



(10) 授权公告号 CN 120069463 B

(45) 授权公告日 2025. 07. 08

(21) 申请号 202510504435.8

(22) 申请日 2025.04.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 120069463 A

(43) 申请公布日 2025.05.30

(73) 专利权人 深圳市中电电力技术股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市福田区车公庙
泰然工贸园201栋8楼西

专利权人 宁夏回族自治区水利工程建设中心

(72) 发明人 杜立普 齐敦哲 郝瑞甫 邹璇
尹亮 郝波 沈玉彬 王毅 李波

(74) 专利代理机构 深圳市添源创鑫知识产权代理有限公司 44855

专利代理师 彭晓兰

(51) Int.Cl.

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06Q 10/0635 (2023.01)

G06Q 50/08 (2012.01)

G06F 17/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 119148596 A, 2024.12.17

CN 119809292 A, 2025.04.11

审查员 戴诚

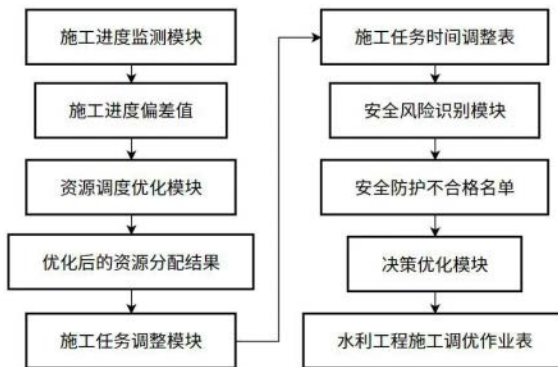
权利要求书3页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

水利工程建设管理流程动态优化系统

(57) 摘要

本发明涉及水利工程管理技术领域,具体为水利工程建设管理流程动态优化系统,系统包括施工进度监测模块、资源调度优化模块、施工任务调整模块、安全风险识别模块、决策优化模块。本发明中,通过实时监控施工现场设备运行、人员作业时长和材料进场记录,能够判断施工节点执行情况与计划任务进度差异,及时识别任务滞后和进度偏差并进行优化调度,减少任务延误,资源调度优化通过识别设备资源冲突时段,有效避免资源冲突,提升施工效率,施工任务根据实时天气监控动态调整,减少天气影响进度,安全风险通过任务调整信息识别作业人员安全防护问题,消除隐患,提高施工管理效率与质量,降低风险,确保项目顺利完成。



1. 水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述系统包括:

施工进度监测模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区的设备运行数据、人员作业时长与材料进场记录,监测施工节点的实施执行情况与计划任务的进度差异,判断是否存在任务滞后,比对实时与计划时间,得到施工进度偏差值;

所述施工进度监测模块包括:

现场数据捕捉子模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区内的设备运行记录、人员作业时长与材料进场时间,统一转化为施工节点时间序列,得到施工节点同步时间序列;

执行时间差计算子模块根据所述施工节点同步时间序列,匹配计划时间与实时完成时间,提取时间差序列,得到任务节点时间差异;

进度偏差值获取子模块调用所述任务节点时间差异,结合节点下的设备运行时长与人员作业累计时长,叠加材料进场延迟量与作业频率偏移量,采用公式:

$$D = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (Ta_i - Tb_i) \cdot (E_i + W_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n M_i^2 + F_i^2}} \right|;$$

得到施工进度偏差值;

其中,D代表施工进度偏差值, Ta_i 代表第i个节点的实时完成时间, Tb_i 代表第i个节点的计划时间, E_i 代表第i个节点的设备运行时长, W_i 代表第i个节点的人员作业时长总量, M_i 代表第i个节点的材料进场延迟量, F_i 代表第i个节点的作业频率偏移量,n表示节点总数;

资源调度优化模块根据所述施工进度偏差值,分析水利工程施工现场混凝土搅拌机与吊装设备的任务执行顺序,采集设备使用时段和人员配置,识别设备资源冲突时段,生成优化后的资源分配结果;

施工任务调整模块根据所述优化后的资源分配结果,提取排定任务的实时执行时间与现场天气数据,判断室外作业是否受到不利天气影响,分析作业调整的优先级,调整任务顺序,得到施工任务时间调整表;

安全风险识别模块调用所述施工任务时间调整表,识别作业任务中的关键安全环节,检测设备操作人员的安全防护装备佩戴情况,识别未佩戴防护装备的作业人员,得到安全防护不合格名单。

2. 根据权利要求1所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述施工进度偏差值包括任务滞后时长、进度差异比例、执行进度与计划进度偏差,所述优化后的资源分配结果包括优化后的任务执行顺序、设备使用时段、人员配置方案、设备资源冲突时段,所述施工任务时间调整表包括调整后的任务顺序、任务执行时间、作业调整优先级、天气影响评估结果,所述安全防护不合格名单包括未佩戴防护装备人员、关键安全环节、作业任务安全隐患。

3. 根据权利要求1所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述资源调度优化模块包括:

设备任务调度子模块根据所述施工进度偏差值,采集混凝土搅拌机与吊装设备的实时作业时段,分析两种设备的任务执行顺序,得出设备作业时段表;

资源冲突检测子模块根据所述设备作业时段表,分析混凝土搅拌机与吊装设备任务的

时间重叠,识别资源冲突时段,生成资源冲突时段列表;

资源优化子模块基于所述资源冲突时段列表,根据施工进度、设备和人员配置情况,优化资源调度,调整任务顺序和设备作业时间,采用公式:

$$C = \left| \sum_{j=1}^m (Ts_j - Te_j) \cdot (R_j + P_j) \right| / \left(\sum_{j=1}^m A_j^2 \right)^{1/2};$$

计算资源分配优化值,通过优化值对资源调度进行调整,生成优化后的资源分配结果;

其中,C代表资源分配优化值, Ts_j 代表第j任务的开始时间, Te_j 代表第j任务的结束时间, R_j 代表第j任务的资源消耗时长, P_j 代表第j任务的人员配置时长, A_j 代表第j任务的设备或人员需求量,m表示任务的总数。

4.根据权利要求3所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述施工任务调整模块包括:

任务执行时间提取子模块根据所述优化后的资源分配结果,提取任务对应的执行起止时间,整理任务调度对应的时间段,生成任务执行时间表;

天气影响判断子模块基于所述任务执行时间表,结合实时天气数据,对任务所处时段的天气条件进行筛选,并判断是否超出施工范围,标记受限时间段,得到作业天气影响分析结果;

任务顺序调整子模块基于所述作业天气影响分析结果,根据受限作业时间段判断施工紧急程度,并结合任务原定时间和延后范围,重新安排任务排序,采用公式:

$$Z = \left(\frac{S \cdot Q}{L} \right) + \left(G \cdot \left(1 - \frac{B}{H} \right) \right);$$

计算调整后的任务执行时间,并进行顺序排序,得到施工任务时间调整表;

其中,Z代表调整后的任务执行时间,S代表任务原定起始时刻,Q代表任务优先等级数值,L代表任务原计划总时长,G代表任务原定结束时刻,B代表任务受限天气影响时长,H代表延后时间最大上限值。

5.根据权利要求4所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述安全风险识别模块包括:

安全防护检查子模块基于所述施工任务时间调整表,监测每个作业任务的设备操作人员,检查是否佩戴符合标准的安全防护装备,记录佩戴情况,得到防护装备佩戴记录;

风险名单获取子模块基于所述防护装备佩戴记录,识别未佩戴安全防护装备的作业人员,并标记为安全防护不合格人员,采用公式:

$$Y = \frac{U}{V} \times 100\%;$$

计算防护装备佩戴合格率,得到安全防护不合格名单;

其中,Y代表防护装备佩戴合格率,U代表合格佩戴人数,V代表总作业人数。

6.根据权利要求1所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,系统还包括决策优化模块:

决策优化模块根据所述安全防护不合格名单,对不合格任务进行提取,并重新安排关联作业设备和人员,评估潜在安全隐患,结合实时情况优化任务执行时间,得到水利工程施工调优作业表;

所述水利工程施工调优作业表包括优化后的任务执行时间、重新安排的作业设备、人员配置、安全隐患评估结果。

7. 根据权利要求6所述的水利工程建设管理流程动态优化系统,其特征在于,所述决策优化模块包括:

任务筛选子模块根据所述安全防护不合格名单,提取不合格任务,筛选关联作业任务,针对每个任务提取对应的设备与人员信息,分析任务不合格原因,生成待优化任务列表;

资源调度子模块根据所述待优化任务列表,重新安排关联作业设备,调度当前可用设备与人员资源,分析设备性能及作业进度,生成设备与人员调度计划;

作业优化子模块基于所述设备与人员调度计划,结合当前实时进度、气候情况因素,评估潜在的安全隐患,优化作业顺序与时间分配,得到水利工程施工调优作业表。

水利工程建设管理流程动态优化系统

技术领域

[0001] 本发明涉及水利工程管理技术领域,尤其涉及水利工程建设管理流程动态优化系统。

背景技术

[0002] 水利工程管理技术领域包含水利工程建设的全过程管理,主要包括规划、设计、施工、监理、验收等阶段的各项管理活动,核心内容包括水利工程项目的资源调配、施工进度控制、质量管理、安全保障等方面,水利工程管理技术领域的目的是确保水利工程建设的顺利实施,达到预期的功能和效益,同时确保工程的质量、安全、环保等符合相关标准与规定。随着技术的发展,水利工程管理也逐渐向数字化、信息化、智能化方向发展,促进了更加高效和精确的工程管理流程。

[0003] 其中,水利工程建设管理流程动态优化系统是指一种针对水利工程项目建设过程中管理流程的动态优化技术,该系统主要针对水利工程项目建设管理中存在的流程不清晰、管理分散、信息孤岛等问题,采取通过实时数据采集与分析、流程模型的动态优化以及智能调度等方式,来提高管理流程的协同效率与响应速度,该系统利用数字化技术对项目的资源使用情况、施工进度、人员配置等信息进行实时监控,并通过分析各项数据,动态调整和优化管理流程,确保各项工作按计划顺利推进,系统能够通过数据驱动的方式,实时监控并优化项目管理的各个环节,从而提高水利工程建设管理的整体效率和质量。

[0004] 现有技术在水利工程建设中虽然强调施工进度控制、质量管理和安全保障等方面,但在具体实施过程中存在明显不足。现有技术多依赖于传统的人工监控和数据记录,导致信息更新滞后,决策调整缺乏及时性,尤其是在面对施工过程中不确定的情况时,传统模式难以提供实时的反馈和优化。例如,施工进度偏差的监测是通过人工检查和阶段性汇报进行,而非实时、动态的进度监控,这容易导致施工任务滞后或进度失控。资源调度方面,缺乏对施工设备和人员配置的实时分析和优化,资源利用不均或冲突时未能及时调整,导致施工效率低下,安全管理方面,尽管有安全监控机制,但由于任务的动态调整较为滞后,安全隐患在未得到有效识别的情况下已导致事故发生。现有技术无法在发生突发变化时进行快速响应和调整,无法确保资源、进度和安全在施工全过程中的动态平衡。

发明内容

[0005] 本发明的目的是解决现有技术中存在的缺点,而提出的水利工程建设管理流程动态优化系统。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用了如下技术方案:水利工程建设管理流程动态优化系统包括:

[0007] 施工进度监测模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区的设备运行数据、人员作业时长与材料进场记录,监测施工节点的实施执行情况与计划任务的进度差异,判断是否存在任务滞后,比对实时与计划时间,得到施工进度偏差值;

[0008] 资源调度优化模块根据所述施工进度偏差值,分析水利工程施工现场混凝土搅拌机与吊装设备的任务执行顺序,采集设备使用时段和人员配置,识别设备资源冲突时段,生成优化后的资源分配结果;

[0009] 施工任务调整模块根据所述优化后的资源分配结果,提取排定任务的实时执行时间与现场天气数据,判断室外作业是否受到不利天气影响,分析作业调整的优先级,调整任务顺序,得到施工任务时间调整表;

[0010] 安全风险识别模块调用所述施工任务时间调整表,识别作业任务中的关键安全环节,检测设备操作人员的安全防护装备佩戴情况,识别未佩戴防护装备的作业人员,得到安全防护不合格名单。

[0011] 作为本发明的进一步方案,所述施工进度偏差值包括任务滞后时长、进度差异比例、执行进度与计划进度偏差,所述优化后的资源分配结果包括优化后的任务执行顺序、设备使用时段、人员配置方案、设备资源冲突时段,所述施工任务时间调整表包括调整后的任务顺序、任务执行时间、作业调整优先级、天气影响评估结果,所述安全防护不合格名单包括未佩戴防护装备人员、关键安全环节、作业任务安全隐患。

[0012] 作为本发明的进一步方案,所述施工进度监测模块包括:

[0013] 现场数据捕捉子模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区内的设备运行记录、人员作业时长与材料进场时间,统一转化为施工节点时间序列,得到施工节点同步时间序列;

[0014] 执行时间差计算子模块根据所述施工节点同步时间序列,匹配计划时间与实时完成时间,提取时间差序列,得到任务节点时间差异;

[0015] 进度偏差值获取子模块调用所述任务节点时间差异,结合节点下的设备运行时长与人员作业累计时长,叠加材料进场延迟量与作业频率偏移量,采用公式:

$$[0016] \quad D = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (Ta_i - Tb_i) \cdot (E_i + W_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n M_i^2 + F_i^2}} \right|;$$

[0017] 得到施工进度偏差值;

[0018] 其中, D 代表施工进度偏差值, Ta_i 代表第*i*个节点的实时完成时间, Tb_i 代表第*i*个节点的计划时间, E_i 代表第*i*节点的设备运行时长, W_i 代表第*i*节点的人员作业时长总量, M_i 代表第*i*节点的材料进场延迟量, F_i 代表第*i*节点的作业频率偏移量, n 表示节点总数。

[0019] 作为本发明的进一步方案,所述资源调度优化模块包括:

[0020] 设备任务调度子模块根据所述施工进度偏差值,采集混凝土搅拌机与吊装设备的实时作业时段,分析两种设备的任务执行顺序,得出设备作业时段表;

[0021] 资源冲突检测子模块根据所述设备作业时段表,分析混凝土搅拌机与吊装设备任务的时间重叠,识别资源冲突时段,生成资源冲突时段列表;

[0022] 资源优化子模块基于所述资源冲突时段列表,根据施工进度、设备和人员配置情况,优化资源调度,调整任务顺序和设备作业时间,采用公式:

$$[0023] \quad C = |\sum_{j=1}^m (Ts_j - Te_j) \cdot (R_j + P_j)| / (\sum_{j=1}^m A_j^2)^{1/2};$$

[0024] 计算资源分配优化值,通过优化值对资源调度进行调整,生成优化后的资源分配结果;

[0025] 其中, C 代表资源分配优化值, Ts_j 代表第 j 任务的开始时间, Te_j 代表第 j 任务的结束时间, R_j 代表第 j 任务的资源消耗时长, P_j 代表第 j 任务的人员配置时长, A_j 代表第 j 任务的设备或人员需求量, m 表示任务的总数。

[0026] 作为本发明的进一步方案,所述施工任务调整模块包括:

[0027] 任务执行时间提取子模块根据所述优化后的资源分配结果,提取任务对应的执行起止时间,整理任务调度对应的时间段,生成任务执行时间表;

[0028] 天气影响判断子模块基于所述任务执行时间表,结合实时天气数据,对任务所处时段的天气条件进行筛选,并判断是否超出施工范围,标记受限时间段,得到作业天气影响分析结果;

[0029] 任务顺序调整子模块基于所述作业天气影响分析结果,根据受限作业时间段判断施工紧急程度,并结合任务原定时间和延后范围,重新安排任务排序,采用公式:

$$[0030] \quad Z = \left(\frac{S \cdot Q}{L} \right) + \left(G \cdot \left(1 - \frac{B}{H} \right) \right);$$

[0031] 计算调整后的任务执行时间,并进行顺序排序,得到施工任务时间调整表;

[0032] 其中, Z 代表调整后的任务执行时间, S 代表任务原定起始时刻, Q 代表任务优先等级数值, L 代表任务原计划总时长, G 代表任务原定结束时刻, B 代表任务受限天气影响时长, H 代表延后时间最大上限值。

[0033] 作为本发明的进一步方案,所述安全风险识别模块包括:

[0034] 安全防护检查子模块基于所述施工任务时间调整表,监测每个作业任务的设备操作人员,检查是否佩戴符合标准的安全防护装备,记录佩戴情况,得到防护装备佩戴记录;

[0035] 风险名单获取子模块基于所述防护装备佩戴记录,识别未佩戴安全防护装备的作业人员,并标记为安全防护不合格人员,采用公式:

$$[0036] \quad Y = \frac{U}{V} \times 100\%;$$

[0037] 计算防护装备佩戴合格率,得到安全防护不合格名单;

[0038] 其中, Y 代表防护装备佩戴合格率, U 代表合格佩戴人数, V 代表总作业人数。

[0039] 作为本发明的进一步方案,系统还包括决策优化模块:

[0040] 决策优化模块根据所述安全防护不合格名单,对不合格任务进行提取,并重新安排关联作业设备和人员,评估潜在安全隐患,结合实时情况优化任务执行时间,得到水利工程施工调优作业表;

[0041] 所述水利工程施工调优作业表包括优化后的任务执行时间、重新安排的作业设备、人员配置、安全隐患评估结果。

[0042] 作为本发明的进一步方案,所述决策优化模块包括:

[0043] 任务筛选子模块根据所述安全防护不合格名单,提取不合格任务,筛选关联作业任务,针对每个任务提取对应的设备与人员信息,分析任务不合格原因,生成待优化任务列

表;

[0044] 资源调度子模块根据所述待优化任务列表,重新安排关联作业设备,调度当前可用设备与人员资源,分析设备性能及作业进度,生成设备与人员调度计划;

[0045] 作业优化子模块基于所述设备与人员调度计划,结合当前实时进度、气候情况因素,评估潜在的安全隐患,优化作业顺序与时间分配,得到水利工程施工调优作业表。

[0046] 与现有技术相比,本发明的优点和积极效果在于:

[0047] 本发明中,通过实时监控施工现场的设备运行数据、人员作业时长与材料进场记录,实现对施工节点执行情况与计划任务进度差异的判断,能够有效地识别任务滞后和进度偏差,在施工现场即时反馈并进行优化调度,减少任务延误。资源调度优化过程中,通过对施工现场设备资源的冲突时段进行识别和分析,能够在出现设备资源冲突时,能够有效避免资源冲突,提高施工效率,保证项目按时推进,施工任务调整根据外部环境变化,如天气情况的实时监控,对任务顺序进行动态调整,最大程度减少由于不利天气或因素导致的施工进度受阻,安全风险识别通过实时的施工任务调整信息,能够识别作业人员的安全防护不合格问题,并及时调整任务人员配置和作业安排,确保施工过程中的安全隐患被及时发现并消除,通过实时数据监控、动态优化和智能调度,施工管理能够实现高度协同、高效反应,从而提高施工管理的整体效率与质量,降低潜在风险,确保项目的顺利完成。

附图说明

[0048] 图1为本发明的系统流程图;

[0049] 图2为本发明中施工进度监测模块流程图;

[0050] 图3为本发明中资源调度优化模块流程图;

[0051] 图4为本发明中施工任务调整模块流程图;

[0052] 图5为本发明中安全风险识别模块流程图;

[0053] 图6为本发明中决策优化模块流程图。

具体实施方式

[0054] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0055] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0056] 请参阅图1,水利工程建设管理流程动态优化系统包括:

[0057] 施工进度监测模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区的设备运行数据、人员作业时长与材料进场记录,监测施工节点的实施执行情况与计划任务的进度差异,判断是否存在任务滞后,比对实时与计划时间,得到施工进度偏差值;

[0058] 资源调度优化模块根据施工进度偏差值,分析水利工程施工现场混凝土搅拌机与

吊装设备的任务执行顺序,采集设备使用时段和人员配置,识别设备资源冲突时段,生成优化后的资源分配结果;

[0059] 施工任务调整模块根据优化后的资源分配结果,提取排定任务的实时执行时间与现场天气数据,判断室外作业是否受到不利天气影响,分析作业调整的优先级,调整任务顺序,得到施工任务时间调整表;

[0060] 安全风险识别模块调用施工任务时间调整表,识别作业任务中的关键安全环节,检测设备操作人员的安全防护装备佩戴情况,识别未佩戴防护装备的作业人员,得到安全防护不合格名单;

[0061] 决策优化模块根据安全防护不合格名单,对不合格任务进行提取,并重新安排关联作业设备和人员,评估潜在安全隐患,结合实时情况优化任务执行时间,得到水利工程施工调优作业表。

[0062] 施工进度偏差值包括任务滞后时长、进度差异比例、执行进度与计划进度偏差,优化后的资源分配结果包括优化后的任务执行顺序、设备使用时段、人员配置方案、设备资源冲突时段,施工任务时间调整表包括调整后的任务顺序、任务执行时间、作业调整优先级、天气影响评估结果,安全防护不合格名单包括未佩戴防护装备人员、关键安全环节、作业任务安全隐患,水利工程施工调优作业表包括优化后的任务执行时间、重新安排的作业设备、人员配置、安全隐患评估结果。

[0063] 请参阅图2,施工进度监测模块包括:

[0064] 现场数据捕捉子模块基于水利工程施工现场数据,包括作业区内的设备运行记录、人员作业时长与材料进场时间,统一转化为施工节点时间序列,得到施工节点同步时间序列;

[0065] 针对作业区内设备运行记录、人员作业时长与材料进场时间的数据采集过程,首先涉及到对设备运行状态的监测,例如,在水利工程施工现场,设备如挖掘机和推土机的启动、运行、停止时间都被记录,以确保时间序列的精确性,通过安装在设备上的传感器自动记录启动至停止的每一分钟运行数据,数据被发送至中央数据库,通过数据采集并统一收集和转化,对于人员作业时长,采用RFID技术监测工人入出现场的时间,从而计算其日作业时长,而材料进场时间则通过在每批材料上安装RFID标签,实时记录其进场时间,确保材料使用的及时性与准确性,所有数据经过处理后转化为标准的施工节点时间序列,为后续分析提供基础数据,得到施工节点同步时间序列,精细化操作通过与实际施工现场紧密结合,确保数据的实时性与准确性。

[0066] 执行时间差计算子模块根据施工节点同步时间序列,匹配计划时间与实时完成时间,提取时间差序列,得到任务节点时间差异;

[0067] 对已采集的施工节点同步时间序列值进行进一步处理,通过匹配算法将每个施工节点的计划完成时间与实际完成时间对齐,例如,在某水利工程中,如果计划在第五天完成的部分实际在第七天完成,则记录这两天的时间差,算法通过对所有节点进行这种对比,识别出所有时间差异,时间差异值被视为关键参数,输入到后续的计算模型中,模型对时间差值进行统计分析,计算出整体工程的平均时间偏差,这个过程中涉及的时间差值是通过具体施工日志与计划表的对比得到的,从而精确地得到任务节点时间差异,可以清晰地反映出工程进度中存在的延误,为进一步的优化调整提供依据。

[0068] 进度偏差值获取子模块调用任务节点时间差异,结合节点下的设备运行时长与人员作业累计时长,叠加材料进场延迟量与作业频率偏移量,采用公式:

$$[0069] \quad D = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (Ta_i - Tb_i) \cdot (E_i + W_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n M_i^2 + F_i^2}} \right|;$$

[0070] 得到施工进度偏差值;

[0071] 其中, D 代表施工进度偏差值, Ta_i 代表第*i*个节点的实时完成时间, Tb_i 代表第*i*个节点的计划时间, E_i 代表第*i*节点的设备运行时长, W_i 代表第*i*节点的人员作业时长总量, M_i 代表第*i*节点的材料进场延迟量, F_i 代表第*i*节点的作业频率偏移量, n 表示节点总数;

[0072] 调用任务节点时间差异值,并结合各节点的设备运行时长、人员作业时长、材料进场延迟量与作业频率偏移量,构建综合偏差计算模型,所有参数在实际计算中需首先进行量纲统一处理,即时间类参数统一为小时,延迟量与频率偏移类参数进行归一化处理,使其归入与时间相兼容的数值尺度。下面将依次说明各参数的具体获取过程及取值方式,并进行一次完整算例计算,结合水利工程施工节点实例进行说明;

[0073] 首先, Ta_i (第*i*个节点的实际完成时间)与 Tb_i (第*i*个节点的计划时间)均以小时为单位记录,例如,节点1的计划时间为第48小时,实际完成时间为第60小时,则该节点的时间偏差为12小时,设备运行时间 E_i 通过安装在施工设备(如挖掘机、混凝土泵)上的运行计时器获取,例如,节点1中设备运行累计为30小时,人员作业时长 W_i 则由智能考勤记录,例如节点1中有5名工人,每人工作6小时,总和为30小时,则该节点人员作业时长为30小时;

[0074] 材料进场延迟量 M_i 是指该节点所需主要材料进场时间的延误时长,为便于与参数统一量纲,将其与该节点标准作业周期进行归一化处理,若节点1原材料进场时间为第40小时,实际为第46小时,延迟6小时,占标准周期48小时的12.5%,则归一化为0.125,作业频率偏移量 F_i 指单位时间内作业数量相较计划数量的偏差百分比,若计划每日作业次数为10次,实际为8次,则偏移率为20%,归一化为0.2;

[0075] 代入节点1的数据进行演算如下:

[0076] $Ta_1 = 60, Tb_1 = 48$,差值为12;

[0077] $E_1 = 30, W_1 = 30$,合计为60;

[0078] $M_1 = 0.125, F_1 = 0.2$;

[0079] 代入公式: $D = \left| \frac{(60-48) \cdot (30+30)}{\sqrt{0.125^2 + 0.2^2}} \right| \approx 3051.7$;

[0080] 该数值即为节点1的施工进度偏差值,表示在归一化处理后,各项因素综合作用下该节点相对于计划的偏移强度值,引入了设备运行时长与人员作业时长的线性叠加项,扩大了实际执行资源对进度偏差的贡献评估。同时将材料延迟量与作业频率偏移项通过平方和根号方式合并,增强了对施工组织效率波动影响的响应灵敏度,从而提升进度偏差值的多因子响应能力与数据尺度一致性,该结果表明,在当前作业资源调配与材料进场状态下,节点1存在显著进度偏差,其对应的施工进度偏差值为3051.7,可用于与设定的进度偏差阈

值(例如2000)进行比较,如超出则可触发管控响应,从而明确节点的异常等级与调整需求;

[0081] 施工进度偏差值的公式是在综合考虑多个影响施工进度的关键因素后构建而成,具体包括以下几类参数:施工节点的实际完成时间与计划时间的时间差、设备运行时长、人员作业时长、材料进场延迟量和作业频率的偏移量。这些参数共同反映了一个施工节点执行效果与原计划之间的偏差强度,计算公式从时间差异出发,加入资源使用和组织效率的权重影响,实现了进度偏差的多因子响应建模。

[0082] 该公式的理论依据在于:施工进度的偏差并非单一因素造成,而是现场施工执行中各类资源(人、机、料)协调度与实际执行效率综合作用的结果。实际完成时间减去计划时间可反映直接的延误,设备与人员的投入时间显示了资源执行强度,材料进场延迟和作业频率的偏移则揭示了施工组织上的效率波动。公式通过线性叠加与归一化转换,将不同量纲参数统一为可比较尺度,再通过嵌套函数增强对非线性因素(如作业频率波动)影响的灵敏度,具有较强的工程适配性。

[0083] 举例说明中,公式以小时为基础单位进行统一计算,如某节点的时间差为12小时,设备运行时长与人员作业总时长合计为60小时,材料进场延迟按占比归一化为0.125,作业频率偏移归一化为0.2,最终代入得出的施工进度偏差值为3051.7,数值越大代表该节点进度偏差越显著。

[0084] 在计算得出施工进度偏差值后,系统会将该值与设定的偏差阈值(例如2000)进行比对。如果该值超出阈值,说明该节点存在严重的滞后或资源协调异常,系统将触发调整机制。此时,施工进度监测模块会将该节点标记为“需优化”,并将此信息传输至资源调度优化模块,后者据此对当前资源(设备和人员)进行重新排序与优化分配。同时,进度偏差值的大小也将作为后续任务优先级调整和资源调度方案优化的参考权重之一,在整合进度恢复与效率提升的条件下,动态调整施工现场的执行计划,最终通过施工任务调整模块生成包含新任务顺序与执行时间的施工任务时间调整表,实现进度管控闭环。

[0085] 请参阅图3,资源调度优化模块包括:

[0086] 设备任务调度子模块根据施工进度偏差值,采集混凝土搅拌机与吊装设备的实时作业时段,分析两种设备的任务执行顺序,得出设备作业时段表;

[0087] 首先获取施工现场混凝土搅拌机和吊装设备的作业时段数据,数据通过设备的自动记录获取,例如,混凝土搅拌机的工作开始和结束时间可以通过安装的自动化传感器获取,吊装设备的作业时间也通过类似方式记录。接着,结合各个施工阶段的时间安排与设备使用计划,逐个分析设备的作业时间,确定其在每一阶段的任务顺序,假设在一个特定施工阶段,混凝土搅拌机的工作时间为第12小时至第14小时,而吊装设备的任务时间为第14小时至第16小时,这两个设备的任务时间是紧密衔接的,通过这种分析,可以清楚地看到两者的时间分配情况以及作业顺序的安排,生成设备作业时段表,明确两种设备的任务顺序与具体作业时间,这个时段表不仅仅是一个时间记录工具,还为后续冲突检测和资源优化提供了基础数据,确保设备的任务执行按预定顺序无误进行。

[0088] 资源冲突检测子模块根据设备作业时段表,分析混凝土搅拌机与吊装设备任务的时间重叠,识别资源冲突时段,生成资源冲突时段列表;

[0089] 分析混凝土搅拌机与吊装设备的任务执行时段是否存在重叠,对这两个设备的作业时段进行比较,查看是否有时间重叠的部分。例如,混凝土搅拌机的作业时间是第12小时

至第14小时,而吊装设备的作业时间是第13小时至第15小时,这意味着在第13小时至第14小时的时段,混凝土搅拌机与吊装设备的作业时间发生了冲突,自动识别这个冲突并标记出这个重叠时间段,对所有设备作业时段进行全面比对,检测存在的冲突。例如,如果有多个设备在相同的时间段内安排任务,再次标记冲突时段,通过筛查,识别出所有设备之间的资源冲突,形成一个包含所有冲突时段的详细清单,得出资源冲突时段列表,可以帮助施工管理者及时调整任务安排,避免资源冲突,确保施工进度不受影响。

[0090] 资源优化子模块基于资源冲突时段列表,根据施工进度、设备和人员配置情况,优化资源调度,调整任务顺序和设备作业时间,采用公式:

$$[0091] \quad C = |\sum_{j=1}^m (Ts_j - Te_j) \cdot (R_j + P_j)| / (\sum_{j=1}^m A_j^2)^{1/2};$$

[0092] 计算资源分配优化值,通过优化值对资源调度进行调整,生成优化后的资源分配结果;

[0093] 其中, C 代表资源分配优化值, Ts_j 代表第 j 任务的开始时间, Te_j 代表第 j 任务的结束时间, R_j 代表第 j 任务的资源消耗时长, P_j 代表第 j 任务的人员配置时长, A_j 代表第 j 任务的设备或人员需求量, m 表示任务的总数;

[0094] 结合施工进度与设备、人员配置情况,进行任务优化调度,调整任务执行顺序或分配新的作业时间段,假设在施工过程中,混凝土搅拌机的任务时间为第12小时至第14小时,而吊装设备的任务时间为第13小时至第15小时,发生了时段重叠,根据设备的空闲时间和任务的优先级,重新安排任务顺序。在这个例子中,吊装设备的任务可以调整至第16小时至第18小时,从而避免与混凝土搅拌机的作业时间冲突,根据施工进度偏差和资源配置,进一步调整设备和人员的作业时间,确保资源的合理分配。例如,调整后,吊装设备与人员的作业时段也会随之调整,确保任务顺利执行且设备空闲时间最小化,所有任务调整和资源配置都将在优化方案中反映出来;

[0095] 对任务时间、资源消耗和人员配置进行优化,以下对公式中每个参数的获取和计算过程进行详细描述:

[0096] Ts_j (任务开始时间):假设某一任务的开始时间为第12小时,作为施工调度的输入数据,该时间是根据施工进度安排和设备作业时间确定的,确保设备按时启动任务;

[0097] Te_j (任务结束时间):该参数为任务的结束时间,例如任务结束时间为第14小时,表示该任务持续2小时;

[0098] R_j (资源消耗时长):资源消耗时长表示该任务需要的设备时间量,例如,混凝土搅拌机执行的任务需要2小时,这时 $R_j = 2$ 小时;

[0099] P_j (人员配置时长):该参数表示执行任务的人员配置时长,例如,吊装设备的任务执行需要4名工人,每个工人需要工作3小时,总工时为12小时,即 $P_j = 12$;

[0100] A_j (设备或人员需求量):该参数用于表示任务所需的设备或人员数量。假设该任务需要2台设备,任务中设备的需求量为2台,即 $A_j = 2$;

[0101] 带入具体数据进行演算:

[0102] 假设任务1的开始时间为第12小时,结束时间为第14小时,任务的资源消耗时长为2小时,人员配置时长为12小时,设备需求量为2台;

[0103] 对于该任务,计算值如下: $C = |(12 - 14) \cdot (2 + 12)| / ((2)^2)^{1/2} = 14$;

[0104] 最终,得到的资源分配优化值为14,这个值将作为优化调度的关键依据,决定调整后的设备和人员资源的分配情况,通过该优化值,可以确保资源调度更加合理,避免过多的资源空闲或过度集中;

[0105] 资源分配优化值的计算公式,是为了评估和优化施工现场中设备与人员资源配置效率而提出的,其核心目的是减少资源冲突、避免设备空转或重叠作业,提高整体施工效率。该公式综合考虑了每个任务的起止时间、资源使用时长、人员投入时长以及设备或人员的需求量等关键要素,进而形成一个可量化的优化指标,用于引导施工任务调度与资源调配策略的调整。

[0106] 公式从资源调度的本质出发,即“合理利用有限的资源完成最多任务且减少冲突”。通过量化每个任务对资源(设备与人员)的占用情况,结合任务的时间跨度,将各个任务的资源负载情况进行集成,构成总的资源负担量。该优化值在数值上越小,说明资源调度越合理、冲突越少;值越大则表示存在资源浪费、冲突或时间安排不当的情况。

[0107] 参数解释如下:

[0108] 任务开始时间与结束时间:标识任务在施工时间轴上的区间,决定是否与其他任务存在时间重叠;

[0109] 资源消耗时长:反映设备等硬资源的使用时间,代表资源的持续负荷;

[0110] 人员配置时长:表示人力资源的占用情况,体现任务对施工团队投入的强度;

[0111] 设备或人员需求量:量化每个任务所需的资源数量(如设备台数、工人数量),作为资源分配合理性的衡量因子。

[0112] 这些参数整合后,形成一个对任务资源消耗密度和时间占用强度的度量值。以实例说明:若某任务从第12小时开始至第14小时,设备需使用2小时,4人共12工时,人力需求为2人次,则计算出该任务的资源分配优化值为14。

[0113] 这个优化值并不是孤立分析,而是对多个任务综合评估的基础指标。计算完成后,系统会基于所有任务的优化值进行排序,并分析资源冲突时段。例如,如果两个任务在相同时间段都需要使用同一台吊装设备,而该设备仅有一台,那么系统会优先保留优化值低的任务原计划,将另一任务调后或调前,从而形成新的不冲突资源分配序列。

[0114] 此后,优化值将被用于生成“优化后的资源分配结果”,包括调整后的任务顺序、重新分配的设备作业时间段与人员安排表。这一结果不仅影响施工现场的设备调度安排,还将被传入“施工任务调整模块”,成为调整任务执行时间与优先级的重要输入依据,最终实现资源使用最大化、任务冲突最小化的目标,从而提高整体施工调度效率与现场执行质量。

[0115] 请参阅图4,施工任务调整模块包括:

[0116] 任务执行时间提取子模块根据优化后的资源分配结果,提取任务对应的执行起止时间,整理任务调度对应的时间段,生成任务执行时间表;

[0117] 首先,任务执行时间是根据施工现场已确定的任务顺序以及各任务所需的资源来确定的,假设施工任务的开始时间为第5小时,结束时间为第6小时,获取施工现场的实时天气数据,如风速、降水量、气温等,以判断是否会对任务执行产生影响。举例来说,如果某一

任务的执行时间段在当天预计降水量较大,则会影响该任务的进行,记录该任务的天气数据并进行标记。结合实时天气数据以及任务的实际执行时长,将每个任务的起始时间和结束时间精准排定,并综合考虑天气对施工进度的影响,最后生成任务执行时间表,这个时间表不仅帮助施工团队合理安排工作,还为任务顺序调整提供了基础数据。

[0118] 天气影响判断子模块基于任务执行时间表,结合实时天气数据,对任务所处时段的天气条件进行筛选,并判断是否超出施工范围,标记受限时间段,得到作业天气影响分析结果;

[0119] 通过实时天气监测设备采集温度、湿度、降水量、风速等数据,根据设定的天气阈值对照,例如当风速超过某一值,或降水量超过一定量时,自动判定该作业受到不利天气的影响。举例来说,如果施工现场的风速超过12米每秒,或降水量超过10毫米,则判断该任务所处时段的天气条件为不利,标记该任务为受到影响,进一步记录该时段内的天气数据,通过与每个任务的执行时段进行对比,能有效识别出哪些作业受到了天气的不利影响,并将受影响的任务标记出来,生成作业天气影响分析结果。

[0120] 任务顺序调整子模块基于作业天气影响分析结果,根据受限作业时间段判断施工紧急程度,并结合任务原定时间和延后范围,重新安排任务排序,采用公式:

$$[0121] \quad Z = \left(\frac{S \cdot Q}{L} \right) + \left(G \cdot \left(1 - \frac{B}{H} \right) \right);$$

[0122] 计算调整后的任务执行时间,并进行顺序排序,得到施工任务时间调整表;

[0123] 其中, Z 代表调整后的任务执行时间, S 代表任务原定起始时刻, Q 代表任务优先级数值, L 代表任务原计划总时长, G 代表任务原定结束时刻, B 代表任务受限天气影响时长, H 代表延后时间最大上限值;

[0124] 结合任务的紧急程度和施工进度,分析作业调整的优先级,假设某一任务的原定执行时间段为第10小时至第12小时,但由于天气的影响,该任务需要调整执行时间,假设天气数据表明该任务时间段内的降水量大于10毫米,并且风速达到13米每秒,超出设定的天气阈值,决定将该任务调整至第14小时至第16小时,为了在调度中对所有任务优先级进行合理排序,对任务的紧急程度和施工进度进行分析,优先调整与任务密切相关的任务。例如,任务A与任务B的执行顺序有依赖关系,任务A的延期会影响到任务B的进行,任务A会被优先调整,而任务B可以按原计划进行;

[0125] 将对任务执行顺序进行优化,调整任务A和任务B的时间段,例如,假设任务A的原定时间为第10小时至第12小时,任务B的原定时间为第12小时至第14小时,任务A由于天气影响被调整到第14小时至第16小时,这时任务B的执行时间将保持不变,调整后的任务顺序会生成新的施工任务时间表,确保施工进度不受到过多干扰;

[0126] 假设任务A的原定开始时间为第10小时,任务的优先级为5(优先级数值越大,任务越紧急),任务的原计划持续时间为2小时(即从第10小时到第12小时),任务原定结束时间为第12小时,由于天气影响,任务A需要延期,受影响的时间量为4小时(因为任务A的调整时间为第14小时至第16小时),任务A可以延迟的最大时间量为2小时;

$$[0127] \quad \text{代入公式进行计算: } Z = \left(\frac{10 \cdot 5}{2} \right) + \left(12 \cdot \left(1 - \frac{4}{2} \right) \right) = 13;$$

[0128] 根据公式运算得到调整后的任务执行时间为13小时,这个数值反映了任务A由于天气原因的调整情况,根据任务A的新执行时间,施工团队可以进一步优化任务的调度,得出施工任务时间调整表,该表明确定了调整后的所有任务执行时间,并且通过优先级排序和任务依赖关系优化了任务顺序;

[0129] 计算施工任务调整后的执行时间,其设计目标在于实现对受天气等外部因素影响的施工任务进行动态调整与优化排序,以确保施工现场在安全、效率与计划的三重约束下,能有序推进。该公式整合了多个调度变量,包括任务原定起始时刻、优先等级、原计划时长、原定结束时刻、天气影响时长及延后时间的最大上限,从而为系统提供一个精确的、具有可控性的时间调整依据。其建模逻辑源于多因素线性调整机制,即:原始任务时间作为基准,任务的优先等级作为权重调整系数,而天气影响和容许延迟作为约束条件共同参与计算。这种方式使得高优先级任务在受限时间内得到优先安排,低优先级任务则根据允许延迟范围进行灵活重排。在具体应用中,例如某任务原定起始于第10小时,持续2小时,优先等级为5,受天气影响需延迟4小时,最大可延后2小时,代入公式后得出调整后的任务起始时间为第13小时。该结果将被系统用于重新生成“施工任务时间调整表”,其中包含所有受影响任务的新执行时间与排序关系,同时确保任务之间的依赖关系和逻辑先后不被破坏。系统还会结合其他任务的时间安排,避免出现新的资源冲突,最终实现多任务动态协同的排程重构。因此,该公式不仅提供了时间上的调整数值,更为整个施工任务重排与调度决策提供了智能化、精细化的量化依据,是施工任务动态管理中不可或缺的核心计算模型。

[0130] 请参阅图5,安全风险识别模块包括:

[0131] 安全防护检查子模块基于施工任务时间调整表,监测每个作业任务的设备操作人员,检查是否佩戴符合标准的安全防护装备,记录佩戴情况,得到防护装备佩戴记录;

[0132] 通过与人员数据库对接,获取每个作业人员的身份信息和所属任务,同时与作业任务时间表对接,确认该作业人员在每个作业时段是否佩戴了必要的安全防护装备,设备操作人员的安全防护装备包括安全帽、防护手套、工作鞋、护目镜等,系统通过智能传感器或视觉识别系统监控装备的佩戴情况。例如,当任务A的设备操作人员进入工作区时,通过传感器检测该人员是否佩戴了安全帽和工作鞋,如果未检测到某项装备,将记录情况,并生成防护装备佩戴记录,若在某任务执行时,识别到某些作业人员未佩戴必要的安全防护装备,则标记为安全防护不合格,列入未佩戴防护装备的作业人员名单,确保能够及时采取补救措施。

[0133] 风险名单获取子模块基于防护装备佩戴记录,识别未佩戴安全防护装备的作业人,并标记为安全防护不合格人员,采用公式:

$$[0134] \quad Y = \frac{U}{V} \times 100\%;$$

[0135] 计算防护装备佩戴合格率,得到安全防护不合格名单;

[0136] 其中,**Y**代表防护装备佩戴合格率,**U**代表合格佩戴人数,**V**代表总作业人数;

[0137] 将对每个作业任务进行筛查,检查每位作业人员是否符合安全防护装备的佩戴标准,通过与人员数据库对接,获取每个作业人员的身份信息及对应任务,同时根据任务时间表确认该人员是否佩戴了安全防护装备。以任务A为例,假设作业人员1原本应佩戴安全帽和工作鞋,但通过传感器监控发现其未佩戴安全帽,这时系统会标记作业人员1为“未佩戴

安全防护装备”,并记录下信息,任务B中的作业人员2未佩戴工作鞋,自动记录情况并标记为不合格;

[0138] 将收集到的所有未佩戴防护装备的信息进行汇总,创建安全防护不合格名单,假设检测到在任务A和任务B中,共有2名作业人员未佩戴防护装备,生成一份不合格名单,列出这2名作业人员的身份信息及其未佩戴的防护装备种类。为了确保数据准确,对所有人员的装备佩戴情况进行逐一核查,并根据任务执行时间、现场监控数据等进行进一步验证,生成的安全防护不合格名单将用于后续安全管理和人员整改工作;

[0139] 为确保准确记录防护装备的佩戴情况,通过计算每项任务的佩戴合格率来评估安全防护措施的效果,计算任务的防护装备佩戴合格率;

[0140] **Y**代表防护装备佩戴合格率,即所有作业人员中佩戴合格防护装备的比例;

[0141] **U**代表合格佩戴人数,即所有按规定佩戴了完整安全防护装备的人员数量;

[0142] **V**代表总作业人数,即执行该任务的所有作业人员的总数;

[0143] 假设任务A有10名作业人员,其中8名作业人员正确佩戴了安全防护装备,2名作业人员未佩戴安全帽,对于任务A,计算其防护装备佩戴合格率如下:

$$Y = \left(\frac{8}{10} \right) \times 100 = 80\%;$$

[0144] 通过这个公式,能够计算出任务A的佩戴合格率,并根据此数据来评估是否需要未佩戴防护装备的作业人员进行整改,继续记录不合格人员并将其列入安全防护不合格名单,这个过程确保了安全管理工作能够实时响应作业人员的安全防护情况,从而进一步提升施工现场的安全管理水平;

[0145] 计算防护装备佩戴合格率,其目的在于评估施工现场作业人员在执行任务过程中对安全防护规范的实际执行情况,从而识别存在安全隐患的作业环节并生成“安全防护不合格名单”。该公式本质上是一个比值计算模型,通过将符合佩戴要求的作业人员数量与该任务总作业人数进行比对,得出一个标准化的百分比指标,衡量整体作业群体的防护合规水平。其设计逻辑源自质量控制中常用的合格率评估方法,在施工安全管理中被引入后,成为实现“现场人员防护状态实时监测—自动识别违规—任务风险等级分类”的关键触发因子。例如在一个作业任务中,共有10名作业人员参与,其中8人按标准佩戴了全部防护装备,如安全帽、防护鞋等,2人存在漏佩行为,则该任务的防护装备佩戴合格率为80%。当此数值低于系统设定的安全阈值(如90%),系统会自动标记该任务为“防护不合格任务”,并将相关人员信息与具体违规行为录入安全防护不合格名单。该名单不仅记录了违规人员,还关联任务编号、所属作业环节及安全隐患等级,供后续的“决策优化模块”调用,用以重新分配任务人员、评估潜在安全风险与调整施工顺序。因此,第四个公式虽然形式简单,却在系统安全管理逻辑中起到前置筛查与问题预警的作用,是实现智能安全监管闭环的重要一环。

[0146] 请参阅图6,决策优化模块包括:

[0147] 任务筛选子模块根据安全防护不合格名单,提取不合格任务,筛选关联作业任务,针对每个任务提取对应的设备与人员信息,分析任务不合格原因,生成待优化任务列表;

[0148] 从任务清单中提取出所有标记为不合格的任务,筛选任务时,考虑任务的完成情况、设备和人员的匹配度以及存在的安全隐患,对于每个不合格任务,提取出其任务描述信息、作业设备、作业人员以及涉及的作业环节,结合任务的执行时间与地点,分析不合格的

具体原因,是否是由于设备故障、人员失误、时间安排不当或安全隐患等问题引起的,如果某项任务因设备故障而未完成,则应标注该设备并提供维修建议,若因人员失误未完成的任务,则需重新评估人员资质,并确保后续作业人员的安全合格性,对于安全隐患较大的任务,应该优先在整改清单中标注,并要求进行详细调查,明确潜在风险,生成待优化任务列表,该列表包含了所有需要重新安排的任务,并对任务进行了优先级排序,确保最紧急、最危险的任务优先得到处理。

[0149] 资源调度子模块根据待优化任务列表,重新安排关联作业设备,调度当前可用设备与人员资源,分析设备性能及作业进度,生成设备与人员调度计划;

[0150] 根据任务的需求与设备的能力匹配度进行设备调度,例如,若某任务需要高精度机械设备,而该设备的当前状态为维修中,则需要调度出相似设备并确保其能满足任务需求,调度过程中要确保设备之间没有调度冲突,避免因设备重叠安排导致的作业延误或安全问题,作业人员的调度也同样需要结合其资质和经验,优先安排有经验的工作人员进行高风险任务。对于低风险任务,适当安排新手人员,但依然需要保障其资质符合要求,若出现人员短缺,还需提前调配备用人员,设备与人员的调度方案必须详细列出每项任务所需的设备类型、数量、人员配置及工作时长等,并根据实际情况进行动态调整,生成设备与人员调度计划。

[0151] 作业优化子模块基于设备与人员调度计划,结合当前实时进度、气候情况因素,评估潜在的安全隐患,优化作业顺序与时间分配,得到水利工程施工调优作业表;

[0152] 分析外部环境因素,如气候变化、施工地点的实时情况等,评估潜在的安全隐患。例如,若任务在雨季进行,施工地点出现积水现象,则应重新评估作业风险,必要时进行作业时间的调整和作业顺序的优化,通过对任务执行过程中的实际进度进行评估,可以对任务的执行时间进行重新安排。例如,某些任务因设备故障导致进度滞后,需要延长作业时间,或者通过调整任务的执行时间来弥补进度差异。在优化作业时间安排时,应该根据各任务的紧急程度进行优先级排序,确保关键任务能够按时完成,而不受任务进度滞后的影响,通过优化措施,得到水利工程施工调优作业表,确保所有任务能够顺利推进,减少潜在的安全隐患,确保作业效率与施工安全。

[0153] 以上,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作其他形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例应用于其他领域,但是凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本发明技术方案的保护范围。

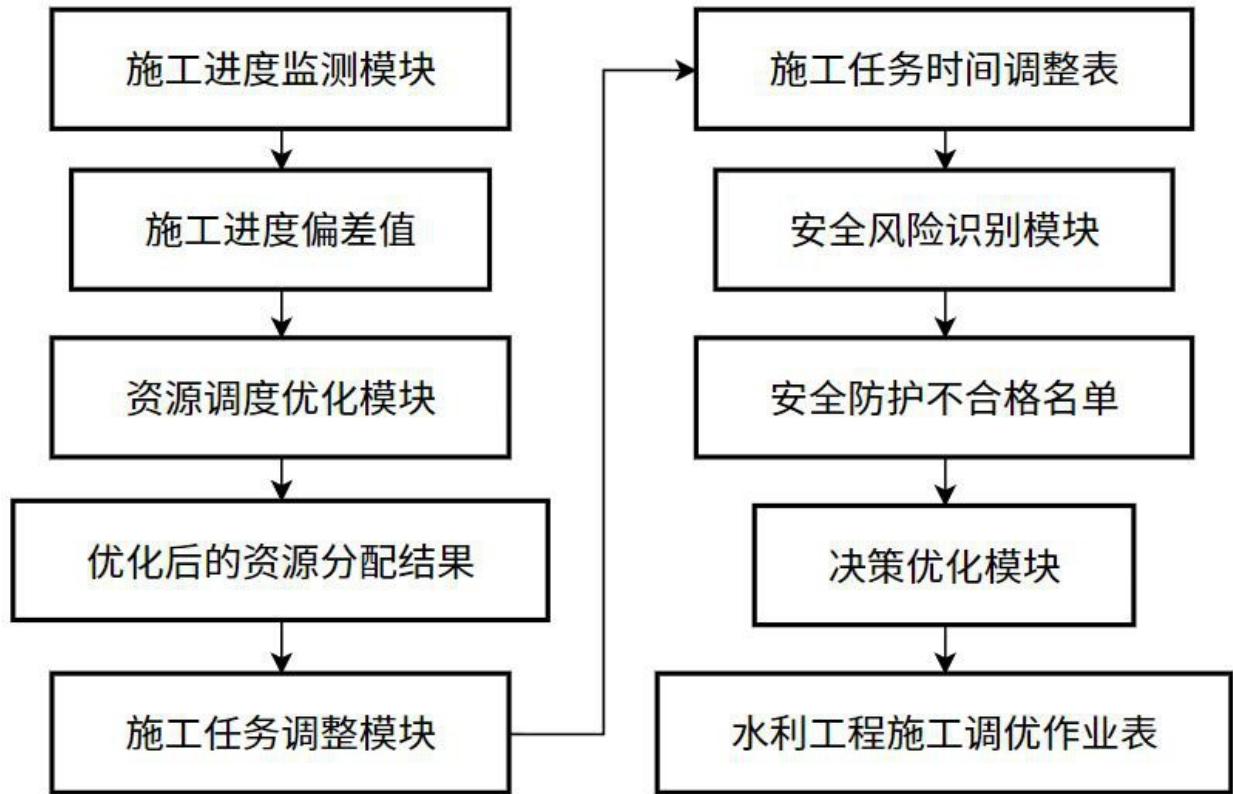


图 1

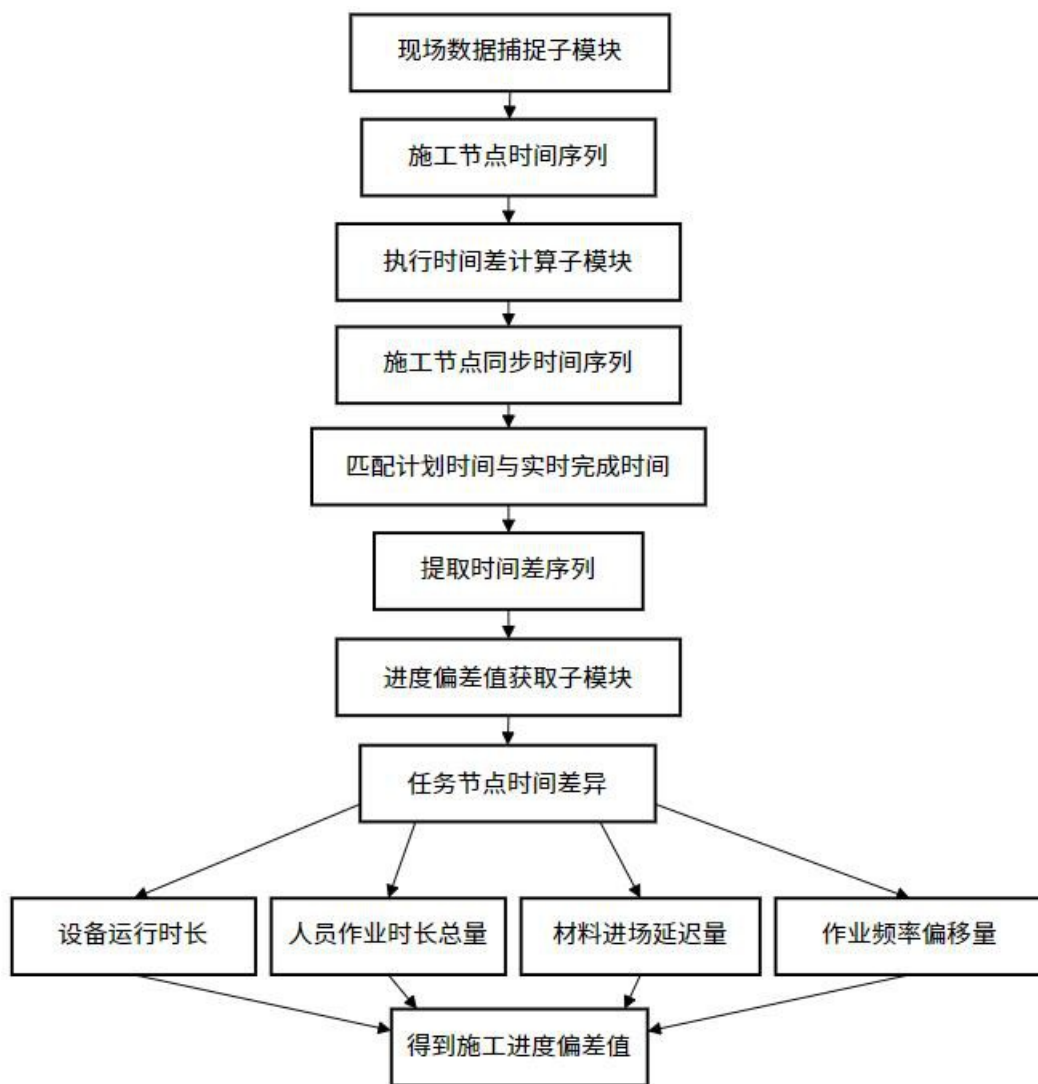


图 2

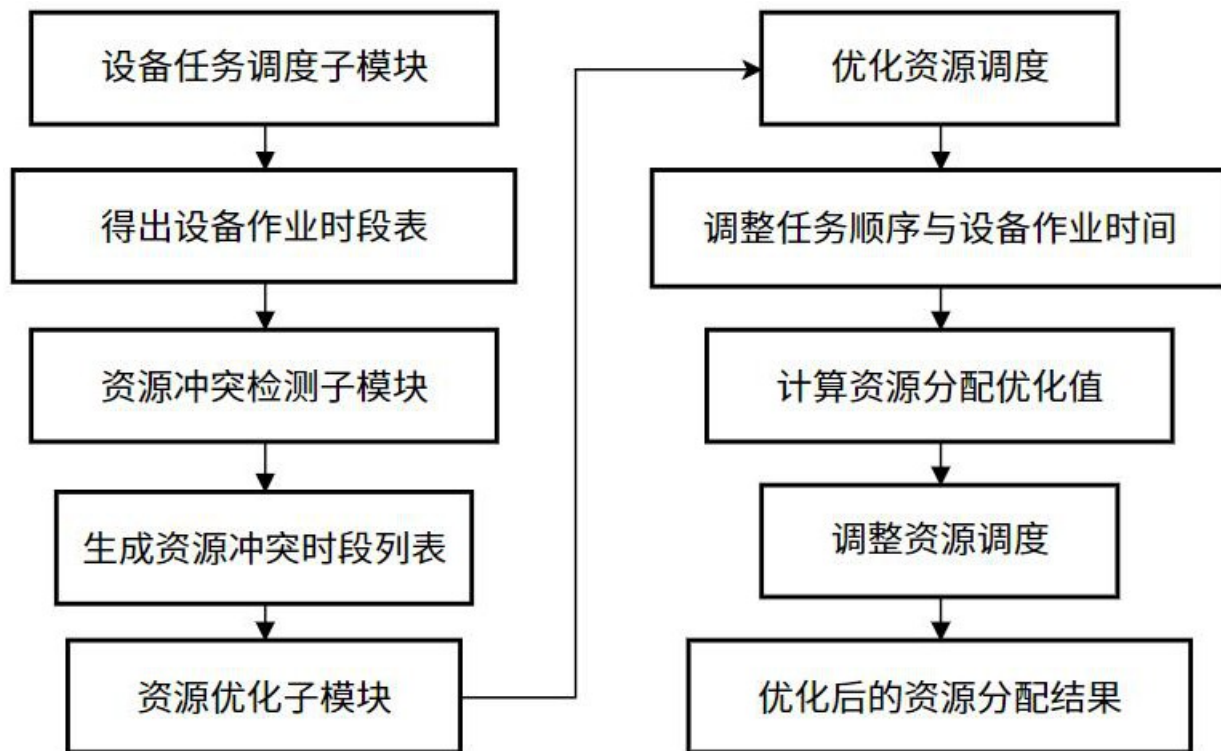


图 3

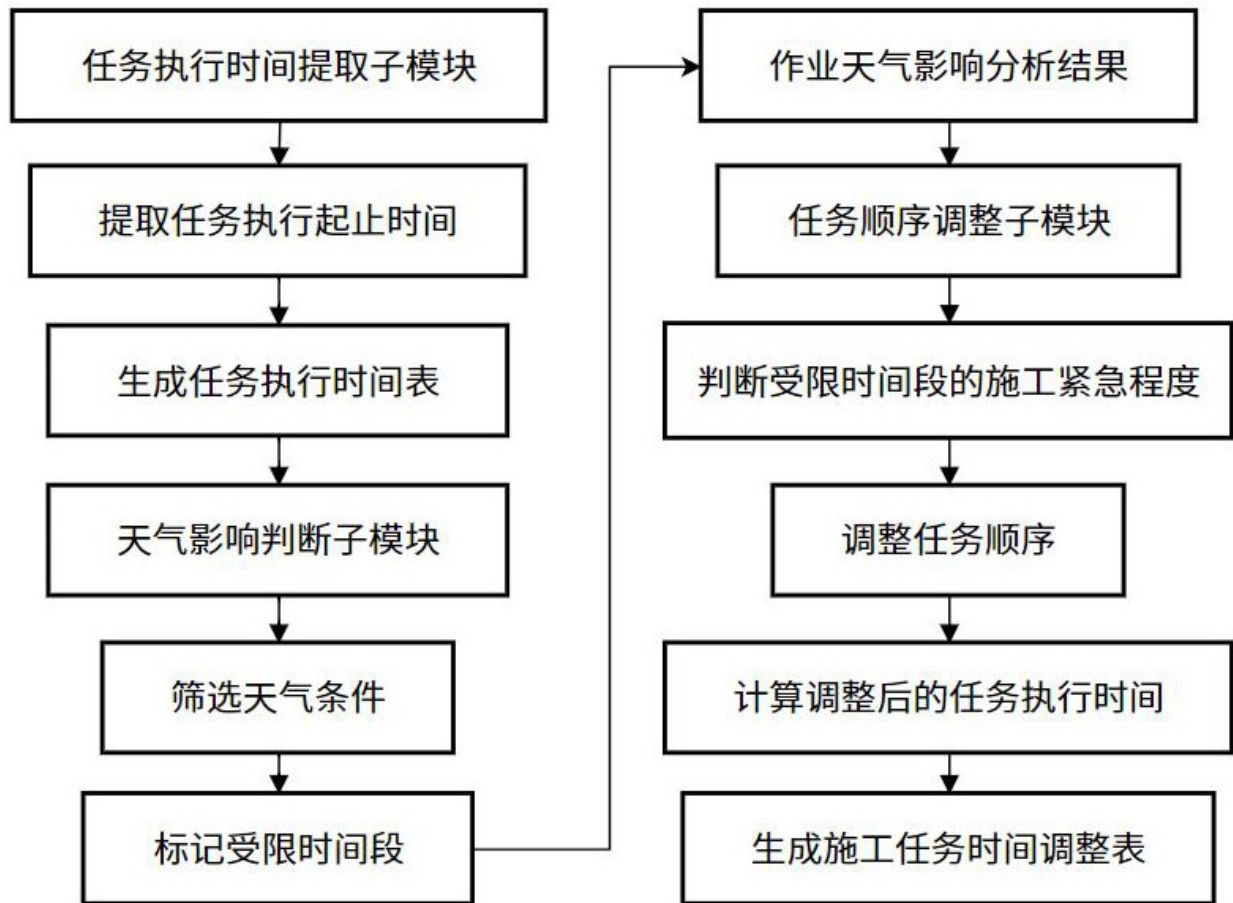


图 4

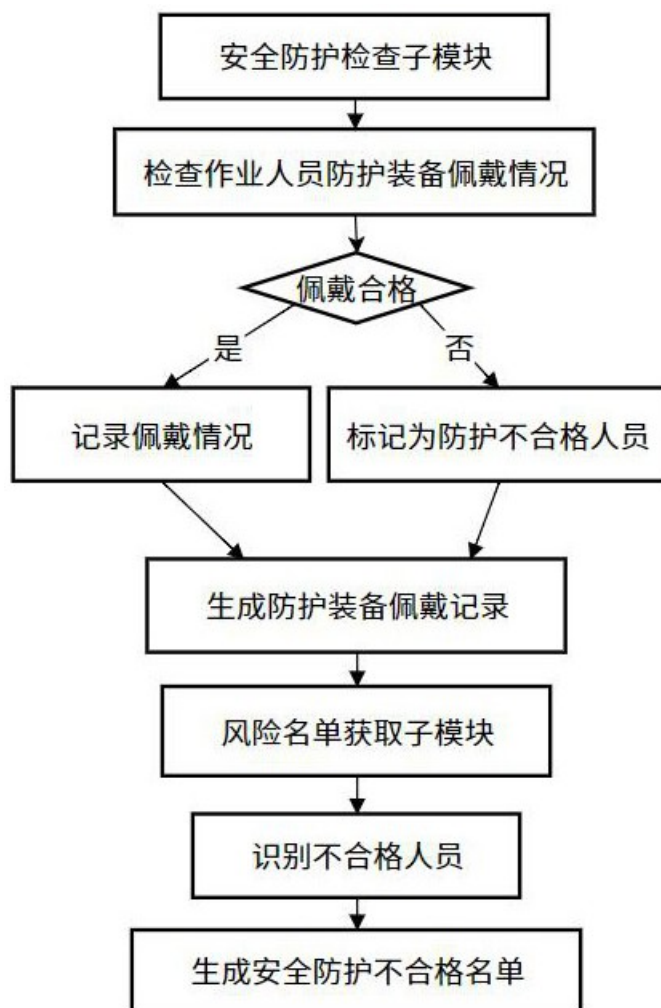


图 5

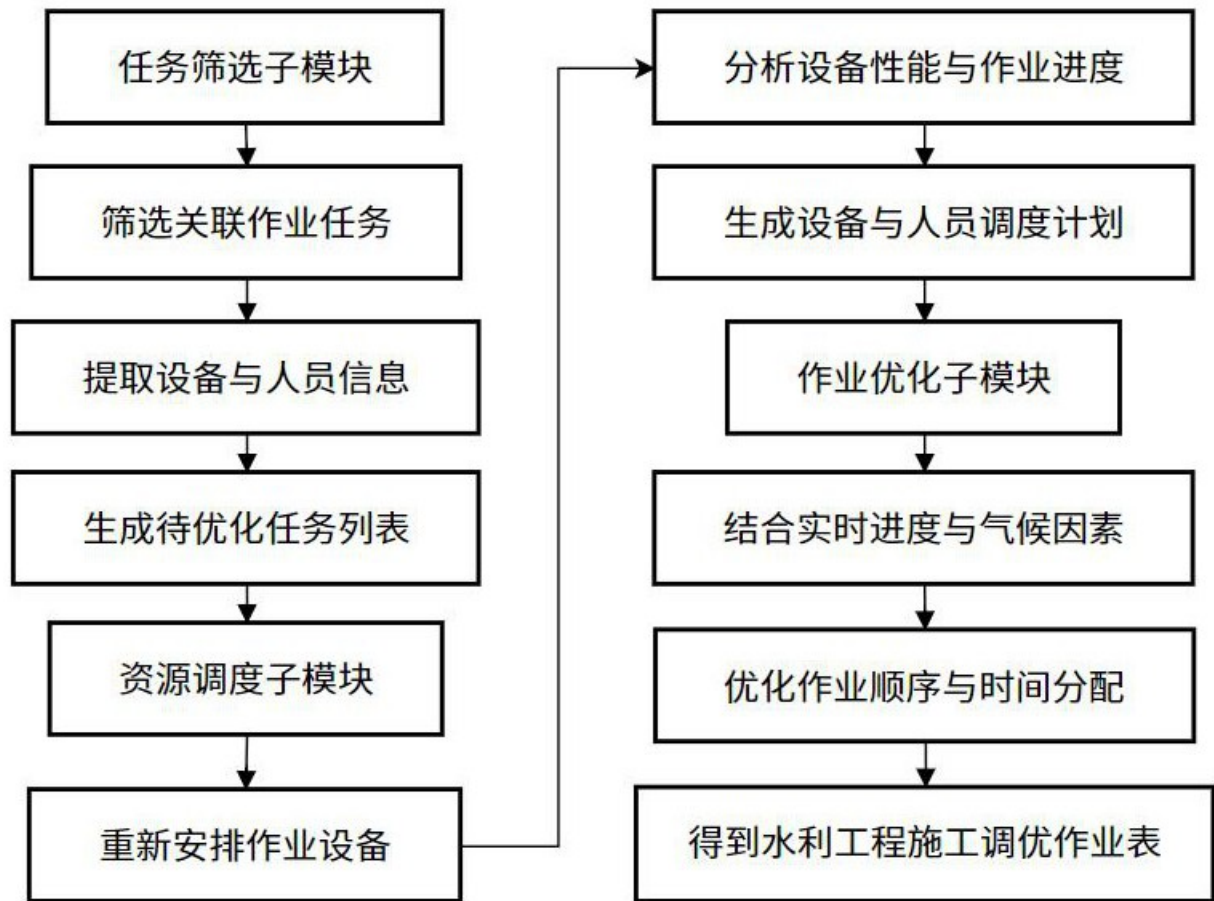


图 6