

行业标准《舞台机械 控制系统安全要求》 编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

全国剧场标准化技术委员会 2018 年 11 月 6 日发文（剧场标委会【2018】13 号），行业标准《舞台机械 SIL3 控制系统安全要求》由全国剧场标准化技术委员会申报，并经文化和旅游部科技教育司批准立项（立项号：WH2018-03）。

根据全国剧场标准化技术委员会 2022 年 5 月 12 日《关于“舞台机械安全”等三个标准工作协调会会议纪要》，初步同意标准《舞台机械 SIL3 控制系统安全要求》更名为《舞台机械 控制系统安全要求》。

（二）协作单位

本文件参与起草单位为：中国演艺设备技术协会、浙江大丰实业股份有限公司、中国艺术科技研究所、国家舞台设备质量检验检测中心、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、成都炎兴自动化工程有限公司、成都德焘文化科技有限公司、甘肃工大舞台技术工程有限公司等。

（三）起草过程

2022 年 5 月 12 日全国剧场标准化技术委员会组织了一次线上会议，重启《舞台机械 控制系统安全要求》的编制工作。根据这次会议精神，负责起草单位当天即组建了编制组，并迅即启动工作。

2022 年 7 月 8 日完成讨论稿 1，并发给编制组各位老师讨论。

截止 2022 年 7 月 19 日，收齐并汇总编制组各位老师对“讨论稿 1”的反馈意见。反馈意见中提到和正在编制的国标《舞台机械安全》存在较多的重复，需要协调两标准各自的侧重点。为此，2022 年 8 月 2 日起草人建议由剧标委或协会牵头组织一次线下会议，协调并探讨两标准的侧重点，确定本标准的编制方向，便于大家统一意见。当初由

于疫情的原因，线下会议难以组织。

2025 年 1 月 2 日接到全国剧场标准化技术委员会通知，计划与 2025 年 1 月 10 日在北京召开文化行业标准《舞台机械 控制系统安全要求》研讨会。在讨论稿 1 反馈意见的基础上进行了修订并于 2025 年 1 月 7 日形成讨论稿 2，发给编制组各位老师，便于在京会议上深入讨论。

2025 年 1 月 10 日的北京研讨会，专家老师畅所欲言，集思广益，进行了广泛深入的交流，并对讨论稿 2 进行了逐条讨论，并达成一致的修改意见。

基于北京会议上达成的修改意见，继续对讨论稿进行修改、完善和补充。于 2025 年 1 月 22 日形成讨论稿 3，并发给各编制组老师继续讨论。

基于截止 2025 年 2 月 28 日收到的讨论稿 3 的反馈意见表，继续修改完善，并于 2025 年 5 月形成公开征求意见稿（稿 4）和编制说明。

（四）主要起草人及其所做的工作

主要起草人及其所做的工作如表 1 所示：

表 1 主要起草人及其所做的工作

序号	姓名	性别	职称或职务	工作单位	课题分工
1	薛焕新	男	高级工程师	浙江大丰实业股份有限公司	主笔起草
2	王涛	男	正高级工程师	中国艺术科技研究所	参与起草
3	郭金锁	男	专委会秘书长	中国演艺设备技术协会	参与起草
4	郑辉	女	高级工程师	国家舞台设备质量检验检测中心	参与起草
5	朱国良	男	高级工程师	浙江大丰实业股份有限公司	参与起草
6	李由	女	工程师	北京北特圣迪科技发展有限公司	参与起草
7	杜安坤	男	高级工程师	北京金东高科科技有限公司	参与起草
8	侯鹏强	男	总经理	成都炎兴自动化技术有限公司	参与起草
9	杨震	男	高级工程师	成都德焘文化科技有限公司	参与起草
10	白彦斌	男	电气部部长	甘肃工大舞台技术工程有限公司	参与起草
11	龚奎成	男	高级工程师	北京北特圣迪科技发展有限公司	参与起草
12	刘榛	男	正高级工程师	浙江大丰实业股份有限公司	参与起草
13	吴太利	男	高级工程师	浙江大丰实业股份有限公司	参与起草
14	王小君	男	高级工程师	浙江大丰实业股份有限公司	参与起草

15	马韵彤	女	工程师	中国艺术科技研究所	参与起草
16	吴菲	女	标准管理负责人	中国演艺设备技术协会	参与起草

二、标准内容及编制情况

（一）编制原则

- 1) 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。
- 2) 本文件参考了欧洲标准 EN 17206:2020，并整合原台上/台下设备行业标准（WH/T 28-2007、WH/T 36-2009）中的必要内容，同时结合我国舞台机械行业发展的实际情况编制而成。
- 3) 标准的文字表述符合汉语的习惯和规范，并符合 GB/T 20001.5-2017《标准编写规则 第5部分 规范标准》。
- 4) 在标准中用到专用名词进行准确定义，必要时进行注释说明，确保标准中要求不会发生歧义。

（二）确定主要内容的依据

1. 名称

根据全国剧场标准化技术委员会 2022 年 5 月 12 日《关于“舞台机械安全”等三个标准工作协调会会议纪要》，初步同意标准《舞台机械 SIL3 控制系统安全要求》更名为《舞台机械 控制系统安全要求》。

2. 范围

本文件适用于设置在各种演出场所的舞台机械，这些场所包括专业剧场、多用途剧场、多功能剧场、音乐厅、露天剧场等室内外演出场所，以及供演出和集会活动的各种其它场所。

所述舞台机械主要用于通过悬吊、升降、平移及旋转等方式运载景物或道具，也可用于载人；或人员可处于这些静止或载物运动的设备下方活动。

本文件不适用于刚性防火隔离幕、电动葫芦、运景吊机的设计或控制。

临时使用搭建的及杂技用的机械装置可参照本文件。

3. 主要技术内容说明

本文件主要技术内容包含 7 个部分：

- a) 术语和定义（第 3 章）；
- b) 通用要求（第 4 章）；
- c) 电气设备及控制电路（第 5 章）；
- d) 安全功能和安全保护（装置）（第 6 章）；
- e) 安全验证（第 7 章）；
- f) 使用信息（第 8 章）；
- g) 附录。

1) 第 3 章，为了使本文件所使用的概念和术语符合所界定的专业范围，在编写过程中尽量使用相关标准中的定义和概念，这样也避免有可能发生概念混淆的现象。同时增加了两个术语和定义：控制电路和编组同步容差。

2) 4.1 通则 主要规定以下几点：

- a) 规定在设计舞台机械控制系统时应进行风险评估，对不可接受的风险应制定相应的安全要求和/或风险减小措施；
- b) 规定应根据 IEC62061 和/或 GB/T 16855.1-2018/ISO 13849-1:2015 要求，通过对设备的风险评估，确定电气控制电路所需的 SIL 等级或性能等级 PLr；
- c) 根据所需的 SIL 或 PLr 选择合适的安全措施和防护装置，确保暴露于危险中的人员达到可接受的风险水平；
- d) 舞台机械控制系统不应通过切换矩阵的方式实现一个变频器控制多个不同的设备；控制系统设计和安装时应遵守的一些国家和国际标准。

3) 4.2 物理环境与运行条件，规定 EMC 的排放要求以及电气机房和控制室温湿度环境要求。

- 4) 5.2 电气设备的各种保护;
- 5) 5.3.1 切断调速设备电源的措施:
 - a) 电源和变频器之间采用接触器隔离 (电源隔离);
 - b) 选用带 STO 功能的变频器, 否则变频器和电机之间应采用接触器隔离 (电机隔离)。
- 6) 5.3.2 切断定速设备电源的措施: 设置正反转接触器的同时, 还应设置一个主接触器, 以防止因触点粘连产生危险。
- 7) 5.4 关于电击保护, 特别强调在潮湿环境、户外或水下设备等特殊场所, 应符合 GB/T 16895.19-2017/IEC 60364-7-702:2010 根据设备潮湿场所分区设计相应的防电击措施。
- 8) 5.5 急停功能, 对急停功能的设计依据和要求做了规范:
 - a) 急停功能的设计应符合 GB/T 16754-2021/ISO 13850:2015;
 - b) 每个操作者控制站都应配备急停装置;
 - c) 附加的急停执行机构位置应根据风险评估;
 - d) 急停执行机构应停止受影响区域内所有设备的运动, 包括不同装置的设备;
 - e) 急停分 0 类停止 (不可控停止) 和 1 类停止 (可控停止), 类别的选择应基于风险评估和设备的功能需求;
 - f) 紧急切断装置应具有强制断开功能;
 - g) 紧急切断和停止装置应按 GB/T 5226.1-2019/IEC 60204-1:2016 设计。
- 9) 5.6 提供冗余, 控制电路冗余设计的原则:
 - a) 通过提供部分或全部的冗余, 尽可能将电路中单个故障导致危险状态的概率降到最低。
 - b) 在安全电路和安全装置设计时, 如果相关接触器、继电器故障可能会使安全功能失效, 则应对此类接触器、继电器提供冗余;
 - c) 进行冗余设计时, 应考虑多样性要求, 避免共因失效。

- 10) 5.7 操纵装置的设计原则：
- a) 强调所有的运动都应通过操纵装置来激活和终止；不应采用鼠标或触摸屏点击图形按钮的方式启停设备；操纵装置应防止无意的动作和未经允许的动作；
 - b) 对于多个控制站的系统，应通过硬件或软件的互锁阻止由多个操纵装置同时控制同一个轴或轴编组。
- 11) 5.8 使能装置，规定使能装置的使用场合和设计依据：
- a) 当操作员监视不到设备运动且又没有其它安全监控手段，或有特殊安全要求时，应设置使能装置；
 - b) 使能装置的设计应符合 GB/T 5226.32-2017/IEC 60204-32:2008。
- 12) 5.9 无线操纵装置
- a) 应符合 5.7 要求；
 - b) 系统故障或规定时间内未检测出有效信号应自动停机。
- 13) 6 安全功能和安全保护（装置），根据安全评估选择合适的安全功能和安全保护（装置）：
- a) 6.1 通则中，安全功能的作用是通过本质安全设计来消除危险或减少危险相关的风险；附录 B 是针对特定用例的安全功能指南。
 - b) 安全功能和安全保护有：急停功能（STO/SS1），安全制动控制，速度监控保护（速度偏差保护/超速保护）、安全位置监控（超软限位保护/位置偏差保护）、编码器数据校验、运行方向保护、编组保护、程序互锁保护、欠载或松绳保护、乱绳保护、防挤压和防剪切保护、防撞保护、超行程保护、防止形成危险区域、防止进入危险门。
- 14) 7 安全验证
- a) 临时屏蔽安全功能仅允许用于测试目的或特殊的环境；
 - b) 安全功能应由制造商和集成商进行验证和确认，并将结果记录在案；

c) 安全验证项目及方法按表 1 执行。

15) 8 使用信息包括：电气标牌、安全标志、技术资料。其中技术资料包含操作手册、维护手册和电气竣工图。

16) 附录 A 分别给台上机械、台下机械（升降和平移）用例做了定义。

17) 附录 B 针对特定的用例，推荐了相应的安全功能和措施。

（三）修订标准前后技术内容对比（可选）

新标准，无修订。

三、标准分析综述

（一）技术经济论证

标准的编制，对规范行业发展，提高舞台机械控制系统安全等级，保障设备使用安全和人身安全，都具有非常重要和迫切的意义。另外，早期舞台行业标准主要参考德国工业标准 DIN 56950，现在欧标 EN 17206:2020 已取代了 DIN 56950，特别是它针对不同的用例推荐了相应的安全功能，因此该标准更具参考价性和操作性。本文件的编制同时也是为了紧跟国际相关标准的发展。

（二）预期的经济效益、社会效益和生态效益

标准化是行业发展和兴旺的保障，也是行业发展走向进一步成熟的标志。近年来，我国文化装备业的大发展与国家科技进步、创新驱动、产业升级、民族工业崛起同步奋进，演艺装备行业中的舞台机械专业也随之得到蓬勃发展。其中，离不开标准化、规范化的推动作用。

本标准的制定，对于舞台机械控制系统无论从电气硬件设计，还是从软件控制都有了统一的安全要求，提升了舞台机械的安全性和可靠性，将为舞台机械技术的发展起到切实显著的作用。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本文件参考了欧洲标准 EN 17206:2020《娱乐技术—舞台和其它作业区域的机械—安全要求与检测》（英文版）（Entertainment technology – Machinery for stages and other

production areas –Safety requirements and inspections），该标准替代德国标准 DIN56950-1-2012-05。德国标准 DIN56950-1 从 1960 年以来历经 8 个版本的修订，是国际上比较完整、系统、成熟的有关舞台机械产品的安全标准，其 2012 版被欧洲标准化组织吸纳、修订、转化为欧标 EN 17206:2020-09。这个标准的表述规则遵循了 ISO GUIDE 78:2012（指南文件）的规定，实现安全目标的原则与措施遵循了 ISO 12100-2010 的要求。

与 EN 17206 相比，所编制标准的内容有以下异同：

- 1) 本文件只涉及控制系统，不包含机械设备。
- 2) 在设计舞台机械时，应确定设备的各种限制，根据 IEC62061 和 ISO13849 的要求，通过对设备的风险评估，确定电气控制电路所需的安全完整性等级 SIL 或性能等级 PLr。这个大前提是一致的。
- 3) 本文件明确不应通过矩阵切换的方式实现一个变频器控制多个不同的设备。这一点在 EN17206 中没有提到。
- 4) 对 EMC 的要求，考虑到可操作性，本文件只对控制台做了要求，而 EN17206 针对电气/电子设备。
- 5) 关于操纵装置，本文件明确规定不应采用鼠标或触摸屏点击图形按钮的方式启停设备。说明：这是目前有些小企业还在继续实施的不安全的操作方式。
- 6) 关于无线装置，本文件并不要求全文满足 EN60204 和 ISO13850，只引用了该标准中的某些条款。
- 7) 考虑到防结构过载保护和防驱动传输故障保护具体实施有一定的难，本文件没有要求；另外还增加了软限位保护、编码器数据校验、运行方向保护、程序互锁保护等等；其余安全功能和安全保护（装置）基本和 EN17206 一致。
- 8) 增加了控制系统安全验证项目及方法。
- 9) 引用了 EN17206 中的附录关于用例定义和推荐的安全功能和措施，分别作为本文件的资料性附录 A 和附录 B，其它附录没有引用。

总之，本文件参考了 EN 17206 中科学、合理、可行的重要原则及措施，同时结合我国舞台机械行业发展的实际情况编制而成。

五、与相关国际标准的关系

本文件的编制主要参照了欧洲标准 EN 17206:2020 中第 7 章 电气设备及控制系统，及附录 B 和 C。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

目前舞台机械行业有台上设备安全（WH/T 28-2007）和台下设备安全要求（WH/T 36-2009），分别包含舞台机械台上和台下设备控制系统的安全要求。本文件不是把上述两个标准中控制部分简单地整合，而是在此基础上结合最新国家/国际标准和最新的控制技术有了更高的要求，提升了舞台机械控制系统的安全等级。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

经编制组反复讨论，目前无重大意见分歧。

八、涉及专利的有关说明

该文件的前言中已有申明：“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。”

九、实施标准的要求和措施建议

（一）实施标准的要求

无。

（二）组织措施、技术措施

无。

（三）标准过渡期和实施日期的建议

建议在审批程序完成后发布实施。

（四）废止现行有关标准的建议（可选）

无。

十、其他应当说明的事项

舞台机械设备所需的安全完整性等级 SIL 或性能等级 PL_r 是根据 IEC 62061:2021 和/或 GB/T 16855.1-2018/ISO 13849-1:2015 的要求，通过对设备具体的风险评估来确定的，并不是所有的舞台机械设备都必须按 SIL3 或 PL_d 的最高安全等级要求来设计，这不是必要的。因此，计划将原标准立项名称《舞台机械 SIL3 控制系统安全要求》更名为《舞台机械 控制系统安全要求》，这样使得该标准文件更科学、合理。