



(21) 申请号 202311123231.7

(22) 申请日 2023.09.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 116842626 A

(43) 申请公布日 2023.10.03

(73) 专利权人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72) 发明人 王劲 王卫东 邱实 蔡犇鑫

王李昌 赵羿达

(74) 专利代理机构 长沙永星专利商标事务所

(普通合伙) 43001

专利代理师 周咏 米中业

(51) Int. Cl.

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 113806837 A, 2021.12.17

CN 111861358 A, 2020.10.30

CN 111008420 A, 2020.04.14

CN 112560154 A, 2021.03.26

CN 113033511 A, 2021.06.25

CN 113343329 A, 2021.09.03

CN 114169002 A, 2022.03.11

CN 114741764 A, 2022.07.12

CN 114912183 A, 2022.08.16

CN 115146420 A, 2022.10.04

CN 116070407 A, 2023.05.05

CN 213114161 U, 2021.05.04

KR 20220088057 A, 2022.06.27

覃延春. 基于Catia和Micro Station的隧道BIM设计比较. 西部交通科技. 2019, (第01期), 全文.

审查员 石松婷

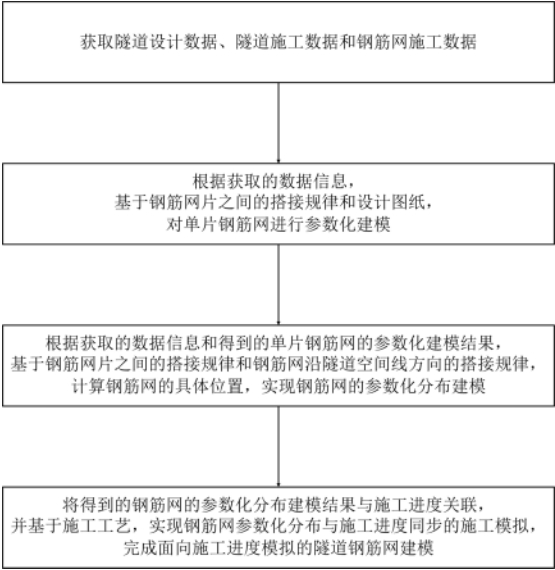
权利要求书3页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,包括获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据;对单片钢筋网进行参数化建模;实现钢筋网的参数化分布建模;实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。本发明还公开了一种实现所述面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法的系统。本发明能够快速、高效建立隧道钢筋网模型,快速改变模型规格,而且能够根据施工进度实时进行相应的进度模拟,随着施工进度的更新而更新;因此本发明的可靠性高、精确性好且适用性好。



1. 一种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于包括如下步骤:

S1. 获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据;

S2. 根据步骤S1获取的数据信息,基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸,对单片钢筋网进行参数化建模;具体包括如下步骤:

A. 钢筋网由横向钢筋和纵向钢筋搭接若干网格构成;根据施工工艺,对横向钢筋、纵向钢筋和网格进行参数化,实现钢筋网片的参数化;考虑钢筋网片相互贴合并按照搭接规律,根据施工工艺,实现钢筋网分布的参数化;

B. 根据隧道设计通图和钢筋网施工工艺,结合钢筋网片搭建规律,对钢筋网片的横向钢筋、纵向钢筋的分布规律进行表示,从而实现单片钢筋网的参数化建模;

S3. 根据步骤S1获取的数据信息和步骤S2得到的单片钢筋网的参数化建模结果,基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律,计算钢筋网的具体位置,实现钢筋网的参数化分布建模;

S4. 将步骤S3得到的钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联,并基于施工工艺,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

2. 根据权利要求1所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于所述的步骤A,具体包括如下步骤:

将钢筋网分为横向钢筋和纵向钢筋,并设置可变参数:钢筋网的网格间距为 $s_1 \times s_2$, s_1 为横向网格间距, s_2 为纵向网格间距,钢筋网拼接长度为 s_3 ,钢筋网横向网格数为 a ,钢筋网纵向网格数为 b ,钢筋半径为 r ,钢筋网分布角度为 θ_1 ,钢筋网分布半径为 R_1 ;钢筋网分布半径定义为横向钢筋的端点到原点的距离。

3. 根据权利要求2所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于所述的步骤B,具体包括如下步骤:

构建坐标系为右手坐标系,以y轴为竖轴;

横向钢筋长度 l_1 为 $l_1 = a \times s_1 + 2 \times (s_3 + s_4)$,其中 s_4 为理论搭接点与末端的纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影距离;纵向钢筋长度 l_2 为 $l_2 = b \times s_2 + 2 \times s_3$;

单片钢筋网由 $b+1$ 跟横向钢筋、 $a+1$ 根纵向钢筋组成;其中横向钢筋沿纵向,以间距 s_2 分布;纵向钢筋沿横向,以横向网格间距 s_1 分布;横向钢筋与纵向钢筋垂直。

4. 根据权利要求3所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于所述的步骤S3,包括如下内容:

根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数,并保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置,从而实现钢筋网在截面上的分布;

为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接,设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在z轴方向的平移距离,从而实现横向钢筋的交错搭接;

根据设置的平移距离,计算得到第二排钢筋网的位置,从而完成钢筋网的参数化分布建模。

5.根据权利要求4所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于所述的步骤S3,具体包括如下步骤:

根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数 $i_{\max}$ 为 $i_{\max} = \left[\frac{\theta_1}{\theta_2} \right]$

,其中 $\lceil \rceil$ 为取整操作, θ_2 为单片钢筋网的横向钢筋对应角度且

$\theta_2 = 2 \arcsin \frac{a \times s_1 + 2s_4}{2R_1}$, s_4 为理论搭接点与末端纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影

距离且 $s_4 = r \times \cot(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_2}{2}) + \cot(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta_2}{4})$, 保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置;其中,钢筋网中心水平坐标为 $R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$, R_2 为横向钢筋中心的分布半径且

$R_2 = R_1 \times \cos \frac{\theta_2}{2}$, d_1 为当前钢筋网中心与第一片钢筋网中心之间的角度之差且

$d_1 = \theta_2 \times u_1$, u_1 为截面上钢筋网的序号且取值为 $0 \sim (i_{\max} - 1)$;从而实现钢筋网在截面

上的分布;钢筋网中心垂直坐标为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$;

为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接,设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在z轴方向的平移距离为 $2r$, r 为钢筋半径,从而实现横向钢筋的交错搭接;

根据设置的平移距离 $2r$,计算得到第二排钢筋网的位置:第二排钢筋网中心的水平坐标为 $R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) + 2r \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$,第二排钢筋网中心的垂直坐标为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) - 2r \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$ 。

6.根据权利要求5所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,其特征在于所述的步骤S4,包括如下内容:

设置钢筋网施工进度 p 为可变参数, p 取值为 $0 \sim 1$;

根据钢筋网施工进度,计算得到环向钢筋网片数 i 为 $i = \lceil p \times i_{\max} \rceil$,以实现钢筋网施工模拟;

根据进度计算生成从拱部起点到拱部终点的环向钢筋网,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

7.一种实现权利要求1~6之一所述的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法的系

统,其特征在于包括数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块;数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块依次串联;数据获取模块用于获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据,并将数据上传单片钢筋网建模模块;单片钢筋网建模模块用于根据接收到的数据,基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸,对单片钢筋网进行参数化建模,并将数据上传钢筋网参数化分布建模模块;钢筋网参数化分布建模模块用于根据接收到的数据,基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律,计算钢筋网的具体位置,实现钢筋网的参数化分布建模,并将数据上传施工模拟模块;施工模拟模块用于根据接收到的数据,将钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联,并基于施工工艺,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程技术领域,具体涉及一种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法及系统。

背景技术

[0002] 随着经济技术的发展,铁路和地铁隧道建设也如火如荼的展开。与建筑工程相比,隧道工程具有带状分布、工程体量大的特点;这种差别导致传统建筑工程的BIM建模方式,并不适用于隧道建模。现有的BIM技术,如果要全面应用于隧道工程,则存在着隧道结构基本模型库缺失、模型重复率低、可视化效率不足、难以在工程中有效应用等问题,从而严重制约了隧道工程领域BIM技术的应用水平。

[0003] 隧道钢筋网是隧道工程的重要组成部分。隧道钢筋网的钢筋尺寸不同,网格间距也存在差异。隧道钢筋网一般是由横筋和纵筋加工而成的平直网片捆扎拼接而成的。而且,在实际施工过程中,隧道钢筋网要随着初喷混凝土岩面的起伏而变化,工程上要求与受喷面间隙一般不大于3cm。因此,如果继续按照现有的单一按照初期支护外侧拱部圆弧进行隧道钢筋网的分布计算和建模,则会使得最终的计算和建模精度不满足设定要求。

发明内容

[0004] 本发明的目的之一在于提供一种可靠性高、精确性好且适用性好的面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法。

[0005] 本发明的目的之二在于提供一种实现所述面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法的系统。

[0006] 本发明提供的这种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,包括如下步骤:

[0007] S1. 获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据;

[0008] S2. 根据步骤S1获取的数据信息,基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸,对单片钢筋网进行参数化建模;

[0009] S3. 根据步骤S1获取的数据信息和步骤S2得到的单片钢筋网的参数化建模结果,基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律,计算钢筋网的具体位置,实现钢筋网的参数化分布建模;

[0010] S4. 将步骤S3得到的钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联,并基于施工工艺,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

[0011] 所述的步骤S2,具体包括如下步骤:

[0012] A. 钢筋网由横向钢筋和纵向钢筋搭接若干网格构成;根据施工工艺,对横向钢筋、纵向钢筋和网格进行参数化,实现钢筋网片的参数化;考虑钢筋网片相互贴合并按照搭接规律,根据施工工艺,实现钢筋网分布的参数化;

[0013] B. 根据隧道设计通图和钢筋网施工工艺,结合钢筋网片搭建规律,对钢筋网片的

横向钢筋、纵向钢筋的分布规律进行表示,从而实现单片钢筋网的参数化建模。

[0014] 所述的步骤A,具体包括如下步骤:

[0015] 将钢筋网分为横向钢筋和纵向钢筋,并设置可变参数:钢筋网的网格间距为 $s_1 \times s_2$, s_1 为横向网格间距, s_2 为纵向网格间距,钢筋网拼接长度为 s_3 ,钢筋网横向网格数为 a ,钢筋网纵向网格数为 b ,钢筋半径为 r ,钢筋网分布角度为 θ_1 ,钢筋网分布半径为 R_1 ;钢筋网分布半径定义为横向钢筋的端点到原点的距离。

[0016] 所述的步骤B,具体包括如下步骤:

[0017] 构建坐标系为右手坐标系,以y轴为竖轴;

[0018] 横向钢筋长度 l_1 为 $l_1 = a \times s_1 + 2 \times (s_3 + s_4)$,其中 s_4 为理论搭接点与末端的纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影距离;纵向钢筋长度 l_2 为 $l_2 = b \times s_2 + 2 \times s_3$;

[0019] 单片钢筋网由 $b+1$ 跟横向钢筋、 $a+1$ 根纵向钢筋组成;其中横向钢筋沿纵向,以间距 s_2 分布;纵向钢筋沿横向,以横向网格间距 s_1 分布;横向钢筋与纵向钢筋垂直。

[0020] 所述的步骤S3,包括如下内容:

[0021] 根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数,并保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

[0022] 根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置,从而实现钢筋网在截面上的分布;

[0023] 为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接,设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在z轴方向的平移距离,从而实现横向钢筋的交错搭接;

[0024] 根据设置的平移距离,计算得到第二排钢筋网的位置,从而完成钢筋网的参数化分布建模。

[0025] 所述的步骤S3,具体包括如下步骤:

[0026] 根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数 $i_{\max}$ 为

$i_{\max} = \left\lceil \frac{\theta_1}{\theta_2} \right\rceil$, 其中 $\lceil \cdot \rceil$ 为取整操作, θ_2 为单片钢筋网的横向钢筋对应角度且

$\theta_2 = 2 \arcsin \frac{a \times s_1 + 2s_4}{2R_1}$, s_4 为理论搭接点与末端纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影

距离且 $s_4 = r \times \cot(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_2}{2}) + \cot(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta_2}{4})$, 保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

[0027] 根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置;其中,钢筋

网中心水平坐标为 $R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$, R_2 为横向钢筋中心的分布半径且

$R_2 = R_1 \times \cos \frac{\theta_2}{2}$, d_1 为当前钢筋网中心与第一片钢筋网中心之间的角度之差且

$d_1 = \theta_2 \times u_1$, u_1 为截面上钢筋网的序号且取值为 $0 \sim (i_{\max} - 1)$; 从而实现钢筋网在截面上的分布; 钢筋网中心垂直坐标为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$;

[0028] 为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接, 设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在 z 轴方向的平移距离为 $2r$, r 为钢筋半径, 从而实现横向钢筋的交错搭接;

[0029] 根据设置的平移距离 $2r$, 计算得到第二排钢筋网的位置: 第二排钢筋网中心的水平坐标为 $R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) + 2r \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$, 第二排钢筋网中心的垂直坐标为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) - 2r \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$ 。

[0030] 所述的步骤S4, 包括如下内容:

[0031] 设置钢筋网施工进度 p 为可变参数, p 取值为 $0 \sim 1$;

[0032] 根据钢筋网施工进度, 计算得到环向钢筋网片数 i 为 $i = [p \times i_{\max}]$, 以实现钢筋网施工模拟;

[0033] 根据进度计算生成从拱部起点到拱部终点的环向钢筋网, 实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟, 完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

[0034] 本发明还提供了一种实现所述面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法的系统, 包括数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块; 数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块依次串联; 数据获取模块用于获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据, 并将数据上传单片钢筋网建模模块; 单片钢筋网建模模块用于根据接收到的数据, 基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸, 对单片钢筋网进行参数化建模, 并将数据上传钢筋网参数化分布建模模块; 钢筋网参数化分布建模模块用于根据接收到的数据, 基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律, 计算钢筋网的具体位置, 实现钢筋网的参数化分布建模, 并将数据上传施工模拟模块; 施工模拟模块用于根据接收到的数据, 将钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联, 并基于施工工艺, 实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟, 完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

[0035] 本发明提供的这种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法及系统, 通过参数化钢筋网规格, 在总结了钢筋网横筋纵筋位置之间的数学关系前提下, 能够快速、高效建立隧道钢筋网模型, 并且能够快速改变模型规格; 同时, 本发明面向施工进度模拟, 能够根据施工进度实时进行相应的进度模拟, 随着施工进度的更新而更新; 因此本发明的可靠性高、精确性好且适用性好。

附图说明

[0036] 图1为本发明方法的方法流程示意图。

[0037] 图2为本发明方法的钢筋网布置示意图。

[0038] 图3为本发明方法的相邻两片钢筋网的位置关系示意图。

- [0039] 图4为本发明方法的第一列与第二列纵向钢筋的搭接关系示意图。
- [0040] 图5为本发明方法的第一、二排横向钢筋在截面上的位置关系示意图。
- [0041] 图6为本发明方法的第一排与第二排横向钢筋的搭接关系示意图。
- [0042] 图7为本发明方法的与施工进度相关联的钢筋网参数化分布示意图。
- [0043] 图8为本发明方法实施例的已知的钢筋网布置示意图;其中(a)为间距为20公分的钢筋网的布置示意图,(b)为间距为25公分的钢筋网的布置示意图。
- [0044] 图9为本发明方法实施例的纵筋及横筋生成示意图;其中(a)为纵筋的生成示意图,(b)为横筋的生成示意图。
- [0045] 图10为本发明方法实施例的隧道钢筋网延空间线生成示意图。
- [0046] 图11为本发明系统的功能模块示意图。

具体实施方式

[0047] 如图1所示为本发明方法的方法流程示意图:本发明提供的这种面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法,包括如下步骤:

[0048] S1. 获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据;

[0049] S2. 根据步骤S1获取的数据信息,基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸,对单片钢筋网进行参数化建模;

[0050] 根据隧道设计通图得到钢筋网尺寸由网格间距、钢筋直径组成;通过查阅图纸得知,钢筋网是由多片钢筋网片组成,每两片之间要求1-2个网格搭接长度;钢筋网作为初期支护的一部分,一般分布在隧道的拱部;

[0051] 具体实施时,包括如下步骤:

[0052] A. 钢筋网由横向钢筋和纵向钢筋搭接若干网格构成;根据施工工艺,对横向钢筋、纵向钢筋和网格进行参数化,实现钢筋网片的参数化;考虑钢筋网片相互贴合并按照搭接规律,根据施工工艺,实现钢筋网分布的参数化;具体包括如下步骤:

[0053] 将钢筋网分为横向钢筋和纵向钢筋,并设置可变参数:钢筋网的网格间距为 $s_1 \times s_2$, s_1 为横向网格间距, s_2 为纵向网格间距,钢筋网拼接长度为 s_3 ,钢筋网横向网格数为 a ,钢筋网纵向网格数为 b ,钢筋半径为 r ,钢筋网分布角度为 θ_1 ,钢筋网分布半径为 R_1 ;钢筋网分布半径定义为横向钢筋的端点到原点的距离;

[0054] B. 根据隧道设计通图和钢筋网施工工艺,结合钢筋网片搭建规律,对钢筋网片的横向钢筋、纵向钢筋的分布规律进行表示,从而实现单片钢筋网的参数化建模;具体包括如下步骤:

[0055] 构建坐标系为右手坐标系,以y轴为竖轴;

[0056] 横向钢筋长度 l_1 为 $l_1 = a \times s_1 + 2 \times (s_3 + s_4)$,其中 s_4 为理论搭接点与末端的纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影距离;纵向钢筋长度 l_2 为 $l_2 = b \times s_2 + 2 \times s_3$;

[0057] 如图2所示为钢筋网布置示意图,单片钢筋网由 $b+1$ 跟横向钢筋、 $a+1$ 根纵向钢筋组成;其中横向钢筋沿纵向,以间距 s_2 分布;纵向钢筋沿横向,以横向网格间距 s_1 分布;横向钢筋与纵向钢筋垂直;

[0058] S3. 根据步骤S1获取的数据信息和步骤S2得到的单片钢筋网的参数化建模结果,基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律,计算钢筋网的具体位置,实现钢筋网的参数化分布建模;包括如下内容:

[0059] 根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数,并保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

[0060] 根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置,从而实现钢筋网在截面上的分布;

[0061] 为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接,设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在z轴方向的平移距离,从而实现横向钢筋的交错搭接;

[0062] 根据设置的平移距离,计算得到第二排钢筋网的位置,从而完成钢筋网的参数化分布建模;

[0063] 具体实施时,包括如下步骤:

[0064] 根据钢筋网的对称分布特性,确定一个截面所需要的钢筋网的片数 $i_{\max}$ 为

$i_{\max} = \left\lceil \frac{\theta_1}{\theta_2} \right\rceil$, 其中 $\lceil \cdot \rceil$ 为取整操作, θ_2 为单片钢筋网的横向钢筋对应角度且

$\theta_2 = 2 \arcsin \frac{a \times s_1 + 2s_4}{2R_1}$, s_4 为理论搭接点与末端纵向钢筋中心在横向钢筋上的投影

距离且 $s_4 = r \times \cot(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_2}{2}) + \cot(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta_2}{4})$, 保证相邻钢筋网片的纵向钢筋贴合;

[0065] 如图3所示为钢筋网纵向钢筋在截面上的位置关系;根据钢筋网的纵向钢筋在截面上的位置关系,计算钢筋网的分布位置;其中,钢筋网中心水平坐标为

$R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$, R_2 为横向钢筋中心的分布半径且 $R_2 = R_1 \times \cos \frac{\theta_2}{2}$, d_1

为当前钢筋网中心与第一片钢筋网中心之间的角度之差且 $d_1 = \theta_2 \times u_1$, u_1 为截面上钢筋网的序号且取值为 $0 \sim (i_{\max} - 1)$;从而实现钢筋网在截面上的分布;钢筋网中心垂直坐标

为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$;

[0066] 如图4所示,图4表示了沿空间线方向第一排与第二排横筋的搭接关系(一排绘制了两根横筋);

[0067] 为了保证相邻横向钢筋之间能够搭接,设置偶数序号的钢筋网相较于奇数序号的钢筋网在z轴方向的平移距离为 $2r$, r 为钢筋半径,从而实现横向钢筋的交错搭接;

[0068] 根据设置的平移距离 $2r$, 计算得到第二排钢筋网的位置:第二排钢筋网中心的水平坐标为

$R_2 \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) + 2r \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$, 第二排钢筋网中

心的垂直坐标为 $R_2 \times \sin(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1) - 2r \times \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} + d_1)$;

[0069] 如图5所示,图5表示了沿空间线方向第一排与第二排纵筋的搭接关系(一排仅绘制了一根纵筋);如图6所示,图中表示两片钢筋网在截面上的搭接位置关系;

[0070] S4. 将步骤S3得到的钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联,并基于施工工艺,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模;包括如下内容:

[0071] 设置钢筋网施工进度 p 为可变参数, p 取值为0~1;

[0072] 根据钢筋网施工进度,计算得到环向钢筋网片数 i 为 $i = [p \times i_{\max}]$,以实现钢筋网施工模拟;

[0073] 根据进度计算生成从拱部起点到拱部终点的环向钢筋网,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模;如图7所示,图7表示与施工进度相关联的钢筋网参数化分布图。

[0074] 以下结合一个实施例,对本发明方法步骤进行进一步说明:

[0075] 以某一路基段铁路为例,利用本发明的参数化方法进行模型建立。该段线路包含一段直线段及缓和曲线段。首先,本发明根据提供的隧道中心线定位路径,就是设计所确定的线路信息包括桩号、里程、曲线要素等,准确定位隧道钢筋网模型的始末位置以及钢筋网模型整体走向信息的路线。线路信息的确定方法依照线路定位设计相关技术,本发明根据设计的数据进行定位绘制,为后续建模做好准备。

[0076] 依据目前施工进度,通过已知的钢筋网直径尺寸、间距、里程信息(如图8所示),生成相应的钢筋网模型。主要通过调整系统建模时设立的可变参数达到面向施工的隧道钢筋网模型建立。系统内部代码生成钢筋网模型步骤如下:首先根据钢筋网直径尺寸生成单根钢筋模型(包括钢筋网横筋、纵筋,如图9所示),依据钢筋网间距对生成的单根钢筋模型调用,生成符合实际规范的单片钢筋网模型。通过对隧道横截面和单片钢筋网尺寸比较,获取分布一个隧道横截面的钢筋网参数信息(包括钢筋网片数、整体钢筋网间距、钢筋网分布角度);根据获取的钢筋网参数信息,调用整个钢筋网模型实现一个隧道横截面钢筋网分布。最后,通过输入的里程、空间线信息(包括空间线位置及对应切向量)实现空间线上延隧道的钢筋网模型分布(如图10所示)。具体通过几何关系得到每组隧道横截面上钢筋网的间距,得到对应中心的空间线坐标实现钢筋网位置分布,同时为实现钢筋网延隧道分布的效果,通过空间线切向量计算每组隧道横截面上钢筋网旋转角度,实现钢筋网在曲线段的角度调整。综上实现面向施工进度的隧道钢筋网模型建立。

[0077] 如图11所示为本发明系统的功能模块示意图:本发明公开的这种实现所述面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模方法的系统,包括数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块;数据获取模块、单片钢筋网建模模块、钢筋网参数化分布建模模块和施工模拟模块依次串联;数据获取模块用于获取隧道设计数据、隧道施工数据和钢筋网施工数据,并将数据上传单片钢筋网建模模块;单片钢筋网建模模块用于根据接收到的数据,基于钢筋网片之间的搭接规律和设计图纸,对单片钢筋网进行参数化建模,并将数据上传钢筋网参数化分布建模模块;钢筋网参数化分布建模模块用于根据接

收到的数据,基于钢筋网片之间的搭接规律和钢筋网沿隧道空间线方向的搭接规律,计算钢筋网的具体位置,实现钢筋网的参数化分布建模,并将数据上传施工模拟模块;施工模拟模块用于根据接收到的数据,将钢筋网的参数化分布建模结果与施工进度关联,并基于施工工艺,实现钢筋网参数化分布与施工进度同步的施工模拟,完成面向施工进度模拟的隧道钢筋网建模。

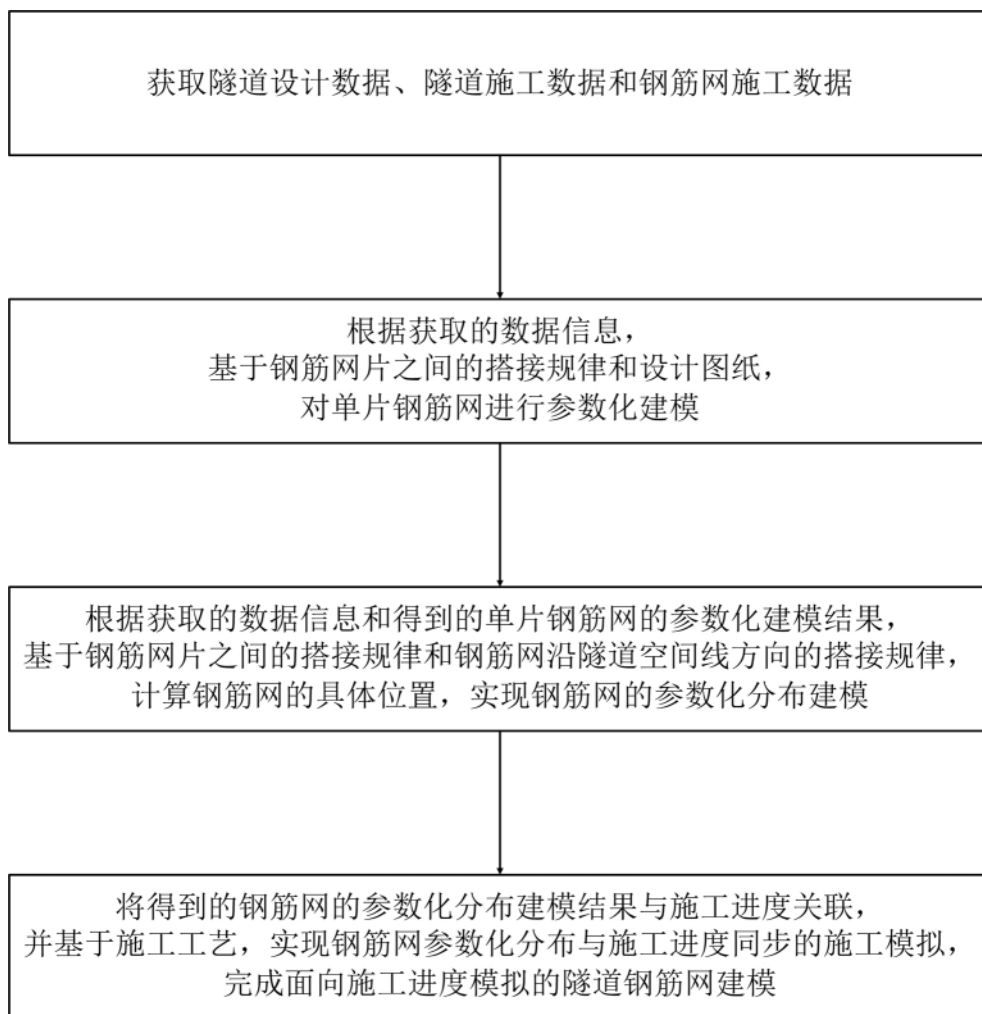


图 1

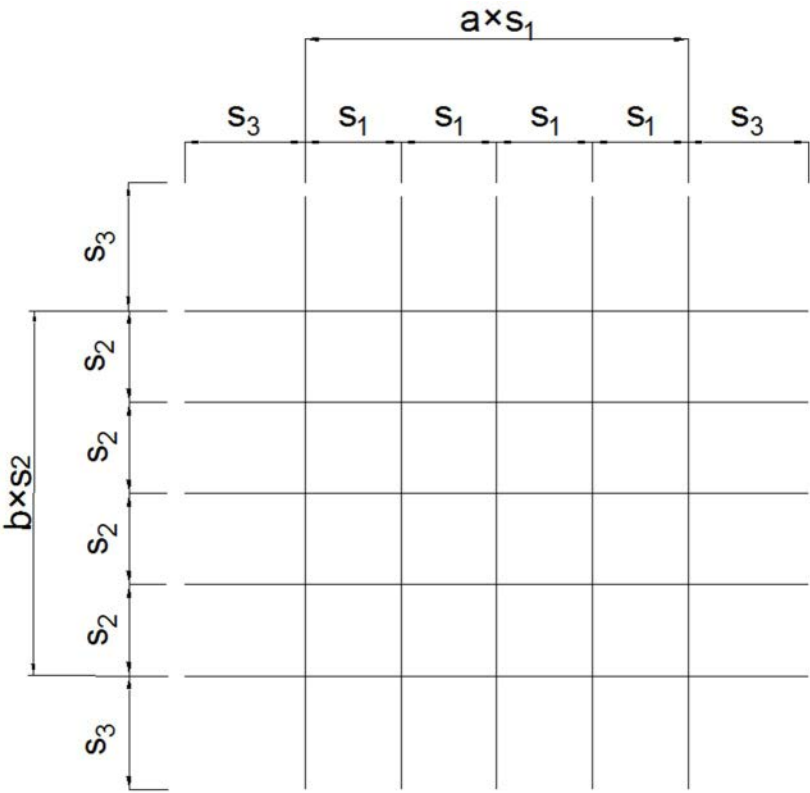


图 2

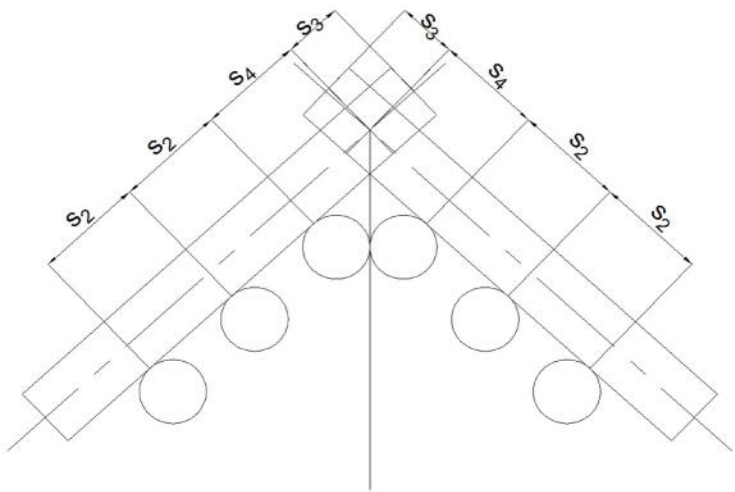


图 3

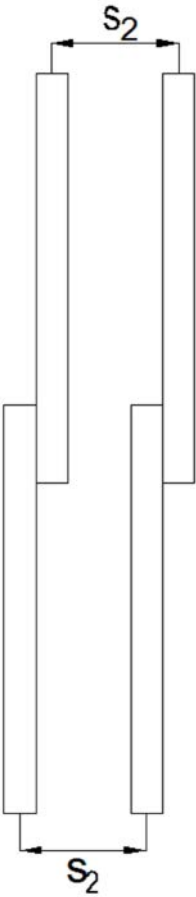


图 4

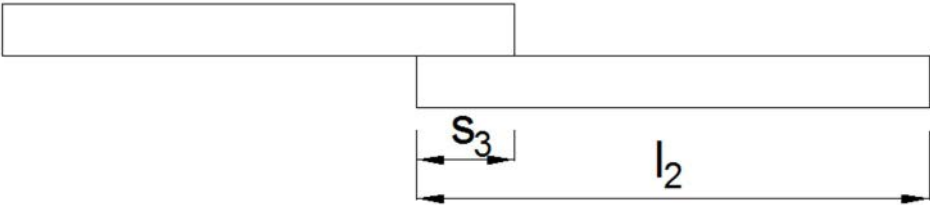


图 5

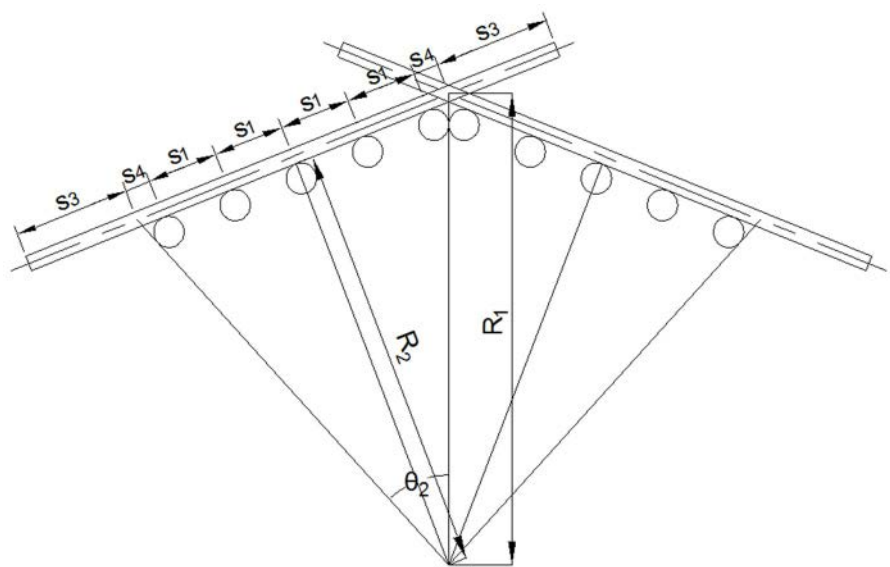


图 6

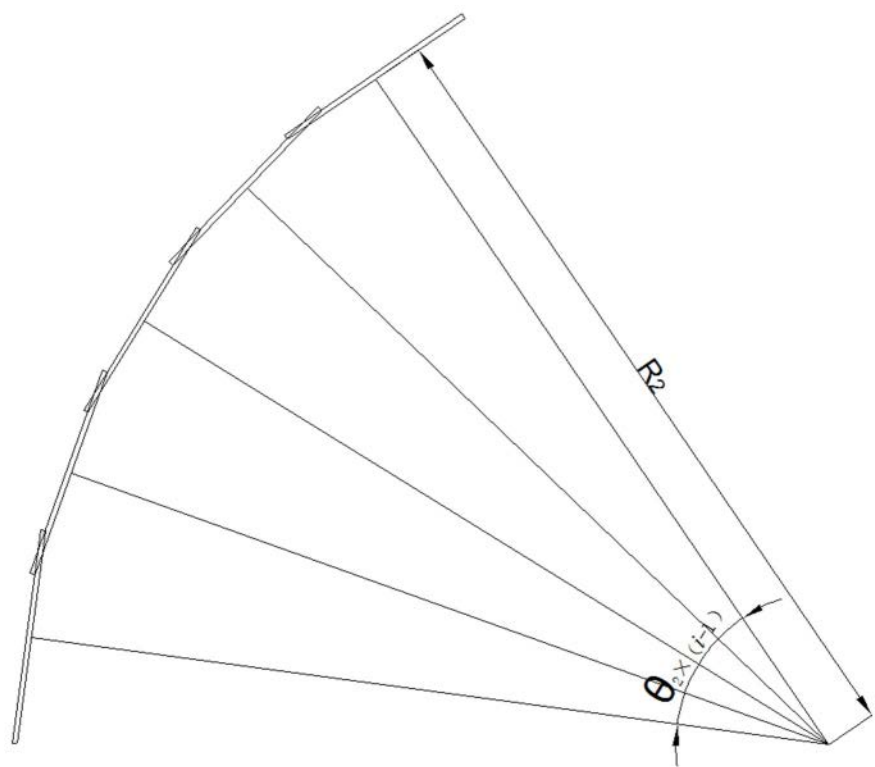


图 7

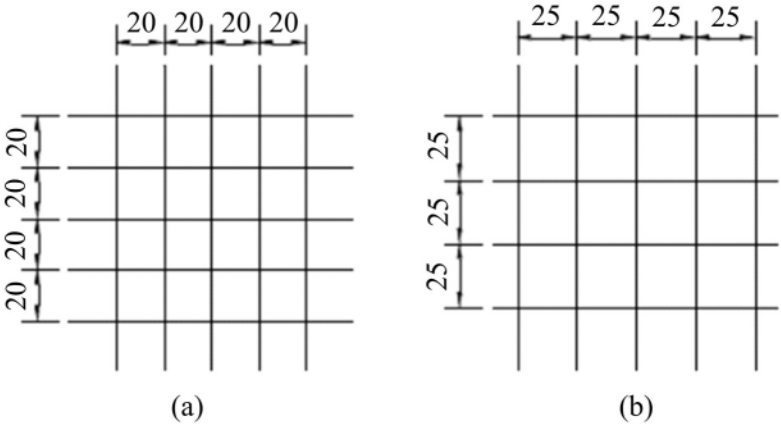


图 8

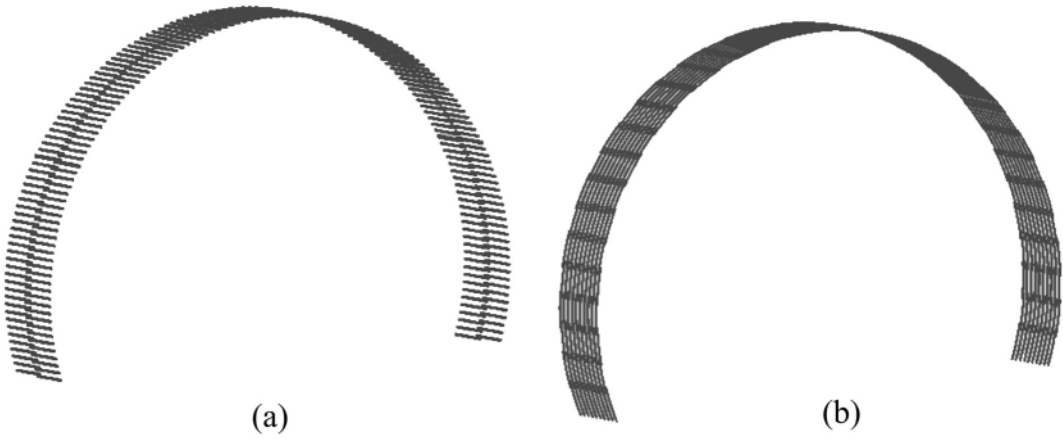


图 9

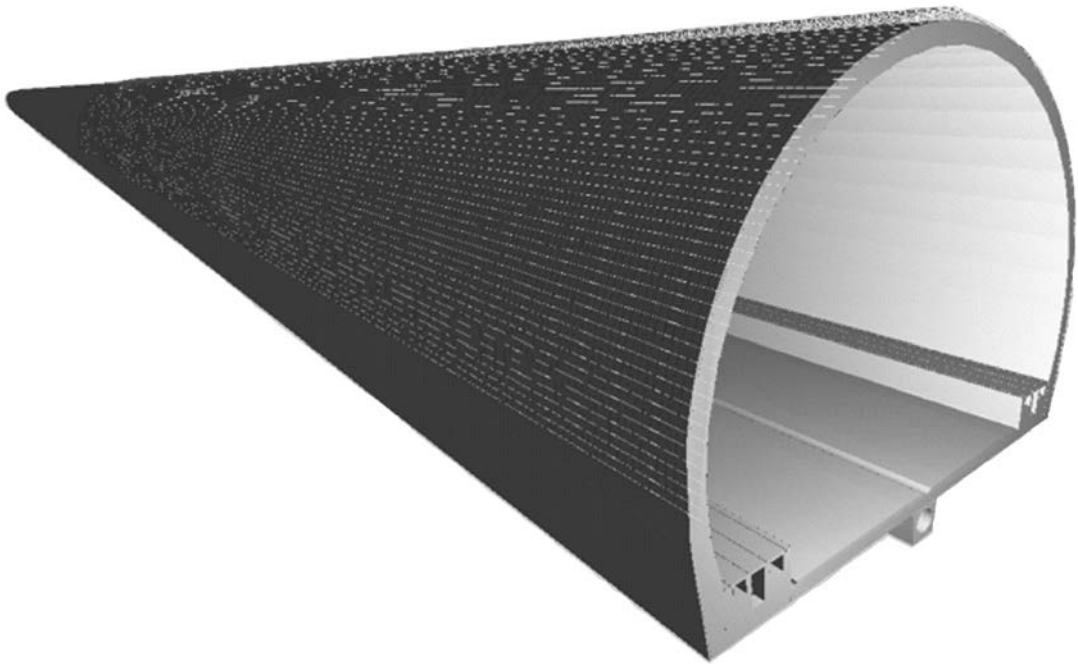


图 10

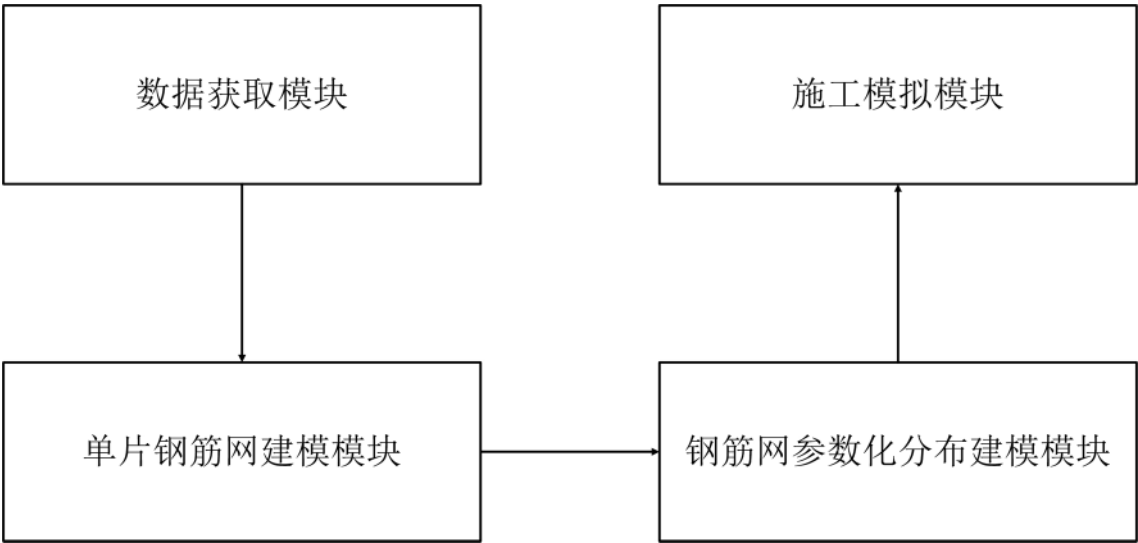


图 11