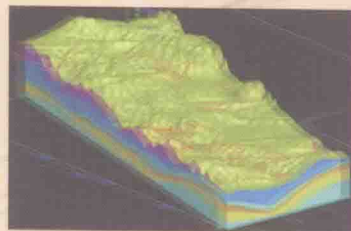
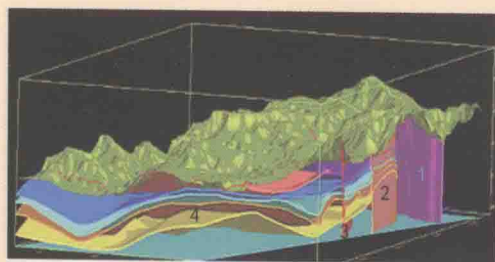


工程地质信息处理 技术与方法概论

主编 刘军旗 黄长青
副主编 吴冲龙 毛小平 汪新庆



GONGCHENG DIZHI XINXI CHULI
JISHU YU FANGFA GAILUN

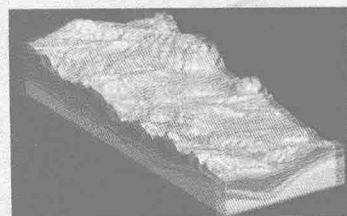
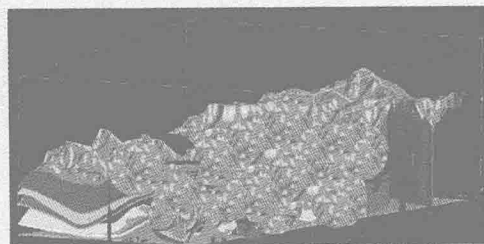
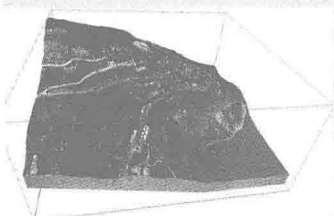


中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

GONGCHENG DIZHI XINXI CHULI
JISHU YU FANGFA GAILUN

工程地质信息处理 技术与方法概论

主编 刘军旗 黄长青
副主编 吴冲龙 毛小平 汪新庆



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

工程地质信息处理技术与方法概论/刘军旗,黄长青主编. —武汉:中国地质大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5625-3598-0

I. ①工…

II. ①刘…②黄…

III. ①工程地质-信息处理

IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 170011 号

工程地质信息处理技术与方法概论

刘军旗 黄长青 主 编
吴冲龙 毛小平 汪新庆 副主编

责任编辑:彭 琳

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:461 千字 印张:18

版次:2015 年 8 月第 1 版

印次:2015 年 8 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-3598-0

定价:48.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

工程地质是勘察、研究和解决与人类工程建设活动中有关的地质问题,以及工程与地质环境相互作用、相互影响、相互制约而导致的工程和环境问题的科学。工程地质通过野外调查、测绘、勘探、取样、试验及资料分析与整编等方法,确定工程区地层、构造、节理裂隙、地下水等的空间分布、物质组成及物理力学性质,对工程区岩土体稳定性、地下水运动规律、外动力地质作用、岩土与地下水和工程之间的相互作用、孕灾可能、承载力等工程地质条件与问题进行分析 and 评价,为工程适宜性及工程设计与施工提供依据,为对可能的地质灾害进行预测、避险或防治提供依据。其广泛应用于工程、环境、灾害、城市、矿山、海洋等研究与应用领域,对人类社会的可持续发展具有重要意义。

信息技术(Information Technology,简称 IT)是依托计算机、网络而建立的信息采集、存储、管理、分析、处理与多种应用所采用的技术方法的统称。一般包括硬件和软件两个部分:硬件提供信息处理的物质基础,软件基于硬件对数据与信息进行获取及各种分析处理。由于各行各业都涉及到数据与信息的获取、管理、分析和处理等需求,从而使信息技术成为一种类似语言或数学等学科的、可以为各个专业提供支持与服务的基础性学科。目前,可以说没有哪个学科或行业不需要信息技术的支持。

工程地质信息处理技术与方法是工程地质和信息技术的交叉研究方向。随着工程地质勘察技术与信息技术的发展,工程地质信息处理技术日渐完善,并在规范化、数字化、高效、开放与共享等方面发挥越来越大的作用。

本书分析了目前工程地质的目的、工作内容和工作流程及信息技术在工程地质信息获取、管理与处理中所起的作用,并结合在南水北调中线工程、长江堤防工程、水利枢纽工程 and 三峡库区灾害防治工程中的实践,概括性地总结了工程地质信息处理的相关技术与方法。

本书基本采用理论与技术方法论述和实践实例相结合的方法进行阐述,甚至全面归纳了工程地质的数据管理对象,以期使本书更具可操作性和实用性。全书共分为 11 个章节和 1 个附件。

第一章对工程地质的内容及流程进行了分析,并在工程地质工作各个环节与信息技术之间建立了对应关系,认为可以通过这些信息技术对传统的工程地质工作主流程进行信息化改造,从而提高工程地质信息化的程度。

第二章至第五章分别从数据库管理、计算机辅助制图、三维建模和空间分析 4 个方面论述了信息技术对工程地质工作主流程信息化改造所采用的一般技术与方法。

第六章简述了工程勘察、设计与施工的三维一体化,认为完善的三维地质模型不仅可以提高地质分析的洞察力,而且可以在工程设计方案的对比、优化方面发挥重要的作用,同时可以为工程施工提供预见性的指导建议,从而达到工程勘察、设计与施工的一体化。

第七章以地质灾害监测为例,简述了三维可视化与工程监测的结合及建立三维监测系统

的一种思路。

第八章简述了工程地质实现虚拟现实面临的问题及实现的步骤,认为工程地质虚拟现实是工程地质信息处理的可能发展方向。

第九章论述了工程地质信息处理过程中的标准化体系及目前面临的问题,认为关于三维建模与分析方面的标准化工作亟待建立与完善。

第十章结合工程地质数据与信息复杂性,论述了工程地质信息处理过程中实现网络协同的一般方法与注意事项。

第十一章依据笔者在南水北调中线工程、长江堤防工程和三峡库区灾害治理工程等我国大型工程中的信息化实践,认为在工程地质信息处理过程中有3个重要的节点需要关注:数据及数据管理(数据中心DC)、三维模型(分析及应用中心AC)及虚拟现实(虚拟表达与交互中心VC)。笔者认为工程地质数据及信息是一个庞大、复杂的大数据,大数据的分析、协调与调度的关键之一是合理的集成体系,工程地质信息处理的“3C”模型是这个集成体系的探索与尝试。

本书附件以多个大中型工程地质信息系统的建设与应用实践为基础,系统总结了传统工程地质工作所面临的各类数据,归纳了工程地质信息系统的重要基础——数据库建设中可能用到的各类数据表,涵盖了水利枢纽工程、工业与民用建筑、铁路或公路工程、桥梁工程、港口工程、地质灾害、矿山工程、堤防工程等,并给出了基本的编码体系、各个字段的长度、小数位以及一般采用的单位,可供建立各类工程地质数据库时参考。

在本书编写过程中感谢给予帮助的各位同事及各位专家学者! 特别感谢陈飞、黄学斌、张春生、石林、程温鸣、周兴志、谭照华等教授级高级工程师,苏爱军、项伟、刘刚、田宜平、何珍文、张夏林等教授,李伟中博士后,翁正平、张志庭、李新川、刘志峰、綦广、张军强等博士。

特别声明:本书的支持项目包括以下几个。

- (1)长江水利委员会与中国地质大学(武汉)合作项目——南水北调中线工程数据库建设。
- (2)长江水利委员会项目——工程地质信息系统。
- (3)长江水利委员会项目——长江堤防工程地质信息系统建设。
- (4)华东勘测设计研究院与中国地质大学(武汉)合作项目——水电工程地质三维信息系统。
- (5)三峡库区地质灾害防治工作指挥部与中国地质大学(武汉)合作项目——地质灾害勘察数据采集与图形编绘系统建设。
- (6)三峡库区地质灾害防治工作指挥部与中国地质大学(武汉)合作项目——三峡库区地质灾害三维模型库建设。
- (7)三峡库区地质灾害防治工作指挥部与中国地质大学(武汉)合作项目——三峡库区地质灾害立体地质图软件研发及图库建设。
- (8)中国地质大学(武汉)“985”学科平台建设项目——地质灾害三维建模及空间分析系统。
- (9)中国地质大学(武汉)设备研制项目——多传感器监测数据融合与分析系统。

本书的出版仅为抛砖引玉,不当之处恳请批评指正。

目 录

第一章 工程地质工作流程与信息处理模型	(1)
第一节 工程地质的基本内容及一般工作流程	(1)
第二节 工程地质信息处理的一般工作流程	(4)
第三节 工程地质信息化处理模型	(6)
本章小结	(8)
第二章 工程地质数据管理	(10)
第一节 工程地质数据	(10)
第二节 工程地质数据采集方式	(12)
第三节 工程地质数据管理	(17)
第四节 工程地质信息系统简介	(28)
本章小结	(34)
第三章 工程地质二维制图	(36)
第一节 计算机辅助设计及制图技术简介	(36)
第二节 工程地质图件及其数据源分析	(38)
第三节 二维制图一般原理概述	(42)
第四节 基于数据库和三维模型的辅助制图	(46)
本章小结	(48)
第四章 工程地质三维建模	(50)
第一节 工程地质三维模型的特点	(50)
第二节 工程地质三维建模方法探讨	(54)
第三节 工程地质一般建模过程	(66)
本章小结	(75)
第五章 工程地质三维空间分析	(76)
第一节 基础工程地质三维空间分析	(76)
第二节 复杂工程地质三维空间分析	(87)
本章小结	(94)
第六章 工程勘察、设计、施工的三维一体化	(96)
第一节 从面到点、从地上到地下的三维地质模型	(96)
第二节 基于三维地质模型的设计优化与施工	(100)

本章小结·····	(104)
第七章 工程地质监测信息处理 ·····	(105)
第一节 监测系统概述·····	(105)
第二节 三峡库区地质灾害监测系统简介·····	(108)
本章小结·····	(116)
第八章 工程地质虚拟现实概述 ·····	(117)
第一节 虚拟现实简介·····	(117)
第二节 工程地质虚拟现实的一般方法概述·····	(119)
本章小结·····	(122)
第九章 工程地质信息处理标准化体系 ·····	(124)
第一节 标准化的基本原理及主要作用·····	(124)
第二节 工程地质信息处理常用的标准·····	(125)
第三节 工程地质三维信息系统标准化示例·····	(127)
本章小结·····	(136)
第十章 工程地质信息处理的网络协同 ·····	(137)
第一节 工程地质信息网络协同处理的基本内容·····	(137)
第二节 工程地质信息网络协同处理的一般过程·····	(139)
本章小结·····	(143)
第十一章 工程地质信息处理的“3C”模型 ·····	(144)
第一节 工程地质信息处理的“3C”模型简介 ·····	(144)
第二节 工程地质数据及信息处理“3C”实现思路 ·····	(152)
本章小结·····	(154)
附件:工程地质信息处理常用数据表 ·····	(155)
参考文献 ·····	(277)

第一章 工程地质工作流程与信息处理模型

工程地质与社会发展息息相关,国家城镇化、交通网的建造、水系网的防护与利用、地质灾害的预测预报等,都离不开工程地质工作。工程地质信息化可以提高传统工程地质工作的质量与效率,可以更有效地对工程地质数据与信息进行管理和共享。

工程地质工作流程与信息处理模型以工程地质工作的基本内容和一般工作流程为基础,以当前信息技术的发展现状为依据,结合当前工程地质数据处理的主流技术与方法,概括了工程地质数据的常规处理流程和信息处理模型,以期在实际工程地质工作与信息技术之间建立一个具有一般性的连接通道与处理模型。

第一节 工程地质的基本内容及一般工作流程

一、工程地质工作的目的及基本内容

工程地质是各类工程设计和施工的基础,其目的是运用正确的勘察程序、技术手段和方法,以查明工程区域的工程地质条件,对可能发生的工程地质问题进行分析预测和评价,并提出防治处理措施的建议,为各类工程的设计和施工提供所需的地质资料。

工程地质勘察一般按阶段进行。不同类型的工程,阶段划分会有所差别。对于工程地质条件简单的工程或资料较丰富的工作区域,按规范的规定可以将勘察阶段适当归并。

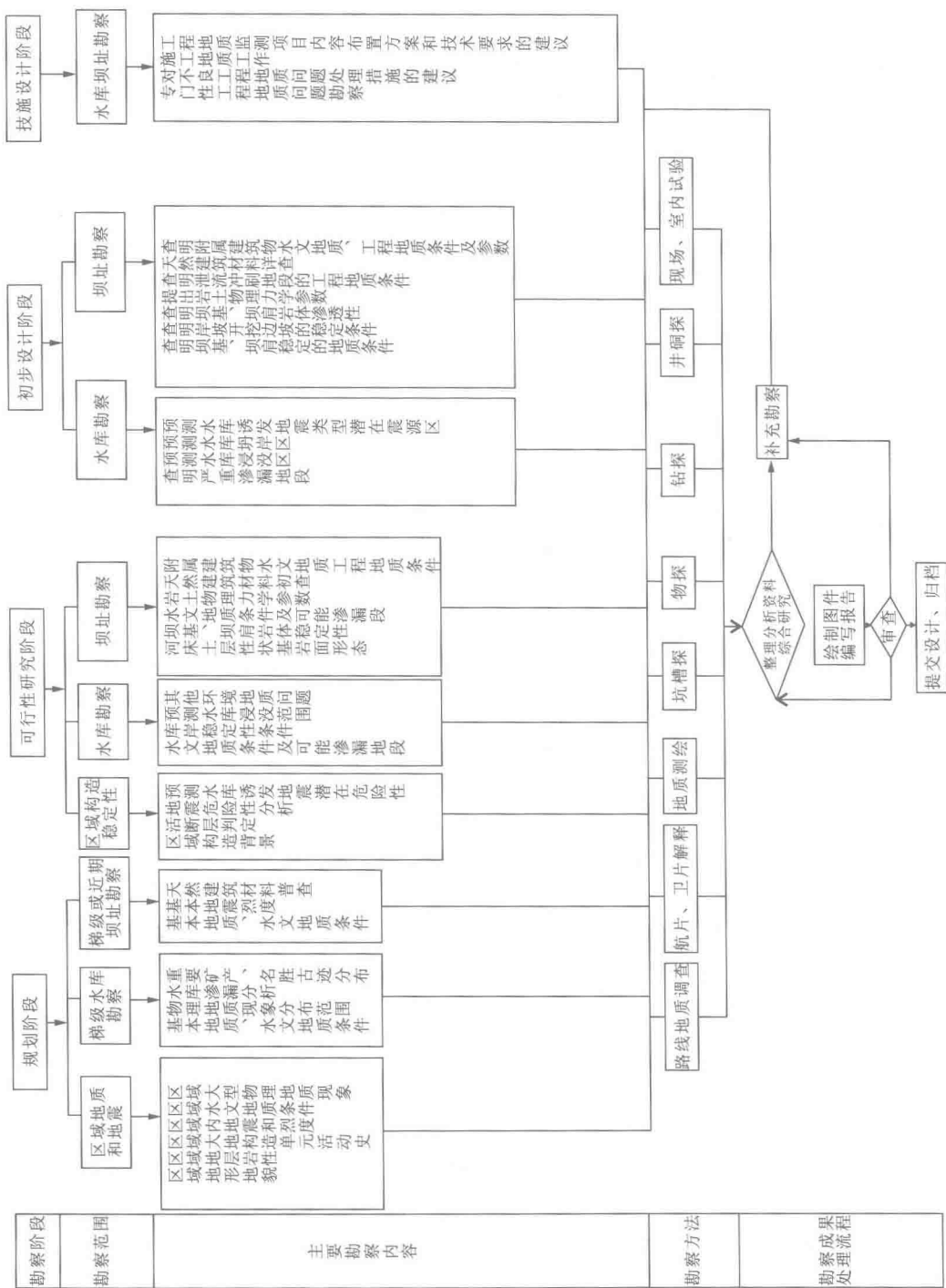
一般来说,工程地质的基本内容包括 5 个部分:①前期资料收集;②工程地质测绘;③工程地质勘探;④现场测试和室内试验;⑤分析整理资料、编制图件和编写工程地质报告。通常这 5 个部分的工作内容适宜依序进行,但较难严格区分,因为在实际工作中有许多交叉和重叠的内容,这些内容之间是相互渗透、相互补充的关系,以求取得满足有关勘察阶段要求的工程地质勘察成果。

二、水利枢纽工程地质工作的内容与一般工作流程

以水利水电工程中的水利枢纽为例,水利枢纽工程地质勘察一般分为规划阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段和技施设计阶段。各个勘察阶段的勘察范围、勘察内容和深度有所不同。图 1-1 为水利枢纽工程地质勘察流程图。

为阐述工程地质实际工作内容与数据处理流程和方法之间的关系,仅对规划阶段的内容进行了比较详细的引用说明,其他部分可参见工程地质勘察相关手册或著作。

规划阶段工程地质勘察应对河流开发方案和水利水电近期开发工程选择进行地质论证,



并提供工程地质资料,其勘察范围包括区域地质和地震概况、水库和坝址的工程地质条件。

区域地质和地震勘察应包括下列内容:区域内侵入岩、喷出岩、变质岩和沉积岩的分布范围,形成时代和岩性岩相特点,第四纪沉积物的成因类型和组成物质;区域内的主要构造单元、褶皱和断裂的类型、产状、规模和构造活动史,历史地震情况和地震烈度等;区域的地形地貌形态、阶地发育情况和分布范围;大型泥石流、滑坡、喀斯特(岩溶)、移动沙丘及冻土等分布情况;主要含水层和隔水层的分布情况、潜水的埋深、泉水的出露高程、类型及流量等。水库勘察应包括下列内容:了解水库的地质和水文地质条件;了解可能威胁水库的滑坡、潜在不稳定岸坡、泥石流、坍岸和浸没等的分布范围;了解可溶岩地区的喀斯特发育情况,含水层和隔水层的分布范围,河谷和分水岭的地下水位,并对水库产生渗漏的可能性进行分析;了解重要矿产和名胜古迹的分布情况。

水库勘察可结合区域地质研究工作进行。当水库可能存在渗漏、坍岸、浸没等工程地质问题时应进行水库区工程地质测绘,并可根据需要布置勘探工程。水库工程地质测绘比例尺可选用(1:100 000)~(1:50 000),可溶岩地区可适用(1:50 000)~(1:25 000),水库渗漏的工程地质测绘范围应扩大至分水岭及邻谷。

坝址勘察应包括下列内容:了解坝址的地貌特征;了解坝址第四纪沉积的成因类型,两岸及河床覆盖层的厚度、层次和组成物质,特殊土的分布及土的渗透性;了解坝址的地层岩性,基岩的类型及软弱岩层的分布规律,岩体风化卸荷深度和岩体的渗透性;了解坝址的地质构造、大断层、缓倾角断层和第四纪断层的发育情况;了解坝址的物理地质现象和岸坡稳定情况;了解坝址的地震基本烈度;了解可溶岩地区的喀斯特洞穴发育情况,透水层及隔水层的分布情况;了解地下水埋深及水力特性;了解坝址附近天然建筑材料的种类及数量。

近期开发工程坝址勘察除应符合以上要求外,尚应包括下列内容:坝基中主要软弱夹层的层位、天然性状和分布情况;坝基中主要断层、缓倾角断层和断层破碎带的性状及其延伸情况;坝肩岩体的稳定情况;对于建筑在第四纪沉积物上的坝闸,应了解坝基土层的层次、厚度、级配、性状、渗透性和地下水状态。

坝址勘察方法应符合下列规定。

(1)坝址工程地质测绘比例尺,峡谷区可选用(1:10 000)~(1:5 000),丘陵平原区可选用(1:25 000)~(1:10 000)。测绘范围应包括比较坝址、绕坝渗漏的岸坡地段,以及附近低于水库水位的垭口、古河道等。当比较坝址相距大于2km时,可分别进行工程地质测绘。

(2)坝址物探应采用地面物探方法。横河物探剖面线不应少于3条。近期开发工程的坝址,物探剖面线可增加1~2条。

(3)坝址勘探布置应符合下列规定:①各梯级坝址勘探剖面线上可布置1~3个钻孔,近期开发工程坝址勘探剖面线上可布置3~5个钻孔,其中河床部位宜为1~3个钻孔,两岸各不应少于1个钻孔或平洞;②河床钻孔深度应为坝高的1倍,在深厚覆盖层河床或地下水位低于河水位地段,钻孔深度可根据需要加深(深厚覆盖层河床指覆盖层厚度大于40m的河床);③基岩钻孔应进行压水试验。

(4)对坝区主要岩、土、地表水和地下水应进行鉴定性试验。近期开发工程可根据需要进行现场简易试验。对各梯级坝址应进行天然建筑材料普查,包括对土料、砂砾料和块石料的调查。

可行性研究阶段工程地质勘察应在流域规划阶段选定方案的基础上选择坝址,对坝址、坝

基、枢纽布置和引水线路方案等进行地质论证,提供关于坝址勘察、水库勘察和区域构造稳定性等方面的工程地质资料。

初步设计阶段的工程地质勘察应在可行性研究阶段选定的坝址和建筑物场地进行,查明水库及建筑物区的工程地质条件,进行选定坝型、枢纽布置的地质论证,并提供建筑物设计所需的工程地质资料。

技施设计阶段的工程地质勘察应在已选定的水库及枢纽建筑物场地上,检验前期勘察的地质资料与结论,补充勘察与验证专门性工程地质问题,并提供优化设计所需的工程地质资料。

各勘察阶段应依序进行,并逐步加深对水库和坝址及其附属建筑物的水文地质、工程地质条件的论证,预测工程地质问题并提出防治处理措施建议,提供设计和施工的工程地质依据。

水利枢纽工程地质勘察采用的勘察方法一般包括:踏勘线路调查,遥感航片、卫片解译,地质测绘,坑槽探,物探,钻探,井硐探和现场及室内试验等。

其处理流程是:分析研究通过以上方法获取的各种地质资料,如果资料不满足规范要求则进行补充勘察,直到满足规范要求为止,并在此基础上编制各类水文地质、工程地质图件和编写工程地质勘察报告,完成后报有关部门审查,审查通过后作为设计和施工建设的依据提交并归档。

第二节 工程地质信息处理的一般工作流程

依据水利枢纽工程地质的工作内容和 workflows,这一过程中的数据流程可以归纳为数据采集(资料获取)、室内整理、分析处理、报告编制、成果审查和资料归档 6 个步骤。图 1-2 为水利枢纽工程地质信息处理流程图。

一、数据采集

在确定了工程地质勘察任务,依据该勘察阶段有关规范的要求,首先收集工程区的各种测量和地质资料并对其进行分析,然后进行野外考察或野外踏勘。在基本确定的工程区范围内开展测量和工程地质测绘工作。在测绘的基础上进行物探、钻探、山地工程(坑槽探、硐探、井探)、现场和室内试验等工作。数据采集主要是指获取工程区地表和地下的各种水文地质、工程地质资料。

二、室内整理

室内整理是指对获取到的水文地质、工程地质资料进行校对、初步分析和分类,使获取到的数据条理分明,便于后期使用。这些工作可以稍滞后于数据采集,但通常是与数据采集同时进行。

三、分析处理

分析处理主要是指利用整理后的数据,经过复核,编制各种地质图件,并对这些数据进行

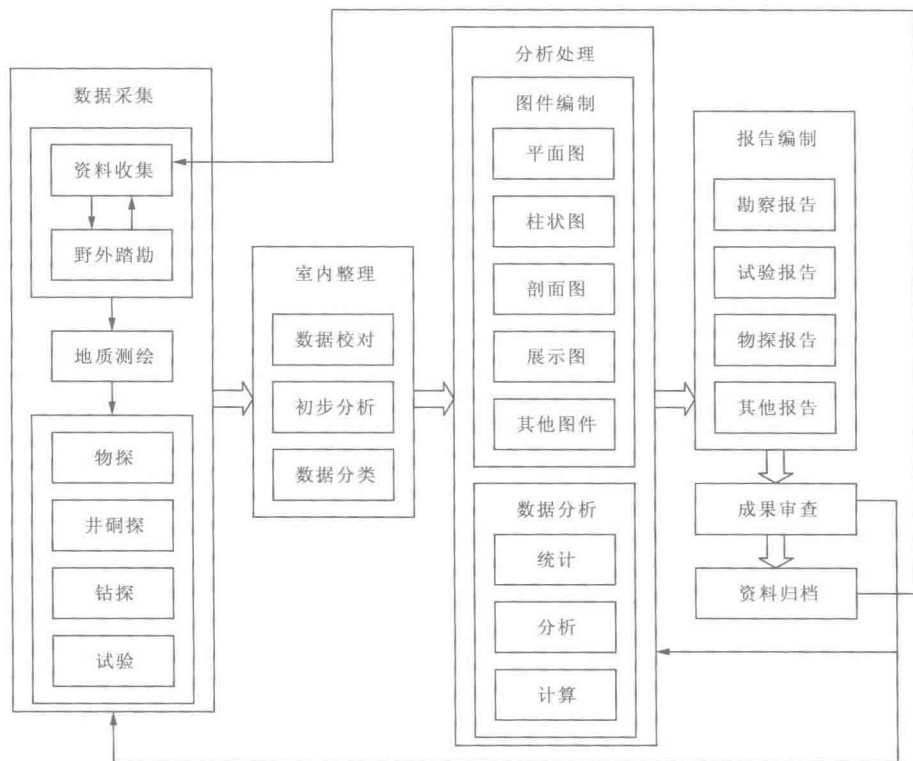


图 1-2 水利枢纽工程地质信息处理流程图

多种统计、分析、计算等处理,为编写工程地质勘察报告提供各种资料。

四、编制报告

工程地质勘察的最终成果是勘察报告和各種图件(包括试验报告、物探报告等附件、附图或图册),这一阶段主要依据工程地质技术人员对工程区地质体的分析和认知经验,充分利用获取的数据和对数据的整理与分析处理结果来编写工程地质报告。

五、成果审查

成果审查是指对整个工程地质勘察工作的检查和验收。如果各种有关资料、数据和分析不能满足规范要求,则应进行补充勘察和更充分的分析处理,直到审查通过为止。

六、资料归档

资料归档主要是指把各类原始勘察资料和工程地质成果资料进行分类归档,备查。这部分资料也是其他工作(类似工作或本区域更进一步工作)的参考依据。

这一过程的反复进行,促使了国家和行业规范的制定与进一步完善,形成了受国家规范和行业规范全程约束的传统工作流程。图 1-3 为传统工程地质勘察工作流程图。

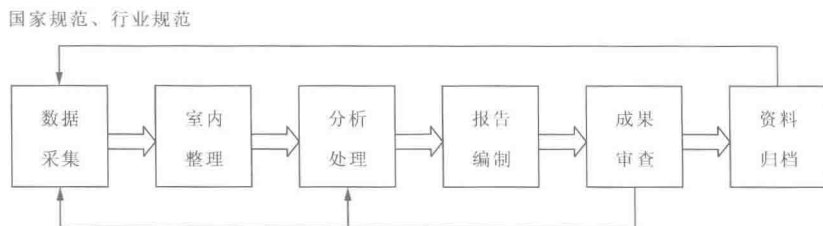


图 1-3 传统工程地质勘察工作流程图

在这一过程中,数据采集阶段所用的时间一般很长,投入也最大,室内整理稍微滞后于数据采集阶段,可以看作数据采集阶段的附属部分,局部采集到比较充分的数据后就可以进入数据分析处理阶段,分析处理阶段的后期就可以开始编制工程地质报告。

上述工程地质信息处理的工作流程是以水利枢纽的工程地质工作为例,因为水利枢纽一般规模大、问题复杂、影响因素多,其工程地质工作的难度、广度和深度超过其他工程,因而其工程地质流程一般亦适用于其他工程。但是,各类工程的工程地质信息处理的工作流程应受相关工程的国家规范和行业规范(程)的约束,即首先应满足相关规范(程)的规定和要求。

第三节 工程地质信息化处理模型

通过分析水利枢纽工程地质勘察的内容、工作流程和信息处理过程,可以看出水利枢纽工程地质勘察的一般过程是:通过路线地质调查,航片、卫片解译,地质测绘,坑槽探,物探,钻探,井硐探和通过现场与室内试验等获取研究区(工程区)地表及地下地质数据,在这些数据的基础上编制地质图件,对数据进行分析并编制工程地质报告。这个过程可以划分为数据采集、室内整理、分析处理、报告编制、成果审查和资料归档 6 个步骤。

从信息化处理角度分析,则可以将工程地质勘察过程归纳为数据采集、数据管理和数据应用 3 个部分。其中数据采集包括数据获取和室内整理(使数据有序,便于采集与入库)两个部分。数据管理包括对所采集数据的管理和对数据应用结果(即成果)的管理,成果审查和资料归档。从信息化角度来看,数据管理是一个从数据库中调用分析与整编成果进行审查,并把合格的成果入库管理的过程,即可以把成果审查和资料归档亦归入数据管理部分。数据应用包括数据统计分析、地质图编制和报告编写等。

工程地质勘察是一个不断获取数据,并利用所获数据对研究区工程地质条件与问题进行分析的连续性过程:①从测绘部门获取地理数据;②通过地质勘察获取地质数据;③通过二维、三维分析,计算得到工程地质报告、图件及三维模型(信息技术的发展,使三维模型也逐渐成为提交成果之一)等成果资料;④通过审查等对成果进行校核,并把最终成果提供给设计与施工部门,使其开展后续的工作,如图 1-4 所示。对这一连续性过程进行数据与信息处理,需要从整体上进行系统规划,以提高数据的使用率和共享性。

结合现代信息技术和目前工程地质信息技术处理现状,可以把这一过程的信息处理流程用图 1-5 来表示。

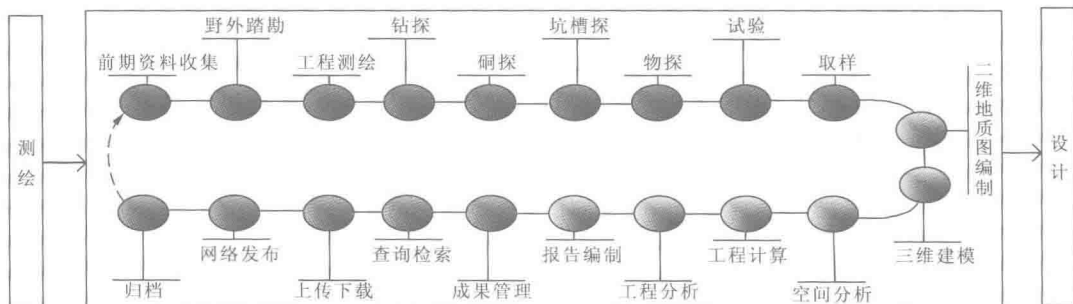


图 1-4 水利枢纽工程地质勘察工作的连续性流程示意图

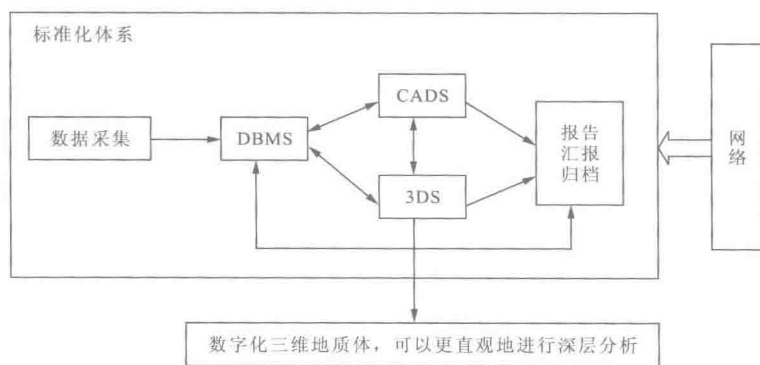


图 1-5 水利水电工程地质信息处理模型

数据采集是整个处理过程的起点,也是水利枢纽工程地质的主要工作之一。所采集的数据包括可以收集到的前期资料和本次工程地质工作获取的数据,可以通过直接录入、导入、适应用户、与二维平面图或三维模型绑定 4 种方式来进行采集(详见第二章)。

DBMS(Database Management System,数据库管理系统)使用数据库技术管理采集到的数据和二维图件、三维模型、地质报告及其他成果数据或资料等(详见第二章)。

CADS(Computer Aided Design System,计算机辅助设计系统)通过数据库或三维模型辅助生成二维地质图件,其成果是工程地质成果之一。同时,二维地质图件也参与三维地质建模工作(详见第三章)。

随着科学可视化技术的发展,尤其是三维可视化技术与空间分析技术的发展,使建立的三维地质模型日益完善。由于三维模型的直观性、完整性、交互性和日渐完善的准确性,使其可以在一定程度上提高地质分析的洞察力,因而,在很多行业,三维模型已经或逐渐成为必须提交的成果之一。

3DS(Three Dimensions System,三维系统)利用数据库和辅助制图部分提供的数据及成果建立研究区(工程区)三维模型(即数字化三维地质体),可以在构建的三维数字地质体上进行直观的深层地质分析。其中模型剪切的中间分析成果可以作为二维地质图的部分数据源参与二维地质图的制作。三维模型成果也由数据库进行管理,同样是工程地质工作的成果之一。

(详见第四章、第五章)。

报告、汇报、归档部分是指利用数据库、二维辅助制图和三维模型与空间分析成果来编写工程地质报告等工程地质勘察工作成果,并对所取得的成果数据进行审查,最后把成果进行数据库管理和归档。这部分工作以数据库及其管理的各类成果为数据源,依据审查的需要,组合成或调用各种审查对象,如地质报告、图件、某类数据的统计或计算表格等,而最终审查通过取得的成果又成为下一阶段工程地质勘察工作的收集对象。因而,完善的数字化归档对工程地质不同阶段的工作而言是很重要的。

以上各项工作全部处在标准化体系的制约之下,这些标准包括工程勘察规范、数据编码标准、图层设置标准等(详见第九章)。同时又被网络技术进行全面的支持与改造,如数据传输、数据协同采集、三维协同建模、网络查询检索等(详见第十章)。

从上面的分析可以看出:水利枢纽工程地质实际工作可以划分为工程地质数据获取、工程地质数据整理与管理、工程地质图件编制、地质体空间分析、工程地质报告编写、成果审查、归档与查询等环节,每个环节都可以对应一种或几种信息技术,如表 1-1 所示。如数据的采集与管理可以用数据库技术来实现,工程地质图件的制作可以用计算机辅助设计技术来实现,地质体空间分析可以用三维建模与空间分析技术来实现,工程地质报告的编写可以通过数据库中资料的组合来生成基础的地质报告(工程师修改后形成正式报告),复杂或耗时的工作可以通过网络协同来完成,资料与成果的查询检索可以通过网络技术来实现等。这样一来,就可以用数据库技术、辅助制图技术、三维建模与空间分析技术和网络技术 etc 对水利枢纽工程地质工作中各个环节的数据与信息进行处理,从而达到工程地质信息化的基本目的。这种技术方法结合当前工程地质的内容与处理流程和当前信息技术的发展现状,基本可以满足当前工程地质信息处理的实际工作需要。

表 1-1 工程地质工作与信息技术的对应关系

工程地质工作	对应的信息技术及方法
工程地质数据获取	数据标准化及数据库技术:数据录入、导入
工程地质数据整理与管理	数据库技术:数据管理与维护
工程地质图件编制与分析	图件标准化及计算机辅助设计技术:数据二维图形化
地质体空间分析	数值模拟、科学可视化及空间分析技术:数据多维分析
工程地质报告编制	数据库技术:数据分析、挖掘、重组产生报告初稿
成果审查、归档与查询	数据库技术及网络技术:数据或成果的调用、审核及查阅

注:工程地质数据获取一般是指通过各种勘探方法获取工程区地表与地下数据,是工程地质工作中的基础性工作。本书的重点是研究对已获取的数据进行信息化处理的思路和方法,不涉及原始数据的具体获取途径。

本章小结

本章以水利枢纽为例,通过分析工程地质的工作内容、工作流程和这一过程中的信息处理

流程,结合当前信息技术的发展现状,认为可以通过数据库技术来提高数据管理与利用的合理性、规范性与共享性,通过 CADs 技术来提高二维地质制图的效率与规范化,通过三维可视化技术提高工程区地上、地下地质结构的直观性与地质分析的洞察力,通过网络技术提高协同工作的效率和数据共享的方便性,从而对传统工程地质数据采集、室内整理、分析处理、编写报告、成果审查和资料归档这一传统主流程进行信息化改造,达到促进行业信息化、数字化的目的。

另外,数值模拟是工程地质数据分析中一种十分重要的技术,又称为计算机模拟,即以计算机为工具,通过数值计算和图像显示的方法,达到对工程地质问题进行研究的目的。在一定程度上,可以看作是一种模拟实验过程的技术。由于在数值模拟过程中,一般需要通过实验来进行验证,因而又被称为数值实验。数值模拟一般包括:①建立能反映问题本质的数学模型,一般是一个或一组微分方程及相应的定解条件;②寻求高效而准确的求解计算方法;③编制程序进行计算并显示结果或采用合适的软件进行处理。

关于数值模拟的研究已出现了大量的相关著作,如唐辉明教授等主编的《工程地质数值模拟的理论与方法》、黄润秋教授等主编的《工程地质数值模拟》等,本书不再赘述。

关于地质学其他方面的信息化技术的专著也有很多,如吴冲龙教授主编的《地质信息技术导论》等,在地学信息系统建设等方面具有系统的论述,涉及到地质、矿产、盆地模拟等领域。

思考题

- (1)简要说明工程地质工作的一般工作流程。
- (2)工程地质数据处理过程中可以采用哪些信息技术?说明其各自的作用。

第二章 工程地质数据管理

工程地质工作过程中会面临大量的数据,如前期工作数据,野外地形测量、地质测绘、勘探和现场测试数据,取样及室内实验数据,通过航测、遥感等手段获取的数据等,这些数据是工程地质条件与问题分析的依据,是完成工程地质勘察工作目的的基础数据。在整个工程地质信息处理过程中,数据获取、管理及维护是十分重要的环节。

工程地质数据管理部分对工程地质数据进行了分类分析,介绍了目前数据入库的几种方法,总结了建立工程地质数据库的基本思路,并以一个适用于多类工程地质勘察的原型数据库——工程地质信息系统为例对工程地质数据管理进行了实例分析。

第一节 工程地质数据

在工程地质工作过程中会面临各类数据,具有数量大、种类多、非结构化或半结构化、数据多、随时间不断变化等特点,经常需要准确快速地提取相关数据,进行多种有价值的地质分析,其 4V 特性明显(4V: Volume、Velocity、Variety、Veracity;或 Volume、Variety、Value、Velocity),是一种大数据或大数据的一部分。

广义的数据包括数字型数据、字符型数据、日期型数据、图形型数据、多媒体型数据和三维模型数据等。具体来说,工程地质面临的数据包括传统数字型数据、文字报告类数据、地质图类数据、录像照片等多媒体类数据和建立的工程区三维模型类数据等。

工程地质信息(信息:数据集合所表达的意义)处理过程可以分为数据采集、室内整理、分析处理、报告编写、成果审查和资料归档 6 个步骤。在这一过程中,数据采集将获得前期工作的各类数据和工程地质勘察过程中采集的测绘、钻探、试验等数据;室内整理是将所获取的数据准确化、条理化和规范化;分析处理阶段将依据经过整理的数据进行计算、统计,编制各类二维地质图,建立工程区三维模型,进行各种工程地质条件和问题的专题分析;报告编写阶段以前述成果为依据,编写工程地质报告、报告附件及图册;成果审查阶段将对本勘察阶段工程地质勘察取得的成果进行深度及合理性评估,以满足规范的要求;资料归档是把前面 5 个阶段的收集数据、原始数据和成果数据进行整理归档以备查。很显然,数据采集阶段将产生大量的原始数据,如钻探数据、试验数据等,而分析处理阶段和编写报告阶段将产生大量的成果数据,如工程地质图件、工程地质报告等,这些都是工程地质所面临的数据。

以水利枢纽为例,工程地质工作内容可以分解为工程区区域地质调查、工程测绘、工程钻探、勘探取样、工程地质试验、水文地质调查与测试、物探工作、工程地质条件调查、工程地质问题调查、天然建筑材料调查等,山地地区还需要做大量的平硐等山地工程。

其中区域地质调查包括区域地形地貌、地文期(夷平面)描述、区域河谷阶地、区域地层岩