



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105405483 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201510736232. 8

(22) 申请日 2015. 11. 03

(71) 申请人 上海核工程研究设计院

地址 200233 上海市徐汇区虹漕路 29 号

申请人 清华大学

(72) 发明人 宋霏 陈乐 王宇帆 皋琴 周慧

李志忠 张淑慧 董晓璐

(74) 专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限公司 31253

代理人 冯子玲

(51) Int. Cl.

G21D 3/00(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

### (54) 发明名称

一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法

### (57) 摘要

本发明提供一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法,本发明基于操作单元的理念,将核电站的操作规程和运行显示画面整合到一个系统中,从而提高操纵员在紧急情况下的操作绩效,这种操作单元的整合方式和现有的将规程整合到运行显示画面的不同之处在于:不是机械地按步骤或子步骤分解规程,每次只显示一步,而是将一些相同目的的相邻步骤或子步骤同时显示;突出显示的运行显示画面信息不止当前规程直接相关的信息,还包括直接系统信息所隶属的设备,及与直接系统信息相连的设备;将上一步的操作单元设置为中等视觉突出程度,来帮助操纵员追踪上一步操作的影响。



当前不被执行  
(无视觉突出)



上一步操作  
(中等视觉突出程度)



正在执行  
(高等视觉突出程度)

1. 一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法,其特征在于,包括:

将原规程被分解成很多片段,嵌在运行显示画面的相应部件旁边,按顺序突出显示,每个规程片段和它对应的运行显示画面中的系统状态信息组成一个显示模块,这里将其定义为操作单元,即每个操作单元由规程部分和系统状态部分两个部分组成;

定义每一个操作单元的规程部分和系统状态部分的范围;

设置操作单元的视觉突出程度,其中,将当前正在被执行的操作单元设置为高等视觉突出程度,将当前不被执行的操作单元的规程部分隐藏,将上一步操作单元的系统状态部分设置为中等视觉突出程度;

展示操纵员操作规程的历史纪录。

2. 如权利要求 1 所述的基于操作单元的一体化画面系统生成方法,其特征在于,定义每一个操作单元的规程部分的范围,包括:

将同一目的的相邻步骤或子步骤合并到一个操作单元中,一同显示。

3. 如权利要求 2 所述的基于操作单元的一体化画面系统生成方法,其特征在于,定义每一个操作单元的系统状态部分的范围,包括:

找到与其相关的系统设备或参数,确定系统状态部分的范围,和规程部分组合成操作单元,其中,相关的系统状态不只包含与该规程部分直接相关的设备或参数,还包括直接系统信息所隶属的设备,及与直接系统信息相连的设备。

## 一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法。

### 背景技术

[0002] 操作规程是用来指导操纵员执行任务的,它广泛应用于核电等复杂工业系统。在核电领域,事故会带来巨大损失,比如历史上的三哩岛、切尔诺贝利、福岛核电站事故等。故而在运行中(正常、异常、事故),操纵员需要严格按照运行规程进行操作,它能指导操纵员班组监视、决策、控制电厂。

[0003] 但是,对于目前基于计算机呈现的规程系统,仍然存在着一些问题。在数字化控制室中,因为显示屏的大小有限,目前通过视觉显示单元(VDU)来呈现的数字化规程系统都设计为计算机系统中一个独立的子系统或功能,与提供了电厂参数和控制、通常基于管道仪表设备图的运行显示画面是分割的。操纵员在运行时,需要查看规程,查看运行显示画面中的参数,做出决策,再进行操作。所以,无论是在一个VDU中呈现运行显示画面和数字化规程系统,还是通过两个VDU分别呈现,操纵员都需要在规程和运行显示画面间来回切换。这些切换操作并不属于实际的监控操作,对操纵员效能有着不利的影响,因为它占用了操纵员响应时间,增加了操纵员的工作量以及记忆负担,并且来回切换常使操纵员感到迷失。特别是在紧急情况下,操纵员面临着巨大的压力,并需要在有限的时间内将电厂恢复到安全状态,这种分离的设计方式使得操纵员失效概率大大增加了。而本发明提出的一体化方法则可以帮助改善上述问题。

[0004] 目前已有的研究中,大多将运行显示画面的系统状态信息整合到规程画面中。这种方式最方便操纵员执行规程,但这些研究通常是以研究规程为目的的,缺少运行的全局考虑。若实际应用,由于锁孔效应,操纵员只关注到当前步骤相关的系统状态信息,而无法注意到核电站的全局信息,可能会严重损害操纵员的情境意识。由于数字化核电站在监控中都会采用运行显示画面,无论数字化规程系统等操纵员支持系统如何发展,一直都扮演着人机接口系统中的核心角色。所以,无论在规程系统中如何整合运行显示画面的信息,都无法取代运行显示画面,切换带来的问题依然存在。本发明则在深入研究操纵员习惯和运行模式的基础上,采用操作单元的概念将规程整合到运行显示画面中,形成一个一体化的系统,来彻底解决上述问题。

### 发明内容

[0005] 本发明针对现有技术的不足,提出一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法,能够基于操作单元的理念,将核电站的操作规程和运行显示画面整合到一个系统中,从而提高操纵员在紧急情况下的操作绩效。

[0006] 本发明提供一种基于操作单元的一体化画面系统生成方法,包括:

[0007] 将原规程被分解成很多片段,嵌在运行显示画面的相应部件旁边,按顺序突出显示,每个规程片段和它对应的运行显示画面中的系统状态信息组成一个显示模块,这里将

其定义为操作单元,即每个操作单元由规程部分和系统状态部分两个部分组成;

[0008] 定义每一个操作单元的规程部分和系统状态部分的范围;

[0009] 设置操作单元的视觉突出程度,其中,将当前正在被执行的操作单元设置为视觉上最突出的,将当前不被执行的操作单元的规程部分隐藏,将上一步操作单元的系统状态部分设置为中等视觉突出程度;

[0010] 展示操纵员操作规程的历史纪录。

[0011] 优选地,定义每一个操作单元的规程部分的范围,包括:

[0012] 将同一目的的相邻步骤或子步骤合并到一个操作单元中,一同显示。

[0013] 优选地,定义每一个操作单元的系统状态部分的范围,包括:

[0014] 找到与其相关的系统设备或参数,确定系统状态部分的范围,和规程部分组合成操作单元,其中,相关的系统状态不只包含与该规程部分直接相关的设备或参数,还包括直接系统信息所隶属的设备,及与直接系统信息相连的设备。

[0015] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0016] 本发明基于操作单元的理念,将核电站的操作规程和运行显示画面整合到一个系统中,从而提高操纵员在紧急情况下的操作绩效,这种操作单元的整合方式和现有的将规程整合到运行显示画面的不同之处在于:

[0017] 不是机械地按步骤分解规程,每次只显示一步,而是将一些相同目的的相邻步骤或子步骤同时显示;

[0018] 突出显示的运行显示画面信息不止当前规程直接相关的信息,还包括直接系统信息所隶属的设备,及与直接系统信息相连的设备;

[0019] 将上一步的操作单元设置为中等视觉突出程度,来帮助操纵员追踪上一步操作的影响。

## 附图说明

[0020] 图 1 为基于操作单元的一体化画面系统生成方法的操作单元系统状态视觉效果示意图。

[0021] 图 2 为基于操作单元的一体化画面系统生成方法的基于操作单元的一体化显示画面示意图。

[0022] 图 3 为基于操作单元的一体化画面系统生成方法的基于操作单元分解规程示例示意图。

## 具体实施方式

[0023] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0024] 本发明的基于操作单元的一体化画面系统生成方法中,原规程被分解成很多片段,嵌在运行显示画面的相应部件旁边,按顺序突出显示。每个规程片段和它对应的运行显示画面中的系统状态信息组成一个显示模块,这里将其定义为操作单元。即每个操作单元由两个部分组成——规程部分和系统状态部分。

[0025] 首先,定义每一个操作单元的规程部分和系统状态部分的范围。关于规程部分的

范围,在按照步骤或子步骤将规程分解后,还需将同一目的的相邻步骤或子步骤合并到一个操作单元中,一同显示。这样可以帮助操纵员理解规程内容,同时可以减少操作时间。比如,为了关闭某一路径,需要确保几个设备处于关闭状态(同一目标)。逐一对每一个阀门进行查看开关情况、再关闭的操作,可能会阻碍操纵员理解操作规程的逻辑与当前系统状况。若将逐一查看、关闭阀门的步骤合并入一个操作单元,即一次性呈现出为了关闭这一路径,操纵员需要查看和关闭的所有阀门,则可以帮助操纵员的理解。操纵员可以一次性判断完所有的状态,在一次性关闭所有开启的设备。

[0026] 对上面已经分好的每一个规程部分,找到与其相关的系统设备或参数,确定系统状态部分的范围,和规程部分组合成操作单元。这里,相关的系统状态不只包含与该规程部分直接相关的设备或参数(称其为“直接系统信息”),还包括直接系统信息所隶属的设备,及与直接系统信息相连的设备,这样可以防止把直接系统信息从大环境孤立出来而导致操纵员情境意识的降低。

[0027] 然后要设置操作单元的视觉突出程度。具体来说,将当前正在被执行的操作单元设置为高等视觉突出程度,将当前不被执行的操作单元的规程部分隐藏,将上一步操作单元的系统状态部分设置为中等视觉突出程度。图1为操作单元系统状态部分的不同视觉突出程度的示意图。

[0028] 最后,展示操纵员操作规程的历史纪录,来帮助操纵员意识到走过的规程路径,更好地理解当前步骤,在必要时也进行规程管理。

[0029] 通过上述方法开发了系统原型,并基于42位被试开展了试验,对比了传统的分离画面、简单拼贴的画面,和通过操作单元整合画面,发现使用基于操作单元的一体化画面时,操作时间显著低于简单整合画面和分离画面,规程完成率(不出错且在规定时间内完成)显著高于分离画面。在执行规程时,若系统出现故障,使用操作单元画面的情况下,发现系统故障的次数显著高于分离画面的情况。

[0030] 详细的,例如,若要将稳压器意外高水位响应规程整合到运行显示画面中,首先需要根据规程或高层功能设计传统的基于流程的运行显示画面。如图2,运行显示画面中包含简化了的一回路冷却剂循环系统、化学和容积控制系统、正常余热交换系统、非能动堆芯冷却系统,和放射性废液处理系统。

[0031] 其次,需要将规程按操作单元进行分解。通常每个步骤或子步骤便是一个操作单元的规程部分。不过有些共同改变同一系统状态的相邻步骤或子步骤则合并为一个规程部分,这里合并的包括步骤3-b至3-e,步骤4-a至4-c,步骤6-b至6-d,步骤7-c至7-d。然后对已经分好的每一个规程部分,找到与其相关的系统设备或参数,确定系统状态部分,和规程部分组合成操作单元。按照规程步骤依次突出显示,如高亮的方式表现视觉突出程度,用可展开的列表的方式表现操作历史。图2为使用操作单元方法设计的一体化画面示意图,左边为运行显示画面的主体,右边为规程操作历史记录(可展开)。当前被执行的操作单元处于视觉上最突出的状态。

[0032] 综上所述,本发明基于操作单元的理念,将核电站的操作规程和运行显示画面整合到一个系统中,从而提高操纵员在紧急情况下的操作绩效,这种操作单元的整合方式和现有的将规程整合到运行显示画面的不同之处在于:

[0033] 不是机械地按步骤分解规程,每次只显示一步,而是将一些相同目的的相邻步骤

或子步骤同时显示；

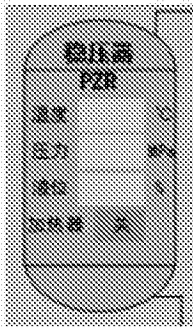
[0034] 突出显示的运行显示画面信息不止当前规程直接相关的信息，还包括直接系统信息所隶属的设备，及与直接系统信息相连的设备；

[0035] 将上一步的操作单元设置为中等视觉突出程度，来帮助操纵员追踪上一步操作的影响。

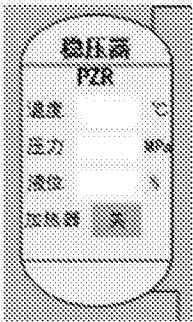
[0036] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言，由于与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

[0037] 本领域技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

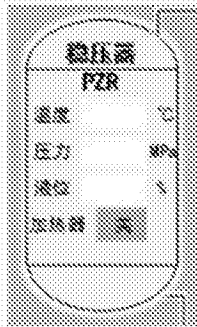
[0038] 显然，本领域的技术人员可以对发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包括这些改动和变型在内。



当前不被执行  
(无视觉突出)



上一步操作  
(中等视觉突出程度)



正在执行  
(高等视觉突出程度)

图 1

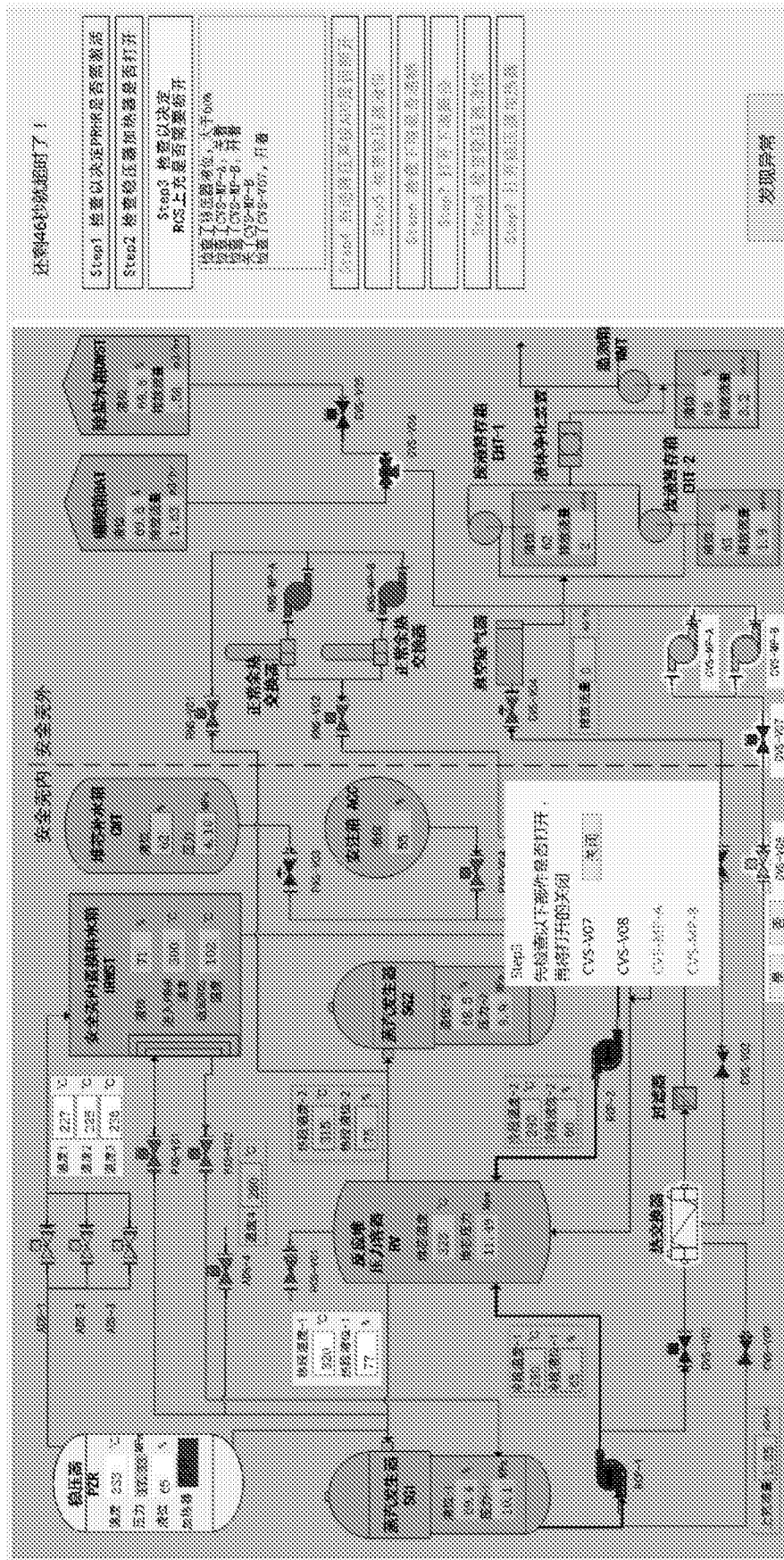


图 2



步骤	操作	步骤	操作
1	Step a 检查稳压器 (PZR) 液位是否大于70% 1) 是 - b 2) 否 - STEP3 Step b FXS-V02是否打开? 1) 是 - STEP2 2) 否 - 打开	5	Step a 检查稳压器液位是否低于60%? 1) 是 - STEP6 2) 否 - 打开RCS-V01 - STEP6
2	Step a 稳压器加热器是否打开? 1) 是 - 关闭 - STEP3 2) 否 - STEP3	6	Step a FXS-V03是否打开? 1) 是 - b 2) 否 - STEP7 Step b FXS-V01是否打开? 1) 是 - 关 2) 否 - c
3	Step a 检查PZR水平是否大于60% 1) 是 - b 2) 否 - STEP4 Step b CVS-V07是否打开? 1) 是 - 关 2) 否 - c Step c CVS-V08是否打开? 1) 是 - 关 2) 否 - d Step d CVS-MF-A是否运行? 1) 是 - 关 2) 否 - e Step e CVS-MF-B是否运行? 1) 是 - 关 2) 否 - STEP4	Step c RCP-1是否打开? 1) 是 - 停 2) 否 - d Step d RCP-2是否打开? 1) 是 - 停 2) 否 - STEP7	
4	检查ADS管道隔离 Step a 检查第一级ADS是否打开? 1) 是 - 跳出 2) 否 - b Step b 检查第二级ADS是否打开? 1) 是 - 跳出 2) 否 - c Step c 检查第三级ADS是否打开? 1) 是 - 跳出 2) 否 - STEP5	7	Step a CVS-V01是否打开? 1) 是 - b 2) 否 - 打开 Step b 稳压器液位是否低于45%? 1) 是 - STEP8 2) 否 - c Step c CVS-V03是否打开? 1) 是 - d 2) 否 - 打开 Step d CVS-V04是否打开? 1) 是 - e 2) 否 - 打开 Step e 稳压器液位是否降至45%? 2) 是 - 关03、04 - STEP8
		8	Step a 稳压器液位低于60%且值稳定? 1) 是 - STEP9 2) 否 - 跳出
		9	Step a 稳压器加热器是否打开? 1) 是 - 跳出 2) 否 - 打开 - 跳出

图 3