

地质工程设计支持系统 与链子崖锚固设计

殷跃平 康宏达 张颖 费宇明 等著



地质出版社

p642.22
0154
!

地质工程设计支持系统 与链子崖锚固设计

殷跃平 康宏达 张颖 费宇明 等著

地 质 出 版 社

(京)新登 085 号

内 容 提 要

本书是作者对地质工程理论研究和对长江三峡链子崖危岩整治设计的总结。全书分九章,论述了地质工程基本理论与方法,提出了“工程地质过程控制论”的基本观点,并对地质工程的关键内容——“设计”进行了研究。介绍了地质工程设计支持系统基本概念,讨论了地质工程计算机辅助设计支持系统的若干问题,包括工程地质体变形破坏过程模拟与过程控制,计算机可视化技术,GIS 与专家系统和地质工程反馈设计,地质工程最优化和风险设计,地质工程图的计算机辅助设计等,最后,介绍了上述方法在长江三峡链子崖危岩治理中的应用。

全书理论与实际并重,将工程地质与计算机、工程设计相结合,并附上了相应的设计图件和锚固力最优化分配计算程序,可供地质灾害防治、工民建、水电工程、铁路与桥隧工程、矿山工程及计算机应用等领域的设计、施工和监理人员、科技工作者和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质工程设计支持系统与链子崖锚固设计/殷跃平等著. —北京:地质出版社, 1995. 3

ISBN 7-116-01879-4

I. 地… II. 殷… III. 地质工程—滑坡体—锚固—设计 IV. P642. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03615 号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

*

责任编辑:屠涌泉 李起

北京康利胶印厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:249 千字

1995 年 4 月北京第一版·1995 年 4 月北京第一次印刷

印数:1—1000 册 定价:19.80 元

ISBN 7-116-01879-4

P·1469

序 言

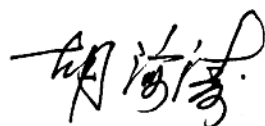
工程地质的研究已不再局限于调查、分析与评价,它要求地质人员必须参与工程建设过程中有关工程地质问题的咨询、决策、预测和改造,将工程勘察、设计与施工有机地融为一体。这必将导致地质工程的兴起和发展。

地质工程解决的是工程地质体的改造和不良工程地质作用和过程的控制问题。本书对地质工程的基本理论与地质工程的设计方法进行了有益的讨论,并将其运用于世人瞩目的长江三峡链子崖危岩体的治理中。

本书是作者等继《重大工程选址区域地壳稳定性专家系统》后又一本计算机应用于工程地质的专著。这是一部有关地质工程理论与实践的优秀著作。它跨越了工程地质、计算机应用和工程设计施工三大领域,反映了作者扎实、渊博的科研功底和敏捷、新颖的科研思路。

我很高兴为本书作序。衷心祝愿我国地质工程的理论与实践繁荣昌盛,祝愿我国青年科技人员茁壮成长,精英倍出。

中国工程院院士
中国工程勘察大师



一九九五年四月

前 言

工程地质学研究的地基稳定、边坡稳定、洞室稳定、山体稳定和区域稳定五大问题中,前三类问题已经得到了很好的解决,并由此形成工程地质分支——“岩土工程”,它的理论基础建立于岩(土)体结构之上,强调对四、五级岩体结构的控制与改造。社会经济的发展,山体稳定和区域稳定问题愈加突出,一般性的分区评价已不能满足要求,必须对这两类问题的演变趋势进行预测,对不良的结果进行改造与控制。它更多涉及到Ⅲ级、Ⅱ级甚至Ⅰ级结构面。由此,出现了工程地质研究新领域——“地质工程”。愈来愈多的学者已将“地质工程”作为一个命题加以研究。地质工程的兴起、首先在于实践,它弥补了岩土工程对山体稳定和区域地壳稳定性评价、控制和改造的不足。在理论上,将工程地质研究由“工程岩体”拓展到“工程地质体”领域,这种地质体处于不断的变化过程中,因此,对工程地质体的控制和改造已成为地质工程的核心。目前,国际上亦强调对“Joint Rock”和“Fault Rock”的研究,也预示了这一主题的发展方向。

高效快速是每一项工程的基本要求,地质工程更强调这一点。计算机是使地质工程得以高效快速的必备手段。作为工程地质的新拓展,可以认为:工程地质理论与方法都可为地质工程使用,但“设计”和“信息反馈”是地质工程的重要内容。本书贯穿了这样一个主题:“计算机辅助地质工程”。作者无意追求系统全面的理论与方法,而重点讨论在链子崖危岩整治中涉及的内容:危岩体变形破坏过程的控制,可视化(VSC)和设计支持系统。

本书是作者结合长江三峡链子崖危岩体防治设计和乌江鸡冠岭危岩体整治设计等工作对地质工程研究理论与实践的总结。章节安排如下:

第一章,殷跃平执笔。对地质工程发展进行了论评,强调地质工程以复杂地质体为研究对象,岩体结构控制论、工程地质体控制论和工程地质过程控制论是地质工程的基本理论。

第二章,殷跃平执笔。探讨了地质工程设计的基本理论与方法。地质工程要求地质勘查、设计与施工融为一体,而设计是沟通“勘查”与“施工”的桥梁。本章对地质工程计算机辅助设计支持系统进行了讨论。

第三章,康宏达、殷跃平执笔。介绍了地质体变形破坏过程的计算机可视化方法,并以四川江油窦团山危岩体和乌江鸡冠岭危岩体为例,探讨了地质过程模拟与控制 and 改造问题。

第四章,张颖执笔。研究了地质工程设计可靠性和风险性理论与方法。

第五章,费宇明执笔。介绍了地质工程信息处理的GIS方法。

第六章~第九章,殷跃平、康宏达、张颖和费宇明执笔。运用地质工程理论与方法,对链子崖危岩体重点工程——“水马门”五万方危岩体治理进行了分析。同时,介绍了计算机辅助设计支持系统在设计中的应用。

书中附上了链子崖危岩防治工程若干设计图件及锚固力最优化解程序,供读者参考。

目 录

序 言	I
前 言	II
第一章 工程地质新拓展——地质工程论评	1
第一节 引言	1
第二节 地质工程概念与发展历史	1
第三节 地质工程基本理论	3
第四节 地质工程的基本类型与基本方法	4
第五节 地质工程计算机辅助设计支持系统	5
第六节 结语	5
第二章 地质工程计算机辅助设计支持系统	6
第一节 计算机辅助设计及 AutoCAD 系统	6
第二节 基于几何形态的设计支持系统	16
第三节 基于人工智能的设计支持系统	17
第三章 可视化与地质体变形破坏过程模拟	24
第一节 VSC:科学计算中的可视化	24
第二节 地质体现状评价与有限元分析	28
第三节 地质体变形破坏过程与离散元模拟	35
第四节 危岩体改造实例——乌江鸡冠岭危岩治理爆破工程	41
第五节 结语	49
第四章 地质工程设计的最优化方法及可靠性分析	50
第一节 引言	50
第二节 最优化方法的原理及方法	51
第三节 可靠性分析方法原理	52
第四节 最优化设计在地质工程中的应用	56
第五节 可靠性分析在地质工程中的应用	71
第五章 地质工程信息处理与 GIS 系统	74
第一节 GIS 概述	74
第二节 地质工程的数据处理	75
第三节 GIS 产业现状	77
第四节 GIS 在地质工程中的应用	80
第六章 链子崖“五万方”危岩体防治工程概述	81
第一节 基本概况	81
第二节 工程地质条件	82
第三节 危岩体变形监测分析	93

第七章 “五万方”危岩体变形破坏计算机过程模拟及稳定性分析	99
第一节 “五万方”危岩体变形破坏过程模拟	99
第二节 “五万方”危岩体稳定性分析	104
第八章 “五万方”危岩体防治设计	118
第一节 总体设计方案及思路	118
第二节 “五万方”危岩体主体加固设计	118
第三节 预应力锚索参数设计	127
第四节 预应力锚索安装施工设计	134
第五节 “五万方”危岩体其它防治单元设计	136
第六节 “五万方”危岩体监测设计与锚固试验	145
第九章 施工组织总设计	148
第一节 施工顺序与方案	148
第二节 施工进度计划	149
第三节 材料设备需要量	150
致谢	152
参考文献	153
附录 A: 四川襄团山危岩地质照片	155
附录 B: 乌江鸡冠岭崩塌地质照片	157
附录 C: 链子崖“五万方”危岩体地质照片	161

第一章 工程地质新拓展——地质工程论评

地质工程是对山体稳定性和区域地壳稳定性进行评价、改造与控制的技术。它的工程对象是复杂地质体,这种地质体处于不断变化过程中。岩体结构控制论、工程地质体控制论和工程地质过程控制论是地质工程的基本理论。地质工程要求地质勘查、设计与施工融为一体,而“设计”是沟通“勘查”与“施工”的桥梁。作者认为:必须尽快开发一套适用性强的地质工程设计支持系统,以弥补在地质工程中,知识偏窄和设计周期过长的缺陷。

第一节 引言

作者参加链子崖危岩体防治设计工作时,参阅了现行岩土工程、土木工程、水利工程和工程地质等一系列规范和技术标准。流行的做法往往是:地质勘查、设计与施工三个阶段各自有明确的不太相沟通的任务与职责。对于链子崖如此复杂的地质体来说,尽管数十年来众多的专家学者对它进行了大量的研究,但是地质问题仍存在不确定性:诸如煤层采空区的分布及对整个危岩体变形破坏的作用;水马门“五万方”危岩体裂缝分布深度及宽度等的勘查均不能满足岩土工程规范的要求。把地质勘查的不确定性带到设计中来,必然增加防治工程的不可靠和风险,因此,在施工阶段,自然存在对设计变更的可能。面对链子崖浩瀚的地质资料,往往使传统的设计人员无从下“海”,而地质人员确实不敢也无能为力按照传统从如此众多的地质信息中凝缩出几个所谓的“参数”供设计人员使用。作者深感:从未遇到一个如此要求地质、设计与施工有机结合,并以“地质”为主线纵贯始终,以“设计”为桥梁沟通“地质”与“施工”的工程。这就是地质工程!

第二节 地质工程概念与发展历史

运用地质学知识对地质体进行调查、勘察、评价与预测,并服务于工程的学科统称为工程地质学。它作为一门学科至今已有 50 年历史,其发展经历了这样四个阶段:规律性工程地质条件调查,工程地质条件评价,工程地质预测和工程地质改造与控制。随着工程建设规模扩大,单一从地质学角度来进行工程地质研究不能满足要求,数学、力学、采矿学、水力学,计算机技术、规划学、结构工程、混凝土工艺学和环境科学已渗入工程地质中,但这门学科的主体仍然是“地质”。工程地质研究的五大主题是:地基稳定、边坡稳定、洞室稳定、山体稳定和区域地壳稳定。60 年代以来,岩土工程和工程地质超前预报的兴起,推动了工程地质学的发展,较好地解决了工程地基稳定、以岩体结构为控制因素的一般边坡稳定性和地下洞室稳定性问题。但是,80 年代中期以后,随着在复杂地质体上进行重大工程建设,地质灾害防治任务的加重,这些工程的最大特点是从广义的工程选址到工程建设都面对复杂地质体,并且必须对这些复杂地质体进行改造与控制。原有的基于岩体结构控

制论的工程地质基本理论与技术已不能满足要求,因此,出现了一个新的发展方向——地质工程,它是工程地质继岩土工程后的一个新拓展。地质工程面对的是正在变形破坏过程中的复杂的地质体,研究的主题是工程场址山体稳定性和区域地壳稳定性评价、改造与控制。

1976年,美国工程地质学家古德曼出版了的著作《不连续岩体地质工程方法》(Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks),它的核心是对不连续岩体进行工程改造。他认为:“地质工程”涉及到如大型滑坡、活动断裂,洞穴岩层等自然过程的广泛领域。由于这些地质灾害的作用,减小了工程设计规模,降低了可能的效益,并增加了工程治理费用。地质工程应用领域的另一方面是采矿与采石,隧道与地下洞室。大坝坝基是典型的地质工程。对于地质灾害,地质工程的责任主要是预测,而对于采矿和采石,地质工程主要是致力于判别出地质体的不良行为,以让设计人员能使结构物的型式适应于地质条件。

在古德曼的研究中,“地质工程”仍停留于工程地质勘察领域,似乎是更强调岩体的工程性而已。真正将“地质工程”作为一个命题首先进行探讨的是孙广忠教授(1993)。此时的地质工程在英文上可以从“geological engineering”转变为“geo-engineering”了。在孙先生的一系列著述中,已将地质工程从古德曼的“岩体”提升为“地质体”。他认为,“在土木工程出现的一开始,就伴随存在着一种以地质体为建筑材料,以地质体为工程结构,以地质环境为建筑环境的一种特殊工程,如地基工程,边坡工程,隧道工程等。简单地说,它是以地质体为基础而兴建的一种特殊工程,今天已明确地称为“地质工程”。并强调,这类工程的设计和施工一刻也离不开地质。地质工程要求工程地质必须向前发展,更加密切地与地质工程设计和施工相结合研究地质工程问题,并直接参加地质工程设计和施工工作。胡海涛教授(1992)提出了狭义和广义地质工程的划分。狭义的地质工程指各类工程,如建筑、土木、水利、道路和采矿都不可避免地要进行地基、边坡和地下洞室开挖以及防渗、排水等。在这一层次上,地质工程基本上等同于岩土工程。广义地质工程,主要对地质体进行改良——强化或弱化,或对一个地区资源开发,地质灾害防治和地质环境保护等进行改善地质环境的各项工程。罗国煜教授在对地质工程的研究中(1992),强调了充分利用地质体潜能和地质体改造的观点。地质工程立足于地质体特性,应用的不是一般工程技术,而是具有鲜明特色的地质工程技术。罗先生认为:地质工程服务于三个层次:全球性系统、地区性系统和地带性系统,它是地质灾害减缓的有力武器,而优势面理论体现了地质工程的基本思想。胡先生和罗先生均强调了地质工程面向的对象——地质体,同时主张,地质工程的服务领域应面向区域性地质问题的改良上。

梁炯均先生首次将“地质工程”专门作为一个研究项目进行探讨。在他承担的国家自然科学基金项目《地下工程系统的地质工程研究》报告中,提出了“工程地质体”的概念:在内或外动力作用下形成并经过地质演化,受环境因素制约,服务于工程的地质体。它是地质工程服务的总体。用工程措施控制地质体,使之具有服务功能的工程,称为地质工程。由于地质的不确定性,梁先生引入了控制论的方法,强调地质工程的反馈设计,以求最终逼近目标。

作者认为,地质工程是工程地质的新拓展,它是与岩土工程密不可分的一种技术。但是,岩土工程主要解决建立于工程岩体之上的地基稳定,以及一般边坡和洞室稳定的评价、改造和控制问题,岩(土)体结构是岩土工程的核心。地质工程面对的是复杂地质体,并

且这种地质体正在不断的变形破坏过程中,它解决的是建立于复杂地质体之上的山体稳定性和区域地壳稳定性评价、改造与控制问题。地质工程的理论基础是“工程地质过程改造与控制论”。山体稳定性的评价、改造与控制已取得一定经验,如金川矿,抚顺矿和链子崖整治工程等,但对于黄河下游悬河,南水北调工程,强震区重大工程场址的改造与控制(如活动断裂的处理),秦岭深埋隧道等进行地质工程的改造与控制尚处于摸索之中,这是地质工程今后发展的重要方向。

第三节 地质工程基本理论

1. 岩体结构控制论

作者认为,地质工程的基本理论有三个层次:岩体结构控制;工程地质体控制;工程地质过程控制。岩体结构控制是地质工程中最基本的理论,正如“岩石+结构面”构成岩体的主体一样,“岩体+地质环境”是工程地质体的主体。按照孙广忠教授的见解(1988),岩体力学作用和岩体力学性质主要受岩体结构控制,岩体不是简单的一种连续介质材料,而是在岩体结构控制下具有多种力学介质和多种力学模型,岩体力学是由多种介质力学组成的力学体系,结构力学的理论与方法是研究岩体力学的有效工具。孙先生提出了要走“工程地质—岩体力学—地质工程”三位一体的路子。

2. 工程地质体控制论

梁炯均等将控制论引入地质工程中,明确提出了“工程地质体控制论”的概念。作者认为,地质工程的对象是复杂地质体,因此,“工程地质体控制论”的提出预示研究上的一个飞跃。实际上,地质体的工程特征远比岩体来得复杂,相对岩体而言,地质体的控制与改造似乎是遥远的事。从这一点上看,地质工程不仅是一门技术,亦有较强的理论课题。梁先生认为,“工程地质控制论”是研究地质工程系统的控制和调节规律的科学,要求把地质研究,力学分析,环境影响评价以及工程技术紧密地结合起来,以期能优质高效地实现工程目的,工程地质体控制论的基本方法可归纳为四点:

(1) 地质工程系统分析

它是系统全过程的决策方法,将决策与实施的相互作用具体化。各个单元的有机组合与优化体现在地质工程的设计上。

(2) 地质控制标准

它是构成了系统的约束条件。从工程实践的角度,可总结出以下原则:柔性控制原则,刚性控制原则,超前控制原则,深层控制原则,弱化控制原则和刚柔结合原则。

(3) 监控法

它是控制过程的第二个步骤,是揭露在实现目标过程中出现的偏差,甚至错误。

(4) 反馈设计

它是控制过程的第三个步骤,是纠正地质工程施工过程中偏离标准与计划的误差。

3. 工程地质过程控制论

地质过程着眼于地质动力作用的过去、现在和未来,而工程地质过程包含了人为工程活动因素。地质工程的研究对象主要是复杂的地质体。从地质发展史上看,地质体远比岩体复杂,它受控于特定的地质构造背景。作者强调工程地质体的变化特性,地质工程面对的是正处于不断变化过程中的地质体,如链子崖危岩体,每年的位移量可达2~4mm。地质工程必须研究地质体过去,现在和未来的地质过程,并运用地质学为主的原理对未来不良的地质过程加以改造,甚至进行控制。因此,作者认为,“工程地质过程控制论”是地质工程的基本理论,可归纳为以下五点:

- (1) 地质工程是对山体稳定和区域地壳稳定性评价、改造与控制的理论与技术。
- (2) 地质工程主要研究对象是正处于变化过程中的复杂地质体。
- (3) 地质工程面对的复杂地质体具有不可忽视的不确定性。这种不确定性要求勘查、设计与施工必须融为一体。
- (4) 地质工程中,贯穿全过程的始终是“地质”。
- (5) 地质工程对地质过程的改造与控制必须遵循地质动力作用基本规律,因势利导,顺其自然。

第四节 地质工程的基本类型与基本方法

地质工程的类型划分,取决于工程目的以及工程空间位置等。胡海涛教授将地质工程分三类:采掘地质资源工程、防治地质灾害工程和保护地质环境工程。它的基本技术方法可概括为11个字:挖、填、排、堵、喷、锚、墩、桩、墙、幕、键等。对于某一具体工程,措施并不是单一的,这些方法可组合成一种优化方案。

按空间位置,并结合岩(土)工程分类习惯,可将地质工程分为三类(梁炯均等,1992):

- (1) 地下建筑地质工程,如交通隧道、人防工程、城市地下建筑、地下采矿和输水隧道等。
- (2) 地面建筑地质工程,如建筑基础、河道建筑和露天开采等。
- (3) 特殊建筑地质工程,如核废料存储工程和水封油库工程等。

作者认为,限于地质工程的研究工作刚刚开始,要想作出全面的分类是困难的。如果从地质工程的任务,即对山体稳定性和区域地壳稳定性进行评价、改造与控制出发,结合工程地质体及工程地质过程,可初步划分出以下基本类型:

- (1) 采矿地质工程。如金川、抚顺矿山开采。
- (2) 防灾地质工程。如链子崖、黄腊石整治。
- (3) 环境改良地质工程。如盐渍化、沙漠化和悬河治理。
- (4) 水能开发和跨流域引水地质工程。如三峡大坝和南水北调工程。
- (5) 过江或深埋隧道地质工程。如日本青函隧道、英吉利海峡隧道和秦岭隧道等。
- (6) 其它类型。如核废料地下处置工程和活动断裂防治工程。

第五节 地质工程计算机辅助设计支持系统

地质工程中,地质勘查的不确定性导致了设计的不完善和非标准,给工程施工带来了困难。用控制论的方法实时反馈施工过程中的地质信息,修改设计,使设计方案更接近于合理可行,是地质工程的显著特点。“设计”在地质工程中处于关键地位。在地质工程中,工程地质人员往往提出了浩瀚的地质信息,但设计人员通常望“洋”兴叹,希望地质人员将之归纳为几个具体“参数”。对于一般工程岩体来说,尚属可行,但对于复杂地质体而言,谈何容易!地质工程自提出之日起,就要求勘察、设计与施工相结合,运用信息反馈原理逐步完善整个工程。贯穿其中的是“地质”,而将“地质”与“施工”沟通的是“设计”。

地质工程的设计具有理论分析、经验类比和监控反馈特点。大量的数学力学计算,结合众多专家经验,实时的信息处理,并以设计图的形式表现出来,非一般地质工程人员所及。这就要求地质工程的设计必须借助于计算机技术。作者在对长江三峡链子崖危岩整治设计中,充分利用了计算机辅助设计技术,并由此提出了地质工程计算机辅助设计支持系统的开发框架,它主要包括为下几个内容:

- (1) 地质工程中常用的数理统计软件。
- (2) 地质工程中常用的力学分析软件与有限元、离散元和边界元模拟软件。
- (3) 地质工程及相关领域规范及规程专家系统。
- (4) 地质工程及相关领域权威专家专家系统。
- (5) 地质工程相关领域工程实例数据库与知识库。
- (6) 智能化计算机辅助设计与制图软件。
- (7) 具有动画功能并能模拟工程地质过程的三维模型系统。

在现阶段,迅速开发出遍历勘查、设计和施工的规范规程专家系统是非常有意义的,同时,应着手开发具有智能化的地质工程 CAD 系统。

第六节 结语

地质工程在我国方兴未艾。它的研究主题是山体稳定性与区域地壳稳定性的评价、改造和控制,研究对象是复杂的地质体。这种地质体过去、现在和未来都在不断的变化中,因此,地质工程的基本理论之一是“工程地质过程控制论”。在地质工程中,勘查、设计与施工是有机的整体;而设计是沟通地质勘查与施工的桥梁,是整个地质工程的关键。作者提出了开发一套地质工程计算机辅助设计支持系统的框架。

第二章 地质工程计算机辅助设计支持系统

工程地质已进入对工程地质体改造和对工程地质过程控制的阶段。由此形成了新的分支——地质工程,它的研究主题是山体稳定性和区域地壳稳定性的评价、控制和改造。规范化和参数化的设计根本不能满足地质工程的要求。地质工程自形成之日起,就要求地质勘察、设计与施工有机结合,并以“地质”为主线贯穿始终,以“设计”为桥梁沟通“地质”与“施工”。地质工程的设计具有非结构化,非参数化,非规范化特征,同时,也具有“风险与优化”性和“反馈与可变更”性。图 2.1 表示了地质工程设计的基本框架。应该强调的是,这种结构偏重于地质灾害的整治工程。由于所要解决的问题往往错综复杂,力图仅用一种固定的、程式化的求解方法是不现实的。因此,寻求一种非结构化的工具,根据问题的需要,面向目标自动生成求解路结构是必须的。基于计算机的“信息—设计支持系统”的分析方法为地质工程提供了一个新的研究途径。

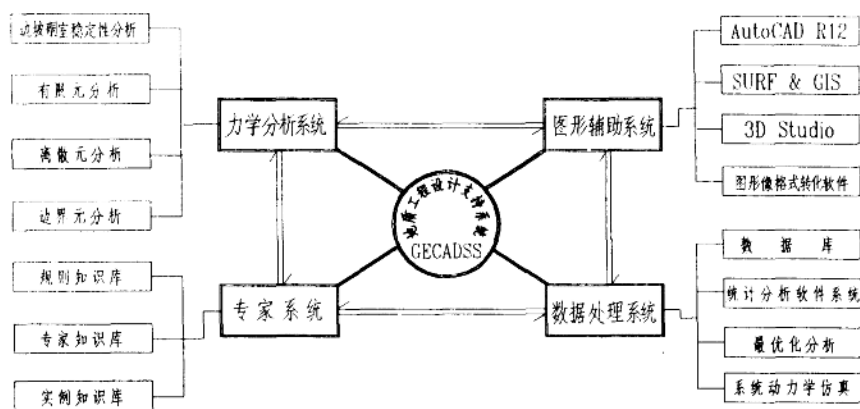


图 2.1 地质工程设计支持系统框架

第一节 计算机辅助设计及 AutoCAD 系统

地质工程设计本质上是对地质体及其作用过程高度知识化和参数化的思维活动,它的基本过程是根据工程要求,通过对地质体的分析与概化,最终形成对地质体不良过程控制与改造具体、全面的描述,并以图件形式表现出来。地质工程设计包括如下内容。

(1) 目标确定:地质工程力图运用地质学原理,用工程措施改造与控制不良的地质过

程,它的目标的实现往往是非常艰巨的,因此,在确定目标时,必须充分考虑工程的可行性。如链子崖危岩体,高差近千米,力图用工程措施对 T_0-T_{12} 缝的各种变形破坏过程都加以控制是不现实的。地质灾害的防治应充分考虑社会经济等因素。链子崖危岩现今的防治目标确定为:防止危岩体入江造成严重的阻碍碍航,因此,防治重点放在 T_8-T_{11} 缝危岩体,并以 $T_{11}-T_{12}$ 缝危岩体为重点之“重点”。这样,一方面充分考虑了危岩体入江造成的巨大危害,同时,也保证了工程的可行性。

(2)任务分解:根据所确定的目标,将实现过程划分为若干个任务单元。在链子崖危岩体防治工程中,将任务分解为下列工程单元:水马门“五万方”危岩体、 T_8-T_{12} 煤层采空区、 R_{401} 软层之上表层滑移体、雷劈石滑坡和猴子岭崩塌堆积体。这些任务具有轻重缓急。

(3)方案论证:根据对设计特征和困难的初步分析,在各个中间设计目标和设计子任务中选择合理的施工顺序。对链子崖来说,相当于防治工程的可行性研究。结合地质结构和危岩体变形破坏特征,从工程实现的可能性加以论证,提出防治比选方案。例如,“五万方”危岩体推荐了预应力锚固和爆破方案,最终选定预应力锚固方案。随着设计阶段的深入,甚至在施工阶段,地质工程的设计方案都可能进行调整。

(4)初步设计:针对任务的分解,对各子任务确定设计参数与边界,并对实现目标的可能性,工程要求和造价提出新的评估。链子崖防治工程的初步设计,在全面分析评估地质体性状及变形破坏过程基础上,提出了具体的工程实现步骤和有关工程参数,提出了以地质为主体的工程图件,并进行工程概算。

(5)施工设计:针对初步设计确定的工程方案,进一步对工程措施具体化,包括工程措施的具体结构,施工顺序及施工保障等。提出以结构为主体的工程图件,并进行工程预算。

(6)施工组织:将各子任务的设计结果采用总体最优方法进行整体安排,包括组织、施工顺序、材料准备、三通一平、施工质量及施工安全监测等。

(7)仿真分析:评估与预测各个设计结果性能持久,并依据设计目的或有关规章对设计细节和各个参数的值与边界进行测试。地质工程的仿真与分析重点放在现场参数的获取及工程地质过程的改造与控制上,采用方法如有限元、离散元、随机过程模拟、未来各种条件下的稳定性评价、数理模拟与现场原位测试和现场工程试验(如锚索拉拔试验)等。

(8)设计优化:在仿真与分析基础上,按照地质工程目标和有关规程、经验,对各设计单元,以及设计单元之间的交互、联系进行优化。如链子崖“五万方”危岩体锚固力的确定,以及施工顺序的安排等。线性规划和动态规划是地质工程最常用的方法。

(9)文档记录:将设计结果和相应的解释、推理过程完整地记录下来,并形成相应的分析报告和图表。

(10)图形图象处理:地质工程设计,主要的设计思想及工程措施均应完整地以适当标准的图件表现。一般来说,图形是常见的方式,随着电子技术的发展,电子图像,甚至具有揭示地质体变形破坏,以及控制过程的图象将愈来愈普及。

(11)监控法反馈设计:地质工程的设计是非标准设计。随着施工的进行,用监控法等揭示和地质信息更加丰富,要求对原设计进行完善,甚至变更。因此,监控反馈设计是地质工程最重要的一种设计方法。

用人工方法来完成上述过程,不仅会使设计周期冗长,并且可能会使设计难以完成,因此,必须引入计算机技术。其中,最为核心的是计算机辅助设计(CAD)系统。所谓计算机辅

助设计,指以设计人员为中心,采用人机对话的形式,通过计算机完成上述设计的一种技术。在现阶段,CAD 技术着重于基于几何的图形与数据处理方面。机械、电子、建筑和服装等标准化程度很高的行业相继开发了成熟的 CAD 系统。地质工程是典型的非标准化设计,如何在上述 CAD 系统基础上开发出适合地质特性的软件系统是新课题。在链子崖危岩整治设计中,采用了图形和数据交换功能极强的 AutoCAD(12.0 版)系统。

AutoCAD 是计算机辅助设计、辅助绘图的通用软件包,是一套功能极强的工具。与传统的手工绘图相比,用 AutoCAD 绘图速度更快,精度更高,且便于修改,如今 AutoCAD 能在台式计算机上提供以往只有在昂贵的大型计算机上才能得到的高级功能。

用 AutoCAD 绘图实际上没有任务限制,凡手工能绘的,AutoCAD 都能做到,如今 AutoCAD 广泛应用于下述领域:

- 各种建筑绘图;
- 室内设计和设备布局图;
- 流程图和组织结构图;
- 各种图形;
- 电子、化学、土木、汽车、造船和飞机制造业;
- 拓扑图形和航海图;
- 服装设计和裁剪;
- 数学函数和科技图表;
- 剧院灯光设计;
- 乐谱;
- 技术图解和装配图;
- 商标;
- 贺年片和艺术画。

AutoCAD 不仅能画静止的图形,它还能结合 AutoShade 和 AutoFlix 动画程序来制作像电影似的动画片,并提供交互式显示。

使用 AutoCAD 用户不仅可以绘图,还可以进行创作。用户可把相关的实体放在图层上或把它们分类编组,然后用它们来构造可用作为整体管理使用的复杂目标。AutoCAD 会记住所绘目标的位置、大小和颜色,把这些参数存入数据库以供检索、分析和管理使用。

为了对 AutoCAD 有全面了解,现将其版本历史摘录介绍如下(希望,1991):

(1)1.0 版(1982 年 12 月)

这是 AutoCAD 最早的版本。1982 年 11 月首次在 COMDEX 交易会上展出。之后的一个月就开始发行了。

(2)1.2 版(1983 年 4 月)

- 增加了一个很有价值的尺寸标注选择项

(3)1.3 版(1983 年 8 月)

- 增加了装配功能
- 用新加入的 CHANGE 命令可以在层之间转换
- 增加了“橡皮线”和“方框”光标
- 新的文字右对齐功能

- 可以从菜单中删去直到 40 项
- 可以调整绘图参数和原点
- 可以对文字实体用 CHANGE 命令
- 增加了支持大绘图仪的功能
- 增加 HELP 命令
- 在 DXF 文件上增加头信息
- 在装配器选择打印机和缺省菜单文件中,增加了“New drawing”对话
- 使用标准颜色号

(4)1.4 版(1983 年 10 月)

- 增加了 LINE 命令(自动闭合多义线)
- 改变了弧和圆的定义
- 增加了缩放功能(前一个、区域、相对当前放大系数放大)
- 新的 ARRAY 功能,包括圆形阵列
- 增加了块(WBLOCK 可把块写入文件,可重定义块)
- 可以用宽度来定义文字大小(对齐)
- 提供新的文字字体
- 垂直方向的文字可以垂直方向上对齐
- 增加了对 Snap,Grid,Ortho 和 Tablet 方式的切换键
- 用 Ortho 方式来控制的旋转角
- 如果 Snap 方式为打开,则显示捕捉光标
- 增加了形定义(X-Y 位移、弧)
- REPEAT 和 ARRAY 通过矩阵的两个角来定义行/列距离
- 可以用 FILES 命令和新的主菜单项来访问磁盘文件目录
- 栅格不再自动变换比例因子
- 除了正文输入,RETURN 和 Space 等价
- 命令文件功能
- 新的方式/坐标状态线
- HATCH 命令可以填充阴影
- SKETCH 可以自由绘画
- AXIS 命令显示坐标轴
- UNITS 命令可以用英尺—英寸输入并显示
- BREAK 命令删除直线、轨迹、圆或弧的一部分
- RELLET 命令用一段光滑弧连接两直线

(5)2.0 版(1984 年 10 月)

- 增加了点/划线的线型能力(LINETYPE、LTSCALE 和 LAYER LTYPE 命令)
- 现在可由用户选择层名,在一张图上分层的数量不受限制
- 在图中可以用形文件和多种文本字形
- 正文式样:对于一种正文字型具有倾斜、镜像、伸长和压缩的能力(在 STYLE 命令中)

- 正文可以做下画线和上画线
- 正文对齐方式可被记忆,并可用 CHANGE 命令改变
- 增加快速正文方式(QTEXT 命令)
- 可定义最多到 4 个数字化板菜单区
- 为多按钮的采点设备提供了分离式菜单
- 菜单可被分为许多子菜单,可用特定的命令选择显示
- 可用名字或颜色号指定标准颜色
- 轨迹和实心体即使关闭屏幕也可被填充
- 为编辑形和字可更快地装入形和字体文件
- 可在数字化板上配置屏幕采点区
- 对 LINE 命令增加了“Undo”功能
- PAN 命令的位移意义已被转变过来
- 装入和建立图形交换文件的 DXFIN 和 DXFOUT 命令,已被放入主菜单任务
- 在从前的版本中,圆形矩阵仅仅对块中的输入项起旋转作用,现在这种限制已被解除
- 增加了命令文件功能
- 求面积命令现在也显示周长
- 求距离命令也显示夹角,两点间 X、Y 的增量
- LIST、DBLIST 命令显示长度、角度、线的 X、Y 增量、面积、圆周长
- 增加的 ENDSV 命令在退出前存入矢量文件
- 新的 SAVE 命令存入编辑后的图形,而不退出
- 新的幻灯片可容易地产生和显示
- 增加了尺寸标注功能,弧/圆的直径,半径及标注线可以以任何角度给出,另外还有几个其它询问特征
- 用度、分、秒表示角度(UNITS 命令的扩展)
- 在状态行上的橡皮线显示长度和角度
- HATCH 命令使用的参数被记忆,并作为下一个 HATCH 命令的缺省值,增加了“repeat”功能;这种情况下将提示选择另一个区域用同样方式画阴影线
- 对弧形图形填充的约束已取消
- 对 ARC、CIRCLE、SHAPE、INSERT、CHANGE、COPY、MODE 命令进行了动态定义(可拖拉)
- 目标捕捉可捕捉已存在的目标的参考点(OSNAP 命令)
- 目标镜象(MIRROR 命令)
- 命名视图(VIEW 命令)
- SNAP、GRID 和 AXIS 可以被旋转、偏移或给出不同的 X、Y 间隔,捕捉偏移可用于填充图案的各种直线
- 具有等轴栅格和捕捉能力(“SNAP Style Iso”和 ISLPALNE 命令)
- 新的制作幻灯命令使幻灯更方便
- 对于一些显示器,在配置 AutoCAD 时,可以去掉屏幕菜单和文本提示区,以提供更大的图形面积