

土石方调配研究现状与发展方向

周厚贵¹ 曹生荣² 申明亮²

(1. 中国葛洲坝集团公司, 湖北 宜昌 443002; 2. 水资源与水电工程科学国家重点实验室 (武汉大学), 湖北 武汉 430072)

摘要: 在总结土石方调配的工程分类与特点、调配的基础条件与结果的影响、主要研究内容与研究方法等的基础上, 对土石方优化调配模型、土石方调配模拟与仿真、土石方调配可视化、土石方调配管理系统、土石方调配多目标优化等问题的研究现状作了总结与分析, 并指出土石方调配系统优化建模、土石方调配与环境影响联合优化、新理论新方法应用等需要进一步完善的研究内容、研究方向及其基本思路。对土石方调配与环境影响的关系作了详细的分析与总结, 指出在优化土石方调配费用目标、进度目标的同时, 需要考虑施工活动带来的环境影响, 实现以上目标的联合优化。

关键词: 施工管理; 施工优化; 土石方调配; 综述

中图分类号: TV512 TU721

文献标识码: A

文章编号: 1000-131X (2009) 02-0131-08

Current status of research on earth-muck allocation and direction of development

Zhou Hougui¹ Cao Shengrong² Shen Mingliang²

(1. China Gezhouba Group Corporation, Yichang 443002, China; 2. State Key Laboratory of Water Resource and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Basic concepts, project classifications and relevant characteristics, condition and consequence, main research contents and research methods of earth-muck allocation are summarized. Advances of research on optimization model, visualization, management system, multi-objective decision model of earth-muck allocation are reviewed and analyzed. Future research should focus on optimization modeling, joint optimization of earth-muck allocation cost and environment protection, and application of new theory and methodology. Research contents, methodologies and routes of future work are proposed. The relationship between earth-muck allocation and its environmental impact is analyzed and summarized in detail. It is emphasized that the environmental impact from earth-muck allocation should be considered along with project cost and project duration so as to achieve joint optimization.

Keywords: construction management; construction optimization; earth-stone allocation; summarization

E-mail: hougui@tom.com

引 言

土石方调配广泛存在于土石坝、道路、堤防、渠道、矿山、井巷、围堰等工程建设中, 是工程建设的基本组成部分。特别是在大型土建工程中, 土石方调配更是决定工程建设效益的重要内容, 对于工程建

设的成本、进度、质量、生态环境等方面都有显著影响^[1]。该问题已日益引起人们的重视与关注, 研究工作不断推进与深入, 并逐步得到工程实践的应用^[2]。

本文在总结土石方调配的问题界定、工程分类与特点、调配的基础条件与结果的影响、主要研究内容与研究方法的基础上, 对土石方优化调配模型、土石方调配模拟与仿真、土石方调配可视化、土石方调配管理系统、土石方调配多目标优化等问题的研究现状作了总结与分析, 并指出了土石方调配系统优化建模、土石方调配与环境影响联合优化、新理论新方法的应用等需要进一步完善的研究内容、研究方向及其

基金项目: 湖北省水电工程施工与管理重点实验室开放基金 (三峡大学) (HEF200507); 中国博士后基金 (20070410954)

作者简介: 周厚贵, 博士, 教授级高工

收稿日期: 2007-10-11

基本思路。

1 土石方调配问题概述

1.1 土石方调配问题的界定

土石方调配是指在工程施工过程中,为了形成具有特定空间属性和物理属性的建筑物(坝体、路基、地基、地下洞室、隧洞等),对自然状态下的土方、石方所进行的开挖、填筑、中转、弃渣、料场开采以及运输等环节组成的综合系统^[3]。

几乎所有的土建类工程施工中都存在土石方调配问题。土石方调配与工程设计方案、施工技术水平、道路系统的布置、施工机械的配备、施工进度的协调、施工场地的征用等诸多因素相关;同时,土石方调配方案的优劣与管理水平的高低对于工程成本、工程进度、工程质量,以及工区景观、工区水土流失、噪音污染、粉尘污染等环境因素都有显著影响^[4-5]。

1.2 土石方调配的工程类型与特点

土石方调配问题存在于众多土建工程中,每一类工程除具备土石方调配的基本特征外,又具有其自身的特点,主要包括以下工程类型:

(1) 土石坝工程:包括水利水电工程中通过土石方填筑所形成的土坝、堆石坝、土石坝等坝体工程。具有如下特点:土石方调配量大、调配位置相对集中、对施工区的景观改变很大、对土石方的物理力学性质要求高(坝体填筑分区的要求)。

(2) 路堤工程:包括道路工程、堤防工程、渠道工程、管道工程、井巷工程等长距离线形工程。具有如下特点:调配距离长、土石料类型多、线路长、跨度大、规模大、涉及地貌/地质类型多,通常进行分段调配。

(3) 场平工程:通过土石方施工与调配形成一定的场地基地,如矿山开采平整、机场地基平整工程、山区城市开发中的平整工程、水电工程生产/生活基地的地基平整工程等。具有如下特点:对土石方料物的物理力学性质基本无要求、调配位置集中、基本无长距离大规模的调运。

(4) 地下工程:包括水电站地下洞室群、输水隧洞,以及道路工程隧洞等地下开挖工程。地下工程开挖的一般为石方,可作为基础填筑或混凝土骨料生产的原材料。地下工程需要与地上工程进行统一的土石方调配,并尽可能将开挖料作为生产其他建材的原材料。

研究以上四种工程类型土石方调配问题所采用的基本原理与方法一致,但在考虑其类型的具体特征

时,其侧重点与需要解决的关键问题有所不同。可以考虑建立以上工程类型通用的优化调配模型或管理系统,但在工程实践使用时需要输入大量的无关数据,实用性与便捷性降低。所以,相对合理的研究方法是针对每一类工程的特点建立适用于该类型的土石方优化调配模型,用于解决该类型工程中的土石方调配问题。目前的研究现状也是如此。

1.3 土石方调配的基础条件与调配结果的影响

土石方调配是施工组织与管理的重要组成部分,它以工程的基本设计方案、施工技术水平、工程进度计划、施工道路、施工机械等条件为基础;同时土石方调配的结果对工程成本、工程进度,以及工区景观、工区水土流失、噪音污染、粉尘污染等环境因素都有显著影响。

土石方调配的基础条件:①工程基本设计方案:决定了土石方调配的工程量、施工要求,主要的约束与限制条件;②工程进度计划决定了工程施工先后次序和平面布置;③道路系统布置:是土石方调配的运输途径,影响调配的运输费用;④施工机械配套与组合:影响土石方调配系统的开挖费用与填筑费用;⑤施工技术水平:作为土石方优化的技术边界条件,影响土石方料物是否可用,是否需要二次处理等因素。

土石方调配方案的优劣对于以下几方面有显著影响:①工程成本:调配方案优劣直接决定了土石方调配系统费用的高低;②工程进度:合理的土石方调配方案可以防止料物不足、多次倒运、道路堵塞等情况的发生,保证工程施工的顺利实施;③工区新增水土流失量:开挖断面、填筑断面、弃渣场等是工区施工期新增水土流失的主要来源,土石方调配方案决定这些因素,并最终产生不同的工区新增水土流失量;④工区景观:大规模的开挖和填筑对工区自然景观改变很大,不同的挖填方案决定了完工后的工区景观;⑤噪音与粉尘污染:土石方施工产生大量噪音和粉尘,可以通过优化土石方调配方案减轻污染。

1.4 主要研究问题与研究方法

对土石方调配所开展的研究工作主要围绕以下几个问题展开:

(1) 土石方优化调配模型:通过建立优化调配模型,寻求施工费用最小的土石方调配方案。这是土石方调配的核心问题,当前的很多研究工作都针对这一问题展开。

(2) 料场优化选择模型研究:料场的优化选择是土石方调配的前提与基础,也是土石方调配的组成部分。

(3) 土石方调配模拟: 通过系统模拟方法、可视化技术等的应用, 模拟土石方调配过程, 寻求科学、合理的土石方调配方案。

(4) 土石方调配管理系统: 基于优化调配模型和调配模拟模型, 研究调配管理与辅助决策系统, 以提高土石方调配的管理与决策效率。

(5) 土石方调配多目标优化: 联合考虑土石方调配的经济费用目标与土石方调配的环境影响, 寻求两者都合理的调配方案。

土石方调配主要研究方法有包括线性规划、动态规划、多目标优化、大系统分解协调等在内的优化理论与方法, 系统模拟理论与方法, 人工智能领域的方法和算法, 图论, 可视化技术, 以及计算机软件开发技术等理论、方法与技术。

2 土石方优化调配模型的研究现状与分析

2.1 研究现状

优化建模是土石方调配研究的核心和其他研究工作的基础, 其研究成果也最为丰富。根据调配问题的不同工程背景和特点, 应用不同的理论, 分别建立了线性规划模型、大系统分解协调模型、动态规划模型、多目标规划模型等土石方优化调配模型。这些模型都以土石方工程的设计方案和施工条件为约束, 以调配数量为决策变量, 寻求系统费用最小化的调配方案。

2.1.1 线性规划模型 (Linear Programming Model, LPM)

在保证工程实用的计算精度的前提下, 将土石方调配系统中的非线性关系近似线性化, 建立 LPM 不失是一种有效的研究途径, 有关堆石坝、道路工程和堤防工程土石方优化调配 LPM 的研究成果很丰富。周厚贵^[6]建立了三峡工程二期围堰料场优化选择的 LP 模型, 寻求各料场的最优取料数量, 以最小化料物开采与运输成本。袁建丰^[7]建立了三峡工程右岸土石方调配的 LP 模型, 求解最优土石方调配方案。曹生荣等^[3]通过对土石坝施工中土石方调配系统的分析, 建立了与工程进度相结合的 LP 土石方优化调配模型, 并应用于水布垭工程的土石方调配研究中^[8]。於永和等^[9]建立了堤防工程的 LP 土石方优化调配模型。Moreb 等^[10]则建立了以道路坡度为决策变量、以土石方调配费用最优为目标函数的 LP 模型。Mohamad 等^[11]在考虑道路工程中开挖区/弃土区容量模糊性以及费用系数模糊性的基础上, 建立了道路工程模糊 LP 土石方调配模型。

2.1.2 大系统分解协调模型 (Large-Scale System

Resolution-Coordination Model, LSSRCM)

大型工程的土石方调配是一个高维的复杂系统。王晓梅等^[12]根据面板堆石坝土石方调配的时空关系, 将调配过程划分为空间层和时间层, 通过空间层与时间层的协调建立了土石方 LSSRCM。上官甦等^[13]则将土石方调配系统按照空间位置分解成若干具有一定独立性的子系统, 通过子系统之间的协调建立了公路工程的土石方 LSSRCM。以上模型的本质是 LP 模型, 通过决策变量、目标函数、约束条件的合理设置, 以上模型均可转化为 LP 模型^[2]。

2.1.3 动态规划模型 (Dynamic Programming Model, DPM)

土石方调配需要与工程进度相协调, 是空间调配关系与时间调配关系的联合优化, 是一个分阶段动态逐步实施的过程, 这与动态规划的背景一致。胡程顺等^[14]、柳志新等^[15]考虑了调配系统中的时间因素, 建立了土石方动态优化模型。与大系统优化模型类似, 以上模型也可转化为 LP 模型, 文献 [14] 采用 LP 模型的算法进行模型求解。

2.1.4 多目标决策模型 (Multi-Objective Decision Making Model, MODMM)

申明亮等^[15]、柳志新等^[16]则考虑土石方调配系统中的道路运输强度的平衡与限制, 建立了土石方调配费用与道路运输强度的多目标决策模型, 在求解时将道路运输强度目标转化为约束, 进而实现单目标化, 所得到的土石方调配方案在满足道路系统运输能力的前提下, 实现系统费用最小化。罗时朋等^[17]基于模糊优选理论, 初步建立了考虑料场开采费用、风险、质量和环境影响等目标的多目标模糊料场优选模型。

2.1.5 其他模型

在其他研究工作中, Jayawardane 等^[18]建立了道路工程中考虑时间要素的整数规划土石方调配模型; Goktepe 等^[19]则将道路工程纵断面的设计划分为若干阶段, 建立动态规划模型求解土石方调配量最优的道路路基纵断面。胡志根等^[20]通过对砂石料场建设、开采, 加工及运输费用组成及其相互关系的系统分析, 建立了料场规划的混合整数规划模型, 实现砂石系统费用的最小化。

2.1.6 求解方法与算法

在求解以上模型时, 或者通过优化求解工具, 如 Matlab、Excel、Lindo 等软件的优化功能模块求解; 或者利用单纯型法 (大 M 法^[14]、人工变量法)、隐枚举法^[13]、分枝定界^[20]求解。晋良海等^[21]将 LP 模型与图论方法结合进行求解, 将道路系统转化为有向图,

调配结果中包含土石方的运输路径。王仁超等^[22]运用蚂蚁算法和粒子群算法求解模型,该算法可放松模型中的线性约束,目标函数和约束条件为非线性的情况同样适用。

2.2 研究现状分析

土石方调配是一个与工程进度、空间布局、运输道路、施工机械等相关的,工程的规划、设计、施工乃至运行各阶段相互关联的,时间与空间相关联的资源优化配置问题。土石方调配问题的优化建模与其它问题的建模一致,关键在于如何通过合理的简化、分解与抽象,使数学模型反映实际施工系统的主要特征、主要目标、基本规律。以上的各项研究工作都在一定程度上实现了从土石方调配物理原形到优化调配模型的转变和调配结果的优化。综合考虑土石方调配的实践要求与现有研究成果,以下问题需要在进一步的研究工作中探讨与完善。

2.2.1 模型要素的合理界定

土石方调配除了开挖、填筑外,中转、弃渣、料场开采也是其中的施工环节,同时受道路系统、施工机械系统的限制与约束,完全意义上的优化应该是考虑这些因素的全局优化。

①中转、弃渣的考虑:从现有研究成果看,多数成果未考虑中转、弃渣环节,或将弃渣环节独立考虑。而规划的弃渣场也有容量限制,存在弃渣优化问题,需要将因为土石方物料性质不能满足使用要求、因开挖料运至填筑区距离过长而使用不经济、因开挖料无处中转等原因引起的弃渣综合考虑与优化。②道路约束与运输路径优化:研究成果^[15,16,21]除考虑道路运输强度外,尚未将道路运输能力作为约束或求解合理的土石方运输路径。③施工机械约束与优化:现有研究工作基本未考虑土石方施工机械的约束与优化问题,只对开挖料、料场料等的供给作数量上的约束,而没有供给强度的约束。而施工实践情况是:开挖料的供给强度受施工机械的限制,而且是一个随施工机械数量和生产率变化的阶梯函数。因此,存在工作面施工强度约束(施工机械约束)与施工机械的合理配备问题。④决策变量的设置:现有的研究工作中的决策变量几乎都为系统中的土石方调配数量,假设开挖和填筑进度为已知固定值。而土石方调配中存在开挖进度与填筑进度的协调,施工实践中的开挖进度与填筑进度在一定范围内亦可调整。所以,如将开挖进度与填筑进度也作为决策变量建立模型,将提高优化结果的经济性。

2.2.2 时间因素的考虑

土石方调配经历总体规划、设计、现场施工等几

个阶段,每个阶段的内容和要求逐步细化,各阶段的土石方调配方案最终都要通过现场施工得以实施。而施工过程存在时间维,所以土石方调配方案的制定除总量平衡(料场的选择等)外,需要考虑开挖进度、填筑进度、料场的开采进度、中转场的实时储量等与时间相关的因素^[3],甚至道路系统在不同时间段内的不同情况。时间维的考虑可以通过多种模型实现^[3,12,14],并无本质区别。

2.2.3 系统费用的组成

系统费用组成的分析与模型要素的合理界定一致,需要考虑开挖费用、填筑费用、中转费用、弃渣费用、料场开采费用、运输费用中的施工机械费、人工费、中转场/料场征地费、中转场管理费及复原费等费用。

2.2.4 系统要素的线性关系与非线性关系

现有研究工作基本都假定系统要素为线性关系,这是对实际施工系统的近似简化。若要实现精确建模,需要考虑系统内的非线性关系。如料场开采量与费用关系、中转场管理费、由施工机械决定的工作面生产率及其施工机械费用等都为非线性关系。

2.2.5 系统的模糊性和随机性

土石方调配施工过程中存在较多的不确定性、模糊性和随机性,也是实际施工系统的重要特征。对土石方调配过程的优化和模拟若考虑料场储量、中转场容量、施工机械生产率、机械运输能力、道路系统允许最大强度等的模糊性、随机性和不确定性,其优化与模拟结果将具备更强的实用性、现场可操作性。

所以说,进一步的研究工作需要加强以上问题的探讨与研究,使优化模型尽量反映土石方调配的物理原形。当然,土石方调配优化建模并不强求考虑以上所有因素,需要根据工程类型和问题的特点考虑其中的主要因素和关键因素,其结果符合实际、能满足工程应用要求即可。

3 土石方调配模拟、仿真与管理系统的研究现状与分析

为了实现对土石方调配过程的有效管理与控制,有关土石方调配的模拟、仿真与管理系统的研究成果也较为丰富。

对土石方调配所进行的模拟、仿真研究,以及土石方调配管理系统的开发,都是基于一定的优化模型或者施工流程模拟模型进行的。基于LP优化调配模型,申明亮、曹生荣等^[23,24]建立了具备一定通用性的面板堆石坝土石方调配管理系统,实现对土石方调配的优化与施工现场管理。胡程顺等^[14]、申明亮等^[25]

应用可视化技术,将土石方调配过程和调配结果以三维图形或虚拟场景的形式展现,为土石方调配的设计与施工管理提供了形象、直观的辅助决策工具。Marzoukm 等^[26]建立了基于面向对象方法的土石方调配模型以及以此为基础的管理系统,该系统可优化土石方调配方案,估算施工费用和施工时间,同时可以进行施工机械的配套组合。Henderson 等^[27]通过模拟退火算法寻找场地平整中土石方开挖部位到填筑部位的最短运距,以实现土石方调配费用的最小化。

此外,陈燕等^[28]通过建立土石方调配中任务包的智能处理机制,建立了智能土石方平衡系统的基本框架与资源分配规则。燕乔等^[29]考虑土石方开挖中的模糊性和随机性,建立了土石方开挖的随机模糊仿真模型以及以此为基础的土石方开挖仿真系统。Cao 等^[30]建立了基于知识工程的土石方调配专家系统的框架,建立了土石方调配的知识获取、知识表示、知识推理的基本方法。

对土石方调配所进行的模拟、仿真与管理的研究同样需要基于对系统的详尽分析,因此,2.2 节中提出的问题在这一部分同样需要探讨和研究。对土石方调配的模拟研究需要进一步研究土石方调配的流程和施工环节的组成与前后衔接关系、各环节的时间参数与分布特征、以及对降雨量等自然环境的模拟。土石方调配的可视化仿真除实现三维可视化外,可以考虑建立系统的虚拟现实环境,以提高土石方调配管理与决策的沉浸性、逼真性和可交互性。在土石方调配管理系统的开发上,可考虑与工程进度管理、工程质量管理等的结合。通用性是系统性能的重要指标之一,建立某一类型工程通用土石方调配管理系统的工程实践意义重大。此外,随着知识工程等人工智能领域理论与方法的成熟与完善,智能化的土石方调配管理系统仍是研究目标与方向之一。

4 土石方调配与环境影响的联合优化研究现状与分析

土石方调配活动产生工区新增水土流失、改变工区景观、以及施工作业区的粉尘和噪音污染。其中粉尘和噪音污染主要通过施工工艺和施工方法的改进实现对其控制和改善,除通过可视化技术展现土石方调配施工区场景外^[14],对于土石方调配对工区景观的影响及其联合优化的研究工作并不多见。

由于大规模的土石方开挖和填筑活动,土石方调配工区的地形地貌、地表植被等水土保持设施产生破坏,如南水北调中线工程永久占地 42.2 万亩,临时占地 11 万亩^[31]。土石方调配活动是工区新增水土流

失的主要因素。而不同的土石方开挖、填筑、弃渣方案,将产生不同的开挖面(面积和形状)、裸露面积及持续时间、中转料堆存时间、弃渣的数量、位置、形态等影响工区新增水土流失量的要素。因此,从保护生态环境、减少工区新增水土流失量的角度,也存在一个土石方的优化调配问题,即如何科学、合理地制定土石方调配与施工方案,使土石方施工产生的工区新增水土流失量最小化,或在满意、许可的范围内。

雷阿林^[4]从施工现场的防护措施入手,提出了一系列的防止水土流失的工程措施。谭奇林^[5]、肖满等^[32]基于各种统计模型,主要是 USLE 模型及其修正后的 RUSLE 模型,对施工区施工期的水蚀水土流失量进行预测,并将其结果用于水土保持方案制定等后继工作。Fan 等^[33]研究了在坡度不同的情况下的水土流失情况,Andrew 等^[34]则基于 USLE 开发了高速公路建设土壤侵蚀评价工具。

以上研究工作对于施工期的水土流失预测、评价、控制、防护与治理提供了定性或定量的决策依据,对于工区水土保持与防护起到了积极作用。但是这些工作都是在既定土石方调配(包括开挖、填筑、弃渣等)方案下来考虑的。而土石方调配的各项活动是造成工区水土流失的主要原因,尚未在规划、设计以及施工过程中进行土石方优化调配,从源头上减少工区水土流失量。

土石方调配的经济优化与水土流失、工区景观等环境要素的优化是不可分割的整体,需要进行统一的联合优化,寻求两者都满意的土石方调配方案。为此,需要以非线性多目标优化决策理论、水土流失水蚀理论与预测方法、景观评价理论和模型、地理信息系统理论与技术等为基础,建立土石方优化调配的理论体系、优化模型及其算法、以及基于地理信息系统的决策管理系统,以提升和完善土石方调配问题的理论体系与实践水平,实现工程建设经济目标与生态环境目标的联合优化^[35]。

联合优化目标需要根据具体工程情况确定,在经济目标、进度目标、环境目标的协调上以主要目标和主要矛盾为主,避免出现为追求某个目标而导致其他目标大为降低的情况。如,为降低施工费用或加快施工进度而导致大面积开采,破坏地表和植被,并进一步产生严重水土流失。

5 结语与展望

土石方调配是工程建设的基本组成部分,是一个

与资源、空间、时间、环境关联的多目标、高维优化问题。诸多的研究成果对于建立土石方调配的理论体系和提高实践水平发挥了重大作用。以下几点是土石方调配研究的发展趋势和进一步的研究内容。

5.1 系统性与全局性

需要从整个系统全局的角度制定和优化土石方调配方案,考虑以下几个问题的统一和协调:①规划、设计、施工阶段的综合考虑,规划设计的土石方调配方案需要具备施工阶段的可实施性;②开挖、填筑、中转、弃渣、料场开采的统一优化;③空间位置与工程进度的联合优化,调配方案需要与工程施工进度一致;④道路系统、施工机械系统也是系统优化的约束与目标。

5.2 系统的平衡优化与生态环境保护的综合考虑

与工程建设与生态环境保护并重的原则一致,在制定土石方调配方案时,维持系统平衡、维持生态平衡,需要考虑其对工区景观、工区水土流失等环境要素的影响和破坏,将土石方调配的经济费用目标与生态环境目标联合考虑,寻求两者都可接受或环境承载力许可范围内的土石方调配方案,实现工程建设经济目标与生态环境目标的联合优化。

5.3 多学科的综合应用与交叉渗透

在研究以上问题过程中,多学科的综合应用与交叉渗透是一种必要的手段,同时研究工作也将产生新的学科方向和理论体系。如:土石方调配费用与水土流失的联合优化将应用系统工程理论、多目标决策理论、地理信息系统、土壤水蚀理论等理论与方法体系;而对于土石方调配对工区景观的影响与联合优化则将综合应用景观生态学、地理信息系统、优化理论等理论与方法。

参 考 文 献

- [1] 张超然,戴会超.三峡水利枢纽工程建设概况和若干关键技术问题[J].水力发电,1998,(1):16-19(Zhang Chaoran,Dai Huichao. Construction general situation and several key technology problems of TGP [J]. Water Power, 1998, (1):16-19 (in Chinese))
- [2] 申明亮,刘少林,陈伟等.水利水电工程施工仿真与土石方平衡[M].北京:中国水利水电出版社,2007
- [3] 曹生荣,王先甲,申明亮.大型水电工程土石方调配系统分析及其优化调配模型[J].中国工程科学,2003,5(7):72-76 (Cao Shengrong, Wang Xianjia, Shen Mingliang. Systems analysis and constitution of linear programming model for the earth-rock allocation system of massive water resources and hydropower projects[J]. Engineering Science, 2003, 5(7):72-76 (in Chinese))
- [4] 雷阿林.南水北调中线工程总干渠施工弃土的环境影响及对策[J].水利水电快报,2001,22(11):4-6 (Lei Alin. Environmental impact and countermeasures of construction spoil Express in the main channel of south-north water transfer midline engineering [J]. Water Resources & Hydropower Information, 2001, 22 (11) (in Chinese))
- [5] 谭奇林.水电建设项目水土流失预测程序化研究[J].水力发电,2006,(5):9-11 (Tan Qilin. Investigation on hydropower projects soil erosion prediction program[J]. Water Power, 2006, (5):9-11 (in Chinese))
- [6] 周厚贵.三峡工程二期围堰填筑料场的优化[J].三峡建设,1997,24(2):24-25 (Zhou Hougui. Optimization of material stations in the second-stage cofferdam of TGP [J]. China Three Gorges Construction, 1997, 24 (2):24-25 (in Chinese))
- [7] 袁建丰.线性规划在三峡右岸土石方调配中的应用研究[J].水力发电学报,2006,25(1):99-103 (Yuan Jianfeng. The application research on linear programming of the distribution of earth & rock works on the right bank of TGP [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2006, 25 (1):99-103 (in Chinese))
- [8] Cao Shengrong, Shen Mingliang, Zhou Hougui. Optimization model for earth-stone allocation system in large-scale hydraulic engineering and application in Shuibuya Project [C]//The 2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Dalian, 2006, 2368-2372
- [9] 於永和,曹生荣.堤防工程土石方调配优化模型与应用[J].武汉大学学报:工学版,2006,39(5):19-21 (Yu Yonghe, Cao Shengrong. Optimal model of earth-stone work allocation in embankment engineering construction and its application [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2006, 39(5):19-21 (in Chinese))
- [10] Moreb A A. Linear programming model for finding optimal roadway grades that minimize earthwork cost [J]. European Journal of Operational Research, 1996, 93 (1):148-154
- [11] Shahram M K, Seyed J M, Ali K, et al. Fuzzy optimization model for Earthwork allocations with imprecise parameters [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 133(2):181-190
- [12] 王晓梅,梁轶.大系统理论在面板堆石坝工程土石方平衡规划中的应用[J].水利水电快报,2001,(9):14-17 (Wang Xiaomei, Liang Yi. Application of large scale system theory in earthwork allocation of face rockfill dam [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2001, (9):14-17 (in Chinese))
- [13] 上官甦,刘小明.公路建设工程大系统土石方调配优化[J].公路交通科技,2006,23(4):37-40 (Shangguan Su, Liu Xiaoming. Optimization of large-scale earth-rock

- works adaptation for highway construction [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23(4):37-40 (in Chinese))
- [14] 胡程顺, 钟登华, 张静, 等. 土石方动态调配模型与可视化研究 [J]. 中国工程科学, 2005, (12):73-79 (Hu Chengshun, Zhong Denghua, Zhang Jing, et al. Study on the model and its visualization for dynamic allocation of earth [J]. Engineering Science, 2005, (12):73-79 (in Chinese))
- [15] 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 (Liu Zhixin, Wang Zhongyao, Hu Zhigen, et al. Multiobjective dynamic optimization model for material planning of rockfill dam [J]. Hydroelectric Energy, 2004, 22(2):60-63 (in Chinese))
- [16] 申明亮, 刘新刚, 陈钢, 等. 堆石坝土石方调配与道路运输强度的联合优化模型 [J]. 武汉大学学报:工学版, 2006, 39(5):14-18 (Shen Mingliang, Liu Xingang, Chen Gang, et al. Model for joint optimization of path transportation intensity and earth-rock work allocation of rockfill dam [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2006, 39(5):14-18 (in Chinese))
- [17] 罗时朋, 糜莺英, 胡志根. 料场开采方案的多目标模糊优选 [J]. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(6):47-49 (Luo Shipeng, Mi Yingying, Hu Zhigen. Application of multi-objective fuzzy optimization to aggregates source reclaiming schemes [J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, 2000, 33(6):47-49 (in Chinese))
- [18] Jayawardane A K W, Harris F C. Further development of integer programming in earthwork optimization [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1990, 116(1): 18-34
- [19] Burak G A, Hilmi L A, Selim A. Dynamic optimization algorithm for vertical alignment of highways [J]. Mathematical and Computational Applications, 2005, 10(3): 341-350
- [20] 胡志根, 肖焕雄. 砂石料料场规划模型研究 [J]. 水电站设计, 1995, 11(2):16-21 (Hu Zhigen, Xiao Huanxiong. Model research of aggregate borrow area planning [J]. Design of Hydroelectric Power Station, 1995, 11(2):16-21 (in Chinese))
- [21] 晋良海, 田斌, 周厚贵. 大中型水电工程施工场内物料最优运输方案分析 [J]. 水电能源科学, 2006, 24(2):47-51 (Jin Lianghai, Tian Bin, Zhou Hougui. Scheme analysis optimization for transportation of work material in waterpower project construction [J]. Water Resources and Power, 2006, 24(2):47-51 (in Chinese))
- [22] 王仁超, 刘金飞, 李仕奇, 等. 基于蚂蚁和粒子群算法的土石方调运优化方法研究 [J]. 水利学报, 2006, 37(11): 1193-1197 (Wang Renchao, Liu Jinfei, Li Shiqi, et al. Study on earthwork allocation and transportation method based on ant algorithm and particle swarm optimizer [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(11):1193-1197 (in Chinese))
- [23] 申明亮, 倪锦初. 料物平衡方法研究与软件开发研究 [J]. 人民长江, 2001, 32(4):25-26 (Shen Mingliang, Ni Jinchu. Study on methods of earth-rock material balance and software development [J]. Yangtze River, 2001, 32(4): 25-26 (in Chinese))
- [24] 曹生荣, 申明亮, 王先甲. 通用土石方调配管理系统的研究与实现技术 [J]. 武汉大学学报:工学版, 2003, 36(6): 13-17 (Cao Shengrong, Shen Mingliang, Wang Xianjia. Study on general earth-rock allocation management system and realization technology [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(6):13-17 (in Chinese))
- [25] 申明亮, 李锋, 陈钢. 龙滩工程施工营地形成动态图形模拟 [J]. 武汉大学学报:工学版, 2003, 36(1):9-11 (Shen Mingliang, Li Feng, Chen Gang. Dynamic graph simulation of construction encampment at Longtan Project [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(1):9-11 (in Chinese))
- [26] Marzouk M O. Optimizing earthmoving operations using object-oriented simulation [C] // Winter Simulation Conference Proceedings, Piscataway NJUSA:IEEE Press, 2000:1926-1932
- [27] Henderson V E. Solving the shortest route cut and fill problem using simulated annealing [J]. European Journal of Operational Research, 2003, (145):72-84
- [28] 陈燕, 王乘, 孙役, 等. 面板堆石坝智能土石方平衡设计 [J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(4):20-21 (Chen Yan, Wang Cheng, Sun Yi, et al. Intelligent earth-rock balance design for construction of slab rockfill dams [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2004, 24(4):20-21 (in Chinese))
- [29] 燕乔, 杨占宇, 陈炎和, 等. 土石方开挖随机模糊仿真技术研究 [J]. 岩土力学, 2005, (12): 36-39 (Yan Qiao, Yang Zhanyu, Chen Yanhe, et al. Application of computer simulation using stochastic-fuzziness artificial technique in earth-rock excavation project [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, (12): 36-39 (in Chinese))
- [30] Cao Shengrong, Wang Xianjia. Expert system for earth-rock allocation management based on knowledge engineering [C] // Proceedings of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Beijing, 2002: 440-445
- [31] <http://www.nsbld.mwr.gov.cn/nsbd/intro/middle.html>
- [32] 肖满, 王连俊, 冯涛. 水电站施工期水土流失预测 [J]. 东北水利水电, 2006, 24(264):62-64 (Xiao Man, Wang

- Lianjun, Feng Tao. Forecast of soil and water loss in construction period of water power station [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2006, 24 (264):62-64 (in Chinese))
- [33] Fan J, Lovell C W. Slope steepness factor for predicting erosion on highway slopes [J]. Transportation Research Record, 1988, 1188:63-73
- [34] Sloan A J, Joelkimeishue M H. Development of the highway erosion assessment tool (HEAT) for evaluation of roadside slopes [C]// International Erosion Control Association, 2002
- [35] 董哲仁.试论生态水利工程的基本设计原则[J]. 水利学报 2004,(10):1-7 (Dong Zheren. On the design principles of eco-hydraulic engineering [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004,(10):1-7 (in Chinese))

周厚贵 (1962-), 男, 博士, 教授级高工。主要从事水电工程施工技术与管理研究。

曹生荣 (1976-), 男, 博士, 讲师。主要从事水电工程施工模拟与优化研究。

申明亮 (1963-), 男, 副教授。主要从事水电工程施工模拟与优化研究。

第八届茅以升土力学及岩土工程奖评审会议纪要

2008 年 12 月 27 日上午在清华大学新水利馆, 召开了“茅以升科学技术奖土力学及岩土工程大奖”和“茅以升科学技术奖土力学及岩土工程青年奖”评审会。评审会由中国土木工程学会张雁秘书长作为召集人, 由经茅以升科技教育基金委员会审批认定的十位评审委员组成评审委员会。中国科学技术发展基金会茅以升科技教育基金委员会茅玉麟秘书长和左颖副秘书长出席了评审会。

评审委员会对 2008 年度茅以升土力学及岩土工程大奖的 8 位候选人和青年奖的 12 位候选人进行了充分的评议。经过两轮民主投票, 评选清华大学李广信先生和南京工业大学宰金珉先生为茅以升土力学及岩土工程大奖获奖者, 评选香港科技大学张利民先生和华东建筑设计研究院有限公司王卫东先生为茅以升土力学及岩土工程青年奖获奖者。

茅以升土力学及岩土工程大奖评审委员会

评审委员会召集人

张 雁 中国土木工程学会秘书长, 研究员

评审委员

张 雁 中国土木工程学会秘书长, 研究员

陈仲颐 土力学及岩土工程分会顾问, 清华大学教授

周 镜 土力学及岩土工程分会原理事长、顾问, 中国工程院院士

陈祖煜 土力学及岩土工程分会理事长, 常务理事, 中国水利水电科学院教授

张建民 土力学及岩土工程分会副理事长兼秘书长, 常务理事, 清华大学教授

叶阳升 土力学及岩土工程分会副理事长, 中国铁道科学研究院, 研究员

滕延京 土力学及岩土工程分会副理事长, 中国建筑科学研究院研究员

汪 稔 土力学及岩土工程分会常务理事, 中国科学院武汉岩土所, 研究员

郑 刚 土力学及岩土工程分会常务理事, 天津大学教授

谢永利 土力学及岩土工程分会常务理事, 长安大学教授