

## AutoCAD 环境下巷道坐标参数表的自动生成

丁航行<sup>1</sup>, 任凤玉<sup>1</sup>, 王春贤<sup>2</sup>, 韩智勇<sup>1</sup>

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 海南矿业股份有限公司, 海南 昌江 572700)

**摘 要:** 在巷道掘进设计中, 巷道坐标参数表的绘制是耗时较大的环节. 传统人工绘制巷道坐标参数表的方法计算和量取的工作量大, 而且准确度难以得到保证. 从分析巷道坐标参数的传统计算方法入手, 针对其中线长、Z 坐标计算和方位角量取等繁琐的环节, 提出了 AutoCAD 环境下的自动计算方法. 基于以上实现方法, 并充分考虑到操作的便捷性, 在 AutoCAD VBA 二次开发平台上编制了 FME 程序. 经过多座矿山的实际应用表明, 该程序能够快速、准确地生成巷道坐标参数表, 极大地提高掘进设计的效率.

**关 键 词:** 井巷工程; 开拓设计; 方位角; VBA; AutoCAD 二次开发

**中图分类号:** TD 263.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-3026(2015)06-0872-04

## Automatic Generation of Coordinate Parameter Table of Roadway in AutoCAD Environment

DING Hang-xing<sup>1</sup>, REN Feng-yu<sup>1</sup>, WANG Chun-xian<sup>2</sup>, HAN Zhi-yong<sup>1</sup>

(1. School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. Hainan Mining Co., Ltd., Changjiang 572700, China. Corresponding author: DING Hang-xing, E-mail: hangxingding@163.com)

**Abstract:** In the design of roadway drivage, the drawing of parameter table costs lots of time. If using the traditional method to draw the parameter table of roadway, the calculation and measurement are heavy work, and the precision is difficult to be guaranteed. By using the traditional method to analyze the coordinate parameters of roadway, it is found that the line length, Z coordinate calculation and azimuth measurement are complicated, thus an automatic calculation method in AutoCAD environment is proposed. Based on the above aspect and considering the convenience of the operation, FME program is compiled on the secondary development platform of AutoCAD VBA. Through the practical application in many mines, it shows that this program can generate the coordinate parameter table of roadway accurately and rapidly, which may greatly improve the efficiency of roadway design.

**Key words:** driving engineering; development design; azimuth; VBA; AutoCAD secondary development

在地下矿山生产中, 开拓和采准等巷道掘进工作直接关系到三级矿量的平衡, 因此占有重要的地位. 一般按照“采掘并举, 掘进先行”的原则进行生产组织, 掘进要领先于采矿回采, 这样就要求掘进的设计工作必须快速、准确<sup>[1]</sup>. 而在掘进的设计工作中, 为了指导施工放线, 需给出巷道坐标参数表, 该表格按照传统手工方法绘制是相当繁琐的, 从而影响到掘进设计工作的效率.

20 世纪 90 年代以来, 以 AutoCAD 为代表的计算机辅助设计软件迅猛发展. AutoCAD 是一种通用软件, 很难满足各行业的具体应用需求, 为了解决该问题, 该软件提供了开放式结构和多种开发工具, 使用户能完全摆脱 AutoCAD 的限制, 根据自己的需要对其进行二次开发<sup>[2-5]</sup>. 针对掘进设计工作出现的问题, 可采用对 AutoCAD 二次开发的方法加以解决, 从而实现巷道坐标参数表的

收稿日期: 2014-04-18

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAB02B08); 国家自然科学基金资助项目(51404065); 中国博士后科学基金资助项目(2013M541244); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(N140104008).

作者简介: 丁航行(1984-), 男, 山东枣庄人, 东北大学讲师; 任凤玉(1956-), 男, 内蒙古赤峰人, 东北大学教授, 博士生导师.

自动化生成,使广大采矿工程师从繁杂的计算中解脱出来,把更多的精力投入到重要的专业问题上去。

本文基于 AutoCAD VBA 二次开发平台,针对传统掘进工程施工设计的耗时环节——巷道坐标参数表的绘制,提出了自动化生成巷道坐标参数表的构想,编写了程序 FME (free mining engineer)。该程序以其便捷、鲁棒和准确的优点,被多座矿山引入应用。

## 1 巷道坐标参数的传统计算方法

为了便于测量人员放线指导现场的掘进工作,一般对开拓、采准等掘进设计,会要求给出巷道坐标参数表,该表包含巷道中心线各拐点的三维坐标( $X, Y, Z$ ),以及前后拐点之间的水平距离、线长、坡度和方位角等内容。

为了简化说明以上参数的传统计算方法,以图1所示两点为例,图中点  $P_n$  为点  $P_{n+1}$  的前一点,施工方向为从点  $P_n$  到点  $P_{n+1}$ 。在实际设计中,两点的坐标是已知的,在没有计算机辅助的条件下,可以用直尺在绘制的图纸上逐点量取各点坐标和两点的水平投影距离  $d_n$ 。坡度  $i$  根据工程具体情况给出,线长  $l_n$  (两点的实际距离)可根据下式计算:

$$l_n = \sqrt{d_n^2 + (d_n \cdot i)^2} \quad (1)$$

式中: $d_n$  为  $P_n$  到  $P_{n+1}$  的水平投影距离,单位为 m; $i$  为坡度,用百分数表示,正、负数分别表示上、下坡。

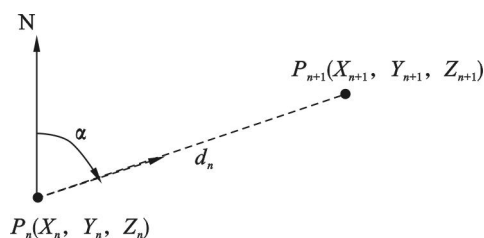


图1 巷道坐标参数示意图

Fig. 1 Coordinate parameters of roadway

方位角  $\alpha$  为从北方向顺时针到施工方向形成的夹角,可用量角器在设计图中量取。以上仅叙述了两个点的计算方法,而在实际设计中,通常点的数量是很多的。由此可见,在没有计算机辅助的条件下,传统的巷道坐标参数计算方法工作量繁重,准确度也很难得到保证。

在计算机辅助下,设计人员工作量得以减轻。只需要在 AutoCAD 环境下,将图纸坐标和系统空

间坐标对应上,可以逐点获取各拐点的坐标,量取两点的距离和方位角,再将得到的数据导入到 Excel 中,编辑公式进行两点线长的计算,在 Excel 中形成完整的巷道坐标参数表,最终再导入到 AutoCAD 中。由以上也可以看出,虽然工作量得以减轻,但仍没有达到自动化的程度,还需要反复在 AutoCAD 中量取坐标、距离和方位角等数据,并要和 Excel 程序反复切换。因此,为了达到将采矿工程师从繁杂的设计中解脱出来的目的,需要实现各参数的自动化获取和计算,并在 AutoCAD 中生成巷道坐标参数表。

## 2 参数自动生成的实现原理

AutoCAD 有强大且丰富的二次开发功能,可基于该二次开发平台,利用程序自动获取并计算相关参数,从而实现巷道坐标参数的自动生成。整个实现过程人工参与量很小,并且均在 AutoCAD 中完成,避免了软件反复切换造成的繁琐操作,可以大大提高生成效率。

基于以上思路,首先需要研究各参数的获取和计算方法。在 AutoCAD 环境下,巷道的中心线一般设计为多段线,各拐点的  $X, Y$  坐标可以从多段线中获取,水平距离  $d_n$  可通过两点平面坐标进行计算:

$$d_n = \sqrt{(X_{n+1} - X_n)^2 + (Y_{n+1} - Y_n)^2} \quad (2)$$

由于坡度  $i$  是人工给出,线长  $l_n$  可根据式(1)进行计算,点  $P_{n+1}$  的  $Z$  坐标可通过下式进行计算:

$$Z_{n+1} = Z_n + i \cdot d_n \quad (3)$$

由于 AutoCAD 默认的角度计算是以 E 方向为起始方向,逆时针到施工方向进行计算。而施工设计中,方位角的计算是以 N 方向为起始方向,顺时针到施工方向进行计算。因此,为了自动计算方位角,需要建立两者的转换关系。

根据巷道的施工方向,一般可将方位角分为图2所示的4种情况  $\alpha_n \sim \alpha_{n+3}$ ,这4种情况涵盖了除垂直和水平方向以外所有方向。

对于图2中的方位角,可以用图1中的两点  $P_n$  和  $P_{n+1}$  进行简化计算。假定点  $P_n$  固定的话,点  $P_{n+1}$  的位置共有8种可能情况,分别为位于第一~第四象限和 N, E, S, W 4个方向轴上。研究主要还是以4个象限内的情况为主,而4个方向轴上的情况可作为特例进行计算。

如图3所示,图中(1)~(4)分别对应点  $P_{n+1}$  位于第一~第四象限的情况。当点  $P_{n+1}$  在第一象

限和 N,E 方向轴时,方位角  $\alpha_n$  和 AutoCAD 系统计算角  $\alpha$  的关系为:  $\alpha_n = 90^\circ - \alpha$ ; 当点  $P_{n+1}$  在第二~第四象限和 W,S 方向轴上时,方位角  $\alpha_n$  和 AutoCAD 系统计算角  $\alpha$  的关系为:  $\alpha_n = 450^\circ - \alpha$ .

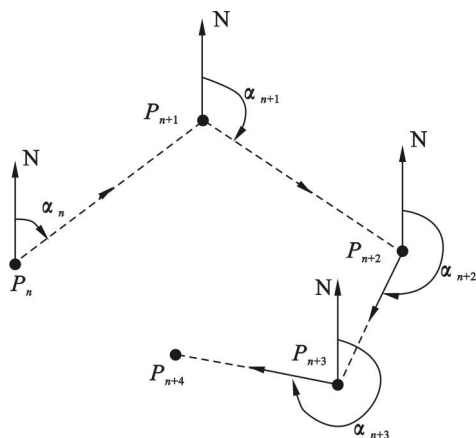


图 2 巷道的施工方向示意图  
Fig. 2 Direction of roadway drive

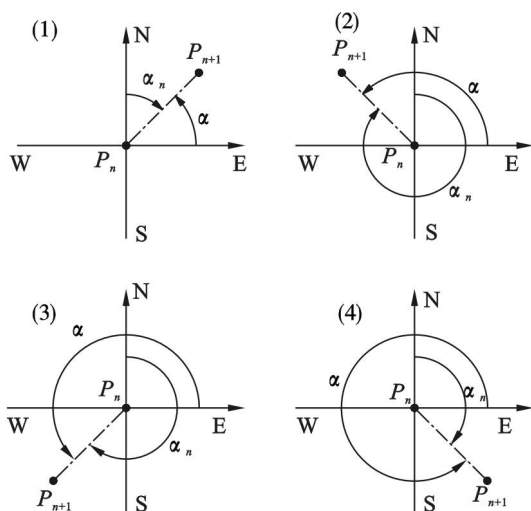


图 3 方位角和 AutoCAD 计算角的关系  
Fig. 3 The relationship between azimuth and angle calculated by AutoCAD

通过以上各参数的获取和计算,说明巷道坐标参数表的自动生成是可行的,下一步只需要根据具体的开发工具,对以上原理进行实现.

### 3 VBA 程序开发

AutoCAD 提供了丰富的二次开发工具,主要有 Object - ARX, VB/VBA, ADS, AutoLISP/VisualLISP 以及 .NET<sup>[6]</sup>. 在这些开发工具里, VBA 以开发速度快、开发界面友好和易学易用的特点,被工程技术人员广泛使用. AutoCAD VBA (visual basic for application) 是自 AutoCAD R14 开始嵌套在 AutoCAD 之中的一个基于对象的编

程环境,提供一系列用于定义新类的宏及对 AutoCAD 现有类的扩充功能,还提供内容丰富的类库,能直接在 AutoCAD 内部执行<sup>[2,7-9]</sup>. 因此,针对本次巷道坐标参数表自动生成的开发,采用 VBA 工具进行.

在 VBA 的开发环境中,设计将整个系统分为三部分,即数据的输入、处理和输出(图 4).

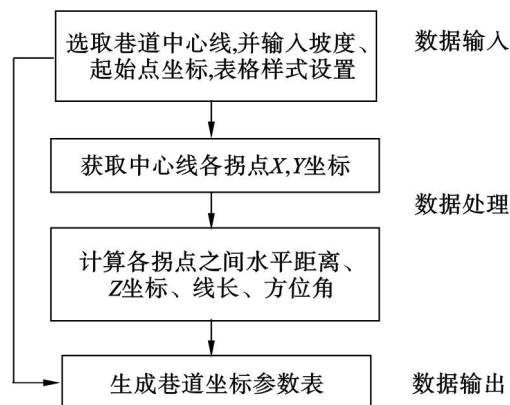


图 4 系统开发流程  
Fig. 4 Process of system development

在数据的输入部分,首先需要完成巷道中心线的选取操作,然后输入起始点编号、坡度和起始点坐标. 对于起始点编号,根据设计的实际情况,需要提供纯数字编号和字母数字混合编号两种样式以供选择;对于巷道坡度,通常情况下,在整条巷道上为一固定值,不过在某些情况下,存在局部坡度变化,因此,需要在输入坡度的基础上,提供坡度的局部修改接口;对于起始点坐标,为了简化操作,默认为自动填入系统坐标,同时也需要提供手动输入和选取的输入方式. 最后需要对输出表格的样式进行设置(表格行距、字体大小和小数点保留位数).

在数据的处理部分,对选取的巷道中心线,从起点到终点依次将各拐点 X,Y 坐标存入二维数组中. 为了便于下一步的计算,需要在数组的前面加一与起点数值相同的虚拟点. 之后进行循环计算,得出各点的 Z 坐标,以及前、后点之间的水平投影距离、线长和方位角,最终与点编号、坡度形成 10 列的二维数组.

在数据的输出部分,根据设置的表格样式和表格放置点,对得到的数组依次进行输出,并绘制表格线形成巷道坐标参数表.

根据以上系统设计,进行了程序 FME 的编制,由于 VBA 不能注册 AutoCAD 命令,针对 ThisDrawing 对象,采用菜单的方式调用各命令(见图 5),主体程序对应菜单中的“巷道坐标”

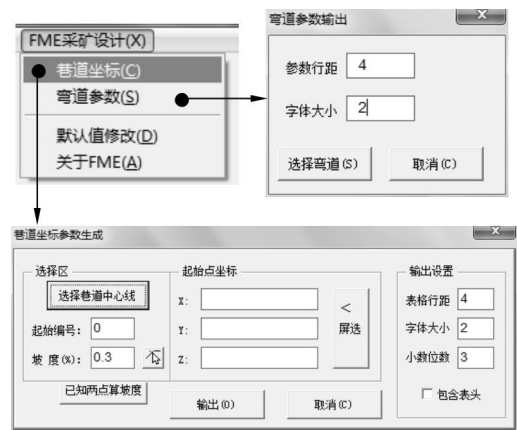


图5 FME 程序界面  
Fig. 5 The interface of FME program

表 1 FME 程序生成的巷道坐标参数表  
Table 1 The coordinate parameter table generated by FME program

编号	坐 标			水平距离	线长	坡度	方位		
	X	Y	Z	m	m	%	°	'	"
A0	7 583. 407	60 040. 266	1 079. 882	88. 790	88. 791	0. 500	201	48	42
A1	7 500. 974	60 007. 275	1 080. 326	26. 047	26. 047	0. 500	201	48	42
A2	7 476. 791	59 997. 597	1 080. 456	32. 496	32. 496	0. 500	192	13	58
A3	7 445. 033	59 990. 712	1 080. 619	24. 377	24. 377	0. 500	192	13	58
A4	7 421. 210	59 985. 547	1 080. 741	30. 802	30. 802	0. 500	183	2	24
A5	7 390. 452	59 983. 913	1 080. 895	6. 557	6. 557	0. 500	175	38	26
A6	7 383. 914	59 984. 412	1 080. 927						

算分析发现,在 AutoCAD 环境下,所有参数均可以用计算的方法进行自动获取,繁琐的操作步骤也可以用程序进行实现,说明巷道参数表的自动生成是可行的,并提出了实现原理,基于 AutoCAD VBA 二次开发平台,编制了 FME 辅助设计程序. 该程序经过多座矿山的实际应用,表现出较强的稳定性、便捷性和准确性,可极大地提高巷道掘进设计的效率.

参考文献：

[1] 任凤玉,丁航行,张东红,等. 缓倾斜层状岩体巷道断面形状与支护方式[J]. 东北大学学报:自然科学版,2011,32(1): 125-128.  
(Ren Feng-yu, Ding Hang-xing, Zhang Dong-hong, et al. Cross-sectional geometry of drifts in gently sloping layered rock and support method [J]. *Journal of Northeastern University: Natural Science*, 2011, 32(1): 125-128. )

[2] 高成慧,李燕. 关于 AutoCAD 二次开发工具的探讨[J]. 现代计算机(专业版),2002(2): 31-33.  
(Gao Cheng-hui, Li Yan. The discussion about the tools in the second development of AutoCAD [J]. *Modern Computer*, 2002(2): 31-33. )

[3] Senthilkumar R, Ramesh P, Velmurugan P. Modeling of optimal screw jack design[C]//International Conference on Frontiers in Automobile and Mechanical Engineering (FAME

项. 考虑到巷道转弯的情况,增加了对弯道参数的自动生成. FME 程序自动生成的巷道坐标参数表如表 1 所示,经过在海南铁矿和谦比希铜矿等多座矿山的应用,验证了该程序操作的便捷性、输出数据的准确性和运行的稳定性.

4 结 论

传统人工绘制巷道坐标参数表的方法,不仅量取和计算操作的工作量大,而且准确度难以得到保证. 在 AutoCAD 和 Excel 的辅助下,同样存在较繁琐的操作,因此需要编制自动化程度较高的巷道坐标参数表生成程序. 通过对各参数的计

2010). Chennai, 2010: 313-316.

[4] Alwisy A, Al-Hussein M, Al-Jibouri S H. BIM approach for automated drafting and design for modular construction manufacturing [C]//Computing in Civil Engineering—Proceedings of the 2012 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering. Clearwater Beach, 2012: 221-228.

[5] Brito A C, Oliveira C D, Marques P S. A simulation study of a multi-site production plant using arena [C]//European Simulation and Modelling Conference: Modelling and Simulation. Guimaraes, 2011: 125-129.

[6] 王永辉,胡青泥,李红彩. AutoCAD 二次开发方法的研究[J]. 计算机系统应用,2007(3): 94-96+100.  
(Wang Yong-hui, Hu Qing-ni, Li Hong-cai. Research on the methods of AutoCAD secondary development [J]. *Computer Systems & Applications*, 2007(3): 94-96+100. )

[7] 孙卫强. 基于 VBA 的 AutoCAD 参数化绘图[J]. 机械研究与应用,2006(6): 100-102.  
(Sun Wei-qiang. Parameterized drawing in AutoCAD based on VBA [J]. *Mechanical Research & Application*, 2006(6): 100-102. )

[8] Bowen B. Microstation VBA for AutoCAD users [J]. *Cadastyl*, 2003, 20(5): 50.

[9] Li J. The method for obtaining elevation points from the contour lines using AutoCAD VBA [J]. *Research and Exploration in Laboratory*, 2009, 28(10): 172-175.