

备案号：20729—2007

WHI

# 中华人民共和国文化行业标准

WH / T 28—2007

---

## 舞台机械 台上设备安全

Mechanical Equipment on Stages-Upper Stage-Safety Requirements

2007-05-09发布

2007-06-01实施

---

中华人民共和国文化部 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 机械设备 .....	1
3.1 台上设备组成示例 .....	1
3.2 结构件 .....	1
3.3 钢丝绳 .....	3
3.4 链条 .....	5
3.5 滑轮组件 .....	6
3.6 驱动滑轮 .....	6
3.7 卷筒组件 .....	6
3.8 驱动装置 .....	7
3.9 电动机 .....	7
3.10 减速器 .....	7
3.11 制动器 .....	7
3.12 保护装置 .....	8
3.13 平衡重 .....	8
3.14 导轨 .....	8
4 电气设备和控制系统 .....	8
4.1 总则 .....	8
4.2 电气设备的选择 .....	8
4.3 供电 .....	8
4.4 实际环境和运行条件 .....	8
4.5 电源和设备的分离与断开 .....	9
4.6 触电防护 .....	9
4.7 电气设备的保护 .....	9
4.8 电压平衡 .....	9
4.9 控制电路和控制功能 .....	9
4.10 故障情况下的安全功能和控制功能 .....	10
4.11 紧急停机和紧急断电功能 .....	12
4.12 有关无线控制 .....	13
4.13 可编程的电子 / 电气系统 .....	13
4.14 可编程控制系统(E / PES)用于与安全无关的功能 .....	13
4.15 电器元件 .....	14
4.16 导线和电缆 .....	14
4.17 布线技术 .....	14
4.18 机械制动器用保护器件 .....	14
4.19 机械上的电器器件互联 .....	14
附录A (资料性附录) 参考标准及规范 .....	15
附录B (规范性附录) 吊杆使用信息 .....	16

## 前 言

本标准参照德国标准DIN 56950《娱乐技术机械技术设备安全技术要求和检验》、奥地利标准ÖNORM M 9630第1部分《舞台机械通则》及第2部分《舞台机械台上机械》，结合我国舞台机械行业的实际情况而制订。在编写规则上执行了GB / T 1.1—2000《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写规则》。

本标准的附录A为资料性附录，附录B为规范性附录。

本标准由中华人民共和国文化部提出并归口。

本标准负责起草单位：中国演艺设备技术协会演出场馆设备专业委员会、总装备部工程设计研究总院。

本标准参加起草单位：甘肃工业大学机械工（甘肃工大舞台设备研究所）、浙江舞台设计研究院有限公司。

本标准主要起草人：郑辉、杜安坤、孙雅度、龚奎成、吴润彤、常嵩、徐奇、魏发孔、宋宏。

# 舞台机械 台上设备安全

## 1 范围

本标准作为舞台机械台上设备设计的基本安全技术规范。

本标准适用于设置在各种表演场所的舞台台上机械设备，这些表演场所包括剧院、多功能厅、展厅、电视演播室、音乐厅、礼堂、体育馆、酒吧、迪斯科舞厅和露天剧场等。除舞台外，将观众席作为演出空间的情况，也适用于本标准。

本标准不适用于为临时使用搭建的及杂技用的台上机械设备。

## 2 引用标准

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，鼓励根据本部分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 3811—1983起重机设计规范

GB / T 6067—1985起重机械安全规程

GB / T 5905—1986起重机试验规范和程序

GB 50052—1995供配电系统设计规范

GB 5226.1—2002机械安全机械电气设备第1部分通用技术条件

GB / T 16855.1—2005机械安全控制系统有关安全部件第1部分：设计通则

GB 16754—1997机械安全急停设计原则

GB / T 15706.1—1995机械安全基本概念与设计通则第1部分基本术语、方法学

GB / T 15706.2—1995机械安全基本概念与设计通则第2部分技术原则与规范

GB 19517—2004 国家电气设备安全技术规范

GB 5083—1999生产设备安全卫生设计总则

GB 50169—1992 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

GB 1408.5—2001 低压开关设备和控制设备 控制电路电器和开关元件第1部分机电式控制电路  
电器

GB 4824—2004工业、科学和医疗射频设备电磁干扰特性限值 and 测量方法

GB / T 15543—1995 电能质量三相电压允许不平衡度

GB / T 17626.1—1998 电磁兼容试验和测量技术抗扰度试验总论

CECS 49—1993低压成套开关设备验收规程

## 3 机械设备

### 3.1 台上设备组成示例

台上设备组成示例见图1。

### 3.2 结构件

#### 3.2.1 构造要求

3.2.1.1 主要承载结构的构造设计应力求简单，受力明确，传力直接，尽量降低应力集中的影响。

3.2.1.2 结构设计必须考虑到制造、检查、运输、安装和维护等的方便和可能性，露天工作的结构应避免积水。

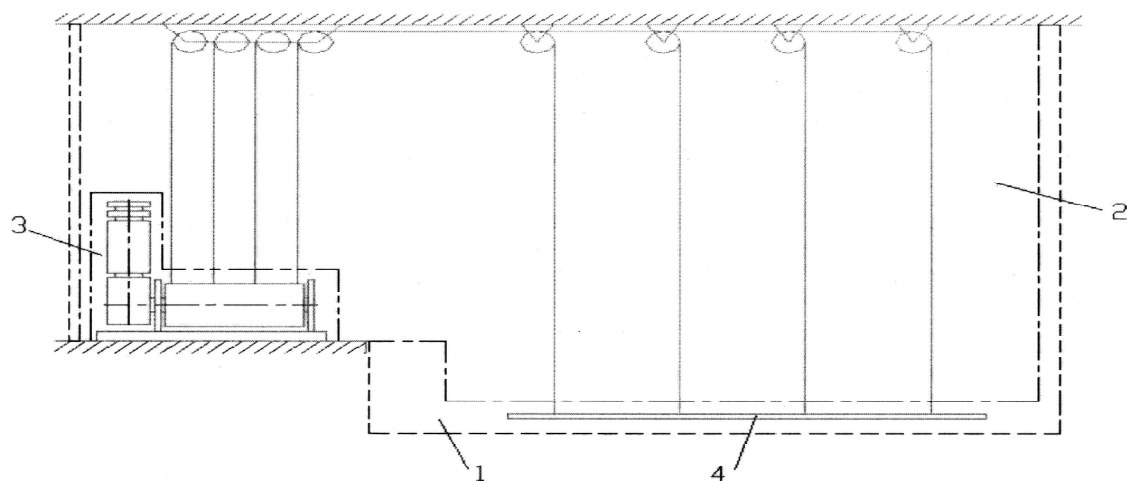


3.2.1.3 主要承载结构件在不同连接处允许采用不同连接方式,但同一连接处不允许将不同的连接方式混合使用。所有连接必须牢固。

3.2.1.4 对于需要在使用现场整段用螺栓拼接的大型承载构件,宜采用8.8级及以上的螺栓连接。

3.2.1.5 承载构件必须使用不燃性材料,并符合GB 8624—1988建筑材料燃烧性能分级方法的要求。

3.2.1.6 其他结构件的构造应符合机械设计的一般要求。



1. 机械设备 2. 支承装置 3. 驱动系统 4. 承载装置

图1 台上设备组成示例

### 3.2.2 材料选用

3.2.2.1 主要承载结构件宜采用符合GB / T 700—1988碳素结构钢规定的Q235-A及Q235-B和符合GB / T1591—1994低合金结构钢规定的0345等钢材,采用铝合金时宜采用符合GB / T 4436—1995铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差规定的型材。

3.2.2.2 重要构件所用的钢管宜采用符合GB / T 8162—1999结构用无缝钢管规定的20及Q345无缝钢管,并符合GB / T 17395—1998无缝钢管尺寸、重量的规定。

### 3.2.3 焊接连接

3.2.3.1 手工焊接采用的焊条应符合GB / T 5117—1995碳钢焊条和GB / T 5118—1995低合金钢焊条的规定,选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

3.2.3.2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应。

3.2.3.3 焊接接头及坡口形式与尺寸应符合GB / T 985—1988碳钢、低合金钢焊缝坡口的基本型式与尺寸的规定。

3.2.3.4 焊接工作必须由考试合格的焊工担任。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

3.2.3.5 焊接件涂装前应进行表面除锈处理,其质量等级应符合JB / T 5000.12—1998涂装通用技术条件的规定。

3.2.3.6 用常规型钢和冷弯薄壁型钢组焊的构件可不进行消除应力的处理。

### 3.2.4 紧固件

- 3.2.4.1 设备零、部件之间的连接、设备与基础、墙壁及其他土建构件的连接，应采用符合GB / T 3098.1—2000的紧固件。
- 3.2.4.2 设备零、部件之间的可拆卸连接，不应采用化学紧固法连接。
- 3.2.4.3 用于次要构件或工艺性连接的螺栓，一般采用4.6级，用于主要受力构件或零件的连接，必须采用8.8级及以上的性能等级。
- 3.2.4.4 采用高强度螺栓连接必须按设计技术要求处理结合面，并用专用工具紧固。
- 3.2.4.5 紧固件必须采取有效的防松措施，螺母拧紧后，螺栓头部应露出螺母端面2~3个螺距。
- 3.2.5 吊杆杆体
- 3.2.5.1 吊杆杆体一般采用圆管或矩形管以及组合桁架结构，主管壁厚不应小于2.5mm，杆体应平直、无扭曲变形。
- 3.2.5.2 确定杆体结构时应注意，由分配到的有效载荷导致的两个吊点之间的挠度应小于两吊点间距的1 / 200。
- 3.2.5.3 杆体的接头应尽量少，接头处应采用芯轴与管子配合并焊接牢固。
- 3.2.5.4 使用伸缩管时，应有措施防止伸缩部分完全拔出，留在管内的长度不应少于伸出长度的1 / 3。
- 3.2.6 走台、梯子与栏杆
- 3.2.6.1 通往台上设备及设备安装平台的走台、梯子必须通行方便，安全可靠。
- 3.2.6.2 金属结构的走台应有防滑性能，当采用穿孔钢板或格栅板时，应尽量减小孔或格子的尺寸，以防物件坠落。
- 3.2.6.3 因使用和检修需要设置的工作平台及工作人员有跌落危险的部位均应设置牢固的栏杆，栏杆高度不小于1050mm，并设有间距为350mm的水平横杆，底部应设置高度不小于70mm的挡板。
- 3.2.6.4 栏杆应能承受1.0KN / m的水平载荷。
- 3.3 钢丝绳
- 3.3.1 钢丝绳宜选用符合GB / T 8918—2006重要用途钢丝绳规定的无油镀锌钢丝绳，钢丝绳必须有试验报告及产品检验合格证书。
- 3.3.2 钢丝绳的安全系数必须等于或大于10，其中单点吊机、载人飞行设备所用钢丝绳的安全系数必须等于或大于12。

按安全系数选择钢丝绳直径，所选钢丝绳的破断拉力应满足下式要求：

$$F_o \geq S_n$$

式中：  $F_o$  — 所选用钢丝绳的破断拉力，N；

S — 吊挂物静止时的额定载荷分摊到单根钢丝绳的最大静拉力，N；

n — 钢丝绳最小安全系数。

- 3.3.3 台上设备通常应采用结构型式为6×19、6×37的线接触纤维芯钢丝绳，对于单一吊点的悬吊设备宜采用结构型式为18×7的多层股不旋转钢丝绳。
- 3.3.4 钢丝绳强度一般不应低于1570Mpa，不宜高于19 / 0Mpa。
- 3.3.5 钢丝绳最少应有两根(单吊点设备除外)，钢丝绳受力应当均衡，避免承载不均造成钢丝绳缠绕及吊挂物旋转。
- 3.3.6 钢丝绳端部固定连接

钢丝绳应选用与钢丝绳直径相匹配的合金浇注锥形接头、编织接头、楔形接头、钢丝绳夹、铝合金压制接头等固定，钢丝绳在卷筒上的固定见3.7卷筒组件。固定处强度要求见表1。钢丝绳采用端部固定连接时，必须保证至少保留钢丝绳80%的破断拉力。

表1 绳端常用固定形式与固接强度

端部固接形式	固接强度	说明
合金浇注锥形接头	100%	浇铸铅、锌液
编织接头	75%~90%	钢丝绳直径 15mm 以下, 90%; 钢丝绳直径 16mm~26mm, 85%;  钢丝绳直径 28mm~36mm, 80%; 钢丝绳直径 36mm 以上, 75%
楔形接头	75%~85%	斜度 1:4 绳头端要缚扎
钢丝绳夹	80%~90%	正确安装 80%, 绳卡如装反, 强度将下降到 75% 以下
铝合金压制接头	100%	铝合金编插压制接头

注: 固接强度是指钢丝绳端部固定部位承受的拉力, 相当于钢丝绳破断拉力的百分数。

3.3.6.1 可分离的钢丝绳端部固定连接

可分离的钢丝绳端部固定有:

- a. 符合GB / T 5976—1986的钢丝绳夹;
- b. 符合GB / T 5973—1986的楔形接头。

3.3.6.1.1 采用钢丝绳夹连接时, 绳夹数量不得少于3个, 绳夹数量和绳夹间距与钢丝绳直径有关, 见表2。绳夹间距和最后一个绳夹后的钢丝绳尾端长度均不小于6d~7d(d为钢丝绳直径)。

表2 与绳径匹配的绳卡数量

钢丝绳直径(mm)	≤19	19~32	32~38
绳卡数	3	4	5

3.3.6.1.2 绳夹固定时, U形螺栓扣在钢丝绳的尾段上, 绳夹不得在钢丝绳上交替布置。



3.3.6.2 不可分离的钢丝绳端部固定连接

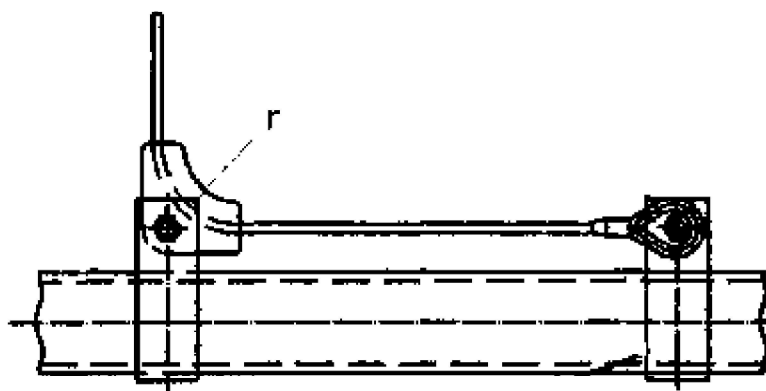
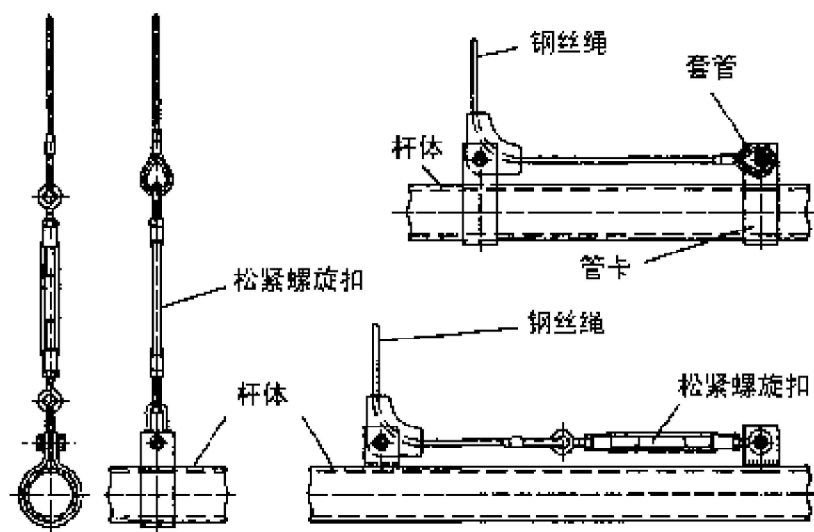
- a. 用合金浇注锥形接头连接时, 连接强度应达到钢丝绳的破断拉力;
- b. 用编织接头连接时, 编结长度不应小于钢丝绳直径的15倍, 并且不得小于300mm。
- c. 用铝合金压制接头连接时, 应以可靠的工艺方法使铝合金套与钢丝绳紧密牢固地贴合, 连接强度应达到钢丝绳的破断拉力。

3.3.7 悬吊钢丝绳必须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。

3.3.8 使用螺旋扣时应选用符合GB / T 3818—1999的索具螺旋扣, 同时必须将锁紧螺母锁紧。

3.3.9 钢丝绳应按GB 6067—1985的规定进行维护。

3.3.10 钢丝绳应按GB / T 5972—2006的规定进行检验和报废。



r: 钢丝绳转向半径=钢丝绳直径的5倍。

图3 钢丝绳垂直与水平调节

### 3.4 链条

3.4.1 用于台上设备的链条通常采用环形链，应选用符合JB / T 8108.2—1999的链条，链条必须有试验报告和产品检验合格证书。

3.4.2 链条的安全系数必须等于或大于10。

按安全系数选链条，所选链条的破坏载荷应满足下式要求：

$$S_p \geq S_{max} \cdot n$$

式中：  $S_p$ ——所选用链条的破坏载荷，N；

$S_{max}$ ——吊挂物静止时的额定载荷分摊到单根链条的最大静拉力，N；

$n$ ——链条最小安全系数。

3.4.3 环形链的速度应小于0.5m / s。

3.4.4 环形链出现下述情况之一时，应报废：

- a. 裂纹;
  - b. 链条发生塑性变形, 伸长达原长度的5%;
  - c. 链环直径磨损达原直径的10%。
- 3.4.5 其他链条, 如滚子链, 适用于与3.4.1、3.4.2、3.4.3相应的要求。
- 3.5 滑轮组件
- 3.5.1 滑轮的节圆直径, 应不小于钢丝绳直径的20倍。用于人力驱动的手动吊杆系统的滑轮及平衡重系统的滑轮, 其节圆直径可不小于绳索直径的15倍。
- 3.5.2 根据载荷、用途、速度等条件, 滑轮通常采用钢、优质灰铸铁、高强铸造尼龙以及其他适合的工程塑料制造。
- 3.5.3 滑轮绳槽表面应进行加工, 滑轮绳槽形状和尺寸应与钢丝绳的尺寸相匹配, 并符合JB / T 9005.1—1999的规定。
- 3.5.4 滑轮不得有影响使用性能和有损外观的缺陷, 如气孔、裂纹、疏松、夹渣等。
- 3.5.5 滑轮应采用滚动轴承或合金粉末含油滑动轴承支承。
- 3.5.6 滑轮应有防止钢丝绳跳出轮槽的装置。
- 3.5.7 钢丝绳绕进或绕出滑轮槽时偏斜的最大角度(即钢丝绳中心线和与滑轮轴垂直的平面之间的角度)不应超过3°。
- 3.5.8 滑轮组的侧板为钢板, 其厚度根据钢丝绳承受的荷载确定。
- 3.5.9 滑轮组的设计应保证在任何荷载条件下滑轮组能与支撑结构紧密连接, 并满足调整要求。
- 3.5.10 滑轮出现下述情况之一时, 应报废:
- a. 裂纹或轮缘破损;
  - b. 轮槽不均匀磨损达3mm;
  - c. 轮槽壁厚磨损达原壁厚的20%;
  - d. 滑轮槽底磨损超过钢丝绳直径的50%;
  - e. 其他损害钢丝绳的缺陷。
- 3.6 驱动滑轮
- 3.6.1 驱动滑轮是通过滑轮绳槽与钢丝绳之间的摩擦力驱动载荷的。
- 3.6.2 用于摩擦驱动的驱动滑轮, 其节圆直径应不小于钢丝绳直径的40倍。
- 3.6.3 驱动力应满足下列条件:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha}$$

式中:

$\frac{T_1}{T_2}$ ——驱动滑轮两侧钢丝绳的最大、最小拉力, 其比值应按照125%的额定载荷计算;

f——钢丝绳与绳槽间的当量摩擦系数;

$\alpha$ ——钢丝绳在滑轮上的包角, (弧度);

e——e=2.718(自然对数的底)。

- 3.6.4 驱动滑轮的绳槽应保证钢丝绳在绳槽内不打滑。
- 3.6.5 驱动滑轮其他要求同3.5滑轮。
- 3.7 卷筒组件
- 3.7.1 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。
- 3.7.2 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相应的规范。

- 3.7.3 钢丝绳绕进或绕出卷筒时，钢丝绳偏离螺旋槽两侧的角度不应超过 $3^{\circ}$ ，不符合此规定的应设排绳机构。
- 3.7.4 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两圈安全圈，在卷筒一端或另一根钢丝绳起端处至少有一圈绳槽的间隙。
- 3.7.5 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少于3块。
- 3.7.6 卷筒出现下述情况之一时，应报废：
- a. 裂纹；
  - b. 筒壁磨损达原壁厚的20%；
- 3.8 驱动装置
- 3.8.1 悬吊设备必须使用两个独立的制动器，每个制动器都必须有足够的力矩，每个制动器应在合理的制动距离内制动1.25倍的额定载荷。
- 3.8.2 水平行走驱动装置可采用单制动器。
- 3.8.3 制动器与电动机电源应连锁、受控，制动器只能在电动机电源接通时才能松开，并保持或控制载荷。
- 3.8.4 卷扬机和其他类似的电力驱动装置根据用户要求可配有辅助传动机构，辅助传动装置可经手动结合，并在低速情况下操作设备。手动操作离合器应与电气传动装置连锁，以防在手动操作时电气传动装置通电操作。电动辅助传动装置的速度应在额定(或最高)速度的10%和25%之间。辅助传动装置必须在设备旁就地操作。
- 3.8.5 除超程限位外，辅助传动装置的动作不应变更任何限位装置的限定位置，不会影响设备的通电操作。
- 3.8.6 卷扬机的卷筒上应设有压绳装置，防止钢丝绳脱槽。
- 3.8.7 手动平衡重吊杆必须配备一个锁紧装置，该装置在运行的两个方向上分别至少能承受2个人的手操作力( $2 \times 280\text{N}$ )。该锁紧装置允许作用于操作绳上。操作绳直径应不小于22mm。
- 3.8.8 电力驱动的吊杆和单点吊升降速度不宜超过 $1.8\text{m/s}$ 。
- 3.8.9 电力驱动的灯光悬吊设备，当运行速度大于 $0.1\text{m/s}$ 时，宜采取调速装置或软启动控制装置。
- 3.9 电动机
- 3.9.1 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。
- 3.9.2 电动机可按断续工作制设计，但不低于S3工作制。
- 3.9.3 电动机的功率因数应大于或等于中国国家现行标准。
- 3.9.4 在设计极限要求的情况下，电动机的最大力矩或堵转力矩应保证设备起动的需要。在设计要求的情况下，电动机不应出现过热。
- 3.9.5 电动机宜选用带温度保护装置的电动机，或在适当的控制设备内设有热保护装置。
- 3.10 减速器
- 3.10.1 减速器应选用符合国家规定的标准产品。
- 3.10.2 选用标准型号的减速器时，其设计寿命应和该机构的利用等级相符合。可按额定载荷产生的扭矩或/和电动机的额定功率选择减速器。如果冲击载荷较大，则应考虑冲击载荷影响，在轴端径向载荷较大时必须进行验算。
- 3.11 制动器
- 3.11.1 应采用安全制动器。当电源断电时，制动器因弹簧压力的作用而抱紧。制动器应能在规定的时间内对最大负载进行安全减速，并使负载处于静止状态。
- 3.11.2 制动器应能高效运行，且其性能不会因振动和磨损而降低。

3.11.3 根据设备用途及使用场所,对于吊杆、幕类升降、单点吊机等在演出中使用的台上设备,制动器宜选择低噪音的产品。

3.11.4 制动器的零件,出现下述情况之一时应报废:

- a. 裂纹;
- b. 制动摩擦片厚度磨损达原厚度的40%;
- c. 弹簧出现塑性变形。

3.12 保护装置

3.12.1 悬吊设备应配有限位开关、超程开关、松绳检测、过载检测等保护装置。

3.12.2 悬吊设备应设置上升及下降限位开关,上升限位开关必须设置两套。限位开关必须保证在任何负荷及速度下从任何方向撞击都能以规定的精度重复动作。

3.12.3 超程开关动作时必须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。

3.12.4 松绳检测装置的动作应能迅速终止钢丝绳进一步松弛,在查看后根据不同原因采取不同方法来排除故障,将松弛的钢丝绳绕回卷筒。松绳检测装置的工作状况应在操纵监视器上有显示。

3.12.5 一般通过电机电流或测力传感器来确定超载,其设定值通常为额定载荷的1.2倍。一旦超载检测装置检测到超载后,控制系统应迅速停止设备运行,以便排除故障。

3.13 平衡重

3.13.1 平衡重必须有稳固的支撑,使其在停位点发生剧烈冲撞的情况下不会滑落。

3.13.2 不允许使用弹簧来替代平衡重。

3.13.3 平衡重应由刚性的导轨导向,保证平衡重运行时不晃动。

3.13.4 位于工作和通行区域内的平衡重应设置高出相邻地面2.5m以上的护网或护栏。

3.13.5 平衡重应设置在其下方无人员通过的地方。必要时,其下方应设置接受并承受下落物的装置。

3.14 导轨

3.14.1 导轨及其附件和接头应能承受施加的载荷和力,以保证设备安全运行。

3.14.2 导轨应牢固安装在设备的结构或建筑结构上。导轨安装应垂直精确,保证设备上下运行平稳可靠。

4 电气设备和控制系统

4.1 总则

舞台机械装置(设备)所使用的电气和电子设备及系统,必须在设计和安装(制造)过程中,遵守GB 19517—2004《国家电气设备安全技术规范》有关安全的规定,并优先采用以下标准:

- GB / T 16855.1—2005机械安全控制系统有关安全部件第1部分:设计通则;
- GB / T 15706.2—1995机械安全基本概念与设计通则第1部分:技术原则与规范;
- GB 50169—1992电气装置安装工程接地装置施工及验收规范;
- GB 16754—1997机械安全急停设计原则4安全要求。

4.2 电气设备的选择

电气元件及装置应满足使用要求,并符合国家相关标准的规定。

4.3 供电

所设计的电气设备应保证在满足GB 50052—1995《供配电系统设计规范》的供电条件下正常工作。

4.4 实际环境和运行条件

4.4.1 概述

电气设备应适合在满足GB 1408.5—2001(6正常使用、安装和运输的条件)的实际环境和运行条件下使用。

4.4.2 电磁兼容性(EMC)

按照GB 5226.1—2002(4.4.2电磁兼容性)规定,电气和电子设备:

- 不应超过GB 4824—2004中规定的电磁骚扰极限值；
- 不应低于GB / T 17626.1—1998中推荐的抗扰度的残酷度等级。

#### 4.4.3 环境空气温度和湿度

##### 4.4.3.1 电气设备在以下最低条件时必须能正常进行工作：

环境温度： $+5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；

在 $40^{\circ}\text{C}$ 时，相对湿度： $\leq 50\%$ 。

##### 4.4.3.2 温度较低时允许有较高的相对湿度(例如：在 $20^{\circ}\text{C}$ 时，相对湿度 $90\%$ )。

##### 4.4.3.3 必要时应安装相应的加热设备及空调设备避免有害影响(例如配电箱和控制柜里有水汽)。

#### 4.5 电源和设备的分离与断开

##### 4.5.1 电源

电源引入应按照GB 5226.1—2002(5引入电源线端接法和切断开关)的规定。

##### 4.5.2 防止意外起动的断开器件

机械设备必须配备防止意外起动的断开装置，断开装置应按照GB 5226.1—2002(5.4防止意外起动的断开器件)的规定设置。

##### 4.5.3 断开电气设备的器件

应按照GB 5226.1—2002(5.5断开电气设备的器件)的规定配备断开电气设备的器件。

##### 4.5.4 未经允许、疏忽和错误连接的防护

应按照GB 5226.1—2002(5.6对未经允许、疏忽和错误连接的防护)的规定配备相应的装置，防止未经允许、疏忽和错误的连接。

#### 4.6 触电防护

##### 4.6.1 概述

按照GB 5226.1—2002(6.1)的规定，电气设备应具备在下列情况下保护人们免受电击的能力：

——直接接触；

——间接接触。

##### 4.6.1 防护措施应按照GB 5226.1—2002(6.2直接接触的防护、6.3间接接触的防护)的规定。

#### 4.7 电气设备的保护

##### 4.7.1 防护设备应按照GB 5226.1—2002(7电气设备的保护)的规定。

##### 4.7.2 应采取措施防止电气设备受到下列影响：

——由于短路而引起的过电流应按照GB 5226.1—2002(7.2过电流保护)；

——过载应按照GB 5226.1—2002(7.3电动机的过载保护)；

——失压或欠电压应按照GB 5226.1—2002(7.5供电中断或电压降落随后复原的保护)；

——不正常温度应按照GB 5226.1—2002(7.4异常温度的保护)；

——机械或机械部件超速应按照GB 5226.1—2002(7.6电动机的超速保护)；

——接地故障应按照GB 5226.1—2002(7.7接地故障 / 残余电流保护)；

——相序错误应按照GB 5226.1—2002(7.8相序保护)；

——闪电或开关浪涌引起的过电压应按照GB 5226.1—2002(7.9闪电或开关浪涌引起的过电压的保护)。

如果上述一个错误触发安全装置使设备运行终止，则必须防止其自动重新启动。

#### 4.8 电压平衡

用户引起的电压不平衡度允许值按照GB / T 15543—1995电能质量三相电压允许不平衡度确定。

#### 4.9 控制电路和控制功能

##### 4.9.1 控制电路

台上舞台机械设备控制电路的设计应符合GB / T 16855.1—2005。

##### 4.9.2 控制功能



#### 4.9.2.1 控制装置

控制装置的选用应满足：

- 所有运动都应由控制装置来激活和终止，应具有明显的运行方向指示；
- 一旦控制装置释放，则运动马上停止；
- 控制装置应安放在操作人员可以安全监视危险区域的地方，可以引入辅助移动控制装置来实现安全操作的确认；
- 多个控制装置之间应互锁。

#### 4.9.2.2 最大行程限制(限位开关)

必须设置最大行程的上限和下限。推荐使用机械开关(无源操作)，也可使用电子编码器。

#### 4.9.2.3 工作行程

工作行程可以通过绝对值数字量、绝对值模拟量或者通过限位开关来实现。

#### 4.9.2.4 运行确认装置

当操作者所在位置无法监视设备运行时，有必要使用运行确认装置。

#### 4.9.3 编组运行

##### 4.9.3.1 异步编组运行

当到达限位开关或安全装置激活时，设备组内所有设备必须停止运行。

##### 4.9.3.2 同步编组运行

首先必须满足异步编组运行的要求。

同步编组运行，或单个机械装置相互关联(无论是行程同步还是时间同步)运行，必须监控其同步性。在任何模式下运行都不得超过同步运行公差。

如果安全装置触发、超过行程极限(如通过行程监视装置)或发生故障时，整个组合运行必须停止。故障时也不应超过特定的同步运行公差。

如果一个机械装置是由多个驱动装置驱动，或者由多个机械装置驱动同一载荷，必须保证其同步性。在任何模式下运行都不得超过同步运行公差。当安全装置触发，故障时也不应超过允许的同步运行公差。

##### 4.9.3.3 多组运行

当使用同一控制装置同时操作多个编组或多台设备运行时，不同编组或设备的运行模式得到显示。

#### 4.10 故障情况下的安全功能和控制功能

##### 4.10.1 概述

应在风险分析的基础上选择E / E / PES设备的安全功能。

E / E / PES指电气(E) / 电子(E) / 可编程电子系统(PES)。

E / E / PES所集成的功能也可作为安全功能，例如：

- 停止功能；
- 紧急停止功能；
- 起动功能；
- 速度限制；
- 过载和欠载；
- 位置限制；
- 速度偏差；
- 超过特定的同步运行极限值；
- 与特定的运行轨迹之间的偏差；
- 最大行程；
- 声音信号；
- 优先电路。

控制系统安全功能应符合GB 16855.1—2005(6在故障情况下控制系统有关安全部件的设计)的规

定。

当电气元件发生故障或受到干扰时，可能会导致危险状况或损坏设备，应按照GB / T 15706.1—1995第5章的有关规定采取合适的措施将危险发生的几率降至最低。

#### 4.10.2 冗余的设置

可以通过设置整体的或部分的冗余，减少电路中单个故障导致危险状况的可能性。

#### 4.10.3 危险的运行状态

设备中出现的故障不应导致危险的操作状态。危险状态如：

- 超过限定的速度；
- 承载部件过载或者松弛；
- 超过了允许的同步公差；
- 未按预定轨迹运行。

如果控制系统出现故障，不应影响设备运行的停止。逻辑电路不应妨碍安全装置的动作。

#### 4.10.4 安全装置及安全功能

一旦启动安全装置，必须有序关闭驱动装置的电源供应；

所有安全装置的功能必须是可检查的；

安全装置的启动状态在整个作用期间都应显示；

电子安全装置应使用位置开关或者安全电路。

在出现超行程、超速、过载或偏离特定运行轨迹等这些会造成危险和机械设备损坏的情况下，安全电路动作时应激活紧急停止功能。

##### 4.10.4.1 调速装置失效的防护

驱动系统中的调速装置应能自动识别会造成危险和机械设备损坏的速度偏差，并及时切断驱动装置的供电和启动机械制动。

##### 4.10.4.2 行程限制装置失效的防护

在行程限制装置失效时，紧急限位开关应停止机械设备的运行。液压缸的行程限制使用固定的、带阻尼的档块，其关闭由附加的装置，如压力开关来保证，就无需紧急限位开关。

紧急限位开关的紧急停止功能应为0类停机。

应综合考虑设备的最大运行速度和系统延迟时间来确定紧急限位开关的安装位置，保证在撞到固定结构(如栅顶、主轴端)之前安全停机。

紧急限位开关应具有自动自锁功能，并基于闭路原理。使用摩擦驱动系统时，紧急限位开关应直接由机械设备上的运动部件激活。

允许使用电子元件和测量装置代替机械式紧急限位开关，其安全水平必须与机械式紧急限位开关相等。

紧急限位开关启动时，机械设备的驱动和制动系统应独立关断。

对于可转换的设备，紧急限位开关的设置应能适应相应的行程范围。

##### 4.10.4.3 超过额定载荷时的防护

在超过额定载荷值1.2倍(过载系数)时，应使用安全相关系统停止机械设备，再启动时注意运行方向，必要时反向运行。

##### 4.10.4.4 承载件松弛时的防护

机械设备使用钢丝绳、链、带等作为承载件，载荷或承载件有导向时，在欠载状态(如由于承载件松弛)下应停止驱动装置，再启动时应注意运行方向，必要时反向运行。

##### 4.10.4.5 超过额定速度时的防护

机械设备的驱动装置在故障情况下速度会大于额定速度，在达到额定速度值1.25倍时必须停止。

##### 4.10.4.6 超过同步公差时的防护

机械设备组合运行时，当达到预定的同步公差极限时，整个组的设备都必须停止。

应能容易识别哪个驱动装置超出同步公差。

使用摩擦传动和强制传动系统时，其有效性应受到监控。

#### 4.10.4.7 超过限位开关时的停止

单个机械设备或者机械设备组如果超过限位开关，应停止。

在组合运行时应能识别哪个设备导致停机。

#### 4.10.4.8 未按预定轨迹运行的停止

组合运行时，如不符合预定轨迹，整个组的机械设备都应停止。

#### 4.10.4.9 连锁装置

危险区域的保护装置必须配备连锁装置，能够防止产生危险的运动并使运动停止。

这种连锁装置，是危险位置上的安全装置，出于场景的原因必须采取灵活措施保护，可以暂时地解除安全防护装置或者连锁装置。

如果停车装置(例如制动器、开关)的失效会导致危险情况，必须设置连锁装置以保证设备的安全。

#### 4.10.4.10 电源切断装置

按照GB 19517—2004(2.6电源控制及其危险防护)的要求，电源切断装置应能安全断开驱动装置的电路，可使驱动装置不会产生扭矩，以致因此引起危险运动。

#### 4.10.5 检测安全功能的装置

下列装置用于对每个机械设备的安全和防护设备实施功能检测：

——检测制动的装置；

——制动器的独立释放装置(每个制动的有效性必须能够检测)。

——检测安全极限的设备；

——限位开关的旁路装置；

——旁路装置，用于跨接被触发的安全开关和紧急限位开关，在相反方向上解除被锁定在紧急终端区域的驱动装置。每个安全开关的有效性都必须可以检测。

上述装置应防止无授权的操作，例如通过钥匙开关。

#### 4.11 紧急停机和紧急断电功能

##### 4.11.1 停机分类

按照GB5226.1—2002(9.2.5.3)停机功能有以下3类：

0类：立即关闭机械设备驱动部分的供电(不受控的停止)；

1类：控制的停止，为了达到停止的目的，仍保留机械设备驱动装置的供电，直到停止后才切断；

2类：控制的停止，一直保持机械设备驱动装置的电源。

0类、1类的停止功能必须独立于运行方式，其中0类停止具有优先权。

##### 4.11.2 紧急停机(紧急情况下停止工作)

按照GB 5226.1—2002(9.2.5.4.2)的规定，机械设备应设置紧急停机功能，用于停止驱动装置。

紧急状态下的停止必须达到0类停机或者作为1类停机。

##### 4.11.3 紧急断电(紧急情况下断路)

依据GB 5226.1—2002(9.2.5.4.3)紧急断电功能的作用是，当电气装置出现风险或机械设备引起危险时，切断机械设备整个或者部分的电力供应。

##### 4.11.4 紧急停机和紧急断电的执行及操动器

紧急停机和紧急断电开关应选择带锁定装置的按钮开关，且应以红色表示。如果是按钮的话，应为蘑菇钮。

如果同一台机械设备上有多个控制位置，那么每个控制位置上必须有单独的紧急断电装置。如果一个控制位置操控不同的设备，那么只需要一个共同的紧急断电装置，必须作用于所有相关的设备。

紧急断电装置的接触元件必须能强制打开。

紧急情况下的停止以及断电操动器在设备上必须是红色的。操动器的背景必须是黄色的。设备上用于紧急情况下停止 / 断电的操动器必须是棕榈型或者蘑菇头状。

#### 4.11.5 使能器件

使能器件是一个附加手动操作的控制器件，应设计成在一个位置启动时才允许运动。在其他任何位置时运动应停止。

使能器件应具有下列特征：

- 应连接0类或1类停止；
- 操动器件的布置应考虑人类工效学原则；
- 使能应该是确认过程的一个步骤。

#### 4.12 有关无线控制

##### 4.12.1 概述

无线控制必须符合GB 5226.1—2002(9.2.7)的要求。

使用无线(无线电、红外、激光)技术应该有易于断开操作控制站电源的措施。

应提供授权手段，防止未经准许使用操作控制站。

操作控制站应标识其控制范围。

##### 4.12.2 停止

操作控制站应包含单独、清晰可辨的装置，用于引发机械的停止功能或会对引起危险情况的所有运动引发停止功能。

配有无线控制的设备在下列情况下应该有自动引发机械停止和防止潜在危险操作的装置，

- 收到停止信号时；
- 系统检测出故障时；
- 在指定的时间周期内未检测出有效信号时，但不包括设备正执行预编程任务而被占用时，因此时超出了无线控制范围，又没有出现危险情况。

#### 4.13 可编程的电子 / 电气系统

##### 4.13.1 概述

本节适用于所有型式的电子设备，包括可编程序电子设备、组件、印刷电路板、器件和元件。

##### 4.13.2 基本要求

可编程的电子 / 电气系统应按照GB5226.1—2002(11.2)的规定。

##### 4.13.3 可编程的控制系统

必须防止无授权的人员更改存储器内容或更换存储器、防止未经准许使用操作控制站。

##### 4.13.4 用于安全功能的可编程控制系统

单通道编程控制系统不允许用于安全功能。

双通道编程控制系统(E / PES)可以用于安全功能，但其安全等级必须至少符合规定的SIL3。

设计E / PES时须注意，安全相关部件的单个错误不应导致安全功能失效。

设计安全装置的硬件和软件时应注意，在安全装置内部或周围出现故障时，必须保证其有效性，或保证机械设备仍在安全状态下。

下列标准必须使用：

- 故障时的控制功能，按照GB 5226.1—2002(11.3.4)的规定；
- 带有安全任务的计算机控制系统可以承担安全装置(故障情况下的控制功能)的功能。

#### 4.14 可编程控制系统(E / PES)用于与安全无关的功能

如果可编程控制系统无需承担安全相关的任务(如用于建立组等选择功能)，则没有特殊的要求。如果由可编程控制系统来实施选择功能，选择结果应通过一个离线的反馈信号来显示。可编程控制系统不应影响安全装置的有效性。

如果速度值和位置值不是用于实现与安全有关的到达预定位置的运动，也可以由计算机处理。

4.15 电器元件

4.15.1 操动器和标识

操动器颜色和标识应符合GB 5226.1—2002(10.2按钮)的规定。

4.15.2 指示灯、显示器的颜色与标识

指示灯、显示器的颜色与标识应符合GB 5226.1—2002(10.3指示灯和显示器)的规定。

4.15.3 紧急停止和断电装置

紧急停止和断路装置的布置、类型、功能及操控应符合GB 16754—1997的规定。

4.15.4 接触器

接触器及其所属的断路装置必须符合GB 1408.5—2001的规定，接触器的停止功能用来停止运行，并且由带安全功能的控制电路控制。接触器与其他部件组合在一起，要求防止触点熔焊粘连，不能阻止紧急停止功能。

4.16 导线和电缆

导线和电缆应满足以下要求：

- 绝缘；
- 保证电流负载能力；
- 保证线路工作电压降；
- 最小截面积。

4.17 布线技术

4.17.1 电柜内配线

电柜内配线应符合CECS49—1993(2.6主电路接线，2.7辅助电路接线)的规定。

主电路的小母线导线相序及颜色应符合表3的规定。

表3 主电路的小母线导线相序及颜色

组别		符号	颜色	垂直布置	水平布置	前后布置
交 流	1A相	L1 / U	黄	左	上	后
	2B相	L2 / V	绿	中	中	中
	3C相	L3 / W	红	右	下	前
	中性线	N	淡蓝	最右	最下	最近
	中性保护线	PEN	黄绿相间	最右	最下	最近
	保护线	PE	黄绿相间	—	—	—
直 流	正极	L+	棕	左	上	远
	负极	L-	蓝	右	下	近
	接地中线	M	淡蓝	—	—	—

注：安装位置按屏柜的正视方向

4.17.2 电柜外配线

电柜外配线应符合GB 5226.1—2002(14.4电柜外配线)的规定。建议使用符合或高于GB / T 19666—2005规定的阻燃电缆。

4.18 机械制动器用保护器件

机械制动器的过载和过流保护器件动作将引发有关的机械致动机构同时脱开，见GB 5226.1—2002(15.6)。

4.19 机械上的电器器件互联

如果装在机械设备上的开关电器(位置传感器、按钮等)是串行或并联的，这些接线应便于安装、充分保护，并在有关图中示出。

附录A  
(资料性附录)  
参考标准及规范

本准则在实施过程中，下列标准、规范可供参考：

- JGJ 67—2001 剧场建筑设计规范  
GB 50017—2003 钢结构设计规范  
GB 5972—2006 起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范  
GB 7588—2003 电梯制造与安装安全规范  
GB / T 16755—1997 机械安全安全标准的起草与表述规则  
GB 18209.1—2000 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  
GB / T 16499—1996 编制电气安全标准的导则  
GB 4943—2001 信息技术设备的安全  
SHB—Z06—1999 石油化工紧急停车及安全连锁系统设计导则  
GB 50171—1992 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范  
GB 50168—1992 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范  
GB 50256—1996 电气装置安装工程起重机电气装置施工及验收规范  
GB 50055—1993 通用用电设备配电设计规范  
CECS 49—1993 低压成套开关设备验收规程  
GB 50303—2002 建筑电气工程施工质量验收规范  
GB / T 16251—1996 工作系统设计的人类工效学原则  
GB / T 19666—2005 阻燃和耐火电线电缆通则  
CECS 31—1991 钢制电缆桥架工程设计规范第三章桥架工程设计  
GB / T 15969.4—1995 可编程序控制器第4部分用户导则  
GB 50231—1998 机械设备安装工程施工及验收通用规范第7章试运转  
GB / T 17045—1997 电击防护装置和设备的通用部分  
GB / T 14549—1993 电能质量公用电网谐波

附录B  
(规范性附录)  
吊杆使用信息

C1 标识

吊杆除在驱动设备上设置铭牌外，还必须在杆体两端设有醒目的标牌，注明编号、额定载荷。额定载荷为不含杆体自重的有效荷载。标牌应牢固固定并易于操作者辨认，标牌大小、形式可根据用户要求确定。

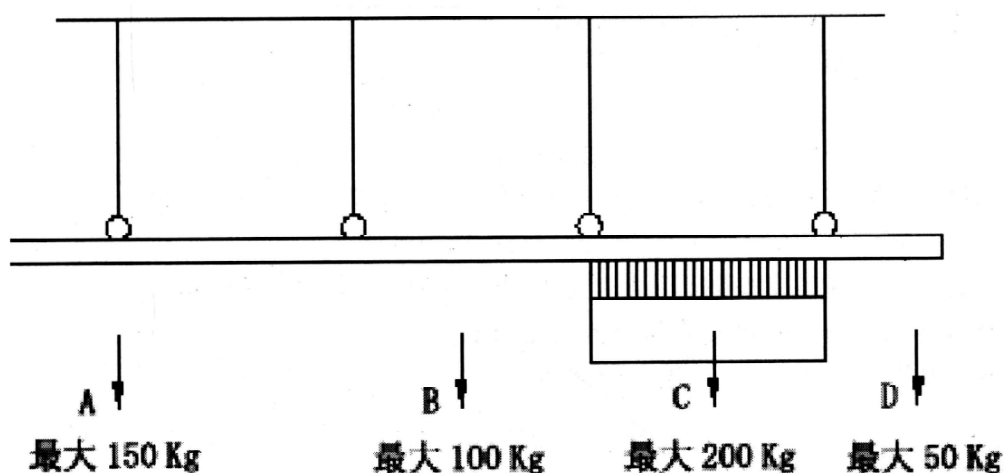
C2 标尺

杆体的中心线应用双黄线标出，从中心线往外每1m处用单黄线标出。

C3 载荷信息示例

吊杆所能承受的载荷与吊点数量、载荷分布情况有关，在操作人员视线范围内应有载荷指示牌标明载荷信息。例如图B1：4吊点手动吊杆载荷信息示例。

手动平衡吊杆  
有效载荷350Kg



图B1 载荷指示牌标示的载荷信息示例

- 注：A 单个吊点下承受最大的集中载荷，与钢丝绳尺寸有关；  
B 两个吊点之间的最大集中载荷，与杆体的尺寸和最大的载荷A有关；  
C 两个吊点之间最大的均布载荷，与杆体的尺寸和最大的载荷A有关；  
D 杆体末端的最大集中载荷，与杆体的尺寸和最大的载荷A有关。