

极等间距网在钻迹成图及孔斜规律分析中的应用

唐平,李粮纲

(中国地质大学(武汉),湖北武汉430074)

摘要:钻孔轨迹图在分析和处理钻孔偏斜问题中起着非常重要的作用。极等间距网因具有较高的工程精度、直观性和准三维特性,既可用于描述和绘制钻孔偏斜轨迹图,也可为分析钻孔偏斜规律等问题提供详实的图形信息。以某铁矿帷幕灌浆部分试验孔的测斜数据为例,介绍了极等间距网在钻孔轨迹成图和钻孔偏斜规律分析中的初步应用。

关键词:极等间距网;钻孔轨迹图;孔斜分析

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0006-04

Application of Polar Iso-distance Net in Drawing Borehole Track Plane Projection and Analysing Borehole Inclination Law/ TANG Ping, LI Liang-gang (China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Borehole track plays very important role in the process of analyzing and solving borehole inclination problems. The polar iso-distance net, owing to its high engineering accuracy, vivacity and quasi three dimensional characteristics, can be used to picture and draw borehole track plane projections and to be helpful in providing detailed graphics information for analyzing borehole inclination law. By the case of some inclination survey data of curtain grouting testing borehole in an iron mine, the paper introduced the preliminary application of polar iso-distance net in borehole track drawing and borehole inclination law analysis.

Key words: polar iso-distance net; borehole track plane projection; borehole inclination analysis

对于超深的工程钻孔或定向钻孔而言,钻孔能否达到设计偏斜要求、能否进入预定区域直接关系到工程目标能否实现,这不仅要求掌握详尽的钻孔偏斜数据,而且要求绘制出高精度的钻孔轨迹图^[1]。好的钻孔轨迹平面投影图能够为分析和处理工程钻孔偏斜问题提供必要、详尽和直观的图形数据等信息,因而在工程决策中有着十分重要的作用和地位。目前,专业的钻孔测斜数据处理和绘图软件应用较为广泛,但专业软件针对性很强、通用性较差,而且测斜仪器绘制出的轨迹图无法满足用户对轨迹图进行必要的二次编辑和修改等需求。针对这种情况,本文将极等间距网本身的特点与钻孔轨迹成图的要求进行紧密结合,在借助一些通用的数据和图像处理软件来处理钻孔测斜数据及成图工作的基础上,提出了用极等间距网来绘制钻孔轨迹平面投影图的方法。经实践检验,极等间距网绘制的钻孔轨迹平面投影图能够满足工程需要。

1 钻孔轨迹图和极等间距网

1.1 钻孔轨迹图

钻孔轨迹是钻孔轴线在地下延伸的路径,钻机

在施工钻进的过程中,由于各种因素的综合影响,实际钻孔轨迹常常会偏离原来设计的钻孔轨迹而发生钻孔偏斜。钻孔偏斜情况通过轨迹参数来计量,钻孔轨迹参数一般分基本参数和计算参数,由专门的测斜仪器直接测得的数据称为基本参数(包括深度 L 、顶角 θ 和方位 α),由基本参数通过计算求得的数据称为计算参数(如水平偏距 D 和闭合方位角 β 等)。

钻孔轨迹图是钻孔轨迹的直观反映,是了解钻孔在地下空间的位置及其空间形态的重要手段和方法^[2]。为了更为详尽、直观地了解和掌握钻孔的偏斜情况,必须根据测取的轨迹参数来绘制钻孔轨迹图。而将钻孔的空间轨迹投影到平面图内进行研究,则有助于问题的简化和分析。图1是钻孔轨迹平面投影示意图, OAB 曲线为钻孔的空间轨迹在平面图上的投影,它直观地反映了钻孔实际轨迹偏离原设计轨迹的距离、方位及趋势。

钻孔轨迹投影图的绘制过程分数据处理和图形绘制2个阶段。在数据处理阶段,一般有2种思路对轨迹参数进行处理。思路一^[1]是在笛卡尔坐标系中求得 X 和 Y 方向2个偏距分量继而确定点的

收稿日期:2008-12-27

作者简介:唐平(1983-),男(汉族),湖南衡阳人,中国地质大学(武汉)硕士在读,地质工程专业,湖北省武汉市鲁磨路中国地质大学(武汉)硕1200723班,tpswust@163.com。

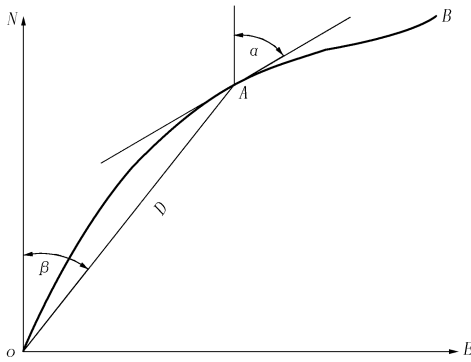


图 1 钻孔轨迹平面投影示意图^[1]

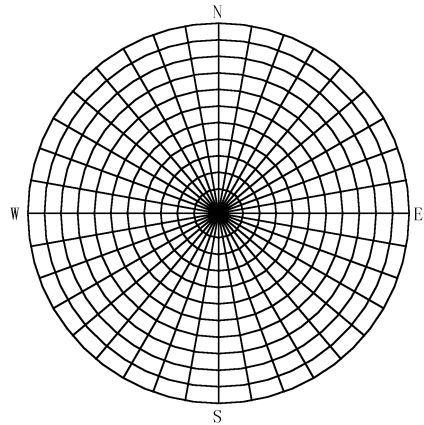


图 2 极等间距网

坐标位置;思路二则是利用钻孔轨迹的闭合方位角和测点的偏距值来确定测点的坐标位置(β, D)。随后,在图形绘制阶段,利用数值处理方法(如全角全距法、均角全距法、全角半距法、曲率半径法和最小曲率法等)将相邻测点的轨迹用直线近似代替而绘制出钻孔轨迹平面投影图。由于在数据处理阶段中思路二避免了顶角(θ)参数的参与,且用极坐标表示坐标点的方法更容易在 CAD 绘图软件中利用 VBA 编程来实现,所以在数据处理阶段选用思路二将会使整个计算和绘图过程显得更为迅捷、高效。

1.2 极等间距网

在极等角度网和极等面积网^[3]的基础上,将 2 个网的同心圆间距作平均化处理并保持其他几何形态不变,即得到同心圆间距相等的极等间距网(图 2)。由于改变了同心圆的间距,极等间距网所代表的几何意义和作用也就发生了相应的改变:网中射线代表研究体(点、线、面)的方位(方位角按大地坐标系计算,范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$)而非表示倾向,网中同心圆代表研究体与中心的物理距离(单位及同心圆的间距视具体情况而定,数值从内到外依次增加)而不是代表倾角。

根据极等间距网的物理和几何意义,可利用极等间距网来表示由钻孔测斜数据得到的轨迹投影平面坐标。钻孔轨迹上的任一点 A 在极等间距网中的坐标可以表示为极坐标(β, D)的形式,且在极等间距网中其几何意义和工程目的相吻合,中心 O 代

表钻孔孔口中心,同心圆代表偏距,过中心 O 的射线代表方位。因此,只要钻孔轨迹测点的坐标位置在极等间距网中被确定,则该点的工程意义(方位角和偏距)就被确定了。钻孔偏斜越大,则在极等间距网上反映出来就是钻孔轨迹越长、轨迹上的测点偏离中心 O 越远,据此则可以开展其他相关的统计和分析。

1.3 用极等间距网绘钻迹图

表 1 为河北某铁矿帷幕注浆孔试验孔 W1 的测斜数据,极等间距网绘图所需的数据已经按照相关公式^[4]用 MS - Excel 进行了处理^[5],将表 1 中 G 列单元格 G3 ~ G36 的数据导入 CAD 绘图软件中(由 VBA 编程实现),经过后续数据和视图设置即可得到钻孔轨迹平面投影图,结果如图 3 所示。

图 3 中的曲线就是 W1 孔的孔迹图,不同深度段的轨迹用不同颜色加以区分,较之单纯的数据统计显得更为形象直观,而与一般的轨迹平面投影图相比较,极等间距网由于添加了深度参数因而具有准三维图形的特征。除了用于绘制形象直观的钻孔轨迹投影图之外,极等间距网钻孔轨迹投影图还可直接提供钻孔(单个或多个)的总体及局部偏斜方位、偏斜率、偏距及偏距增减趋势和梯度、钻孔轨迹长度及比例关系,利用极等间距网钻孔轨迹投影图提供的信息,可以对钻孔的偏斜情况进行及时的、动

表 1 MS - Excel 处理后的 W1 测斜数据

	A	B	C	D	E	F	G
1		Basic Data		Derived Data			Polar CS Data
2	L_i/m	$\theta_i/(^\circ)$	$\alpha_i/(^\circ)$	D_i/m	$\beta_i/(^\circ)$	β_i (in CAD)	CS (in AutoCAD)
3	0.000	0.00	0.0	0.000	0.0	90	$0 < 90$
4	10.291	0.29	312.3	0.026	312.3	-222.3	$0.026 < -222.3$
...
35	320.011	0.62	173.9	1.593	297.3	-207.3	$1.593 < -207.3$
36	324.658	0.57	152.8	1.560	296.1	-206.1	$1.560 < -206.1$

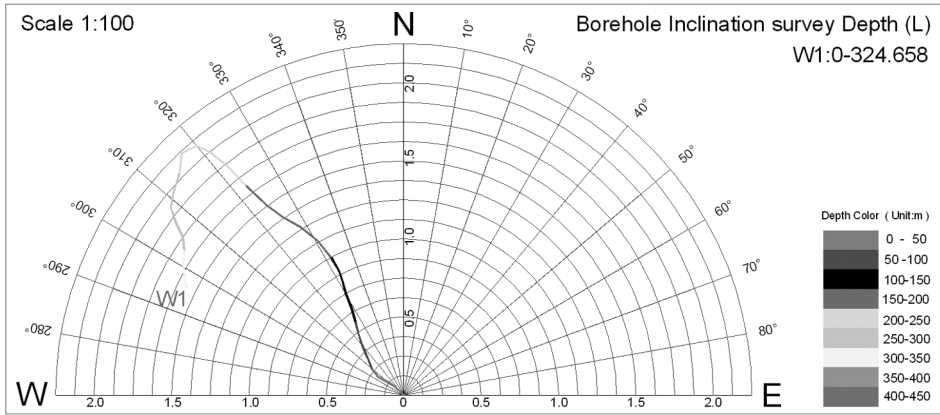


图 3 W1 钻孔轨迹极等间距网平面投影图(部分)

态的监控、掌握、分析,为预、纠斜提供必要的图形信息,与单纯的数据统计相比则更为直观。

2 极等间距网在钻孔偏斜统计分析中的应用

对于大型(主要用钻孔数量和钻孔深度及工程重要性衡量)的钻探工程而言,钻孔偏斜轨迹与设计偏斜要求和定向钻进区域直接相关,了解并掌握施工区域内钻孔的偏斜规律具有十分重大的工程效益。通过分析已获取的钻孔轨迹数据和轨迹图并形成理论,这样就能对下一步的钻探施工和今后的相类似的钻探工程提供技术指导。

钻孔偏斜规律统计分析需要结合勘探数据并对大量的钻孔偏斜数据和轨迹进行统计分析,同时,极等间距网中钻孔轨迹数越多,则越有利于孔斜规律分析,但会影响图形的清晰度和可辨度。本文仅列出少量(8个)测斜钻孔的数据和轨迹投影图,旨在说明极等间距网在孔斜规律分析中的应用。现取该铁矿帷幕灌浆试验 A~B 段部分试验孔(W1、W5 为 I 序孔;W3、W7 为 II 序孔;W2、W4、W6、W8 为 III 序孔)的钻孔测斜数据并在极等间距网中绘制钻孔轨迹平面投影图,如图 4 所示。

2.1 钻孔偏斜方位规律统计分析

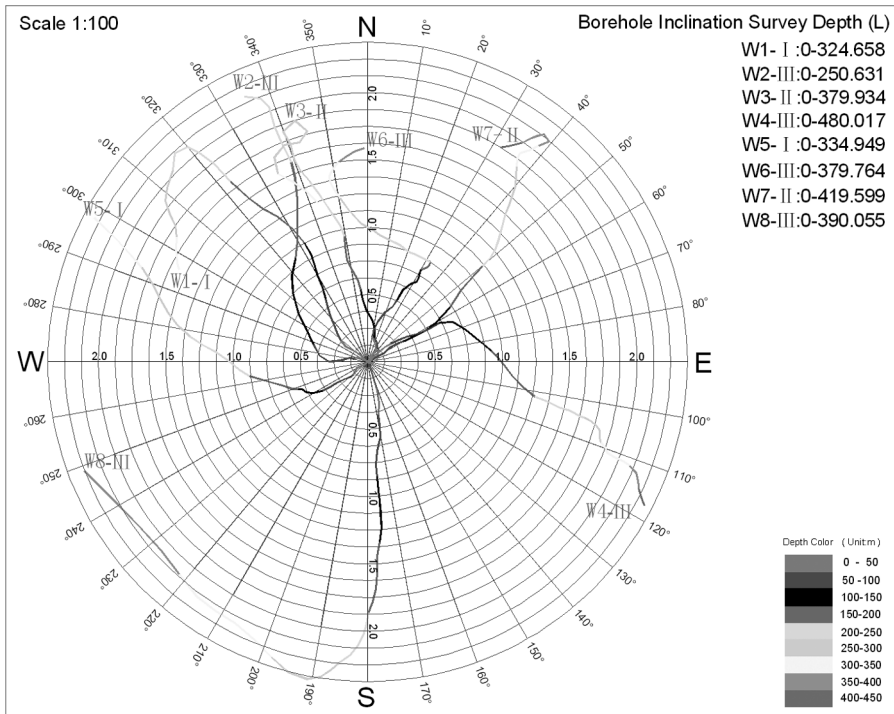


图 4 W1~W8 孔迹极等间距网平面投影图

由图 4 可知,钻孔总体的偏斜方位呈现明显的规律性。绝大部分钻孔轨迹向北西方向偏斜,而且

随着钻进深度的增加,这种规律性更加明显。在 250 m 以深,除 W4 孔外,其余 7 个钻孔全部向北西

方向偏斜。结合地层勘探资料分析,在250 m以下地层岩性以坚硬的石灰岩为主,岩层走向沿NE-SW方向,沿NW方向倾斜,因此钻具在地层中可能产生“顺层跑”现象,由此可推知该区域内地层倾向及不同地层的软硬度很可能是钻孔发生有规律偏斜的最大影响因素。

此外,从极等间距网可以看出,不同钻孔在同一个深度段内的偏斜方位也具有较大程度的相似性。由极等间距网中的孔斜方位还可反推和验证出各地层的大致倾向,利用测点深度和偏距可以求算各地层的倾角,这也是钻孔极等间距网平面投影图的作用之一。

2.2 钻孔偏斜距离规律统计分析

在图4中,钻孔的偏距同样具有明显的规律性。一方面,在一定深度内偏距总体上会随深度的增加而增大,但递增梯度会逐渐减弱,当达到一定深度后,钻孔的偏距逐渐减少或稳定在某个数值。以W5孔为例,以50 m为一个深度单位计算,其各单位深度的钻孔轨迹长度在深度上呈现出1:2:3:4:3:2:1的抛物线式数值关系,而各孔的不同深度单位段的钻孔轨迹长度比例关系也可直接在极等间距网上量测得到,但偏距基本上服从“先递增后递减或稳定”的偏斜规律^[6]。

另一方面,不同深度段内,各钻孔的偏距值基本上相同,例如在0~50 m深度范围内,各钻孔的偏距在0~0.4 m以内,在250~300 m深度段内,各孔的偏距基本上不会超出1.4~1.75 m的范围。由此也可以绘制出钻孔偏距的频率曲线。

2.3 在钻孔防斜及纠斜中的辅助应用

根据孔斜方位及偏距规律的分析得出的结论,在下一个钻孔施工过程中,可借鉴通过已施工钻孔得到的偏斜信息和结论并采取有针对性的预防措施。如在某一个深度段、地层交接处和大偏斜率高频段应重点关注并采用不同的钻具和钻进速率等,这种积极主动性的防御措施在处理钻孔偏斜问题中具有十分重大的经济效益。

在钻孔纠斜方面,从极等间距网上可以非常便捷的得出钻孔的偏斜距离,当然也就知道钻孔是否超出设计偏斜要求,如果图形显示钻孔偏斜超标,则可以立即对其进行纠斜。这种纠斜方法称为后纠斜法,即当偏斜距离超出允许范围时停止钻进工作,对钻孔进行纠斜,如首批次施工钻孔W1等I序孔就是采取这种纠斜方式。另外一种方法称为预纠斜法,即在钻孔偏距还未超过设计偏斜允许值时进行

预纠斜,这种方法较后纠斜法显得更为主动,效果也更好,例如部分II、III序孔在参考I序孔的孔斜规律的基础上采用了这种预纠斜方式,效果非常明显。当然,对钻孔进行预纠斜所采取的标注应视具体情况而定,比如可以参考极等间距网中钻孔偏距的递增梯度来制订。而且钻孔纠斜后的效果也可直接在极等间距网中体现出来,专业人员可以根据纠斜效果来判断是否采取二次纠斜。

2.4 钻孔特殊偏斜现象分析

图4中的8个钻孔轨迹,并不是所有的钻孔偏斜方位、不同深度的偏距都是一样的,从极等间距网可看出,钻孔W4-III(在150 m深度以下)、钻孔W8-III(在0~260 m深度段内)的偏斜方位与其他几个孔严格相反,可以将这2个孔所揭露的地层资料、钻探工艺和数据记录等与其他孔进行对比,分析其偏斜原因。

3 结语

总之,影响钻孔偏斜的因素(如地层产状、钻探工艺、操作技术等)有很多,在总结钻孔偏斜规律方面没有一套完整的方法和标准,同时,钻孔偏斜规律存在区域有效性(适用性)问题。但是,综合考虑各个因素,极等间距网作为绘制钻孔轨迹平面投影图的方法和工具却具有极为广泛的适用性,大多数涉及到钻孔轨迹的问题都可以考虑利用它来为工程分析、工程决策服务。本文对极等间距网在钻孔轨迹成图和偏斜规律分析中的应用做了初步的探讨,希望能够起到抛砖引玉的作用,不断完善和拓展极等间距网的理论及应用空间,另外,本文采用AutoCAD VBA编程技术^[7]进行数据传输、极等间距网及部分图件绘制,一些不足之处仍有待进一步完善。

参考文献:

- [1] 左永江. EXCEL与ACAD相结合在钻孔偏斜数据处理中的应用[J]. 钻井技术, 2005, 26(5): 23-26.
- [2] 赵国隆, 刘广志, 李常茂. 勘探工程技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003. 103-111.
- [3] 何绍勋. 构造地质学中的赤平极射投影[M]. 北京: 地质出版社, 1979.
- [4] 孙钊. 大坝基岩注浆[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004. 145-152.
- [5] 李锡均. 巧用Excel计算钻孔测斜成果[J]. 工程地质计算机应用, 2002, (4): 17-21.
- [6] 徐文, 于静荣. 梁家煤矿地质勘探钻孔偏斜规律的总结及应用[J]. 山东煤炭科技, 2002, (3): 2-3.
- [7] Ken Getz, Mike Gilbert. VBA高级开发指南[M]. 邱仲潘, 等译. 北京: 电子工业出版社, 1997.