doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.02.022

基于 Visual Lisp For AutoCAD 的输电线路选线与数据处理系统

周红宇[1]，陶晓学[2]，李　毓[2]，魏冠军[3]
（1. 兰州石化职业技术大学土木工程学院，甘肃 兰州 730050；2. 四川长园工程勘察设计有限公司，四川 成都 610011；
3. 兰州交通大学测绘与地理信息学院，甘肃 兰州 730070）

摘　要：输电线路选线与数据处理是线路勘测工作中一项重要内容，分析当前选线与数据处理方法的基础上，利用 Visual Lisp For AutoCAD 开发环境，开发选线与数据处理功能，实现等高线和高程点数据输出为 org 格式的平断面图。系统功能可靠、准确，运行稳定且自动化，在输电线路工程勘测设计过程中具有较好的应用价值。

关键词：输电线路选线；Visual Lisp；断面图
中图分类号：P285.22　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）02-0108-05

Transmission Line Selection and Data Processing System Based on Visual Lisp for AutoCAD

ZHOU Hongyu[1], TAO Xiaoxue[2], LI Yu[2], WEI Guanjun[3]
(1. College of Civil Engineering，Lanzhou Petrochemical University of Vocational Technology，Lanzhou 730050, China;
2. CYG Consulting and Engineering Co., Ltd., Chengdu 610011 , China;
3. Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Transmission line selection and data processing is an important part in the survey of transmission lines. Based on the analysis of current methods of transmission line selection and data processing, we used Visual Lisp for AutoCAD development environment to develop the functions of line selection and data processing, and outputted the contour and elevation point data into org format. This system has reliable and accurate functions, stable operation and very automation, and has good application value in the survey and design of transmission line engineering.

Key words: transmission line selection, Visual Lisp, section diagram

在电力工程勘测设计领域，AutoCAD 是应用最为频繁的软件之一，该软件对设计工作有较强的辅助作用，可以实现无纸化设计，但 AutoCAD 并未兼顾各行各业的工作习惯和专业要求。如在电力工程勘测设计行业中[1-3]，会经常遇到以下情况：①输电线路的可研和初设阶段利用 DWG（AutoCAD 数据存储格式）格式的地形图进行路径选择和优化，而塔位设计等工作需要在道亨架空送电线路应用平台[4]；②在 AutoCAD 中的输电线路平面图中（此平面图带有高程点），无法将平面图数据输出为 org 格式（道亨架空送电线路应用平台数据格式）。因此，针对上述问题，利用 AutoCAD 软件二次开发接口，实现符合电力工程勘测设计行业使用需求的功能是十分必要的。

1　输电线路选线与数据处理现状

1.1　org 文件数据格式

输电线路设计中的平断面图是外业测量的主要成果，也是线路设计的重要技术输入文件。平断面图上有 2 个主要部分：①断面线：根据线路中线各桩点的高程而绘制的一条高低起伏的曲线，反映沿线路中线地面的起伏变化；②平面图：反映输电线路中心线两侧各一定距离所经地区的平面附属物（如公路、高压线、河流、铁路、农田、通信线等）[5]，在 SLCAD 软件中用 org 数据结构保存这些数据。

org 文件是 SLCAD 中的数据格式。测量点数据在 SLCAD 的图形界面中完成平断面图绘制，保存为 org 格式，并且图形界面中的展点、绘图过程也被记录

收稿日期：2020-07-24。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41964008）。

在org文件中。org文件是对用户开放的，可以用文本打开和编辑。断面图的数据可分为桩位数据和断面点数据，桩位数据主要指线路的中心桩，包括转角桩和直线桩；断面点是线路范围内的地物或地貌特征点，包括路径上的断面点和偏离路径上的点[6]。偏距是点位偏离中心线的垂距，里程是各个线段的累加距离。如图1所示，相邻两转角点J1和J2，高程点B垂直于JI–J2线段BA，垂足是A，J1–A是以J1为起始点的距离，BA为偏距。J1–A是点位投影到直线上相对于J1的距离，再加上J1的里程，就能得到A点的里程。如果B点在以J1为起始点到J2方向上的左侧，称为左偏点。如果B点在以J1为起始点到J2方向上的右侧称为右偏点。如果B点在以J1为起始点到J2方向上的线段上，称为断面上的点。

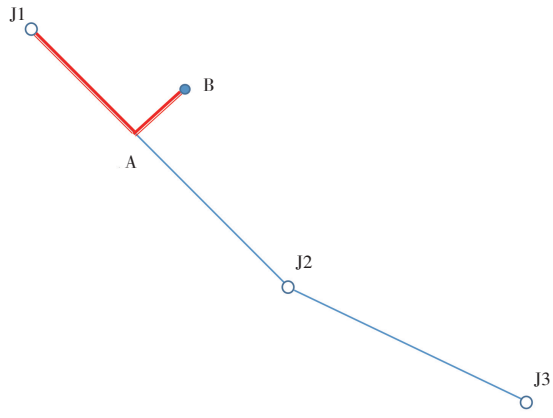


图1　路径转角

在org文件中，桩位数据的格式为：“测量方法，桩名，偏距，里程，高程，点编码，转角角度，注记；断面点数据格式为：“测量方法，点号，偏距，里程，高程，点编码，连接点，线型，连线编码”[5]。桩位的测量方法为0，点编码为96=00+96，断面点测量方法为b，点编码为13=00+13，偏距和转角角度的符号遵从“左正右负”的原则。

1.2　现有选线与数据处理软件

目前将高程点数据或者等高线数据输出为org格式有如下几种方法：①商业的GNSS数据采集软件的电力模块，在采集数据之前先建立输电线路路径，采集的断面数据保存到GNSS手薄相应的数据库中，最终导出为org格式或通过中间软件转换为org格式，这里有Leica GNSS的电力线路测量模式、南方GNSS的电力之星、华测GNSS输电线路模块等；②利用商业的数据处理软件将坐标高程数据转换成org格式，有道亨SLGPS数据处理软件、洛斯达公司的架空送电线路软件；③在等高线数据上设置线路路径并输出为org格式，有道亨CAD选线软件、TLCADVBA软件；④二三维选线系统，有EcanPLStation架空输电线路选线设计与平断面成图系统，以及海拉瓦输电线路选线系统等。

1.3　现有选线与数据处理软件存在问题

各种方法都能得到想要的结果，但也都存在着一定的局限性：①GNSS数据采集软件上电力模块是常用的数据处理方法，但是导出的org数据只能是GNSS采集的数据，无法在等高线上输出org，如果没有利用专用的GNSS模块采集，就无法输出org数据；②利用商业的数据处理软件将坐标高程数据转换成org格式，这个方法需要事先确定好转角，不同转角间的断面数据需要对应清楚，部分软件不能自动的按照耐张段提取相应的断面数据，并且需要购买相应的软件；③在等高线数据上设置线路路径并输出为org格式，这个方法可以在等高线上将路径输出org格式，但是高程点无法输出为org格式；④二三维选线系统，这类系统一般是在立体模型上或者在等高线上提取数据，软件价格比较昂贵，没有AutoCAD软件操作方便。

1.4　设计选线与数据处理软件的可行性

针对以上模式存在不足和实际工作中的需要，开发输电线路选线与数据处理系统。根据高程点输出org格式数据，这种情况是路径转角坐标已经确定，识别路径周围的高程点，自动输出为org格式数据；根据等高线输出org，这种情况是在AutoCAD上打开等高线，在等高线上绘制输电线路路径，自动输出路径的org数据。

AutoCAD二次开发已经是很成熟的技术，用于开发的资源较多。系统主要用到的算法有提取高程点、根据高程点与路径的关系计算偏距和里程、提取等高线与路径相交点的高程信息。综上所述，开发输电线路选线与数据处理系统是可行的。

2　设计与实现系统

2.1　开发平台选择

目前，输电线路设计制图软件以AutoCAD为主，地形图绘制软件主要以南方CASS[7]为主，Visual Lisp是属于AutoCAD第三代开发工具，对于AutoLisp开发语言的进一步扩展，提供了更好的开发环境，在语法、格式、源代码的处理上都有较高的提升[8]。本系统选择AutoCAD为平台，全面结合AutoCAD与CASS

功能，利用Visual Lisp开发工具，实现输电线路选线与数据处理。

2.2 系统的模块构成

该系统分为两大子模块，即高程点输出org模块和等高线输出org模块，这2种模块分别处理高程点数据和等高线数据，输出的结果都为标准的org格式数据，系统结构如图2所示。

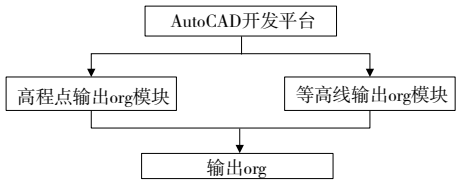


图2 系统结构图

2.3 输电线路选线与数据处理流程设计

在AutoCAD中开发选线与数据处理菜单栏，下拉菜单有：高程点输出org命令、等高线输出org命令。高程点输出org命令的主要流程如图3所示，等高线输出org命令的主要流程如图4所示。

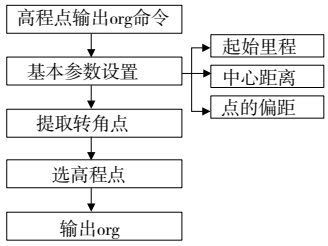


图3 高程点输出org流程图

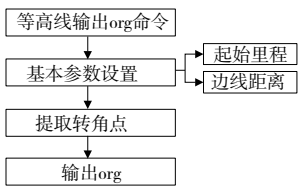


图4 等高线输出org流程图

2.4 输电线路选线与数据处理实现原理

在AutoCAD中通过菜单或命令行，启动输电线路选线与数据处理功能，按照操作流程即可输出org数据。

1）提取转角坐标，转角高程可以是手动输入，也可以提取已存在高程点，并将其显示在对话框中。

2）选高程点构造选择集，因CASS软件高程点是块，注记是块的属性，所以筛选条件设置为图层、类型、块名，将筛选出的高程点存放到数组变量中。

3）根据转角坐标将路径划分成几个耐张段。

4）选高程点，将高程点投影到相应的转角段内，得到里程和偏距。在程序实现过程中，需要完成一个重要的步骤，就是判断断面点的位置。

5）判断高程点是否参与运算，如果点到转角段的垂距大于中心距离，则不参与运算。

6）判断高程点是否在转角的连线上，如果点到转交段的垂距大于点的偏距，此点为边线点，否则为断面上的点。并判断此点是左偏点还是右偏点。

7）遍历列表中所有高程数据，如果是转角点，那么按照“测量方法，桩名，偏距，里程，高程，点编码，转角角度，注记”格式，将数据写入后缀名为.org文件中。如果是断面点或边线点，按照“测量方法，点号，偏距，里程，高程，点编码，连接点，线型，连线编码”将数据写入后缀名为.org文件中。

2.5 断面点与路径关系的判断

org的数据是里程和偏距，如图1所示将高程点坐标投影到相应的转角段内可以得到。一条输电线路有很多耐张段，需要判断高程点坐标投影到哪条耐张段上，之后再求得相应里程和偏距。

如图5所示，已知A点坐标 (x_A, y_A)，AB的方位角为 α，P点坐标 (x_P, y_P)，可知 $EP = x_P - x_A$，$AE = y_P - y_A$，$CG = DE = AE\cos\alpha$，$GP = EP\sin\alpha$，$PC = CG - GP$，$DC = EG$，$EG = PE\cos\alpha$，$AD = AE\sin\alpha$，$AC = AD + DC$，则PC为点P到直线AB的距离公式（1），AC为以A为起点的里程公式（2）[9]。

$$PC = (y_P - y_A)\cos\alpha - (x_P - x_A)\sin\alpha \quad (1)$$

$$AC = (y_P - y_A)\cos\alpha + (x_P - x_A)\sin\alpha \quad (2)$$

根据PC的正负可以判断点在AB直线的左右，当PC为正号时，P点在直线AB的右侧；当PC为负号时，P点在直线AB的左侧。

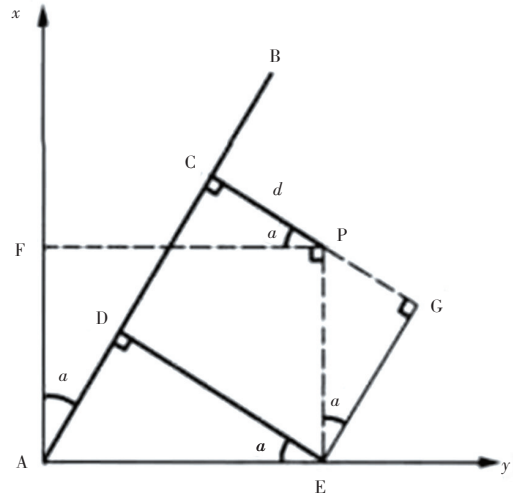


图5 点P与直线AB的关系

根据图6所示，J1、J2、J3点为已知转角点，B和

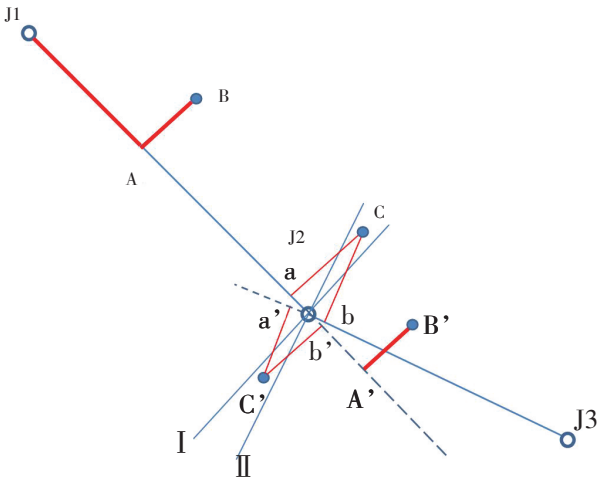


图6　断面点与路径关系

B’点为测量得到的高程点。将B点投影到J1–J2耐张段上，J1–A的长度小于J1–J2，则B点是J1–J2耐张段内的点；又如B’高程点投影到J1–J2耐张段上，J1–A’的长度大于J1–J2，则B’点是J1–J2耐张段外的点。通过这样的判断可以将高程点划分到不同耐张段上，但C点和C’点比较特殊。线段Ⅰ是过J2点垂直J1–J2耐张段，线段Ⅱ是过J2点垂直J2–J3耐张段，C点和C’点位于线段Ⅰ和线段Ⅱ相交的范围内。可以看出过C点可分别做两条垂线，ca垂直J1–J2，Cb垂直J2–J3，垂足点都在耐张段内。过C’点可分别做两条垂线，ca’垂直J2–J3，Cb’垂直J1–J2，垂足点都在耐张段的外，在其延长线上。进行高程点划分的过程中需要分析C和C’这类点，如果高程点有2个以上的垂足点，并且都在耐张段内，那么此类点距离哪个耐张段近，就划分到此耐张段中；如果高程点没有耐张段内的垂足，只有耐张段以外的垂足点，需要继续判断这类点距离哪个转角近，此类点的里程与它最近的转角里程相等。图7为断面点与路径关系的判断流程图。

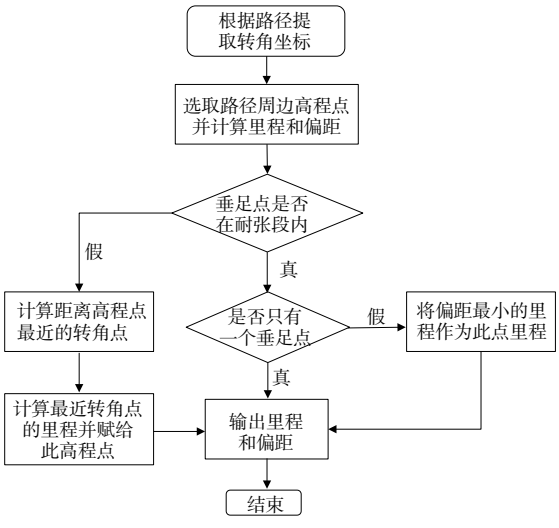


图7　断面点与路径关系的判断流程图

2.6　输电线路选线与数据处理系统测试与应用

等高线输出org处理功能如图8所示，选取1∶1 000的带状地形图进行实验，线路工程总长度共计1.8 km。利用等高线输出org功能，设置起点里程为0，左右边线各20 m，点击提取转角点命令并选取路径，自动提取转角坐标并生成左右边线路径，点击输出org命令，用时15″生成org文件。SLCAD软件打开输出的org文件，显示出平断面图，将中心断面数据与左右边线连接后，设计人员可进行杆塔排位。利用这种方法，方便设计人员比选路径方案。图9为等高线输出org的平断面图。

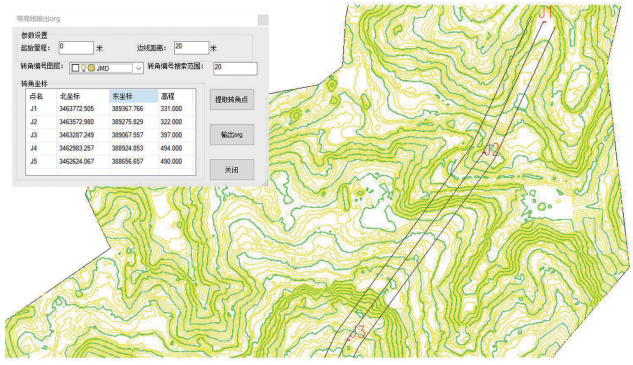


图8　等高线输出org处理功能

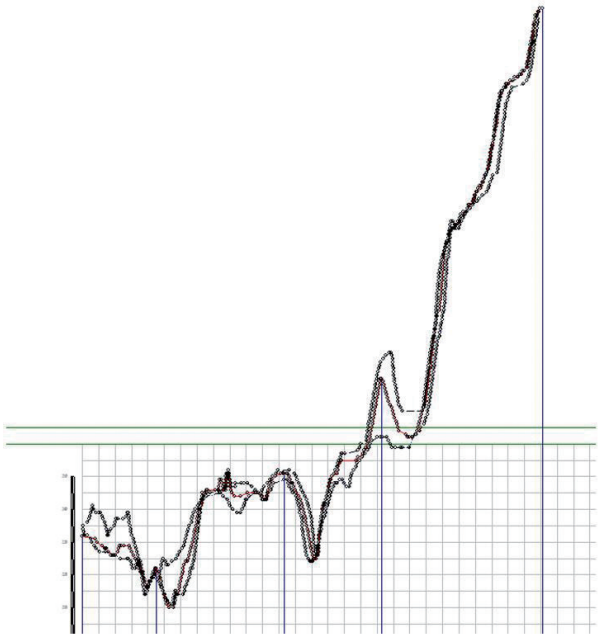


图9　等高线输出org的平断面图

高程点输出org功能如图10，选取8.5 km的线路进行实验，利用GNSS接收机、全站仪和无人机航测系统采集地形和地物的三维坐标，用南方CASS软件展点，选择高程点输出org功能，设置起点里程为0，距离中心线40 m的高程点为路径影响点，点的偏距设置1 m，点击提取高程点命令，自动提取转角坐标，点击选取高程点命令，选中6 314个点，点击输

出org命令，保存输出文件。软件输出6 314个高程点，用时3″ 。用SLCAD软件打开输出的org文件，显示出平断面图，将中心断面数据与左右边线连接后，可进行杆塔排位。图11为高程点输出org的平断面图。

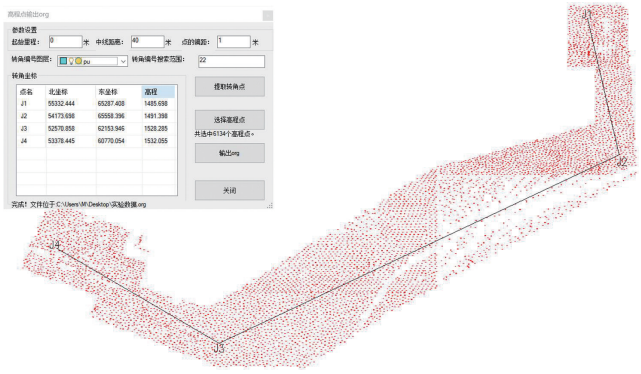


图10 高程点输出org处理功能

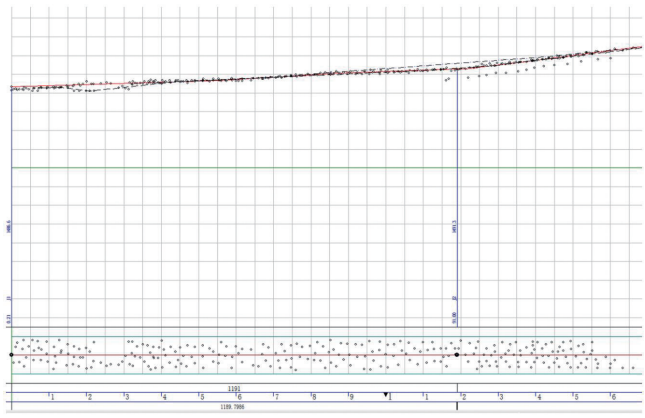


图11 高程点输出org的平断面图

为了确保输出的数据准确性，分别检查高程点输出org成果与等高线输出org成果的质量。检查高程点输出org成果是利用CAD软件量取高程点的偏距，以及高程点投影到路径上的里程，将量取的数据与输出的org数据对比，查看是否有偏差。在J1–J2、J2–J3、J3–J4之间，每个耐张段内选取重要的高程点（重要的高程点是弧垂最低点下的高程点和地面高程相对高一些的点）30个，量取偏距和里程，经对比分析，数据完全相同。检查等高线输出org成果，利用cad软件量取等高线距离转角点的平距和查看等高线的高程，每个耐张段内选取重要的高程点30个，经对比分析，数据完全相同。分析得出软件输出成果准确，完全与手动量取的结果一致。

输电线路选线与数据处理系统已经在35 kV光伏送出工程和35 kV风电送出工程中多次使用，实际效果良好。使用过程操作流畅，未出现过错误，软件整体比较可靠。

3 结 语

本文介绍输电线路选线与数据处理方法，对其现状进行分析，设计输电线路选线与数据处理系统的流程和方法，利用AutoCAD平台，选择Visual Lisp程序设计语言二次开发，实现输电线路选线与自动的数据处理。在AutoCAD图形化界面下，既能在等高线上生成ORG数据，又能利用高程点生成ORG数据。方便设计人员比选路径方案，节省测量人员的工作时间，减少人为失误率，提高制图质量。在数据处理过程中，如何将CASS软件中的线划图转换成ORG数据中的平面图是进一步需要研究的问题。

参考文献

[1] 温玉维,郑晶,田晓振. VBA for AutoCAD编程在架空输电线路测量中的应用[J]. 电力勘测设计,2019(5):56-60

[2] 涂道勇,黄进航,王骏. 基于CAD/GIS集成的电力勘测制图技术研究与应用[J]. 电力勘测设计,2020(增刊):97-104

[3] 胡臻达,黄典祖,涂道勇. CAD与GIS多源数据融合模式下的架空输电线路选线方法[J]. 勘察科学技术,2020,4(5):17-22

[4] 高俊海,汪洋,魏建华. AutoCAD数据转道亨软件开发平台的应用[J]. 电力勘测设计,2017(增刊):40-42

[5] 周飞. AUTOLISP语言在输电线路绘图设计中的应用[J]. 电脑与电信,2007(2):31-33,40

[6] 邓明阳. 浅谈GPS数据转换为Org文件的几种方法[J]. 科技信息,2011(7):479-487

[7] 周红宇,肖伟红,陶晓学. 基于VBA for AutoCAD塔基断面图自动化绘制[J]. 电力勘测设计,2018(4):37-40

[8] 张炜,周斌麟. Visual Lisp和CASS相结合实现断面图的自动绘制[J]. 测绘与空间地理信息,2011,34(4):239-240,244

[9] 韩三琪. 距离趋近法确定测点与线路的相对关系[J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版),2010,24(3):21-23

第一作者简介：周红宇（1985—），硕士，工程师，研究方向为3S技术在电力勘测上应用。