

面板堆石坝施工中土石方调配平衡系统 可行性研究报告

编写日期：2014 年 9 月

目 录

一、技术领域及研发必要性分析.....	1
1.1 技术相关.....	1
1.2 技术发展现状.....	1
1.3 技术必要性分析.....	2
二、内容与可行性分析.....	4
2.1 技术基本原理.....	4
2.1.1 系统特点分析.....	4
2.1.2 影响堆石坝土石方调配的因素.....	6
2.1.3 土石方调配的原则与方法.....	7
2.1.4 大系统优化模型的建立.....	9
2.1.5 优化模型的完善.....	10
2.1.6 系统模型描述.....	12
2.1.7 系统特征描述.....	13
2.1.8 系统匹配矩阵建立.....	15
2.1.9 调配结果修正与优化.....	17
2.1.10 调配系统模拟计算机实现方法.....	22
2.2 技术内容.....	30
2.2.1 开发与应用环境.....	30
2.2.2 软件设计思路.....	31
2.2.3 软件功能设计.....	31
2.2.4 数据库设计.....	32
2.2.5 统计表格设计.....	33
2.2.6 输入输出界面设计.....	34
2.2.7 维护与帮助.....	34
2.2.8 软件应用概述.....	34
2.2.9 数据组织.....	35
2.2.10 操作要点.....	36
2.3 关键技术及创新点.....	38
三、市场需求与风险分析.....	40
3.1 市场需求分析.....	40
3.2 风险分析与对策.....	40
3.2.1 风险分析.....	40
3.2.2 风险对策.....	42
四、经济效益与社会效益.....	46
4.1 经济效益分析.....	46
4.2 社会效益分析.....	47
五、总结.....	49

一、技术领域及研发必要性分析

1.1 技术相关

技术名称：面板堆石坝施工中土石方调配平衡系统

持 有 人：

1.2 技术发展现状

堆石坝是以石渣、卵石、爆破石料为主要材料堆筑的坝体，是当前水利水电工程中推广的三大新型坝型之一，在水利工程中占有重要地位。

自本世纪 50 年代以来，随着振动碾压等施工技术的发展，能用碾压甚至薄层碾压堆石代替原来的高抛填筑，堆石密实度增加、稳定性提高、沉降减少，石料的选用范围大为放宽，风化石料照样可以修筑高坝等许多优点已为坝工建设界所公认。因此，碾压式堆石坝得到了迅速发展，目前已成为坝工建设中的一种重要坝型，建设的数量和高度在许多坝工发达国家中已超过混凝土坝。其中的钢筋混凝土面板堆石坝得到了广泛应用，已成为今日高坝发展的趋向之一。

据不完全统计，已建和在建的高度 100m 以上的面板堆石坝有 37 座。其中已完成最高的是墨西哥阿瓜密尔巴(Aguamilpa)坝，高 187m，正在修建的马来西亚巴昆(Bakum)水电站大坝，高达 205m。我国天生桥混凝土面板堆石坝高达 180m，湖北宜昌西北口混凝土面板堆石坝高 95m，浙江珊溪混凝土面板堆石坝高达 130.8m。

堆石筑坝具有以下几方面的主要特点：

堆石坝对自然条件有广泛的适应性，对地基要求比混凝土坝低，抗震性能好。如地震区，多雨、寒冷以及交通不便地区等，都可以修建，而且不影响施工。

堆石坝可利用当地材料，充分利用枢纽中其它建筑物开挖出来的石料，经济

上有较大的优越性。许多高坝坝址石料丰富，缺少土料，适宜于建造堆石坝。堆石坝断面较小，即使在当地有土料的情况下，堆石坝也是一种可以考虑的坝型。与混凝土坝相比，修筑堆石坝可节省大量钢材、木材和水泥，从而减轻了对外交通的运输工作量。

施工场内运输量大。坝体填筑过程中运输路线的规划布置和运输效率是直接影响堆石坝施工速度和造价的关键环节。

近 20 年来，施工机械的迅速发展和施工的高度机械化，大大加速了建坝速度，减少了投资费用。如巴基斯坦的塔贝拉坝，高 143m，体积 1.2 亿 m³，填筑期只有 4 年；美国的渥洛维尔坝，高 236m，体积 5964 万 m³，填筑期也只有 4 年。

堆石坝施工导流比土坝容易解决，可承受水头不大的坝顶漫溢，较之土坝有更高韵安全性，施工度汛时也允许有少量漫水。经保护，可部分利用未完建的堆石坝，采用坝面过水方案。

堆石坝所需施工机械及工艺流程较混凝土坝简单，采用现代大容量土石方机械可以达到很高的上坝强度，施工干扰少。因其具备快速施工条件，发电工期和总工期都可以较混凝土坝缩短，为工程提前受益创造了有利条件。

1.3 技术必要性分析

土石方调配平衡问题是指堆石坝施工过程中在协调填筑、开挖各项施工进度的前提下，进行开挖、填筑、中转、弃渣、料场开采等各种土石方调配活动的综合平衡，以期提高开挖料的直接利用，减少开采、弃渣、转运等几个环节的工作量，降低生产成本，加快施工进度，缩短工期，实现堆石坝快速经济施工的目的。

堆石坝施工的主要环节为坝体的填筑，土石方流动为堆石坝施工的核心问题（筑坝材料的运费一般约占堆石坝造价的 50%~60%），土石方调配平衡问题则是施工企业在堆石坝填筑施工中取得效益的关键点。问题解决的成功与否在很大程度上影响工程的进度、质量和投资。国家“八五”重点科技攻关项目中设立了堆

石坝施工土石方平衡研究的子题,有关单位结合天生桥一期工程实际对此课题进行了研究,并取得了可喜成果。

国外面板堆石坝工程很注重通过开挖与填筑的整体平衡和各枢纽建筑物的空间布置来有效保证挖方的充分利用,达到土石方的挖填平衡。这样就可大量利用开挖料上坝,甚至全部利用开挖料筑坝,不设专门料场,以取得最好的经济效益。巴西的阿里亚、塞格雷多、辛戈 3 座面板堆石坝,枢纽布置极为紧凑和简洁,溢洪道和电站尾水渠都采用大开挖方案,而将开挖料直接上坝,经济效益极佳。如阿里亚坝,坝体填筑方量为 1,400 万方,其中 1,250 万方来自有效挖方,即两岸建筑物的开挖料,平均运距不足 1.5km,石方开挖 1,287 万方,绝大部分都上坝。

土石方调配平衡问题又是堆石坝施工中关系全局的核心问题,牵涉到工程的总体布置、施工装备的配置、道路系统的布置及道路标准选择、施工场地的征用、施工进度的协调等诸多方面,直接影响工程施工进度、投资和质量三大目标的实现。成功解决土石方调配平衡问题对于堆石坝这一坝型的推广运用也具有重要意义。

本技术正是基于以上提到的面板堆石坝筑坝技术的日益发展,越来越受到坝工界的重视,已成为当前最具有发展潜力的坝型之一;同时,土石方调配平衡问题又是堆石坝施工中的关键问题。本着从设计、施工实际出发,为设计、施工实际服务的原则,本技术通过对土石方调配平衡问题进行动态分析,寻求解决这一问题的通用方法,成果可供建设、设计和施工单位参考、使用。

二、内容与可行性分析

2.1 技术基本原理

2.1.1 系统特点分析

解决堆石坝施工过程中土石方调配平衡问题的实质就是通过开挖、填筑、转运、开采、弃渣等土石方的综合处理，达到提高开挖料利用率、平衡土石方开采强度和运输强度、快速经济施工的目的。而寻求该问题合理解决的前提是对建筑物结构、填筑要求、开挖工程量、土石方储量与空间位置、弃渣场地的容量与位置、分期施工进度以及以上诸要素之间的相互关系进行综合分析，并且编制相应的计算分析软件，使这一问题得到圆满解决。

1、建筑物特性分析

土石坝、堆石坝两类水工建筑物，不论其防渗型式、泄洪方式与结构尺寸如何，其在结构上必然是由不同的功能部分(如挡水建筑物、泄水建筑物、电站建筑物等)组成，而在施工上则是根据不同的土石方特性进行分区开挖与填筑。因此，寻求一种解决这一类问题的通用方法在理论上与技术上都是可行的，在实践应用上则更具有意义。

对于坝体的不同施工分区，重点应考虑两个问题：一是分区土石方种类特性，在建筑物开挖料利用、开采料料源选择时考虑。二是分期施工的填筑工程量，在土石方数量平衡规划中考虑。

2、建筑物开挖工程量

建筑物不同部位的开挖料要尽量考虑在坝体填筑中利用。首先，某类开挖料只能用于坝体的某个特定部位(如主堆石区、过渡料区等)；其次，开挖料可分为利用料和非利用料两种，利用料又可分为直接利用料和转储间接利用料两种；同时，开挖料的堆弃要考虑开挖部位与弃渣场地的相对关系，如上下游、左右岸、

运距等因素。

3、开挖料的系数处理与转换

开挖料的方量在不同的状态下是不同的，有自然方量、松散方量、压实方量等之分，在土石方调配活动中要区别对待；在土石方的开挖、运输过程中有各种损失，如开挖方法损失、中转损失、运输损失等，在土石方调配活动中均要考虑这些损失。在本系统所建立的模型中，以上的因素都在考虑范围之内。从总体上说，以上的各个系数可以归纳为两类，一类为利用系数，另一类为弃料系数。利用系数为开挖自然方转化成填筑压实方的系数；弃料系数为原始开挖量的各种损失占开挖量的百分比。

如上所述，针对任一开挖料本系统作了如下的处理：开挖原始方量乘以利用系数得到填筑区的压实方量(压实方量=原始开挖方量 \times 利用系数)；剩余原始方量乘以弃料系数得到原始弃料量(原始弃料量：剩余原始方量 \times 弃料系数)。在这两个系数的取值时，均考虑了以上提到的各种损失。

4、料场特性

料场特性指料场空间位置、不同类型的土石方储量、料场覆盖层剥离工程量等。在调配中首先要满足料场开采料与坝体分区填筑料的一致性。

5、中转与弃渣场地

中转与弃渣场地考虑的因素包括空间位置、堆存容量及道路、地形特征，以便确定与开挖点的关系，是否可用作转运料堆存等。

6、分期施工进度

由于土石坝、堆石坝与混凝土类坝在导流拦洪渡汛方式上的明显区别，决定了其在施工程序上的不同。土石坝、堆石坝施工由于渡汛方式的不同有着严格的施工分期。在土石方问题解决中，对分期施工进度考虑主要有三点：一是分期分区的填筑工程量；二是不同建筑物的分期开挖工程量；三是在不同施工期内料

场、弃渣场地的动态特性。

2.1.2 影响堆石坝土石方调配的因素

土石方调配平衡问题的影响因素主要有枢纽布置、施工总布置和料场规划等。这些因素必须从枢纽的规划阶段起就开始统筹考虑，是具体的土石方调配活动的前提和基础。从某种意义上说，枢纽布置、施工总布置和料场规划等规划工作是对调配平衡的宏观调控，而本系统中提出的调配平衡方法是在这些边界条件及开挖、填筑施工进度确定以后进行的微观调配。

以混凝土面板堆石坝为主体的水利水电枢纽与一般土石坝枢纽一样，包括大坝、泄水建筑物、引水发电系统以及过木、鱼道、航运等建筑物，枢纽布景就是将这些建筑物的位置进行优化选择，在适应当地地形、地质、水文、气象、水工、施工、环境等具体条件的情况下，达到既安全又经济的目的，这是枢纽设计中最重要的一环，也是保证土石方调配平衡问题成功解决的基础。在枢纽布置中，注意枢纽建筑物有效挖方的充分利用和土石方的挖填平衡，大量利用开挖料上坝，甚至全部用开挖料筑坝，不设或尽量少设专门料场，以取得最好的经济效果。枢纽布置的技术性很强，需要全面的知识和高度的技巧，经多方案的比较才能最后选定最优布置。

施工总布置中的施工道路系统布置合理将使土石方运输畅通、经济，减少施工车辆相互干扰，降低施工费用。场内施工道路的布置一般根据地形条件、枢纽布置、工程量大小、填筑强度、运输车辆情况等条件来统筹考虑，作到既满足施工运输要求，交通便利，有利于各施工系统之间的相互联系，每个施工阶段均有相应的运输线路，又使道路工程量最省。堆石坝体填筑的上坝道路需根据填筑施工的需要随时变换。施工期可以随着坝体上升在坝坡或坝体内部灵活地设置“之”字形上坝道路，以便最大限度地减少坝体外的上坝道路，这对于岸坡陡峭、修建道路困难的地方意义更大。

料场规划是施工组织设计的重要内容之一，也是指导和组织坝料开采的具体依据。料场规划包括料场的空间规划和时间规划。其任务是根据工程枢纽布置和

施工组织设计的总要求，研究设计文件所规定的各种坝料的质量和数量，以及各料场复查的资料，通过方案比较和优化选择，选定合适的料场，并选择合理的开采、运输、加工、堆存方式，配置相应的施工设备和设施(风、水、电等)，确定不同料场的开采程序、数量和填筑部位，作为料场全面而具体的布置和安排。

以上三方面需要丰富的实践经验和对具体工程情况的全面深入掌握，经多方案比较，综合各方面因素后方能确定。这些是本系统研究工作的基础，文中的工作都是在此基础之上进行的。

2.1.3 土石方调配的原则与方法

2.1.3.1 土石方调配的原则

在进行土石方调配时主要遵守以下的原则：

1、以大系统理论的分解与协调思想为基础、坝体填筑上升为整个系统模拟的主线，在土石方调配满足坝体填筑上升要求的前提下，在整个施工期的各个时段中，对于不同的分区料，依次调配和模拟土石方的填、挖、转、采、弃过程，达到总体优化的目的。

2、选定时段与填筑分区后，土石方的调配遵守以下的优先顺序：

(1)开挖料直接上坝。当有多个开挖部位的开挖料可以利用时，优先利用中转或弃渣距离较远的开挖点，同时考虑各中转场或弃渣场的容量。

(2)中转料上坝。当有多个中转场的备用料可以利用时，优先利用运距较短者。

(3)料场料开采。当有多个料场的开采料可以利用时，优先利用运距较短者。

3、满足大坝对填筑料的基本技术要求，主要是岩性要求；

4、建筑物开挖安排与大坝填筑进度和对料源的要求相匹配，阻最大限度地

利用建筑物开挖量直接上坝填筑，减少中转填筑量；

- 5、尽量利用建筑物开挖料上坝填筑，不足部分从料场开采补充；
- 6、建筑物开挖施工中，对不同用途的岩石，进行选择性的挖装，以减少材料损失；
- 7、每一料场对不同性质的土石方分开堆放；
- 8、利用率最大，中转率最小，周转率保持适当的水平；
- 9、综合运量较小，运距较短；
- 10、综合考虑工程总进度要求；
- 11、综合考虑场内外交通和道路布置；
- 12、结合地形、地质、水工设计、道路布置、施工程序、麓工方法等对可利用料数量进行计算。

本系统中，根据上述原则，采用了“利用率最高、直接上坝量最大、就近开采、弃料、转运”的具体措施，以达到堆石坝快速经济施工之目的。

2.1.3.2 土石方调配的方法

在进行土石方调配活动时，采用的方法主要有以下几点：

- 1、对建筑物开挖料，结合地形、地质、施工程序、施工布置等，考虑各类的损耗，分析各部位各类岩石的可利用数量；
- 2、对建筑物开挖料，结合开挖条件和使用时间，分配直接使用料量和中转料量，对不足的土石方，规划取料场地；
- 3、对各个建筑物作分项的开挖平衡表，规划利用料量、中转料量、弃渣料量：

4、根据建筑物开挖、存弃料平衡总表，计算出直接使用料量、中转料量、各个弃渣场容量等；

5、作建筑物填筑、取料平衡总表，根据利用料情况得出取料场的取料量，并根据折方系数做出建筑物填筑、取料净挖方平衡总表，供弃渣规划使用；

6、最后结合料场开采规划和存弃渣场规划，对土石方平衡和调配规划进行优化调整。

2.1.4 大系统优化模型的建立

在堆石坝施工过程中，各项工作都要以坝体填筑施工为核心，在坝体填筑质量满足施二[技术要求的前提下，确保坝体填筑进度既满足施工渡汛要求，同时使各填筑分区协调上升。面板堆石坝土石方平衡规划系统主要包括以下组成要素：

(1) 供料区

是指能够为其他建筑物、转堆料场(待存容量)提供土石料的料场或开挖建筑物、中转料场(存储量)和土石加工厂等。根据混凝土面板堆石坝工程的特点，坝体填筑料料源即供料区主要为各建筑物开挖利用料和符合填筑要求的料场供料作为调节料源。

(2) 受料区

指能够接受其他料源供应的土石或转存和填筑的料源。中转料区既是供料区又是受料区。

(3) 场地与上坝道路规划

场地规划主要是指堆料场，用于开挖弃料的存放以及上坝用料的临时堆存和加工石料的堆放；根据各工程的不同情况，按坝体不同的填筑高程，分别设计从各供料区到受料区及堆料场的施工道路，一般采用循环式与往复式相结合的布置

方式，各供料源受料源的运距是求解调运总费用的基本参数。

根据混凝土面板堆石坝设计与施工的特点，使模型能够反映系统运行的实际状况，运用大系统理论及其分解与协调的方法，首先考虑用二层递阶结构来进行模型分析。混凝土面板堆石坝坝型设计确定后，整个大坝的填筑方量以及各分区部位的受料方量是一定的，大坝施工分时段、分层填筑。为此，以大坝填筑为中心进行垂直分解，即从时间(施工时段)上解决各供料源的优化分配，建立大系统聚合模型，此为第一层(上层)，该层对整个系统调度起控制作用；在其下面按施工时段分解为许多子系统，在每个时段内进行大坝各受料区需求量的空间优化，即把大坝该时段需求的填筑量优化分配到各供料区，这就是第二层(下层)。

利用大系统理论解决堆石坝的土石方平衡问题时，将主要影响因素均进行了定量化处理，而实际施工过程中，工程条件的复杂性、影响因素的多样性和不确定性，使得许多实际问题也是难以严格定量的。因此，本系统将在全面分析堆石坝土石方平衡问题影响因素的基础上，应用大系统理论分解与协调的思想，结合面板堆石坝的施工特点和工程实践要求，建立满足工程实际施工要求的定性定量分析相结合的实用系统模型。

2.1.5 优化模型的完善

通常，我们对事物的分析不外乎定性分析、定量分析两种。近些年来，随着计算机技术的发展应用，人们越来越多地偏爱定量化方法，忽视定性分析，我们认为这是不可取的。因为定量分析的基础是定性分析，再经过必要的简化、假定进行，而工程条件的复杂性、影响因素的多样性和不确定性，使得许多实际问题也是难以严格定量的。简而言之，定性分析与定量分析的差别正是反映了在人与计算机组成的系统中的人机分工问题。因此，在本问题的研究过程中，依据问题的实际需要，对应用大系统理论建立的数学模型，补充下列工作进行完善：

- 1、定性分析场地规划与料性匹配：解决料场、中转场、弃渣场与开挖部位、填筑分区及道路系统的匹配问题。这类问题要考虑到地形、工程地质、水文地质及坝工设计等因素，难以在一个模型中全部定量化考虑。即使能够量化处理，其

难度也异常大。因此，在本系统中，对此类数据采用已有的设计方案，做为调配模型的原始数据或边界条件。

2、施工过程的详细模拟：现有的调配方法是在考虑施工分期的前提下对不同土石方在数量上的匹配，未能达到现实施工中动态优化调配之目的。本系统拟在现有的调配方法基础上，全面计算施工过程中填筑、开挖、中转、弃渣、料场开采等各施工环节的土石方流通、模拟坝体上升的形象面貌，进而全面深入地解决土石方调配优化问题。

3、统计运算：调配活动的目的之一在于系统地了解施工过程的动态特征，为施工组织设计及现场施工管理提供更多的实用信息。例如：了解到某一中转场在整个施工期的容量变化动态，则可由其需要的最大堆存量再考虑一定的富裕来确定中转场规模，避免了中转场规划中的盲目性。统计分析主要包括以下内容：

坝体填筑：在每一时段每一填筑分区的填筑数量是多少；该分区填筑量中直接上坝量是多少，分别来自什么开挖部位；中转料利用量是多少，分别来自哪个中转场；料场开采料利用量是多少，分别来自哪个料场。

开挖项目：在每一时段开挖量是多少；该部位开挖量中直接上坝量是多少，分别用于坝体的什么填筑分区；中转料数量是多少，分别转至哪个中转场；弃渣数量是多少，分别运至哪个弃渣场。

料场开采：在每一时段开采量是多少，该料场开采量中分别用于坝体的什么填筑分区；料场料最大需求强度是多少。

中转场：在每一时段接收中转料数量是多少，分别来自哪些开挖项目；从中转场运出的土石方数量是多少，分别用于坝体的什么填筑分区；中转场最大土石方堆存量是多少。

弃渣场：在每一时段接收开挖弃渣数量是多少，分别来自哪些开挖项目；弃渣场需要的最终容量是多少。

道路情况：通过建立道路与挖、填、采、转、弃项目之间的关系，可以很方

便地了解在施工过程中的每一时段、某一段道路上的运输机械通过数量及机械种类，为道路设计标准提供依据。

4、方案优化：在本系统中，优化施工的原则通过以下几点实现：协调开挖、填筑进度，提高直接上坝率，减少土石方转运、弃渣、开采费用。

在上坝料的选择中，优先选用弃渣单价较高者。

根据模拟容量确定场地规模。

5、施工现场管理：针对实际施工现场情况，依据优化调配原则，适时调整土石方调配方案，并预计后果。

需要说明的一点是：通过模拟土石方调配过程，本系统所实现的是“在现有挖填方案基础上的优化调配”，同时揭示现有挖填调配系统的运行规律，按照大系统理论分级递阶控制的方法，进一步修正挖填进度，再进行模拟，可使最优目标得到改进，直到满意为止。

2.1.6 系统模型描述

建立数学模型的关键问题在于处理好模型的复杂程度和模型计算精度之间的关系。一般情况下，所建立的模型越复杂，越逼近真实系统，计算精度就越高，同时建模工作量也越大，计算越复杂；反之，模型相对简单，计算精度较低，建模相对简单。对于某些复杂系统，要想建立与实际系统较逼近的数学模型，其难度相当大，常需对实际系统作一定的简化。在处理实际问题时，往往根据现实需要确定模型的精度和复杂程度。

经过与设计单位的深入讨论以及对土石方调配问题的实际情况的调研，在保证计算精度和调配结果可操作性的前提下，力争使产生的调配方案在经济上最优、技术上可行，在施工实际中也是实用的。根据以上原则和目的，建立了文中的土石方调配模型。

2.1.7 系统特征描述

2.1.7.1 工程特征描述

工程特征描述主要包括以下几个方面内容：

1、总体特征

包括工程名称、建设地点、坝型、挖填总工程量、挖填总工期、开工日期等。

2、场地特征

包括各类型场地名称和料场、中转场、弃渣场的容量等。

3、挖填部位与工程量

按照土石方平衡模拟的要求，在建筑物开挖、填筑进度设计的基础上，考虑到开挖料使用部位、施工特征(道路与场地规划)的不同，进一步细化开挖与填筑项目，并且考虑开挖项目的弃料系数和利用系数，这些数据在输入挖填进度表、产生匹配矩阵(详见下述)时都要用到，并且详细输入数据。因此，在此表中输入名称、总量等概括性数据即可。

4、施工分期特征

堆石坝施工分期的主要目的是考虑总进度的阶段性特征，尤其是施工渡汛与防洪发电的要求，数据深度不能满足模拟要求，因此，在处理中只予记载，用以备忘或校验模拟统计结果。

2.1.7.2 项目划分方法

在本模型中，必须对挖填项目与料场、中转场做出明确的定义，即模型数据中的每一个项目必须有单独的规定特征(施工特性)。具体定义如下：

1、开挖项目：一个开挖项目是指具有同样的土石方性能、道路使用、中转

场地的开挖项目，但设计中一个开挖项目的土石方材料性能不同(如覆盖层与不同岩层开挖)时，因其用途不同，则须分解为不同的项目。同样，当随着开挖进度的深入，使用的中转场或道路系统不同时，土石方开挖料可用于不同的填筑部位，也应该分为不同的开挖项目。

2、填筑项目：与传统的分区方法不同，模型中的填筑项目是指具有单一的土石方类别，单一的道路系统与施工方法的填筑项目。当一个分区的填筑材料随着填筑高程的不同而所使用的道路系统不同，从而引起所利用土石方的开挖项目、或料场及中转场不同时，则应将该项目分为不同的填筑项目。

3、料场：本系统中的料场是指具有同一岩质类型的土石方储藏部位。当工程中的一个料场有不同的岩质类型时，应按储量将其分为不同的料场输入模型。

4、中转场：中转场指储存具有同一岩质类型的场地。当一个中转场同时承担多种岩质类型时，则按所需容积分为不同的中转场。

2.1.7.3 进度计划表述

根据软件的工作模式，土石方调配的基础是现有的设计方案，其中包括开挖和填筑的进度计划，进度计划表格是将设计的项目挖填进度用数据表格的形式表示，也就是将设计时规定的各个开挖、填筑部位各月份的工程量分别输入数据库中的一个数据表。在这里我们采用了如下的方法：开挖与填筑进度分别用数据库中的两个表表示，如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1 开挖进度表

开挖项目	1	2	...	N-1	N
开挖项目1	0	1		21	1
开挖项目2	4	0		3.5	2.1
开挖项目3	1	5		2.5	30
开挖项目4	8	20		3.1	3.2

表 1-2 填筑进度表

填筑项目	1	2	...	M-1	M
填筑项目1	1	2		5	5
填筑项目2	0	2		4	3.2
填筑项目3	1	3		2.5	21
填筑项目4	7	12		2.3	2

在表 2-1 中，表示各个开挖项目的开挖进度。字段“开挖项目”表示开挖项目的名称，其余字段表示各个开挖项目在每个月份的开挖工程量，有开挖量的直接填相应数据，没有开挖工作的月份则填 0。

填筑进度的表述(表 1-2)也相同。

2.1.8 系统匹配矩阵建立

匹配矩阵是本系统中的一个关键，它反映了料场、渣场、中转场的使用规划、开挖项目和填筑项目的相互关系，同时反映了道路系统及土石方类型与开挖填筑期间的相互关系，亦即在施工过程中土石方流动的各种可能性，是整个系统模拟的重要数据基础。匹配矩阵的建立需要依据对上述诸要素的分析。

1、场地规划与土石方流程

土石方平衡中的场地规划指料场、中转场、弃渣场与开挖、填筑过程的关系，如图 2.1 所示，它也同时反映了土石方的流程。

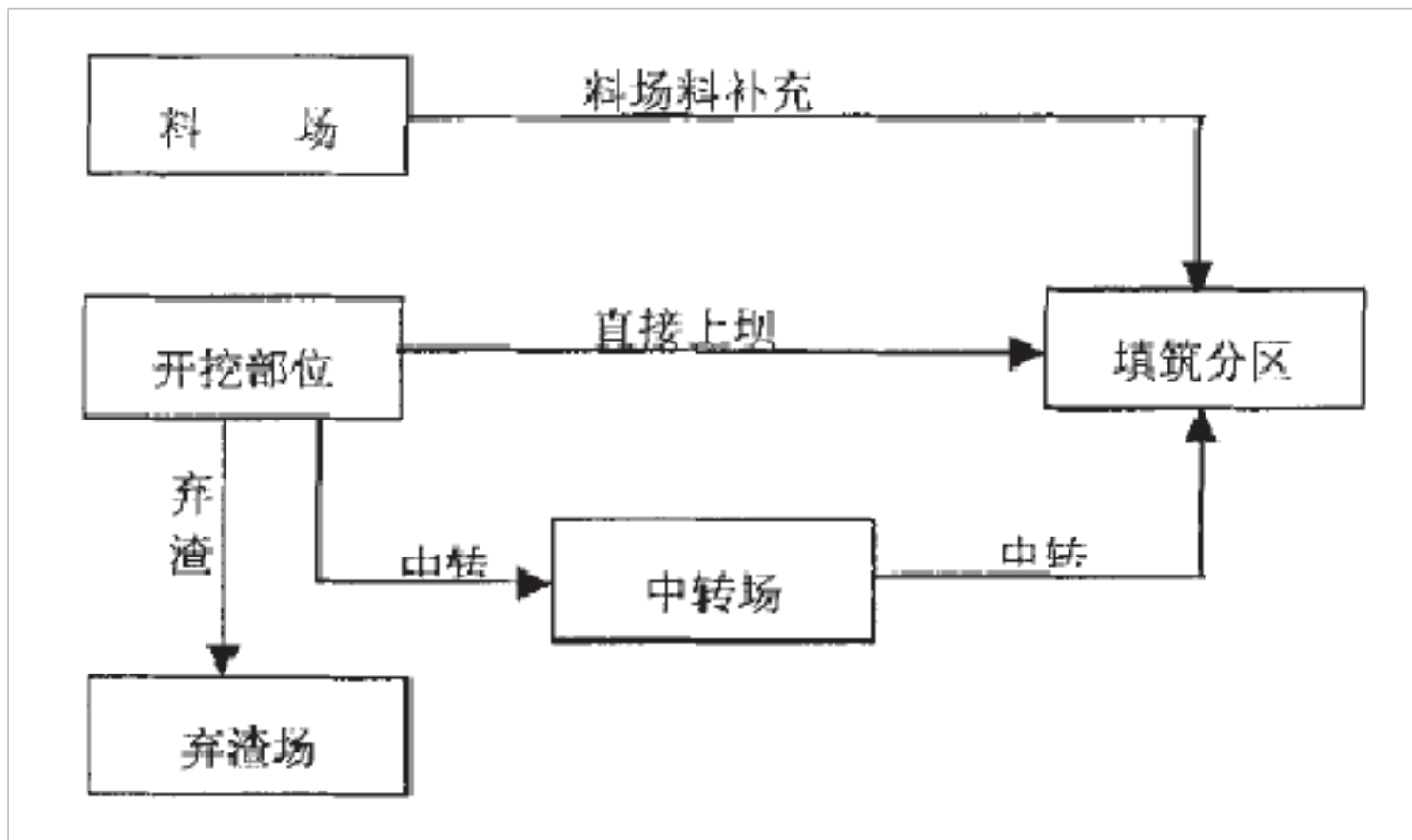


图 2.1. 土石方流程图

需要注意的是：上述数据并非一一对应，而大多是一对多的关系，某料场开采料可用于不同填筑分区，某~开挖部位的土石方又可用于不同填筑区、转弃到不同弃渣场等。

2、匹配矩阵

匹配矩阵反映了整个土石方系统中所有的土石方来源“Source”（料场、开挖点、中转场）与土石方去处“Destination”（填筑分区、中转场、弃渣场）的相互关系，它是一个二维表格，其中行(Row)为各土石方源，列(Column)为各使用部位，行列之交的元素为对应的运距，取值满足以下规定：

1) 不符合设计规定的匹配关系取足够大的值(如 9999)，适用于土石方性质不匹配(如石料场与粘土填筑区)、场地规划(如某开挖部位不能用于填筑、弃渣、中转的场地)中不匹配等情况。

2) 开挖直接利用料运距取为 0。

3)弃渣、中转利用取实际运距。

匹配矩阵的形式如表 1-3 所示：

表中 W1(2)、T1(2)、Z1(2)、L1(2)、Q1(2)分别表示第 1(2)个开挖点、填筑分区、中转场、料场、弃渣场。

表 1-3 土石方平衡匹配矩阵

料源	T1	T2	...	Z1	Z2	...	Q1	Q2	...
W1									
W2									
...									
Z1									
Z2									
...									
L1									
L2									
...									

2.1.9 调配结果修正与优化

调配系统模拟结果修正包括两个方面：一是在调配完成后将中转场多余的土石方进行处理，由软件自动进行；二是在现有料场料需求量的基础上，综合考虑开采能力、场地条件、工作面设置数量等进行料场开采强度的规划。

2.1.9.1 中转场存储量修正

如前所述，土石方调配中要贯彻“直接上坝率最高、中转率最低、周转率适中”的原则，问题的实质反映在运输费用与场地使用两方面：首先，提高直接上坝率，降低中转率可以降低运输费用。其次，中转场是施工期临时征用的场地，工程完建后要还耕，因此，用地越小越好，弃渣场则为永久征用的场地。从总量上看，开挖料利用后的剩余料要全部作为弃渣弃掉。

进行了如下的假定：调配过程按时间顺序进行，开挖料在直接利用完毕后，为了以后这部分土石方的利用，以防止出现土石方总量不足的问题，若中转场有剩余空间，则优先进入中转场，然后才是弃渣。因此，所产生的调配结果是：工程完建后，在各个中转场可能还有大量的土石方，需要再次转进弃渣场。简言之，通过上述调配，实现了“直接上坝率最高”，而可能没完全实现“中转率最低”之目标。有可能与实际情况相悖，若发生这种情况，需进行修正。

产生上述问题的原因在于：能直接利用的土石方总量事先无法确定，即土石方应该中转还是应该弃渣不能肯定，有可能将本应该弃渣的土石方进入了中转场，这一问题的解决途径就是纠正这种调配行为。

假定某一中转场最终剩余量为 Q ，产生 Q 的原因是：该类开挖料在某一时段后不再需要中转，直接开挖上坝已可满足该类开挖料的要求。因此，在解决这一问题时，采用逆向修正的方法，即将最后进入该中转场累计总量为 Q 的“开挖→中转场”行为变成“开挖→弃渣场”行为，直到该中转场“最终储量”为零。这一过程可用图 1.2 的流程框图表示。

采用该修正的意义在于：中转场最后储量都为零，便于退耕还田。其次，通过中转场储量统计分析，得到每一中转场实际要求的最大储量，为征地决策提供依据。

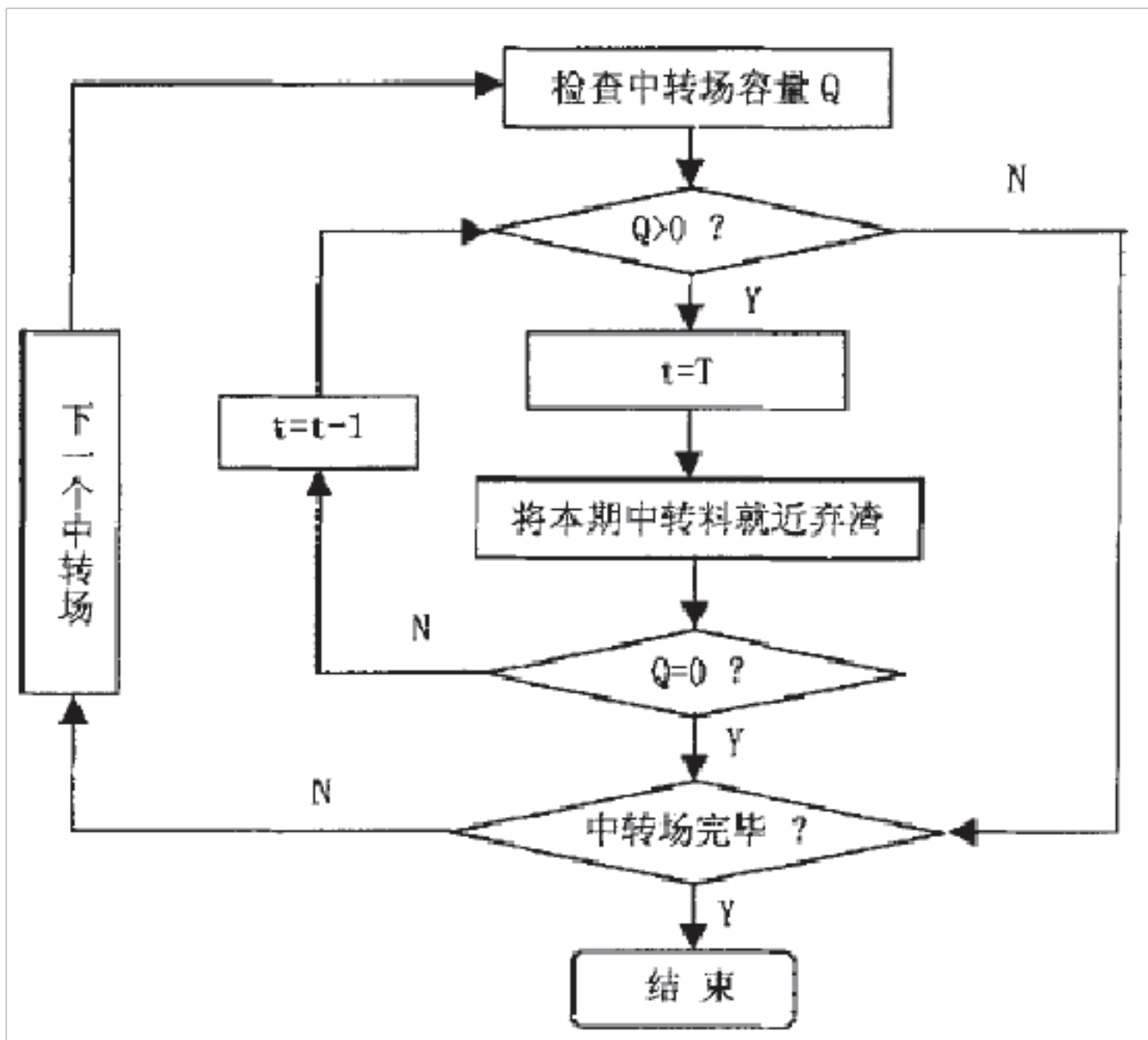


图 1.2 调配结果修正流程框图

2.1.9.2 料场开采强度规划

在上述平衡过程中，我们所得到的料场开采强度是以填筑对料场料的“需要量”为基础，即假定料场开采与填筑对料场料的需求同步(填筑需要多少，料场就开采多少，不多采也不少采)，而没有考虑料场开采的具体情况，因而所得到的开采强度并不均衡、不合理，所以必须进行调整。调整方法如下：

开采强度规划：首先根据料场料需要量规划料场开采强度，开采强度与需要数量之间的关系是“总量相等，开采超前”。即对某~时段而言，在该时段土石方开采总量大于或等于到该时段为止的土石方需要总量，通过土石方使用数量累计值、土石方开采数量累计值来规划。

土石方使用规划：设某料场开采强度为 Q_1 ，当月料场料的需要数量为 Q_2 ，

在现场调配时，按以下方式进行：

1)当 $Q_1 < Q_2$ 时，说明当月料场料开采量小于料场料需要数量，此时，料场开采料直接上坝，而相差部分($Q_1 - Q_2$)土石方料由对应中转场料进行补充(此前多余的开采料已进入相应土石方中转场)。

2)当 $Q_1 = Q_2$ 时，当月料场开采料直接用于坝体填筑。

3)当 $Q_1 > Q_2$ 时，说明当月料场料强度大于此种土石方的需要数量，直接上坝料为 Q_2 ，而多余的开采料($Q_1 - Q_2$)则进入对应的中转场。

通过上述修正，可以满足料场开采强度均衡的要求。

料场开采土石方数量累计值与填筑区对料场料需求的累计值关系如图 1.3 所示。

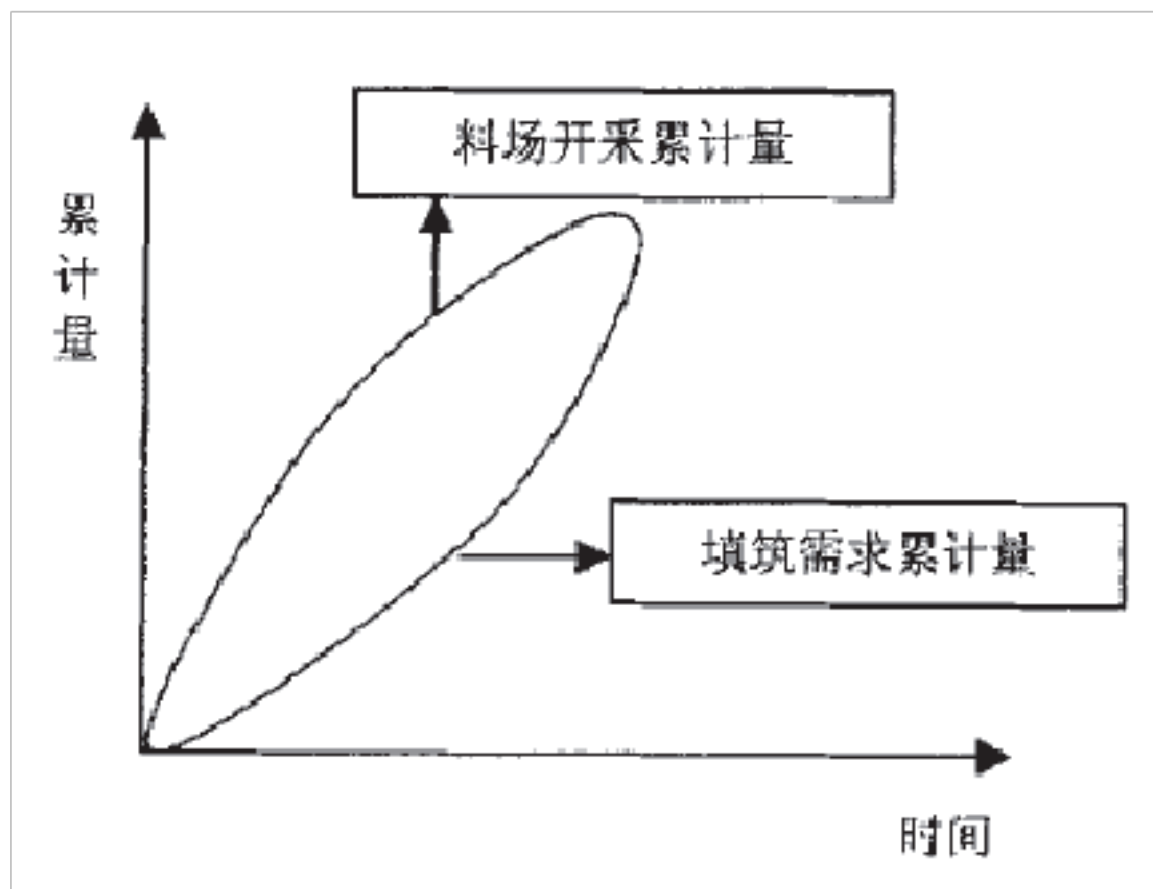


图 1.3 料场开采累计量与填筑需求累计量关系示意图

2.1.9.3 方案优化与动态调整

利用土石方平衡软件对施工方案进行模拟时，优化方案的产生是一个逐步逼近的过程，其原因是由于在模型建立中我们进行了假定，必须进行必要的修正才

能使调配结果更符合实际要求。

料场开采问题:在模拟过程中,我们假定料场是一个不受容量限制的“仓库”,坝体填筑中需要多少料,料场都能提供,而不考虑料场开采的均衡性与强度,在实际施工中,必须考虑上述因素。因此所得到的结果要经过进一步调整,方法如下:

①利用调配模拟结果分析土石方在不经“料场→中转场→填筑部位”调配的情况下使用动态。

②通过分析使用动态,确定料场开采强度,机械设备配置,再利用料场料开采强度调整方法进行修正。

实际施工中,挖填进度、甚至挖填项目有时会随着工程进度要求不同进行调整,由此产生的后果是料源、填筑部位方量、强度的不同,利用平衡软件,可以方便地进行项目数据修改,产生出新的调配方案。

水利工程施工工期长,会遇到各种意外情况,如道路破坏、场地征用方案的变化、工程量及土石方储量的变化等,所反映出来的问题都可以用修改土石方匹配矩阵、项目特性数据的方法解决,快速方便地产生出新的调配方案。

施工动态记载:记录每一时间段不同开挖填筑项目、不同场地的土石方流动情况,作为以后调整的基础。

施工进度调整:在实际施工过程中,土石方平衡的基础是实际施工进度的记录,以及对今后施工动态的重新估计。例如:一项开挖活动在某一时段完成一定工程量后,实际施工进度与计划会有一定的出入,会引起后来时段的施工强度变化,总的调配方案也会随之变化。因此,需要进行逐时段的平衡。

施工过程中,由于计划时段通常较短,考虑到后续填筑项目对中转料的使用,在没完工之前,一般不执行“清空中转场”的功能。

2.1.10 调配系统模拟计算机实现方法

在以往的土石方平衡规划研究中，由于大部分是经过调查分析，或者根据以前相同工程的经验教训，做出定性分析，得出的是一般性的经验理论。即使是定量分析，也是通过手工计算获得的。土石方平衡规划计算过程十分烦琐，不但费时，而且极易出错。一旦变更设计，需要做重复的工作。而利用计算机模拟技术的思想来完成堆石坝施工中的土石方调配计算能够避免这些问题。而且利用可视化技术对模拟结果进行输出，可以使输出结果更加形象、直观，便于分析。

2.1.10.1 计算机模拟概念

所谓计算机模拟是指通过对所研究系统的认识和了解，抽取其中的基本要素的关键参数，建立与现实系统相对应的模拟模型，并借用计算机技术编制模拟程序，对该模型进行模拟，以模仿实际系统的运行过程，观察系统状态变量随时间变化的动态规律性，并通过数据采集和统计分析，得到被模拟系统的参数的统计特性，为辅助设计提供依据。其中。模拟模型是对实际系统的一种抽象、本质的描述，它是在一定假设条件下对系统的简化，包含了反映各主要因素之间的逻辑关系和数学关系，并对实际系统具有代表性。

计算机模拟的一般流程图如图 1.4 所示。

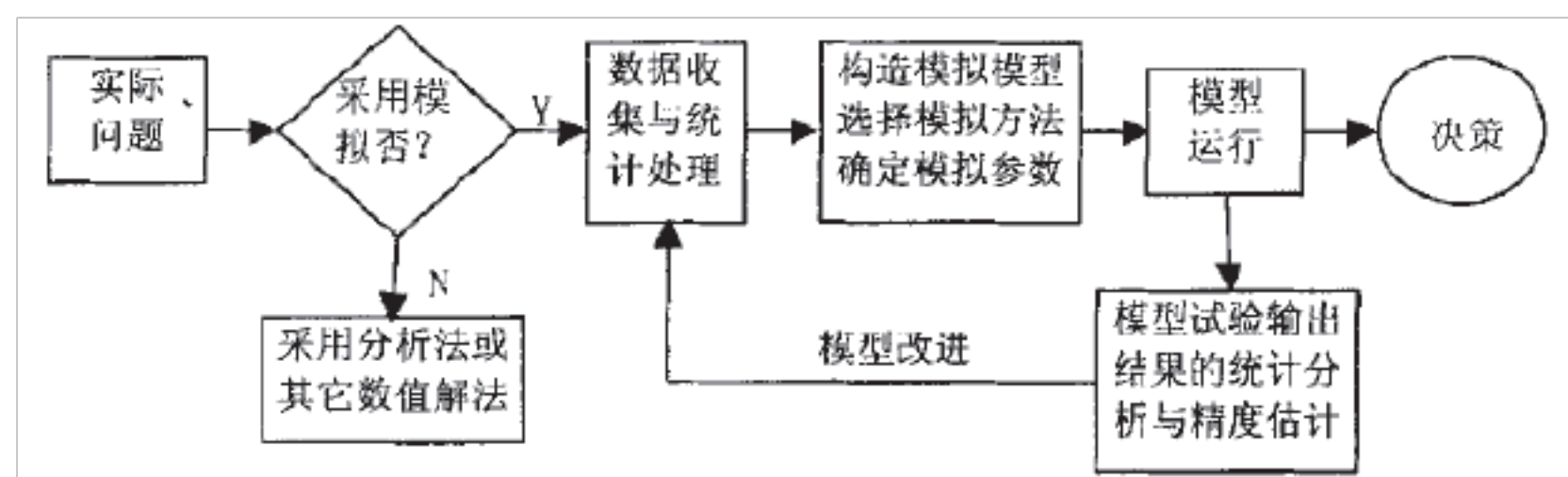


图 1.4 计算机模拟流程图

堆石坝施工中的土石方调配模拟就是应用计算机模拟技术，通过对整个土石方调配的过程进行全范围分析和研究，明确模拟目标，确定约束条件和模拟参数，

从而建立模拟模型，并编制模拟程序，在经过模型确认和程序验证后，运行模拟模型。综合分析调配结果，判断其合理性、可行性，并且作为编制施工组织设计的依据，以利于施工组织决策，同时也为工程的组织和管理提供了参考依据。

2.1.10.2 模拟方法

在实际工程中，系统按系统中起主导作用的状态的变化是否连续分为连续和离散两种系统。相应地，计算机模拟根据被研究系统的特征可以分为连续系统模拟及离散事件动态系统模拟两大类。连续系统模拟是指对那些系统状态随时间连续变化的系统建立起数学模型并将它放在计算机上进行实验；这类系统的数学模型包括：连续模型(微分方程等)，离散时间模型(差分方程等)及连续——离散混合模型，其基本特点是能用一组方程来描述。离散事件动态系统模拟则是指对那些系统状态只在一些时间点上由于某种随机事件的驱动而发生变化的系统建立其数学模型，并将它放在计算机上进行实验。这类系统的状态量是由于事件驱动而发生变化的，在两个事件之间状态量保持不变也即是离散变化的，所以称为离散事件系统，另外，这类系统的数学模型一般很难用数学方程来描述，通常使用流程图和网络图来描述；对于水电站坝区开挖与营地建设规划中弃渣调配的系统模拟，基本上属于离散事件系统模拟。

对于不同类型的模拟系统要用不同的模拟方法来进行模拟，也即要采用不同的模拟时间推进机制。在计算机模拟中所使用的方法主要有时间步长法、事件步长法和主导实体时钟扫描法。其中，时间步长法和事件步长法较为常用。

(1)时间步长法

时间步长法也叫固定增量时间推进法。该方法是用时间过程来描述系统，它以某一规定的单位时间为增量 Δt ，按时间的进展，一步步地对系统活动进行模拟。模拟过程中，时间增量 Δt 即为时间步长，该步长是固定不变的，按此步长时间前进的时钟为模拟钟。

时间步长法模拟框图见图 1.5。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/228114042074006054>