

基于 FME 的电子地图道路面快速构建方法研究

摘要

随着基础测绘成果应用的不断推广,电子地图数据的快速生产与更新的需求成为近年来备受关注的热点问题。道路面作为电子地图中主要地物要素有着举足轻重的作用,针对电子地图中道路面生产和更新的应用需求,本文提出了一种基于 FME 的电子地图道路面快速构建的方法。该方法以大比例尺 DLG 数据中的道路边线为源数据,通过构建 Delaunay 三角网的方式快速构建电子地图道路面,从而大幅提升了电子地图道路面的构建效率。

1、引言

在当今城市建设快速发展的环境下,城市地表各类地物的信息变化可谓日新月异,采用何种方式何种频率对对应电子地图进行常态化生产更新,使其时刻保持其数据现势性成为测绘地理信息行业应用研究人员面前的当务之急。电子地图的更新方法通常是采用大比例尺 DLG 数据进行生产加工,而道路作为电子地图的关键要素,在电子地图的生产中占有至关重要的地位。传统的道路网构建处理方式是通过人工闭合道路边线分段构建道路面,其作业工作量大且效率低,很难满足当前市场对电子地图快速更新的需求。本文结合福州市全市域 1 万多平方千米范围电子地图生产需求,以 FME 为基础平台,通过对福州市全市域 1:2000DLG 道路边线进行分区自动构建道路面的方法,阐述快速完成道路面的构建流程。

2、数据现状

福州市全市域 1:2000 电子地图生产与更新项目,拟以 2020 年底建设完成覆盖全市域 1.2 万平方千米的 1:2000DLG 数据作为电子地图生产加工的基础源数据。通过对 1:2000DLG 数据库进行分析,其中居民地、绿地、水系可以直接提取拓扑面,主要地物要素中仅有交通层为矢量线状要素。通过对交通相关图层进行分析,其主要内容包含交通线层、交通注记层共两个图层。其中交通线图层共计包含 166 类地物编码的各类交通线,其属性内容包含属性 ID、地物编码、采集时间、已经长度等字段。但交通线层多为细碎的矢量线段、且在居民地等其他地物要素连接处为非闭合状态。

3、道路面构建

3.1 作业原理

3.1.1Delaunay 三角网

德洛内(Delaunay)三角网是一系列相连的但不重叠的三角形的集合。Delaunay 三角网的优点是结构良好,数据结构简单,数据冗余度小,存储效率高,与不规则的地面特征和谐一致,可以表示线性特征和迭加任意形状的区域边界,易于更新,可适应各种分布密度的数据等。

正是本身的这些优点, 决定了它在现代地理科学与计算机科学中的不可忽视的地位, 常被应用于 GIS 中的网络分析中, 成为描述地表形态的一种公认方法, 是地表(地貌和地物) 数字化表现的重要手段和常用分析工具。

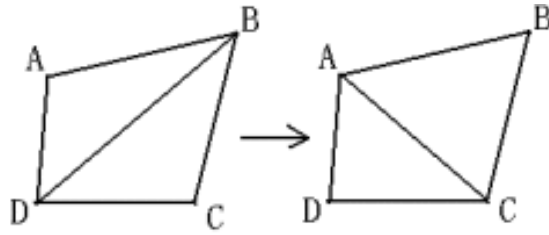


图 1: Delaunay 三角网最大最小角性质说明示意图

根据 Delaunay 三角网最大化最小角特性, 在 Delaunay 三角网构建中两个相邻的三角形构成凸四边形的对角线, 在相互交换后, 六个内角的最小角不再增大的几何特性。最大最小角性质构建三角形方式具体如图 1 所示: 以待构建道路边线节点点集作为 Delaunay 三角网构建数据源, 对道路边线节点点集通过形成封闭凸壳, 将封闭壳体范围内的几何对象分解成三角形单元网格, 从而以道路边线节点点集构建覆盖道路区域范围的 Delaunay 三角网。

3.1.2 区分非法三角形

在根据 Delaunay 三角网最大化最小角特性, 以道路边线的节点点集为数据源构建 Delaunay 三角网的过程中, 如果道路边线的节点点集范围中包含非凸区域或者存在内环, 则会产生非法三角形。此处表现在图上就是构建在道路边线范围以外的 Delaunay 三角形。具体如下图 2 所示的红色三角形即为非法三角形, 从图中可以看出非法三角形一般形成在道路边线相交处的非凸区域和道路边线内环处。而此类非法的三角形是道路面构建中的冗余数据, 需要区分出来剔除掉, 以免干扰后期的道路面构建。

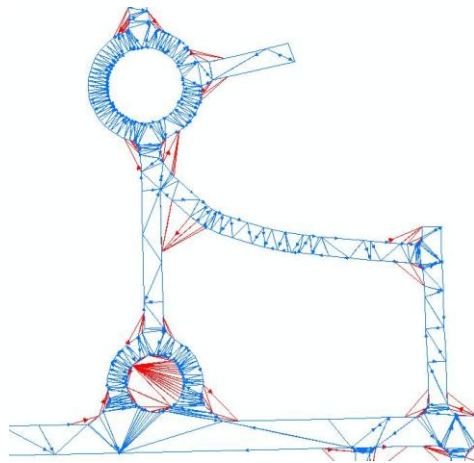


图 2: 非凸区域或者存在内环时产生的非法三角形示意图

在现代地理科学与计算机科学中, 矢量又称为向量, 是指既有大小又有方向的量。根据 Delaunay 三角网构建的方式及矢量数据的方向特性, 通过非凸区域或者存在内环时产生的三角形与其他区域的三角形方向不同的矢量属性来区分非法三角形。具体区分效果如图 2 中红色线形的三角形为非法三角形。

3.1.3 创建拓扑多边形面要素

在现代地理科学与计算机科学中 GIS 数据通过 Point、Polyline、Polygon 来表达地物点、线、面要素。在 GIS 坐标系中 Point(点)用一个坐标对 (x, y) 或 (x, y, x) 来表示; Polyline(线)作为点之间的连线,用一系列坐标对来表达线的转折位置,在程序中依据点连接成线; Polygon(多边形区域)与 Polyline(线)的区别是 Polygon(多边形区域)是首尾相连的 Polyline(线),因此与 Polyline(线)的表达方式相同,也用一系列转折位置的坐标表示,同时,其最后一个坐标 Point(点)与首 Point(点)坐标相同。基于这一表达方式,把构建的 Delaunay 三角网中的每一个三角形都可以认为是首尾相连的 Polyline(线),从而经过拓扑处理可以构建成一系列无缝拼接的 Polygon(三角形区域)。

3.1.4 区域融合

在构建的一系列无缝拼接的 Delaunay 三角网面中,相邻接的两个三角形面都有一个公共边界线,可以通过删除相邻接三角形公共边界线来融合两个三角形面要素,从而创建一个更大的合并四边形面区域。利用同样的方式对相邻接的两个四边形面进行融合成更大的多边形面区域,直至所有相邻接的 Delaunay 三角形面融合成一个完整的区域。

3.2 应用实践

3.2.1 作业流程

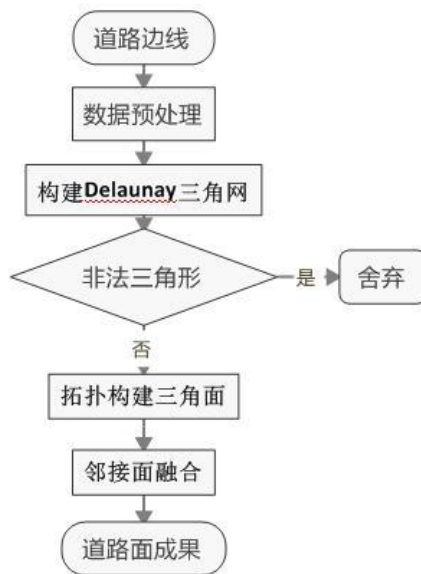


图 3: 道路面构建流程图

作业源数据为已有福州市 1: 2000 比例尺 DLG 交通层数据。

第一步需要对源数据进行数据预处理,即进行冗余筛除、干扰数据清除、数据分类、断线连接、去除毛刺等预处理操作。

第二步在预处理的数据基础上,基于 FME 平台通过构建数据外壳对道路边线节点点集

构建 Delaunay 三角网。

第三步根据 Delaunay 三角网构建的方式及矢量数据的方向特性判断区分非法三角形。

第四步对剔除非法三角形后的 Delaunay 三角网通过闭合线拓扑构建三角面网。

第五步对相邻接的拓扑面数据进行融合最终形成覆盖道路边线范围的道路面数据成果。

3.2.2 数据预处理

对待处理的交通线数据进行冗余筛除、干扰数据清除、数据分类、断线连接、去除毛刺等数据预处理工作主要处理内容如下：

- 1) 冗余筛除：筛除交通线数据中不需要构建道路面的交通线类数据，主要筛除内容包括一般铁路、地下铁路、城市轻轨、电车轨道、缆车轨道、架空索道、站台、站台雨棚、天桥的阶梯、地道的地表出入口、及其他交通附属设施线类。
- 2) 干扰数据清除：需要手工清除独立于整个交通路网以外且细碎不完整的交通线，这些交通线因远离交通路网且细碎不完整在数据构建时不能构成三角网，且会干扰其他正常道路边线构建三角网。
- 3) 数据分类：根据道路等级编码和类型对交通线数据进行分类，筛选出郊区道路（大车路、小路）、城市道路（城区主次干道及街巷）、复杂道路（高架、立交桥）等分类。
- 4) 断线连接：大比例尺 DLG 数字线划图中因为地物要素的表达关系等原因，整条道路边线是有多个多段线组成，不少多段线间还存在一定的间隙。为了提高数据处理的质量，需要对相邻的断线进行连接预处理。此处借助 FME 的 LineCombiner、Snapper 转换器，通过设置从小到大的连接参数值，进行循环连接断开的道路边线。具体循环连接处理流程图如图 4 所示。

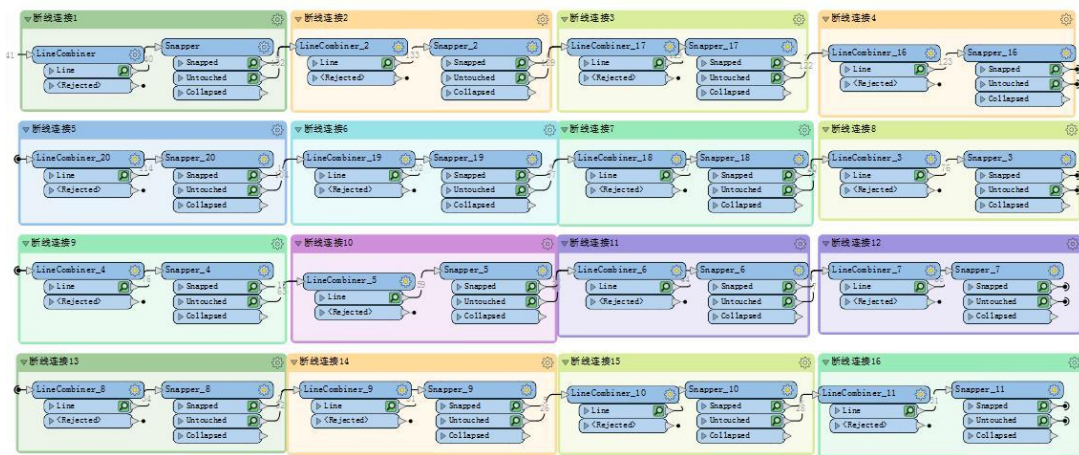


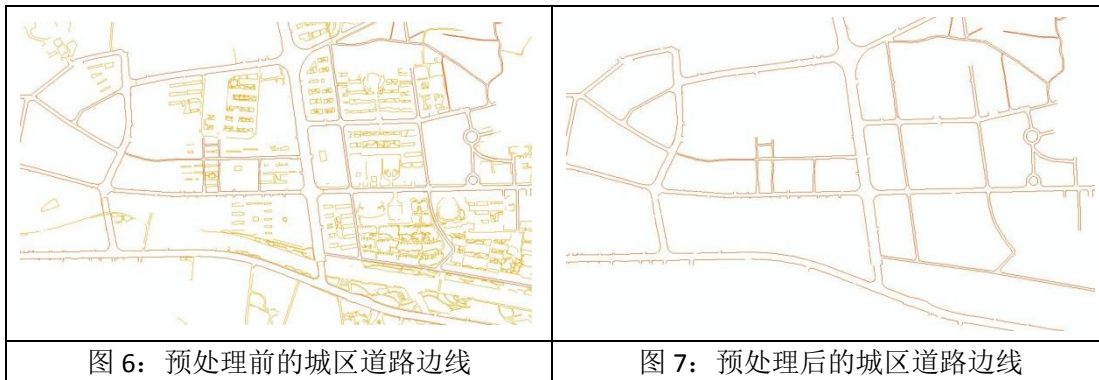
图 4：FME 中循环连接处理道路边线的流程图

- 5) 去除毛刺：道路边线中在不同道路连接处及道路与其他地物要素衔接处不可避免的会有凸起的锐角毛刺现象，如图 5 所示。这种毛刺现象严重干扰道路面构建的效果，利用 FME 的 SpikeRemover 转换器，通过角度设定参数自动消除掉道路边线中的毛刺修复平滑道路边线。



图 5：道路边线中的毛刺示意图

如图 6、7 是通过数据预处理后的城区道路边线效果对比图。



3.2.2 构建 Delaunay 三角网

根据 Delaunay 三角网最大化最小角特性，以待构建道路边线节点点集作为 Delaunay 三角网构建中各个三角形的顶点，利用 FME 平台的 Hullaccumulator、Triangulator、Deaggregator 转换器，对道路边线节点通过形成封闭外壳，将封闭壳体范围内的几何对象分解成三角形单元网格。

构建 Delaunay 三角网的转换器函数与 alpha 初始值的设置，需要参照预处理过程中道路等级及道路宽度的分类类型。设置 alpha 初始值一般与待处理道路宽度相近时构建的效果最佳，因此对道路宽度分类合理与否对构建效果有着直接的影响。组合转换器通过 Delaunay 三角网内的各个 Delaunay 三角形的外接圆半径 r 进行计算，舍弃外接圆半径 r 值超过设定初始值 alpha 的 Delaunay 三角形，并对组合的网格以单一的三角形为最小单元打散，从而以道路边线节点构建覆盖道路区域范围的 Delaunay 三角网。如下图 8 是基于 FME 的 Delaunay 三角网构建流程图，图 9 是生成的城区道路的 Delaunay 三角网效果图。

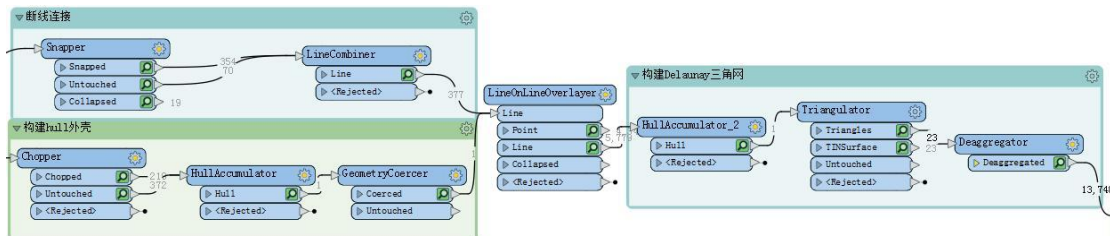


图 8：基于 FME 的 Delaunay 的三角网构建流程图

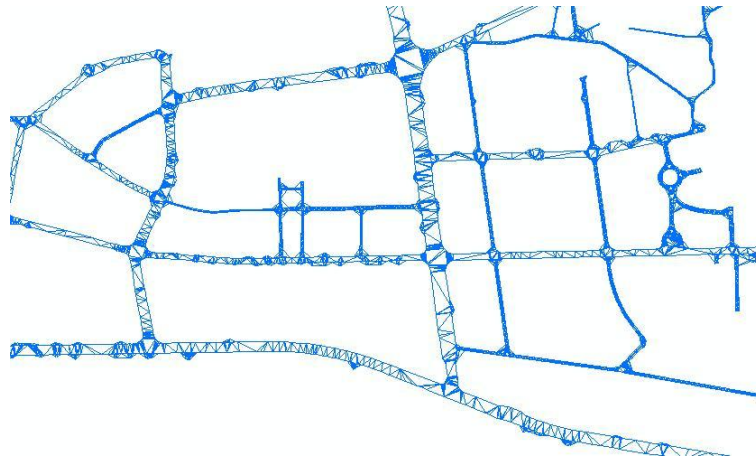


图 9: 生成的城区道路的 Delaunay 三角网效果图

3.2.3 剔除非法 Delaunay 三角形

在以道路边线的节点点集基于 FME 的 Hullaccumulator、Triangulator 转换器来构建 Delaunay 三角网的方法实际应用当中,如果道路边线的节点点集范围中包含非凸区域或者存在内环,则会产生非法三角形,此处表现在图上就是构建在道路边线范围以外的三角形。具体如图 10 和图 11 所示的红色三角形即为非法三角形,从图中可以看出非法三角形一般形成在道路边线相交处和道路边线内环处。而此类非法的三角形是道路面构建中的冗余数据,需要剔除掉,以免在后期的构面处理中误构成道路面。

根据 Delaunay 三角网构建的原理及矢量数据的方向特性,通过非凸区域或者存在内环时产生的三角形与其他区域的三角形方向不同的矢量属性来区分非法三角形。使用 FME 的 OrientationExtractor 转换器把 Delaunay 三角形隐藏的矢量方向属性暴露出来。然后根据 FME 中 tester 转换器对输入要素执行测试条件,从而将点集范围是非凸区域或者存在内环的非法三角形剔除。具体剔除非法 Delaunay 三角形的处理流程图如图 12。

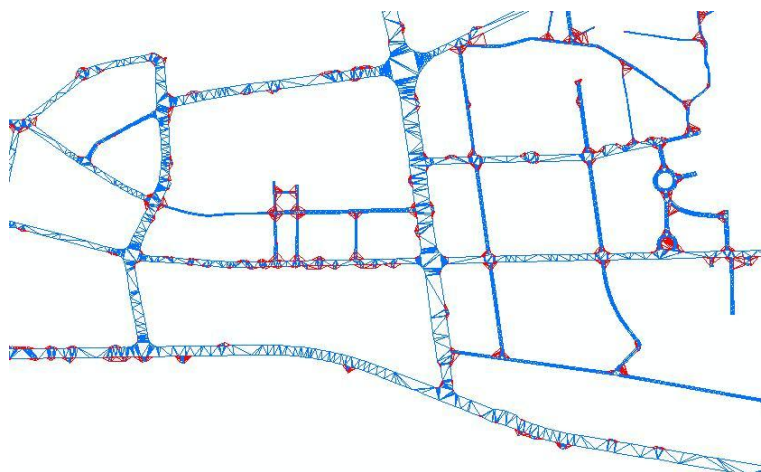


图 10: Delaunay 三角网中非法三角形 (红色) 区分示意图

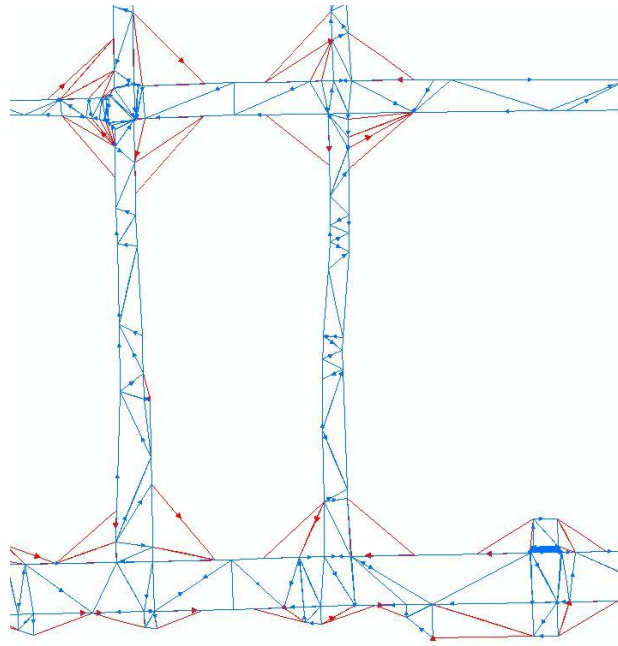


图 11: Delaunay 三角网中非法三角形（红色）局部放大示意图

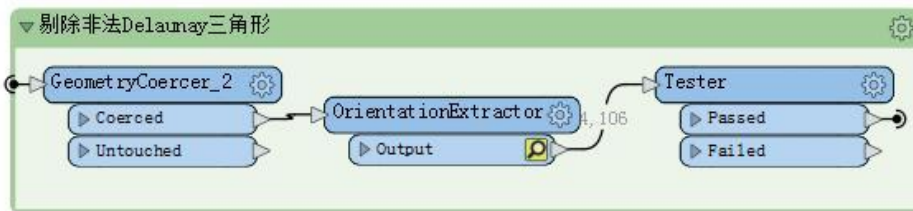


图 12: 剔除非法 Delaunay 三角形的处理流程图

3.2.4 拓扑构建三角面

利用 FME 的 LineOnLineOverlayer 转换器，在已经构建的三角网基础上对构成各三角形的多段线进行拓扑处理以获取一系列拓扑关系上连接的闭合多段线，然后利用 AreaBuilder 转换器对形成首尾闭合的多段线创建拓扑正确的多边形面要素，即形成一系列无缝拼接的不规则三角面网。具体处理流程图如图 13。

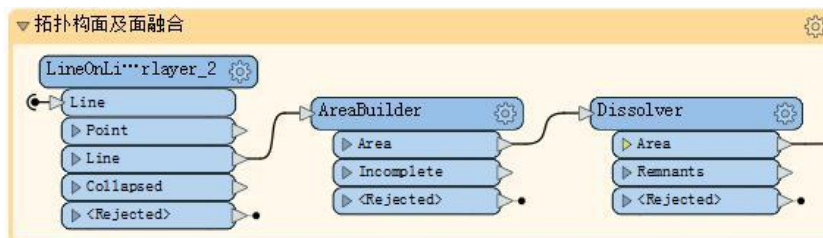


图 13: Delaunay 三角网拓扑构面及邻接面融合流程图

3.2.5 邻接面融合

利用 FME 的 Dissolver 转换器，通过删除相邻接多边形公共边界来融合面要素的功能，从而创建更大的合并区域。对由 Delaunay 三角网拓扑构建的一系列无缝邻接的不规则三角面网进行相邻面融合合并，最终将 Delaunay 三角形要素面融合成道路面。具体处理流程图

如图 13。融合后的城区道路和郊区山路的道路构面效果图如图 14 和图 15。



图 14：城区道路 Delaunay 三角网构建及道路面融合效果图

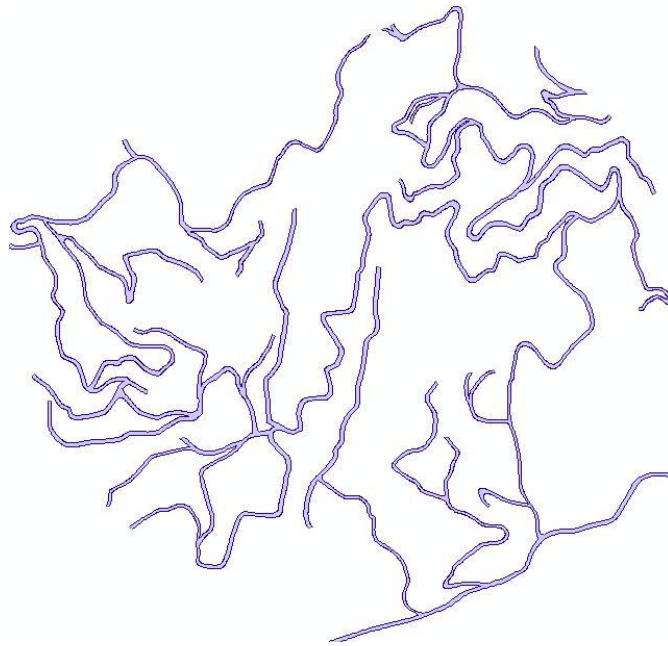


图 15：郊区山路 Delaunay 三角网构建及道路面融合效果图

4、总结

通常道路面构建方法有人工边线连接分段构建法和道路中心线缓冲构面法两种方法。第一种方法需要投入大量的人工进行断线连接、分段拓扑构面等，工作量十分庞大且作业效率低下；第二种方法需要根据道路边线采用人工绘制道路中心线、并量取道路宽度值，然后再通过缓冲构面，虽然效率有所提升但是存在道路交叉处的喇叭口处衔接十分生硬及与道路宽窄变化的体现则严重不足等问题。

相比传统方法的道路构面不足的情况，本文基于 FME 的电子地图道路面快速构建方法优势十分明显，把各个处理步骤中用到的各个转换器有序串接起来，即可完成道路面的快速构建。其构建的道路面不仅有传统人工边线连接构建道路面的美观，而且构建效率有了跨数量级的提升。在福州市全市域电子地图生产更新项目建设中，为电子地图的道路面快速生产及更新提供了一套有效的解决方法。笔者由于能力有限，文中可能存在各种错误和不足之处，欢迎有兴趣的朋友进行指导和建议。