



中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20058—2012

代替 EJ/T 759.2-2000

核电厂控制室屏幕显示的应用

The application of visual display units in control rooms of nuclear power plants

2012 - 01 - 06 发布

2012 - 04 - 06 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言 II

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 设计要求 2

5 VDU 画面的设计和实现 7

6 大屏幕显示的设计和实现 10

7 验证 15

8 确认 16

附录 A（资料性附录） VDU 显示的优缺点 17

附录 B（资料性附录） 画面、典型应用和部分特性的实例 19

附录 C（资料性附录） 画面设计和实现依据 21

附录 D（资料性附录） 访问信息方法的实例 22

附录 E（资料性附录） VDU 的验证和确认 23

附录 F（资料性附录） 显示电厂工况和设备状态信息的 VDU 画面设计的方法 25

参考文献 27

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替EJ/T 759.2—2000《核电厂控制室控制器和屏幕显示的应用 第2部分：屏幕显示的应用》。与EJ/T 759.2—2000相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 删除了“IEC 前言”；
- 增加了“大屏幕显示”等术语及其定义；
- 在“4.1 预期的目的和应用”中，增加了对“显示器的数量和布置”和“避免日光和照明问题的布置”的要求；
- 修改了“4.4 系统性能”的要求；
- 增加了对改造或升级应用的覆盖（见 5.1）；
- 增加了对颜色使用的要求（见 5.4.1.2）；
- 增加了“6 大屏幕显示的设计和实现”的要求。

本标准使用重新起草法修改采用IEC 61772:2009《核电厂 控制室 屏幕显示的应用》。

本标准与IEC 61772:2009存在结构上的调整，调整的情况集中反映在第3章“术语、定义和缩略语”中，具体调整如下：

- 增加了“3.1 术语和定义”、“3.2 缩略语”；
- IEC 61772:2009 中的 3.1～3.5 对应本标准的 3.1.1～3.1.5；
- IEC 61772:2009 中的 3.8 对应本标准的 3.2；
- 删除了 IEC 61772:2009 中的 3.6、3.7。

本标准与IEC 61772:2009的技术性差异及其原因如下：

- 为了符合 GB/T 1.1—2009 对标准编写的要求，改写了第 1 章，将部分内容放入引言中；
- 关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 15474 代替 IEC 61226；
- 用 GB/T 22188（所有部分）代替 ISO 11064（所有部分），两项标准各部分之间的一致性程度如下：
 - ◆ GB/T 22188.1—2008 控制中心的人类工效学设计 第 1 部分：控制中心的设计原则（ISO 11064-1:2000，IDT）；
 - ◆ GB/T 22188.2—2010 控制中心的人类工效学设计 第 2 部分：控制室的布局原则（ISO 11064-2:2000，IDT）；
 - ◆ GB/T 22188.3—2010 控制中心的人类工效学设计 第 3 部分：控制室的布局（ISO 11064-3:1999，MOD）。
- 用修改采用国际标准的 EJ/T 1118 代替 IEC 61771；
- 用修改采用国际标准的 EJ/T 1143 代替 IEC 61839；
- 用修改采用国际标准的 NB/T XXXX 代替 IEC 61227；
- 用等同采用国际标准的 NB/T 20026 代替 IEC 61513；
- 用等同采用国际标准的 NB/T 20027 代替 IEC 62241；
- 删除了 IAEA Safety Guide NS-G-1.3 的引用。

——删除了术语“3.6 触摸屏”、“3.7 屏幕显示单元”及其定义；

——增加了对“显示器的分辨率”的要求（见 4.4），补充对 VDU 自身的要求，为 VDU 选型提供指导；

——在正文中增加了 IEC 61772 中缺少的关于附录 C 和附录 F 的提示语。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：北京广利核系统工程有限公司、中广核工程有限公司、上海核工程研究设计院。

本标准主要起草人：吴瑶、孟广国、吕秀红、徐晓梅、史凯、詹林钰、王志成、马骏、王伟、毛磊、宋立新、黄君龙。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

EJ/T 759—1993、EJ/T 759.2—2000。

引 言

本标准是GB/T 13630《核电厂控制室的设计》的补充标准，给出了关于核电厂主控制室的屏幕显示应用的设计要求。针对核电厂主控制室的设计，GB/T 13630提出了对布置、用户、验证与确认方法等方面的一般性要求。这些内容在本标准中不再重复。同时，本标准宜结合NB/T 20059《核电厂控制室操纵员控制器》、EJ/T 1118《核电厂控制室设计验证和确认》、NB/T 20027《核电厂控制室报警功能与显示》以及EJ/T 1143《核电厂控制室设计 功能分析与分配》共同阅读。

在确定VDU与常规（盘）同时使用或用VDU替代常规显示的应用形式时，本标准主要通过两方面协助设计人员：

- 确定原则，利用 VDU 的优势性能；
- 给出良好的应用实例，指导设计人员避免设计缺陷。

本标准主要包含以下内容：

- a) 对信息需求的要求：
 - 根据信息目标，如运行、维护以及保护；
 - 考虑所必需的场所大小，如安装位置、布局；
 - 使用层次和（或）关联；
 - 避免不必要的信息；
 - 确保信息的相关性。
- b) 对良好显示的要求，如：
 - 刷新频率恰当、清晰且无闪动的显示；
 - 足够的显示空间以及优化的布局；
 - 适当的画面和符号尺寸；
 - 显示字符—数字、图片以及符号的能力；
 - 标准化的、通用的符号与命名；
 - 依据人因需求（如人的习惯）而进行的布局；
 - 编组和编码方法的使用；
 - 一致性流向的使用；
 - 依据不同预期用户的需求而采用的恰当简化。
- c) 简易、快速地访问当前所关注的特定信息的方法：
 - 根据信息目标，简单选择单个画面或画面集；
 - 使用不同类型的菜单（邻近信息的图标），或采用 VDU 屏内或屏外的软键或光标的其他访问技术（前一画面、在屏上选择等）；
 - 使用程序显示方式（如由报警信号的任意一个二进制信号触发）。
- d) 为确保达到某一特定信息目标的所有功能均具备适当的可靠性，所需遵循的设计准则。

核电厂控制室屏幕显示的应用

1 范围

本标准给出了对核电厂控制室的屏幕显示（VDU）应用的设计要求。

本标准适用于新设计的核电厂控制室。对于现有控制室或控制区域的设计，应注意本标准所做的某些假设（如自动化程度）可能不适用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 15474 核电厂安全重要仪表和控制功能分类（GB/T 15474—2010, IEC 61226:2005, MOD）

GB/T 22188（所有部分） 控制中心的人类工效学设计[ISO 11064（所有部分）]

EJ/T 1118 核电厂主控室设计的验证和确认（EJ/T 1118—2000, IEC 61771:1995, MOD）

EJ/T 1143 核电厂控制室设计 功能分析和分配（EJ/T 1143—2002, IEC 61839:2000, MOD）

NB/T 20059—2012 核电厂控制室操纵员控制器（IEC 61227:2008, MOD）

NB/T 20026 核电厂安全重要仪表和控制系统总体要求（NB/T 20026—2010, IEC 61513:2001, IDT）

NB/T 20027 核电厂主控室的报警功能与显示（NB/T 20027—2010, IEC 62241:2004, IDT）

IEC 60964:2009 核电厂控制室的设计（nuclear power plants – control rooms - design）

3 术语、定义和缩略语

IEC 60964界定的以及下列术语和定义以及缩略语适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

相关信息 associated information

对单一画面或画面集的主要显示内容进行补充的附加信息或辅助信息。可用某些图标（如作为显示信息组成部分的导航标记）来表明存在这种附加的显示能力，且图标的选择将触发单一画面、图形菜单或适当的文字数字菜单的显示。

3.1.2

大屏幕显示 large screen display (LSD)

用于浏览、任务共享、远距离监视的大型显示形式。

3.1.3

导航标记 navigation targets

显示屏上用于访问其他显示内容的区域。当指针或游标触发该区域时，产生一个相应的控制动作。

3.1.4

主显示 primary display

作为主要显示（或主显示之一）的VDU，便于操纵员执行主要的监控任务。VDU的布置需更加严格，使操纵员从操作位置上能有效地使用它们。

3.1.5

辅助显示 secondary display

起辅助作用的VDU，例如增进对综合状况的了解、运行班组间的合作、在MCR周围走动时的临时监测、在未承担较具体任务时的总体监测。

3.2 缩略语

CRT：阴极射线管（Cathode Ray Tube）

DLP：数字光处理（Digital Light Processing）

LCD：液晶显示（Liquid Crystal Display）

LSD：大屏幕显示（Large-Screen Display）

MCR：主控制室（Main Control Room）

NPP：核电厂（Nuclear Power Plant）

V&V：验证与确认（Verification and Validation）

VDU：屏幕显示（Visual Display Unit）

4 设计要求

4.1 预期的目的和应用

4.1.1 一般要求

VDU系统的设计过程应体现IEC 60964:2009的要求。设计过程应明确显示系统的目标，如：安全性、可用性、可操作性。

在对一个现有核电厂的显示系统进行更新改造时，应鉴别IEC 60964:2009和本标准的应用范围。

应按照NB/T 20026和GB/T 15474中系统的分类来确定可用性要求。

VDU系统的设计应便于操纵员正确并迅速地执行任务，同时宜考虑显示信息与任一相关控制器之间的关系。

应考虑控制和显示的集成以及操作规程的类型（基于事件、基于征兆或是基于状态）。

在选择所使用的显示类型时，应考虑相关信息的表示。

设计应基于人类工效学原则，保证易于操作，并尽量减少操纵员在意向和执行两方面的失误。

当VDU上显示的信息是主要信息源，且对操纵员总工作量有较大影响时，显示的设计应减少监测、运行及问题处理方面的工作量，以避免信息超负荷。

VDU系统的设计应明确定义显示器的预期目的、安全作用以及基本性能要求，并形成文件。

下列因素对整个系统的必要范围、结构和能力都有重要影响：

- 是新的设计还是后续改造；
- 与安全、非安全或法定许可证有关的因素；
- 电厂自动化程度；
- 主要用户的能力和 demand；
- 仅显示还是集成软控制器。

可根据资金、时间限制、经验积累或软件硬件技术发展水平的变化，以及可能影响操纵员作用的基本原则的变化，分一步或几步完成VDU系统。

基于VDU显示的相关资料参见附录A。

本标准提供了屏幕显示设计的一般性指导，但当工程项目需要更详细内容时，应建立一套具体的设计和样式导则。为此，本标准也给出了指导，以确保具体的工程项目手册在显示、系统以及旧（或新）设备方面的设计具有一致性。

4.1.2 显示器的数量和布置

通常，首要设计决定之一是控制室的总体配置：

- 计算机工作站及其硬件（如 VDU、键盘）的数量和布置；
- 其他硬件物项（如报警器和控制器）的数量和位置。

为了减少以后的设计变更，进行操纵员任务的早期分析时，宜：

- 分析将向操纵员显示的信息；
- 从运行班组获得输入。

对于新电厂的设计，设计团队中宜包括：

- 具有以前电厂运行经验的工作人员；
- 具有类似电厂运行经验的工作人员；
- 有代表性的未来操纵员。

在确定适当显示区域的数量时，宜考虑：

- 操纵员同一时刻所需要的信息；
- 信息在显示页面内的布置；
- 显示页面在显示体系中的布局；
- 访问信息的方法。

宜考虑小组成员间活动的协调性。

4.1.3 避免日光和照明问题的布置

控制室设计通则中给出的总要求和指导是与本设计相关的。

主要的照明问题是提供充足的光线来照亮印刷和书写的材料，而又不引起显示屏（和大屏幕）过亮或屏幕对比度降低。

一般而言，控制室的整体照明宜采用间接的和略微漫射的方式。

在确定工作区整体外观的过程中，房间装饰和家具颜色很重要。

装饰面的反射能力宜支持漫射光，而又不过分降低VDU和LSD的对比度。

照明方案和光源的选择宜与其余的设计过程综合考虑，不宜零碎地或孤立地处理。

在控制室内添加的每个新光源或明亮表面都可能引起各种各样的问题，例如：

- 规划外的辅助照明能引起 VDU 屏幕上的眩光或反光；
- 规划外的普通照明能将“废光”或散射光投射到 LSD 上，从而降低：
 - 对比度；
 - 色饱和度；
 - 可读性。

注意，用低增益投影屏比高增益投影屏更容易引起上述问题。

采光的窗户尤其易引发LSD的问题。

对于光线的分布，可能需要仔细控制。

前投式投影机的放置不应造成操纵员工作站显示器的眩目或反光。

宜根据室内照明条件谨慎使用颜色。注意：

- 在明亮的房间内，不饱和色是难以区分的；
- 在昏暗的室内照明下，相似的颜色是难以区分的。

光源应具有中性色彩的显色性。

如果控制室使用了颜色编码，不宜再用有色的环境照明。

不宜使用显色性不佳的灯光类型。

当操纵员连续使用显示器时，如果控制室有可以使用的应急照明设备，则它也要有良好的显色能力。

4.2 主要用户

作为设计要求定义的一部分，应识别每组VDU的主要用户。他们可能是反应堆操纵员或电厂的其他操纵员、值长、维修人员或管理人员。对LSD而言，在MCR的不同区域可能有不同的用户或用户组。

对显示信息的理解程度主要与主控室操纵员的认知能力有关，从一开始就应同他们就画面的设计进行充分合作。这是因为在正常、瞬态和事故工况下，主控室操纵员都是核电厂信息系统的主要用户，只有他们始终在场并负责运行。

除了基本信息外，应向值长、安全工程师以及现场和场外的其他顾问（根据习惯的做法）提供更为精练和概括的信息显示。在长期、复杂的工况下，这些信息可能关系到分析和决策。当确定的功能之一是保持状态提示和促进运行班组的合作时，这种显示形式也可用于LSD。

设计的目标是通过利用和支持操纵员的认知能力和专业知识，增强操纵员在安全和性能优化方面的作用。

核电厂显示器的使用经验表明，操纵人员和维修人员需要访问工作站VDU显示系统中的所有电厂信息，包括直接的和导出的，并且应当包括一些专门设施，以便显示以下信息：

- 逻辑控制算法；
- 触发整定值；
- 报警阈值；
- 信号量程因子；
- 输入赋值；
- 其他用于定义显示应用性能的系统特征。

这类设施在电厂调试期间以及修改确认时有特殊价值。

4.3 故障准则

宜根据GB/T 15474的安全分类方法和核电厂安全要求，尤其是来自核监管部门的安全要求来确定可靠性要求和故障准则。信息系统故障意味着信息的降级，其充分性和准确性已不足，无法正确地理解或执行一项安全任务。系统的单一故障是指一个部件（如传感器、处理器或显示单元）的任何故障。

VDU的应用可包括：

- a) 非安全有关的独立屏幕和 LSD 以及其他仪表，用于增强对某些情况的了解，或便于早期检测异常情况，例如提示自动系统的动作、能量或流体的流动和平衡，以及少量的放射性释放或泄漏；
- b) 用于安全有关信息和控制的 LSD 和屏幕，例如在电厂设计基准工况和超设计基准工况下，按照安全有关的规程执行动作所必需的信息和控制；
- c) 用于安全的屏幕，例如专用安全盘的屏幕；
- d) 信息和控制集成系统中的软控制器。

这些应用可用于新控制室的设计或控制室的后续改造。

对于情况a)，冗余通常不是必需的，可以接受信息功能的偶然故障。

对于情况b)：

- 应提供冗余，以保证系统中单一部件故障不应妨碍其总功能的执行；
- 显示功能（由集中显示的信息组成）应具有可用性，满足相关文件的安全要求。

对于情况c)：

- 单一显示故障不应妨碍安全要求的操纵员动作。对此可采用冗余和多样的信息显示和控制；
- 处理事故所必需的信息只应依靠有充分冗余度的、安全合格的测量，但也可用其他信息加以补充；
- 应参照有关文件的安全要求，考虑信息功能故障的概率。

对于情况d)，应按照a)、b)、或c)的安全和可用性准则考虑单一显示故障，并对其采取有关控制行动。

4.4 系统要求

4.1~4.3使设计人员能够确定对VDU的要求，本条规定了高层次的要求。

设计导则宜就具体的响应时间、视角范围等给出详细的指导。

应就以下方面制定详细要求：

- 计算和存储的容量和结构；
- 信息所必需的冗余、多样性和复杂性；
- VDU 或 LSD 的环境条件和要求。

应针对以下各项建立主要用于工作站VDU系统的设计要求：

- VDU 设备提供的字符和符号的尺寸；
- 当使用字符矩阵时，足以区别符号的像素数目；
- 对主显示或辅助显示最大视角（视线和显示屏垂直线之间的夹角）的具体要求；
- 对字符和符号与背景的对比度的具体要求，背景亮度可调节；
- 数字信息的更新频率。

此外，对工作站VDU系统的设计有以下固有要求：

- 一个画面（画面集）的任意元素的调用时间都应满足任务分析得出的显示需求；
- 一个画面（画面集）的任意元素的调用时间都应满足操纵员对显示的人因需求；
- 无论电厂处于稳态还是瞬态，数字信息的更新频率都能保证操纵员轻松并准确地读取数据，且最低位显示的数字宜会快速变化；
- VDU 设备提供的字符和符号的尺寸在易读性上宜足以满足人因要求。

应确立对VDU自身的要求，并包括：

- 编码信息所使用的颜色；
- 屏幕的刷新频率；
- 显示器的分辨率；
- 安装设备间的照明光谱；
- CRT 类型 VDU 的荧光余晖；对其他的显示技术，如使用液晶显示器、数字光处理投影仪，可采用其他的特殊考察因素。

此外，对VDU本身有以下固有要求：

- 避免文本或变量的闪动；
- 应提供适当的措施，确保其他光源在屏幕上的反射始终保持在可接受的水平，而不影响任务的执行或引起不适；
- 软控制器应具备反馈机制，能提供信息指示调用的动作是否已执行；应对关键动作予以保护，避免意外触发。

关于软控制器的进一步要求见NB/T 20059—2012。

4.5 信息需求和应用规程

4.5.1 一般要求

应首先从原则上界定要显示的信息,然后根据分析操纵员和其他用户在不同运行工况下对信息的需求来详细定义需要显示的信息。

设计过程宜包括由有经验的操纵员进行的审查。

屏幕画面宜采用“用户模板”。业界乃至其下属使用人员对一些物项可能有自己的使用规则和易掌握的含义,如:

- 管道系统;
- 流体;
- 警报状态。

用户模板还可能依赖于电厂和操纵员过去使用设备和传统面板的历史经验。由于这些显示现在可使用LSD技术实现,因此没有必要对有效的传统面板全部重新设计。

用户模板源于:

- 教育;
- 培训;
- 运行经验。

用户模板涉及以下知识:

- 电厂系统之间的连接,可用于推断流体怎样从一个系统到达另一个系统;
- 系统中质量和能量的变化,可用于预测对其他系统的影响。

4.5.2 改造应用

增加VDU或用它代替常规的仪表,能显示常规仪表不易和不能简单显示的信息,尤其是在要求灵活显示的场合。例如:

- 计算机计算和比较结果的输出;
- 基于运算值、分组报警、趋势分析、概述电厂状态的综合变量等的概貌显示;
- X—Y坐标图(一个数值相对于另一数值的图表),例如安全参数或关键功能显示;
- X—t坐标图(数值相对于时间的图表);
- 带有可变刻度的趋势图(也适用于长期历史记录);
- 带有实时状态信息的系统模拟图(mimic);
- 不同信息的组合,例如在4个屏幕上显示的堆芯图;
- 带有实时状态信息的操作规程。

4.5.3 新MCR的设计

新MCR的设计宜遵循迭代的步骤,包括:

- a) 调查和明确主要目标(自上而下),例如:
 - 用于监测电厂和自动动作的信息目标;
 - 用于决策(手动操作)的信息。
- b) 校验对电厂工况和自动控制系统(包括保护系统)的状态和趋势信息的显示要求(自下而上);
- c) 确定显示画面之间的关系,宜考虑:
 - 关联画面;
 - 相关信息;
 - 不同视角的画面。
- d) 通过重复这些设计步骤和添加更多的细节来完善设计。

不同画面、其典型应用以及部分特性的实例参见表B.1～表B.8。

5 VDU 画面的设计和实现

5.1 设计

应采用一种基于系统的方法进行控制室的功能设计，以确定假设用户对信息和控制的需求（见IEC 60964:2009第6章和EJ/T 1143的规定）。

在新设计一组控制设备的总体布置时，宜明确：

- MCR 内的系统功能清单；
- MCR 内的工作任务信息；
- 由位于 MCR 外、易观测 MCR 内的人员所承担的任务信息；
- MCR 内待安装设备的基本描述。

在改型、重新设计或更新改造的情况下，当提议改变工作方式时，应对当前的工作任务进行审查，并分析需要遵守的约束。

应对建议使用的显示数据进行详尽和系统地分析，确定对一个显示单元或一组显示的要求。

对每个建议的显示信息项，设计人员应考虑下列特性：

- 有多少用户需要该信息；
- 所需数据的目的和用途（例如监测、控制或维修）以及应具有的可操作性；
- 是否要求在 VDU 画面上或其他显示上与其他数据进行比较；
- 需要数据的时间、频度和速度，例如与操纵员动作相关的；
- 应读取的数据的准确性（例如，远距离的概貌监测，近距离的准确和详细任务）；
- 变化率、噪声等数据特性；
- 操纵员解释的错误：
 - 适合于操纵员任务的是基本的信息项还是根据几个数值计算得到的信息；
 - 模拟量信息和开关量信息哪个更适当；
 - 能否保证建议的信息得到清晰的解释。
- 要求的详细或抽象程度（例如概貌显示、个人工作站显示）；
- 引发重要瞬态的事件时间。

与操纵员有关的数据不宜与主要为其他用户所用的数据混杂。在主显示层次中，只应给出操纵员进行监测、决策或执行操作所需要的数据，如：

- 概貌图、系统和控制器的状态及正在进行的控制动作；
- 事件的主要原因和瞬时状态；
- 为操纵员提供的指导信息。

其他维修或分析专用的数据宜从显示系统中获取，但可能利用特殊的设备从显示层次外获得。例如：

- 自动动作期间记录的主动或被动的故障；
- 疲劳监测数据；
- 设备运行次数和持续运行时间；
- 与计算机维护相关的数据，如来自计算机显示系统的详细错误信息。

数据显示设备的位置宜考虑计划配备的操纵员的水平、操作职责和功能的分配，以及为与每个操纵员工作站的人员配备相一致而进行的VDU数量优化的需求。后者的考虑应基于人体测量学因子，如：

- 视角；
- 视距；

- 与相关的控制器和显示器的邻近程度；
- 涉及的数据量。

应根据任务分配、维修、事故和设备故障的情况，确定工作站的数量，以保证任意时刻均有适当数量的工作站可用。

画面设计和实现依据的补充资料参见附录C。

5.2 一般要求

5.2.1 外观

信息的显示应尽可能简单、明确并易于理解。

当有必要使用复杂或非常详尽的显示时，要求具备良好的组织和结构。

当安全准则要求除显示已处理的信息外，还需要显示原始的、未经处理的或安全质量数据时，应通过显示的组织和标识来区分这几类信息。

5.2.2 可用性

在需要时，操纵员应能获得具有必要冗余度的必要信息显示。例如，除其他的显示方式外，报警还可显示在模拟图（mimic）上（见NB/T 20027）。具体的故障准则见4.3。

5.2.3 易读性

在任何运行工况下，VDU上显示的信息应清晰易于理解。宜适当地使用文字说明和图形元素。

为获得必要的VDU的易读性，画面的技术要求应基于人因数据库的数据（参见IEC 60964:2009的7.2和GB/T 10000）。

5.3 准确性

5.3.1 易懂性

显示应明确且无信息丢失地向操纵员传达预期的信息。

曲线图和直方图的显示比例应使操纵员能读取并充分理解显示内容，且最大值或当前值宜用数值注明。

对于数字显示，测量值显示分辨率的选择应在达到充分准确性的同时，保证稳态工况下每次更新时变更的数字较少。

变化量的数字更新不应快于0.3s。

5.3.2 VDU画面与其他人机接口的协调性

该协调性符合NB/T 20059—2012中5.1.9的规定。

个人工作站的VDU画面和LSD的所有显示之间应具有协调性。

5.3.3 VDU画面间的一致性

显示的标准化可能是有益的，但不应优先于本条给出的那些更为重要的准则。

如果信息的表达方式不能保持一致，应将变更的理由形成文件。

在一套显示画面内，代表同样信息的所有信息项的命名宜相同。

当在不同显示器上使用相同的信息项时，只要可能，它们在每个显示器上的位置宜一致。

用编组方法时，宜采用标准化的标题和样式，以保持一致。

个人工作站的VDU画面与LSD的所有显示之间宜具有一致性。

LSD的表达和交互方式不宜与个人工作站和其他设计方面相冲突。这是为了减少对已有知识的干扰，并便于快速查找信息。

注意LSD画面与其他系统的一致性和兼容性：

——将有助于学习和接受；

——不排除用于概貌浏览的特殊附加功能的开发，如摘要式概貌图、专用概要符号、总报警提示等。

5.4 表现形式

5.4.1 原则

5.4.1.1 一般要求

工作人员能够利用视觉进行信息比较并发现差异，因此显示的设计应利用人的这一能力。将某个信息目标作为一组显示在多个屏幕上同时呈现，或在不同屏幕上用不同画面显示相同信息，都可能是有益的。

在选择显示的形式时，应根据被显示的信息适当考虑特定表达方式的优劣。宜优先选用数字表示和模拟编码（如棒图、趋势图和符号）的方式。

如果采用例如模拟图（mimic）和符号这类的图形方法，则可减少对文本标签的需求。

5.4.1.2 颜色

当采用颜色表示安全含义时，应使用如位置、符号形状或文字等其他类型的编码（“多重的”编码），以保证操纵员能清楚地注意到安全含义，而不仅依赖于颜色。

如果使用颜色编码的对象，宜用中性的背景色。

宜根据对用户工作内容的了解，决定是否使用颜色编码。

除颜色编码外，还可用其他方法对目标进行编码，例如：

——形状；

——位置；

——亮度；

——闪烁；

——其他方法。

宜有意识地对颜色进行选择。

不宜将颜色编码作为默认的编码方法，即使这是最容易实现的。

颜色的美观对于颜色编码或格式设置只是次要的，起辅助的作用。需要注意的是：

——一旦少量颜色选择不当，就可能使显示难以引人注意和过分花哨；

——颜色选择不当可能减损所用其他颜色的功效（色彩污染），尽管对一些访问者，该显示比较有吸引力；

——使用彩色显示的一种理由是鼓励长期的用户认可。

如果概貌图中将包含重要的定性信息，宜使用饱和色表征信息的重要性以及类别性质。

色调、饱和度或亮度方面的微小差异可用于对排序或量化信息进行编码。

持续存在的或是非动态的次要信息，如流程线和流体类型，仍可以是彩色的，但不宜是饱和色。这是为了保持分层的实用性和颜色的有效性，以区别真正重要的类别或状态变化。

5.4.2 符号和图形的使用

符号宜标准化。

应消除某一符号存在多种解释的可能性,除非新的解释是由于该符号与其他特定符号组合使用而产生的,而这种用法应在显示需求中特别指明。

符号尺寸的范围宜限于一个系列,以便于区分不同的尺寸。

5.4.3 原理图和模拟图(mimic)

为避免显示的复杂,在组织电厂的相关物项时,宜采用适当抽象的方式来体现其相互关系。

工艺流程线和事件顺序一般宜按以下方式中的一种进行:

——从左到右;

——从上到下;

——与人的习惯一致。

关于模拟图布置的附加指导见NB/T 20059—2012的5.1.6。

5.4.4 信息格式化

语句和信息结构宜具有良好的语法。

语句和信息结构的措辞不宜含糊。

在可能的情况下,宜采用标准的层次化的信息结构。

如果有顺序,信息的布置宜反映其使用顺序。

在表格内,成行的信息宜分组排列,但通常不多于5组。

表现形式宜与同一位置显示信息的其他相关形式协调。

应采用编组和编码技术来增强对显示信息的理解。编组和编码准则见IEC 60964:2009的7.6。

信息系统中贮存和处理的所有信息都应能够以适当的方式、布置和时间进行显示。

大多数信息宜由操作人员提出请求和布置。

有些信息可自动显示,或可通过自动显示菜单推荐显示。

如果独立画面、面向事件或面向征兆的画面集在选择后的很短时间内要求显示,则应在设计文件中明确规定,并可要求采用优化的画面选择机制(例如专用访问按钮)。

根据信息需求和诊断策略的多样性,应为相关显示提供多种访问方式以及灵活的处理方法。

显示的设计应将访问信息所需的动作次数减至最少。

信息访问方法的部分实例参见附录D。

除了满足以上设计要求外,VDU画面的设计还可参考附录F给出的方法。

6 大屏幕显示的设计和实现

6.1 系统的设计目的

LSD最常见的设计目的是通过帮助多个操作人员同时浏览同样的信息来支持联合状态警示和互动。在核电厂控制室的设计中,LSD的主要目的就是提高运行班组的能力。LSD的第二个优势是它能向除控制室操纵员以外的准入人员提供电厂的整体信息,而不必妨碍操纵员。LSD可能还有助于提高个人能力,尽管其预期目的并非取代操纵员的主显示(这是个人工作站所关心的内容)。

使用大屏幕还可以弥补VDU与早期的、大型的显示盘相比的某些不足。增设LSD可解决一些无显示盘或无LSD的独立VDU的缺陷,如:

——难以保持对电厂总体状态的警示;

——在访问基于计算机的控制和显示时存在的困难和延时;

——难以保持对其他团队成员动作的了解;

——沟通困难。

VDU和LSD宜按照人类工效学的原则设计，当然在许多情况下需要进行调整。设计人员应明确LSD的总体目标和要求。

LSD显示设计的基本目标是：

- 宜通过显示来加强状态警示和对电厂状态的全面了解；
- 不需要阅读详细的文字说明，即可在远距离至少从总体上理解 LSD 画面；
- 宜适合单个操纵员独立使用；
- 宜支持对 MCR 全体人员的状态警示；
- 宜支持简报或小组工作方面自上而下的信息滚动显示功能；
- 信息和状态变化显示的处理延时宜小到可忽略；
- 宜略去不必要的信息，操纵员将使用其个人工作站来执行复杂的动作；
- 宜同时向多组人员有效地显示当前状态；
- 宜支持班组成员查看其行动对其他操纵员任务的影响；
- 宜使值长或监督人员的监控更便捷。

如果已确定，在对电厂或升级改造的项目中使用LSD是恰当的，则在实施前需解决的最关键问题是：

- 显示器的数量，LSD 的配置和布置；
- LSD 上显示的信息；
- 显示屏上信息内容的控制；
- 与显示类型相关的照明的控制或调节（与其他相比，这一问题更依赖于选用的特定技术）。

以上这些方面均在6.2～6.5中详述。

6.2 设计问题概述

对于LSD的显示管理和控制应确定：

- 谁有权变更显示的信息；
- 如何执行这些变更（手动或自动）。

LSD画面的设计宜关注已鉴别的特定问题，如来自以下方面的问题：

- 运行经验；
- 现有设备的情况分析。

在每个项目中，宜鉴别设计人员所需关注的具体问题。

在控制室审查中发现的典型问题可能包括：

- 由于控制室工作人员不合时宜的干预而引发的意外停运；
- 难以保持对电厂状态的警示；
- 由于对控制室的监视、状态警示和检测功能的设计不完善而造成的人为错误；
- 安全相关的状况，例如，因操纵员对于工况的解释存在矛盾而导致的；
- 难以从现有系统中快速地整合和访问信息；
- 操作人员对于改进人员间沟通方式的意愿。

LSD系统宜配有一个受操纵员控制的屏幕上的光标，以便于小组作业、讨论和协作。

操纵员在其正常工作位置能控制光标。

当LSD的存在对于联合状态提示和使用LSD显示整体信息的控制室操纵员、准入人员之间的互动具有积极贡献时，宜使用LSD。

在各种情况下，都应根据成本—收益因素，并与其他可用的解决方案比较，对LSD的应用进行确认。

6.3 MCR 中的布置

6.3.1 一般要求

在开始信息显示的详细设计之前，项目宜考虑：

- LSD 的数量；
- LSD 的配置。

在选定配置前，宜考虑诸如可见度、操纵员的反应这类人因问题。

设计人员宜考虑用户需要看到何种详细信息。因此，设计宜考虑：

- 用户是否处理所有的细节信息；
- LSD 的部分或全部信息是否可在其他显示器上获取。

用户宜在其最大观测距离内，能处理所有重要的细节信息。

6.3.2 有关操纵员观测区的布置

设计人员宜确定控制室的哪些区域包含在预期的LSD观测范围内，防止最大观测距离超出规定。

可根据以下方面确定最大观测距离：

- 用户是谁；
- 用户的信息需求是什么；
- 需要显示哪种类型的信息；
- 用户用何种方式使用该信息。

LSD相对于控制室中操纵员正常位置的视角不宜太大。

所有LSD主要用户的正常工作区宜位于可接受的偏离LSD观察区中心的范围内。

LSD的布置宜考虑关键用户，以便他们不被其他人遮挡。

LSD的布置应避免为观看LSD而需频繁转头。

相对于操纵员的LSD的布置规则不宜太严格，因为操纵员时而在周围走动和就座。

如果难以找到适当的位置布置LSD，这可能表明可通过其他方式建立更好的解决方案，例如：

- 减少信息显示量；
- 使用更大或更多的 LSD；
- 复制显示单元；
- 复制多份显示画面。

对于辅助显示的视角范围，水平布置在正常视线的 $\pm 80^\circ$ 之内是可接受的；垂直布置宜在正常视线的 $\pm 45^\circ$ 之内。

如果两个用户的正常工作位置各偏向LSD的一侧，则对双方均重要的信息可能需要放在或靠近两个操纵员的可视区重叠处，以便他们均能看见和理解。设计人员宜考虑以下因素的综合效果：

- 偏离中心的观测；
- 由于屏幕反射不均匀而引起的亮度损失；
- 由于显示类型产生的任何偏离中心的染色性、亮度或对比度的损失。

特定用户的显示不宜过于靠近，距离不宜小于显示器的宽度或高度中较大者的一半。这个准则给出了最小观测距离。

LSD的可见度评价宜考虑操纵员的能力和限制因素。包括以下方面：

- 头部转动；
- 视角；
- 障碍物；
- 共享使用；
- 字符高度。

当从工作站设备上面看过去时，宜可见共享显示。

共享显示的上限位置由处于最接近显示器位置的小个子的视线来确定。

距离最近的用户宜能看见整个画面，但又看不出画面的结构物项（LCD投影仪上的点、线以及像素之间的间隙）。

更详细的要求见GB/T 22188（所有部分）的规定。

6.4 画面的信息内容

6.4.1 一般要求

LSD画面是为补充主工作站画面而特别开发的。

LSD画面不宜是主工作站画面的复制，即便这些工作站上已有为操纵员个人定制的概貌画面。

在还没有进行最初的可接受性评估前，不宜将标准的VDU显示复制到LSD系统。

当引进LSD后，操纵员仍宜能在他们的直接工作区内继续获取所有必需的信息以完成工作任务，因为LSD只是作为补充，并不是取代独立的计算机显示。

LSD信息的主要益处在于能使空间内的多个用户同时获取。

对于显示器上不同类型的信息，允许采用不同的最大观测距离。例如，高层次的状态指示可能是为在整个控制室较远距离的观测而设计的。

可接受的文本尺寸的确定宜考虑信息的类型以及信息使用的情景。不必对所有显示区均应用同样的最小尺寸准则。

用户宜能在最大的观测距离处分辨所有重要的显示细节。

6.4.2 屏幕和显示性能

LSD宜连续显示，不宜使用户能清楚地分辨：

- 扫描线；
- 像素边界线；
- 字符矩阵；
- 多重投影面之间的边界线；
- 投影仪之间的重叠区域。

屏幕设计人员宜利用色阶或灰度来消隐弧形的或倾斜的边缘。根据观测距离，一些老式投影仪和投影技术可能不适用（例如，“纱门效应”，低分辨率投影仪）。

显示的图像不得有明显的几何失真。

投影在LSD的任何地方的单位面积符号尺寸的变化不宜超过人体工效学准则所规定的高度或宽度的10%（美学标准可能更高）。

6.4.3 LSD 的屏幕画面设计

概貌图的主要元素应尽可能避免需要心算和处理的数值数据。宜避免不能一目了然的信息。

如不与其他规定冲突，也可在概貌图的主要元素中显示处理后的数据，但这些数据不宜作为概貌显示的主要方式。

显示画面不宜主要使用定量的概貌。

宜允许显示快速的对比性概貌，即与下述各项的视觉比较：

- 正常；
- 预设置；
- 报警限；

——具有相似值的设备。

LSD上宜避免显示信息的细节内容，细节内容宜留给独立的操纵员显示器进行处理。

宜减少未携带信息的杂物与图形装饰。可通过使用不饱和色和除去画面区周围不必要的线条，以减少杂乱和花哨。

LSD宜给出明确的和快捷的可用关联，指向进一步信息的位置，例如图片编号或链接。

不同的组 and 不同类别的信息宜分隔开，并置于其适合的单独显示层。这样做使最重要的任务信息在视觉上突出，而将指示不太重要的信息的特征和对象放置在感觉较远或“较低”的层次上。

当需要显示的信息具有类似地图的层次时，可使用分层，例如电厂概况模拟图。分层可通过以下方法实现：

——空间分隔；

——图形边界元素；

——亮度差；

——对比度；

——颜色，例如：

- 饱和色仅用于警示，如报警器；
- 使用半饱和色、自然色表示运行中的系统；
- 使用完全不饱和色（暗灰色）表示处于停机状态的系统。

与采用一组最大可识别色的老方法相比，分层使人们更快地从概貌显示中获取他们想要的信息。

图形或符号元素的文本标签往往会使LSD画面杂乱，并且与个人工作站的详细画面相比需求较低。

使用LSD减少了对文本标签的需求，这是因为LSD画面始终存在，因而极易掌握。

宜减少需要从远处读取的文本标签的使用。不过，可采用不太显著的标签，用于显示近距离读取的工程量。可利用一个键或其他控制操作来显示或隐藏细节内容。

注意：

——较浅的背景不易受到散射光的影响而降低对比度；

——在错误的背景下，不饱和色在较远的观察距离处观测，可能引发问题；

所有同样亮度的显示宜看起来一致。这意味着：

——接近 LSD 边缘的显示亮度不得小于投影线中心亮度的 50%，对于现代化的投影仪，这通常不是问题；

——最大视角处观测的屏幕中心亮度宜至少为最大亮度的一半。从所有预期经常或偶尔使用 LSD 的工作人员的操作位置来讲，宜保证这一点。

上述要求对投影屏幕材料可具有的正增益量设置了限制。

6.4.4 LSD 画面的特殊颜色问题

如果有必要，可以用颜色：

——强调概貌图中的某个特定目标（饱和色）；

——在概貌图上指示一个引人注目的警报信号；

——指示 LSD 上的设备或设备列的物理状态；

——分隔 LSD 画面的区域（不饱和色）；

——在 LSD 的整个信息显示区内进行信息的分组和汇总；

——使屏幕有美感和悦目，为了持续性浏览信息，乃至控制室 LSD 的临时用户使用。

在满足LSD相关任务需求的情况下，颜色编码宜尽可能少。

如果不同类别的显示在LSD上距离较远，设计上应避免用色调相近的颜色来对其进行区分。

在LSD中，不期望用户根据颜色或饱和度来定量地读取一个量（相应的，可使用工作站）。

光谱中相距甚远的颜色在视觉中心聚合时将引起连续性的再聚焦，并在像LSD这样的持续显示中，能导致视觉疲劳。

当用颜色强调LSD画面时，设计尤其宜谨慎。若显著色彩使用过多，能降低LSD在快速概貌显示方面的效率，且用户可能抱怨显示杂乱或过于艳丽。为吸引周边视觉的注意，没有一种颜色一定好于另一种。但至少对比度是很重要的。需要注意的是：

- 对于小目标，宜使用远离色彩空间中纯蓝色部分的颜色；
- 使用暖色比使用冷色的小目标更容易被发现；
- 与背景亮度相似的彩色符号和图标（例如红色背景上的蓝色或绿色符号和图标）将引发很多问题；
- 当重点使用基于形状的区分方式时，前景和背景应有不同的亮度（人眼通过亮度的轮廓区分形状，而不是仅依靠颜色）；
- 缺乏对比度的不当颜色选择可能引发错误；
- 与颜色相比，文本亮度对比更加重要；
- 一般地说，可忽略文本前景和背景的色调和饱和度（在一定条件的允许下）；
- 标准建议，文本与背景之间的亮度比至少达到 3:1（在检测边缘时需利用亮度差；仅用色差是不够的）。

6.5 显示内容的切换控制

电厂宜定义大屏幕显示切换（如果存在多幅画面）的自动化程度，其根据是：

- 任务分析；
- 需求。

在上述任务期间，设计人员应认识到：

- 自动控制可降低人员的响应时间和“接口工作量”；
- 如果系统所提供的显示选择是错误的，操纵员就不可能热衷于该应用；
- 全手动的控制使操纵员可进行选择，但可能增加工作量并转移操纵员对主显示（其工作站上的）的注意力。

解决的办法之一可能是配备有手动优先的自动切换，其优先决定权指派给值长；也可以根据情况或电厂状态进行多项预置。需要注意的是：

- LSD 上显示的所有关键信息宜是不可修改或不可擦写的；
- 显示的切换控制宜指派给选定的用户，他按照设定的程序或依据值长的要求进行操作；
- 如果一个用户要求作的切换仅主要为其自身所关注，宜使用独立的显示，如该用户的工作站（不排除将基于工作站的 LSD 作为其他用户的辅助显示）。

7 验证

应针对一组适当明确的运行状态数据（包括异常状态和事故工况），执行基于VDU的信息系统的验证。

验证宜包括在独立的试验环境或在仪控系统集成测试过程中所进行的试验。

验证宜考虑在全范围培训模拟机的集成阶段中进行的试验。

验证过程和验证总则应遵循IEC 60964:2009的6.4和第8章以及EJ/T 1118的要求。

当变量同时在多个位置显示时，应特别注意保证显示状态的一致性。

应审查和评估因不同的扫描或大量预处理而造成的时间延迟的后果，并明确地形成文件。

在验证过程中，使用专用工具可能是有益的。验证的实例参见附录E。

经验表明，某些信息乃至某些显示画面在任何情况下都是极有用的。这样的信息和显示画面可以连续显示（如在概貌图或LSD），或作为最重要画面集的组成部分。

应认真地验证和确认重要的画面和画面集，因为对定义而言，在电厂扰动情况下，操纵员可依赖于确定初始报警的综合信息仅存在于这些画面（集）中。

8 确认

应对基于VDU的信息系统进行确认，以确定有代表性的运行状态、瞬态工况或事故工况以及该系统不同用户的信息目标。

可能的试验环境包括：

- 书面草案；
- 独立工作站；
- 局部范围仿真；
- 全范围仿真。

确认过程和确认总则应遵循IEC 60964:2009的6.5和第8章以及EJ/T 1118的要求，参见附录E。

附 录 A

（资料性附录）

VDU 显示的优缺点

A.1 优点

VDU 显示的优点如下：

- a) VDU 的应用实现了新型的信息显示，这使得用过去的常规仪表无法实现的信息浓缩和提取成为可能；
- b) 由于 VDU 尺寸相对小，使得信息显示能轻松地适应环境。相应地，现代主控室的规模可以减小（正常运行、瞬态、换料、试验等）；
- c) 对于某个信息目标，可能仅用一个屏幕足以完整地显示所有信息，但多 VDU 的配置能使更复杂的信息和优化概貌画面组合起来，并能从不同视角显示同一状态；
- d) 对一个信息目标的主要信息集合进行剪裁，可避免不必要信息的显示；
- e) 具有足够能力的 VDU 系统能使人员在一个工作位置即可进行卓有成效的对话性活动（不必在主控室中走动）；
- f) 多个 VDU 画面可根据具体情况，以最佳方式彼此关联。所有编排都可在任何时间重新进行排列。另外，最关注的部分可以放在中心位置；
- g) 在多个屏幕上对设计良好的画面进行布置，可由几个用户同时执行监测，这样他们可根据相同的信息进行思考和讨论（且可以用光标指引）；
- h) 一个画面的内容可分布在多个层次中显示。利用一个背景和几层前景的方法可轻松地应用高级的信息浓缩和抽象；
- i) 并非在一个画面内能显示的所有信息都需要在任意时间显示。信息的显示可借助硬键或软键，或根据适当规定的条件来手动地触发；
- j) 诊断时，不同标尺的趋势记录和带有历史记录显示的图表可帮助回顾过去的情况。反读趋势曲线和图表中的历史记录可推导出扰动的主要原因。历史信息的外推可作为一种评估过程未来状态的简单方法；
- k) 用慢动作重复显示一个瞬态（即时显示或在电厂运行状况稳定后显示）可使操作人员、咨询人员以及支援人员能更好地了解瞬态的发展；
- l) VDU 显示系统的极大灵活性和能力使得操纵员既可获得电厂当前状态的全貌，又可从不同视角浏览电厂（从操纵员的固定位置），以便及早发现微小的变量偏差。这也适用于时间、负载或状态相关的变量；
- m) 这些优点可特别用于增强的操纵员支持系统的实施（参见 IEC 60964:2009 的 7.7 要求）。

为了提高电厂的安全性、可用性和可操作性，宜提供操纵员支持功能，例如：安全参数显示和监督功能、电厂诊断功能、基于征兆或基于事件的操纵员指导功能、功率运行时的自动试验功能。这些功能宜尽可能综合到控制室的整体设计中。

操纵员支持系统可基于核工程领域专家的知识以及计算机技术，范围可从：

- 1) 信号确认和预处理（滤波、比较、计算）；
- 2) 智能图形设计：
 - ◆ 主要目标和相关补充建议；
 - ◆ 操作手册的顺序显示；其他图表版本；

- ◆ 所有可能的分级对策显示；
 - ◆ 前景信息、主要信息和背景信息的划分；
- 到简单、方便和灵活的访问和记录。
- n) VDU 的使用允许与软控制器有效地集成（进一步的细节参见 NB/T 20059—2012）。

A.2 缺点

屏幕显示的缺点如下：

- a) 所有的信息并不总是在同一位置显示，即“锁孔”效应；
- b) 若要求理解基于 VDU 的智能信息，需要一定程度的培训和适当的知识基础（例如为受过培训的值班操纵员所设计的画面可能不适合参观者）；
- c) 对人的空间信息编码和“信息捕捉”能力的支持，基于 VDU 的信息显示难以达到与传统面板同样的程度；
- d) 与常规仪表相比，屏幕的使用寿命较为有限。

附 录 B
(资料性附录)
画面、典型应用和部分特性的实例

画面、典型应用和部分特性的实例见表B.1～B.8。

表B.1 字符—数字显示

应用	优/缺点
报警显示	只要求少量说明
指导性信息	给出相当完整的信息
规程文本	需要大的显示空间和较长的时间来阅读和理解
运行信息	—
维护信息	对信号确认和测试有用

表B.2 柱形图

应用	优/缺点
归一化的比较显示	能采用标准化的刻度
实际值和限值同时显示 (在限值点改变颜色)	简化了对比 可迅速、方便地识别限值

表B.3 趋势曲线

应用	优/缺点
具备不同的标准化的时间刻度 (按时间刻度的长期历史显示的最近一个记录：秒—分—小时—天—周—月)	适合评价时间相关性(尤其是相关变量；慢和快的时间刻度；高分辨率；重复的；稳定的)
具备单位量程百分比	——
具备视窗和缩放的性能	——
类似趋势曲线的比较 相关变量一起显示 (例如，流入量、液位或流出量)	易于比较类似的行为状态，及早发现偏差 (实际曲线与参考曲线的比较)
供用户直接访问的预定组	可查看过去的及预测未来的运行状况
自由组合安排	可与预计算的或经历过的运行状态进行比较

表B.4 逻辑显示

应用	优/缺点
最好用于概况显示 (简单的标记框的概况显示)	便于了解：启动了什么，引起了什么动作 便于详细地探测故障 对于细节显示例外

表B.5 模拟图：系统的结构和状态显示

应用	优/缺点
工艺系统的结构和所有设备	适合电厂概况显示
系统和电厂设备的实际状态 (打开/闭合—开/关—运转/停止) (准备、瞬态、投入/退出操作、投入/退出运行、已撤出) 控制系统的状态 (包括保护功能)	适合表示“成功的路径”
变量/图表的指示	详细信息，例如裕量、阈值和边界
自动或手动操作的结果	快速反馈信息

表B.6 X—Y 图

应用	优/缺点
二维关系曲线 多维关系曲线	适合深入理解功能依赖关系：例如裕量、阈值和边界、变量的预期变化；哪一个引起了什么，为什么在那个时刻，多长时间和多长时间一次

多平面构图如下：

- a) 主平面：变量的实际值（某些带有历史值）；
 - b) 背景平面：有设计区域和线条的图；
 - c) 前景平面：平衡显示（例如水平线/垂直线、闪光、棒图等）。
- 动态区：显示控制器的功能状态。

表B.7 概貌显示（LSD）

应用	优/缺点
工艺过程和控制系统的状态	适合于保持对公共状况的警示、高层次信息和早期问题的检测

表B.8 屏幕选择

应用	优/缺点
若使用菜单，优选图标表	适合特别快速、专门地访问不同画面或画面集；可适用于每个具体的信息目标、状况或具体的画面

附 录 C
(资料性附录)
画面设计和实现依据

画面设计基于操纵员的需求，并需要考虑：

- 电厂系统的设计说明书；
- 电厂的全部运行工况，例如正常运行、瞬态、换料、维修、事故和应急工况；
- 对正常运行和瞬态的仿真经验；
- 已运行的类似电厂的调试和运行经验反馈（均采用贮存的数据，如磁带数据）。

实现依据包括：

- 画面用途的简短说明（文本）；
- 画面布置的建议（图）；
- 必需信号的说明（列表）；
- 信号预处理、显示功能和有关时间相关性（功能图）、显示刷新时间的说明；
- 每个信号更新速率的说明；
- 试验的说明。

附 录 D
(资料性附录)
访问信息方法的实例

D.1 访问单一画面

可通过下述不同的方式选择单一画面：

- a) 按一个专用按钮；
- b) 键入某一特定号码；
- c) 调用一个字母数字菜单并用跟踪球标记某一行，或用按钮向前或向后调页；
- d) 在任一画面上选择一个特定的导航标记，指向单一画面上的相关信息，或在特定的画面集中选择显示共同构成某个“信息目标”的一组完整信息集的所有画面图标；
- e) 从屏幕先前画面的列表中调用一个画面；
- f) 由“相关画面”选择到刚才显示的某个特定画面：
 - 从图到系统；
 - 从曲线到图；
 - 从逻辑到功能图或系统。

D.2 访问画面集

画面集可通过按下位于该画面集左上画面中的一个标识按钮和另一个指示该VDU显示的按钮来选择。

画面集可以是下列各项的单一画面的组合：

- 运行、维修、瞬态或事故目标；
- 主厂房、辅助系统或各种类型运行状态的概况；
- 各种事件导向和征兆导向过程的综合信息和文本。

D.3 访问用于瞬态分析的信息

瞬态信息可通过下述方式显示：

- 不同时间刻度对趋势曲线向前和向后的跟踪；
- 报警清单（和翻页）；
- 随时间变化的图形显示和变量运行点的变化过程。

D.4 其他可能的调用方法

可分视窗或缩放图像，但应注意保证易读性。

附 录 E
(资料性附录)
VDU 的验证和确认

E.1 验证

E.1.1 概述

基于VDU的信息系统在系统结构以及信息处理和显示方面从原则上不同于常规系统，因此验证过程也需要完全不同。根据定义，VDU系统的V&V包括所有LSD系统，不论是被集成到还是补充到工作站的VDU系统。

当VDU系统的稳态和瞬态信息的显示在任一画面中都紧密关联在一起时，尤其是在高度复杂的画面中时，其验证需要针对不同信息组之间的适合关系进行监测和检查，特别是考虑过程动态的易变性和扫描周期对时间延迟的影响。

每个基于扩展计算机知识试验的或运行的知识开发的先进VDU系统，都为画面的主题提供补充的相关信息。这是在同一画面内或在邻近的VDU上实现的。这使设计人员可为目标导向的显示提供完整的信息，但需要作专门的补充评估。

如果可行，最好在建造阶段在全范围模拟机上进行所有工况下的重复试验，但可能需要将某些测试推迟到调试阶段。

E.1.2 VDU画面的认可验证

高度复杂的画面的验证可由数个序列试验组成（见图E.1）：

a) 在计算机中心的：

- 实施期间规定的试验序列；
- 设计人员进行的基于知识的实验室试验；
- 使用全范围模拟机。

b) 在现场的：

- 对系统的所有信号线进行的试验，包括单一信号和用于冗余或组合显示的“集成信号”（包含不同的信号数值）；
- 由电厂调试工程师和（或）设计人员进行监督试验；
- 调试测试的文档化，例如：
 - ◆ 负荷变化，甩负荷；
 - ◆ 电厂设备故障和跳闸；
 - ◆ 系统失电。

利用：

- ◆ 计算机的磁盘存储（长期瞬态）；
- ◆ 硬拷贝（在某些稳态工况）；
- ◆ 屏幕捕获或照片系列（瞬态）；
- ◆ 计算结果（评估不可测量的变量）。

E.2 确认

宜根据确认的评价通则对提出的设计方案进行确认（见IEC 60964:2009的6.5.3和EJ/T 1118的要求）。确认过程应专注于自上而下设计过程中明确规定的目标，以及信息浓缩提炼的关键画面。

确认应考虑验证的结果，尤其是对要求的功能、信号、画面和画面集的完整性的评估。
应针对一个画面的主要信息以及相关信息进行确认。应特别注意对不可接受矛盾的检测。
利用相关电厂的全范围模拟机作为主要的确认工具可能是极为有用的。

利用模拟机生成的数据记录或者类似电厂在调试期间存储的数据，动态地运行显示该画面可产生相同的效果。

电厂调试期间，应通过以下方式进行最终确认：

- 在一些和（或）全部的主要瞬态试验期间，测试关键显示；
- 在部分稳态工况下，检查所有显示。

在电厂改造的情况下，以上要求仅适用于其相关的画面和画面集，例如：

- 一个目标 一个画面集；
- 一个分目标 一个画面。

因此，上述要求的应用是有限制的。

<div>（制造商） 信息目标的定义 （用户）</div>		——主要画面 ——相关信息
<div>画面—规格说明（设计人员） ——画面建议+描述 ——信号+功能图 ——试验顺序</div>		—图标 —单一画面
.....		
<div>编程（编程人员） 验证、试验 单一画面验证（设计人员） （基于知识的试验）</div>		测试中心 （具备电厂数据）
<div>输入信号、检查（仪表和控制调试工程师） （计算机系统+单一画面） 程序的可操作性和抽样检查 （计算机系统调试工程师） 取决于复杂性的不同试验（更换人员） ——不同稳定工况下的硬拷贝与传统显示的比较（所有画面）； ——大量附加的信号输入：相关图表的集成测试（单一、冗余和序列的）硬拷贝（照片）； ——针对不同信息目标的单一画面、画面集的电厂调试试验的瞬态；硬拷贝和照片； ——文档化（有关电厂试验所有磁带的贮存）。</div>		在现场或部分在 模拟机上

图E.1 画面的建立和验证

附 录 F (资料性附录)

显示电厂工况和设备状态信息的 VDU 画面设计的方法

VDU显示广泛用于显示电厂工况和设备状态的信息。通常，电厂或设备的模拟图布置与插入数值、状态、时间图表、报警标记以及标题一起显示。

为这个专用显示（VDU）设计所提供的指导如下。

形成一个包含“概貌—电厂主厂房—电厂详图—信号详细信息”的层次结构。

为在同一层次从一个画面转到下一个画面以及在不同层次间的上下转换设置导航。

设计显示画面时，应考虑基于工作站的VDU显示的电厂“锁孔”视图（相对于传统面板上的仪表盘或LSD）。

每个图像至少有两种选择方法，例如鼠标和键盘、按键和导航标记，因为每个操纵员的喜好不同，且一种方法可能失败。

采用软导航标记，考虑整个导航树。

模拟图的布置始终符合操纵员的习惯。

若可能，应设计有关操作指令的显示。

在尝试详细设计显示布置之前，应确定每个页面的信号。

在任何画面中，仅应包含对用户需求必要的信息。

为屏幕显示的设计人员编写指导文件，确保标题、格式、字符大小、颜色和符号一致，并在使用过程中更新。

对于主标题，小标题和详细说明，一致地采用标准的大、中、小的字符尺寸。

居中的标题较左对齐或右对齐的标题读取速度更快。

不使用大写字母，使用小写字母更易于阅读。

为提高清晰度可使用颜色，且使用时保持一致。此外，为了使用户意识到某种显示颜色的失效，宜在VDU的一个专用区域持续地显示三种主要颜色（红，绿，蓝）。

保证色彩视觉受损者仍然可获得所需信息。

不单独使用一种颜色代码，而使用符号、形状、位置和字符串。

业已证明，采用左和右对称镜像布置是不安全的，应坚持同向布置。

电厂物项的命名规则保持一致，不在一处称“锅炉A、B、C”，而在另一处称“蒸汽发生器1、2、3”。

规定阀门状态、泵的启动或关停等的标准动态符号，测量值数字串的标准布置，报警标志、警报复位等的标准位置。

对于信号标签标识，采用一个详细或简化显示方式的切换开关，可能是极有价值的。

大多数时间操纵员可能只需要概貌显示和一个或两个主要的信息项。

操纵员喜欢使用基于时间的过程变量的图表。

在某些场合向操纵员和调试人员提供所需要的全部信号细节。

在最低显示层上完整地显示测量的名称和数值、电站物理单位量程以及报警整定值等，并且带有仪表位号标识。

在最低显示层上完整地显示触点和报警的名称和状态，并且带有仪表位号标识。

利用磁介质或计算机辅助设计（CAD）工具进行图形设计，并将所有的信号标识和动态信息也保存在该介质或工具上，而不仅是在纸上。

使图形设计自动转化为磁性信息，以供在线计算机使用。
使用一个版本的管理方案。

参 考 文 献

- [1] GB/T 10000 中国成年人人体尺寸
-