

变电站监控界面自动化构建技术研究

针对智能变电站海量数据对自动化工程施工带来的压力,研究了监控界面的自动化构建技术。针对图形自动化的难点,首先提出对监视界面进行功能分区、对分区内部进行业务分组等设计原则;然后利用功能分区和业务组模板实现绘制的自动化,并通过对模板增加特殊的属性,将监控界面的自动优化问题转化为较为简单的几何关系问题;最后研究了退火算法、退火目标函数和扰动的状态量等,并结合主接线图分布约束,采用退火算法对监控界面的布局进行优化。

张道杰 李江林 牛雪朋 铁勇魁/许继集团有限公司

0 引言

近年来,我国在智能电网的建设方面投入了大量的人力物力,在各个相关技术领域都取得了引人注目的技术进步^[1-6]。随着微芯片科技水平的发展以及大量新型传感技术的应用,我国智能电网形成的数字信息除了继承传统的种类繁多、关联性强等特点之外,另一最大的特点就是信息海量。这些海量数据,需要根据功能、区域、逻辑和关联等多种复杂的关系建立层次分明、清晰明了和总体统一的管理秩序,对于工程施工的时间、工程参与人员的素质都是很大的挑战。

涵盖海量数据的监控界面绘制工作,是自动化施工中的一个重点和难点,为了达到美观和均匀,需要花费整天的时间和用户交流,反复修改优化。所有业务图形都要如此进行设计,对自动化工程施工人员造成的压力很大。非常需要自动布局技术支持,以便提高效率,减轻人员负担。

国内主要采用退火算法对输电网潮流接线图这种厂站业务进行自动布局研

究^[7-13]。输电网潮流接线图主要体现厂站之间的距离和位置等较简单的几何业务关系,由于厂站监控界面涵盖监视、控制、拓扑、预警、反演和分析众多功能业务,不同业务图元之间关系多变,甚至多种业务组合成系统业务,因此采用单一的退火算法处理图元关系无法妥善应对。当前厂站多业务界面采用综合算法进行自动化构建的研究尚不多见。

本文将监控界面按照功能划分为多个区域,区域内细分为多种逻辑业务,采用功能区域模板、业务逻辑模板两级模板技术,化解各种业务的复杂性,将监控界面的自动布局着力解决的问题转化为实例化的模板之间、模板内部元件之间较为简单的几何关系,然后结合退火算法完成自动布局的优化。本方法能够自动生成监控图形,并且自动优化图元的布局,已在工程实际中成功应用,正在申请专利。

1 监控视图分析

智能变电站主要的监控操作界面是主接线图,在主接线图的基础上又衍生很多相关的业务接线图,比如五防预演图、逻辑闭锁图、高中低电压等级接线和线路间隔等,它们通过组态图元,向用户呈现多种业务信息,本文主要以主接线图为例进行讨论,其他业务图形比主接线简单。

首先,监视界面的设计应该清晰体现不同的功能分区。主接线图的功能分区,通常按照电压等级。可分为高压区、中压区、低压区和主变压器区等一



张道杰/工程师

关键词/Keywords

主接线图·
自动分布·
退火算法·
模板技术·

级分区；其他业务功能也类似，比如线路间隔图形通常包含线路间隔接线区、模拟量区、控制量区、运行方式区、光子告警区和线路压板区等。

其次，各个功能分区内部应该清晰体现自己的业务逻辑。功能分区有以下特征：区间内通常有多个相似的业务组均匀排列；业务组包含一次设备元件的物理部署信息；组内包含一次设备之间的拓扑关系等。

最后，监控界面还有约定俗成的约束，主接线图的约束可总结为以下几点。主变压器一般在视窗画布的中心区域分布，其他功能区域环绕主变压器；各个电压等级中母线业务组水平放置；母线关联的母联、线路和PT等业务间隔，以对称图形的样式依据拓扑顺序形成串，每串类似带分叉的树；元件之间的拓扑连接能够自动布线，布线之间交叉点尽量少。

其他业务约束也类似，比如线路间隔图中接线图区是主接线图中该间隔的复制，其他区域是测控量的均匀排列。

2 监控图形的自动化技术

2.1 功能分区之间的布局模板

首先，不同的功能分区通常以矩形形状排布在监控界面的画布上。设计功能区模板时，每个功能区应具有以下属性：在画布的坐标位置；矩形的占用面积；矩形内部分布元件的疏密程度；不同的邻接区域的距离；相对位置关系等。

其次，功能分区包含多个业务逻辑组，应具有容器的功能，对这些业务组进行自动排列。比如主接线图的高电压等级区，双母线在区域的上下两侧，多个3/2接线间隔均匀分布母线之间的区域。

针对主接线图，根据工程中典型布局样式和前文提到的工程约束，提炼出多种典型的布局模板，如图1所示。由于不同等级的母线类型有所不同，电压区域的类型也分为单母线、双母线、双母线带旁路和3/2接线等多种。在实际应用中模板可以进行扩展。

布局流程如下。

- 1) 根据厂站工程设计选择一个合适的模板。
- 2) 选择主变压器模型，完成主变压器布局如图1a所示。
- 3) 针对外围区域的电压等级和母线类型，选择合适的母线模板。
- 4) 最终生成主变压器及母线区域的结构框图，图1b~d为三种不同类型母线的布局模板。

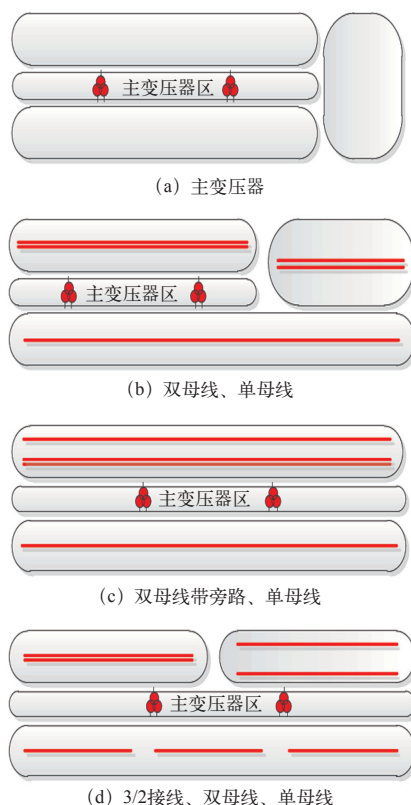


图1 功能分区布局模板

2.2 功能分区内部业务逻辑模板

在智能变电站建设中，电网各功能分区中有母线、母线出线、PT、CT、母联和变压器高中低三侧等间隔类型，智能变电站建设规范对各种类型间隔应具有的电网设备都有明确、严格的规范。首先将设备关联图形的方向、位置、间距、区域和颜色等格式设计出典型的图元样式，形成图元模板；在建设规范的指导下，根据间隔内设备的类型、数量及连接关系，可形成不同电压等级下的业务逻辑模板。

在设计时，业务逻辑模板应具有在功能区中的位置坐标、区域形状以及与相邻的业务模板

的距离。均匀度 Q 为所有功能区均匀总和，每个功能区的均匀度主要计算为业务组与功能区的边界距离，功能区内业务组之间的邻接距离，功能区中业务组内所有元件平均占用的画布面积，即元件疏密度。

对于个别较大的特殊图形，计算元件疏密度时，将其分解为标准面积的多个元件，再进行计算。在目标函数中， X_i 为所有图元在画布中的几何状态； T 为退火温度。

3.3 状态量扰动的选择

退火算法中，为了寻找能够降温的新解，需要对图元的位置状态产生一个迁移，以便计算目标函数的增量是增加了还是减少了。

通过改变功能区模板的形状，来对功能区内部的业务组和业务组内部的图元统一进行批量扰动，可以充分利用两级模板对内部图元位置的约束，加速优化进程。

目标函数 F 的状态扰动步骤如下。

1) 选择某个功能区，对矩形的长、宽增加或者减少。

2) 由于功能区形状改变，对功能区中的所有业务组所占用的区域进行平均调整。

3) 虽然每个业务组占用的区域改变，仍然保持业务模板图元之间的相对位置，只对图元之间的间距进行相应调整。

4) 业务组中图元位置统一进行变动，完成状态扰动。

对主接线图中的母线区域，对矩形的长、宽分别扰动时，还要根据母线的类型额外采用不同的扰动策略。

1) 3/2接线，调整母线之间的间距，以满足母线中间每串图元的总体高度。

2) 母线带旁路，调整旁路母线与双母线之间的距离，还要调整母线区域的高度，以满足每串图元的总体高度。

3) 单母线，要以母线为对称轴调整母线区域的高度，以满足每串图元的总体高度。

特殊情况下，比如功能区所占区域无法容纳

所有业务组，可以对功能区所占区域进行交叉换位扰动。

3.4 程序流程

自动布局流程如图3所示。在初次自动化布局成功后，进入功能区调整阶段。功能区相互邻接占据画布，可以先计算各个功能区的元件疏密度，首先选择密度大的区域进行长、宽增长扰动，由于各区域的变化相互影响，需要同时对密度小的区域进行缩减扰动；扰动时增长、缩减的步进，应该使得改变后的密度尽量接近，这样可以减少扰动循环次数。

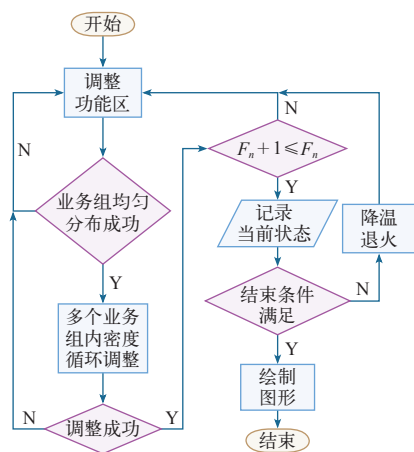


图3 程序流程

然后对功能区内部的多个业务自动均匀分布，并对业务内的元件密度进行调整。业务组图元部署的位置是依照业务模板实例化生成的，所以密度的调整，按照模板中原来图元之间的间距等比例缩放。如果扰动后导致图元无法完整地排列，则直接退回到功能区调整阶段，重新扰动。

所有功能区调整后，计算目标函数，如果扰动后的值不小于初次的值，按照Metropolis 准则判断是否接受，小于初次的值，暂存当前状态，作为下次扰动的初始状态。从功能区开始调整一直到暂存扰动初始态，算是一个成功的流程循环，然后判断该流程的循环次数是否小于马尔科夫链值 K ，小于 K 则继续对功能区扰动；如果大于 K ，则判断该流程是否满足结束条件，不满足

时,通过降低参数温度 T 来进行降温退火,重新进入循环流程;满足结束条件,则绘制图形,结束流程。

4 工程应用

所开发的变电站自动化自动布局工具,在实际使用中效果较好。图4为某省220 kV变电站初次

自动布局的接线图。图4中,紫色、红色、绿色分别是高、中、低三个电压等级,可以看出,绿色区域元件很密,交叉线比较多,元件分布不均匀,画布放不下所有元件。图5为经过布局优化的主接线图。图5中,绿色部分是10 kV区域调整到画布的下部,各个电压等级的元件分布比较均匀,交叉线较少,接线图占用的区域明显减少。

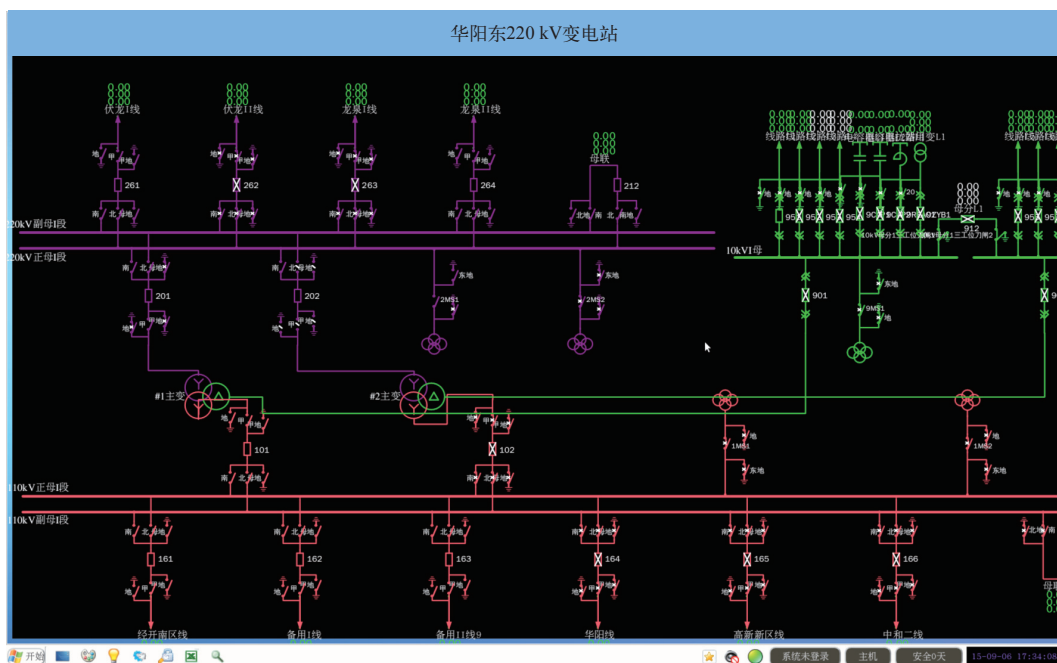


图4 初次布局的主接线图

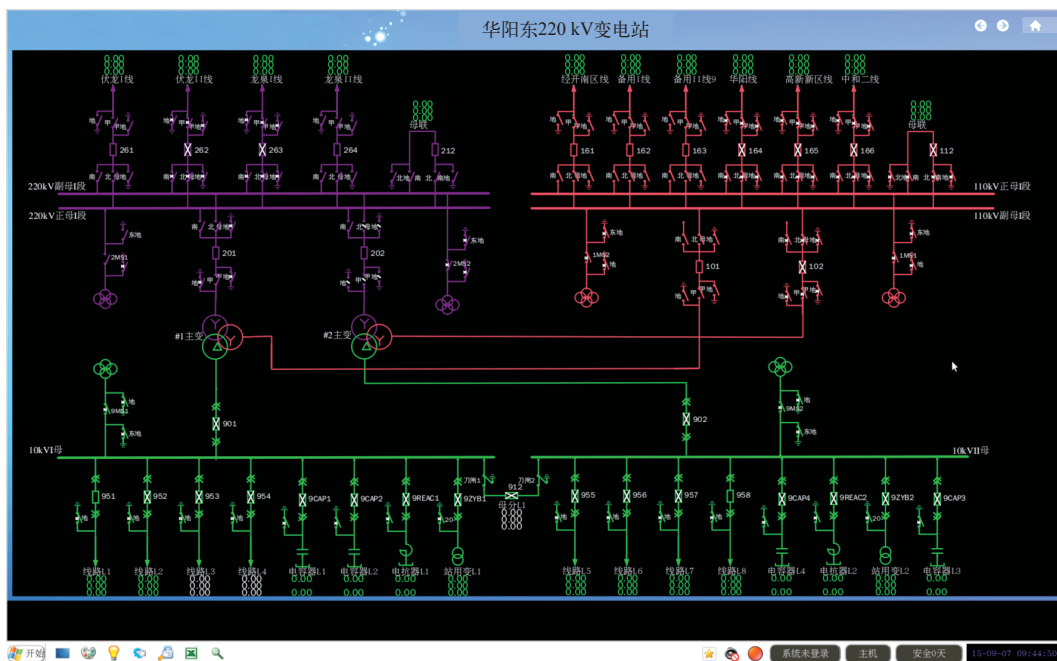


图5 优化布局的主接线图

5 结束语

在业务模板和布局模板基础上,实现厂站监控界面的自动生成,利用退火算法对主接线图以及由其衍生的各种图形的自动分布进一步进行优化。在实践中,确实给厂站自动化工程施工带来了很大便利,减轻了施工人员的劳动强度,大大缩减了绘图时间。优化后的自动布局图形可以提取出模板,供首次布局使用,利用新形成的模板进一步减轻自动分布的算法计算量,这种良性循环机制受到工程施工人员的赞赏和肯定。

参考文献

- [1] 柯志敏.组态软件在电力监控系统中的应用[J].电力自动化设备,2007,27(10):104-106.
- [2] 邵凤瑞,王命延.继电保护测试系统组态软件的应用[J].电力系统保护与控制,2010,38(6):72-75.
- [3] 周逢权,张萌,甄立敬,等.基于价值最优的区域能源管控中心价值模型研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(22):29-34.
- [4] 刘颖.智能变电站全寿命周期“即插即用”技术体系的研究与应用[J].电力系统保护与控制,2015,43(22):23-28.
- [5] 曹楠,李刚,王冬青.智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J].电力系统保护与控制,

2011,39(5):63-68.

- [6] 徐丹丹,米为民,邓勇,等.智能变电站与调度主站间模型/图形协调共享及无缝通信一体化建模仿案[J].电网技术,2012,36(11):235-239.
- [7] 邓其军,周洪,鲁觉.面向图形对象的配电网单线图绘制与使用[J].电力自动化装备,2009,29(7):97-100.
- [8] 陈勇,邓其军,周洪.无重叠交叉的配电网单线图自动生成算法[J].电力自动化装备,2010,30(11):90-93.
- [9] 章坚民,王云,谷炜,等.调度大屏输电网潮流图自动生成(一)自动布局[J].电力系统自动化,2009,33(24):43-48.
- [10] 章坚民,张自聪,郭峰,等.调度大屏输电网潮流图自动生成(二)自动布线[J].电力系统自动化,2010,34(1):36-40.
- [11] 赵冬梅,龚群,张旭.基于组合图元的输电网单线图自动布局方法[J].电网技术,2013,37(10):2979-2984.
- [12] 徐彭亮,何光宇,梅生伟,等.基于地理信息的输电网单线图自动生成新算法[J].电网技术,2008,32(21):9-12.
- [13] 胡冰.基于变电站内外模型图形的输电网系统单线图的自动布局布线研究[D].浙江:杭州电子科技大学,2011.

(收稿日期:2016-01-12) **EA**

(上接第76页)

- [6] 王凯,蔡炜,邓雨荣,等.输电线路在线监测系统应用和管理平台[J].高电压技术,2012,38(5):1274-1280.
- [7] 危阜胜,肖勇,陈锐民.故障诊断技术在计量自动化系统中的应用[J].电测与仪表,2013,50(8):93-97.
- [8] 张颖,何怡刚,金维香,等.断路器变位与工业监控系统联动的实现方案[J].电网技术,2006,

30(18):85-88.

- [9] 陈伟根,魏延芹,廖瑞金.高压断路器运行状态的变权模糊综合评判方法[J].高压电器,2009,45(3):73-77.
- [10] 王珣,张勇平,白恺,等.基于三维全景系统的智能化生产管理[J].中国电力,2011,44(4):85-89.

(收稿日期:2015-11-12) **EA**