1.5 m/s；

b) 轨道式升降工作平台，3.0 m/s；

c) 所有其它型式2和3的自行式移动升降工作平台，0.7 m/s。

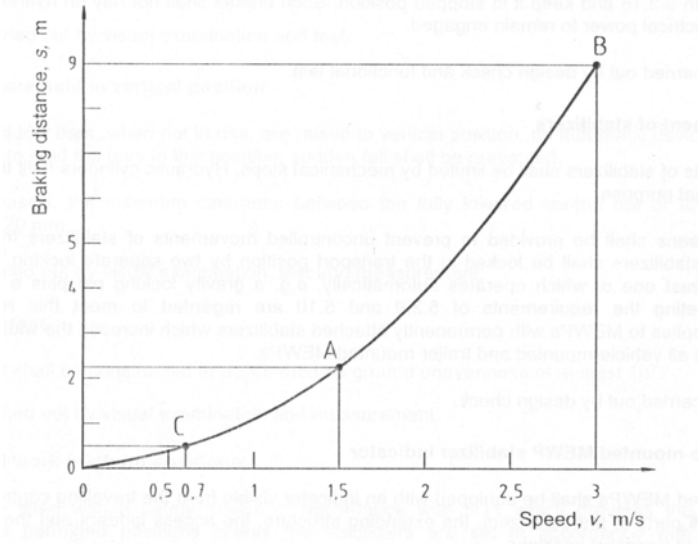
验证方法：可通过设计校验和功能测试进行验证。

5.3.16 制动距离

以 5.3.15 中给出的最大速度在制造商允许的最大斜坡上行走的移动式升降工作平台应该能够在不大于图 6 所示的距离内制动。此图以平均减速度0.5m/s^2 为基础。图 6 未包括操作员的反应时间。

注：最小制动距离取决于系数“z”(见 5.2.4.1)。

验证方法：可通过功能测试进行验证。



注释：

A 车载式升降工作平台（从操作员位置控制）

B 轨道式升降工作平台

C 所有其他升降工作平台

图 6： 型式 2 和 3 的移动式升降工作平台最大制动距离

5.3.17　徒步控制的移动式升降工作平台的最大行进速度

具有徒步控制的移动式升降工作平台在运输位置或收藏位置上的最大行走速度不应超过 1.7 m/s。

验证方法：可通过测试进行验证。

5.3.18 操作位置人员的防护装置

应提供防护装置保护在操作位置或站在地面靠近移动式升降工作平台或其他入口的人员，防止热能或机械的危险。这些防护装置的打开或拆除，只有采用工具才能做到；而这些工具应装入可锁的封闭空间（如驾驶室、储藏室）；或使用随机提供的工具或钥匙。

此要求不适用于按照道路交通规则的车辆的排气系统。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.19 发动机废气排放

发动机排放的废气排气口位置应远离操作位置。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.20 燃料添加点

汽液燃料箱（消防液体除外）添加口的位置应避免燃料由于溅到热的部件（如发动机排气管）而失火。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.21 控制位置上的视线

操作员应该能够在任何控制位置上观察到控制所产生的移动。尤其是动力稳定器的操作员应该能够在其位置上清楚地观察到每个稳定器在移动时的动作。

固定在底盘上且从地面操作的行走控制器的位置应该能使操作员站在距离车轮或履带式车辆垂直切线至少1m的位置。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.22 蓄电池固定

应将所有移动式升降工作平台的蓄电池和蓄电池槽限制在狭小的范围内，以防止可能带来危险的位移。应提供某些措施，以便在倾翻的情况下，将蓄电池组件限制在狭小的范围内，从而避免因蓄电池位移或电解液漏出而对操作员造成伤害。

蓄电池槽、箱或盖上应具有合适的通风孔，以使得操作员工作的位置上不会存在气体积聚的危险。

注：经验指出，存在开口时，气体可自由逸出，如果通风孔的横截面积（以平方毫米为单位）为（0.5 × 电池数量 × 5 小时额定容量（容量以安时为单位）），则通常能够满足要求，但该方法不涵盖充电情况。

验证方法：可通过目测进行验证。

5.3.23 防止脱轨

轨道式升降工作平台的轨道上应配备防止脱轨的装置，以及可清除轨道上可能导致脱轨的障碍物的装置（如轨道清理装置）。

验证方法：可通过功能测试进行验证。

5.3.24 车载式底盘选择

车载式底盘的选择应符合制造商的技术要求。安装应符合底盘制造商和移动式升降工作平台制造商的技术要求。

5.4 伸展结构

5.4.1 避免倾翻和超出许可强度的方法

5.4.1.1 概述

除满足 5.2.4.5 的规定外， 移动式升降工作平台应有装置采用相当于表 3“√”号表示的一种方法来减小倾翻和超出许可强度的危险。

注：必须注意载荷或力矩传感器并不能防止严重超载。

表 3 控制装置

组别（见 3.14）	载荷传感系统及位置控制（见 5.4.1.2 和 5.4.1.3）	载荷和力矩传感系统（见 5.4.1.2 和 5.4.1.4）	提高超载标准的力矩传感系统（见 5.4.1.4 和 5.4.1.6）	提高超载标准稳定性的位置控制（见 5.4.1.3，5.4.1.5 和 5.4.1.6）
A	√			√
B	√	√	√	√

5.4.1.2 载荷传感系统

载荷传感系统是一种安全装置，应按照以下方式操作。

a) 在达到额定载荷后、超过额定载荷的 120% 前，应防止工作平台从静止工作位置上正常移动。

b) 按照 a) 中的规定避免常规移动后，应发出警告，警告包括每个控制位置上闪烁的红灯和可在每个控制位置上听见的声讯信号。只要条件 a) 还存在，信号灯就应继续闪烁，同时声音警报应至少响 5 秒钟且每分钟重复一次。

c) 只有移除超载的物品后，才能重新开始移动。

对于 A 组 型式1 移动式升降工作平台，仅在从收藏位置升高时才允许载荷控制装置生效。在这种情况下，对于 6.1.4.3 所述的超载测试，测试载荷应为额定载荷的 150%。

对于 A 组的移动式升降工作平台，工作平台升高到运输或收藏位置 1 m 以上之前，无需激活载荷传感装置。在 6.1.4.3所述的超载测试中，如果未在第一个1 m内激活载荷传感装置，测试载荷应为额定载荷的 150%。

载荷传感系统的控制系统应符合 5.11 中的要求。

5.4.1.3 位置控制

5.4.1.3.1 概述

为避免移动式升降工作平台倾翻或超过其结构的允许应力，伸展结构的允许位置应由机械限位（见5.4.1.3.2）、非机械限位装置（见5.4.1.3.3）或电气安全装置（见 5.11.3）自动限制。

5.4.1.3.2 机械限位装置

如果使用机械限位装置，伸展结构的允许位置应设计成能承受在施加最大力时无永久变形。专门设计的液压缸需满足此要求。

5.4.1.3.3 非机械限位装置

如果使用非机械限位装置，伸展结构的允许位置应由测量伸展结构位置并通过控制系统操作来限定运动工作空间的装置来限制。该装置应满足 5.11 的安全装置的要求。

5.4.1.4 力矩传感系统

力矩传感系统是一个安全措施，应满足下列要求：当达到许用倾翻力矩（见 5.2.4.5）时，应发出视觉警示信号，同时除减少倾翻力矩外，阻止其它动作。

力矩传感系统的控制系统应符合 5.11 的要求。

5.4.1.5 提高有限尺寸的平台稳定性要求

如果符合“提高稳定性要求”，承载两人及以下的移动式升降工作平台可不包括在载荷和力矩传感

系统的要求内。

为了符合“提高稳定性”的要求，移动式升降工作平台应按如下标准设计：

a) 工作平台的任何水平截面的外形尺寸应为：

--- 承载 1 人的，不超过 0.6m² 且任一边不大于 0.85m。

--- 承载 2 人的，不超过 1.0m² 且任一边不大于 1.4m。

b) 对于 6.1.4.2.1 描述的静态测试，测试载荷应按 5.2.4.1 定义的额定载荷的 150%计算。5.2.4.1，5.2.4.2，5.2.4.3，5.2.4.4 和 5.2.4.5 指定的其他载荷和力的组合保持不变。

5.4.1.6 提高有限平台尺寸的超载要求

如果符合“提高超载要求”，承载两人及以下的移动式升降工作平台可以不包括在载荷传感系统的要求内。

为了符合“提高超载”的要求，移动式升降工作平台应按如下标准设计：

a) 工作平台台面的外形尺寸应为：

--- 承载 1 人的，不超过 0.6m² 且任一边不大于 0.85m。

--- 承载 2 人的，不超过 1.0m² 且任一边不大于 1.4m。

b) 对于 6.1.4.3 描述的超载测试，测试载荷应为额定载荷的 150%计算。

5.4.1.7 多个额定载荷的多种作业范围

多个额定载荷和多种作业范围的移动式升降工作平台，在平台上应有可视的选择组合指示器。如允许手工选择，应只有在工作平台处于新选择额定载荷的工作空间内才能选择。

移动式升降工作平台应安装载荷和力矩传感系统（见 5.4.1.2 和 5.4.1.4）或载荷传感系统和位置控制装置（见 5.4.1.2 和 5.4.1.3）

5.4.1.8 一种额定载荷的多种作业范围

只有一种额定载荷但具有多种作业范围的移动式升降工作平台（如：具有多种稳定器位置的移动式升降工作平台），允许手工选择。此时，应只有在伸展结构处于运输位置时才能选择。

验证 5.4.1 的所有要求：通过设计校验校验和试验（见 6.1.2 和 6.1.4）

5.4.2 伸展结构的伸展次序

当伸展结构需要按照一定的顺序伸展或缩回以避免超载，则该顺序应是自动的。

验证方法：设计校验校验和功能试验。

5.4.3 倾斜桅杆

有倾斜桅杆的移动式升降工作平台，应有将桅杆安全紧固于运输位置和工作位置的装置。在桅杆处于工作位置前，应由互锁装置防止平台移动。

有倾斜桅杆的移动式升降工作平台，应安装 5.11 要求的安全装置，防止除工作平台处于出入位置外，桅杆的倾斜运动。

验证方法：设计校验校验和功能试验。

5.4.4 卷入和剪切

应按照 ISO 13854 要求，提供安全距离或保护措施，防止和避免平台上或站立于移动式升降工作平台旁人员会被运动部件卷入的危险。

在该措施不可行的地方，应在危险区域加装永久的清楚易见的警告标识指示要保持距离。如果未有保护措施，剪叉式升降机构应装备有警告信号和下降警告系统。在启动下降功能时，下降警告系统应发出声讯信号。当剪叉式平台还处于总起升行程的 10-15%但是不小于 3.5 米，下降应停止，操作员必须再次启动下降功能，下降的最大速度应为正常速度的 50%，而且在此后的下降过程中须发出一种不同

的声音并应有闪光警示。

验证方法：测量和目测检查。

5.4.5 用于日常维护伸展结构的支撑要求

当工作平台需起升以便做例行维护，应设法使伸展结构定位于要求的位置。该方法应能支撑卸载的工作平台并可以从一个安全的位置操作，同时不应引起移动式升降工作平台任何零部件的损坏（见7.3.14）。

验证方法：目测检查和功能试验。

5.4.6 伸展结构的速度

移动式升降工作平台不应超出下列速度：

a) 平台的升降速度为 0.4m/s。

b) 臂架的伸缩速度为 0.4m/s。

c) 回转或旋转速度为 0.7m/s（在最大范围测量平台最外边缘的水平线速度）。

如果在工作平台上测得的速度改变率（即加速度、减速度）不超过 0.25 g，则移动式升降工作平台可超速最多 100%。测量 加速度力 时，不应考虑因紧急停机而产生的减速度。根据 5.2 应考虑紧急停机时的加速度和减速度。

验证方法：功能试验。

5.4.7 运输位置的支撑

在运输位置时伸展结构应有支撑以限制振动（见 5.2.5.3.3）。

验证方法：设计校验校验和目测检查。

5.5 伸展结构传动系统

5.5.1 概述

5.5.1.1 意外运动

驱动系统的设计和制造应防止伸展结构的意外运动。

验证方法：设计校验校验和功能试验。

5.5.1.2 从动力源保护伸展结构

如果动力源可能产生比伸展结构和/或工作平台驱动系统要求更大的动力，应对伸展结构和/或工作平台驱动系统提供保护以免损坏（如限压装置）。

摩擦离合器不能满足此要求。

验证方法：设计校验。

5.5.1.3 链条或皮带传动失效

在驱动系统中使用链条或皮带传动时，应有当链条或皮带传动发生故障时能自动阻止工作平台的意外运动的措施。可以采用通过自锁齿轮箱或按照 5.11 的安全装置监视皮带/链条。

不应使用平皮带。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.5.1.4, 手柄反冲

动人工驱动系统的设计和制造应防止手柄反冲。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.1.5 动力和人工驱动系统驱动的同一动作

如果同一动作同时采用了动力和人工驱动系统（如超越紧急系统）并且如同时使用两者有损坏危险，则应避免此危险（例如互锁、切断阀和旁路阀）。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.5.1.6 所有驱动的制动系统

所有驱动应有制动系统。对于起升运动，该系统应是自锁或自保持装置。当驱动系统不工作时，制动系统应自动工作。

制动系统应确保工作平台在 1.1 倍的额定载荷时在各种操作配置下可以在任何位置停住并保持。应避免此系统被意外释放。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.5.2 钢丝绳传动系统

5.5.2.1 钢丝绳传动系统安全装置

5.5.2.1.1 概述

钢丝绳、卷筒和滑轮的直径应按附录 C(规范性)计算，并假定所有载荷作用在一个钢丝绳系统。牵引驱动系统不应采用。

钢丝绳传动系统应有机械安全装置（5.5.2.1.2）或附加钢丝绳系统（5.5.2.1.3），在钢丝绳传动系统失效的情况下可以限制满载工作平台的垂直移动 0.2m。

5.5.2.1.2 机械安全装置

按照 5.11 有关伸展结构操作的机械安全装置。在钢丝绳传动系统失效时，该安全装置应逐渐地使工作平台及其额定载荷停止并保持不动，平均减速度不应超过 1.0g。

任何有弹簧操作的该装置，应是一端固定并有导向的压缩弹簧，或者在操作状态下弹簧丝的直径大于节距的一半，从而限制弹簧在出现故障时变短。

5.5.2.1.3 第二钢丝绳系统

第二钢丝绳系统应满足以下一种：

a) 按照第一系统设计的第二钢丝绳系统，应设有使两个钢丝绳系统有大致相同张紧度的装置，以使安全系数加倍；

b) 按照第一系统设计第二钢丝绳系统， 并有确保第二系统在工作时承担小于一半载荷的装置，但如果第一系统失效时可以承担全部载荷；

c) 依照 a) 形式设计的第二钢丝绳系统，如果采用较大的卷筒直径及滑轮直径，可以延长第二系统的疲劳寿命，使其至少为第一系统计算寿命的两倍。

第一系统的失效应能够自动提示。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.2 承载钢丝绳

承载钢丝绳应由镀锌钢丝或相当材料制成，并具有如下特性：

a) 直径最小 8mm；

b) 钢丝数目: 最少 114；

c) 钢丝绳抗拉强度：最小 1 570N/mm^2; 最大 1 960N/mm^2;

d) 适合的疲劳寿命（见附录 C）；

e) 与镀锌钢材相等的抗腐蚀能力；

f) 滑轮直径与钢丝绳直径比率应符合要求（见附录 C）；

钢丝绳的破断载荷应在使用说明书上写明。

直接用来提升和支撑工作平台的钢丝绳，除其端部外，其余部位不应包括任何接点。

允许采用有等效安全性能的其它性质钢丝绳。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.3 多钢丝绳系统

如果一个点上有一根以上的钢丝绳，应有使这些钢丝绳有大致相等的张紧力的装置。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.4 钢丝绳重新张紧

应能够对钢丝绳重新张紧。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.5 钢丝绳端部

钢丝绳末端仅可以使用以下几种：

--- 编结接头；

--- 铝合金压制接头；

--- 不老化钢压制接头；

--- 楔形夹紧套紧固件；

承载钢丝绳的末端不可使用 U 型螺栓夹紧。

钢丝绳与钢丝绳末端之间结点应能承受钢丝绳最小破断载荷的 80%。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.6 钢丝绳末端目测检查

不需拆除钢丝绳或移动式升降工作平台的主要结构零部件，应能进行钢丝绳末端目测检查。

如果不适宜采用观察口检查，制造商应提供检查的详细指导。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.7 钢丝绳升降的移动式升降工作平台的安全装置

采用钢丝绳方法升降的工作平台，应按照 5.11 要求安装安全装置以防止钢丝绳松弛引起的运动。但允许反向运动。如果钢丝绳不会产生松弛，则无需此装置。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.5.2.8 卷筒绳槽和防止钢丝绳脱离卷筒端缘

钢丝绳卷筒应该开有绳槽并设有防止钢丝绳从卷筒两端脱落的装置，例如：卷筒上法兰边缘应保证高出最外层钢丝绳直径两倍以上。

验证方法：目测检查。

5.5.2.9 钢丝绳层数

钢丝绳应在卷筒上仅绕一层， 除非使用特殊的缠绕系统。

验证方法：目测检查。

5.5.2.10 钢丝绳保留圈数

当伸展结构和/或工作平台在最远位置时，应至少有两圈钢丝绳保留在卷筒上。

验证方法：功能测试和目测检查。

5.5.2.11 钢丝绳卷紧于卷筒

每根钢丝绳都应该在卷筒上适当地卷紧。卷紧后应可以承受钢丝绳最小破断载荷的 80%。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.12 钢丝绳意外脱槽

应采取措施防止钢丝绳从滑轮上意外脱槽，即使是在钢丝绳松弛的状态。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.2.13 卷筒绳槽截面

卷筒及滑轮的绳槽底部的横截面应该呈圆形，而且角度不小于 120°。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3 链条传动系统

5.5.3.1 失效时限制垂直运动

5.5.3.1.1 概述

链条传动系统应有装置或系统，在链条传动系统失效的情况下可以限制满载工作平台的垂直移动在 0.2m 以内。 为满足此要求，可采用 5.5.3.1.2 或者 5.5.3.1.3。

5.5.3.1.2 单链安全措施

单链传动系统的安全系数至少为 5，并装有按照 5.11 配备与伸展结构操作的机械安全装置在传动系统失效时，该安全装置应逐渐地使工作平台及其额定载荷停止并保持不动，平均减速度不应超过 1.0g。任何有弹簧操作的该装置，应是一端固定并有导向的压缩弹簧，或者在操作状态下弹簧丝的直径大于节距的一半，从而限制弹簧在出现故障时变短。

5.5.3.1.3 双链条传动系统

双链条传动系统应满足以下 a)或者 b)的要求

a) 相同张紧

双链条传动系统的每条链条的安全系数至少应该为 4（最小总安全系数为 8），并配有可为两个链传动系统分配大约相等张力的装置，或者遵照下面 b) 中的要求。第一系统的失效会自动提示。

b) 不相同张紧

双链条传动系统，承受全载荷时，第一系统安全系数至少为 5 而第二系统安全系数至少为 4（承受全载荷时总共最小系数为 9）， 并有装置确保第二系统在工作时承担小于一半的载荷，但如果第一系统失效时可以承担全载荷。

第一系统失效应是自动提示。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3.2 环形链和最小破断载荷

应不使用环形链。

链条的破断载荷应在说明书上注明。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3.3 多根链条

如果一个点上采用多根链条，应有使这些链条张紧力大致相等的装置。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3.4 张紧链条

应能够对链条重新张紧。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3.5 链条与链条末端之间结点的强度

链条与链条末端之间结点应能承受链条最小破断载荷的 100%。

验证方法：设计校验。

5.5.3.6 链条和链条末端目测检查

在不拆除链条或大范围拆卸移动式升降工作平台的主要结构零部件情况下，应能进行链条和链条末端目测检查。

如果不适宜采用观察口检查，制造商应提供检查的详细指导〔见 F.2.5 f）2)〕

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.3.7 链条升降的移动式升降工作平台的安全装置

采用链条传动升降的工作平台，应按照 5.11 装备安全装置制止链条松弛引起的运动。但允许反向运动。如果不会产生链条松弛，则无需此装置。

验证方法：设计校验和功能测试。

5.5.3.8 链条意外脱出

应采取措施防止链条从链轮或滑轮上意外脱出，即使是在链条松弛的状态。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.4 螺杆传动系统

5.5.4.1 螺杆和螺母设计强度及材料

螺杆和螺母设计应力应小于使用材料的抗拉极限强度的 1/6。螺杆材料应比承载螺母有更高的抗磨损能力。

验证方法：设计校验。

5.5.4.2 螺杆与平台脱离

设计的螺杆机构在正常使用时，应能防止平台从机构中脱离。

验证方法：目测检查。

5.5.4.3 承载螺母和安全螺母

每根螺杆应有一个承载螺母和一个非承载安全螺母。承载螺母失效时才由安全螺母承载。当安全螺母承受载荷时，工作平台无法升起。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.5.4.4 螺母磨损检查

应无需拆卸就可以检查承载螺母的磨损。

5.5.5 齿轮齿条传动系统

5.5.5.1 齿轮齿条的设计强度

齿轮齿条的设计应力应小于使用材料的抗拉极限强度的 1/6。

验证方法：设计校验。

5.5.5.2 安全装置和超速控制器

齿轮齿条传动系统应有由限速器控制的安全装置。在升降机构失效时，该安全装置可以逐渐地使工作平台及其额定载荷停止并保持不动。该安全装置的平均减速度不应超过 1.0g. 如果该安全装置触发，动力供应应该自动中断。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.5.5.3 齿轮---防止啮合脱离装置

除了正常工作平台的导向轮之外，还应提供主动有效的装置防止任何驱动或安全装置的齿轮与齿条脱离啮合。这些装置应确保可以限制齿条轴向移动以保证齿轮至少有 2/3 的齿宽与齿条啮合。它们也应制止齿轮径向运动，使其正常啮合位置大于齿高的 1/3。

验证方法：目测检查。

5.5.5.4 齿轮的目测检查

在不拆除齿轮或大范围拆卸移动式升降工作平台的主要结构零部件情况下，应能进行齿轮的目测检查。

验证方法：目测检查。

5.6 工作平台

5.6.1 工作平台水平度

在伸展结构伸展时或由于操作时的载荷和力的作用，工作平台与水平面或底盘平面或任何可旋转平

面的水平度变化应不大于 5°。

调平系统应该按照 5.11 的要求设置安全装置，在系统出现故障的情况下，安全装置可以使工作平台的水平倾斜度增加不超过 5°。

验证方法：设计校验和功能试验。

如果机械调平系统设计成至少可以承载加载于其上的负载的两倍，则调平系统使用活塞杆或控制杆就可以满足要求。对于钢丝绳和链条，可参见 5.5.2.1 和 5.5.3.1 。

验证方法：设计校验。

液压系统的液压缸应符合 5.10.2。

验证方法：功能试验。

5.6.2 护栏（保护）系统

每个工作平台的周边应有保护以防止人员和材料跌落的装置。保护装置应该牢固地固定在工作平台上，由至少 1.1 m 高的护栏、至少 0.15 m 高的护脚板以及距离护栏或护脚板均不到 0.55 米的中间护栏构成。。在工作平台入口位置，护脚板高度可以减小到0.1m。护栏构造应可以承受在最不利的位置和最不利的方向以0.5米的间隔每人施加500N的集中载荷而不引起护栏的永久变形。工作平台至少要有防火材料制作，即在去除火源后不会继续燃烧的材料（见GB/T 11020-2005测试方法）。

剪叉式支撑或桅柱支撑的升降平台可设置安全带挂点，其它型式升降工作平台必须设置安全带挂点。

制造商应提供安全带挂点受力的计算结果。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.6.3 护栏进出的入口和开口

防护装置中用于出入工作平台的任何可移动部件均不得折叠或向外打开。这些移动部件应该制成可以自动关闭和锁紧，或者根据 5.11设置联锁装置，从而防止移动式升降工作平台在这些部件没有关闭或和锁紧的情况下开始工作。应该防止意外打开，可以自动返回保护位置的滑动式或垂直铰接的中间护栏无需紧固和联锁，应该考虑出入的方便性。

验证方法：目测检查。

5.6.4 工作平台台面

工作平台的台面（包括活板门）应该能够防滑并可以自动排水。台面的开口或台面与护脚板、出入门之间的开口的尺寸应该大小合适，以防止直径15 mm 的球体通过。

验证方法：目测检查。

根据 5.2.3.1，工作平台的台面和任意活板门应该可以承载分布的额定负载。

验证方法：设计校验。

5.6.5 链条或绳索

不应使用链条或绳索作为护栏栏杆或出入门。

验证方法：目测检查。

5.6.6 出入爬梯

当通道平面与工作平台出入位置的地板之间的距离超过 0.4 m 时，移动式升降工作平台应该配备出入爬梯。梯阶或梯级之间的距离不应该超过 0.3 m，而且应该在底部梯阶/梯级和工作平台地板之间的距离均匀间隔分布。底部第一梯阶/梯级不得高出通道平面 0.4 m。每层梯阶或梯级应该至少宽 0.3 m、深 25 mm，并且应该防滑。梯阶或梯级的前方与移动式升降工作平台的支撑结构或任何其他组件的水平距离应该至少达到 0.15 m。出入爬梯应该与出入门对称。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.6.7 把手和扶杆

在上下工作平台的出入爬梯时，应该为双手提供把手、扶杆或类似的适当装置。应该对这些装置进行适当排布，以避免将控制部件或管路用作把手或阶梯。

验证方法：目测检查。

5.6.8 活板门

工作平台的活板门应该牢固地安装在工作平台上，防止出现意外的开口。活板门应该不能向下打开或向侧面滑动。

验证方法：目测检查。

5.6.9 **操作控制部件的手应被保护**

操作控制部件时操作人员的手应得到保护。

验证方法：目测检查。

5.6.10 声音警告装置

型式 3 的移动式升降工作平台应配备从工作平台上操作的声响警告装置（例如喇叭）。

验证方法：功能试验。

5.6.11 通讯手段

型式 2 的移动式升降工作平台应在操作人员和工作平台上的人员间装备通讯装置（如无线电对讲机）。

验证方法：目测检查和功能试验。

5.6.12 机械限位

工作平台相对于伸展的运动应有机械限位。专门设计的液压缸可符合此要求。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.6.13 运输状态支撑

工作平台在运输状态的支撑应避免在运输中引起有害的振动（见 5.2.5.3.3）。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.6.14 非绝缘和绝缘平台

5.6.14.1 使用绝缘衬垫的不绝缘平台的设计

非绝缘工作平台应该用非导电材料制成，这种工作平台也应该标记为非绝缘。这些工作平台的绝缘衬垫应该用非导电材料制成，并根据 IEC 61057:1991、8.6.1 和 8.6.2 进行测试。衬垫应安放在工作平台的内底面上。这些非绝缘工作平台不能有排水孔或检修孔。工作平台应该至少用自熄性材料制成，即在去除火源后不会继续燃烧的材料（见GB/T11020-2005测试方法）。

5.6.14.2 不与衬垫一起使用的非绝缘工作平台

非绝缘工作平台可以是导电或者不导电材料制成。如果工作平台是不导电材料制作的，应确认是不绝缘的。非绝缘工作平台可以有排水孔或/和出入口。工作平台应该至少用自熄性材料制成，即在去除火源后不会继续燃烧的材料（见 GB/T11020-2005 测试方法）。

5.6.14.3 绝缘工作平台

绝缘工作平台应是不导电材料制成，而且没有排水孔或出入口。绝缘平台的绝缘测试和衬垫的绝缘测试在 GB/T9465-2008 的 6.13 中详细说明。工作平台应该至少用自熄性材料制成，即在去除火源后不会继续燃烧的材料（见 GB/T11020-2005 测试方法）。

5.7 控制

5.7.1 控制装置操作

移动式升降工作平台应该配备控制装置，只有在控制装置操作时移动式升降工作平台才能工作。控

制装置释放后应该自动返回空档。车载式移动式升降工作平台在驾驶室位置的行走控制不需要满足此要求。

所有控制装置的设计都应该可以防止意外操作。如果装有脚踏控制器，则控制器应有防滑表面并易于清洁。

控制装置应该加以固定，以防止移动式升降工作平台的移动部件对操作员造成危险。

可通

验证方法：功能试验和目测检查。

5.7.2 运动方向

移动式升降工作平台的所有运动方向应用文字或符号在控制装置上或附近明确标注，标记应符合ISO 20381。

验证方法：目测检查和功能试验。

5.7.3 两套控制装置的位置、可接近性、保护和选择

控制装置应该位于工作平台上。所有动力功能（驱动和转向除外）的控制装置都应该在基座或地面上，并且应该优先于工作平台上的控制装置。控制装置应便于操作员使用。非固定安装的控制箱的正常位置和方向应该标记清楚。用于控制移动式升降工作平台的任何移动的任何控制装置在释放后都应该自动返回“关闭”或“空档”。所有控制装置都应进行保护，以防止操作员以外的人启动控制装置，例如设置一个单独的控制装置，该控制装置必须由操作员持续启动才可使移动式升降工作平台产生移动。如果可以从其他控制台控制移动，则应该设置闭锁机构，使移动式升降工作平台的移动只受预先选定的控制台控制。基座或地面的控制装置应该优先于所有其他控制装置。

验证方法：功能试验和目测检查。

5.7.4 紧急停止

移动式升降工作平台在每个控制位置应按照 GB16754 提供紧急停止控制。

配有主回路控制阀的移动式升降工作平台不需要配备紧急停机控制器，这些主回路控制阀具有以机械方式连接到各控制阀阀芯的控制手柄（手动操作优先）。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.7.5 电气开关

电气开关控制的安全功能应符合 5.11.3.1 要求。

验证方法：设计校验。

5.7.6 先导阀和电磁阀

应该设计并安装先导控制阀和电磁控制阀，这些控制阀可以在动力源失效时使移动式升降工作平台停止相应的动作。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.7.7 动力切断后重新恢复

在启动或动力供应切断后重新恢复，除非操作员有意识的动作，否则不应出现任何动作。

验证方法：设计检测和功能试验。

5.7.8 应急系统

移动式升降工作平台应在易接近的位置安装优先的应急系统（如手动泵，第二动力源，重力下降阀）以确保在主动力源失效时，工作平台可以返回到一个位置，在此位置可无危险离开，包括必要的移动工作平台离开障碍物（见 7.3.4）。

应急系统的控制位置应处于从地面容易接近的位置（见 5.7.3）。

如果移动式升降工作平台装备了可安全到达工作平台的其他方法，上述可以不要求（如安装了爬

梯）。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.7.9 速度限制

应提供一种可将工作平台的移动速度限制为正常速度 1.4 倍（即使是在执行应急操作时）的装置。

验证方法：功能试验。

5.7.10 自动或程序操作

如果采取了适当的安全措施，则允许通过释放操纵杆、控制杆或开关来执行自动或程控操作。例如使用警告装置提醒操作员机器处于“操作中”，且脚踏开关已启动, 并可松开以中断动作。

5.8 电气设备

5.8.1 相关的标准和规范

移动式升降工作平台的电气设备应符合相关的标准尤其是 GB 5226.1 的要求。如果由于特殊情况，移动式升降工作平台使用在 GB 5226.1 下列项目的范围之外：

---直流电源

---环境空气温度

---海拔高度

---机器运动部件的连接

如果偏差无法避免, 制造商应采取必要的安全措施和/或在使用说明手册上说明所有的操作局限。

应符合相关电磁兼容性要求。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.8.2 总开关

总开关应安装在易于接近的位置。应使用锁或类似物品将总开关固定在一个电源隔离的位置，以防止意外操作。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.8.3 电缆

当灵活性要求很高时，应使用多股电缆，并应根据需要使用防油电缆。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.8.4 电池保护

应保护蓄电池以避免短路和机械损坏。如果蓄电池是主电源，则应该不借助工具即可轻松断开（隔离）蓄电池，即中断电力供应（例如在充电时）。

验证方法：目测检查。

5.8.5 防水性

电气的防护等级应符合 GB4208 的 IP54 级。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.9 液压系统

5.9.1 限压装置

液压系统在第一个控制阀之前应包括限压装置（如泄压阀）。如果在液压系统中使用了不同的最大压力，应使用多个限压装置。

应采用工具才能调整限压装置并可以锁紧。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.9.2 管路和连接件的强度

管路和连接件应根据限压装置许可的最大压力，设计成能承受至少 2 倍的压力而不产生永久变形

（屈服极限 $R_{p0.2}$）。如果正常操作中，元件可能承受比限压装置许可的压力高，他们的设计应能承受至少该较高压力的 2 倍的而不产生永久变形（屈服极限 $R_{p0.2}$），见 5.10.1.3 失效情形。

验证方法：设计校验。

5.9.3 破裂强度 ---软管和接头

所有作为关键部件的接头和软管，其最小破裂强度应是设计的系统操作压力的 4 倍。非关键的软管和接头，其最小破裂强度应是设计的系统操作压力的 3 倍。

验证方法：设计校验。

5.9.4 其他零部件---额定压力

液压系统所有部件（5.9.2、5.9.3 和 5.10 中指定的部件除外）的压力等级应至少能承受其会受到的最大压力，包括为执行超载测试而必须暂时增大的任何压力（见6.1.4.3）。

验证方法：设计校验。

5.9.5 仪表连接

每个液压回路应提供足够的压力表接口以便检查正确工作。

验证方法：设计校验和目测检查。

5.9.6 排气

液压系统的设计应该能够排出受困空气。

验证方法：设计校验。

5.9.7 入口过滤器

所有置于空气中的储液罐都应配备进气过滤器。

验证方法：设计校验。

5.9.8 流体液面指示器（油标）

每个流体（油）箱应安装易于观察的指示移动式升降工作平台在运输状态（缩合状态）许可最大流体液面和最小必须液面的装置。

验证方法：设计校验和功能试验。

5.9.9 流体清洁度

每个液压系统都应具有各种方式以确保液体清洁度能达到安全操作系统及其部件的必需水平。

验证方法：设计校验。

5.9.10 充气蓄能器

对于包含充气蓄能器的液压系统，应提供某种方式以在系统未受压时自动排出液体压力或主动隔离蓄能器。

如果需要在系统关闭时保持充气蓄能器的压力，则应在可看见蓄能器的位置或附近给出安全使用的完整信息。所给出的信息中应包括声明“警告！压力容器！”说明手册（参见 附录F2.5 d）的回路图中应提供相同信息。

充气蓄能器上应有警告标签“警告！压力容器！拆卸前请先放气！”

验证方法：设计校验和目测检查。

5.9.11 软管的不正确连接

液压软管应设计或标明或位于避免任何不正确连接而引起的危险，如液压缸的运动反向。

验证方法：目测检查和功能测试。

5.10 液压缸

5.10.1 结构设计

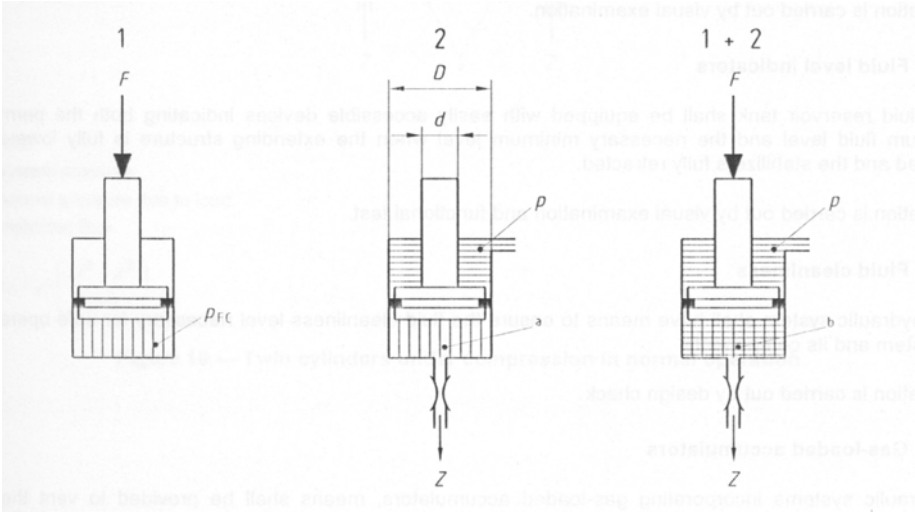
5.10.1.1 概述

承载液压缸的设计应依据正常工作和失效情况的受力、载荷和压力的分析，（见 5.10.1.3）。油缸动作作为机械停止装置时应能承受 2 倍载荷。

5.10.1.2 正常工作情况

5.10.1.2.1 弯曲

确定操作状态是制造商的职责，该操作状态产生延伸的长度、压力、挠度和产生最大弯曲状态的外部施加负载与力的组合。



F 载荷

P 系统压力

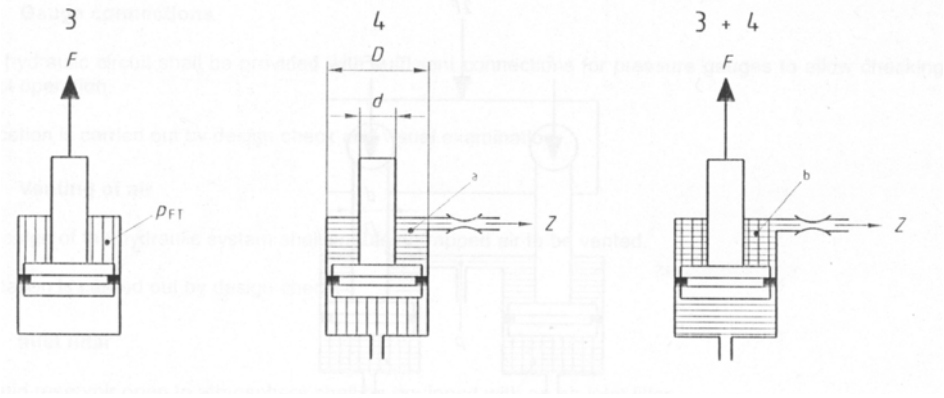
P_{FC} 正常压力

Z 节流

a $p.\left(\dfrac{D^2-d^2}{D^2}\right)$

b $p_{FC}+p.\left(\dfrac{D^2-d^2}{D^2}\right)$

图 7 液压缸压力；正常工作（液压缸压缩）



F　载荷

P　系统压力

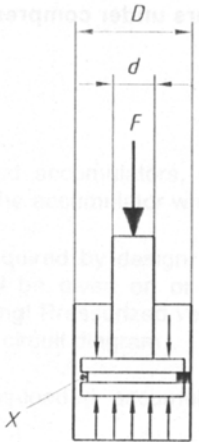
P_{FC}　正常压力

Z　节流

a　$p.\left(\frac{D^2-d^2}{D^2}\right)$

b　$p_{FC}+p.\left(\frac{D^2-d^2}{D^2}\right)$

图 8 液压缸压力；正常工作（液压缸伸展）



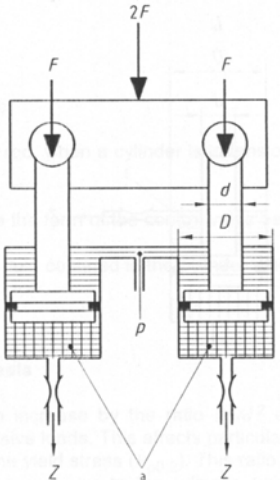
注：

F　载荷

X　失效密封件

注：活塞上部和底部相等压力。载荷由活塞杆截面积 π $d^2/4$ 代替活塞截面积 π $D^2/4$ 承当。正常工作压力 P_{FC} 增加比率 D^2/d^2.

图 9 液压缸压力；密封件失效



注：

F　载荷

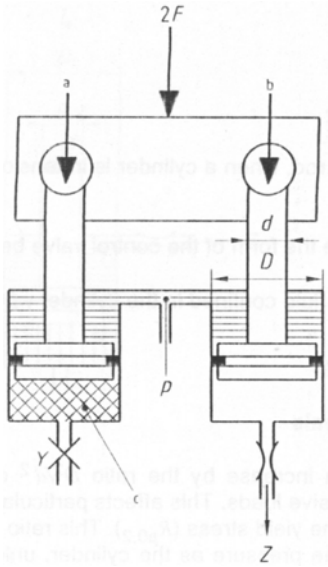
p　系统压力

p_{FC}　由于载荷的正常压力

Z　流量控制

a　$p_{FC} + p.\left(\frac{D^2 - d^2}{D^2}\right)$

图 10 双液压缸受压力；正常工作



注：

B　弯曲载荷

F　载荷

P　系统压力

P_{FC}　由于载荷的正常压力

Y　管路堵塞

Z　流量控制

a　$B = 2F + p.\left(\frac{\pi D^2 - \pi d^2}{4}\right)$

b　$p.\left(\frac{\pi D^2 - \pi d^2}{4}\right)$

c　$2\left[p_{FC} + p.\left(\frac{D^2 - d^2}{D^2}\right)\right]$

图 11 双液压缸受压力；一根管路堵塞

5.10.1.2.2 具体结构

焊接接头的设计应符合 5.2.5.2。承载螺栓连接应符合相关标准，压力计算应包括由于制造公差和液压产生的弹性变形而减小的剪切面积。螺纹连接的设计应根据各种拉伸载荷考虑疲劳结果并防止意外松脱（螺纹脱出）。

5.10.1.2.3 引起压力超出限压装置设定的情形（见图 7 至 11）

下列情况可导致压力超过限压装置设定的压力。

a) 将液压缸速度降至低于液压缸充满液体时所产生速度的装置的影响，会造成因外部施加负载而在常压的基础上增大了内部压力负载。该额外压力可通过以下比率确定：

$$D^2/(D^2-d^2)$$

其中：

D 是活塞直径；

d 是活塞杆的直径，条件是液压缸处于张力下且速度控制装置作用在环面上。

速度控制装置可以采用部分打开或关闭控制阀。

b) 静止状态下液压缸中的密闭液体因热膨胀而产生的影响。

5.10.1.3 故障情况

5.10.1.3.1 密封件漏油

双作用液压缸在压力载荷下活塞密封件的漏油，会产生 D^2/d^2 倍于正常工作的压力。该结果尤其在液压缸体和缸头的压力，应不超过屈服强度（$Rp_{0.2}$）。该比值是与液压缸同样压力的阀、软管和管路的最小安全系数。

5.10.1.3.2 同一机构中多液压缸工作

在同一机构中有多个个液压缸工作时（见图 10 和 11），应考虑其中一个液压缸堵塞并承受或引起较大压力的后果。对双作用液压缸来说，包括其他液压缸产生的力或带动其他液压缸所需的力。

在故障情况下，计算的最大强度不应超过材料的屈服强度（$Rp_{0.2}$）。

5.10.2 承载液压缸 – 防止意外运动

承载液压缸应设置防止由于外部管路（不包括 c 项所定义的）故障而引起意外运动的装置，直到用外力解除。

如果采用锁阀，应能自动关闭以防止流体从液压缸漏出直至用外力打开。此类装置是：

a) 构成液压缸整体所需要的， 或

b) 直接和刚性法兰安装的， 或

c) 位于液压缸附近且通过刚性管（尽可能短）、焊接或法兰连接到液压缸，并且其特性的计算方式与液压缸相同。

液压缸与锁阀之间不允许使用其他类型的接头，诸如压力接头或扩口式管接头。

注：这些都符合5.5.1.6要求。

验证方法：可通过设计校验、功能测试和目测验证 5.10 中的要求。

5.11 安全装置

5.11.1 概述

在不安全的环境中，除非另有说明，安全装置要坚决中断设备向危险方向运动。

安全装置由不同的部件组成：

a) 输出信息的部件，如开关、阀门；

b) 传输信息的部件，如线、棒、杆、管；

c) 响应信息的部件，如接触器、继电器、阀。

验证方法：设计校验和功能测试

5.11.2 安全装置的位置

安全装置应位于免遭损坏的位置。应容易接近检查且只能用工具调整。

验证方法：目测检查。

5.11.3 电气安全装置

5.11.3.1 安全开关系统

作为信息输出部件，安全开关系统应设计成在出故障的情况下仍能以安全模式运行。如果使用常闭强断开关应符合 GB 14048.5 的要求。

传感器或开关可以在以下条件下使用：两个传感器或两个开关，或者。

b) 单个传感器或开关并在连续可靠监控其信号情况下。

验证方法：设计校验和功能测试。

5.11.3.2 线路损坏

使用电线作为信息转化元器件，应保护其安装避免受到外部因素的损坏。

验证方法：设计校验和测检查。

5.11.3.3 元器件工作寿命

信息反应元器件（如接触器、继电器等）要具有至少相当于移动式升降工作平台设计的负载循环次数两倍的可靠运行寿命（见 5.2.5.3.3）。

验证方法：设计校验。

5.11.4 液压/气动安全装置

如果一个元器件的失效会引起整个系统的失效，直接作用在液压/气动系统的主回路阀上的这些装置/系统的液压/气动零部件应有两个。这些装置/系统的先导控制阀的设计和安装在动力中断失效时应进入安全模式（如相应运动的停止）。

可以通过下面的方式满足这一要求：

a) 直接作用在液压/气动回路相关零部件上的主回路阀；或

b) 控制符合 5.7.6 的先导控制阀，机械主动操作的阀门。

验证方法：设计校验和功能测试。

5.11.5 机械安全装置

机械安全装置的部件如杆、连杆、钢丝绳、链条等的设计，应能承受施加在其上的正常工作压力的至少 2 倍（见 5.5.2.1 和 5.5.3.1 的钢丝绳和链条）。

验证方法： 设计校验和功能测试。

5.11.6 安全装置解除

除了按照制造商指导的安全解除程序，在正常工作和营救中，应禁止解除安全装置。在移动式升降工作平台的测试、维修或维护时，应按照制造商的建议和程序操作解除安全装置。解除安全装置程序和设备的设计，应尽可能降低不安全因素，保护人员安全。

验证方法：设计校验和功能测试。

6 安全要求和/或措施验证

6.1 检测和试验

6.1.1 概述

应确保移动式升降工作平台符合本标准的检测和试验，包括：

a) 设计校验(见 6.1.2)

b) 制造检查(见 6.1.3)

c) 测试(见 6.1.4)

检测和试验的结果，检查测试人员的姓名和地址应记录在签名报告上。

个别详情的检查和测试范围定义见 6.1.4，6.2，7.2.4 和附录 F.2.4

6.1.2 设计校验

设计校验应验证移动式升降工作平台的设计符合本标准，包括如下文件的检查：

a) 含有移动式升降工作平台主要尺寸的图纸；

b) 移动式升降工作平台功能的必要信息的描述；

c) 使用材料的信息；

d) 电气、液压和气动线路图；

e) 使用说明手册；

f) 计算书；

文件应给出必要的信息以便检查计算。

6.1.3 制造检查

制造检查应验证：

a) 移动式升降工作平台是按照检查的文件制造；

b) 零部件符合图纸；

c) 每种钢丝绳、链条和液压或气动软管均有测试证书。应标明这些部件相应最小破断载荷。

d) 焊接的质量尤其承载部件应确保满足相关的标准；

e) 零部件的安装和制造（尤其安全装置）符合本标准。

6.1.4 测试

6.1.4.1 概述

进行测试应验证：

a) 移动式升降工作平台是稳定的；

b) 移动式升降工作平台结构完整合理；

c) 所有功能工作正常、安全；

d) 标识准确。

在没有 5.7.3 中两套控制装置的情况下，要在移动式升降工作平台上执行安全的测试可能需要特殊的协助。

6.1.4.2 稳定性测试

6.1.4.2.1 静态测试

移动式升降工作平台应设置在制造商规定的底盘最大许可倾斜度再加上 0.5°并使用制造商规定的稳定器。测试载荷应置于 5.2.4.1，5.2.4.2，5.2.4.3，5.2.4.4 和 5.2.4.5 规定的最不利的载荷和力的组合。

如果测试载荷已按照制造商规定的底盘最大许可倾斜度再加上 0.5°的影响重新计算过，测试允许在水平地面上进行。

如有必要，测试载荷可置于任何有合适强度的位置点，避免移动式升降工作平台任何零部件超强度

超载。

测试应在所有最不利的伸展和缩回状态重复进行。参见表 2 和图 4 的例子。

在承受测试载荷时，如果它是稳定的而不会倾翻，则此移动式升降工作平台是稳定的。

另外，测试应表明，在工作平台的任何位置，应用了 5.2.3.4 的手动操作力，工作平台应无永久变形。

6.1.4.2.2 型式 2 和 3 的移动式升降工作平台的动态测试

6.1.4.2.2.1 概述

型式 2 和 3 的移动式升降工作平台应进行路缘石测试和制动测试，测试时额定载荷均匀分布于在规定测试的情况下会产生最大倾翻力矩的工作平台的半边。

6.1.4.2.2.2 路缘石测试和坑洼测试

测试应以移动式升降工作平台不同的伸展位置在前进和后退的行驶中反复进行；而且，如果不同的高度可以有不同的行驶速度，测试也需要以每种高度的最大允许速度进行。在各种情况下，转向轮都应与机器纵向平行。

在这些测试中，无需模拟允许范围内风速的影响。。

在测试中移动式升降工作平台应不倾翻完成以下测试：

a) 型式 2 和 3 的移动式升降工作平台的路缘石碰撞测试（除了有轨道的移动式升降工作平台），在水平地面上驱动，

   ---使每个前轮轮流与高 0.1m，角度与垂直面成 30 度的路缘石碰撞，并

   ---同时驱动两个前轮与相同的路缘石碰撞。

   在移动式升降工作平台停止或两个前轮爬上路缘石前，驱动控制能力应保持最大。

b) 准备在非混凝土路面上使用的型式 2 和 3 的移动式升降工作平台的坑洼测试（除有轨道的移动式升降工作平台），应在水平地面上驱动。

   ----轮流驱动每个前轮离开 0.1m 深的坑洼，测试的机器应接近与垂直面成 30 度角度的坑洼直至两个前轮离开坑洼。并

   ----驱动两个前轮同时离开相同坑洼。

   在移动式升降工作平台两个前轮驶入或完全离开坑洼前，驱动控制能力应保持最大。

c) 仅准备在沥青/混凝土路面上使用的型式 2 和 3 的移动式升降工作平台坑洼测试（除有轨道的移动式升降工作平台），应在水平地面上驱动。

   ----轮流驱动每个前轮到 600mm^2 并垂直下沉 0.1m 的坑洼, 使一个前轮对齐（垂直于）测试坑边缘。测试轮沿坑洼边缘的各个位置进入（在每个接近点仅一个前轮进入坑洼）

   在移动式升降工作平台测试轮驶入或完全离开坑洼前，驱动控制能力应保持最大。

6.1.4.2.2.3 制动测试

在移动式升降工作平台每个位置和产生最不稳定的倾斜度、载荷和力的组合中，在前进和后退方向，型式 2 和 3 的移动式升降工作平台应以规定的最大速度停止；如果不同的高度允许不同的行走速度，则在这些规定的高度和最大允许速度下进行。

在这些测试中无需模拟规定风速的作用。

在上述测试中移动式升降工作平台应不倾翻且制动距离应符合 5.3.16 的要求。

6.1.4.3 超载测试

动力操纵的移动式升降工作平台，测试载荷应为额定载荷的 125%；手动操纵的移动式升降工作平台，测试载荷应为额定载荷的 150%。

所有载荷测试的动作，应在载荷安全控制下以合适的加速度和减速度进行。若有多种承受测试载荷

的动作要测试（如起升、下降、回转和行走），这些动作应分别进行，并注意最不利的情形和当运动衰减时的相关振动。

由于载荷组合或 移动升降工作平台的伸展不同，所以必须使用不同的测试载荷进行测试，除非实施一次测试能真实地模拟最不利状况，否则必须在所有测试载荷的情况下进行所有的动作的测试。移动式升降工作平台的超载测试，应在水平地面并且伸展结构处于对移动式升降工作平台任何承载部件产生最大压力的各个位置。

在这些测试中无需模拟规定风速的作用。

在超载测试中，制动系统应能停止并保持测试载荷。

测试载荷卸载后，移动式升降工作平台应无永久变形。

6.1.4.4 功能测试

功能测试应能证明：

a) 在额定速度承受 110 %额定载荷，移动式升降工作平台的所有动作能顺利进行；
b) 所有安全装置工作正常；
c) 不应超出规定最大速度；

6.2 型式试验

新设计的第一台移动式升降工作平台或对现有设计重大改动，应进行：

a) 设计校验（见 6.1.2）；
b) 制造检查（见 6.1.3）；
c) 必要的测试（见 6.1.4）；

6.3 出厂试验

按型式试验制造的移动式升降工作平台，在投放市场前，应进行：

a) 制动测试（见 6.1.4.2.2.3）；
b) 超载测试（见 6.1.4.2）；
c) 功能测试（见 6.1.4.4）；

7 使用信息（见附录 F）

7.1 概述

应满足本标准的要求。

7.2 使用说明手册

7.2.1 语言

制造商应提供准备做市场、销售和出租移动式升降工作平台的国家的语言使用说明手册。

7.2.2 内容

使用说明手册应提供如下信息（但不仅限于）：

a) 具体安全使用的操作指导。
b) 运输搬运和储存信息。
c) 试车信息。
d) 制造商建议的定期检查和测试。
e) 受训人员使用的维护信息。专业维修人员进行的维修工作指导应与其他指导分别列出。

信息组成部分的示例参见附录 F。

7.2.3 更改

使用说明手册应具体给出移动式升降工作平台准备使用场合的更改措施。最少应建议用户如使用在

制造商规定之外的任何特殊工作场合或工作方法，应获得制造商的批准和指导。

7.2.4 重大更改或维修

使用说明手册应包括对移动式升降工作平台主要变更和修理的具体的性能。按照本标准，“重大变更”和“重大维修”是指对影响移动式升降工作平台的稳定性、强度和性能的整体或部分的更改。对于重大改装或重大维修，用户至少应该在一定程度上参考并执行设计检验（见6.1.2），制造检查（见6.1.3），和试验测试（见6.1.4）。

7.2.5 保留记录

在使用说明手册上应提供：

-----检查和测试结果记录；

-----“重大变更”和“重大维修” 记录；

------保留证明。

7.3 标志

7.3.1 制造商标牌

用作标记的符号应符合 ISO 20381 要求。

在移动式升降工作平台显著位置需要永久贴上一个或多个提供以下不可涂改信息的制造商耐久标牌。

a) 制造商或供应商名称；
b) 制造国家；
c) 型号；
d) 序列号或制造编号；
e) 制造年份；
f) 空载重量（kg）；
g) 额定载荷（kg）；
h) 额定乘员人数和设备重量的额定载荷（kg）；
i) 最大允许手动操作力（N）；
j) 最大允许风速（m/s）；
k) 底盘最大允许倾斜度；
l) 如果使用外部液压源，则提供液压供应信息；
m) 如果使用外部气压动力源，则提供气压动力供应信息；
n) 如果使用外部电力供应，则提供电力供应信息；

部分信息可重复于移动式升降工作平台的其他位置（见 7.3.2 和 7.3.7）。

7.3.2 工作平台

用作标记的符号应符合 ISO 20381 要求。

下列信息应永久并清楚标明于每个工作平台显著位置：

a) 额定载荷（kg）；
b) 额定乘员人数和设备重量的额定载荷（kg）；
c) 最大允许手动操作力（N）；
d) 最大允许风速（m/s）；
e) 如有可能，允许的特殊载荷和力。（见 5.2.3.5）
f) 如果工作平台是绝缘的，标记“绝缘”（见 GB/T9465-2008 第 4.2 条）
g) 如果工作平台是不导电材料制作但不是绝缘的，标记“不绝缘”

7.3.3 多个额定载荷

如果设计有多个额定载荷，则应根据移动式升降工作平台的配置制定载荷表格。如果工作平台能够延伸、扩大或相对于伸展结构移动，应标记工作平台在不同位置和配置下的额定载荷。7.3.4 急停系统

急停系统的位置和操作指导应在移动式升降工作平台靠近相关控制装置上标明。

7.3.5 工作平台额定载荷

有主副平台的移动式升降工作平台应标明总载荷以及每个工作平台的额定载荷。

7.3.6 室内使用

设计仅使用于室内的移动式升降工作平台（不必考虑风力载荷），应永久并在显著位置清楚标明。

7.3.7 外部动力供应

与外部动力供应的接点应永久并清楚标明基本动力供应信息（见 7.3.1）。

7.3.8 可装拆部分

由于功能原因可以拆除的零部件（如工作平台、稳定器）应永久并清楚标明如下信息并置于显著位置。

a) 制造商或供应商名称；

b) 移动式升降工作平台的型号。

7.3.9 简化版操作指导

使用移动式升降工作平台的操作指导的简化版应永久并清楚标贴于合适的位置。简化版至少能指示操作者按照指导使用。

7.3.10 伸出外端

移动式升降工作平台的所有伸出外端应有危险色标志（见 GB/T 2893.1-2004 ）。

7.3.11 车轮/稳定器载荷

每个稳定器/车轮应在显著位置永久并清楚标贴对地面的最大载荷以满足移动式升降工作平台操作时的要求。

7.3.12 充气轮胎

充气轮胎的压力应在移动式升降工作平台上标明。

7.3.13 安全距离

如果没有安全距离或足够的防护装置，应该设置警告提示（见 5.4.4）。

7.3.14 维护

移动式升降工作平台上应标贴警告，在维修时警告人员不得进入升起的工作平台或伸展机构底下。除非有固定支撑措施。

7.3.15 稳定器使用

要求使用稳定器的移动式升降工作平台应在操作员的位置标贴警告，提示操作员稳定器必须起作用。

7.3.16 压力容器

带充气蓄能器的液压系统应该在充气蓄能器上设置警告标签，标签内容为“警告 – 压力容器 – 拆卸前请先放气”。

附录 A（资料性附录）

移动式升降工作平台在风速大于 12.5m/s 情况下的使用
(Beaufort 风力 6 级)

在探讨了之前的标准和许多移动式升降工作平台使用者的经验之后，决定采用蒲福风级 6 级。使用者的重要反应是蒲福风级 6 级代表了一种自然限制，在这种条件下操作员可以察觉到风速的影响，而不愿意使用机器。同时，也认识到并讨论了偶发性或局部规律地出现更大风速，但是期望设计的所有移动式升降工作平台都可用于特殊情况是不切实际的，这一点也很容易获得操作员的认同。这样也考虑了风力按风速的平方增加这一事实。

风速更大时应归类到“特殊负载和力”（见 5.2.3.5），并按照以下方式进行处理

a) 根据制造商的说明，可以在更大的风速下使用（见7.3.1 j)），或

b) 采取某些措施，如减少这种情况下工作平台上允许承载的人数。

大部分制造商使用程序 b)，并在他们的操作说明手册中给出了相应的细节。

附录 B（资料性附录）

稳定性和结构计算的动载系数

B.1 稳定性计算

已考虑了使用现有标准确定稳定性的不同方法，例如：

a) 对额定负载应用一个系数。最终认为这种方法不够充分，尤其是对结构质量较大的大型机械。

b) 对垂直应用的额定载荷、结构质量等应用不同系数。这些系数因标准而异，而且并未经过实验或计算证明。

c) 工作平台上加载额定载荷时的残余载荷（移动式升降工作平台总重作用在无负载侧地面上的力所占的百分比）。该方法对于稳定器宽度不同及有多条与回转中心距离不同的倾翻线的机器而言是不适用的。

因此，所用方法必须既要考虑结构质量、额定负载、风力、手动力等因素，还要考虑它们的动态效应，适用时，以作用在运动方向上的百分比来表示。计算方法还必须用静态稳定性型式试验进行检验，该测试可计算出倾翻力矩，这是其他标准所没有要求的。

但是这样做仍然得不到要用于动态效应的百分比数，必须用实验确定这一数值。所选方法是在操作延伸结构及已加载额定负载的工作平台期间测量稳定器的应变，该方法的前提条件是由稳定器上的负载来确定稳定性。

假设静态应力是一致的，在将控制器反向以获得可能的最剧烈振动时，应力会在最小值 0.9 与最大值 1.2 之间波动，变化曲线类似正弦波。因此，产生此结果的动力可以用使用平均值计算的静态试验来表示。将平均值 1.05四舍五入到 1.10 以提供足够的安全裕度，不同制造商用计算结果来比较其用现有测试方法所得到的测试负载。

与现有的测试方法（差异相当大）相比，新方法对一些小型机器（10 m 以下）采用稍小一点的测试负载，对中等规模的机器（最高 20 m）采用相似的值，对最大的机器（最高 70 m）则采用大很多的值（因其重心更高）。

由于采用值 1.10（垂直方向 1.0 加上倾斜方向 0.10）在各种类型和规模的机器上进行测试得到的测试结果比之前的方法更可靠，所以决定采用值 1.10。当考虑负载、力和工作条件最可能的组合时，可以在型式试验时加载1.5 至1.8 倍的额定负载。从 1.05 增加到 1.10 可以提供更大的安全裕度，尤其是考虑到不太可能同时出现所有最不利的情况。

测试期间产生的振动比在正常最大运行速度下由意外误操作所产生的振动要剧烈得多，这表明结构能量吸收弹性和结构固有频率之间的关系比运行速度更为密切。

B.2 结构计算

显然，在同类误操作情况下，伸展结构上端的应力波动要剧烈得多。在已知使用条件下的经验是最有价值和最可靠的设计基础（见 BS 2573-2），但建议制造商进行类似的应变测量测试，以检查峰值应力是否在特殊设计细节允许的最大应力限制范围内。由于间歇性极强，因此在进行疲劳计算时无需考虑它们。

附录 C（规范性附录）

钢丝绳传动系统的计算

C.1 概要

钢丝绳传动系统由绕在卷筒或滑轮上运行的钢丝绳以及任何相关的卷筒、滑轮和补偿滑轮组成。补偿滑轮也是钢丝绳滑轮，工作时其上运行的钢丝绳长度通常不超过钢丝绳直径的 3 倍。

运行时间分类见表 C.1

本附录不包括不绕钢丝绳卷筒或滑轮上运行的钢丝绳（承载钢丝绳和拉伸钢丝绳）和悬吊钢丝绳。

C2 钢丝绳传动系统的计算

当计算钢丝绳传动系统时，必须考虑影响钢丝绳使用寿命的下列因素：

a) 工作模式（传动组别）

b) 钢丝绳直径（系数 c）

c) 钢丝绳卷筒、钢丝绳滑轮和补偿滑轮的直径 [系数（$h_1 \times h_2$）]

d) 绳槽。

为了获得适当长的服务寿命，机械部件可以依其工作模式按照表格 C.1 分级归类到“传动组别”。分级按照运行时间规定，而运行时间是计算钢丝绳系统的平均运行时间。至于分级到时间类别，以相对于一年里，每天的平均运行时间为决定因素。

表 C.1 按运行时间分类的传动组别

运行时间分类	符号			V_{006}	V_{012}	V_{025}	V_{05}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
	一年中，平均每天运行时间（小时）			到 0.125	> 0.125 到 0. 25	> 0. 25 到 0.5	> 0. 5 到 1	> 1 到 2	> 2 到 4	> 4 到 8	> 8 到 16	> 16
集中载荷	序号	项目	说明,	传动组别								
	1	轻载	很少出现最大载荷	1Em	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m
	2	中载	轻载，平均载荷和重载大致相同频率出现	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m
	3	重载	重载几乎不断出现	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m
如果载荷周期大于等于 12 分，钢丝绳驱动可以归类到比以运行时间和集中载荷的组别低一级。												

C3 钢丝绳直径的计算（钢丝绳选择系数 c）

钢丝绳最小直径 d_{mm}（mm）按照公式(2)计算，由钢丝绳上的计算拉力 S (N)决定：

$$d_{mm}=c\sqrt{S} \qquad \cdots\cdots(2)$$

对于各种传动组别的系数 c 的值 (mm/$\sqrt{N}$) 在表 C.2 中给出。这些系数值同样适用于光亮和镀锌的钢丝绳。

计算的钢丝绳拉力 S ，由钢丝绳静态拉力并考虑加速度力和钢丝绳传动系统的效率（见 C.5）而决定。

不需考虑的项目包括：静态拉力的 10%以下的加速度力。

表 C.2 绞捻钢丝绳的系数 c

驱动组别	系数 c (mm/$\sqrt{N}$)		
	单根金属丝的名义强度 N/mm^2		
	1570	1770	1960
$1E_m$	-	0.0670	0.0630
$1D_m$	-	0.0710	0.0670
$1C_m$	-	0.0750	0.0710
$1B_m$	0.0850	0.0800	0.0750
$1A_m$	0.0900	0.0850	
2_m	0.095		
3_m	0.106		
4_m	0.118		
5_m	0.132		

C4 钢丝绳卷筒、钢丝绳滑轮和补偿滑轮直径的计算

与钢丝绳中心相关的卷筒、滑轮和补偿滑轮的直径 D，根据 C.3 决定的最小钢丝绳直径 d_{mm} 按公式(3)计算 ：

$$D_{mm}=h_1*h_2*d_{mm} \quad \cdots\cdots(3)$$

上述公式中，h_1 和 h_2 是非线性系数。系数 h_1 取决于传动组别和钢丝绳设计，见表 C.3；系数 h_2 取决于钢丝绳传动系统的布置见表 C.4。

在绳槽半径至少是钢丝绳直径 0.525 倍的情况下，较粗的钢丝绳（可达计算钢丝绳直径的 1.25 倍）可以同样的钢丝绳牵引力绕于直径按照表 C.3 和 C.4 计算的卷筒、滑轮和补偿滑轮上，而不对钢丝绳的使用寿命产生任何损害。较大的卷筒、滑轮和补偿滑轮直径可以增加钢丝绳的使用寿命。

表 C.3 系数 h_1

驱动组别	卷筒和绞捻钢丝绳	滑轮和绞捻钢丝绳	补偿滑轮和绞捻钢丝绳
$1E_m$	10	11.2	10
$1D_m$	11.2	12.5	10
$1C_m$	12.5	14	12.5
$1B_m$	14	16	12.5

$1A_m$	16	18	14
1_m	18	20	14
3_m	20	22.4	16
4_m	22.4	25	16
5_m	25	28	18

h_2 是由钢丝绳驱动系统在一个载荷周期（载荷的起升和下降）中钢丝绳最不利的位置运行的交替弯曲强度的 ω 数量决定的。ω 是钢丝绳驱动系统各部件的如下各值的和：

卷筒 ω =1

同方向偏斜的滑轮， α >5° ω =2

反方向偏斜的滑轮， α >5° ω =4

滑轮， α ≤ 5°（见图 C.1） ω =0

补偿滑轮 ω =0

钢丝绳端部附件 ω =0

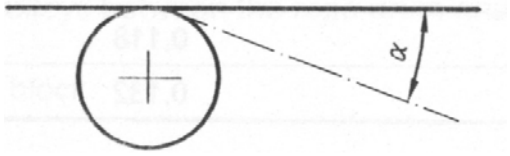
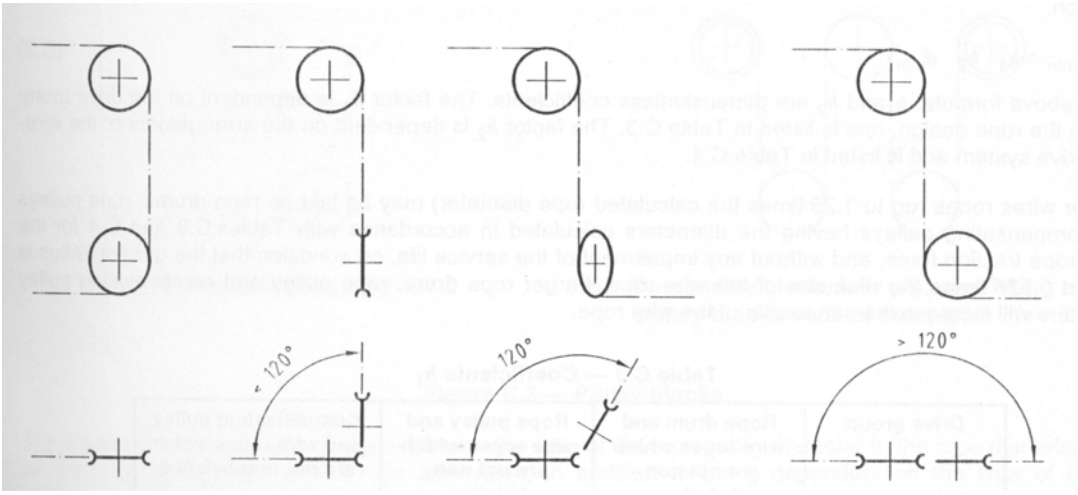


图 C.1　　偏斜角度

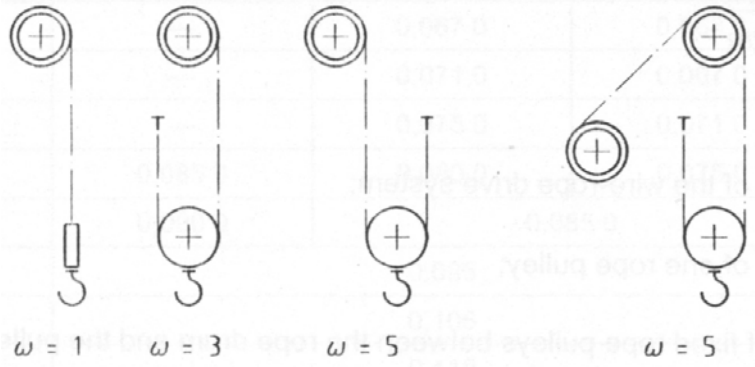
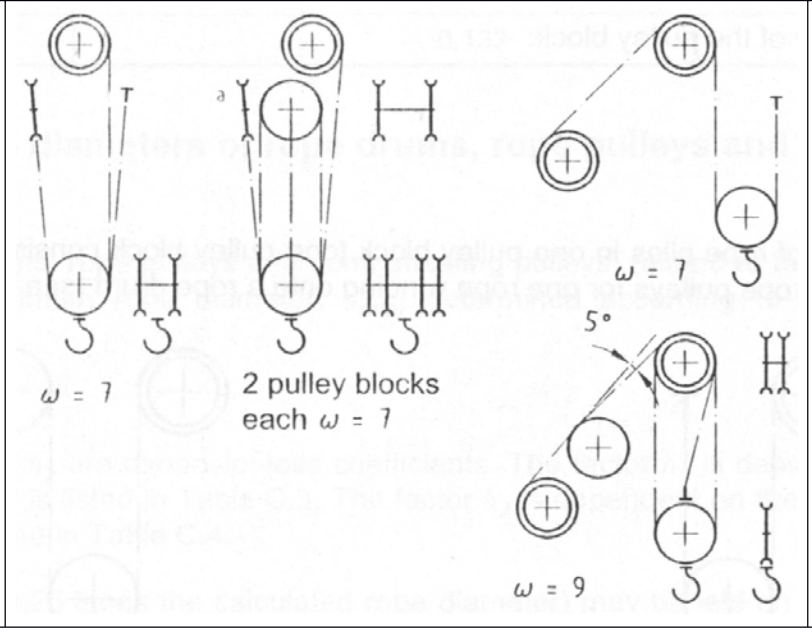
如果滑轮临近的两个平面（钢丝绳成功穿过）之间角度大于 120°，必须考虑反方向偏斜（见图 C.2）。

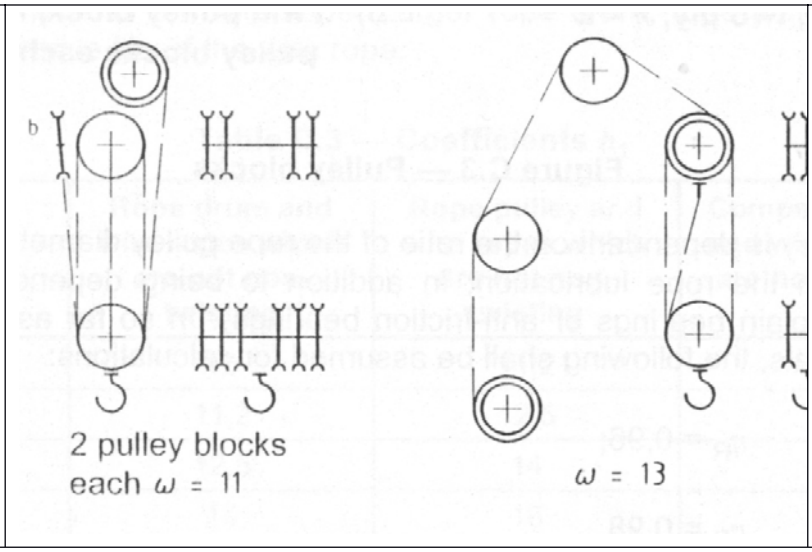


同向偏斜　　反向偏斜

图 C.2　同向/反向偏斜

表 C.4 系数 h_2

内容	钢丝绳驱动布置示例	ω	h_2 [7]	
			卷筒和补偿滑轮	滑轮
钢丝绳绕过卷筒和 2 个以下同向偏斜的滑轮或 1 个反向偏斜的滑轮		≤5	1	1
钢丝绳绕过卷筒和 4 个以下同向偏斜的滑轮或 2 个同向偏斜和 1 个反向偏斜的滑轮或 2 个反向偏斜的滑轮		6 到 9	1	1.12

钢丝绳绕过卷筒和至少 5 个同向偏斜的滑轮或 3 个同向偏斜加上 1 个反向偏斜的滑轮或 1 个同向偏斜加上 2 个反向偏斜的滑轮或 3 个反向偏斜的滑轮		≥10	1	1.25
a)；[7] 相应于内容和应用示例的 ω 和 h_2 修正，只有当一个工作行程中在钢丝绳的一段绕进钢丝绳驱动的整个布置的情况下才有效。至于 h_2 的决定，只有在 ω 的值出现于钢丝绳最不利的线段时，才需考虑。 b 补偿滑轮				

C5 钢丝绳传动系统的效率

根据 C.3 钢丝绳拉力计算的钢丝绳传动的效率，按公式(4)计算：

$$\eta_s = (\eta_R)^i \cdot \eta_F = (\eta_R)^i \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{1-(\eta_R)^n}{1-\eta_R} \quad \cdots\cdots(4)$$

式中：

η_s 钢丝绳传动系统的效率

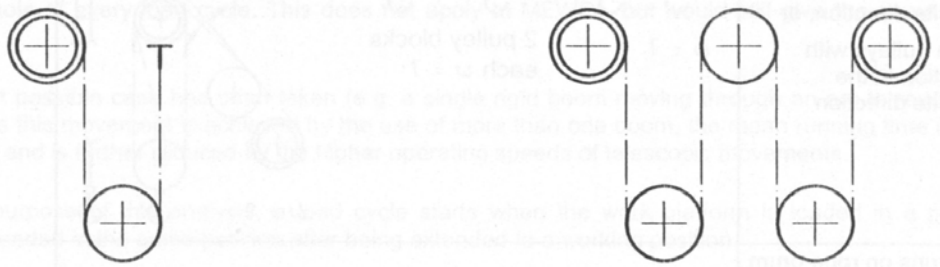
η_R 单个滑轮的效率

i 卷筒和滑轮组或载荷之间的固定滑轮数量

η_F 滑轮组的效率按公式（5）计算：

$$\eta_F = \frac{1}{n} \cdot \frac{1-(\eta_R)^n}{1-\eta_R} \quad \cdots\cdots（5）$$

n 一个滑轮组钢丝绳股数。一个滑轮组包括钢丝绳所有股数和钢丝绳绕到卷筒的滑轮数（见图 C.3）。



两股绳滑轮组　　四股绳双滑轮组，包括两个滑轮组及其各自的两股钢丝绳

图 C.3 滑轮组

滑轮的效率除了取决于滑轮轴承（普通轴承和抗磨轴承）的布置形式外，还取决于滑轮直径与钢丝绳直径的比率（D/d），钢丝绳的设计和钢丝绳的润滑。至今为止，由于更确切的数值以由试验手段证实，计算中应假定如下数值：

普通轴承η_R=0.96

抗磨轴承η_R=0.98

表 C.5 给出的效率值基于以上数据计算得出。

对于补偿滑轮，无需考虑效率值。

表 C.5 滑轮组的效率

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
η_F 普通轴承	0.98	0.96	0.94	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81	0.79	0.78
η_F 抗磨轴承	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.89	0.88

附录 D（资料性附录）

计算示例——钢丝绳传动系统

D1 方法

D.1.1 概述

采用 5.2.5.2 载荷周期图和 5.4.6 的操作速度，决定 5.5.2（钢丝绳传动系统）的系数和比率的方法，该方法适用于 ISO 4310-4 机构学分类组别的使用，形成移动式升降工作平台 s 的与载荷状况相关的问题和载荷频谱因数，但是给出的结论与流动式起重机国际标准相同（见 ISO 4308-2 和 ISO 8087）。

注 1 按照 5.2.5.3.3 的“轻度间歇性负荷” 解释为大机器大额定载荷，在非全载荷下经常工作和断断续续的使用。

按照 5.2.5.3.3 的“重负荷” 解释为小机器低额定载荷，有规则的承受满载和有规则的经常使用。

“中负荷期限”（见表 C.1）认为是伸展结构最严峻的工作状况，因为在载荷周期中，载荷是变化的。 “重负荷期限”仅应用于在每个载荷周期的整个过程承载低额定载荷（如承载一人）的机器的调平系统。

注 2 最糟糕的情形发生过（例如单支刚性的桅杆以圆弧运动到最大高度）。实践中，由于此运动可使用多个桅杆而取得，其平均运行时间将除以桅杆数，并由于较高的伸缩运动速度而进一步减少。

注 3 为了该分析的目的，载荷周期起始于工作平台在进入位置装载后，伸展到工作位置，再返回到进入位置卸载而完成。

D.1.2 附录 C(规范性) 方法概述

D.1.2.1 使用载荷周期数和工作速度，推导出表格 C.1“相对于一年的每天平均运行时间，以小时计”决定驱动组别〔见 C.2b)〕

D.1.2.2 使用系数 c, 对表格 C.2 的该驱动装置，以下式计算钢丝绳的最小理论直径，d_{mm},

$$d_{mm}=c\sqrt{S}$$

式中 S 是计算的钢丝绳牵引力。

至此完成了附录 C 计算钢丝绳直径的程序。然而，使用的系数也可以用 ISO 2408：1985 表格 5 的断裂受力图的分段计算，对不同的钢丝强度，如有必要，用钢丝绳的计算牵引力进行修正。

D.1.2.3 以公式（C.2）计算卷筒和滑轮的直径：

$$D_{mm}=h_1 \cdot h_2 \cdot d_{min}$$

对于驱动组别的系数 h_1 取自表格 C.3。系数 h_2 用表格 C.4 以钢丝绳最不利的强度部分的交替强度总数目来决定。

D.1.3 计算示例

D.1.3.1 概述

以下示例说明计算过程，但载荷的选择是为了得出准确 9mm 直径的钢丝绳，所以表格 2 中的系数取最小。

D.1.3.2 工作模式（驱动组别）（见 C.2 和表格 C.1）

D.1.3.2.1 案例 1，轻度间歇性负荷

$$10\text{ 年 }40000\text{ 个载荷周期}=\frac{40000}{365\times 10}\text{ 载荷周期/天}$$

=10.96 载荷周期/天 （C.5）

最糟糕的情形认为是 25m 桅杆（半径 r）以 0.4m/s 的速度在 180°（共 360°）范围运动（见图 D.1）

一个载荷周期的运行时间是;

$$\frac{\pi \times 2r}{v} = \frac{\pi \times 2 \times 25}{0.4} = 393\ \text{s} \qquad \text{(C.6)}$$

相对于一年平均每天运行时间（单位小时），从等式（C.5）和（C.6）计算结果：

⇒10.96×393 s/天=1.12 小时/天⇒类别 V_1(见表格 C.1)

表格 C.1 给出了 $1A_m$ 驱动组别的类别 V_1，中度负荷。

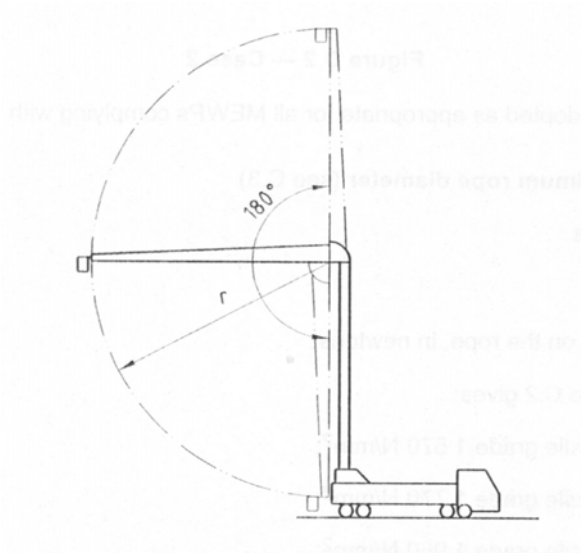


图 D.1: 案例 1

D.1.3.2.2 案例 2，重负荷

10 年 100000 个载荷周期=$\frac{100000}{365 \times 10}$ 载荷周期/天

=27.4 载荷周期/天 （C.7）

最糟糕的情形认为是 10m 桅杆（半径 r）以 0.4m/s 的速度在 90°（180°）范围运动（见图 D.2）

一个载荷周期的运行时间是;

$$\frac{\pi \times r}{v} = \frac{\pi \times 10}{0.4m} = 78.5s \qquad \text{(C.8)}$$

相对于一年平均每天运行时间（单位小时），从等式（C.7）和（C.8）计算结果：

⇒78.5×27.4 s/天=0.6 小时/天⇒类别 V_{05}(见表格 C.1)

表格 C.1 给出了 $1A_m$ 驱动组别的类别 V_{05}，重负荷。

对符合本标准的所有移动式升降工作平台 s, 采用 $1A_m$ 驱动组别较合适。

D.1.3.3 最小钢丝绳直径的计算（见 C.3）

最小钢丝绳直径是：

$$d_{mm}=c\sqrt{S} \qquad \text{（C.9）}$$

式中 S 是计算的钢丝绳载荷（单位 N）。

在绞捻情况下，对于驱动组别 $1A_m$ 表格 C.2 给出了

c=0.090　　1570N/mm^2 的钢丝绳
c=0.085　　1770 N/mm^2 的钢丝绳
c=0.085　　1960 N/mm^2 的钢丝绳

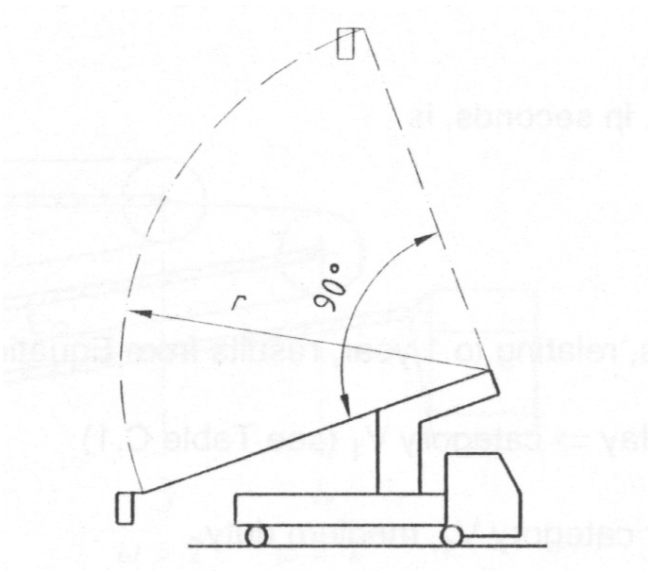


图 D.2: 案例 2

至于 S=10 000N 和 c=0.09 及 S=11 211N 和 c=0.085，等式（C.9）导出了最小钢丝绳直径 9mm.

D.1.3.4 工作系数

从 ISO 2408：1985 表格 5 查出，直径 9mm.钢丝绳的最小破断力为

F_{01}=47 300N（纤维内心）

F_{02}=50 000N（钢铁内心）

依据 ISO 2408：1985 表格 5（抗拉等级 1 770N/mm^2），对于直径 9mm.钢丝绳有下列工作系数（见表格 D.1）

表格 D.1 工作系数

抗拉等级 N/mm^2	工作系数		公式
	纤维内心	钢铁内心	
1770（S=11 211N）	4.22	4.55	$\frac{F_{01,02}}{S}$
1570（S=10 000N）	4.20	4.52	$\frac{F_{01,02}}{S} \times \frac{1570}{1770}$
1960（S=11 211N）	4.67	5.04	$\frac{F_{01,02}}{S} \times \frac{1960}{1770}$

D2 钢丝绳卷筒直径、钢丝绳滑轮和静滑轮的计算

使用 C.2 的公式：

$$D_{min}=h_1 \cdot h_2 \cdot d_{min}$$

驱动组别 $1A_m$ 的系数 h_1 取自表格 C.3。

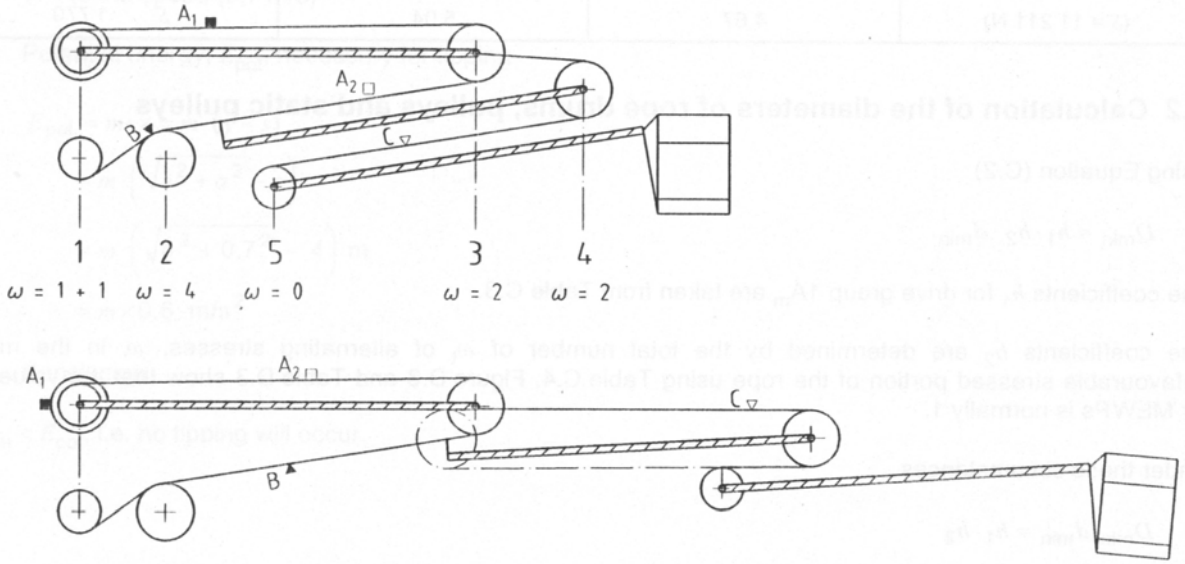
系数 h_2 由交替强度 ω_t 的总数量决定，ω是处于采用表格 C.4 的钢丝绳最不利的强度部分。图 D.3 和表格 D.3 表明移动式升降工作平台 s 的 h_2 值通常为 1。

在这些情况下，

$$D_{min}/d_{min}=h_1 \cdot h_2$$

并有下列的移动式升降工作平台 s 比值结果（见表格 D.2）表格 D.2 比值 D_{min}/d_{min}

内容	ω_t	h_2	h_1	D_{min}/d_{min}
卷筒	≤5	1	16	16
	6 到 9	1	16	16
	≥10	1	16	16
滑轮同方向偏斜 α>5°	≤5	1	18	18
	6 到 9	1.12	18	20.16
	≥10	1.25	18	22.5
滑轮反方向偏斜 α>5°	≤5	1	18	18
	6 到 9	1.12	18	20.16
	≥10	1.25	18	22.5
滑轮任意方向偏斜 α≤5°和补偿滑轮（如钢丝绳端部附件）	≤5	1	14	14
	6 到 9	1	14	14
	≥10	1	14	14



注：

1. 双绳卷筒
2. 钢丝绳滑轮（反方向偏斜）
3. 钢丝绳滑轮（同方向偏斜）

4. 钢丝绳滑轮（同方向偏斜）
5. 钢丝绳端部附件

图 3

伸展结构回缩/伸展；为了滑轮和卷筒直径的决定，在单个钢丝绳上交替弯曲压力ω数量的判定。(见表3)

表格 D.3

钢丝绳	交替弯曲压力ω数量	h_2
A_1	1	1
A_2	2	1
B	1+4=5	1
C	2	1

附录 E（资料性附录）

路缘石试验计算

本附录根据图 E.1 到 E.3 给出路缘石试验计算的例子。

a) 移动式升降工作平台的动能 E_{kin}

$$E_{kin}=\frac{m}{2}\times v^2=\frac{m}{2}\times 0.7^2 \quad m/s^2$$

$$=m\times 0.245 \quad m/s^2$$

(例如 z=0.0245)

式中：

m　移动式升降工作平台的质量（kg）

v　速度（0.7m/s）

b)　对倾翻线所需的势能 E_{pot}

$$E_{pot}=m\,g\times x=m\times (y-s)$$

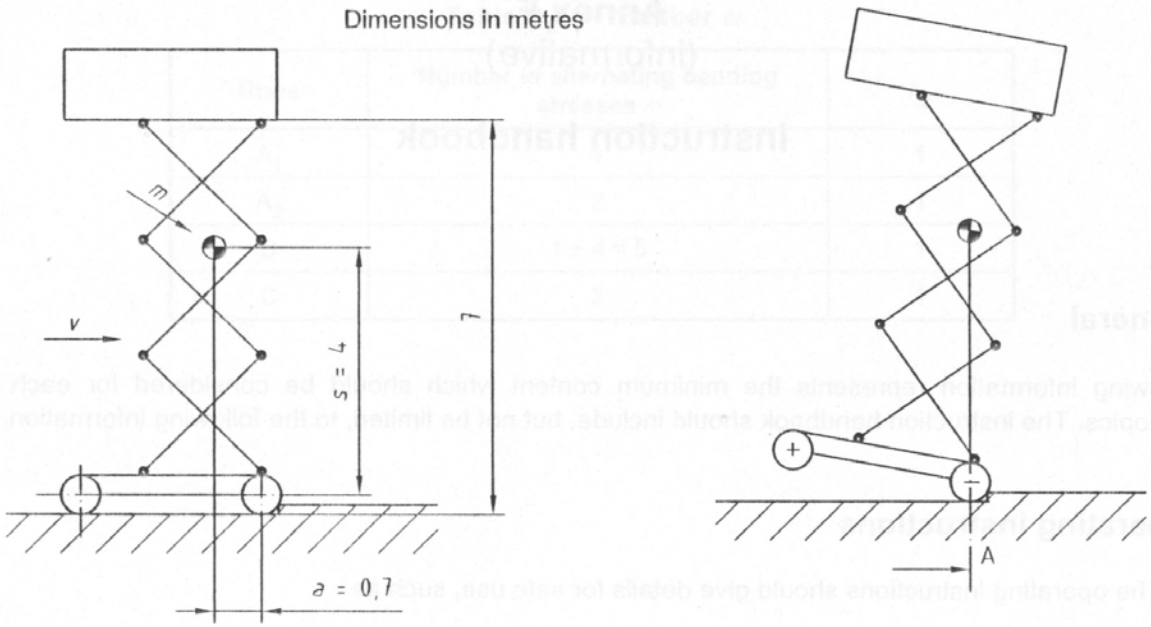
$$=m\times\left(\sqrt{s^2+a^2}-s\right)$$

$$=m\times\left(\sqrt{4^2+0.7^2}-4\right)\ m$$

$$=m\times 0.6\ m/s^2$$

c)　结论

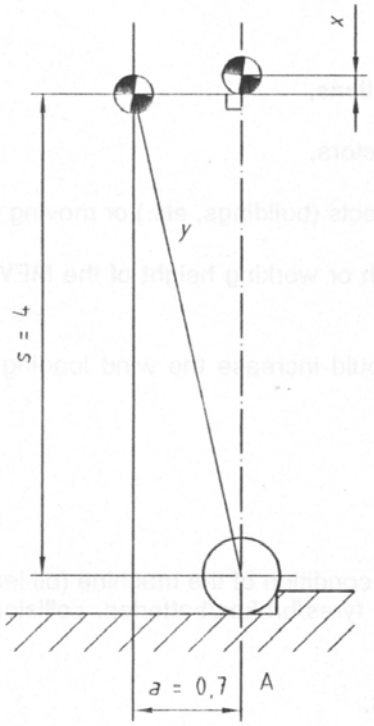
E_{kin} < E_{pot}，无倾翻



注：

A　　倾翻线

图 E.1：移动式升降工作平台前端障碍　　图 E.2：移动式升降工作平台在障碍上



注：

A 倾翻线

图 E.3：势能

附录 F（资料性附录）

使用说明手册

F.1 概述

使用说明手册应包括如下表示每个相关标题应考虑的最少内容，但不限于此：

F.2 操作指导

F.2.1 操作指导应给出详细安全使用，例如：

a) 移动式升降工作平台的特性描述以及适用场合；

b) 地面所需的承载强度；

c) 所有正常控制，紧急下降和任何急停设备的位置、目的和使用；

d) 工作平台的超载禁令；

e) 不得作为起重机使用的禁令；

f) 附属于国家交通规则；

g) 与电力导体保持距离；

h) 避免与固定物体（如建筑物等）和运动物体（如车辆、起重机等）的碰撞；

i) 禁止使用额外设备（如梯子）增加移动式升降工作平台的工作高度；

j) 禁止将增加移动式升降工作平台风力载荷的任何附加物[如广告牌（例外的见 5.2.3.5）]；

k) 环境限制；

l) 关于振动的信息；

m) 关于机器安全情况，重要的日常检查（漏油、电气固定/连接松动、软管/电缆擦破、轮胎/制动/电池的情况、碰撞损伤、操作指导牌变得模糊、特殊安全装置等）；

n) 可移动护栏的安装；

o) 起升时禁止出入工作平台；

p) 工作平台起升时行走注意事项；

F.2.2 操作指导应给出运输、搬运及储存信息，例如：

a) 在场地使用移动式升降工作平台零部件紧固的特殊措施；

b) 装载到其他车辆的方法以便于在使用场地之间运输，包括起吊点、质量、重心等；

c) 室内或室外定期储存的预先注意事项；

d) 定期储存和暴露于恶劣环境后的使用前检查 —— 热、冷、潮湿和灰尘等。

F.2.3 操作指导应给出交货信息，例如：

a) 投放市场前检查（见 6.3）；

b) 首次使用、长期储存后使用或环境情况变化（冬天、夏天、地理位置变动等）后对动力供应、液压油、润滑等的检查。

F.2.4 操作指导应给出制造商推荐的定期检查或测试，例如：

a) 根据操作情况和使用频度进行定期检查或测试；
b) 定期检查或测试的内容，如：
   ---- 对结构的目测检查，尤其注意承载零部件和焊接点的腐蚀和其他损坏；
   ---- 机械、液压、气动和电气系统的检查尤其注意安全装置；
   ---- 测试证明制动和/或超载装置的有效性；
   ---- 功能测试（见 6.1.3.3）；
c) 定期检查或测试的频度和程度的建议也可以参照国家的相关规定。

注：定期检查一般不必拆除零部件；除非怀疑与可靠性和安全有关。罩壳的移动、观察窗的暴露和将移动式升降工作平台缩回运输状态不认为属于拆卸。

F.2.5 操作指导应给出已培训的人员使用的维护信息，例如：
a) 关于移动式升降工作平台的技术信息，包括电气/液压/气动回路图；
b) 要求经常注意检查的部件（润滑油、液压油位置和状况，电池等）；
c) 以特定周期检查安全特征包括安全装置、载荷承受机构、应急装置、任何急停设备；
d) 保证维修维护安全的措施；
e) 检查任何危害的变化（腐蚀、裂纹、磨损等）
f) 检查频度和方法以及零部件维修更换的标准；
   1） 钢丝绳驱动系统，按照 5.5.2.1.1 的单根钢丝绳或按照 5.5.2.1.2 或 5.5.2.1.2.2 或 5.5.2.1.2.3 的系统中的第一和第二钢丝绳，如果检测到任一钢丝绳的磨损已达 GB/T 5972 的标准，应更换。
   2) 链条驱动系统，按照 5.5.3.1.1 的单根链条或按照 5.5.3.1.2 或 5.5.3.1.2.2 的两根链条，如果检测到任一根链条的磨损已达链条制造商的极限，应更换。
   3) 有必要的其他元器件（如予期寿命）；
g) 仅使用制造商允许的替换零部件，尤其载荷承受机构和安全相关的元器件；
h) 任何影响稳定性、强度和性能的改动，必须获得制造商的许可；
i) 需要调整的零部件，包括具体的设置情况；
j) 维修后的任何必需的测试/检查以确保安全工作状态。

附录 G（资料性附录）

结构安全系数

G.1 结构安全系数

G.1.1 工作平台及伸展机构承载部件所用的塑性材料，按材料最低屈服极限计算，结构安全系数应不小于 2。

G.1.2 工作平台及伸展机构承载部件所用的非塑性材料，按材料的最小强度极限计算，结构安全系数应不小于 5。

G.1.3 确定结构安全系数的设计应力，是移动式升降工作平台在额定载荷工况下作业，并遵守操作规程时，结构件内所产生的最大应力值。设计应力还应考虑到应力集中及动力载荷的影响，安全系数按公式（1）计算：

$$S=\frac{\sigma}{(\sigma_1+\sigma_2)f_1f_2} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

S——结构安全系数；

σ——在 5.3.1 中所述的材料屈服强度或在 5.3.2 中所述的材料强度极限，单位为帕（Pa）；

σ_1——由结构质量产生的应力，单位为兆帕（MPa）；

σ_2——由额定载荷产生的应力，单位为兆帕（MPa）；

f_1——应力集中系数；

f_2——动力载荷系数；

f_1、f_2：的数值可通过对样机的试验应力分析确定；或取$f_1 \geqslant 1.1$、$f_2 \geqslant 1.25$。