

变电站远程浏览与源端维护中的图形转换方法

王冬霞, 施广德, 刘文彪

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 随着智能变电站的远程浏览和源端维护技术的提出, 要求变电站与主站间的信息模型以及图形实现一致性共享, 因此 G 语言和扩展的 SVG 语言应运而生。针对 G 语言需要的图元模型文件和画面引用文件, SVG 文件需要的标准图元和分层分类的画面电力设备图元引用文件的需求, 阐述了变电站本地的图形文件格式转换成 G 语言和 SVG 图形文件格式的方法并作相应的比较。为了满足源端维护主站维护一套标准图元的需求, 本地图形系统提供了主站标准图元的导入功能。同时介绍了用于画面刷新的信息转发点表的生成方法。批量远程浏览变电站的推进以及源端维护的测试实验的通过, 充分证明了此方法转出的 G 文件和 SVG 文件完全符合主站图形系统的要求, 实现了图形的“站端维护, 全网共享”的目标。

关键词: 远程浏览; 源端维护; G 语言; SVG; 图形转换

Graphic conversion method for remote browser and source maintenance of smart substation

WANG Dong-xia, SHI Guang-de, LIU Wen-biao

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: With remote browser and source maintenance being put forward, G and SVG language come into being, to achieve the consistency of share between master station and sub-station. By comparison and analysis of SVG and G language format graphics files, a graphic conversion method is proposed, which contains import and export for SVG and G. In addition, schematic refresh and mapping point table is introduced. Proven by lots of practice, the G and SVG files can meet requirements fully for master station graphic system, achieving the goal of station-side maintenance and the whole network to share.

Key words: remote browser; source maintenance; G language; SVG; graphic conversion

中图分类号: TM769; TP311 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2014)18-0089-05

0 引言

为了支撑大运行和调控一体化运行要求, 国网提出了“告警直传, 远程浏览; 数据优化, 认证安全”的建设原则^[1], 指出变电站端要具有远程浏览的功能, 即调度主站可以随时调阅站端的画面和实时数据。目前主站和各子站所支持的图形格式异构, 主站的图形系统不能够直接解析子站的图形文件, 因此电力系统 G 语言图形描述规范作为图形文件的交换格式应运而生。G 语言是针对 SVG 的公共图形交换格式无法直接表达电力系统图形和模型一体化等不足, 在 IEC 61970-453 基于 CIM 的图形交换基础上发展起来的、应用于电力系统的一种新型的图形描述语言。G 语言以图形方式表达电力设备和电网的相关信息, 支持高效地存取电力图形和模型关联数据, 支持不同系统之间的电力图形和模型关联数据的交换。

与此同时, 南方电网为了推进一体化电网运行智能系统标准化、规范化的建设, 特制定了南方电网一体化电网运行智能系统技术规范。本规范提出了源端维护技术^[2], 在站端维护数据, 全网共享。并规定了不同系统或不同模块间基于扩展的, 增加了电力资源描述的 SVG 图形交互的规则。站端提供主站标准图元的导入, 画面文件的 SVG 文件导出功能, SVG 文件配合 CIM 模型文件, 以 SVG 图形文件为载体向主站传递一次设备 CIM 模型信息和设备之间的拓扑连接关系, 达到变电站与主站系统图模交互的目的^[3-8]。

1 图形交换格式简介

1.1 基于 SVG 的图形交换文件

SVG 是由 W3C 组织推出的新一代图形标准, 是一种开放标准的文本式矢量图形描述语言, 其全称是可扩展矢量图形(Scalable Vector Graphics)。通

过扩展 SVG 语言,形成了满足源端维护技术需求的基于 SVG 的图形交换格式。图 1 是基于 SVG 的图形文件组织结构。

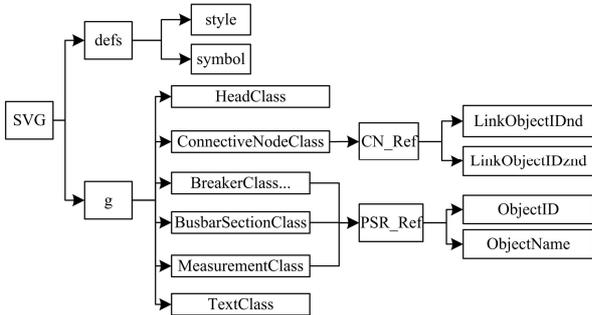


图 1 基于 SVG 的图形文件组织结构
Fig. 1 SVG-based graphical file structure

该图形文件组织结构,分成图形定义(defs)和图形渲染(g)两大部分。

图形定义部分主要包括图形显示属性的定义(style)和图元定义(symbol),这部分接收方可以不使用,也可以将之替换为自己的符号内容,即建立接收方和发送方图元集之间的映射关系。

图形渲染部分主要包括引用图元定义和基本图素进行图形绘制,支持与领域对象无关的图形对象的交换。大概分为如图 1 所示的 6 个图层: HeadClass 主要用于描述本画面的宽和高,画面类型以及站名信息; ConnectiveNodeClass 是连接线层, CN_Ref 的属性 LinkObjectIDnd 和 LinkObjectIDznd 描述的是连接线两端关联的设备 id; BreakerClass 是断路器层, PSR_Ref 电力资源引用的 ObjectID 和 ObjectName,主要描述的是电力资源的 id 和名称; BusbarSectionClass 是母线层; MeasurementClass 和 TextClass 分别是量测层和普通文字层,其他还包括 LoadClass 负荷层, GeneratorClass 发电机层, OtherClass 其他层等。

图 2 是 SVG 图形文件交换方式,从源系统 A 导出图形数据 SVG 和领域数据 CIM 文件后,导入到目标系统 B 中,即可实现图形和模型相关数据的共享。导出的 SVG 文件的正确性可以使用 SVG Viewer 或者 IE 浏览器进行显示验证。

1.2 基于 G 语言的交换文件

G 语言是 IEC 61970-453 基于 CIM 的图形交换基础上发展起来的、应用于电力系统的一种新型的图形描述语言,以图形方式表达电力设备和电网的相关信息,支持高效地存取电力图形和模型关联数据,支持不同系统之间的电力图形和模型关联数据

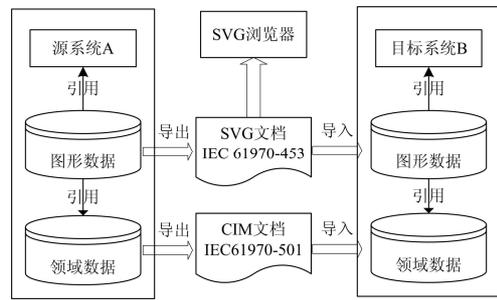


图 2 SVG 图形文件交换方式
Fig. 2 Graphics file exchange for SVG

的交换。是一种基于标记的遵循 XML 标准的纯文本语言,兼容 SVG 基本绘图格式。G 语言组成元素及其关系如图 3 所示。

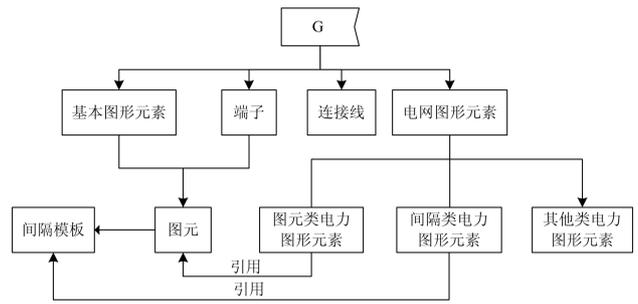


图 3 G 语言组成元素及其关系
Fig. 3 Component elements and their relationships for G language

G 语言由基本图形元素、端子、连接线以及电网图形元素组成。电网图形元素包括图元类、间隔类、其他类电力图形元素。基本图形元素和端子组成了图元。若干图元组成间隔模板。

图 4 是 G 图形文件结构图,文件中主要包括 Text 静态文本, DText 动态文本, Line 等基本图形, image 图像, CBreaker 断路器, DisConnector 刀闸, GroundDisconnector 接地刀闸, Generator 发电机, Capacitor 电容器, Transformer3 三卷变, Transformer2 两卷变, State 工况图, Status 状态图元, Protect 保护图元和 Bay 间隔图等。其中 CBreaker, DisConnector,

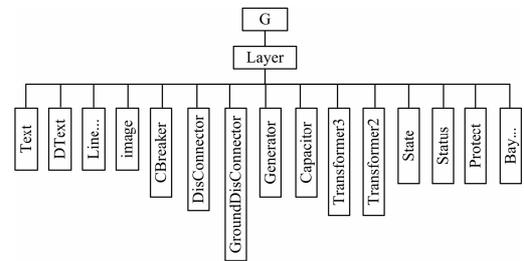


图 4 G 图形文件结构图
Fig. 4 G-based graphical file structure1

GroundDisconnector, Generator, Capacitor, Transformer3, Transformer2, State, Status, Protect, Bay 等是图元引用, 这些图元的定义分别在对应的文件夹中, 以及图元文件名加类型作为引用关键字。主站端与变电站图形网关机建立通信链接, 通过 DL476 协议实现两个过程: 获取厂站端的 G 格式图形文件, 获取画面实时数据。

1.3 图形文件结构对比分析

基于 SVG 的图形交换文件的电压等级的颜色定义和公共图元部分, 放在对应文件开头的 defs 定义处, 通过 style 样式和 symbol 图符标示, 其中 symbol 部分, id 是图元的唯一标示, 名称由图元类型: 名称@态组成, 使用 use 引用已经定义的图元, xlink:href 用来标示所要引用的图元。每个图元的每一种显示状态单独用 symbol 标示。正文部分是各种图层的集合, 每一类的电力图符统一放在对应的图层中, 由<g></g>分隔。metadata 用于 cge:PSR_Ref 是该对象的领域数据。

基于 G 语言的交换文件, 所有的公共图元都放在对应的文件夹文件中, 文件夹的命名是以图元类型统一命名的, 比如断路器图元定义放在 CBreaker 文件夹下。每个公共图元的文件名的后缀也根据类型命名, 比如断路器图元的文件后缀是以 dlq.icn.g 命名。每个图元文件通过 state 属性指定该图元有几种显示状态, sta 属性用于表明该图符是在哪一态显示, 画面文件用 devref 来引用断路器图元定义。

通过对比 SVG 文件和 G 文件, 其中关键部分是变换矩阵, SVG 的变换矩阵格式是 transform="rotate(θ,cx,cy) scale(sx,sy) translate(dx,dy)", 其中 G 文件的变换矩阵是 tfr="rotate(θ) scale(sx,sy) translate(dx,dy)". 主要区别是 SVG 中的 rotate 中可以指定旋转的中心点, 缩放是以左上(0,0)点, 而 G 文件中的旋转缩放是统一以中心点来变换的。而本地系统中图形文件的变换矩阵的存储格式为

$$t = \begin{bmatrix} sx & a01 & a02 \\ a10 & sy & a12 \\ dx & dy & a22 \end{bmatrix}$$

其中: sx 为水平缩放系数; $a01$ 是垂直形变系数; $a02$ 是水平映射系数; $a10$ 是水平形变系数; sy 是垂直缩放系数; $a12$ 是垂直映射系数; dx 是水平移动位移; dy 是垂直移动位移。针对目前的二维图形系统, $a02$ 、 $a12$ 为 0, $a22$ 值为 1。由此可见, 该矩阵中并没有直接记录旋转的角度和缩放的系数, 需要我们从最终的这个矩阵中分解出来并满足 G 文件和 SVG 要求的参数, 如果分解的结果有稍许的偏

差, 会导致分析后的图形文件, 显示会发生形变和错位的情况, 具体的矩阵分解方法在图形转换方法中给出解决方案。

2 图形转换方法

2.1 图形转换总体设计

对于 SVG 文件来说, 图形系统提供导入和导出的功能, 利用主站提供的标准图元文件, 包括断路器、刀闸、变压器等一次图元, 利用 SVG 导入功能, 把标准图元导入到本地的图形系统, 保存成本地文件格式, 完成本地系统的标准图元的显示。对于 G 文件来说, 暂时不需要导入标准图元, G 文件解析系统支持各种站端差异性图元文件的一致性解析。利用标准图元即可绘制站端的主接线图等。如图 5 是 SVG 标准图元文件的导入过程。

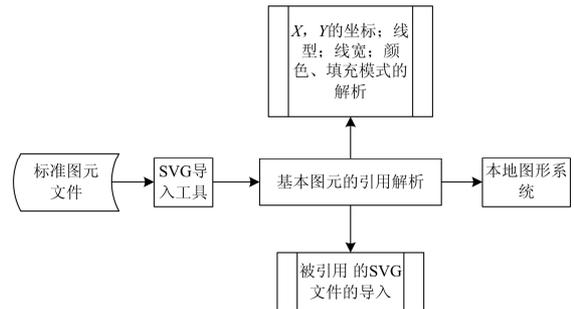


图 5 SVG 标准图元文件的导入

Fig. 5 Import for standard metafile of SVG

在本地图形系统中, 利用标准图元绘制的主接线图、间隔图等, 是本地的图形系统格式, 主站无法解析, 需要转换成主站能够解析的 SVG/G 文件, 就需要实现 SVG/G 文件的导出功能, 实时数据通过 DL476 协议传输到主站^[9], 导出流程如图 6 所示。

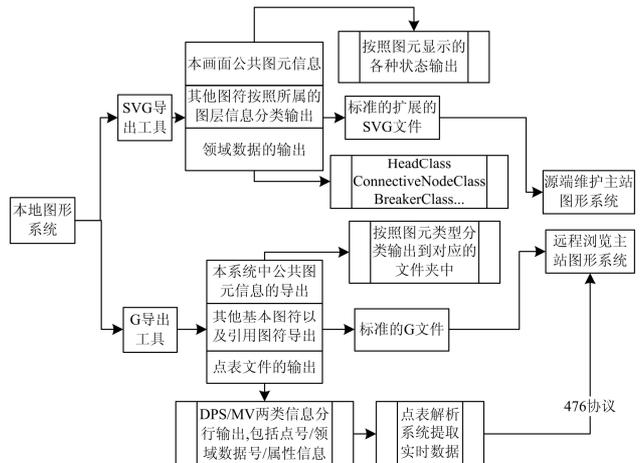


图 6 SVG/G 文件的导出

Fig. 6 Export file for SVG and G

2.2 坐标变换方法

坐标的变换有两种表示方式:

(1) 用 `translate`、`scale`、`rotate` 的形式表示。坐标变换和书写顺序有关, 一般采用 `transform="rotate(θ , cx , cy) scale(sx , sy) translate(tx , ty)"` 的方式。SVG 和 G 文件格式中的矩阵使用了此形式。

(2) 另一种坐标变换方式为 `transform="matrix(a b c d e f)"`, 实际上对应着矩阵运算, 一个二维坐标系的矩阵变换计算公式为(1)。

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中: x, y 为原始坐标值; $x1, y1$ 是变换后的坐标值。目前本地图形系统中的坐标变换是按照格式

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x-cx & y-cy & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ cx & cy & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ e & f & 1 \end{bmatrix}$$

Step1: 上式中, cx, cy, a, b, c, d, e, f 为已知值, 我们求出 x, y, sx, sy, θ 这 5 个未知值即可。经过一系列的矩阵运算, 最终我们可以得出式(2)。

$$\begin{cases} sx = \sqrt{a^2 + b^2} \\ sy = \sqrt{c^2 + d^2} \end{cases} \quad (2)$$

Step2: 根据计算出的 sx, sy , 由公式(3), 可以推算出 θ 值。

$$\begin{cases} sx \cdot \cos\theta = a \\ sx \cdot \sin\theta = b \\ -sy \cdot \sin\theta = c \\ sy \cdot \cos\theta = d \end{cases} \quad (3)$$

至此完成了 G 格式需要的 `tfr="rotate(θ) scale(sx, sy) translate(dx, dy)"`, 以当前图符位置的中心点为旋转和缩放参数的 sx, sy, θ 值。

Step3: 此外我们还需要给出图符旋转缩放前的左上点 x, y 坐标, 根据上面的矩阵变换计算可以得出式(4)。

$$\begin{cases} x = \frac{(e - cx) \cdot \cos\theta + (f - cy) \cdot \sin\theta}{sx^2} + cx \\ y = \frac{(f - cy) \cdot \cos\theta + (e - cx) \cdot \sin\theta}{sy^2} + cy \end{cases} \quad (4)$$

Step4: SVG 格式需要的矩阵为 `transform="rotate(θ, cx, cy) scale(sx, sy) translate(dx, dy)"`, 其中缩放是以 $(0, 0)$ 原点来缩放的, 而 G 格式是以 cx, cy

(2)来存储的, 所有的图形经过一系列的旋转缩放位移之后的信息统一存储在 a, b, c, d, e, f 这 6 个参数中。为了提供符合格式(1)的坐标变换, 我们需要从 a, b, c, d, e, f 中分解出图符最终的旋转角度 θ , 旋转的中心点 cx, cy 坐标, 水平和垂直方向的缩放系数 sx, sy , 以及 x, y 方向的位移信息 dx, dy 。由于 G 格式中默认的旋转中心点是图符的中心点, 因此我们以当前图符最终的中心点位置作为旋转和缩放的中心点 cx, cy 。图形系统中提供了得出当前图符中心点的函数 `GetCenter(cx, cy)`。由于所有的旋转缩放算法中, 一般都是把图符移到原点进行旋转缩放后再移回原处, 因此这里 x, y 是图符的缩放和旋转前的左上点位置, 首先减去 cx, cy , 把当前图符移到原点, 然后经过一系列的缩放 sx, sy 和旋转 θ 度后, 再移回 cx, cy 处后, 得到的便是最后的 (a, b, c, d, e, f) 的变换值。

中心点来缩放的, 因此我们还需要增加一个偏移值来完成该变换。该偏移值与缩放系数和中心点有关, 推算可知为式(5)。

$$\begin{cases} \Delta dx = -cx(sx - 1) \\ \Delta dy = -cy(sy - 1) \end{cases} \quad (5)$$

注意: 这里我们计算所需的 cx, cy 是图符的中心点, 也是旋转和缩放的中心点, 因此对于像断路器、接地符等对称图符来说, 经过上述计算得出的 x, y, sx, sy, θ 值, 在主站显示不会产生任何偏差。但是对于刀闸等不对称图符, 由于图符的中心点 cx, cy 不一定是旋转和缩放所需的中心点, 就会存在偏差, 这里我们给出了一个解决方案是, 在图符最底层添加一个透明的无线型的矩形, 使得整个图符是对称图符, 并且中心点是旋转和缩放的中心点。另外对于文字的缩放, 由于各平台包括 Windows、Linux 和 Unix 系统, 以及各主站的字体库的系统不一致, 我们推荐使用黑体, 矢量字体黑体形变小, 这样得到的字符串的中心点坐标就会基本一致, 减少文字位置的偏差。

3 结语

采用本文提出的图形转换方法所实现的变电站远程浏览功能, 首先在四川的丰谷变和天津的万汇路变电站成功试点, 随后在全国范围内大批量应用, 适应多家主站的图形系统, 并且主站远程浏览的画

面与站端的画面完全一致, 包括实时数据的刷新, 达到了远程浏览的功能要求。源端维护技术所需的 SVG 文件也通过南网的功能测试, 包括继保的主站和积成提供的验证工具的测试。按照调控一体化的建设模式, 该图形转换方法在远程浏览和源端维护技术的实现和推广中, 对于大运行、大检修体系的建设具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 仁浩, 马晓青, 窦仁晖, 等. 一种图形转换方法在变电站远程浏览中的研究与应用[C] // 中国电机工程学会. 2012 电力系统自动化专委会学术交流探讨会论文集. 北京: 国家电网公司, 2012.
REN Hao, MA Xiao-qing, DOU Ren-hui, et al. The research and application of a graphic conversion method in the substation remote browsing[C] // Chinese Society for Electrical Engineering. 2012 Proceedings of Academic Exchange and Discussion Conference of Power System Automation Special Committee. Beijing: State Grid Corporation of China, 2012.
- [2] 马晓青, 张俊伟, 仁浩. SVG 单线图在智能变电站远端维护功能中的应用[C] // 中国电机工程学会. 2012 电力系统自动化专委会学术交流探讨会论文集. 北京: 国家电网公司, 2012.
MA Xiao-qing, ZHANG Jun-wei, REN Hao. SVG single line diagram is used for source maintenance of smart substation[C] // Chinese Society for Electrical Engineering. 2012 Proceedings of Academic Exchange and Discussion Conference of Power System Automation Special Committee. Beijing: State Grid Corporation of China, 2012.
- [3] 陈爱林, 耿明志, 张海东, 等. 智能变电站和主站共享建模的关键技术[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(9): 72-76.
CHEN Ai-lin, GENG Ming-zhi, ZHANG Hai-dong, et al. Key technologies of model sharing between smart substation and control centre[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(9): 72-76.
- [4] 杨道驰, 冯根生, 方龙, 等. 基于交互式图形系统的电力参数图元的建模[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 144-148.
YANG Dao-chi, FENG Gen-sheng, FANG Long, et al. Modeling of electric parameter by graphic elements based on interactive graphic system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(14): 144-148.
- [5] 任建文, 江贤康, 崔悦. 基于通用电网框架模型的电力系统图形自动绘制实现[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(7): 138-142.
REN Jian-wen, JIANG Xian-kang, CUI Yue. Automatic generation of power system diagram based on general framework model[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(7): 138-142.
- [6] 尹亮. 基于图形化主接线图的电气连通性分析和研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15): 65-68.
YIN Liang. Study and improved arithmetic about electrical connectedness of main electrical scheme[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(15): 65-68.
- [7] 刘守瑞, 常鲜戎. 基于 VC++ 的电力图形软件的电力图元连接[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(15): 100-103.
LIU Shou-ru, CHANG Xian-rong. Connection with the power graphics elements of the power graphics software based on Visual C++[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(15): 100-103.
- [8] 王增平, 张晋芳, 张亚刚. 基于主接线图特征的厂站内拓扑分析新方法[J]. 电工技术学报, 2012, 27(2): 255-260.
WANG Zeng-ping, ZHANG Jin-fang, ZHANG Ya-gang. A novel graphic characteristic based method for topology analysis in substations and power plants[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(2): 255-260.
- [9] 张爱男, 苏振华. 变电站告警直传与远程图形浏览系统分析[C] // 中国电机工程学会. 2012 电力系统自动化专委会学术交流探讨会论文集. 北京: 国家电网公司, 2012.
ZHANG Ai-nan, SU Zhen-hua. System analysis for alarm direct transfer and remote browser of smart substation[C] // Chinese Society for Electrical Engineering. 2012 proceedings of Academic Exchange and Discussion Conference of Power System Automation Special Committee. Beijing: State Grid Corporation of China, 2012.

收稿日期: 2013-12-20; 修回日期: 2014-01-16

作者简介:

王冬霞(1981-), 女, 博士, 工程师, 研究方向为电力系统自动化; E-mail: dongxia-wang@sac-china.com

施广德(1971-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统自动化;

刘文彪(1975-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化。