



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119312453 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 14

(21) 申请号 202411423892.6

G06Q 50/26 (2024.01)

(22) 申请日 2024.10.12

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

(72) 发明人 侯幸福 刘昌永 唐一栋 魏晨阳

(74) 专利代理机构 黑龙江立超同创知识产权代理有限公司 23217

专利代理师 杨立超

(51) Int. Cl.

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

G06T 17/00 (2006.01)

G06F 17/10 (2006.01)

G06Q 50/08 (2012.01)

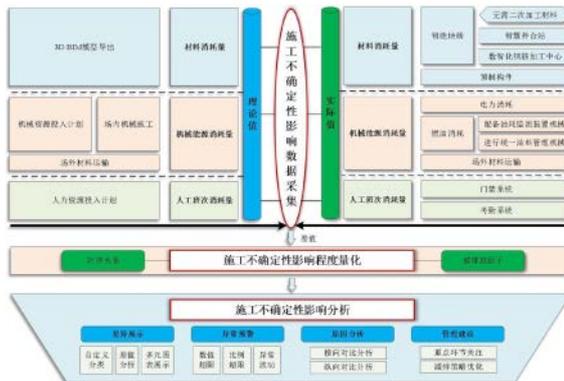
权利要求书5页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法及系统,属于碳排放计算领域。为解决现有施工碳排放是基于施工组织设计和施工图纸的静态估算,未考虑施工过程中不确定性影响导致的数据偏差的问题。通过采集施工理论消耗量数据以及施工实际消耗量数据,将二者按照资源消耗种类或结构部位分别进行数据统计,然后对二者做差值并乘以相应的碳排放因子,进而完成对施工不确定性影响程度的量化,对量化的数据进行差异分析,根据施工不确定性影响的强度大小、比例超限、异常波动问题进行预警提示,帮助各类施工项目快速量化分析由于施工不确定性对施工碳排放产生的影响,进而为施工管理和低碳施工提供管理指导和决策依据。



CN 119312453 A

1. 一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于,包括以下步骤:

S100、采集施工理论消耗量数据,所述施工理论消耗数据包括材料理论消耗量、机械能源理论消耗量和人工班次理论消耗量;

S200、采集施工实际消耗量数据,所述施工实际消耗量数据包括与步骤S100施工理论消耗量数据相对应的材料实际消耗量、机械能源实际消耗量和人工班次实际消耗量;

S300、量化施工不确定性影响程度,对于步骤S100获取的施工理论消耗量数据和步骤S200获取的施工实际消耗量数据根据类别分类计算差值,利用该差值乘以对应的碳排放因子量化对应部分的施工不确定性对施工碳排放影响程度;

S400、分析步骤S300获取的施工不确定性影响,通过计算各分类下的理论值与实际值的总差值、差异比例、正差异情况和负差异情况,绘制多元图标展示,使平台根据施工不确定性影响的强度大小、比例超限、异常波动问题进行异常预警提示;结合基于时间跨度的差异纵向对比和基于相关条目/类型的差异横向比对进行差异原因分析,再根据差异原因分析提供重点环节关注和减排策略优化的施工管理建议。

2. 根据权利要求1所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于,在步骤S100中,包括:

所述材料理论消耗量通过施工项目的3D BIM模型导出的构件数据计算得到:

$$M_i^{\text{材理论}} = Q_i^{\text{材}} (1 - \omega_i^{\text{材}}) (1 + L_i^{\text{材}}) / r_i^{\text{材}} \quad (1)$$

其中,  $M_i^{\text{材理论}}$  表示建筑材料i (主体材料或周转材料) 的理论总消耗量;  $Q_i^{\text{材}}$  表示通过3DBIM模型导出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 的模型用量;  $\omega_i^{\text{材}}$  表示根据规范及文献选取的建筑材料i的理论回收系数;  $L_i^{\text{材}}$  表示根据规范及文献选取的建筑材料i的理论损耗率;  $r_i^{\text{材}}$  表示建筑材料i的周转次数,主体材料的周转次数取1,周转材料的周转次数根据标准规范取值;

所述机械能源理论消耗量包括材料场外运输能源理论消耗量和场内机械施工理论能源消耗量,材料场外运输能源理论消耗量根据运距、载重和机械百公里能耗获得,场内机械施工能源理论消耗量根据机械资源计划表中的进退场时间和数量计算得到:

$$M_i^{\text{机理论}} = \sum_j V_j^{\text{机}} * D_j^{\text{机}} + \sum_k E^{\text{机}} C_k^{\text{机}} * T_k^{\text{机}} * \beta_k^{\text{机}} \quad (2)$$

$$D_j^{\text{机}} = \sum_l \left[ \frac{Q_{jl}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} \right] * S^{\text{机}} \quad (3)$$

$$T_k^{\text{机}} = \sum_h (t_{kh}^{\text{机}2} - t_{kh}^{\text{机}1}) \quad (4)$$

其中,  $M_i^{\text{机理论}}$  代表能源种类i的理论总消耗量;  $V_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格j额定载重量下单位运距消耗能源i的数量;  $D_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格j额定载重量下的等效总运输距离;  $E^{\text{机}} C_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格k每个工作台班消耗能源i的数量;  $T_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格k的等效工作台班数;  $\beta_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格k的台班修正系数;  $Q_{jl}^{\text{机}}$  代表运输机械

种类规格j从运输点1运输至施工现场的建材总重量； $q_j^{机}$ 代表运输机械种类规格j的定额载重量； $\left\lceil \frac{Q_j^{机}}{q_j^{机}} \right\rceil$ 代表运输机械种类规格j从运输点1至施工现场的等效运输次数，且次数向上取整； $s^{机}$ 代表运输点1至施工现场的距离； $t_{kh}^{机1}$ 代表施工机械种类规格k中机械h的进场日期； $t_{kh}^{机2}$ 代表施工机械种类规格k中机械h的退场日期；

所述人工班次理论消耗量根据人力资源投入计划获取：

$$M_i^{人理论} = \sum_j \lambda_i^人 n_{ij}^人 t_j^人 \quad (5)$$

其中， $M_i^{人理论}$ 代表工人工种i的理论总人工工日消耗量； $\lambda_i^人$ 代表工人工种i的工日修正系数； $n_{ij}^人$ 代表工人工种i在 $t_j$ 时段内的工人数量； $t_j^人$ 代表施工持续时间。

3. 根据权利要求2所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法，其特征在于：在步骤S200中，所述材料实际消耗量的采集包括，

对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目，一部分建材通过智能地磅输入，其余部分直接通过项目外部的钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站输入；其中，由智能地磅获取无需二次加工的建筑材料消耗量；对于项目内部设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目，项目中所有建材均通过智能地磅输入；

对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目和设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目来说，利用智能地磅对项目建材消耗量的计算公式均如下所示：

$$M_i^{材实际} = (M_i^{材总} - M_i^{材余} - M_i^{材废}) / r_i^{材} \quad (6)$$

其中， $M_i^{材实际}$ 表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i的实际总消耗量； $M_i^{材总}$ 表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i的总输入量； $M_i^{材余}$ 表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i的回收余料量； $M_i^{材废}$ 表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i的回收废料量；

其中：

$$M_i^{材总} = \sum_{m=1}^a (W_{im}^{材载} - W_{im}^{材空}) \quad (7)$$

$$M_i^{材余} = \sum_{n=1}^b (W_{in}^{材载} - W_{in}^{材空}) \quad (8)$$

$$M_i^{材废} = \sum_{v=1}^c (W_{iv}^{材载} - W_{iv}^{材空}) \quad (9)$$

其中， $W_{im}^{材载}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i输入该项目时，第m次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量； $W_{im}^{材空}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i输入该项目时，第m次运输时机械自重； $W_{in}^{材载}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i余料输出该项目时，第n次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量； $W_{in}^{材空}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料

i余料输出该项目时,第n次运输时机械自重; $W_{iv}^{\text{材载}}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i废料输出该项目时,第v次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量; $W_{iv}^{\text{材空}}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i废料输出该项目时,第v次运输时机械自重;

对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目,由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工的建筑材料消耗量为:

$$M_j^{\text{材实际}} = \sum_{t=1}^d P_{jt}^{\text{材}} (1 - \alpha_{jt}^{\text{材}}) \quad (10)$$

$$\alpha_{jt}^{\text{材}} = Q_{jt}^{\text{材}} / Y_{jt}^{\text{材}} \quad (11)$$

其中, $M_j^{\text{材实际}}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j的实际总消耗量; $P_{jt}^{\text{材}}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j第t批的输入量; $\alpha_{jt}^{\text{材}}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批加工过程的损耗率; $Q_{jt}^{\text{材}}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的总产出量; $Y_{jt}^{\text{材}}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的原材料总投入量。

4.根据权利要求3所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于:在步骤S200中,所述机械能源实际消耗量的采集包括场外运输活动的采集和场内施工活动的采集,场外运输活动均为油料消耗,场内施工活动分为电力消耗和油料消耗,所述电力消耗数据通过在统一供电枢纽处安装电力监测设备获取项目实施的电力消耗数据和累积电力消耗数据;所述油料消耗数据采集包括,对于项目内安装了油耗监测装置的机械设备,通过油耗监测装置进行机械工作状态、实时油耗情况、累计油耗情况进行数据采集;对于项目内未安装油耗监测装置的机械设备,采用油料统一管理获取该部分机械设备的每日/每周/每月油耗数据;此外,对于建筑材料场外运输所产生的机械能源消耗,需结合智能地磅采集的每车运达施工现场的材料重量、运输轨迹路线、平均时速、车辆类型等信息进行逐一计算,最后得到全部材料场外运输所产生的机械能源消耗。

5.根据权利要求4所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于:所述机械能源实际消耗量的采集包含电力消耗数据采集和油耗数据采集,具体包括,

$$M_i^{\text{机实际}} = \sum_j \sum_h \sum_p V_j^{\text{机}} * s_{jhp}^{\text{机}} * \frac{Q_{jhp}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} * \delta_{jhp}^{\text{机}} + \sum_k \sum_h \sum_t m_{kht}^{\text{机1}} + \sum_t m_t^{\text{机2}} \quad (12)$$

其中, $M_i^{\text{机实际}}$ 代表能源种类i的实际总消耗量; $V_j^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格j额定载重量下单位运距消耗能源i的数量; $s_{jhp}^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的路径里程; $Q_{jhp}^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的载重量; $q_j^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格

j的定额载重量； $\delta_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的速度修正系数； $m_{kht}^{机1}$ 代表施工机械种类规格k中机械h在t时段内消耗能源i的数量； $m_t^{机2}$ 代表项目所有未安装油耗检测装置的施工机械t时段内消耗能源i的数量。

6. 根据权利要求5所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于:在步骤S200中,所述人工班次实际消耗量数据通过门禁系统或考勤系统获取每日参与项目施工的施工人员及管理人员数据,

$$M_i^{人实际} = \sum_h \sum_j \frac{(t_{ihj}^{人2} - t_{ihj}^{人1})}{8} \quad (13)$$

其中, $M_i^{人实际}$ 代表工人工种i的实际总人工工日消耗量； $t_{ihj}^{人1}$ 代表工人工种i中工人h第j日的上班时间； $t_{ihj}^{人2}$ 代表工人工种i中工人h第j日的下班时间。

7. 根据权利要求6所述的一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,其特征在于:在步骤S300中,具体包括,

S310、总差值计算公式:

$$\Delta C = \Delta C_{材} + \Delta C_{机} + \Delta C_{人} \quad (14)$$

其中, $\Delta C$ 表示理论碳排放与实际碳排放的总差值； $\Delta C_{材}$ 表示材料理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{机}$ 表示机械理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{人}$ 表示人工理论碳排放与实际碳排放的差值；

总差异比例计算公式:

$$\eta = \frac{\Delta C}{C_{理论}} \quad (15)$$

其中, $C_{理论}$ 表示理论碳排放总量； $\eta$ 表示总体施工不确定性影响程度；

S320、对于材料差异,

材料碳排放差值计算公式:

$$\Delta C_{材} = C_{材}^{实际} - C_{材}^{理论} = \sum_i (M_i^{材实际} - M_i^{材理论}) * EF_i^{材} \quad (16)$$

其中, $EF_i^{材}$ 表示材料i的碳排放因子；

按材料种类计算,材料碳排放差异比例计算公式:

$$\eta_i^{材} = \frac{(M_i^{材实际} - M_i^{材理论})}{M_i^{材理论}} \quad (17)$$

其中, $\eta_i^{材}$ 表示材料i产生的施工不确定性影响程度；

S330、对于机械能耗差异,

机械能源消耗碳排放差值计算公式:

$$\Delta C_{机} = C_{机}^{实际} - C_{机}^{理论} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{机实际} - M_{it}^{机理论}) * EF_i^{机} \quad (18)$$

其中, $EF_i^{机}$ 表示能源种类i的碳排放因子；

按能源种类计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$\eta_i^{\text{机}} = \frac{(M_i^{\text{机实际}} - M_i^{\text{机理论}})}{M_i^{\text{机理论}}} \quad (19)$$

其中,  $\eta_i^{\text{机}}$  表示能源种类*i*产生的施工不确定性影响程度;

按时间计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$\eta_t^{\text{机}} = \frac{(M_t^{\text{机实际}} - M_t^{\text{机理论}})}{M_t^{\text{机理论}}} \quad (20)$$

其中,  $\eta_t^{\text{机}}$  表示*t*时间段内所有机械能源产生的施工不确定性影响程度;

S340、对于劳动力差异,

人工碳排放值计算公式:

$$\Delta C_{\text{人}} = C_{\text{人}}^{\text{实际}} - C_{\text{人}}^{\text{理论}} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{\text{人实际}} - M_{it}^{\text{人理论}}) * EF_i^{\text{人}} \quad (21)$$

其中,  $M_{it}^{\text{人实际}}$  表示施工工种*i*在的*t*时间段内的实际工日消耗量;  $M_{it}^{\text{人理论}}$  表示施工工种*i*在的*t*时间段内的理论工日消耗量;  $EF_i^{\text{人}}$  表示施工工种*i*的碳排放因子;

按施工工种计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$\eta_i^{\text{人}} = \frac{(M_i^{\text{人实际}} - M_i^{\text{人理论}})}{M_i^{\text{人理论}}} \quad (22)$$

其中,  $\eta_i^{\text{人}}$  表示施工工种*i*产生的施工不确定性影响程度;

按时间计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$\eta_t^{\text{人}} = \frac{(M_t^{\text{人实际}} - M_t^{\text{人理论}})}{M_t^{\text{人理论}}} \quad (23)$$

其中,  $\eta_t^{\text{人}}$  表示*t*时间段内人工产生的施工不确定性影响程度。

8. 一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化系统,其特征在于:该系统具有与上述权利要求1-7任一项权利要求的步骤对应的程序模块,运行时执行上述的施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法中的步骤。

9. 一种计算机可读存储介质,其特征在于:所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序配置为由处理器调用时实现权利要求1-7中任一项所述的施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法的步骤。

## 一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及碳排放计算技术领域,具体而言,涉及一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法及系统。

### 背景技术

[0002] 目前的建筑施工活动碳排放计量主要包括以BIM模型或者设计图为依据进行材料碳排放量统计,以施工组织设计、施工定额和施工经验为基础的人工和机械碳排放量统计。其中,施工定额是指规定建筑安装工人或小组在正常施工条件下,完成单位合格产品所消耗的劳动力、材料和机械台班的数量标准。即正常情况下,对于某一工程任务,平均一台机械一个台班或一个建筑工人一个工日所能完成的工作量。但在材料碳排放量统计时,有两方面的问题:一方面这是基于项目既定设计数据的静态施工碳排放估算;另一方面,这是忽略了施工不确定性影响作用的理论值计量。

[0003] 在实际施工过程中,建筑材料在施工过程中存在一定程度的损耗,而未损耗的部分利用率也很难达到100%。这种损耗率和利用率受到施工条件、施工水平、工人素质、管理方式多种施工不确定性影响,在一定范围内表现出较大的随机性。因此,利用平均或常用的损耗率、利用率难以准确体现真实的建筑材料消耗量。而通过机械种类和性能规格确定的机械碳排放因子代表了一个机械台班的平均能源消耗量,这种碳排放因子忽略了机械工作效率、载荷波动、机械健康状态、操作人员水平等多种不确定性影响,与实际值存在较大偏差。另一方面项目所需的机械台班数量往往基于施工定额和施工经验进行估计,同样受施工不确定性影响较大,无法准确体现真实机械能源消耗量。目前较为常用的施工碳排放计量方法的计量结果与实际的施工碳排放计量结果存在较大差异,但这种差异具体有多大、产生的原因具体是什么,需要通过详细的数据分析才能论证。

[0004] 现有专利一种基于模型法的道路施工碳排放结果不确定性评价方法(申请号:CN202211073263.6),对温室气体排放结果进行全面不确定性评价,包含参数不确定性、模型不确定性以及场景选择不确定性。参数不确定性评价根据数据质量评价矩阵定性评价数据质量,利用Beta分布,结合改进的层次分析法为数据赋予权重,将输入参数转化为概率密度函数;模型不确定性分为模型参数不确定性与模型形式不确定性,采用贝叶斯推论结合切片抽样评价模型参数不确定性;依据正交多项式校正前后模型差异评价模型形式不确定性;场景选择不确定性评价采用敏感性分析-多情景分析。上述专利是对道路施工排放结果中的数据进行不确定性评价,涉及的施工工序较少且复杂度较低,对于工序较多且复杂度较高的建筑施工并不使用。且以定额/理想化模型进行计算,代表了一定情况下的平均水平,但实际数据往往存在较大波动,因此这种方法所获取的数据与真实施工状况下的活动水平存在一定偏差。此外,现有碳排放估算需要考虑设备型号、设备健康状况、管理水平、施工项目情况等多种因素影响,因此不同施工项目中各施工工序的活动水平模型存在一定差异,使用单一模型获取数据的可靠性不足。

## 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是：

[0006] 为了解决现有碳排放估算以定额/理想化模型计算,不适用于波动较大的实际数据,且需要考虑各种实际施工因素,使用单一模型获取数据可靠性不足的问题。

[0007] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案：

[0008] 本发明提供了一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,包括以下步骤：

[0009] S100、采集施工理论消耗量数据,所述施工理论消耗数据包括材料理论消耗量、机械能源理论消耗量和人工班次理论消耗量；

[0010] S200、采集施工实际消耗量数据,所述施工实际消耗量数据包括与步骤S100施工理论消耗量数据相对应的材料实际消耗量、机械能源实际消耗量和人工班次实际消耗量；

[0011] S300、量化施工不确定性影响程度,对于步骤S100获取的施工理论消耗量数据和步骤S200获取的施工实际消耗量数据根据类别分类计算差值,利用该差值乘以对应的碳排放因子量化对应部分的施工不确定性对施工碳排放影响程度；

[0012] S400、分析步骤S300获取的施工不确定性影响,通过计算各分类下的理论值与实际值的总差值、差异比例、正差异情况和负差异情况,绘制多元图标展示,使平台根据施工不确定性影响的强度大小、比例超限、异常波动问题进行异常预警提示；结合基于时间跨度的差异纵向对比和基于相关条目/类型的差异横向比对进行差异原因分析,再根据差异原因分析提供重点环节关注和减排策略优化的施工管理建议。

[0013] 进一步地,在步骤S100中,包括：

[0014] 所述材料理论消耗量通过施工项目的3D BIM模型导出的构件数据计算得到：

$$[0015] \quad M_i^{\text{材理论}} = Q_i^{\text{材}} (1 - \omega_i^{\text{材}}) (1 + L_i^{\text{材}}) / r_i^{\text{材}} \quad (1)$$

[0016] 其中,  $M_i^{\text{材理论}}$  表示建筑材料i (主体材料或周转材料) 的理论总消耗量；  $Q_i^{\text{材}}$  表示通过3D BIM模型导出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 的模型用量；  $\omega_i^{\text{材}}$  表示根据规范及文献选取的建筑材料i的理论回收系数；  $L_i^{\text{材}}$  表示根据规范及文献选取的建筑材料i的理论损耗率；  $r_i^{\text{材}}$  表示建筑材料i的周转次数,主体材料的周转次数取1,周转材料的周转次数根据标准规范取值；

[0017] 所述机械能源理论消耗量包括材料场外运输能源理论消耗量和场内机械施工理论能源消耗量,材料场外运输能源理论消耗量根据运距、载重和机械百公里能耗获得,场内机械施工能源理论消耗量根据机械资源计划表中的进退场时间和数量计算得到：

$$M_i^{\text{机理论}} = \sum_j V_j^{\text{机}} * D_j^{\text{机}} + \sum_k E^{\text{机}} C_k^{\text{机}} * T_k^{\text{机}} * \beta_k^{\text{机}} \quad (2)$$

$$[0018] \quad D_j^{\text{机}} = \sum_l \left[ \frac{Q_{jl}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} \right] * s^{\text{机}} \quad (3)$$

$$T_k^{\text{机}} = \sum_h (t_{kh}^{\text{机}2} - t_{kh}^{\text{机}1}) \quad (4)$$

[0019] 其中,  $M_i^{\text{机理论}}$  代表能源种类 i 的理论总消耗量;  $V_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格 j 额定载重量下单位运距消耗能源 i 的数量;  $D_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格 j 额定载重量下的等效总运输距离;  $E^{\text{机}} C_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格 k 每个工作台班消耗能源 i 的数量;  $T_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格 k 的等效工作台班数;  $\beta_k^{\text{机}}$  代表施工机械种类规格 k 的台班修正系数;  $Q_{jl}^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格 j 从运输点 1 运输至施工现场的建材总重量;  $q_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格 j 的额定载重量;  $\left\lceil \frac{Q_{jl}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} \right\rceil$  代表运输机械种类规格 j 从运输点 1 至施工现场的等效运输次数, 且次数

向上取整;  $s^{\text{机}}$  代表运输点 1 至施工现场的距离;  $t_{kh}^{\text{机}1}$  代表施工机械种类规格 k 中机械 h 的进场日期;  $t_{kh}^{\text{机}2}$  代表施工机械种类规格 k 中机械 h 的退场日期;

[0020] 所述人工班次理论消耗量根据人力资源投入计划获取:

$$[0021] \quad M_i^{\text{人理论}} = \sum_j \lambda_i^{\text{人}} n_{ij}^{\text{人}} t_j^{\text{人}} \quad (5)$$

[0022] 其中,  $M_i^{\text{人理论}}$  代表工人工种 i 的理论总人工工日消耗量;  $\lambda_i^{\text{人}}$  代表工人工种 i 的工日修正系数;  $n_{ij}^{\text{人}}$  代表工人工种 i 在  $t_j$  时段内的工人数量;  $t_j^{\text{人}}$  代表施工持续时间。

[0023] 进一步地, 在步骤 S200 中, 所述材料实际消耗量的采集包括,

[0024] 对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目, 一部分建材通过智能地磅输入, 其余部分直接通过项目外部的钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站输入; 其中, 由智能地磅获取无需二次加工的建筑材料消耗量; 对于项目内部设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目, 项目中所有建材均通过智能地磅输入;

[0025] 对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目和设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目来说, 利用智能地磅对项目建材消耗量的计算公式均如下所示:

$$[0026] \quad M_i^{\text{材实际}} = (M_i^{\text{材总}} - M_i^{\text{材余}} - M_i^{\text{材废}}) / r_i^{\text{材}} \quad (6)$$

[0027] 其中,  $M_i^{\text{材实际}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料 i 的实际总消耗量;  $M_i^{\text{材总}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料 i 的总输入量;  $M_i^{\text{材余}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料 i 的回收余料量;  $M_i^{\text{材废}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料 i 的回收废料量;

[0028] 其中:

$$M_i^{\text{材总}} = \sum_{m=1}^a (W_{im}^{\text{材载}} - W_{im}^{\text{材空}}) \quad (7)$$

$$[0029] \quad M_i^{\text{材余}} = \sum_{n=1}^b (W_{in}^{\text{材载}} - W_{in}^{\text{材空}}) \quad (8)$$

$$M_i^{\text{材废}} = \sum_{v=1}^c (W_{iv}^{\text{材载}} - W_{iv}^{\text{材空}}) \quad (9)$$

[0030] 其中,  $W_{im}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i输入该项目时,第m次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量;  $W_{im}^{\text{材空}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i输入该项目时,第m次运输时机械自重;  $W_{in}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i余料输出该项目时,第n次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量;  $W_{in}^{\text{材空}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i余料输出该项目时,第n次运输时机械自重;  $W_{iv}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i废料输出该项目时,第v次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量;  $W_{iv}^{\text{材空}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i废料输出该项目时,第v次运输时机械自重;

[0031] 对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目,由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工的建筑材料消耗量为:

$$M_j^{\text{材实际}} = \sum_{t=1}^d P_{jt}^{\text{材}} (1 - \alpha_{jt}^{\text{材}}) \quad (10)$$

[0032]

$$\alpha_{jt}^{\text{材}} = Q_{jt}^{\text{材}} / Y_{jt}^{\text{材}} \quad (11)$$

[0033] 其中,  $M_j^{\text{材实际}}$  表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j的实际总消耗量;  $P_{jt}^{\text{材}}$  表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j第t批的输入量;  $\alpha_{jt}^{\text{材}}$  表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批加工过程的损耗率;  $Q_{jt}^{\text{材}}$  表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的总产出量;  $Y_{jt}^{\text{材}}$  表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的原材料总投入量。

[0034] 进一步地,在步骤S200中,所述机械能源实际消耗量的采集包括场外运输活动的采集和场内施工活动的采集,场外运输活动均为油料消耗,场内施工活动分为电力消耗和油料消耗,所述电力消耗数据通过在统一供电枢纽处安装电力监测设备获取项目实施的电力消耗数据和累积电力消耗数据;所述油料消耗数据采集包括,对于项目内安装了油耗监测装置的机械设备,通过油耗监测装置进行机械工作状态、实时油耗情况、累计油耗情况进行数据采集;对于项目内未安装油耗监测装置的机械设备,采用油料统一管理获取该部分机械设备的每日/每周/每月油耗数据;此外,对于建筑材料场外运输所产生的机械能源消耗,需结合智能地磅采集的每车运达施工现场的材料重量、运输轨迹路线、平均时速、车辆类型等信息进行逐一计算,最后得到全部材料场外运输所产生的机械能源消耗。

[0035] 进一步地,所述机械能源实际消耗量的采集包含电力消耗数据采集和油耗数据采集,具体包括,

$$M_i^{\text{机实际}} = \sum_j \sum_h \sum_p V_j^{\text{机}} * s_{jhp}^{\text{机}} * \frac{Q_{jhp}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} * \delta_{jhp}^{\text{机}} + \sum_k \sum_h \sum_t m_{kht}^{\text{机1}} + \sum_t m_t^{\text{机2}} \quad (12)$$

[0037] 其中,  $M_i^{\text{机实际}}$  代表能源种类i的实际总消耗量;  $V_j^{\text{机}}$  代表运输机械种类规格j额定载

重量下单位运距消耗能源i的数量； $s_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的路径里程； $Q_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的载重量； $q_j^{机}$ 代表运输机械种类规格j的定额载重量； $\delta_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的速度修正系数； $m_{kht}^{机1}$ 代表施工机械种类规格k中机械h在t时段内消耗能源i的数量； $m_t^{机2}$ 代表项目所有未安装油耗检测装置的施工机械t时段内消耗能源i的数量。

[0038] 进一步地,在步骤S200中,所述人工班次实际消耗量数据通过门禁系统或考勤系统获取每日参与项目施工的施工人员及管理人员数据,

$$[0039] \quad M_i^{人实际} = \sum_h \sum_j \frac{(t_{ihj}^{人2} - t_{ihj}^{人1})}{8} \quad (13)$$

[0040] 其中, $M_i^{人实际}$ 代表工人工种i的实际总人工工日消耗量； $t_{ihj}^{人1}$ 代表工人工种i中工人h第j日的上班时间； $t_{ihj}^{人2}$ 代表工人工种i中工人h第j日的下班时间。

[0041] 进一步地,在步骤S300中,具体包括,

[0042] S310、总差值计算公式:

$$[0043] \quad \Delta C = \Delta C_{材} + \Delta C_{机} + \Delta C_{人} \quad (14)$$

[0044] 其中, $\Delta C$ 表示理论碳排放与实际碳排放的总差值； $\Delta C_{材}$ 表示材料理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{机}$ 表示机械理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{人}$ 表示人工理论碳排放与实际碳排放的差值；

[0045] 总差异比例计算公式:

$$[0046] \quad \eta = \frac{\Delta C}{C_{理论}} \quad (15)$$

[0047] 其中, $C_{理论}$ 表示理论碳排放总量； $\eta$ 表示总体施工不确定性影响程度；

[0048] S320、对于材料差异,

[0049] 材料碳排放差值计算公式:

$$[0050] \quad \Delta C_{材} = C_{材}^{实际} - C_{材}^{理论} = \sum_i (M_i^{材实际} - M_i^{材理论}) * EF_i^{材} \quad (16)$$

[0051] 其中, $EF_i^{材}$ 表示材料i的碳排放因子；

[0052] 按材料种类计算,材料碳排放差异比例计算公式:

$$[0053] \quad \eta_i^{材} = \frac{(M_i^{材实际} - M_i^{材理论})}{M_i^{材理论}} \quad (17)$$

[0054] 其中, $\eta_i^{材}$ 表示材料i产生的施工不确定性影响程度；

[0055] S330、对于机械能耗差异,

[0056] 机械能源消耗碳排放差值计算公式:

$$[0057] \quad \Delta C_{机} = C_{机}^{实际} - C_{机}^{理论} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{机实际} - M_{it}^{机理论}) * EF_i^{机} \quad (18)$$

[0058] 其中, $EF_i^{机}$ 表示能源种类i的碳排放因子；

[0059] 按能源种类计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$[0060] \quad \eta_i^{\text{机}} = \frac{(M_i^{\text{机实际}} - M_i^{\text{机理论}})}{M_i^{\text{机理论}}} \quad (19)$$

[0061] 其中,  $\eta_i^{\text{机}}$  表示能源种类i产生的施工不确定性影响程度;

[0062] 按时间计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$[0063] \quad \eta_t^{\text{机}} = \frac{(M_t^{\text{机实际}} - M_t^{\text{机理论}})}{M_t^{\text{机理论}}} \quad (20)$$

[0064] 其中,  $\eta_t^{\text{机}}$  表示t时间段内所有机械能源产生的施工不确定性影响程度;

[0065] S340、对于劳动力差异,

[0066] 人工碳排放值计算公式:

$$[0067] \quad \Delta C_{\text{人}} = C_{\text{人}}^{\text{实际}} - C_{\text{人}}^{\text{理论}} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{\text{人实际}} - M_{it}^{\text{人理论}}) * EF_i^{\text{人}} \quad (21)$$

[0068] 其中,  $M_{it}^{\text{人实际}}$  表示施工工种i在的t时间段内的实际工日消耗量;  $M_{it}^{\text{人理论}}$  表示施工工种i在的t时间段内的理论工日消耗量;  $EF_i^{\text{人}}$  表示施工工种i的碳排放因子;

[0069] 按施工工种计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$[0070] \quad \eta_i^{\text{人}} = \frac{(M_i^{\text{人实际}} - M_i^{\text{人理论}})}{M_i^{\text{人理论}}} \quad (22)$$

[0071] 其中,  $\eta_i^{\text{人}}$  表示施工工种i产生的施工不确定性影响程度;

[0072] 按时间计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$[0073] \quad \eta_t^{\text{人}} = \frac{(M_t^{\text{人实际}} - M_t^{\text{人理论}})}{M_t^{\text{人理论}}} \quad (23)$$

[0074] 其中,  $\eta_t^{\text{人}}$  表示t时间段内人工产生的施工不确定性影响程度。

[0075] 一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化系统,该系统具有与上述步骤对应的程序模块,运行时执行上述的施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法中的步骤。

[0076] 一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序配置为由处理器调用时实现施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法的步骤。

[0077] 相较于现有技术,本发明的有益效果是:

[0078] 本发明一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法及系统,采集包含材料理论消耗量、机械能源理论消耗量和人工班次理论消耗量的施工理论消耗量数据以及包括材料实际消耗量、机械能源实际消耗量和人工班次实际消耗量的施工实际消耗量数据,将二者按照各分类或结构部位做差值并乘以相应的碳排放因子进而对施工不确定性影响程度量化,对量化的数据进行差异分析,根据施工不确定性影响的强度大小、比例超限、异常波动问题进行预警提示,帮助各类施工项目快速量化分析由于施工不确定性对施工碳排放产生的影响,进而为施工管理和低碳施工提供管理指导和决策依据。现有技术均是对于

理论碳排放的分析,本方法首次实现了施工不确定性对碳排放影响的精确量化,对于施工管理、标准建立、节能减排、效益评价方面均有重要意义:

[0079] 1、施工管理方面:通过对于施工不确定性碳排放的精准量化,能够确定由于施工不确定性引起的碳排放强度异常波动,一方面对于异常波动进行报警引起管理人员重视,另一方面根据异常波动分析确定资源配置和资源消耗的合理性,针对不合理的资源配置和资源消耗制定针对性的施工管理措施,实现项目的实时动态纠偏。

[0080] 2、标准建立方面:通过对于施工不确定性碳排放的精准量化,能够精确体现施工不确定性影响的碳排放范围,将其与理论碳排放结合,从而根据不同项目情况制定差异化施工碳排放标准。

[0081] 3、节能减排方面:通过对于施工不确定性碳排放的精准量化,有助于实现政府对于施工过程节能减排效果的强监管,进而督促建筑项目施工阶段碳排放的精细化管理,达到节能减排的目的。

[0082] 4、效益评价方面:通过对于施工不确定性碳排放的精准量化,能够准确评估项目的施工管理水平和节能减排效果,实现项目实施后评估,为其他项目施工提供指导。

## 附图说明

[0083] 图1为本发明实施例中一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法的流程图。

## 具体实施方式

[0084] 在本发明的描述中,应当说明的是,在本发明的实施例中提到的术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,并不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”、“第三”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者多个该特征。

[0085] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0086] 具体实施方案一:结合图1所示,本发明提供一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法,包括以下步骤:

[0087] S100、采集施工理论消耗量数据,所述施工理论消耗数据包括材料理论消耗量、机械能源理论消耗量和人工班次理论消耗量;

[0088] S110、所述材料理论消耗量通过施工项目的3D BIM模型导出;

[0089] 所述3D BIM模型是利用广联达算量软件/欧特克REVIT建模软件建立的,即二维设计图纸的三维呈现,是施工阶段必备的工作流程;

[0090] 材料理论消耗量通过施工项目的3D BIM模型导出的构件数据计算得到,具体公式如下所示:

$$[0091] \quad M_i^{\text{材理论}} = Q_i^{\text{材}} (1 - \omega_i^{\text{材}}) (1 + L_i^{\text{材}}) / r_i^{\text{材}} \quad (1)$$

[0092] 其中,  $M_i^{\text{材理论}}$  表示建筑材料i (主体材料或周转材料) 的理论总消耗量;  $Q_i^{\text{材}}$  表示通过3D BIM模型导出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 的模型用量;  $\omega_i^{\text{材}}$  表示根据规范及文

献选取的建筑材料*i*的理论回收系数； $L_i^{\text{材}}$ 表示根据规范及文献选取的建筑材料*i*的理论损耗率； $r_i^{\text{材}}$ 表示建筑材料*i*的周转次数，主体材料的周转次数取1，周转材料的周转次数根据标准规范取值；

[0093] S120、所述机械能源理论消耗量包括材料场外运输能源理论消耗量和场内机械施工理论能源消耗量，材料场外运输能源理论消耗量根据机械种类、机械数量、运距、载重和机械百公里能耗获得，场内机械施工能源理论消耗量根据机械资源计划表中的进退场时间、机械种类、机械数量、台班数量、能耗种类和台班能耗计算得到；

[0094] 机械能源理论消耗量主要包括机械场外运输能源消耗量和机械场内施工能源消耗量，具体的计算公式如下所示：

$$M_i^{\text{机理论}} = \sum_j V_j^{\text{机}} * D_j^{\text{机}} + \sum_k E^{\text{机}} C_k^{\text{机}} * T_k^{\text{机}} * \beta_k^{\text{机}} \quad (2)$$

$$D_j^{\text{机}} = \sum_l \left[ \frac{Q_{jl}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} \right] * s^{\text{机}} \quad (3)$$

$$T_k^{\text{机}} = \sum_h (t_{kh}^{\text{机}2} - t_{kh}^{\text{机}1}) \quad (4)$$

[0096] 其中， $M_i^{\text{机理论}}$ 代表能源种类*i*的理论总消耗量； $V_j^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格*j*额定载重量下单位运距消耗能源*i*的数量； $D_j^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格*j*额定载重量下的等效总运输距离； $E^{\text{机}} C_k^{\text{机}}$ 代表施工机械种类规格*k*每个工作台班消耗能源*i*的数量； $T_k^{\text{机}}$ 代表施工机械种类规格*k*的等效工作台班数； $\beta_k^{\text{机}}$ 代表施工机械种类规格*k*的台班修正系数； $Q_{jl}^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格*j*从运输点1运输至施工现场的建材总重量； $q_j^{\text{机}}$ 代表运输机械种类规格*j*的定额载重量； $\left[ \frac{Q_{jl}^{\text{机}}}{q_j^{\text{机}}} \right]$ 代表运输机械种类规格*j*从运输点1至施工现场的等效运输次数； $s^{\text{机}}$ 代表运输点1至施工现场的距离； $t_{kh}^{\text{机}1}$ 代表

[0097] 施工机械种类规格*k*中机械*h*的进场日期； $t_{kh}^{\text{机}2}$ 代表施工机械种类规格*k*中机械*h*的退场日期；

[0098] S130、所述人工班次理论消耗量根据人力资源投入计划获取；

[0099] 人工理论消耗量根据人力资源投入计划获取，具体的计算公式如下所示：

$$M_i^{\text{人理论}} = \sum_j \lambda_i^{\text{人}} n_{ij}^{\text{人}} t_j^{\text{人}} \quad (5)$$

[0101] 其中， $M_i^{\text{人理论}}$ 代表工人工种*i*的理论总人工工日消耗量； $\lambda_i^{\text{人}}$ 代表工人工种*i*的工日修正系数； $n_{ij}^{\text{人}}$ 代表工人工种*i*在*t<sub>j</sub>*时段内的工人数量； $t_j^{\text{人}}$ 代表施工持续时间；

[0102] S200、采集施工实际消耗量数据，所述施工实际消耗量数据包括与施工理论消耗量数据相对应的材料实际消耗量、机械能源实际消耗量和人工班次实际消耗量；

[0103] 所述材料实际消耗量的采集需根据项目实际情况选取采集方法，包括：对于未设

置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目来说,无需二次加工的建筑材料消耗量由智能地磅直接获取,需要二次加工的建筑材料,平台需要对接项目外的混凝土下单系统和钢材数智化加工中心下单系统,获取实际配送混凝土与加工钢材的数据,包括加工时间、材料种类、使用部位、需求量、投入原材料量和加工损耗率;对于设有钢筋加工区和混凝土拌合站的项目来说,通过智能地磅系统获取的所有材料消耗量即为项目的总材料消耗量;由于预制构件的生产过程难以追溯,所以本方法认为预制构件理论消耗量与实际消耗量无差异;

[0104] S210、对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目,无需二次加工的建筑材料消耗量时通过智能地磅直接获取;需要二次加工的建筑材料时,根据混凝土下单系统和钢材数智化加工中心下单系统获取实际配送混凝土与加工钢材的数据,二次加工的材料损耗根据历史经验数据进行取值,即一部分建材通过智能地磅输入,其余部分直接通过项目外部的钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站输入;其中,由智能地磅获取的无需二次加工的建筑材料消耗量;对于项目内部设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目,项目中所有建材均通过智能地磅输入;

[0105] 对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目和设有钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站的项目来说,利用智能地磅对项目建材消耗量的计算公式均如下所示:

$$[0106] \quad M_i^{\text{材实际}} = (M_i^{\text{材总}} - M_i^{\text{材余}} - M_i^{\text{材废}}) / r_i^{\text{材}} \quad (6)$$

[0107] 其中,  $M_i^{\text{材实际}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i (主体材料或周转材料) 的实际总消耗量;  $M_i^{\text{材总}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i (主体材料或周转材料) 的总输入量;

[0108]  $M_i^{\text{材余}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i (主体材料或周转材料) 的回收余料量;  $M_i^{\text{材废}}$  表示由智能地磅获取的该项目建筑材料i (主体材料或周转材料) 的回收废料量;

[0109] 其中:

$$[0110] \quad M_i^{\text{材总}} = \sum_{m=1}^a (W_{im}^{\text{材载}} - W_{im}^{\text{材空}}) \quad (7)$$

$$M_i^{\text{材余}} = \sum_{n=1}^b (W_{in}^{\text{材载}} - W_{in}^{\text{材空}}) \quad (8)$$

[0111]

$$M_i^{\text{材废}} = \sum_{v=1}^c (W_{iv}^{\text{材载}} - W_{iv}^{\text{材空}}) \quad (9)$$

[0112] 其中,  $W_{im}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 输入该项目时,第m次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量;  $W_{im}^{\text{材空}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 输入该项目时,第m次运输时机械自重;  $W_{in}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 余料输出该项目时,第n次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量;  $W_{in}^{\text{材空}}$  表示通过智能地磅测量出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 余料输出该项目时,第n次运输时机械自重;  $W_{iv}^{\text{材载}}$  表示通过智能地磅测量出的建

筑材料i (主体材料或周转材料) 废料输出该项目时,第v次运输时机械自重和所装载建筑材料的重量; $W_{iv}^{材空}$ 表示通过智能地磅测量出的建筑材料i (主体材料或周转材料) 废料输出该项目时,第v次运输时机械自重;

[0113] 对于未设置钢筋加工区和混凝土拌合站的项目,由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工的建筑材料消耗量为:

$$M_j^{材实际} = \sum_{t=1}^d P_{jt}^{材} (1 - \alpha_{jt}^{材}) \quad (10)$$

[0114]

$$\alpha_{jt}^{材} = Q_{jt}^{材} / Y_{jt}^{材} \quad (11)$$

[0115] 其中, $M_j^{材实际}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j的实际总消耗量; $P_{jt}^{材}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的该项目二次加工建筑材料j第t批的输入量; $\alpha_{jt}^{材}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批加工过程的损耗率; $Q_{jt}^{材}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的总产出量; $Y_{jt}^{材}$ 表示由钢材数智化加工中心/混凝土智能拌合站下单系统获取的二次加工建筑材料j第t批的原材料总投入量;

[0116] S220、所述机械能源实际消耗量的采集包含电力消耗数据采集和油耗数据采集:分为场外运输活动和场内施工活动,场外运输活动均为油料消耗,场内施工活动分为电力消耗和油料消耗;

[0117] 其中,所述电力消耗数据通过在项目统一供电枢纽处安装电力监测设备获取项目实施的电力消耗数据和累积电力消耗数据,包括项目每小时/每日/每周/每月/累计的用电量、实时电流、实时电压、有功功率;所述油料消耗数据相较于电力消耗数据统计难度较大,对于项目内安装了油耗监测装置的机械设备,通过油耗监测装置进行机械名称种类、实时工作状态、每台班各工作状态占比、累计怠工时间、累计正常工作时间、每台班/每周/每月/累计油耗数据的采集;对于项目内未安装油耗监测装置的机械设备,采用油料统一管理获取该部分机械设备的每日/每周/每月油耗数据;另外,对于建筑材料场外运输所产生的机械能源消耗,需结合智能地磅采集的每车运达施工现场的材料重量、运输轨迹路线、平均时速、车辆类型的信息进行逐一计算,最后得到全部材料场外运输所产生的机械能源消耗;

[0118] 具体包括,

$$M_i^{机实际} = \sum_j \sum_h \sum_p V_j^{机} * s_{jhp}^{机} * \frac{Q_{jhp}^{机}}{q_j^{机}} * \delta_{jhp}^{机} + \sum_k \sum_h \sum_t m_{kht}^{机1} + \sum_t m_t^{机2} \quad (12)$$

[0120] 其中, $M_i^{机实际}$ 代表能源种类i的实际总消耗量; $V_j^{机}$ 代表运输机械种类规格j额定载重量下单位运距消耗能源i的数量; $s_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的路径里程; $Q_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的载重量; $q_j^{机}$ 代表运输机械种类规格j的定额载重量; $\delta_{jhp}^{机}$ 代表运输机械种类规格j中机械h第p次运输时的速度修正系数;

$m_{khi}^{机1}$ 代表施工机械种类规格k中机械h在t时段内消耗能源i的数量； $m_i^{机2}$ 代表项目所有未安装油耗检测装置的施工机械t时段内消耗能源i的数量；

[0121] S230、所述人工班次实际消耗量数据可通过项目的门禁系统配合考勤系统获取每日参与项目施工的施工人员及管理人员数据,包括人员分类、每日出勤人数、上下班时间及工作时长明细、每日/每周/每月/累计总工时数；

[0122] 人工实际消耗量根据项目门禁系统或考勤系统获取每日各工种的劳动力投入情况,具体的计算公式如下所示：

$$[0123] \quad M_i^{人实际} = \sum_h \sum_j \frac{(t_{ihj}^{人2} - t_{ihj}^{人1})}{8} \quad (13)$$

[0124] 其中, $M_i^{人实际}$ 代表工人工种i的实际总人工工日消耗量； $t_{ihj}^{人1}$ 代表工人工种i中工人h第j日的上班时间； $t_{ihj}^{人2}$ 代表工人工种i中工人h第j日的下班时间；

[0125] S300、量化施工不确定性影响程度,对于步骤S100获取的施工理论消耗量数据和步骤S200获取的施工实际消耗量数据进行计算,包括分别计算每部分施工理论消耗量数据和施工实际消耗量数据的差值,这些差值就是施工不确定性对施工消耗量的影响,利用该差值乘以对应的碳排放因子即可实现施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化；

[0126] 所述碳排放因子是从国家/各省的碳排放计量标准中获取的,人的碳排放因子是固定的一个,机械不同种类、型号碳排放因子均不同,材料不同类型碳排放因子也不同；

[0127] 考虑到建筑材料碳排在施工碳排放中的占比很高,受施工不确定性影响程度也较大,因此对建筑材料的理论碳排放和实际碳排放进行更进一步的对比分析十分有必要；本发明对于建筑材料理论碳排放的计量中,详细标识了各个结构部位所需的材料种类和数量,而在建筑材料实际碳排放数据的获取中,智能地磅、智慧拌合站、数智化钢筋加工区均会标识每一次下单的施工部位；因此,本发明可以按照结构部位进行施工理论碳排放和实际碳排放的差异,进而量化施工不确定性的影响程度,具体包括,

[0128] S310、总差值计算公式：

$$[0129] \quad \Delta C = \Delta C_{材} + \Delta C_{机} + \Delta C_{人} \quad (14)$$

[0130] 其中, $\Delta C$ 表示理论碳排放与实际碳排放的总差值； $\Delta C_{材}$ 表示材料理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{机}$ 表示机械理论碳排放与实际碳排放的差值； $\Delta C_{人}$ 表示人工理论碳排放与实际碳排放的差值；

[0131] 总差异比例计算公式：

$$[0132] \quad \eta = \frac{\Delta C}{C_{理论}} \quad (15)$$

[0133] 其中, $C_{理论}$ 表示理论碳排放总量； $\eta$ 表示总体施工不确定性影响程度；

[0134] S320、对于材料差异,

[0135] 材料碳排放差值计算公式：

$$[0136] \quad \Delta C_{材} = C_{材}^{实际} - C_{材}^{理论} = \sum_i (M_i^{材实际} - M_i^{材理论}) * EF_i^{材} \quad (16)$$

[0137] 其中, $M_i^{材实际}$ 表示材料i的实际消耗量； $M_i^{材理论}$ 表示材料i的理论消耗量； $EF_i^{材}$ 表

示材料i的碳排放因子;

[0138] 按材料种类计算,材料碳排放差异比例计算公式:

$$[0139] \quad \eta_i^{\text{材}} = \frac{(M_i^{\text{材实际}} - M_i^{\text{材理论}})}{M_i^{\text{材理论}}} \quad (17)$$

[0140] 其中,  $\eta_i^{\text{材}}$  表示材料i产生的施工不确定性影响程度;

[0141] S330、对于机械能耗差异,

[0142] 机械能源消耗碳排放差值计算公式:

$$[0143] \quad \Delta C_{\text{机}} = C_{\text{机}}^{\text{实际}} - C_{\text{机}}^{\text{理论}} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{\text{机实际}} - M_{it}^{\text{机理论}}) * EF_i^{\text{机}} \quad (18)$$

[0144] 其中,  $M_{it}^{\text{机实际}}$  表示施工机械i在的t时间段内的实际能源消耗量;  $M_{it}^{\text{机理论}}$  表示施工机械i在的t时间段内的理论能源消耗量;  $EF_i^{\text{机}}$  表示能源种类i的碳排放因子;

[0145] 按能源种类计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$[0146] \quad \eta_i^{\text{机}} = \frac{(M_i^{\text{机实际}} - M_i^{\text{机理论}})}{M_i^{\text{机理论}}} \quad (19)$$

[0147] 其中,  $\eta_i^{\text{机}}$  表示能源种类i产生的施工不确定性影响程度;

[0148] 按时间计算,机械能耗碳排放差异比例计算公式:

$$[0149] \quad \eta_t^{\text{机}} = \frac{(M_t^{\text{机实际}} - M_t^{\text{机理论}})}{M_t^{\text{机理论}}} \quad (20)$$

[0150] 其中,  $\eta_t^{\text{机}}$  表示t时间段内所有机械能源产生的施工不确定性影响程度;

[0151] S340、对于劳动力差异,

[0152] 人工碳排放值计算公式:

$$[0153] \quad \Delta C_{\text{人}} = C_{\text{人}}^{\text{实际}} - C_{\text{人}}^{\text{理论}} = \sum_i \sum_t (M_{it}^{\text{人实际}} - M_{it}^{\text{人理论}}) * EF_i^{\text{人}} \quad (21)$$

[0154] 其中,  $M_{it}^{\text{人实际}}$  表示施工工种i在的t时间段内的实际工日消耗量;  $M_{it}^{\text{人理论}}$  表示施工工种i在的t时间段内的理论工日消耗量;  $EF_i^{\text{人}}$  表示施工工种i的碳排放因子;

[0155] 按施工工种计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$[0156] \quad \eta_i^{\text{人}} = \frac{(M_i^{\text{人实际}} - M_i^{\text{人理论}})}{M_i^{\text{人理论}}} \quad (22)$$

[0157] 其中,  $\eta_i^{\text{人}}$  表示施工工种i产生的施工不确定性影响程度;

[0158] 按时间计算,人工碳排放差异比例计算公式:

$$[0159] \quad \eta_t^{\text{人}} = \frac{(M_t^{\text{人实际}} - M_t^{\text{人理论}})}{M_t^{\text{人理论}}} \quad (23)$$

[0160] 其中,  $\eta_t^{\text{人}}$  表示t时间段内人工产生的施工不确定性影响程度;

[0161] S400、分析步骤S300获取的施工不确定性影响,将不确定性影响分解为材料、机械能耗和人工三部分。针对材料,按照材料种类进行统计;针对机械能耗,按照能源种类和时

间分别进行统计;针对人工,按照施工工种和时间分别进行统计,进而对每种分类下理论值与实际值的总差值、差异比例、正差异(理论值大于实际值)、负差异(理论值小于实际值)等情况进行计算分析,然后通过柱状图、折线图、饼状图等多样化的图表展示方法进行差异展示;使得管理人员能够实时动态了解不同分类尺度下各个施工不确定性影响的强度大小、占比大小、波动异常等情况。针对这些情况结合施工进度、现场管理等因素进行进一步分析,对不符合的施工实际情况的不确定性影响异常进行预警提示,对不确定性影响波动较大的内容进行重点关注,对能够通过管理措施进行改善的内容及时干预,最终达到优化资源配置、管理效能提高以及减排策略优化等施工管理目标。

[0162] 具体实施方案二:本发明提供了一种施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化系统,该系统具有与上述步骤对应的程序模块,运行时执行上述的施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法中的步骤。

[0163] 本实施方案的其他组合和连接关系与具体实施方案一相同。

[0164] 具体实施方案三:本发明提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序配置为由处理器调用时实现施工不确定性对施工碳排放影响程度的量化方法的步骤。

[0165] 本实施方案的其他组合和连接关系与具体实施方案一相同。

[0166] 虽然本发明公开披露如上,但本发明公开的保护范围并非仅限于此。本发明领域技术人员在不脱离本发明公开的精神和范围的前提下,可进行各种变更与修改,这些变更与修改均将落入本发明的保护范围。

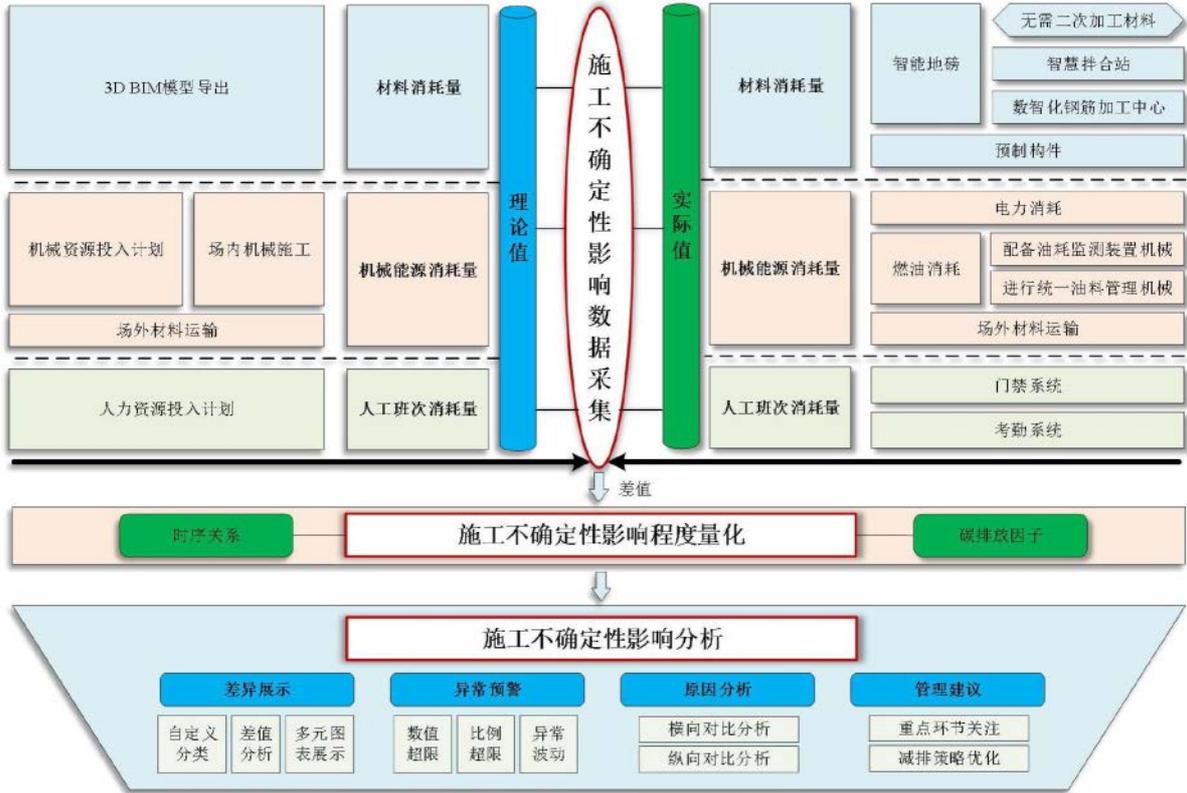


图1