

WH

中华人民共和国文化行业标准

WH/T 78.7—2021

演出安全 第7部分：舞台威亚安全

Performance safety—
Part 7: Safety of performer flying systems

2021 - 07 - 19 发布

2021 - 08 - 19 实施

中华人民共和国文化和旅游部 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 风险评估与风险减小	4
5 总体技术要求	5
5.1 基本要求	5
5.2 安全系数	5
5.3 速度与加速度	6
5.4 材料	6
5.5 连接和紧固	6
5.6 焊接与探伤	6
5.7 钢丝绳(或合成绳)及其附件	6
5.8 滑轮	7
5.9 卷筒组件	7
5.10 电动机	8
5.11 减速器	8
5.12 制动器	8
5.13 涂装	8
5.14 预埋件与地脚螺栓	8
6 威亚系统机械设计要求	9
6.1 索道式威亚系统主索钢丝绳	9
6.2 索道运行小车	9
6.3 固定轨道	9
6.4 轨道运行小车	9
6.5 威亚吊挂小车	9
6.6 垂直升降卷扬机	10
6.7 水平牵引卷扬机	10
6.8 三维多绳柔索系统	10
7 电气设备和控制系统	10
7.1 概述	10
7.2 总体要求	10
7.3 基本要求	11
7.4 引入电源	11
7.5 电击的防护	11
7.6 电气设备的保护	11
7.7 等电位联结	11
7.8 控制电路和控制功能	11

8	安全防护和其他保护措施	15
8.1	安全防护措施	15
8.2	其他保护措施	16
8.3	紧急救援措施	17
9	制造要求	17
9.1	一般要求	17
9.2	原材料、外购件和外协件要求	17
9.3	重要零件加工要求	18
9.4	结构件制造要求	18
9.5	焊接要求	18
9.6	出厂检验与包装要求	18
10	安装调试要求	18
10.1	一般要求	18
10.2	设备基础要求	19
10.3	主要设备安装要求	19
10.4	调试与试运行要求	19
11	设计审查、过程监检与验收检验要求	21
11.1	设计审查	21
11.2	过程监检	21
11.3	验收检验	22
12	使用与维护要求	24
12.1	一般要求	24
12.2	使用要求	24
12.3	日常检查与维护要求	24
12.4	威亚衣的使用要求	24
附录 A (资料性)	威亚系统类别与图解说明	25
附录 B (规范性)	威亚风险事件分级	29
附录 C (规范性)	威亚衣使用安全要求	30
	参考文献	35

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是WH/T 78《演出安全》的第7部分。WH/T 78已经发布了以下部分：

- WH/T 78.1—2017 演出安全 第1部分：演出安全技术通则；
- WH/T 78.3—2018 演出安全 第3部分：舞台灯光安全；
- WH/T 78.5—2020 演出安全 第5部分：舞台视频安全；
- WH/T 78.6—2017 演出安全 第6部分：舞美装置安全；
- WH/T 78.8—2019 演出安全 第8部分：舞台监督及通讯安全；
- WH/T 78.9—2017 演出安全 第9部分：舞台幕布安全；
- WH/T 78.10—2017 演出安全 第10部分：剧场工艺安全。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国文化和旅游部提出。

本文件由全国剧场标准化技术委员会（SAC/TC 388）归口。

本文件起草单位：中国艺术科技研究所、国家舞台设备质量监督检验中心、北京北特圣迪科技发展有限公司、北京金东高科科技有限公司、中国演出行业协会、北京市应急管理局、北京航天发射技术研究所、中艺质检（北京）文旅发展有限公司、成都炎兴自动化工程有限公司、浙江大丰实业股份有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司、北京龙影文化传媒有限公司、北京威亚传迈文化传播有限公司、北京飞舞者文化艺术传播有限公司。

本文件主要起草人：龚奎成、王涛、李利、郑志荣、潘燕、李宏良、李玉顺、郑辉、宋宏、翟锡葵、侯鹏强、刘榛、黄越峰、徐龙涛、谢永伟、杨皓翔、刘丹、李刚、康丽丽、王洲、赵永建、张皞。

本文件为首次发布。

引 言

本文件所述威亚是舞台机械专业中一个类别的设备。WH/T 28—2007《舞台机械 台上设备安全》、WH/T 36—2009《舞台机械 台下设备安全要求》及其将来的更新版本或者合并版本是舞台机械专业的基础安全规范或安全标准，本文件只是威亚这一类设备的安全规范或安全标准。本文件经批准实施后，将与上述安全规范，以及其他本专业的国家标准、行业标准，共同构成舞台机械专业的安全标准体系。

本文件的主要目的是为威亚系统设计者提供一套安全规范和设计准则，从制造、安装、调试、检验测试、使用与维护等角度提出相关安全要求，为每一个环节的威亚从业人员提供应该遵守的基本安全准则。本文件引入风险评估理论，倡导威亚从业者在设计、使用各环节进行风险评估，根据风险评估的结果，从本质安全设计入手，结合安全防护和补充保护措施，以及明确的使用信息，有针对性地采取相应措施，将风险消除或减小到可容许风险的水平。

本文件的主要技术内容包括：正文十二章，一个资料性附录A，两个规范性附录B和附录C。本文件还列出了必要的参考文献，便于使用者参考。

本文件的附录A用七张图清晰地表达了威亚的几种主要形式和主要构成；附录B则从威亚风险事件对人员造成的伤害程度和对演出的影响程度这两个维度，为威亚风险评估提供了危险发生的严重程度分级即“威亚风险事件分级”；附录C对威亚衣的采购和使用提出安全要求，因为威亚衣使用环节是威亚系统中风险最高的一个环节。

演出安全

第7部分：舞台威亚安全

1 范围

本文件规定了威亚系统在设计、制造、安装、验收、使用及管理各环节的技术要求和安全要求。

本文件适用于设置在各种演出场所的威亚系统。这些场所包括各类专业剧场、多功能剧场、主题剧场、露天剧场、各种秀场等室内外演出场所，以及体育场、体育馆等供各类集会、大型活动的其他场所。除舞台外，将观众区作为演出空间的情况，也适用于本文件。

本文件不适用于影视拍摄威亚系统；也不适用于吊挂在威亚系统上的其他景物、装置或机构等。

手动威亚系统可参照本文件使用。

注：本文件所指的威亚系统为电动威亚系统，它主要有如下四种模式：定点提升式威亚系统、索道式威亚系统、轨道式威亚系统、三维多绳柔索系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 985.1—2008 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
- GB/T 985.2—2008 埋弧焊的推荐坡口
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098（所有部分） 紧固件机械性能
- GB/T 3811—2008 起重机设计规范
- GB/T 4162—2008 锻轧钢棒超声检测方法
- GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 5226.32—2017 机械电气安全 机械电气设备 第32部分：起重机械技术条件
- GB/T 5972—2016 起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废
- GB 8408—2018 大型游乐设施安全规范
- GB/T 8918 重要用途钢丝绳
- GB/T 9944 不锈钢丝绳
- GB 12265.1—1997 机械安全 防止上肢触及危险区的安全距离
- GB 12265.2—2000 机械安全 防止下肢触及危险区的安全距离
- GB 12352—2018 客运架空索道安全规范
- GB/T 12467（所有部分） 金属材料熔焊质量要求
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB 16754—2008 机械安全 急停 设计原则
- GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则
- GB/T 16855.2—2015 机械安全 控制系统安全相关部件 第2部分：确认
- GB/T 16856—2015 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例
- GB/T 16895.17—2019 建筑物电气装置 第5部分：电气设备的选择和安装 第548节：信息技术装置的接地配置和等电位联结

- GB/T 16895.19—2017 低压电气装置 第7-702部分：特殊装置或场所的要求 游泳池和喷泉
GB/T 16895.21—2019 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护
GB/T 17045—2020 电击防护 装置和设备的通用部分
GB/T 17248.3—2018 声学 机器和设备发射的噪声 采用近似环境修正测定工作位置和其他指定位置的发射声压级
GB/T 20002.4—2015 标准中特定内容的起草 第4部分：标准中涉及安全的内容
GB/T 20118—2017 钢丝绳通用技术条件
GB/T 20438（所有部分） 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全
GB/T 21671—2008 基于以太网技术的局域网系统验收测评规范
GB/T 22696（所有部分） 电气设备的安全 风险评估和风险降低
GB/T 24738—2009 机械制造工艺文件的完整性
GB 28526—2012 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全
GB/T 30174—2013 机械安全 术语
GB/T 36728—2018 剧院演出安全等级分类
GB 50017—2017 钢结构设计标准
GB 50127—2007 架空索道工程技术规范
GB 50231—2009 机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50303—2015 建筑电气工程施工质量验收规范
GB/T 50312—2016 综合布线系统工程验收规范
CB/T 3818—2013 索具螺旋扣
JB/T 4730.4—2005 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
JB/T 4730.5—2005 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
JB/T 9006—2013 起重机 卷筒
WH/T 28—2007 舞台机械 台上设备安全

3 术语和定义

GB/T 30174—2013、GB/T 15706—2012和GB/T 20002.4—2015界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

威亚 performer flying systems

演员飞行系统

安装于舞台或观众席上空，用于吊挂演员或道具在空中进行飞行表演的吊挂系统或装置。

注1：威亚也可以称为威亚系统、威亚装置，国外称为演员飞行系统。威亚的叫法是wire的音译，来源于早期的“吊钢丝”。随着技术的进步和艺术表现的多样性要求，威亚的形式越来越丰富，但“威亚”这个叫法却逐渐固定下来，为行业所普遍接受。所以本文件正式定义为“威亚”。

注2：威亚系统通常由轨道或主索、运行小车、牵引系统（卷扬机）、威亚吊挂小车、弯弓系统、钢丝绳（或合成绳）及其附件、滑轮组，及配套的电气设备、控制系统等构成。

注3：威亚系统主要有如下四种模式（参见附录A）：定点提升式威亚系统、索道式威亚系统、轨道式威亚系统、三维多绳柔索系统。

3.2

定点提升式威亚系统 fixed hoist performer flying systems

通过上空固定吊点实现演员垂直升降功能的威亚系统。一般分为单点吊、双点吊等型式。

注：定点提升式威亚系统通常由升降卷扬机、吊锤或威亚吊挂小车、弯弓系统、钢丝绳（或合成绳）及其附件、滑轮组、电气设备、控制系统等构成。

3.3

索道式威亚系统 tensioned cable track performer flying systems

俗称过江龙。以柔性主索为架空承载构件，实现演员水平运行和垂直升降功能的威亚系统。

注：索道式威亚系统通常由主索系统、升降卷扬机、水平牵引卷扬机、水平绳配重平衡系统、索道运行小车、威亚吊挂小车、弯弓系统、钢丝绳(或合成绳)及其附件、滑轮组、电气设备、控制系统等构成。

3.4

轨道式威亚系统 rigid track performer flying systems

以刚性固定轨道为架空承载构件，实现演员水平运行和垂直升降功能的威亚系统。

注：轨道式威亚系统通常由固定轨道、升降卷扬机、水平牵引卷扬机、轨道运行小车、吊锤或威亚吊挂小车、弯弓系统、钢丝绳(或合成绳)及其附件、滑轮组、电气设备、控制系统等构成。

3.5

三维多绳柔索系统 3D performer flying systems

通过多条绳索联动伸缩实现演员三维运动功能的威亚系统，一般由四条独立布置、可收缩、聚焦在一个吊点上的绳索组合而成。

注：三维多绳柔索系统通常由卷扬机、吊锤、弯弓系统、钢丝绳(或合成绳)及其附件、滑轮组、电气设备、控制系统等构成。

3.6

额定载荷 rated load

设计规定的，设备运动时所能承受的最大外载荷。指除了威亚吊具系统（包括威亚吊挂小车、弯弓系统等）自重外，允许外加的演员或道具的最大载荷。

3.7

动态载荷 dynamic load

设备在启动、停止以及运行过程中由速度变化所产生的惯性作用力。

3.8

系统载荷 system load

承载能力 load capacity

在正常运行条件下，不考虑动态载荷，设备能安全正常运行的最大载荷。包括额定载荷、威亚吊具系统自重等的总吊挂载荷。

3.9

特性载荷 characteristic load

在正常运行情况下，作用于威亚系统上的最大载荷。包括系统载荷、正常运行情况下的动态载荷。

3.10

测试载荷 test load

用于测试驱动系统、承载设备系统、承载件及制动装置等的载荷。

注：通常状况下，威亚的测试载荷等于额定载荷。

3.11

失效载荷 load at failure

峰值载荷 peak load

在发生故障或失效等非正常情况下时，作用于威亚系统上的最大载荷。包括系统载荷、故障时的动态载荷和环境影响附加载荷等。

注：失效载荷通常发生在故障情况，如：安全装置异常作用、控制系统断电、驱动设备失速、卡阻停车和0类停止等。

3.12

威亚衣 harness

穿着于演员身上适用于舞台演出、飞行训练中完成空中动作的安全装置。

注：威亚衣的一般组成见附录C。

3.13

设计审查 design review

由审查机构按相关标准对威亚设计文件进行技术审查及必要验证。

3.14

过程监检 supervision and inspection of installation process

由监检机构按相关标准对威亚施工过程和质量进行见证、检验和核查。

3.15

验收检验 acceptance inspection

由检验检测机构按相关标准对施工完成后的威亚进行质量检验。

4 风险评估与风险减小

4.1 风险评估是包括风险分析和风险评价在内的全过程，是在风险分析的基础上，通过采取一系列的控制措施，量化测评风险因素带来的影响或损失的可能程度，最终实现可容许风险的过程。

4.2 在设计威亚系统时，应根据 GB/T 15706—2012、GB/T 16856—2015 以及 GB/T 22696.1~5 进行风险评估和风险减小。鼓励在使用阶段持续进行风险评估。内容包括但不限于：机械限制的确定、危险识别、风险估计、风险评价、风险减小。

4.3 确定机械限制的目的是对威亚系统的力学性能和物理性能、完成功能的能力、预定使用、可合理预见的误用、使用和维护可能所处的人员、空间、时间、环境条件给予清晰的描述和边界确定。

4.4 在对威亚系统进行危险识别时，应根据具体威亚设备的结构和特性，识别所有可能对观演人员或设施造成伤害或损伤的危险，它应涵盖整个威亚生命周期内的各个阶段，包括威亚的制造、组装、运输、安装、调试、试运行、正常使用、报废、拆卸等。危险识别涉及的范围有机械危险、电气危险、振动危险、噪声危险、热危险、加速度危险、有害物质危险、威亚对环境引起的危险以及在威亚设计中被忽略的人体工效学而产生的危险等。

4.5 根据每个危险发生的可能性和导致的严重程度两个方面对具体威亚设备进行风险分析和评价，危险发生的可能性按 GB/T 36728—2018 中 9.1 条的相关内容进行，导致的严重程度见《威亚风险事件分级》（见附录 B）。

4.6 根据风险评估的结果，应有针对性地采取相应措施，将风险消除或减小到可容许风险的水平，使风险处于可控状态。减小风险的措施是威亚设计者和使用者所采取措施的组合，在设计阶段采取的措施优于在使用阶段由使用者采取的措施，而且通常更有效。在减小风险时，应遵循以下优先顺序：

a) 本质安全设计措施；

- b) 安全防护和补充保护措施;
 - c) 使用信息。
- 4.7 通过日常检查和试运行等实施持续的监控。如存在风险可能性，应提出并采取相应的保护措施，使风险始终处于可控状态。
- 4.8 经过大修或重大设计变更或长期停用后继续使用的威亚系统，应重新进行风险评估。

5 总体技术要求

5.1 基本要求

- 5.1.1 威亚系统的设计应有完整的设计输入条件、设计说明书、工程计算书、使用维护说明书、风险评估报告及符合国家有关标准的全套施工图纸等。
- 5.1.2 露天使用的威亚系统设计，除应考虑设备自身载荷、额定载荷外，还应考虑风载荷等特殊载荷对系统及相关结构的影响。
- 5.1.3 额定载荷由使用方提出，设计方根据使用需求最终确定，以满足使用需求为原则。

5.2 安全系数

5.2.1 各零部件、结构件及其焊缝、连接件等应进行强度计算，计算载荷取特性载荷；材料的屈服应力与由特性载荷计算得到的最大工作应力的比值为安全系数，见公式（1）。安全系数 n 应满足表 1 的要求。

$$n = \sigma_s / \sigma_{max} \geq [n] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- σ_s ——材料的屈服应力，单位为兆帕(MPa)；
- σ_{max} ——设计计算最大工作应力，单位为兆帕(MPa)；
- $[n]$ ——许用安全系数（见表1）。

表1 安全系数

名 称	安全系数 $[n]$
重要的轴、销轴	≥ 3.5
重要的零部件、焊缝及连接件	≥ 3.0
一般结构件	≥ 2.5 （脆性材料 ≥ 5 ）

注1：重要的轴和销轴是指直接涉及人身和设备安全的轴和销轴，如索道运行小车、轨道运行小车、威亚吊挂小车、滑轮等的主轴，以及各类卷扬机的卷筒中心轴等。

注2：以承受扭转力为主的高合金钢轴的安全系数不宜小于5。

注3：一般构件指承载设备部件（重要的零部件、连接件除外）中，不直接涉及人身安全的轴、支撑臂、框架、轨道等构件。

- 5.2.2 根据威亚系统的特殊性，重要的轴、销轴，重要的零部件、结构件及其焊缝、连接件等宜进行强度复核，计算载荷取失效载荷，材料的屈服应力与由失效载荷计算得到的系统最大应力的比值不宜小于 2。
- 5.2.3 进行疲劳强度分析时，钢结构构件及其连接的疲劳计算应符合 GB 50017 中关于疲劳强度计算的规定；轴的许用疲劳强度安全系数应符合表 2 的要求。

表2 轴的许用疲劳强度安全系数

条 件	许用安全系数	
材料的力学性能符合标准规定(或有实验数据), 加工质量能满足设计要求	载荷确定精确, 应力计算准确	1.3~1.5
	载荷确定不够精确, 应力计算较近似	1.5~1.8
	载荷确定不精确, 应力计算较粗略或轴径大于 200mm	1.8~2.5
	脆性材料制造的轴	2.5~3

5.3 速度与加速度

5.3.1 速度允许值：水平索道运行小车速度一般不宜超过 5m/s，水平轨道运行小车速度一般不宜超过 8m/s，威亚吊挂小车升降速度一般不宜超过 5m/s，三维多绳柔索系统复合运动最大速度一般不宜超过 8m/s。

5.3.2 加速度允许值：宜参照 GB 8408—2018 中 6.3.2 执行。

5.3.3 运行速度应结合演出需求和实际条件确定，应保证最大运行速度有足够加/减速的距离，应评估在正常运行和故障时由于加/减速时的动态作用力对演员或设备产生的风险。

5.4 材料

5.4.1 材料的选用应根据相关结构的重要性、结构形式、连接方法、制造工艺、载荷特征、应力状态和工作环境等因素综合考虑。

5.4.2 重要的机械零件所用的金属材料，其力学性能、热处理性能、焊接性能等均应满足工况等要求。

5.4.3 承载构件应采用不燃材料。如果风险评估表明使用合成或天然纤维绳或其他新型材料承载是可接受的，则可用其承载。

5.4.4 威亚系统的结构件不应使用沸腾钢，重要的零部件、结构件不应使用 A 等级钢，宜采用力学性能不低于 GB/T 700 中的 Q235-B 钢和 GB/T 699 中的 20 钢材。

5.5 连接和紧固

5.5.1 紧固件应符合 GB/T 3098（所有部分）及其他相关标准的规定。主要承载件宜采用 6.8、8.8、10.9 级螺栓连接，需要热镀锌的螺栓不宜超过 8.8 级。

5.5.2 盐蚀、近水、水中的环境，碳钢结构的普通螺栓连接件应采用热镀锌，不锈钢结构应采用不锈钢螺栓连接。

5.5.3 进行螺栓连接受力分析和强度计算时，计算载荷应取特性载荷。

5.5.4 6.8、8.8、10.9 级螺栓预紧力和拧紧力矩应按照 GB 8408—2018 附录 C 的规定执行。

5.5.5 紧固件应采取有效的防松措施，防松形式应根据不同工况合理选用。对于运动部件和重要部件安装调试完成后，应对紧固件加注防松标记。

5.6 焊接与探伤

5.6.1 重要零部件的受力焊缝应在设计图样上明确焊接形式、焊缝质量等级，并提出无损检测要求，明确检测方法、检测数量要求和合格级别。无损检测的方法应根据焊接接头的形式合理确定。

5.6.2 索道运行小车、轨道运行小车、威亚吊挂小车的车轮轴、滑轮轴、车架结构焊缝应进行 100%磁粉或渗透探伤；直径大于 30mm 的车轮轴、滑轮轴应进行 100%超声波探伤。

5.6.3 采用磁粉或渗透探伤时，探伤方法及其质量评定应按照 JB/T 4730.4 和 JB/T 4730.5 的有关规定执行，检验质量等级不低于 III 级；采用超声波探伤时，探伤方法及质量评定应按照 GB/T 4162 中有关规定执行，检验质量等级不低于 A 级。

5.7 钢丝绳(或合成绳)及其附件

5.7.1 钢丝绳宜选用符合 GB/T 8918、GB/T 20118 规定的无油镀锌钢丝绳、符合 GB/T 9944 规定的不锈钢钢丝绳，钢丝绳应有试验报告及产品检验合格证书。

5.7.2 钢丝绳的公称抗拉强度一般不应低于 1570MPa，不宜高于 1960MPa。

5.7.3 威亚垂直提升钢丝绳（或合成绳）的安全系数不应小于 12；轨道式威亚水平牵引钢丝绳（或合成绳）的安全系数不应小于 6，索道式威亚水平牵引钢丝绳（或合成绳）的安全系数不应小于 10；三维多绳柔索系统钢丝绳（或合成绳）的安全系数不应小于 10；横担下部挂绳的安全系数不应小于 12。

按安全系数选择钢丝绳（或合成绳）直径，所选钢丝绳（或合成绳）的破断拉力应满足公式（2）要求：

$$F_0 \geq S \times n \dots\dots\dots (2)$$

F_0 ——所选用钢丝绳（或合成绳）的破断拉力，单位为牛顿（N）；

S ——由系统载荷计算出的钢丝绳（或合成绳）的最大拉力，单位为牛顿（N）；

n ——钢丝绳（或合成绳）安全系数。

5.7.4 钢丝绳应选用与钢丝绳直径相匹配的合金浇注锥形接头、钢丝绳编织接头、楔形接头、铝合金压制接头、钢丝绳夹、套环、锁具螺旋扣等固定。钢丝绳端部固定连接按照 WH/T 28—2007 中 3.3.6 执行。合成绳接头型式由厂家确定，但应保证至少保留合成绳 80% 的破断拉力。

5.7.5 用于水平牵引的钢丝绳宜设置张紧机构，确保其始终处于张紧状态。

5.7.6 除单点吊机外，用于垂直提升的钢丝绳应设有调节长度的装置，能方便、快速地进行调节。调节装置在调节后不应自行松动。

5.7.7 威亚系统宜选用结构形式为 18×7 的阻旋转钢丝绳，以及 6×19 、 6×37 的线接触钢丝绳。

5.7.8 合成绳的使用应避免尖角、锐边和毛刺等可能对合成绳造成损伤的情况。

5.7.9 使用螺旋扣时应选用符合 CB/T 3818 的索具螺旋扣，同时应将锁紧螺母锁紧。

5.7.10 钢丝绳应按 GB/T 5972—2016 的规定进行保养、维护、检验和报废。

注：本条所述钢丝绳是指威亚系统中除主索以外的钢丝绳，如垂直提升钢丝绳、水平牵引钢丝绳等。

5.8 滑轮

5.8.1 钢丝绳转向滑轮的节圆直径不应小于钢丝绳直径的 20 倍。合成绳转向滑轮的节圆直径不应小于合成绳直径的 10 倍，可适当加大开口角度，提高绳槽粗糙度且边角应经过倒圆/倒棱处理。

5.8.2 滑轮应设置防跳槽保护装置。如果钢丝绳（或合成绳）的包角超过 100° ，则应在滑轮的出绳处和入绳处均设置防跳槽保护装置。

5.8.3 当钢丝绳（或合成绳）直径不大于 6mm 时，滑轮防跳槽间隙不应大于钢丝绳（或合成绳）直径的 50%；当钢丝绳（或合成绳）直径大于 6mm 时，滑轮防跳槽间隙不应大于钢丝绳（或合成绳）直径的 30%。

5.8.4 根据用途、载荷、速度等条件，滑轮通常采用钢、优质铸钢、优质铸铁、高强铸造尼龙以及其他合适的工程塑料制造；在使用环境可能低于 -10°C 或有偏角的承载滑轮，宜采用钢、优质铸钢等材料制造。

5.8.5 钢丝绳（或合成绳）绕进或绕出滑轮槽时偏斜的最大角度不应超过 2° ，如图 1 所示。

5.8.6 对滑轮的其他要求应符合 WH/T 28—2007 中 3.5 和 3.6 的规定。

5.9 卷筒组件

5.9.1 电力驱动的卷筒应采用单层卷绕卷筒。单层卷绕卷筒的节圆直径不应小于钢丝绳直径的 20 倍。

5.9.2 带槽卷筒应用高质量的铸件或无缝钢管或板材弯卷焊接并经机械加工而成。绳槽的尺寸、槽距应与所用钢丝绳规格相匹配，并符合 JB/T 9006—2013 中 3.2.1 的规定。

5.9.3 钢丝绳绕进或绕出卷筒时，其偏离螺旋槽两侧的角度不应超过 2° ，如图 1 所示。推荐威亚卷筒采用自排绳机构，实现钢丝绳的“零偏角”出绳。

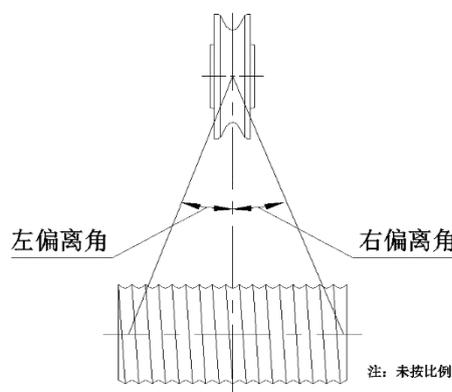


图1 偏角

5.9.4 卷筒应有合适的长度，每一根缠绕在卷筒上的钢丝绳应至少有 3 圈安全圈，在卷筒一端或另一根钢丝绳起端处至少有 1 圈绳槽的间隙；采用纤维绳的卷筒，每一根缠绕在卷筒上的纤维绳应至少有 4 圈安全圈。

5.9.5 钢丝绳尾在卷筒上的固定，可采用压板、楔块等方式，固定一定要可靠、牢固，有防松或自紧的性能。若采用压板固定，每根钢丝绳端的压板数量不应少于 3 块。

5.9.6 卷筒出现下述情况之一时，应报废：

- 影响卷筒性能的裂纹；
- 筒壁磨损达原壁厚的 20%。

5.10 电动机

5.10.1 电动机一般采用全封闭风冷交流异步电动机或伺服电动机。电动机的绝缘等级不低于 F 级，外壳防护等级不低于 IP54；室外环境下使用时，外壳防护等级不宜低于 IP56。

5.10.2 电动机工作制不应低于 S3 工作制。

5.10.3 电动机的功率因数应大于或等于国家现行标准。

5.10.4 电动机应有热保护措施。

5.11 减速器

5.11.1 减速器应选用符合国家规定的标准产品。

5.11.2 按电动机的额定功率和特性载荷产生的扭矩选择减速器，所选减速器应能承受失效载荷产生的扭矩和轴端径向载荷的冲击。

5.11.3 减速器不应视为载荷保持装置。

5.12 制动器

5.12.1 应采用失电制动器。

5.12.2 由于威亚系统通常参与表演，宜选用低噪声制动器。

5.12.3 除轨道式威亚系统中水平驱动可以采用一套制动器（单制动）外，其余驱动系统中均应采用两套各自独立控制的制动器（双制动）。单制动的额定制动力矩应大于 1.5 倍系统载荷产生的力矩；双制动的额定制动力矩每一个应大于 1.25 倍系统载荷产生的力矩，但不宜大于 1.5 倍系统载荷产生的力矩。

5.12.4 双制动或单制动中的每套制动器均应单独配置动作检测开关，应能够对每套制动器的有效性分别进行检测。

5.12.5 双制动器中有一个制动器是延时动作的，在计算 0 类停止时的停车距离时应予以考虑。

5.12.6 制动器的零件，出现下述情况之一时应报废：

- 影响性能的裂纹；
- 制动摩擦片厚度磨损达到原厚度的 40%，经测试低于额定制动力矩时；
- 弹簧出现塑性变形。

5.13 涂装

5.13.1 室内的钢结构及机构的表面应采取涂层法等防腐措施。

5.13.2 室外的钢结构及机构的表面均应采取涂层法、热镀锌等防腐措施，达到常规室外设施防腐标准。

5.14 预埋件与地脚螺栓

5.14.1 预埋件宜选用不低于 Q235B 的材质，需满足当地使用环境的要求。

5.14.2 预埋件应标明负载受力要求，其与地脚螺栓的结构型式、材料和尺寸应与承受的负载相匹配，应由土建结构设计方计算、复核后出具相关施工图。

5.14.3 当采用膨胀螺栓或化学锚栓作为设备基础固定方式时，除根据负荷确定合适的材料和尺寸外，还应获得土建结构设计方的核算确认。

6 威亚系统机械设计要求

6.1 索道式威亚系统主索钢丝绳

- 6.1.1 主索钢丝绳应符合 GB/T 8918 重要用途钢丝绳的要求，钢丝绳应有试验报告及产品检验合格证书。
- 6.1.2 主索应采用整根的、线接触或面接触金属芯钢丝绳，在有腐蚀环境中推荐选用镀锌钢丝绳。
- 6.1.3 主索钢丝绳规格型号推荐采用线接触或面接触钢丝绳 34×7、35W×7。
- 6.1.4 主索钢丝绳的抗拉安全系数即钢丝绳的最小破断拉力与钢丝绳最大工作拉力之比，不应小于 5。
- 6.1.5 主索钢丝绳的最大工作拉力：主索钢丝绳重力和特性载荷共同作用在钢丝绳上产生的拉力。
- 6.1.6 主索钢丝绳的挠度应在跨度的 1/20 至 1/10 之间。
- 6.1.7 主索钢丝绳端头的固定和连接按 GB 12352—2018 中 4.3 执行。若主索钢丝绳末端采用传统的套环和绳夹固定方式，应再增加一套保护装置。

6.2 索道运行小车

- 6.2.1 索道运行小车一般为单索小车，运行小车由小车车架、在主索钢丝绳上运行的车轮、用于升降绳的导向滑轮或承载滑轮等组成。
- 6.2.2 焊接结构的小车车架宜采用焊接性能良好的材料。
- 6.2.3 车轮的节圆直径应为主索钢丝绳直径的 5~10 倍，槽深不应小于主索钢丝绳直径的 1.5 倍。车轮材料可选用高强铸造尼龙、优质碳素结构钢或合金结构钢，如采用钢制车轮应经过调质处理。
- 6.2.4 同一小车上前后两组车轮的中心距不宜小于 600mm，结构设计时应采取可靠措施确保车轮与主索钢丝绳不脱绳、不卡绳。
- 6.2.5 用于升降绳的导向滑轮或承载滑轮，均应有可靠措施确保钢丝绳不脱离滑轮，不卡入滑轮与车架之间的侧隙。
- 6.2.6 同一小车上前后两组导向滑轮或承载滑轮的间距不宜小于 1000mm，宜采用具有摆动功能的滑轮组。

6.3 固定轨道

- 6.3.1 轨道可采用 H 型钢、方管、工字钢、箱型梁、组合型材等，轨道在最大载荷下的挠度不应超过其跨度的 1/750，轨道直线度不大于 1mm/m，全长直线度不大于 5mm，轨道面高差不大于 0.5mm。
- 6.3.2 轨道与结构之间宜采用螺栓连接，便于调整位置精度并能可靠锁定。
- 6.3.3 轨道对接处宜采用斜口对接，斜口角度宜在 30°~45° 之间。
- 6.3.4 轨道两端应安装与轨道运行小车对应的缓冲装置。

6.4 轨道运行小车

- 6.4.1 轨道运行小车分单轨和双轨小车，由小车车架、在轨道上运行的承载车轮和水平导轮、用于升降绳的导向滑轮或承载滑轮等组成。
- 6.4.2 焊接结构的小车车架宜采用焊接性能良好的材料。
- 6.4.3 承载车轮宜采用聚氨酯轮、尼龙轮等。
- 6.4.4 同一小车上前后两组承载车轮之间的间距不宜小于 600mm。
- 6.4.5 用于升降绳的导向滑轮或承载滑轮，均应有可靠措施确保钢丝绳不脱离滑轮，不卡入滑轮与车架之间的侧隙。
- 6.4.6 同一小车上前后两组导向滑轮或承载滚轮的间距不宜小于 800mm，宜采用具有摆动功能的滑轮组。
- 6.4.7 自驱动的轨道运行小车的两端应安装防撞检测装置和缓冲装置，检测距离不小于 500mm。

6.5 威亚吊挂小车

- 6.5.1 威亚吊挂小车由小车支架、滑轮组、吊钩或吊环或吊装用轴、弯弓等组成。
- 6.5.2 焊接结构的小车车架宜采用焊接性能良好的材料。
- 6.5.3 宜采用双滑轮的吊挂小车，滑轮组的间距不宜小于 600mm。

- 6.5.4 应有可靠措施确保钢丝绳不脱离滑轮，不卡入滑轮与车架之间的侧隙。
- 6.5.5 吊钩、吊环、吊装用轴等与弯弓之间应采用活动连接方式，确保在任何受力状况下连接牢靠、受力合理。
- 6.5.6 威亚吊挂小车的重量设计应保证威亚在无载荷时仍能正常工作。

6.6 垂直升降卷扬机

- 6.6.1 垂直升降卷扬机应使用两个独立的制动器，推荐一个设置于电动机转轴上，另一个设置于卷筒转轴上。
- 6.6.2 制动器与电动机电源应联锁、受控，制动器只能在电动机电源接通时才能松开。
- 6.6.3 卷扬机根据用户要求可配有辅助传动装置，辅助传动装置可经手动结合，并在低速情况下驱动设备。手动操作离合器应与电气传动装置联锁，以防在手动操作时电气传动装置通电操作。辅助传动装置应能在设备旁就地操作。电动辅助传动装置的速度宜在额定(或最高)速度的10%~25%之间。
- 6.6.4 驱动同一卷扬机的主副电动机应具备同等接口性能，可在主控台上直接切换控制，但两台电动机互锁，不应同时工作。
- 6.6.5 卷扬机宜设有压绳装置，防止松绳、乱绳。
- 6.6.6 卷扬机宜设有自排绳机构。
- 6.6.7 卷扬机应配有正常限位开关、极限限位开关、速度检测、位置检测、松绳检测、乱绳检测、过载检测等保护装置。

6.7 水平牵引卷扬机

- 6.7.1 除轨道式威亚系统中水平牵引卷扬机可以采用一套制动器外，其他水平牵引卷扬机应使用两个独立的制动器，两个制动器可以均装在电动机转轴上，也可一个位于电动机转轴上，另一个位于卷筒转轴上。
- 6.7.2 水平牵引卷扬机其他要求同垂直升降卷扬机。

6.8 三维多绳索系统

- 6.8.1 索索系统的最小垂度一般取为跨度的5%~15%。
- 6.8.2 卷扬机应设置载荷传感器，确保卷扬机受力能被准确测量和控制。
- 6.8.3 滑轮与滑轮支座之间应有可靠的措施，以保证钢丝绳不卡入滑轮与支座之间的侧隙。
- 6.8.4 挂点滑轮组宜采用具有摆动功能的滑轮组。
- 6.8.5 在核算绳索安全系数时，应考虑多根绳索在不同工况下受力的不均衡性。
- 6.8.6 除上述要求之外，其他要求同垂直升降卷扬机。

7 电气设备和控制系统

7.1 概述

- 7.1.1 本文件中“电气”一词包含电气、电子和可编程序电子三方面，“电气设备”是指电气设备、电子设备和可编程序电子系统。
- 7.1.2 本文件所涵盖的电气设备从威亚系统自身配电柜的电源输入点开始。在进行连接之前，应验证输入电源的适用性。

7.2 总体要求

- 7.2.1 根据 GB/T 20438—2017 和/或 GB/T 16855.1—2018 和/或 GB 28526—2012 的要求设计电气设备及控制系统，采取安全措施，使其具有适当的安全等级（SIL）或性能等级（PL）。
- 7.2.2 电气安全措施应包括从设计阶段到使用阶段的全过程措施。
- 7.2.3 应遵守 GB/T 5226.32—2017 的要求。

7.3 基本要求

7.3.1 对于要在高于 1000m 海拔地区使用的设备，除应符合 GB/T 5226.1—2019 的 4.4.5 之外，还应根据电气设备及部件生产商的说明进行降额设计和/或降额使用。

7.3.2 为避免共性失效，宜采用相异性设计。

7.3.3 电线电缆应使用低烟无卤阻燃型。

7.4 引入电源

7.4.1 威亚电气设备及系统宜至少采用双电源供电或宜至少为二级负荷，并应采用 TN-S 系统。

7.4.2 应提供将设备与电源断开的装置。断开电源连接的方法不应威亚产生危险。断开装置应能锁定在断开的位置。

7.5 电击的防护

7.5.1 应符合 GB/T 16895.17—2019、GB/T 16895.21—2019、GB/T 17045—2020 的要求，应有直接接触防护和间接接触防护的措施。

7.5.2 在游泳池、喷泉、戏水池、游乐水域、其他水池及上述水域的周围区域等范围内的威亚电气设备，应符合 GB/T 16895.19—2017 的要求。

7.6 电气设备的保护

7.6.1 应使用过电流保护器件按照电路分级分别对电路进行过电流保护。

7.6.2 正常运行中可能达到异常温度而导致危险情况的制动电阻、电动机及其他电气设备、电路应提供恰当的检测，并引发适当的控制响应。

7.6.3 应采用速度检测器件进行电动机的速度检测并进行超速保护，如编码器、离心式开关、旋转变压器等。

7.6.4 应有接地故障/剩余电流的保护。

7.6.5 应设置相序检测保护装置。

7.6.6 室外安装的威亚高空塔架及索道、轨道等导电物应按照有关标准设置避雷装置，应对电气设备提供雷电和开关浪涌引起的过电压的保护。

7.6.7 应使用欠压保护器件对电气设备进行失压、欠电压保护。

7.7 等电位联结

机械的钢结构、电气设备外露导电部位应进行等电位联结。不应将开关器件接入保护联结电路。

7.8 控制电路和控制功能

7.8.1 控制电路

7.8.1.1 控制电路电源通常应为安全电压，宜为直流 24V。如果使用交流电供电，应使用隔离变压器。GB/T 16895.19—2017 所界定区域内移动使用的电气设备和控制电路的电源应使用双绝缘、带隔离的特低安全电压电源装置，并设置在 GB/T 16895.19—2017 规定的区域内。

7.8.1.2 控制系统应配置满足其运行 30min 及救援时释放制动器所需的独立的 UPS。其电池容量和放电率满足需求。

7.8.2 控制功能

7.8.2.1 启动和停止

启动或停止功能不应造成演员的伤害，或使其处于危险的境地，例如不应超过演员所能承受的加/减速度。

7.8.2.2 控制装置

7.8.2.2.1 应通过控制装置来启动和停止所有的电动运动。

7.8.2.2.2 控制装置应防止无意的动作（例如通过防护罩或闭锁装置）。

7.8.2.2.3 应使用带安全开关/按钮（Dead-man Switch /Button）功能的操纵杆或带此功能的按钮与运行按钮组合的硬件运行设备。不应在控制台（控制站）用鼠标或触摸屏点击图形按钮的方式运行和停止设备，不应使用启动和停止兼用的控制方式。

7.8.2.2.4 只有在保持使能装置被激活后，才可进行操纵杆控制。如果操纵杆在激活使能装置之前离开空挡位置，则在操纵杆返回到空挡位置之前，不应启动任何运动。

7.8.2.2.5 控制装置的设置应使操作者或操作人员能够从操作位置安全地监视操作区域，否则应在设备移动过程中提供监控手段，监控手段包括但不限于视频监控，也可使用使能装置，具体方法应由风险评估确定。当使用视频监控装置代替直接视线的监控时，应提供辅助手段来停止或禁用系统。辅助手段的位置和类型应根据风险评估确定。

7.8.2.2.6 控制装置针对所有运动应指示运动的方向。同时启动多台机器相反运动，系统应有指示功能。

7.8.2.2.7 当访问和重置系统时，控制站应指示系统处于就绪状态。

7.8.2.2.8 如果主操作站故障会对飞行演员造成危害，则应提供辅助操作系统。辅助系统的运行不应损害主安全功能，除非其可以确保飞行演员的安全。

7.8.2.2.9 当一个系统有多个控制站时，联锁（硬件或软件）应防止由多个控制装置同时控制同一个轴或轴组。

7.8.2.2.10 如有可能，尽量不采用无线控制。若不得不采用无线控制时，则应符合 GB/T 5226.32—2017 中 9.2.7 的要求，并宜采用在线冗余技术。

7.8.2.3 急停

7.8.2.3.1 应具有紧急停止功能。紧急停止系统的设计应符合 GB 16754—2008 的要求。

7.8.2.3.2 紧急停止系统为设备执行 0 类或 1 类停止，停止类别的选择应基于风险评估和风险降低以及威亚的功能需求，即考虑对演员、机械和支撑结构的影响以及设备的功能需求。

7.8.2.3.3 每个控制站都应配备紧急停止装置。急停站（只包含急停按钮的站）的必要性、位置和数量应通过风险评估确定。

7.8.2.3.4 应根据风险评估的结果确定附加的紧急停止。附加的紧急停止应停止受影响区域内的所有设备的运动。

7.8.2.3.5 紧急停止系统应在每个紧急停止装置的信号中包含冗余信号。

7.8.2.3.6 紧急停止系统的设计应保证单个部件或部件组的任何单一故障都不会使系统进入不安全状态。

7.8.2.3.7 紧急停止启动时所产生的故障状态，只有通过操作员采取单独的唯一动作重置紧急停止装置才能复位。

7.8.2.3.8 如果控制台和电动机控制器或安全装置之间的控制信号丢失，系统应激活紧急停止。

7.8.2.4 控制系统

7.8.2.4.1 控制系统应能增加本地停止开关、联锁和/或使能开关。

7.8.2.4.2 控制系统除正常的控制模式外，应有就地控制和/或维修控制模式。就地控制和/或维修控制模式应为“保持—运转”的控制，或是与双位置使能装置一起使用的控制，该模式具有最高的优先控制级别。每种工作方式都应执行有关的安全功能和/或安全防护措施，采取适当的措施防止未授权和/或无意的选择，例如采用钥匙开关、密码等，并应显示所处的工作模式。

7.8.2.4.3 对控制系统进行保护，防止未经授权的使用。

7.8.2.4.4 控制系统的故障或通信错误不应干扰安全系统的正常运行。

7.8.2.4.5 应在控制器的设置中限制威亚系统的最大运行速度和加速度。

7.8.2.4.6 对系统关键设置的访问，应具备安全手段限制，如通过用户权限的分级。控制系统的关键设置包括但不限于：

- 软限位；
- 最高速度；

- 加速度/减速度限值；
- 转矩/电流限值。

7.8.2.4.7 控制系统针对设备每个运行方向应具有用户可设定的软限位，该限位应防止在行驶方向上的进一步移动。当软限位激活时，应允许反向移动，软限位在装台、排练和演出操作模式下均应起作用。

7.8.2.4.8 控制系统中每个轴应有位置和速度的闭环控制（检测和反馈），控制系统应将速度、位置或两者的设定值（目标值）与其实际值进行比较，如果差异超过公差值，则故障，应报警并停机。

7.8.2.5 编组

7.8.2.5.1 将多台设备组成一组设备由操作者一起控制时，组对于错误情况的动作将取决于组操作的类型。有三种可能的编组操作：

- a) 编组异步自由运行：在这种模式下，当达到运行限位或激活相关安全装置时，相应的设备应停止运行。
- b) 编组异步关联运行：在这种模式下，当相关安全装置激活时，整组设备停止。
- c) 设备组同步运行：指编组中所有设备协同运行（行程或时间同步运行），并且需要监控。当相关安全装置被激活或超过同步公差时，应停止组工作。当一个安全装置被激活时，即使在失效事件中也不能超过允许的组同步公差。例如当两个或两个以上的执行机构用来完成一个独特的飞行效果，而其中一个执行机构的故障使飞行演员有可能受到伤害时，这些执行机构应由控制系统链接起来，以便任何故障都应停止该独特的飞行效果的所有执行机构的运动。

7.8.2.5.2 系统应识别是哪台设备造成了错误情况。

7.8.2.5.3 当几组设备和/或几台单体设备同时运行且由一套控制装置控制时，各种组合/设备的运行模式应仍然可以使用。

7.8.3 电气、电子、可编程电子与安全相关的系统

7.8.3.1 与安全相关的信号应由安全型的器件、装置、协议、线路、处理器进行采集、传输和处理。

7.8.3.2 电气、电子、可编程电子系统（E/E/PES）执行的安全功能应包括但不限于：

- 停机功能；
- 急停功能；
- 启动功能；
- 限速；
- 超载和欠载；
- 限位；
- 速度偏差；
- 偏离指定的轨迹；
- 超程；
- 报警功能；
- 抑制或临时暂停功能；
- 组同步和监控功能。

7.8.3.3 当 E/E/PES 系统用于实现控制系统内的安全功能（或将来可能影响安全的功能）时，应根据 GB 28526—2012 和 GB/T 20438—2017 系列标准确定每项安全功能的 SIL 等级。对于简单系统中的安全级别，可以按照 GB/T 16855.1—2018 和 GB/T 16855.2—2015 确定其性能等级。

7.8.4 联锁保护

7.8.4.1 联锁装置应允许用作安全功能。当用于安全功能时，联锁装置的激活应防止运动或应激活停机功能。

7.8.4.2 联锁装置应显示其状态。

7.8.4.3 危险区的防护措施应为联锁，防止或者制止危险的运动。

7.8.5 故障情况下的控制功能

7.8.5.1 安全装置

7.8.5.1.1 正常限位开关（初始限位开关）应防止在行程方向上的进一步移动。当正常限位开关激活时，应允许反向移动。

7.8.5.1.2 应提供可以临时软件屏蔽或者电气桥接正常限位开关的功能，以便机械和电气测试极限限位开关。

7.8.5.1.3 极限限位开关应为速动型且肯定断开型的机械限位开关。

7.8.5.1.4 极限限位开关的启动应触发 0 类停车。

7.8.5.1.5 在达到极限限位后，应限制设备在任何方向上的进一步操作。极限限位激活后应要旁通后才能继续运行。

7.8.5.1.6 对于大惯量和/或高速运行的设备可以在正常限位开关之前设置减速开关或传感器。

7.8.5.1.7 相关限位的位置如图 2 所示。

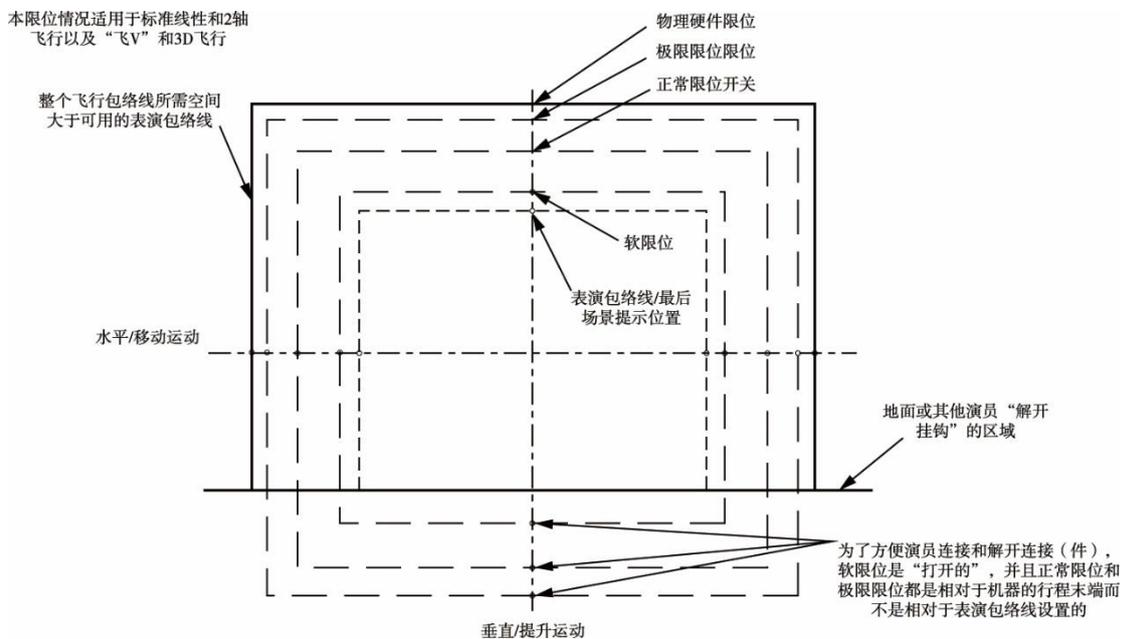


图2 相关限位的位置

7.8.5.1.8 当载荷超过额定载荷的 1.2 倍时，应停止威亚机械运动，设备不应在超载的情况下运动。当威亚设备因超载停机时，系统应允许操作者将设备朝一个降低或减少载荷的方向运动。

7.8.5.1.9 应有欠载或松弛状态保护功能，在欠载或松绳的情况下则应停止运动。当欠载或松绳而停机时，系统应允许操作者将设备朝消除欠载或松绳的方向移动。

7.8.5.1.10 载荷曲线监测可以作为控制系统的一部分，以防止意外的载荷偏差。突然的载荷偏差可能导致其他手段无法控制的严重情况时，控制系统应提供检测意外载荷偏差的手段，并在此情况下停止受影响的轴。

7.8.5.1.11 应有乱绳、松绳检测控制功能，此类信号触发时，应停止运动。

7.8.5.1.12 机械装置的调速功能应能自动识别不允许的速度偏差。

7.8.5.1.13 如果出现超过设备最大允许运行速度的 1.2 倍的情况，应启动 0 类停止。

7.8.5.1.14 启动 0 类停止的速度应考虑控制系统和制动器驱动的延迟。

7.8.5.1.15 如果有必要对动力传动装置的完整性进行监控，则应有在传动装置完整性受到威胁时报警和停机的功能。例如，传动链或同步齿形带等松弛或断裂的检测控制。

7.8.5.2 冗余技术

7.8.5.2.1 如果一个单通道系统不能满足所需的安全等级，则应在安全装置中为开关装置（如接触器、继电器）设计冗余度，并对这些装置分别进行监控。如果安全电路中的任何接触器、继电器、中间继电器的故障可能使安全功能失效，对于此类电器也要提供冗余。

7.8.5.2.2 电动机控制应包括一个单独的、在急停状态下切断电动机电源的接触器。该急停接触器应与运行方向接触器或电动机驱动装置串联或集成，以确保在运行方向接触器或电动机驱动装置发生故障时，停止功能具有冗余性。

7.8.5.2.3 为避免共性失效，宜采用相异性设计。

8 安全防护和其他保护措施

8.1 安全防护措施

8.1.1 检测措施

8.1.1.1 卷扬机应设置两个独立的速度检测装置和位置检测装置，速度检测装置应安装在电动机轴上。

8.1.1.2 卷扬机应设置载荷检测装置，当载荷超过额定载荷的 1.2 倍时，设备应立即停止运行。

8.1.1.3 卷扬机应设置乱绳检测装置，当检测到卷筒上有乱绳现象时，设备应立即停止运行。

8.1.1.4 在威亚系统的所有驱动绳上均应设置松绳检测装置，松绳检测设置在卷扬机或其他适当并有效的位置，当检测到驱动绳有松绳现象时，设备应立即停止运行。

8.1.1.5 卷扬机应设置上升及下降限位开关。

8.1.1.6 卷扬机应设置极限限位开关。极限限位开关动作时应保证该设备的供电电源能够被切断，且留有适当的安全距离。

8.1.2 制动装置

制动装置应具有手动释放和/或另外的电动释放功能。

8.1.3 防碰撞及缓冲装置

8.1.3.1 威亚系统的轨道或承重索的端头应配置末端挡板或缓冲装置，末端挡板或缓冲装置应能承受全速全负载的冲击。

8.1.3.2 在同一轨道上有两台以上（含两台）小车时，应设置防止小车相互碰撞的检测装置和/或相应的缓冲装置。

8.1.4 防脱轨措施

在轨道式和索道式威亚系统中，若条件允许，则应尽可能对移动小车设置脱轨防护保险措施。

8.1.5 维修开关

威亚系统应设置专门的维修开关，防止设备在维修维护时的意外启动而造成的危险。

8.1.6 急停开关

威亚系统应设置急停系统，在操作台或监控人员易到达的地方设置紧急停止按钮，按钮应采用凸起手动复位式，不应由于按动紧急停止按钮而造成进一步的危险。

8.1.7 可燃元件的保险措施

在威亚系统负载路径上的零部件应采用不易燃材料制造。如果可燃元件不能被替代，则应在设计时有相应的保险措施，该措施能确保它的破坏不会导致承载件、载荷接受装置及其载荷（人或道具）掉落才允许使用。

8.2 其他保护措施

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 威亚不应被用在设计以外的用途。

8.2.1.2 威亚飞行演员在表演过程中可能产生的意外动作不应导致不可容许风险的产生。

8.2.2 钢丝绳防缠绕

当同一轨道或索道上有多辆小车时，要有钢丝绳互相缠绕的预防措施。

8.2.3 入水零部件的要求

入水表演的绳索应有电气隔离措施。

8.2.4 控制机房和控制室的消防要求

控制机房和控制室不应采用以水为灭火介质的消防形式。

8.2.5 检修平台、检修空间

8.2.5.1 在主索两端固定处、轨道端头应预留检修空间和设置检修平台。

8.2.5.2 在轨道式威亚中，若轨道运行小车行走采用滑触线供电的自行走形式，宜设置可到达轨道每个地方的可移动检修小车平台。

8.2.6 平衡重装置

8.2.6.1 平衡重的安装应牢固可靠，使其在停位点发生剧烈冲击的情况下不会有倾翻、脱出可能。柔性悬吊的平衡重应有可靠的导向装置，保证其平稳运行。

8.2.6.2 平衡重宜设置在其下方无人员通过的位置，其周边应设置防护网。如其下方有人员通道时，下部应设置托架以防止平衡重跌落时造成伤害。

8.2.7 防护栏杆和防护网

8.2.7.1 威亚表演接驳码头、检修平台、平衡重等危险区域应设置防护栏杆。

8.2.7.2 平衡重使用的防护网高度不应小于 2.3m。

8.2.7.3 防护栏杆和防护栏杆处的防护门应向危险区的异侧开启。

8.2.7.4 防护网、防护门和防护栏杆与危险区的距离应满足 GB 12265.1—1997 和 GB 12265.2—2000 的要求。

8.2.8 安全距离

8.2.8.1 威亚演员和道具应与周边的物体有足够的安全距离，演员和道具不应由于摆动而产生与周边物体的干涉甚至碰撞，还应同时考虑风力等因素对摆动幅度的影响。

8.2.8.2 若在同一区域有两台（含两台）以上威亚时，则各威亚之间应保证有足够的安全距离，避免在正常状况或有风力等其他因素影响下的相互干涉和碰撞。

8.2.8.3 在承重索和轨道的端头应预留足够的超程距离，超程距离的确定应保证设备在额定载荷、额定速度下安全停止的需要，可使用适当的缓冲元件减少超程距离。

8.2.9 环境影响安全要求

8.2.9.1 设计时应充分考虑威亚系统安装和使用的环境（如天气暴露、腐蚀性材料、紫外线辐射、湿度、盐性空气等）对设备使用寿命的影响。

8.2.9.2 室外威亚系统应根据有关标准采取必要的避雷措施。

8.2.9.3 设置在室外的威亚系统应装设相应的风速仪，风速超过 10m/s 时不宜使用。

8.2.10 使用信息

8.2.10.1 一般要求

铭牌、警告标志、标记和识别牌应经久耐用，经得住复杂的实际环境影响。

8.2.10.2 设备铭牌

每台设备应在明显位置装设永久性的铭牌。铭牌应标明设备名称、设备编号、主要技术参数和性能、制造厂及制造日期等内容。

8.2.10.3 警示标志

8.2.10.3.1 在威亚设备、演员和道具可能触及的区域应设置警示标志。

8.2.10.3.2 对于无自闭功能的防护门，应有类似“过后关门”的提示信息，确保其防护功能有效。

8.2.10.4 载荷标牌

每种类型的威亚设备应安装标有额定载荷的标牌，其应设在易于被使用人员辨认的位置。

8.2.10.5 指示信号

若在威亚系统操作过程中有需要，在不影响观演效果的情况下，可设置必要适当的信号指示灯和可以关闭的蜂鸣器。

8.3 紧急救援措施

8.3.1 威亚系统的设计应包括一个书面救援计划和救援系统，救援系统应由合格的人员进行设计，救援计划和系统本身应是安全的，必要时应进行风险分析和评估。

8.3.2 整体的救援系统应包括整个飞行路线上的安全救援，并在断电时能保持可运行。

8.3.3 救援计划和系统应尽量减少救援时间，以降低对演员的风险。

8.3.4 救援计划应包括救援时的通信计划，包括可随时提供紧急医疗人员的联系信息和可能需求的其他额外救援人员。

8.3.5 如果威亚设备本身用于救援，应将设备与演出程序分离后在安全条件下进行操作，或在保证安全的情况下，可使用手动的方式来操作设备。

8.3.6 若威亚飞行演员必须在靠近观众区的地方进行下降救援，则救援计划中应包括保护观众、清理降落区域、保护飞行演员远离观众或疏散观众的安排。

9 制造要求

9.1 一般要求

9.1.1 制造厂应具备健全的质量管理体系，应明确规定从原材料、外购件、外协件进厂，到机加工、焊接、装配直至出厂检验各个环节的质量管理要求。

9.1.2 制造厂一般应具备同类产品的生产经验，对所获得的正式产品设计图样和技术文件按规定程序批准生产，按照图纸要求制定合理的工艺规程，加工制造工艺文件应完整，符合 GB/T 24738—2009 机械制造工艺文件的完整性要求。

9.1.3 产品制造应严格按照设计图样要求进行，设计图样和技术文件不应任意修改，如有异议应履行相应手续，修改应取得原设计者（单位）同意，修改内容应记录存档。

9.2 原材料、外购件和外协件要求

9.2.1 制造厂应采用全新的、符合设计文件要求的原材料、外购件、外协件进行加工、制造和组装等。不应使用有缺陷的或低等级的原材料和零部件等。

9.2.2 原材料进厂时应有材质合格证明文件，必要时应取样复检。

9.2.3 原材料和元器件代用应按规定履行审批手续。对于重要零部件材料原则上不允许代用，代用时

只允许以高代低并履行审批手续。

9.2.4 外购件、外协件均应有生产厂家合格证和有关质量验收证明文件，并按设计规定进行入厂复验，应经工厂检验部门的检查，质量、尺寸、性能应符合图样要求，检查合格才能投入生产装配。

9.3 重要零件加工要求

9.3.1 机加工件的尺寸及其偏差、表面粗糙度、形位公差等精度应严格按设计图纸要求检测并形成检测文件记录，机加工件应装配成部件或经装配检测合格后才允许出厂。

9.3.2 重要的轴和销轴应进行调质处理，硬度应符合 GB/T 699 和 GB/T 3077 的规定。

9.4 结构件制造要求

9.4.1 结构件制造时，要重点对设备使用的材料和设备的关键尺寸进行复查确认。

9.4.2 主要承载结构严格按照设计要求进行制作，尽量降低制造过程中产生的附加应力，并按规定工艺消除附加应力。

9.4.3 主要承载结构件在不同连接处允许采用不同连接方式，但同一连接处不允许将不同的连接方式混合使用，所有连接应牢固。

9.4.4 对于需要在使用现场整段用螺栓拼接的大型承载构件，严格按图纸要求执行；结构单元的划分，除应考虑其受力条件外，还应注意经济合理、便于运输、堆放、起重吊装和易于拼装等。

9.4.5 露天工作的结构应避免积水。

9.5 焊接要求

9.5.1 焊接工作由考试合格的焊工担任。持证焊工应在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

9.5.2 焊接所选用的焊接材料应与其被焊接主体金属力学性能相适应。

9.5.3 焊接接头及坡口形式与尺寸应符合 GB/T 985.1—2008 和 GB/T 985.2—2008 的要求。

9.5.4 焊接质量要求应符合 GB/T 12467.1~5—2009 的规定。

9.5.5 重要承力件焊接后应消除应力。

9.6 出厂检验与包装要求

9.6.1 每台产品出厂前，应根据设计图样和技术文件，并按有关标准要求进行检验，检验合格后方可出厂。卷扬机及其他重要设备应按要求进行工厂运转实验和工厂验收测试。产品出厂时，应向用户提供产品合格证、产品使用维护说明书及有关图样、必要的备品备件和专用工具等。

9.6.2 产品及其零部件的包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定；产品的运输应符合公路、铁路、航运等有关的限制性要求。

10 安装调试要求

10.1 一般要求

10.1.1 资质要求

10.1.1.1 安装单位应具有与其所承担的安装工作相适应的合规的安装资质。

10.1.1.2 安装人员应为合格的、有相应资质的人员，特种作业人员应持证上岗。

10.1.2 质量要求

安装质量应符合国家有关机械、电气安装标准和规范，以及招标文件及合同中规定的标准。

10.1.3 进场检验

10.1.3.1 在进行现场安装之前，货物应进场检验，并符合合同和有关要求；只有通过了进场检验的货物才能用于安装。

10.1.3.2 根据进场货物的数量和重要程度情况，进场检验可以是抽检，也可以是 100%全检。

10.1.4 安装要求

10.1.4.1 安装单位应按照设计要求和制造单位的要求编制《施工组织设计》，并报相关部门审核批准。《施工组织设计》应包括人员配置和组织、设备安装工艺、质量控制要求、安装设备和机具、安全文明措施和应急预案等。

10.1.4.2 应按照经审核批准的施工图纸、技术文件要求和施工组织设计进行安装，并作安装记录、安装检验报告，作为竣工资料移交。确有需要现场修改的，应提前经设计单位、监理单位、建设单位三方签字确认后方可施工。

10.1.4.3 安装完成后需对机械安装、电气安装的分部、分项、隐蔽工程以及最终整体安装工程进行检验、检查，各项安装应符合有关标准和规范。

10.1.5 调试要求

10.1.5.1 应按照经审核批准的调试大纲、调试方案进行调试，并作调试记录、自检报告，作为竣工资料移交。

10.1.5.2 按照单机调试、编组调试、系统试运行的步骤进行调试。前一步骤未完成时，不应进行下一步骤的调试工作。

10.2 设备基础要求

10.2.1 威亚系统供应商应向有资质的土建设计单位提供威亚系统基础条件图及相关配合需求，包括必要的基础地面布置、设备安装基座、地沟与预埋管、预埋件、电气接地、基础载荷图、辅助设施布置，以及对应的设备外形尺寸、设备运行安全包络线、重点预埋载荷等说明和有关要求。

10.2.2 索道式威亚系统以主索系统（包括主塔架）作为设备基础，在提供上述必要的条件外，还要提供塔架的跨距、高差、主索数量、索距、平台、通道，主索的最大允许垂度、最小离地高度以及每根主索上的小车数量、小车载荷、小车间距等。

10.2.3 威亚系统的设备基础，应按设计图样和技术文件施工，经有关单位验收合格后，方能进行设备安装。

10.2.4 地脚螺栓安装面应高于周围地面，避免积水造成腐蚀，受条件限制的应对螺栓采取有效的防腐措施。

10.2.5 不宜将卷扬机或滑轮座直接焊接到基础上，应采用过渡底板或底座，用螺栓等可靠的可拆卸方式，方便设备的调整、维修和更换。

10.3 主要设备安装要求

10.3.1 索道式威亚系统支架钢结构的安装应按照 GB 50127—2007 中 8.2“钢结构安装”的要求执行。

10.3.2 索道式威亚系统主索的安装应按照 GB 50127—2007 中 8.4“钢丝绳安装”的要求执行。

10.3.3 卷扬机和滑轮座的安装定位精度应按照 GB 50231—2009 中第 3 章“放线、就位、找平和调平”的要求执行。

10.3.4 电气设备的安装应按照 GB 50303—2015 执行。

10.4 调试与试运行要求

10.4.1 调试条件

设备调试和试运行前应具备下列条件：

- a) 设备出厂前，应进行过空载正反向试运转，并有记录；
- b) 设备及其附属装置均应全部施工完毕，施工记录及资料应齐全；
- c) 具备需要的动力、配套设施、检测仪器、安全防护设施及用具等；
- d) 根据设计要求，制订了调试大纲和试运行方案；
- e) 做好检查和记录准备。

10.4.2 调试检查

10.4.2.1 试前检查

通电运行前应进行检查，包括但不限于以下内容：

- a) 各传动件、紧固件联接部位应牢固；
- b) 润滑和密封情况应良好；
- c) 全行程范围内无障碍，且已做好安全警示和隔离。

10.4.2.2 试中检查

调试过程中应进行检查，包括但不限于以下内容：

- a) 设备的启动、换向、停机、制动和安全联锁等动作，均应正确、灵敏、可靠；
- b) 整机应运行正常，不准许有爬行和异常的振动、冲击、发热及声响；
- c) 钢丝绳在卷筒、滑轮和小车上无乱绳、绞绳、脱槽、松绳等现象；
- d) 小车运行过程中，无干涉、碰撞、翻车等现象；
- e) 吊点到达限位时，卷筒上的钢丝绳应留有足够的安全圈或空余圈；
- f) 滚动轴承端盖处温升不大于 30℃，最高温度不大于 65℃；滑动轴承进油孔处温升不大于 35℃，最高温度不大于 70℃。

10.4.2.3 试后检查

分步调试完成后应进行检查，包括但不限于以下内容：

- a) 零部件及其连接应牢固可靠，不准许有永久变形和损坏现象；
- b) 钢丝绳及其附件无磨损、扭曲、断丝、断股、损伤等现象。

10.4.3 调试内容

10.4.3.1 概述

重要调试内容包括但不限于：安全束缚装置检查，绝缘测试，电流、电压测试，接地测试，安全联锁装置，正反向启停、位移标定，限位开关调整到位，应急停车，动力电源断电，应急疏导试验。

10.4.3.2 单机调试

单机调试的要求如下：

- a) 每一台卷扬机均应进行单机调试，应在控制台上进行操作；
- b) 以单机功能与性能指标达到招标文件及合同中规定的要求为调试目标；
- c) 如有必要，应做超载和偏载试验。最大超载试验载荷为额定载荷的 1.2 倍。

10.4.3.3 编组调试

编组调试的要求如下：

- a) 编组运行的威亚系统应在单机调试合格后进行编组调试，应在控制台上进行操作；
- b) 以系统功能与性能指标达到招标文件及合同中规定的要求为调试目标。

10.4.4 试运行

10.4.4.1 应在设备调试合格后，按试运行方案进行试运行。

10.4.4.2 试运行期间不应用人做载荷试验。

10.4.4.3 试运行参数为招标文件及合同中规定要求的行程、速度、载荷及动作组合。

10.4.4.4 在最大运行参数下，系统连续无故障试运行累计时长 6h 或累计动作 80 次，可视为合格。

10.4.4.5 做好试运行记录，可作为竣工验收依据。

11 设计审查、过程监检与验收检验要求

11.1 设计审查

11.1.1 基本要求

11.1.1.1 威亚系统在安装前应经过设计文件审查，且审查结论为合格后方可进行安装。设计审查报告内容应涵盖本文件第5、第6、第7、第8和第9章规定。

11.1.1.2 设计文件至少应包括施工图、计算书、风险评估报告等内容。

11.1.1.3 施工图、计算书、风险评估报告等文件应有设计、审核、批准三级签字，签字人员应为具有与其承担的工作相适应的能力且具有相应资格的技术人员。

11.1.1.4 设计审查工作宜由具有相应服务能力的第三方机构承担。

11.1.2 施工图要求

威亚系统施工图包括但不限于以下内容：图纸目录、设计总说明（包括项目概况、采用标准、设备清单及技术规格表、材料要求、加工装配要求、工厂试验要求、涂装要求等）、工艺布置图（包括平面布置图、剖面图）、驱动机械、卷扬机构、牵引机构、承重结构、安全设施、电气和控制系统图（包括控制原理图、电气设备布置图、线缆敷设图、设备总用电量）等。

11.1.3 计算书要求

威亚系统计算书包括但不限于以下内容：驱动机械、卷扬机构、牵引机构、支撑结构、承重结构、悬吊元件、安全设施和关键连接件等的强度、刚度计算、设备功率计算、安全系数等。

11.1.4 风险评估要求

风险评估报告包括但不限于以下内容：机械安全风险、电气安全风险、操作维护风险、人员安全风险（加速度、碰撞）等评估。风险评估报告至少应有危险源识别、风险危害评价和风险降低措施等内容。

11.2 过程监检

11.2.1 设计审查报告查阅

威亚安装单位需提供审查结论为合格的设计审查报告才可以进场施工。

11.2.2 管理制度和人员核查

威亚安装单位应建立健全内部质量管理体系，具有相应能力与资格的专职质检人员，对所有施工工序实施有效管控。

11.2.3 质量证明文件审查

威亚安装单位应提供以下质量证明文件：

- 设备主要材料的质量证明书；
- 标准机电产品（电动机、减速机、制动器、联轴器等）的出厂合格证；
- 承载零部件（钢丝绳及附件、合成绳等）、威亚吊挂系统部件的检验报告或出厂合格证；
- 主要机加工件的检验合格证明和部件装配检验合格证明；
- 焊接检验合格证明，如有无损检测要求的应有无损检测报告；
- 电控柜的出厂检验报告；
- 监理人员认可的隐蔽工程检验记录、工程各阶段的自检、测试合格记录；
- 监理单位认为必要的其他资料。

11.2.4 监理单位按照本文件第10章要求进行过程监检，并出具监检报告，且监检结论为合格才可进行验收检验。

11.2.5 过程监检宜由监理服务能力范围覆盖舞台威亚的设备监理单位承担。

11.3 验收检验

11.3.1 验收检验条件

验收检验应在威亚系统试运行结束，且过程监检结论为合格后进行。

11.3.2 验收检验项目

验收检验应对资料、设备安全设施、设备性能、机械电气安全、电气系统信号传输可靠性、控制操作系统功能进行检查和测试。

11.3.3 验收检验方法

11.3.3.1 资料检查

查阅是否有设计审查合格报告及过程监检合格报告。

11.3.3.2 设备安全设施检验

11.3.3.2.1 设备安全设施检验应按照本文件第8章要求实施，其中需要测试的项目有：限位开关、极限限位开关、松绳检测装置、乱绳检测装置、安全防护装置与主机的联锁开关、维修开关、急停开关、安全距离等。

11.3.3.2.2 设备安全设施功能测试方法：

- a) 设备以100%额定速度运动三次，触发限位开关、极限限位开关、松绳检测开关、乱绳检测开关，确认开关的动作，当开关被触发，设备应停止运行。设备停止运行后，确认设备只能向减小危险的方向运动。触发极限限位开关后，设备供电电源应被切断，在恢复极限限位开关的状态前，确认设备不能运动。所有安全开关的动作在操作界面上应能准确反映其实时状态。
- b) 安全防护装置（安全栏杆等）与主机的联锁开关应按照设备联锁运动的要求测试，防护装置与主机的位置和运动关系应符合设计文件要求。
- c) 对设备进行超载保护的测试，当载荷超过额定载荷的120%时，设备不应启动并且在操作界面上应有超载报警提示。
- d) 触发维修开关，确认其他操作台无法启动设备。
- e) 设备按照额定速度和额定（有效）载荷运行，模拟紧急状况，确认紧急停止是否有效。
- f) 如设计有要求，按照设计要求测试安全距离。

11.3.3.3 设备性能测试

11.3.3.3.1 载荷测试

载荷测试内容如下：

- a) 载荷测试前，查阅设计文件，核对载荷设计输入条件及相关约定；
- b) 测试载荷为额定载荷，在额定速度下运行三次，运行轨迹应包括每个驱动机械受力最大的位置，以确认设备在测试载荷条件下的承载能力，记录电动机测试过程中最大的电流值，设备承载能力通过测量电动机运行时的电流不超过其额定电流来判定。

11.3.3.3.2 速度测试

速度测试的内容如下：

- a) 速度测试在额定载荷条件下进行三次，测试内容包括额定速度测试、调速智能测试和低速运转性能测试；
- b) 测得的设备运动速度与额定速度相比，确定误差是否在设计文件规定的允许范围内。若设计文件未作具体规定，允许偏差应小于额定速度的8%；
- c) 按设计规定的调速比进行调速性能测试，在设计调速范围内设备能够平稳运行。

11.3.3.3.3 停位精度测试(根据需要)

停位精度在额定载荷和额定速度条件下进行测试,以三次实际停位与设定停位偏差绝对值的平均值来确定,该误差应在设计规定值的范围内。

11.3.3.3.4 同步精度测试(根据需要)

在额定载荷、额定速度条件下,对速度和行程同步的设备组内任意选择两台设备设定不同行程进行三次同步精度测试,组内设备最大偏差绝对值的平均值作为同步精度误差,该误差应在设计规定值的范围内。

11.3.3.3.5 电气系统安全测试

按GB/T 5226.32—2017的第18条规定对威亚系统电气设备进行下列检查检测:

- a) 查验安装单位在安装完成后进行的TN系统试验的自检合格证明文件;
- b) 查验耐压试验的出厂测试合格证明文件;
- c) 查验安装单位在安装完成后进行的剩余电压自检合格证明文件;
- d) 对威亚设备进行电气系统的绝缘电阻测试。

11.3.3.3.6 电气系统信号传输可靠性测试

电气系统信号传输可靠性测试的要求如下:

- a) 按照GB/T 50312—2016第8.0.3规定的要求和测试方法,对控制系统中双绞线的双绞线线序、插入损耗、近端串音等性能进行测试;
- b) 按照GB/T 50312—2016第8.0.4规定的要求和测试方法,对控制系统中光纤的长度、衰减、损耗等性能进行测试;
- c) 按照GB/T 21671—2008第6.3.7规定的要求和测试方法,对控制系统局域网系统性能的系统连通性、链路传输速率、吞吐率、传输时延、丢包率等性能进行测试。

11.3.3.3.7 控制操作系统测试

测试前查阅控制操作系统出厂前测试报告。测试的主要项目包括:

- a) 操作模式类型(远程、就地、维修模式)及其优先级的确认;
- b) 设备参数默认值(缺省值)和限值(软限位、最高速度、加速度/减速度限值、转矩/电流限值)设定功能的确认;
- c) 不应在控制台(控制站)用鼠标或触摸屏点击图形按钮的方式运行和停止设备;
- d) 故障、错误、警示信息的显示和处置的确认。

11.3.4 验收检验数量

威亚设备应逐台检验。

11.3.5 验收检验报告

11.3.5.1 验收检验结论应为:“合格”和“不合格”。

11.3.5.2 检验报告判定原则:

- a) 单项结论为:“合格”和“不合格”。
- b) 检验结论判定原则如下:
 - 1) 单项结论全部合格:检验结论判定为“合格”;
 - 2) 单项结论中不合格项不超过3项(含3项),且使用单位或安装单位对不合格项已经采取了相应的安全措施及书面承诺:检验结论判定为“合格”;
 - 3) 单项结论中不合格项不超过3项(含3项),但使用单位或安装单位对不合格项无法采取相应的安全措施及书面承诺:检验结论判定为“不合格”;
 - 4) 单项结论中不合格项超过3项,检验结论判定为“不合格”。

11.3.5.3 验收检验宜由能力范围覆盖本标准的第三方检验检测机构承担，并出具有检验检测机构资质认定（CMA）标识的报告。

12 使用与维护要求

12.1 一般要求

12.1.1 使用方应成立威亚安全使用管理机构，配备各岗位人员并明确各岗位职责和责任人。该机构全面负责威亚系统的使用与管理，确保威亚安全运行。

12.1.2 各岗位人员应经过培训并考试合格后，持证上岗。

12.1.3 根据相关标准、规范和设备使用手册，制定威亚安全管理制度、威亚安全操作规程、各岗位人员职责等并检查执行情况。

12.1.4 编写威亚应急预案并配合演练，组织实施。

12.2 使用要求

12.2.1 严格按照厂家的操作使用手册使用设备。

12.2.2 不应超载使用设备。

12.2.3 不应在发生偏载的情况下使用设备。

12.2.4 不应在没有人员看护下使用设备。

12.2.5 不应在没有得到舞台监督清晰指令下使用设备。

12.2.6 不应在故障状态下使用设备。

12.2.7 不应在大风、雷电、雨雪天气等恶劣环境下使用室外威亚设备。

12.2.8 设备运行中遇到故障及其他突发情况时，应根据威亚应急预案迅速处置。

12.3 日常检查与维护要求

12.3.1 日常检查

12.3.1.1 根据设备使用指导手册和威亚安全管理制度规定的周期和项目，严格执行日常检查。

12.3.1.2 日常检查应有详细记录并存档，检查结果确认不少于两人，即检查执行人员和设备安全管理人员。

12.3.1.3 应做到设备每场次正式运行前、后必检，确保设备不带病工作。

12.3.2 日常维护

12.3.2.1 制定“日检”“周检”“月检”“年检”等日常巡检及例行维护保养制度、记录表格并备案。

12.3.2.2 根据设备使用频次，设备厂家或专业机构每六个月（最长不超过一年）应对威亚设备进行一次全面检修和安全验证。

12.4 威亚衣的使用要求

威亚衣的使用安全要求见附录C。

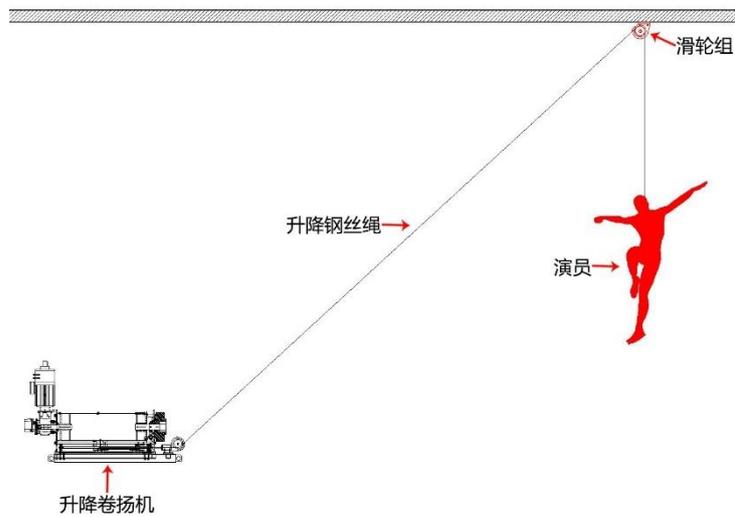
附录 A
(资料性)
威亚系统类别与图解说明

A.1 概述

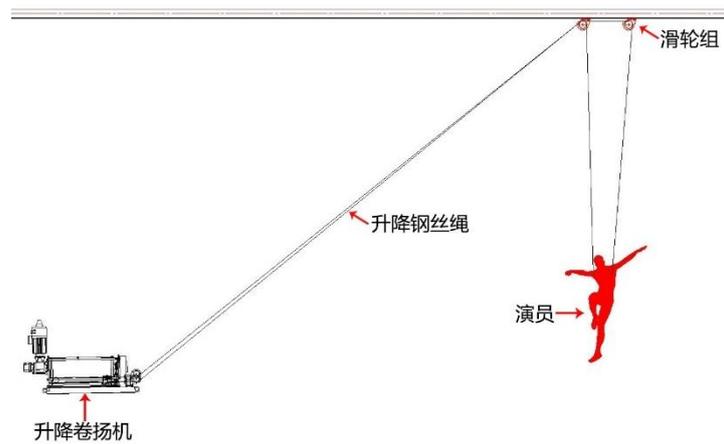
本文件所述威亚系统主要包括四类，即定点提升式威亚系统、索道式威亚系统、轨道式威亚系统和三维多绳柔索系统。

A.2 定点提升式威亚系统

定点提升式威亚系统的图解说明如图A.1和图A.2所示。



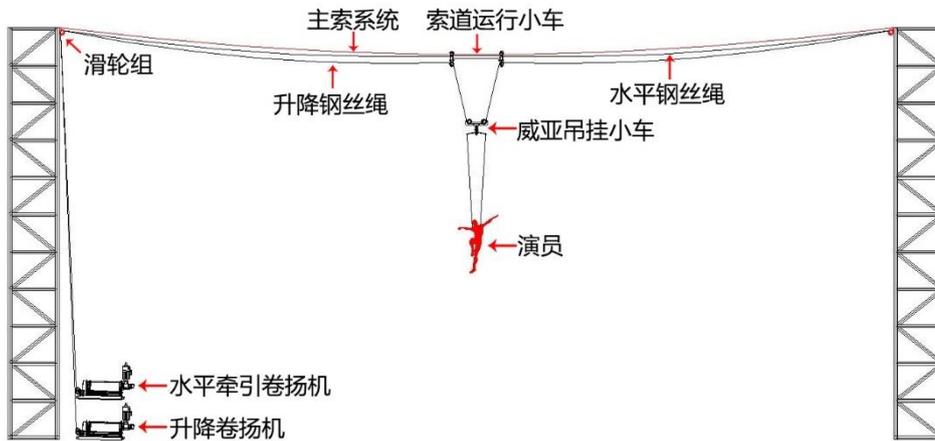
图A.1 定点提升式威亚系统（单点吊）



图A.2 定点提升式威亚系统（双点吊）

A.3 索道式威亚系统

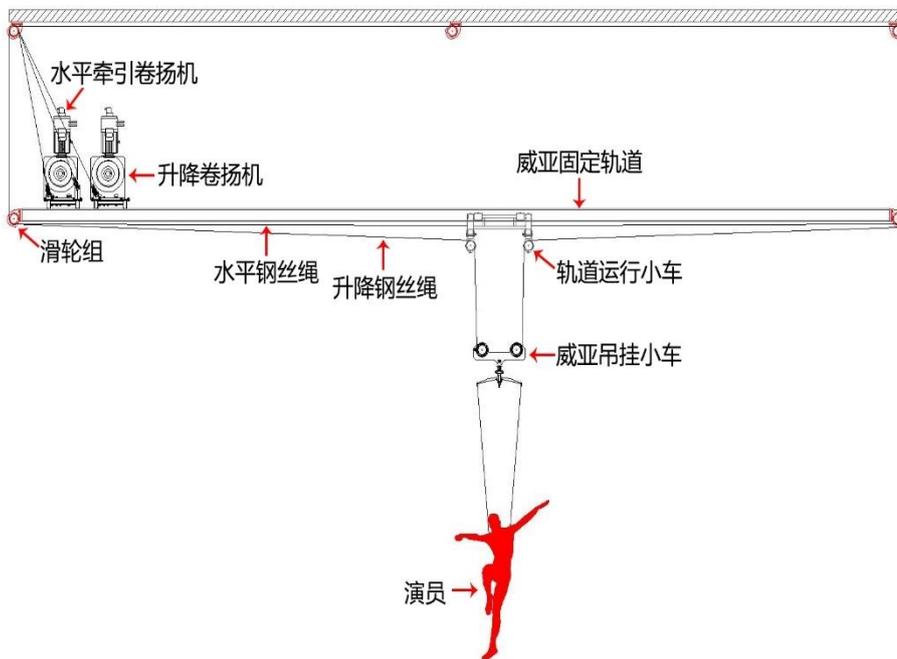
索道式威亚系统的图解说明如图A.3所示。



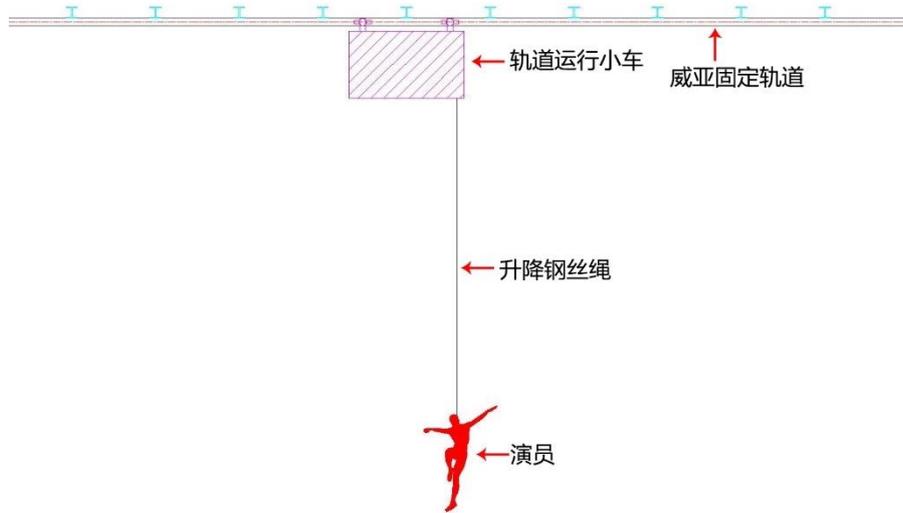
图A.3 索道式威亚系统

A.4 轨道式威亚系统

轨道式威亚系统的图解说明如图A.4和图A.5所示。



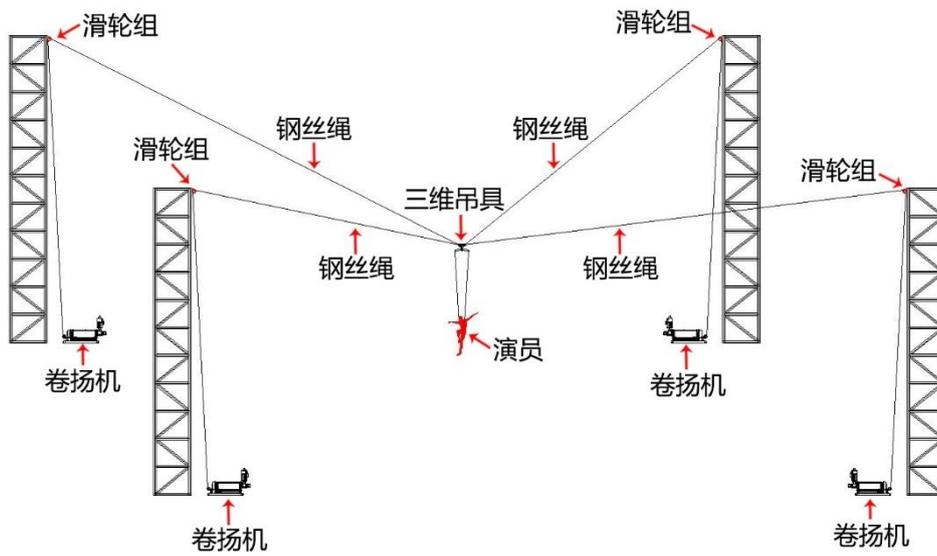
图A.4 轨道式威亚系统（水平牵引型）



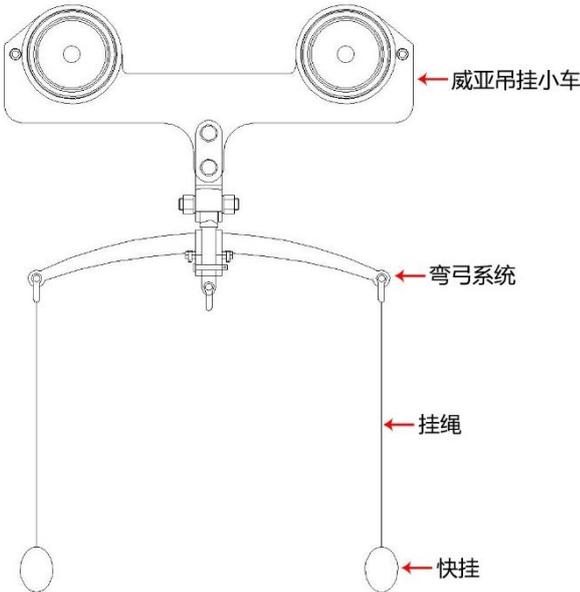
图A.5 轨道式威亚系统（自驱动型）

A.5 三维多绳柔索系统

三维多绳柔索系统的图解说明如图A.6和图A.7所示。



图A.6 三维多绳柔索系统



图A.7 威亚吊挂小车

附录 B
(规范性)
威亚风险事件分级

对威亚风险事件依据其可能导致的对人员的伤害程度和对演出的影响程度两个维度评估,分为四个等级,见表B.1和表B.2。

表B.1 对人员伤害程度的等级划分

等级	严重程度	等级定义
I	微小	微小安全事件,不需要医疗救助
II	中等	人员受到轻微伤害,需要医疗救助
III	严重	人员受到一定程度伤害,需要医疗救助
IV	重大	人员受到严重伤害,需要医疗救助

注:“人员受到严重伤害”,包括可能导致死亡的最后结果。

表B.2 对演出影响程度的等级划分

等级	严重程度	等级定义
I	微小	演出没有停止,但演出效果受到一定程度影响
II	中等	演出中断 20 分钟之内,设备故障或操作失误
III	严重	演出中断 20 分钟以上,设备故障,修复需要较长时间
IV	重大	演出终止,设备严重故障,短时间内无法修复

注:演出停演时间划分是根据观众是否愿意等待,演出会否造成退票停演事件等因素设定。

附录 C
(规范性)
威亚衣使用安全要求

C.1 威亚衣的种类

C.1.1 环式旋转威亚衣

由并联双环体结构与威亚衣主带之间使用夹片插销连接的威亚衣。通过调节不同规格的夹片和模块可以适用不同腰围的穿戴者。环体两侧有旋转吊耳，通过双环之间转动和吊耳转动可做出空中水平方向和垂直方向360°自由旋转的威亚衣装置。见图C.1，主要由威亚衣主带、副带、调节扣、腰部侧板、连接模块（可选）、夹片（可选）、快速插销、顶带、垫片、U形锁扣等组成。



图C.1 环式旋转威亚衣

C.1.2 马甲式全身威亚衣

威亚衣覆盖上半身。于肩部、背部、胸部、腰部、腿部分布多个挂点，通过选择不同受力方向完成多种空中表演姿态。见图C.2，主要由威亚衣主带、副带、布料、调节扣、U形锁扣等组成。



图C.2 马甲式全身威亚衣

C.1.3 半身式威亚衣

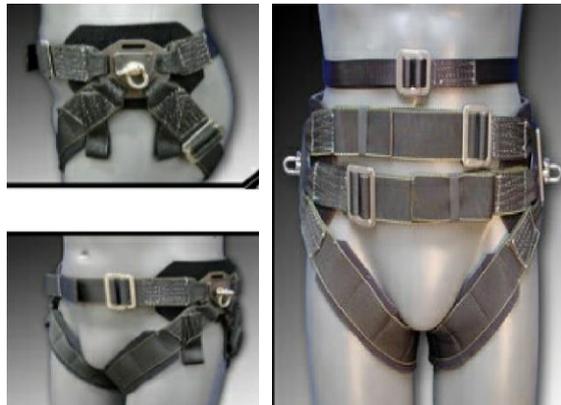
护腰形式的多点威亚衣，在腰部分布多个挂点，通过选择不同受力方向完成多种空中表演姿态。见图C.3，主要由威亚衣主带、副带、布料顶带、调节扣、垫片、U形锁扣等组成。



图C.3 身式威亚衣

C.1.4 旋转式威亚衣

威亚衣腰部两侧有旋转轴装置，方便使用者做前后翻转动作。见图C.4，主要由威亚衣主带、副带、调节扣（可选）、腰部侧板、腰部旋转装置、顶带、垫片、U形锁扣等组成。



图C.4 旋转式威亚衣

C.1.5 简易威亚衣

由三条主带构成，一条在腰部，两条在腿部，腰间或腿部分布多个挂点。通过不同受力方向完成多种空中表演姿态。见图C.5，主要由威亚衣主带、副带、顶带、调节扣、垫片、U形锁扣等组成。



图C.5 简易威亚衣

C.2 安全技术要求

C.2.1 技术性能要求

C.2.1.1 整体静态负荷应满足下列要求：

- a) 单人威亚衣额定工作载荷为 1.5kN；

b) 单人威亚衣整体静拉力不小于 15kN。

C.2.1.2 整体动态负荷应满足下列要求：

- a) 冲击作用力峰值不应大于 6kN；
- b) 威亚衣主带破断拉力不应小于 24kN。

C.2.2 基本要求

C.2.2.1 威亚衣与身体接触的一面不应有突出物，结构应平滑。

C.2.2.2 穿威亚衣一定要选择适合自己身材的型号尺寸，紧贴身体，不可过于宽松或过紧。

C.2.3 零部件要求

C.2.3.1 扎紧扣

扎紧扣不应划伤带子，可以使用滚花的零部件。

C.2.3.2 连接扣

C.2.3.2.1 连接扣采用闭环扣。

C.2.3.2.2 连接扣不应使用焊接件，不应留有开口。

C.2.3.2.3 连接扣至少应设计为 10 倍于额定工作载荷、6 倍于特性载荷、3 倍于失效载荷的安全系数。

C.2.3.2.4 对于采用两个连接扣的威亚衣，当一个连接扣失效时，剩下的连接扣能承受威亚衣的失效载荷。

C.2.3.3 快挂

C.2.3.3.1 快挂的活门在默认状态下应是闭合状态，且应有保险功能，应在至少两个明确的动作下才能打开。

C.2.3.3.2 快挂应具有防止意外打开的功能。

C.2.3.3.3 快挂至少应设计为 10 倍于额定工作载荷、6 倍于特性载荷、3 倍于失效载荷的安全系数。

C.2.3.3.4 对于采用两个快挂的威亚衣，当一个连接扣失效时，剩下的连接扣能承受威亚衣的失效载荷。

C.2.3.3.5 快挂自动机构无卡死、失效情况。

C.2.4 其他要求

C.2.4.1 金属零件应电镀处理或采用不锈钢制品以防锈蚀。

C.2.4.2 金属环类零件不应使用焊接件，不应留有开口。

C.2.4.3 所有零部件应顺滑，无缺陷，无尖角或锋利边缘。

C.2.5 织带、面料和垫片

C.2.5.1 主带和副带应采用尼龙材质等的织带，面料应采用考迪拉（Cordura）材质，带子和面料应做阻燃处理。

C.2.5.2 护腰和底带垫片应使用氯丁橡胶材料，含胶量不少于 90%，垫片具有较高回弹力，垫片宽度单边大于带子宽度 10mm 以上，橡胶复合布料应具备防水、耐磨。

C.2.5.3 织带和面料缝纫应经熨烫处理，不应留有散丝。

C.2.5.4 织带折头处应使用线缝，不应使用铆钉、胶粘、热合等工艺；折头缝纫后不应进行熨烫处理。

C.2.5.5 缝纫线应采用与织带无化学反应的材料，颜色与织带应有区别。

C.2.5.6 主带应是整条，不能有接头。

C.2.5.7 主带宽度不应小于 40mm，辅带宽度不应小于 20mm。

C.3 采购及验收安全要求

C.3.1 合格证明文件

C.3.1.1 生产企业应按照生产批次对威亚衣逐批进行出厂检验。

C.3.1.2 威亚衣出厂时，应随附产品说明书、合格证、质量证明文件、出厂检验报告。

C.3.2 现场抽样检验

C.3.2.1 现场抽样检验的内容如下：

- a) 现场抽样由供应商、业主方、使用方共同见证取样；
- b) 现场抽样检验的测试项目、测试样本数量、不合格判定符合表 C.1 的要求。

表C.1 现场抽样检验测试表

测试项目	批量范围 (套)	单项检验样本数量 (套)	不合格 分类	单项判定数组	
				合格判定数	不合格判定数
整体静态负荷 单侧静态负荷	小于 5	1	A	0	1
	6~10	2		0	1
	11~20	3		0	1
	21~50	5		0	1
	51~101	8		0	2
	101~500	10		0	2

C.3.2.2 出现以下现象时，判定为不合格：

- 达不到规定的最大整体静拉力要求；
- 出现织带撕裂、开线、缝线迸裂；
- 金属件碎裂、连接件开启、环类零件开口、带扣松脱、金属件塑性变形；
- 出现明显不对称滑移或不对称变形；
- 织带在调节扣内滑移大于 25mm。

C.4 运营使用安全要求

C.4.1 根据威亚衣产品说明书，制定详细的管理制度，包括检查、保管、储存、使用、维护、报废等，包括检查记录、使用记录、维护记录、维修记录、报废记录等表格。

C.4.2 设置专门威亚衣保管人员、维护维修人员、检查人员，经培训考核合格后方可上岗，且实行威亚衣责任制。

C.4.3 威亚衣实行演员专属使用制度。

C.4.4 所有威亚衣、快挂等扣件需逐一编号，检查完毕需逐一记录。

C.4.5 未经培训考核合格的演员不应使用威亚衣。

C.4.6 不应使用异常的威亚衣。

C.4.7 不应超载使用威亚衣。

C.4.8 使用者在演出中不应擅自对威亚衣做更改或调整。

C.4.9 威亚衣在使用一年后应抽验一次，抽样数量及不合格判定按照C3.2条执行，发现异常应立即更换。

C.4.10 抽样试验用过的威亚衣，不应再继续使用。

C.5 威亚衣标识

C.5.1 威亚衣的标识由永久标识和产品说明组成。

C.5.2 永久性标志应缝制在主带上，内容应包括：

- 产品名称；
- 遵守的标准号；
- 产品类别（全身威亚衣、环式旋转威亚衣）；
- 制造厂名；
- 生产日期（年、月、日）；
- 伸展长度；
- 产品的特殊技术性能（如果有）；
- 可更换的零部件标识应符合相应标准的规定。

C.5.3 可以更换的系带应有下列永久标记：

- 产品名称及型号；
- 相应标准号；
- 产品类别（马甲式全身威亚衣、半身式威亚衣、简易威亚衣、环式及旋转式威亚衣）；
- 制造厂名；
- 生产日期（年、月、日）。

C.5.4 每条威亚衣应配有一份说明书，随威亚衣到达佩戴者手中。其内容包括：

- 威亚衣的适用和不适用对象；
- 生产厂商的名称、地址、电话；
- 整体报废或更换零部件的条件或要求；
- 清洁、维护、贮存的方法；
- 穿戴方法；
- 日常检查的方法和部位；
- 威亚衣的使用方法（包括图示）；
- 穿着威亚衣收紧程度；
- 首次破坏负荷测试时间以后的检查频次；
- 声明“旧产品，当主带的破坏负荷低于 15kN 时，该批威亚衣应报废或更换部件”；
- 本产品为合格品的声明。

参 考 文 献

- [1] GB/T 755—2019 旋转电动机 定额和性能
- [2] GB/T 1955—2019 建筑卷扬机
- [3] GB/T 2104—2008 钢丝绳包装、标志及质量证明书的一般规定
- [4] GB 2894—2008 安全标志及其使用导则
- [5] GB 4053.3—2009 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
- [6] GB 4824—2019 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
- [7] GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求
- [8] GB/T 5905—2011 起重机 试验规范和程序
- [9] GB 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- [10] GB/T 8196—2018 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求
- [11] GB 8702—2014 电磁环境控制限值
- [12] GB/T 14048.4—2010 低压开关设备和控制设备 第4-1部分：接触器和电动机启动器 机电式接触器和电动机启动器(含电动机保护器)
- [13] GB/T 14048.5—2017 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
- [14] GB/T 17799.1—2017 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度
- [15] GB/T 18209.1—2010 机械安全 指示、标志和操作 第1部分：关于视觉、听觉和触觉信号的要求
- [16] GB/T 18209.2—2010 机械安全 指示、标志和操作 第2部分：标志要求
- [17] GB/T 18831—2017 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则
- [18] GB 19517—2009 国家电气设备安全技术规范
- [19] GB/T 36727—2018 舞台机械 验收检测规范
- [20] GB 50052—2009 供配电系统设计规范
- [21] GB 50169—2016 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- [22] GB 50194—2014 建设工程施工现场供用电安全规范
- [23] GB 50278—2010 起重设备安装工程施工及验收规范
- [24] WH/T 36—2009 舞台机械 台下设备安全要求
- [25] WH/T 37—2009 舞台机械 操作与维修导则