



华北水利水电大学学报(自然科学版)

Journal of North China University of Water Resources and Electric Power(Natural Science Edition)

ISSN 2096-6792,CN 41-1432/TV

《华北水利水电大学学报(自然科学版)》网络首发论文

题目: 基于粒子群和遗传算法的面板堆石坝土石方调配研究
作者: 赵瑜, 贾政, 张建伟, 曹克磊, 陈传宇
收稿日期: 2021-03-23
网络首发日期: 2022-02-09
引用格式: 赵瑜, 贾政, 张建伟, 曹克磊, 陈传宇. 基于粒子群和遗传算法的面板堆石坝土石方调配研究[J/OL]. 华北水利水电大学学报(自然科学版).
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1432.TV.20220209.1510.002.html>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

引用:赵瑜,贾政,张建伟,等.基于粒子群和遗传算法的面板堆石坝土石方调配研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2022,43(1).

ZHAO Yu, JIA Zheng, ZHANG Jianwei, et al. Research on earthwork allocation of face rockfill dam based on particle swarm optimization and genetic algorithm[J]. Journal of North China university of water resources and electric power (natural science edition), 2022, 43(1).

DOI:

基于粒子群和遗传算法的面板堆石坝土石方调配研究

赵瑜, 贾政, 张建伟, 曹克磊, 陈传宇

(华北水利水电大学, 河南 郑州 450046)

摘要:土石方调配是大型水利工程施工中的关键环节,直接影响工程效益。为了合理调配五岳抽水蓄能电站面板堆石坝工程的挖填土石方料,通过深入分析施工过程中可能产生的各种不确定性问题,以施工总费用最低为目标,建立了满足施工进度、机械配置及上坝运输强度等要求的土石方调配模型;利用群体智能算法更适求解复杂优化问题的特点,分别采用粒子群和遗传算法对所建模型进行计算。结果表明,由粒子群和遗传算法所得方案均能满足施工要求,采用遗传算法所得土石方调配方案的总体费用低,比粒子群算法优化方案的总体费用节省80.12万元。该研究成果可为其他类似工程的土石方调配提供参考。

关键词:面板堆石坝;粒子群算法;遗传算法;土石方调配

中图分类号:TV51;TV641

文献标识码:A

文章编号:2096-6792(2022)01-0022-06

Research on Earthwork Allocation of Face Rockfill Dam Based on Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithm

ZHAO Yu, JIA Zheng, ZHANG Jianwei, CAO Kelei, CHEN Chuanyu

(College of Hydraulic Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: Earthwork allocation is a key link of large-scale water conservancy project construction, which directly affects the project benefit. In order to reasonably allocate the excavated and filled earthwork materials of the face rockfill dam project of Wuyue pumped-storage power station in Henan, through in-depth analysis of various uncertainties that may occur in the construction process, and aiming at the minimum construction cost, a earthwork allocation model meeting the requirements of construction schedule, mechanical configuration and transportation intensity of the upper dam was established. Because swarm intelligence algorithm is more suitable for solving complex optimization problems, particle swarm optimization and genetic algorithm were used to calculate the model respectively. The results show that both the schemes obtained by particle swarm optimization and genetic algorithm can meet the construction requirements, the overall cost of earthwork allocation scheme obtained by genetic algorithm is lower, which saves 801 200 yuan compared with the optimization scheme of particle swarm optimization algorithm. The research results can provide reference for the earthwork allocation of other similar pro-

收稿日期:2021-03-23

基金项目:河南新华五岳抽水蓄能发电有限公司科研项目(XH-KY2018-03)。

作者简介:赵瑜(1964—),男,教授,硕导,博士,从事施工组织管理与系统仿真方面的研究。E-mail:zhaoyu@ncwu.edu.cn。

通信作者:张建伟(1979—),男,教授,博导,博士,从事水利水电工程方面的研究。E-mail:zhangjianwei@ncwu.edu.cn。

jects.

Keywords: face rockfill dam; particle swarm optimization; genetic algorithm; earthwork deployment

面板堆石坝具备良好的抗震性和透水性,施工导流方便,对河谷地质要求也不高,现已被普遍应用在大型水利工程建设中。但其施工条件复杂、挖填方量大,且料源众多,有时还需考虑施工过程中存在或可能产生的不确定性问题,规划与协调好土石方调配工作对于整个工程建设十分重要。

土石方调配问题普遍存在于路堤、场平、地下、土石坝等众多土建工程中,不同土建类型考虑问题的侧重点不同。当前对土石方调配主要围绕两个方面的问题进行研究:一是创建考虑具体工程特点的土石方调配模型;二是寻找更合适的算法对已有土石方调配方案进行优化。柳志新等^[1]根据堆石坝施工过程中动态变化的特点,建立了对机械设备等资源进行优化的土石方调配模型;周厚贵等^[2]对土石方调配研究工作进行了系统总结;陈秀铜等^[3]、李晓伟等^[4]、黄丙湖等^[5]、王仁超等^[6]分别使用改进粒子群算法、线性规划方法、蚁群算法、蒙特卡洛树算法对运算所得土石方优化方案进行了可行性研究。针对五岳抽水蓄能电站面板堆石坝复杂的施工条件,结合以上的研究成果,充分考虑各种不确定性因素^[7],建立适合工程需要的土石方调配模型,并分别采用粒子群和遗传算法对所建模型进行计算,以便得到贴合工程实际的土石方调配方案,实现对土石方调配方案的优化。

1 粒子群和遗传算法

Eberhart 和 Kennedy 通过对鸟类捕食行为进行观察,创造了一种以群体协作和信息共享为思想的进化计算技术,称为粒子群算法(particle swarm optimization, PSO)。John Holland 通过研究遗传学中自然选择过程,以适者生存为理念,提出了一种可以不断交叉和变异从而产生更优秀下一代的进化计算技术,称为遗传算法(genetic algorithm, GA)。

1.1 粒子群算法

假定有群体数量相同的未知鸟群,鸟群数量不小于 1。先以其中一个鸟群为研究对象,不关注这个鸟群中每只鸟的高矮胖瘦,只关注它们在三维空间的位置及飞行速率和方向,鸟群被抽象为只有坐标点位置和速度的矢量。以 $X_{in}(k)$ 表示粒子位置,以 v 表示速度。每个粒子先根据自身经验搜寻到当前最优目标(个体极值),再通过互相交流经验确定当前群体目标(群体极值),经过不断重复以上操

作,直到满足预期目标,输出最优值,此为粒子群算法循环机理^[8]。粒子群算法迭代公式如下:

$$\begin{aligned} V_{in}(k+1) &= \omega V_{in}(k) + c_1 r_1 [P_{in} - X_{in}(k)] + \\ &\quad c_2 r_2 [P_g - X_{in}(k)], \\ X_{in}(k+1) &= X_{in}(k) + V_{in}(k+1). \end{aligned} \quad (1)$$

式中: ω 为惯性权重; c_1 、 c_2 为加速常数; r_1 、 r_2 为随机数; V_{in} 为粒子 i 飞行速度的 n 维分量; P_{in} 为 i 粒子个体经过的最好位置; P_g 为粒子群体经过的最好位置。

1.2 遗传算法

假定一个鸟群中有数量不少于 1 只的鸟。该鸟群中每一只鸟都具有不同的捕食能力,并会根据生物学规律产生具有不同捕食能力的下一代鸟群。鸟群中任何一只鸟都有可能发生遗传学变异,表现在鸟身体内部为染色体变异。每一只鸟身体内部的染色体在不断发生遗传、交叉和变异,子代鸟群和父代鸟群不断对比捕食能力,能力强的被认定为更适合生存,体现在数学应用上就是,能更好地满足目标效果的群体更强。通过不断迭代更新出更适合生存的群体,这就是遗传算法的循环机理。染色体的交叉和变异是以一定的概率产生的,运用遗传算法程序时使用默认值即可满足大多数求解条件。

1.3 粒子群和遗传算法的特点

粒子群和遗传算法都基于对生物群体生存需求的研究,两者运算流程大体相同,都会随机初始化群体、并创建适应度评价,通过不断迭代来实现最终目标。迭代方式的差异使得两种算法各有优缺点。粒子群算法以粒子速度和位置的变化进行迭代^[9],遗传算法以染色体交叉、遗传、变异来进行迭代,共享信息机制的不同造成遗传算法全局寻优性能强,粒子群算法收敛速度快^[10]。

2 土石方调配问题分析

2.1 影响土石方调配的因素

土石方调配工作贯穿面板堆石坝施工全过程。基于粒子群和遗传算法的土石方调配运算流程设计如图 1 所示。主要影响土石方调配的因素包括:①规划需要开挖的项目^[11],如坝基、库岸、导流工程等;②规划需要填筑的项目^[12],如坝体、道路、库内回填等;③具备开采和加工作用的料场及放置中转料和弃渣的堆场,它们的容量、位置的不同会影响调运单价,从而改变调配费用;④为土石料运输提供条

件的器械和配套道路,合理的器械配套及道路布置可使材料运输通畅,利于施工,减少费用;⑤施工技术水平,水平越高,施工单位对各种土石料的利用越充分,可减少很多不必要的财力浪费。以上要素互相关联、相互约束,在时间和空间上也相互影响。在土石方调配过程中还应遵循料尽其用、有利上坝、经济合理等原则。

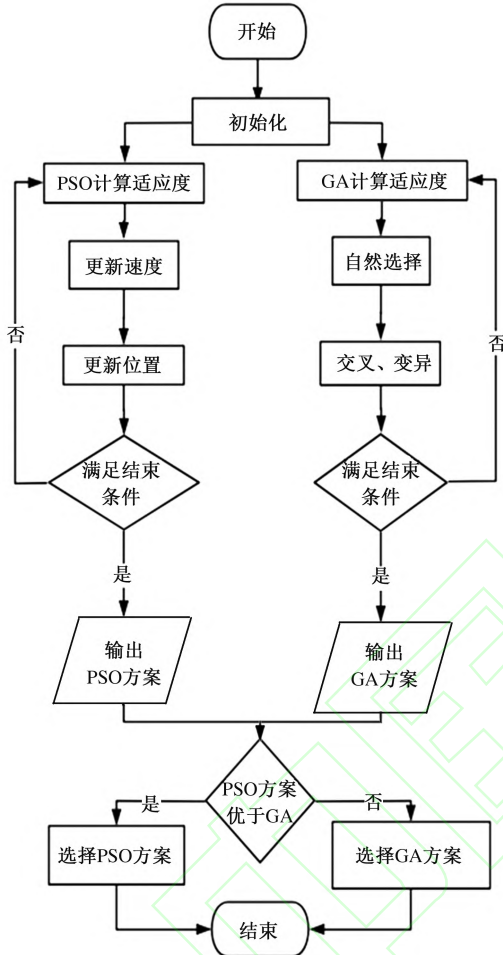


图1 土石方调配运算流程

2.2 土石方调配优化模型的构建

以调配费用最低为目标,确定目标函数:

$$F = \min \left(\sum_y \sum_z \sum_{S_t} C_{yz}^{S_t} X_{yz}^{S_t} \right) \quad (2)$$

式中: y 为供料源; z 为受料点; S_t 为调配时段; C_{yz} 为从供料源 y 到受料点 z 之间的费用系数; X_{yz} 为从供料源 y 到受料点 z 之间的调配方量。

考虑施工管理水平、挖填进度要求、料场容量限制等实际情况,建立约束条件如下^[13-16]。

1) 填筑进度约束,约束条件如下:

$$\sum_{i=1}^{n_w} X_{W_i T_j S_t} + \sum_{m=1}^{n_z} X_{Z_m T_j S_t} + \sum_{k=1}^{n_l} X_{L_k T_j S_t} = A_{T_j S_t} \quad (3)$$

式中 $A_{T_j S_t}$ 为 S_t 时段填筑项目 T_j 的填筑总量; X 为调

配方量; $X_{W_i T_j S_t}$ 为 S_t 时段开挖项目 W_i 到填筑项目 T_j 的调配总量, $i \in [1, n_w]$; Z_m 为中转场, $m \in [1, n_z]$; L_k 为料场, $k \in [1, n_l]$ 。

2) 开挖进度约束,约束条件如下:

$$\sum_{j=1}^{n_t} X_{W_i T_j S_t} + \sum_{m=1}^{n_z} X_{W_i Z_m S_t} + \sum_{l=1}^{n_q} X_{W_i Q_l S_t} = A_{W_i S_t} \quad (4)$$

式中 $A_{W_i S_t}$ 为 S_t 时段开挖项目 W_i 开挖料的有效利用量; T_j 为填筑项目, $j \in [1, n_t]$; Q_l 为弃渣场, $l \in [1, n_q]$ 。

3) 中转料场容量约束,约束条件如下:

$$A_{Z_m S_t} + \sum_{i=1}^{n_w} X_{W_i Z_m S_t} + \sum_{k=1}^{n_l} X_{L_k Z_m S_t} - \sum_{j=1}^{n_t} X_{Z_m T_j S_t} \leq V_{Z_m} \quad (5)$$

式中: $A_{Z_m S_t}$ 为 S_t 时段初中转场 Z_m 的料物堆存量; V_{Z_m} 为中转场 Z_m 的容量。

4) 中转料场出料约束,约束条件如下:

$$A_{W_i Z_m S_t} \geq \sum_{j=1}^{n_t} X_{Z_m T_j S_t}^{(W_i)} A_{L_k T_m S_t} \geq \sum_{j=1}^{n_t} X_{Z_m T_j S_t}^{(L_k)} \quad (6)$$

式中: $A_{W_i Z_m S_t}$ 为 S_t 时段初中转场 Z_m 库存开挖项目 W_i 的开挖料量; $X_{Z_m T_j S_t}^{(W_i)}$ 为 S_t 时段 Z_m 需将 W_i 的开挖料运至填筑项目 T_j 的料物量; $X_{Z_m T_j S_t}^{(L_k)}$ 为 S_t 时段 Z_m 需将开采料 L_k 运至填筑项目 T_j 的料物量; $A_{L_k T_m S_t}$ 为 S_t 时段初库存料场 Z_m 的开采料量 L_k 。

5) 中转料场平衡约束,约束条件如下:

$$A_{Z_m S_t} + \sum_{i=1}^{n_w} X_{W_i Z_m S_t} + \sum_{k=1}^{n_l} X_{L_k Z_m S_t} - \sum_{j=1}^{n_t} X_{Z_m T_j S_t} = A_{Z_m S_{t+1}} \quad (7)$$

式中 $A_{Z_m S_{t+1}}$ 为 $S_t + 1$ 时段初中转场 Z_m 的料物堆存量。

6) 中转场调配结束的零约束,约束条件如下:

$$A_{Z_m S_t} + \sum_{i=1}^{n_w} X_{W_i Z_m S_t} + \sum_{k=1}^{n_l} X_{L_k Z_m S_t} - \sum_{j=1}^{n_t} X_{Z_m T_j S_t} = 0 \quad (8)$$

7) 弃渣场容量约束,约束条件如下:

$$\sum_{i=1}^{n_s} \sum_{k=1}^{n_w} X_{W_i Q_l S_t} + \sum_{i=1}^{n_s} \sum_{k=1}^{n_l} X_{L_k Q_l S_t} \leq V_{Q_l} \quad (9)$$

式中 V_{Q_l} 为弃渣场 Q_l 的容量。

8) 运输路径约束。运输路径约束反映挖、填、转、弃料场的使用规划,在某时段内,对于不可能运输路径取值为0,对于符合使用规划和设计规定的取实际运距。

9) 非负约束。要求线性规划的所有变量为非负数,即:

$$\begin{aligned} X_{W_i T_j S_t} &\geq 0, & X_{W_i Z_m S_t} &\geq 0, \\ X_{W_i Q_j S_t} &\geq 0, & X_{L_k T_j S_t} &\geq 0, \\ X_{L_k Z_m S_t} &\geq 0, & X_{Z_m T_j S_t} &\geq 0, \\ X_{L_k Q_j S_t} &\geq 0. \end{aligned}$$

3 工程实例

3.1 工程概况

五岳抽水蓄能电站面板堆石坝工程主要有主坝、库岸、副坝和进/出水口建筑物构成。坝顶高程 351.0 m,顶宽 10.0 m,主坝和副坝坝顶中心线总长 1 354.2 m。库底开挖线位于 310.0 m 高程处,岸坡顶高 352.1 m。库岸分两级坡开挖,高程 330.0 m 处设一级马道,道宽 2.0 m。大坝填筑分两期进行^[17],一期填筑于第 2 年 3 月 6 号开始至第 3 年 5 月 28 号结束,大坝所有断面填筑至高程 300.0 m,共需完成填筑量 432.14 万 m³,月平均填筑 28.81 万 m³,二期填筑于第 3 年 5 月 28 号开始至第 4 年 2 月 28 号结束,大坝所有断面填筑至坝顶高程,共需完成填筑量 281.52 万 m³,月平均填筑 31.28 万 m³。

根据大坝石料平衡和砂石加工毛料平衡示意图规定,转存场在土石方调配开始前有 23.91 万 m³ 存量,并在一期调配结束达到 37.95 万 m³ 存量,二期 10.67 万 m³ 土石参与厂房工程施工,转存场最大容量为 130 万 m³;砂石加工系统在土石方调配开始前有 19.72 万 m³ 存量,并在一期调配结束达到 47.52 万 m³ 存量,二期 41.29 万 m³ 土石参与厂房工程施工,砂石加工系统最大容量为 85 万 m³;弃渣场在土石方调配开始前有 95.41 万 m³ 土石存量,弃渣场最大容

量为 280 万 m³。厂房工程施工不在此次土石方调配研究范围。对于堆、砌石料,填筑方换算成需要量时考虑 5% 的损耗系数;混凝土骨料需要量考虑 1.35% 的加工损耗及 1.05% 的运输、施工损耗,其他加工料需要量考虑 1.25% 的加工损耗及 1.05% 的运输、施工损耗。具体挖填进度见表 1。

表 1 土石方挖填进度表 万 m³

类别		一期	二期	总计
(自然方)	副坝	26.70	0.00	26.70
	库岸	469.71	248.57	718.28
	进出水口	0.00	28.01	28.01
	闸门井、引水洞	2.31	0.00	2.31
	其他洞室	8.31	0.00	8.31
(实方)	堆石区	411.62	241.62	653.24
	过渡料	10.89	30.81	41.70
	垫层区	9.63	17.28	26.91
	碎石铺盖	0.00	6.32	6.32

在施工过程中每个阶段所对应的土石方密度不一样,在开挖时是自然方,在坝上填筑时是实方,在计算过程中均折合为自然方(实方等于自然方与转换系数的积)。土石方的转换系数见表 2。

表 2 自然方与实方转换系数

填筑区	堆石区	垫层区	过渡料	碎石铺盖
转换系数	1.18	0.90	1.18	0.90

根据工程特点及《水利水电工程施工机械台时费定额》将本次土石方工程调运单价初步确定如下:运输单价 1.2 元/(m³·km);装车单价 1 元/m³;开挖单价 2 元/m³。以匹配矩阵显示的供料线路运距见表 3。

表 3 供料线路运距的匹配矩阵 km

供料源	堆石区	垫层料	过渡料	碎石铺盖	转存场	砂石加工系统	弃渣场
副坝	0.525	0.000	0.000	0.000	3.522	0.000	2.029
库岸	2.050	0.000	2.050	0.000	2.363	0.928	1.600
进出水口	0.750	0.000	0.750	0.000	2.513	0.000	1.753
闸门井、引水洞	0.000	0.000	0.750	0.000	2.513	0.000	1.753
其他洞室	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.703	0.000
转存场	3.163	0.000	3.163	0.000	0.000	0.000	0.000
砂石加工系统	0.000	1.279	0.000	1.279	0.000	0.000	0.000

3.2 土石方调配结果分析

分别采用两种不同算法对该面板堆石坝土石方调配模型进行运算,迭代寻优过程如图 2 所示。

在粒子群优化中,当鸟群距离食物位置无限稳定地趋近零,即认定所得方案最优。图 2(a)中每一个蓝点代表一个历史最优土石方调配方案,其中施工一期迭代至 199 代停止,施工二期迭代至 181 代停止。经计算得土石方调配费用分别为 808.36 万元和

576.05 万元。在图 2(b)中,每一个蓝点代表一个历史最优土石方调配方案对应费用。其中施工一期迭代至 51 代停止,施工二期迭代至 131 代停止,土石方调配费用分别为 807.21 万元和 497.08 万元。由两种算法所得方案中土石方流向的具体数据见表 4 和表 5,评价方案优劣的主要数据见表 6。表 4、表 5 和表 6 中数据均以自然方表示。

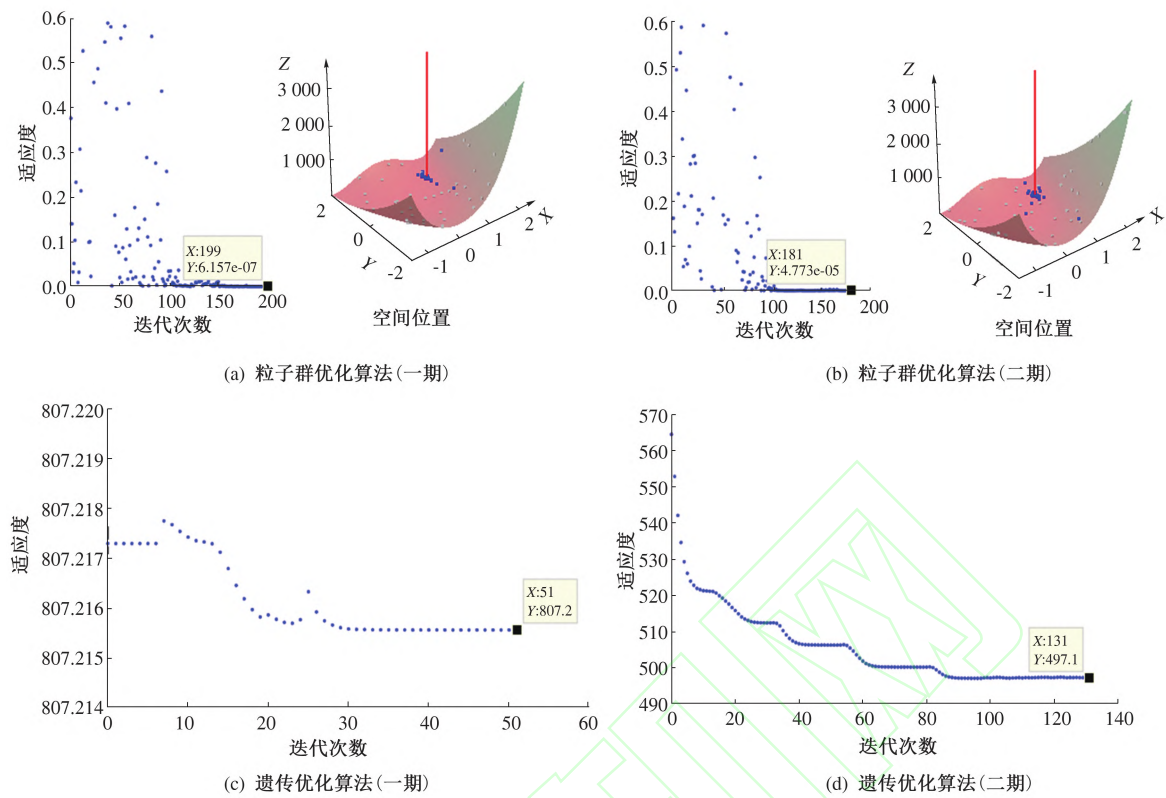


图 2 两种算法的迭代寻优过程图

表 4 粒子群算法所得土石方调配方案 万 m³

工期	供料源	堆石区	垫层料	过渡料	碎石铺盖	转存场	砂石加工系统	弃渣场
一期	副坝	24.88	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	1.51
	库岸	301.35	0.00	7.10	0.00	36.59	30.19	94.48
	进出水口	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	闸门井、引水洞	0.47	0.00	0.75	0.00	0.64	0.00	0.45
	其他洞室	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.31	0.00
	转存场	22.12	0.00	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	砂石加工系统	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二期	副坝	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	库岸	140.08	0.00	25.68	0.00	10.01	19.99	52.82
	进出水口	27.31	0.00	0.09	0.00	0.42	0.00	0.18
	闸门井、引水洞	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	其他洞室	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	转存场	37.37	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
	砂石加工系统	0.00	19.20	0.00	7.02	0.00	0.00	0.00

表 5 遗传算法所得土石方调配方案 万 m³

工期	供料源	堆石区	垫层料	过渡料	碎石铺盖	转存场	砂石加工系统	弃渣场
一期	副坝	26.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	库岸	305.140	0.000	0.000	0.000	37.950	30.190	96.430
	进出水口	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	闸门井、引水洞	2.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	其他洞室	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.310	0.000
	转存场	14.680	0.000	9.230	0.000	0.000	0.000	0.000
	砂石加工系统	0.000	10.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

续表								万 m ³
工期	供料源	堆石区	垫层料	过渡料	碎石铺盖	转存场	砂石加工系统	弃渣场
二期	副坝	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	库岸	173.115	0.000	6.660	0.000	0.001	19.990	48.803
	进出水口	16.101	0.000	7.635	0.000	0.078	0.000	4.196
	闸门井、引水洞	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	其他洞室	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	转存场	15.544	0.000	11.814	0.000	0.000	0.000	0.000
	砂石加工系统	0.000	19.200	0.000	7.020	0.000	0.000	0.000

表 6 两种算法方案下可利用料调配成果统计

算法	填筑区位	直接上坝量/ (万 m ³)	中转上坝量/ (万 m ³)	上坝总量/ (万 m ³)	直接上坝 率/%	中转上坝 率/%
粒子群	堆石	494.090	59.490	553.580	89.25	10.75
	垫层	0.000	29.900	29.900	0.00	100.00
	过渡料	33.620	1.720	35.340	95.13	4.87
	碎石铺盖	0.000	7.020	7.020	0.00	100.00
遗传	堆石	523.366	30.224	553.590	94.54	5.46
	垫层	0.000	29.900	29.900	0.00	100.00
	过渡料	14.295	21.044	35.339	40.45	59.55
	碎石铺盖	0.000	7.020	7.020	0.00	100.00

由表 4 和表 5 初步可知:由料源到填筑区的土石方流向以库岸向堆石区为主,库岸向转存场的次之,流向弃渣场的土石方量最多的料源来自库岸。因此,由库岸向各填筑区的土石方流向应是该面板堆石坝工程土石方调配研究的重点,施工管理过程中土石方调配的重心也应放在此处。

由表 6 可知:两种算法下垫层区和碎石铺盖区的直接上坝率等各项数据均相同;两种算法下堆石区的上坝总量均为过渡料区的近 15.66 倍。按表 6 中堆石区和过渡料区上坝总量所占比重对直接上坝率进行加权平均,得出粒子群算法方案的整体上坝率为 89.60%,遗传算法方案的整体上坝率为 91.29%,遗传算法方案整体上坝率较高。经计算得,采用遗传算法方案对土石方进行调配所需费用比粒子群算法方案的在施工一期节省 1.15 万元、在施工二期节省 78.97 万元,两期共节省 80.12 万元。

结合表 4、表 5 和表 6 中土石方流向数据及两种算法下土石方调配费用可知:整体上坝率越高,土石方调配费用越低,则对于该面板堆石坝工程,使用遗传算法方案进行土石方调配更好。

4 结语

1)文中建立了适用工程特点的土石方调配模型,并采用粒子群和遗传算法分别计算得出两种可行性方案。相比粒子群算法,遗传算法所得方案整体上坝率更高,费用更低,更适合对该工程土石方进行调配。

2)影响土石方调配的因素众多,施工现场很难做到将土石方实际流向与方案数据精准吻合,如何调整方案数据的误差范围有待进一步研究。

参 考 文 献

[1] 柳志新,王忠耀,胡志根,等.堆石坝料物调运多目标动态优化模型研究[J].水电能源科学,2004,22(2):60-63.

[2] 周厚贵,曹生荣,申明亮.土石方调配研究现状与发展方向[J].土木工程学报,2009,42(2):131-138.

[3] 陈秀铜,李璐.基于改进粒子群算法的土石方调配优化研究[J].水力发电学报,2010,29(2):68-72.

[4] 李晓伟,刘大伟,姜韶阳,等.基于线性规划的土石方动态调配系统建模仿真[J].人民黄河,2013,35(3):120-123.

[5] 黄丙湖,赵芸,吕瑞,等.基于蚁群算法的土石方调配优化[J].土木工程与管理学报,2019,36(3):72-77,84.

[6] 王仁超,张鹏程,徐跃明.基于蒙特卡洛树搜索的土石方动态调配算法及验证[J].水利学报,2020,51(4):391-401.

[7] 张建伟,武佳谋,杨世锋,等.胶凝砂砾石坝应力及变形特点研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2020,41(4):39-45.

[8] 朱德刚,孙辉,赵嘉,等.基于高斯扰动的粒子群优化算法[J].计算机应用,2014,34(3):754-759.

[9] 徐建新,吕爽,樊华.基于粒子群算法的太子河水量优化调度研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2016,37(3):32-35.

[10] 梁靖昌,李丽娟.多目标群智能杂交算法及双层球面网壳动力优化[J].空间结构,2016,22(3):11-16,50.

- [11] 程严. 基于计算机仿真的面板堆石坝土石方动态调配方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [12] 董京艳. 面板堆石坝施工过程可视化仿真研究[D]. 宜昌: 三峡大学, 2010.
- [13] 郑霞忠, 鲁锋, 晋良海. 基于单纯形法的土石方动态调配模型及应用[J]. 水电能源科学, 2014, 32(5): 123-125, 113.
- [14] 邓源, 李萌, 李悠然. 某面板堆石坝土石方平衡计算[J]. 黑龙江水利, 2017, 3(12): 43-46.
- [15] 陈浩瀚. 某抽水蓄能电站土石方调配平衡系统及 Auto-CAD 三维设计优化研究[D]. 天津: 天津大学, 2010.
- [16] 刘珊珊. 堆石坝施工实时动态仿真系统研究与开发[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [17] 宋浩然. 蒲石河抽水蓄能电站土石方调配方案研究[J]. 黑龙江水利, 2017, 3(4): 53-57.

(编辑: 杜明侠)