

基于最短路径的斜坡道自动生成算法与实现

孙运乾

(山东科技大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266510)

摘要:近年来,斜坡道在矿床开拓中得到越来越广泛的应用,合理的斜坡道设计,对工程实践具有重要的意义。阐述了一种基于最短路径的斜坡道自动生成算法,原始数据仅提供斜坡道入口点和阶段巷道结点的空间坐标,通过对相邻关键点链接关系的判断,选择合理的线路布置形式。该算法要求斜坡道在自动寻径过程中满足最大允许坡度和最小旋转半径两个重要指标,进而使产生的斜坡道路径最短。实验表明设计的算法有较好的实用性,能够为工程实践提供有利的依据。

关键词:空间数据;斜坡道;最短路径;自动

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)03-0087-03

Algorithm for Generation of Ramp Automatically Based on Shortest Path

SUN Yun-qian

(College of Information Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao 266510, China)

Abstract: In recent years, the ramps have been used more widely in the deposit discovery, the reasonable design of the ramps has important significance for engineering practice. Give the algorithm for generation of ramp automatically based on shortest path, the original data only has the spatial coordinate of the ramp inlet and the level haulageway nodes, choosing the rational line layout by judging the relation of the adjacent nodes. In order to obtain the shortest path, meet two important requirements that the maximum grade and the minimum turning radius. The experiment shows that this algorithm has better practicability, can provide the valuable references for engineering practice.

Key words: spatial data; ramp; shortest path; automatic

0 引言

近些年来,随着无轨采掘设备的快速发展和在井下的广泛应用,为了便于无轨设备运输矿石及在井下方便的出入,产生了一种新的巷道开拓形式—斜坡道。斜坡道是一种用于行走无轨设备的倾斜巷道,用斜坡道作为主要开拓巷道的开拓方法称为斜坡道开拓法。合理的斜坡道设计,对提高采矿效率和无轨设备的生产能力,降低生产成本、改善作业环境具有十分重要的意义。

斜坡道设计就是按照井下巷道设计的基本要求,在给定空间三维关键点数据的基础上,通过对数据的分析,构造出合理的数学模型,并在该数学模型的基础上使巷道产生的路径最短,以达到基建开拓工程量最小的目的。该斜坡道自动生成算法,原始数据仅仅提

供斜坡道地面入口点的空间坐标和井下与斜坡道连接的各阶段巷道结点的空间坐标。同时,为了满足路径最短的要求,斜坡道在自动生成过程中需要遵循两个重要的指标:最大坡度和最小半径。

1 基本要求

1.1 最大坡度和最小半径

斜坡道的坡度和旋转半径的选择对矿山建设与生产影响极大。例如将斜坡道的坡度从6°提高到9°时,斜坡道的总长度将节省三分之一,但是坡度增加之后将使无轨车辆的车速减慢,磨损加快,油耗增加,废气排出量增加,从而矿井通风负担加重,致使矿山生产经营费用显著提高^[1]。用一辆载重为45t的坑内卡车在10%与15%两种坡度的斜坡道上行驶,垂直高度均为100m,4年之后证明采用15%坡度的斜坡道所节省的基建投资,几乎等于它比10%坡度斜坡道上多花的经营费。因此,坡度的选择必须十分谨慎。同样,弯道处旋转半径的大小也对矿山生产的综合效益有很大的

收稿日期:2010-07-22;修回日期:2010-10-25

基金项目:国家863计划(2009AA062700)

作者简介:孙运乾(1986-),男,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为CAD与图形图像处理。

影响。

斜坡道坡度和半径的选择主要受四方面的影响:斜坡道的用途,包括矿岩运输量与服务年限;斜坡道总长度和斜坡道的掘进费用;无轨设备的作业成本;无轨设备的特性。在斜坡道自动生成过程中,不能单纯地追求路径最短,需要满足最大允许坡度和最小旋转半径的要求。也就是说,任意位置的斜坡道坡度不能大于最大允许坡度,任意弯道处的旋转半径不能小于最小旋转半径。

1.2 基于最短路径的斜坡道

根据运输线路的布置形式,斜坡道可以分为直线式、折返式和螺旋式三类。直线式斜坡道多用于埋藏不深的用汽车运矿的矿山。折返式斜坡道由于布置灵活、施工方便、司机视距好、行车安全、路面维护方便等,在生成实际中应用最广。螺旋式斜坡道由于施工条件复杂,行车安全条件差,故使用较少^[2]。

在斜坡道自动生成过程中,由于空间两点之间的距离在直线连接时最短,所以在同样满足斜坡道设计基本要求的前提下,采用折返式来对斜坡道进行自动寻径所经过的距离最短^[3]。因此在斜坡道建模过程中,折返式斜坡道作为斜坡道自动建模的首选,在此基础上根据实际情况的需要,建立螺旋式斜坡道,从而满足最短路径的需求。由于在斜坡道建模过程中需要满足最大允许坡度和最小旋转半径的要求,因此在斜坡道路径生成过程中需要有统一的标准,所以不论是直线段还是柱状螺旋线,均采用基本恒定的速度匀速下降。

2 算法原理及方法

斜坡道自动生成过程中仅知道斜坡道的地面入口点和与之相连的阶段巷道结点空间坐标,自动生成算法就是通过判断空间相邻两点的链接关系,在满足井下巷道基本要求和斜坡道两个重要指标的前提下,选择合理的线路布置形式,实现巷道的自动寻径。

假设当前有斜坡道空间两个关键点 A 点和 B 点, AB 两点的空间距离为 Dist, 水平距离为 HDist, 垂直距离为 VDist, 则有 $\text{Dist}^2 = \text{VDist}^2 + \text{HDist}^2$ ^[4]。斜坡道生成过程中的两个重要指标,最大允许坡度为 θ , 最小旋转半径为 R。

2.1 直线连接

当空间两个关键点直线连接的坡度不大于最大允许坡度,即满足 $\tan\theta \geq \frac{\text{VDist}}{\text{HDist}}$ 时,可以采用折返式斜坡道来连接这两个关键点。

2.2 曲线连接

当以空间两个关键点的水平距离为直径,在最大

坡度下旋转一周上升的高度不小于这两个关键点的垂直距离,即满足 $\pi * \text{HDist} \geq \frac{|A.z - B.z|}{\tan\theta}$ 时,可以采用曲线连接的方式来对这两个关键点进行连接,其连接方式见图 1。此时要完成对斜坡道的路径设计,还需要知道两个关键信息,斜坡道弯道处的实际旋转半径 RealR 和旋转角度 α 。

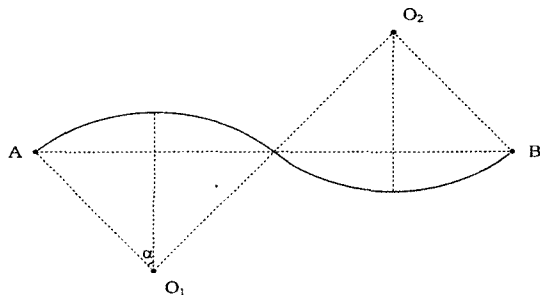


图 1 曲线连接

通过对图 1 的分析可知,实际旋转半径 RealR 和旋转角度 α 满足下面的关系:

$$\begin{cases} 4 * \alpha * \text{RealR} = \frac{\text{VDist}}{\tan\theta} \\ \frac{\text{HDist}}{4 * \text{RealR}} = \sin\alpha \end{cases}$$

对上述方程进行求解,可以计算出斜坡道弯道处的实际旋转半径 RealR 及偏转角度 α ,同时可以确定两个旋转圆心 O_1 和 O_2 的坐标,从而可以计算出斜坡道路径上点的空间坐标。

2.3 螺旋连接

当以空间两个关键点的水平距离为直径,在最大坡度下旋转一周上升的高度小于这两个关键点的垂直距离,即满足 $\pi * \text{HDist} < \frac{|A.z - B.z|}{\tan\theta}$ 时,可以在两个关键点之间建立柱状螺旋线来完成对斜坡道的设计,其连接方式见图 2。如图所示,此时的螺旋式斜坡道可以分成三个阶段。第一阶段为直线连接阶段 AM, 第二阶段是由优弧 MN 以及 0 个或者多个弧线 MNM 组成的柱状螺旋线阶段,第三阶段是结尾的直线连接阶段 NB。

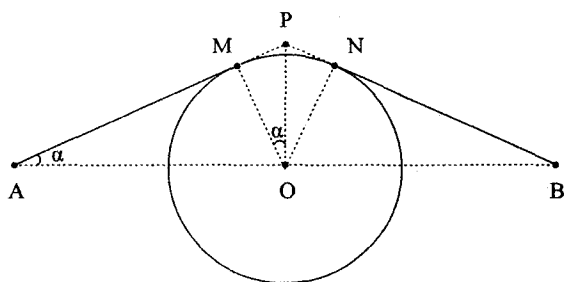


图 2 螺旋连接

通过对图 2 的分析可知,实际旋转半径 RealR 和

旋转角度 α 满足下面的关系^[5](其中 N 表示投影到 XOY 平面上完整圆的个数):

$$\begin{cases} 2 * RealR * \left(\frac{1}{\tan\alpha} + \pi * N + \alpha \right) = \frac{VDist}{\tan\theta} \\ 2 * RealR = HDist * \sin\alpha \end{cases}$$

通过上式求解出斜坡道的实际旋转半径 $RealR$ 和偏转角度 α , 从而进行斜坡道路径上点的计算。

3 算法实现

3.1 数据结构设计

斜坡道在设计和建模过程中需要的数据与其它数据有所不同, 不仅需要对各段斜坡道的位置进行存储, 还要保存各段斜坡道的空间连接关系^[6]。所以, 现有的数据结构无法达到斜坡道设计和建模的需要, 必须构造合适的数据结构, 以达到斜坡道设计和建模实现的要求^[7]。

在斜坡道建模过程中, 理论上, 若以空间某一节点为中心, 与该节点相连的巷道可能在空间任意方向上, 所以在对巷道节点数据和各巷道连接关系进行存储时, 要考虑到数据量大, 巷道空间连接关系复杂的特点^[8]。在对斜坡道建模时, 要由计算机来完成对这些复杂信息的自动识别, 同时构造相应的巷道模型, 需要对各段巷道进行归一化的处理, 把巷道节点及其连接关系分成适当的类别, 分别在各个类别的基础上来完成对斜坡道的建模^[9]。在实现斜坡道建模时, 相对于每一个连接关系, 有四个关键性数据是必须记录的: 起始点和终止点的空间坐标, 起始点和终止点的方向向量。

斜坡道关键点数据结构:

```
Type Key_Point
    X As Double '空间坐标
    Y As Double
    Z As Double
End Type
```

寻径过程中产生的巷道节点的数据结构:

```
Type Node
    X As Double '空间坐标
    Y As Double
    Z As Double
    Tunnel_Num As Integer '与该节点相连的巷道数目
    Tunnel() As Tunnel_Information '与该节点相连的巷道信息
    ..... '其他相关信息
End Type
```

巷道数据结构:

```
Public Tunnel_Information
    Tunnel_Num As Integer '巷道编号
    Start As String '巷道起点
    End As String '巷道终点
```

.....'其他相关信息

End Type

3.2 斜坡道建模算法描述

(1) 斜坡道关键数据预处理, 将得到的斜坡道路径节点的巷道连接关系进行排序, 得到有序的连接关系。

(2) 以每段斜坡道为处理对象, 依据斜坡道的设计原则和巷道的断面要求, 求出各相邻斜坡道的控制点信息^[10], 同时记录斜坡道的边界控制点以及斜坡道的连接方向。

(3) 按照各段斜坡道的节点信息, 建立节点模型, 同时形成每段斜坡道之间的两个连接面^[11]。

(4) 按照斜坡道顺序, 依次形成每段斜坡道的模型。

3.3 整体算法描述

- (1) 读入斜坡道关键点原始数据;
- (2) 依次判断相邻关键点之间的链接关系, 选择合理的线路布置形式;
- (3) 计算斜坡道路径点;
- (4) 原始数据处理完毕, 转到(6);
- (5) 读入新的关键点, 转到(2);
- (6) 数据检测;
- (7) 调用巷道建模算法, 形成巷道模型。

4 实验结果与分析

利用 VB6.0 作为程序开发环境, 结合 OpenGL 技术实现斜坡道自动生成的三维立体显示^[12], 如图 3 所示。

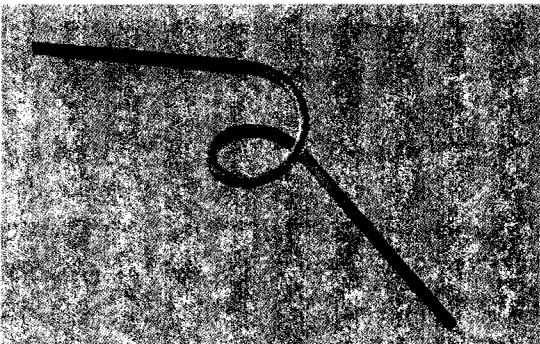


图 3 斜坡道生成实例
数据结果分析见表 1。

表 1 结果分析

编号	始点	终点	连接方式
AM	300,100,500	600,200,400	直线
MN	600,200,400	650,250,100	螺旋线
NB	650,250,100	900,400,50	直线

务的 MessageListener 接口;

然后,设计一个抽象类 AbstractJmsListener,功能是实现 Java 消息服务的 GenericMessageListener 接口,同时,也实现了注册消息监听方法 onMessage() 以及运行具体监听方法 runService();

随后,由 JmsQueue Listener 和 Jms Topic Listener 继承 Abstract Jms Listener 来实现对于具体的点对点消息和广播消息的监听器的设计。这一步骤是基于 Java 消息服务的 Session 会话、Connection 连接来实现具体的功能^[11]。

系统运行时,首先使用消息引擎 JmsServiceEngine,此引擎是注册到 WebService 服务中心的。对消息服务类 JMSMessage 进行调用,随后通过 JmsListenerFactory 监听工厂对监听器进行激活。这样,只要有消息发生,监听器就能读取并实时发送。具体的发送过程是通过把 WorkflowEntry 工作流实例的 SimpleWorkflowEntry 实现类和非工作流实体的 ModelEntity 基类封装成消息实现的,由 JMSMessage 实现 Function-Provider 接口^[12]。

3 结束语

随着现代办公环境的复杂化和流程的精细化,对办公流程中的任务的协同性也提出了越来越高的要求。构建企业协同办公系统,能够降低企业工作成本,加快文件周转效率,使管理变得更加规范。

(上接第89页)

其中 A 、 M 、 N 、 B 为读入的斜坡道关键点,最小半径 $R = 10\text{m}$,最大坡度 $\theta = 20\%$ 。

5 结束语

该算法在构造斜坡道的过程中,把最大允许坡度要求转化为斜坡道的路径长度问题,把最小旋转半径要求转化为斜坡道路径点的法向量问题。通过依次判断空间相邻关键点的链接关系,实现斜坡道的自动寻径,然后完成斜坡道的建模。如何使斜坡道在寻径过程中能够自动躲避遇到的障碍物,是今后该算法优化的主要方向。

参考文献:

- [1] 解世俊. 采矿手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1990:38-44.
- [2] 张景博. 地下矿山斜坡道的设计[J]. 矿山技术,1988,17(6):12-15.
- [3] 汪照流. 无轨设备采矿其斜坡道的设计原则[J]. 矿业研究与开发,2001(4):19-20.

参考文献:

- [1] 李涛,朱一凡,魏洪涛,等. 基于 .Net 的工作流管理系统设计[J]. 计算机工程与设计,2005(10):2798-2801.
- [2] 谢杏,廖文辉,林敏锐,等. 电子政务发展趋势与信息共享模式[J]. 中国信息界,2007,9(7):12-16.
- [3] 夏孝俊. 基于 WEB 工作流在电力工程项目管理系统中的应用[J]. 电脑知识与技术,2010(7):1787-1788.
- [4] 李长云,阳爱民,满君丰,等. 一种面向按需集成服务的业务模型构造方法[J]. 计算机学报,2006(7):1095-1104.
- [5] 耿赛,袁名敦,肖明. 信息系统分析与设计[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [6] 徐铁,夏秀燕. 轻量级工作流引擎的研究与实现[J]. 信息技术,2009(2):85-88.
- [7] 托乎提. 基于工作流的办公自动化系统的研究[D]. 南京:河海大学,2003.
- [8] 张涛,战洪飞,孙静,等. 基于 WEB 的企业工作流管理系统的研究[J]. 计算机应用研究,2002(5):130-133.
- [9] Brockman J B, Director S W. The schema-based approach to workflow management[J]. Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2005, 14(10):1257-1267.
- [10] Nutt C J. The evolution towards flexible workflow systems[J]. Distributed Systems Engineering, 2006, 3(4):276-294.
- [11] Kurt W, Scott H, Robert S. Building systems from commercial components[M]. [s.l.]:Addison-Wesley, 2003.
- [12] Hopcroft J E, Motwani R, Ullman J D. Introduction to Automata Theory[J]. Languages and Computation, 2002, 6(3):350-359.

- [4] 吴湘,赵万生,魏莉. 三维几何表示法[J]. 航天制造业,2002(8):40-45.
- [5] 刘强,陈玉建,孙家广. 论两条直线的求交[J]. 计算机学报,1997(12):1119-1123.
- [6] 周培德. 计算几何[M]. 北京:清华大学出版社,2002:57-84.
- [7] Tipper J C. The study of geological objects in three dimensions by the computerized reconstruction of serial sections[J]. Geology,1976,84(4):476-484.
- [8] 石教英,蔡文立. 科学计算可视化算法与系统[M]. 北京:科学出版社,1996:84-97.
- [9] Wang Qing, Qang Rongqing, Bao Hujun. A fast progressive surface reconstruction algorithm for unorganized points[J]. Software Journal,2001,11(9):1221-1227.
- [10] 张政超,关欣,何友. 粗糙集理论数据处理方法及其研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(4):12-16.
- [11] Ma W, Kruth J. Parameterization of randomly measured points for least squares fitting of B-spline curves and surfaces[J]. Computer-Aided Design,1995,27(9):633-675.
- [12] 石琼,沈春林,谭皓. 基于 OpenGL 的三维建模实现方法[J]. 计算机工程与应用,2004(18):122-124.