

# 基于多目标决策的冻结施工方案的优化

张 斌

(上海丛鑫建设咨询有限公司,上海市 200083)

**摘 要:**该文基于冻结法施工与设计方案数据库,运用多目标决策理论中的简单性加权法,建立了冻结方案优化的数学模型,对多方案冻结效果进行了综合评估,成功地解决了冻结施工方案指标间的相互制约、相互影响的问题,为冻结施工方案优化决策提供了新的思路和方法。

**关键词:**专家系统;权重;多目标决策;冻结方案优化

**中图分类号:**U455.49 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)04-0139-02

## 0 前言

随着我国工程建设新的历史发展时期的出现,工程中井筒冲积层厚度越来越深,冻结法成为通过深厚表土层中的最主要的施工方法。复杂的深厚表土中冻结井筒方案的设计对冻结工程的影响越来越大。必须从工程的技术性能、经济效益和环境影响等方面出发,分析不同类型工程方案的指标差异,对冻结方案进行优化。但是冻结工程的地质与工程环境条件复杂多变,设计中涉及的冻结井筒的因素很多。在这些因素中,有很大一部分因素具有较强的模糊性和不确定性。因此,很难用传统的数学方法来处理。通过对不同的影响因素进行赋予不同的权值建立了冻结施工方案优化的综合评判模型。

## 1 冻结方案优化的目标

收稿日期:2006-05-24

作者简介:张斌(1970-),男,上海人,工程师,从事隧道施工、工程造价咨询工作。

防水处理。在基坑开挖过程中将 A1 和 A2 桩之间的夹土清除喷上混凝土即可。

### (3)预留咬合企口

在 B1 桩成孔施工中发现 A1 桩混凝土已有早凝倾向但还未完全凝固时,此时为避免继续按正常顺序施工造成事故桩,可及时在 A1 桩右侧施工一砂桩以预留出咬合企口,待调整完成后再继续后面桩的施工。

## 5 结语

钻孔咬合桩基坑围护施工速度快、止水效果好。从钱江路地下通道工程基坑开挖出的桩体来看,在桩身垂直度、桩芯混凝土质量及挡土止水等方面均达到了预期的效果。通过对坑外土体位移、水位观测、沉降观测等成果来看,也达到了理想的

冻结施工方案中,其方案的优劣可以用多个目标来衡量。通常多个优化目标可设为安全性、总成本和方便性。优化的目的是寻求一个安全可靠、成本较低和施工方便的综合优化方案。

(1)施工的安全性。作为冻结方案的选择安全性是第一的,失去安全性就失去了一个方案的意义。影响冻结方案安全性的因素主要有冻结壁厚度、冻结壁平均温度、井帮温度及掘进段高等。

(2)冻结总成本。冻结总成本包括钻孔成本、冻结站安装成本及冻结站运转成本。影响冻结总成本的因素主要有冻结孔数、冻结深度、冻结站装机容量及冻结壁厚度等。

(3)施工的方便性。冻结法是一种临时支护手段,因此作为冻结设计必须要考虑尽可能的为井筒施工单位提供方便。影响施工方便性的因素主要有井帮温度、段高等,比如在安全的前提下,段高应尽可能的大,以便提高施工速度。

一个好的冻结方案应该是安全可靠,施工方便及成本最低。最终的优化目标为成本,即在安全

效果,具有较高的推广价值。建议施工中须注意以下几点:

(1)由于咬合灌注桩施工连续性的特点,须切实抓好现场施工组织管理,确保混凝土供应和工序衔接正常。否则,过多设置砂桩,不利于围护结构止水,增加施工成本。

(2)由于砂质粉土振动易液化,而施工采用的冲抓取土方法不可避免地要对地层产生一定的扰动,所以在地下管线密集或周围建筑物沉降要求较高的地段应注意作好管涌的预防措施。以免对周边环境产生大的影响。可采用旋挖取土工艺。

(3)严格控制好桩体的垂直度是保证咬合的关键,在施工前要制订完善的垂直度控制及纠偏措施,同时加强施工人员的质量意识教育,施工中要严格执行。

可靠,施工方便的冻结方案中选出成本最低的方案作为最优方案。

## 2 评价指标的选取

影响冻结工程评价的因素很多,评价指标的合理选取将直接影响到评价结果是否与实际相符,评价指标的选择遵循以下原则:

(1)设计参数中对工程及工程成本影响大的因子,如冲积层深度,冻结壁厚度,冻结管间距,冻结深度,冻结站装机容量,盐水温度,冷却水温度,冻结时间及冻结工程的安全性等。

(2)地质条件变化大的因子,如地温,地下水流速,粘土层单层厚度及地下水含盐量等。

## 3 评价模型加权计分法

冻结方案的确定是一个多目标决策的问题。而多目标决策是涉及多个品性、多个目标和目的、多个准则,运用多维数学规划理论和方法进行优化的决策,它是现代决策理论的重要发展。针对多目标决策的特点,在冻结方案的优化中采用加权记分法处理,对参与方案评价的各评价因素,根据其重要性给出不同的权值,对各评价因素的得分进行加权合计来综合评价方案的优劣。

建立评判模型:

$$S=E \cdot W$$

$$(S_1 \ S_2 \ \cdots \ S_m)=(W_1 \ W_2 \ \cdots \ W_n) \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1m} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ e_{n1} & e_{n2} & \cdots & e_{nm} \end{pmatrix}$$

式中:  $S_i$  ——第  $i$  种方案的综合评价得分,  $S_i$  的值越大,表示该方案越好。方案间的优劣比较通过比较  $S$  值的大小就可确定。

$E$  ——各评价因素的标准分评价矩阵,采用百分制给分,具体评分规则由专家和回归相结合确定。

$W$  ——各评价因素的权向量,约束条件为:

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1$$

各评价因素权重大小的确定,由各专家经验和收集的已施工完的国内外冻结井筒的数据通过统计分析得到。

有了标准分评价矩阵和各评价因素的权重就可按公式计算得到每个工程方案的总评分:

$$S_i = W_1 \cdot e_{1i} + W_2 \cdot e_{2i} + \cdots + W_n \cdot e_{ni}$$

## 4 评价指标的量化

因冻结工程方案的评价指标涉及多个方面,因此评价指标的量化必须由冻结方面的专家确定量化规则,然后由计算机根据规则计算出每个指标相应的得分,评分标准采用百分制,见表 1。

表 1 评价指标量值表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分数 0~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100
等级 极差	很差	差	较差	稍差	中等	良	良好	优	极优

## 5 评分规则的确定

对于冻结方案中各个因素评分的确定按以下原则:

(1)对收集到的冻结资料进行统计分析,对于某一因素,统计出其概率分布,以其值在某一范围内出现的概率大小来确定其得分的多少。例如根据统计资料当冻结深度 300 ~ 400 m 时,冻结壁厚度在 5 ~ 6 m 之间的概率为 0.9,则当我们设计一个冻结井的深度为 350 m,冻结壁厚度取 5.5 m 时。对于这个冻结井,冻结壁厚度这个“因素”的得分为 90 分。

(2)对于统计结果比较分散的因素,因为无法得到一个比较集中的概率分布,则采用专家给分的方式对某一因素进行评分。

## 6 权重的专家评估法

在综合决策中,权重是至关重要的,它反应了各因素在综合决策过程中所占的地位或所起的作用,它直接影响到综合决策的结果。采用专家评估法对权重的确定,对于影响冻结方案优劣的因素集  $U = \{u_1, u_2, \cdots, u_n\}$ ,请  $k$  个专家独立地给出各因素  $u_i (i=1, 2, \cdots, n)$  的权重,见表 2。

根据表 2,可取各因素权重的平均值作为其权重,即:

$$W_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{ji} \quad (i=1, 2, \cdots, n)$$

由此得到评价因素的权向量集,

$$W = \left\{ \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{ji}, \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \alpha_{j2}, \cdots, \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \alpha_{jn} \right\}$$

## 7 结论

使用加权计分法对设计方案进行评价的软件,新的设计方案与已经成功的设计方案进行拟合比较,然后提取冻结法施工与设计方案的优化数

# 软土地层深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺

李永强,杨国宝

(上海隧道工程质量检测有限公司,上海市 200233)

**摘 要:**隧道间的联络通道采取合并建造开挖模式,该文主要介绍了联络通道深层搅拌法的加固和矿山法开挖构筑的施工过程。

**关键词:**联络通道;软土地层;深层搅拌法;矿山法

**中图分类号:**U455.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-7716(2006)04-0141-04

## 1 概述

隧道旁通道施工是隧道施工过程中的最后一道工序,技术难度很大。尤其在软土地层旁通道的施工中存在着坍塌的危险,不少工程在开挖旁通道时因技术上的失误造成了重大的损失。现结合实践经验简要介绍深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺。

该施工工艺适用于加固各种成因的饱和软粘土层,如淤泥、淤泥质、粘土和粉质粘土等,该工艺通过地面深层搅拌法,通过隧道内管片注浆孔注浆加固的方法,对开挖段进行土体加固,使土体达到设计的防水性和加固强度,然后边开挖边支护,完成整个通道的开挖工作。

## 2 施工工艺简介

深层搅拌法加固、矿山法开挖旁通道的施工工艺,按照施工的先后顺序大致分为土体加固、旁通道开挖构筑施工 2 个阶段。

收稿日期:2006-03-06

作者简介:李永强(1978-),男,上海人,助理工程师,主要从事检测及施工技术应用研究工作。

表 2 专家因素表

专家	因素			
	$u_1$	$u_2$	$u_n$	
专家 1	$W_{11}$	$W_{12}$	...	$W_{1n}$
专家 2	$W_{21}$	$W_{22}$	...	$W_{2n}$
...	...	...	...	...
专家 k	$W_{k1}$	$W_{k2}$	...	$W_{kn}$
权重 $W_i$	$W_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{ji1}$	$W_2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{ji2}$	...	$W_n = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k W_{jinn}$

据库系统中专家给定的每一个参数的权值,根据拟合程度,给出新的设计方案的分值,最后得出新方案的可行性。

借助冻结法施工与设计方案优化数据库的建

## 2.1 土体加固

旁通道土体加固是通过降水处理、深层搅拌桩法处理,使土体达到一定的防水性和强度。其中深层搅拌桩注浆处理是通过搅拌头切削软土,并经中心管向地基土中压入固化剂,强制拌和成水泥土,以加固土体。

### 2.1.1 深层搅拌桩的加固机理

(1)深层搅拌桩的防水、降水处理

深层搅拌桩的作用除了土体加固外,还可减少土体的渗透性,土体中存在的地下水含量也会大大削弱深层搅拌桩的加固强度。深沉搅拌桩加固区强度随着土样含水量的降低而增大,一般情况下,土样含水量每降低 10%,则强度可增加 10~50%。因此,在加固前必须保证加固区不受地下水的影响,加固时必须对强加固区以外的地下水进行隔绝及注浆后降水处理。

对于地下水的隔绝,可采用搅拌桩来减小弱加固区的土体的渗透系数。

考虑地基加固对降水井点的破坏,必须遵循先加固后降水的原则。井点必须伸入含水层较丰富的地层,以达到降水的最大效果。降水的效果还跟地下水位的深度有关,根据实践经验,当地下水

立,设计人员就可以方便快速地查阅有关资料及对冻结方案进行优化,对确定冻结方案有重要的指导意义。

## 参考文献

- [1]A·乔伊科奇.多目标决策分析及其在工程和经济中的应用[M].北京:航空工业出版社,1987.
- [2]冯保成.模糊数学实用集粹[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3]翁家杰,等.井巷特殊施工[M].北京:煤炭工业出版社,1991.
- [4]陈斌,等.运用模糊数学优选基坑支护方案[J].低温建筑技术,2005,3.