

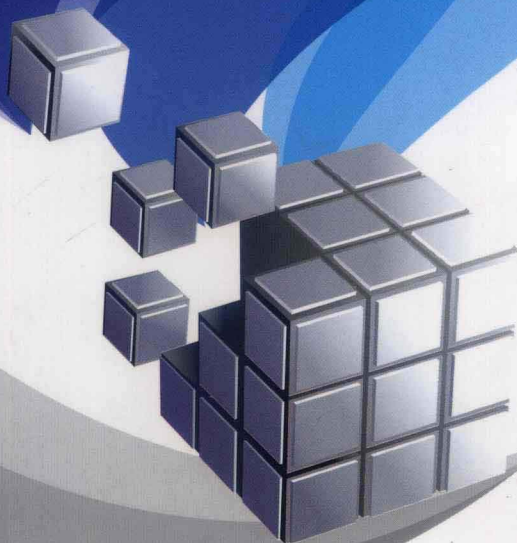
人民交通出版社重点图书

上海海事大学重点学科建设项目

——港口与海洋工程研究系列

岩土工程地层 结构效应与层组参数

蒋建平 刘文白 著



人民交通出版社
China Communications Press

人民交通出版社重点图书
上海海事大学重点学科建设项目
——港口与海洋工程研究系列

岩土工程地层 结构效应与层组参数

蒋建平 刘文白 著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书提出了“岩土工程地层结构效应”和“工程地层学”新学科。主要内容包括:地层结构效应及工程地层学的提出,浅基础中的地层结构效应,桩基中的地层结构效应,边坡和地下工程中的地层结构效应,岩土层组划分及优势层的确定,岩土工程中的优势层效应,层组中的岩土参数分析。

本书可供土木建筑工程、道路工程、桥梁工程、水利工程、港口航道与海岸工程、海洋工程、地下工程、地质工程等专业的本科生、研究生及教师参考,也可供以上专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程地层结构效应与层组参数/蒋建平,刘文白著.
—北京:人民交通出版社,2011.1
ISBN 978-7-114-08698-4

I. ①岩… II. ①蒋…②刘… III. ①岩土工程-研究
IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 190638 号

Yantu Gongcheng Diceng Jiegou Xiaoying Yu Cengzu Canshu

书 名: 岩土工程地层结构效应与层组参数

著 作 者: 蒋建平 刘文白

责任编辑: 郝瑞苹

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.5

字 数: 415 千

版 次: 2011 年 1 月 第 1 版

印 次: 2011 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08698-4

定 价: 32.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

对地球来说,存在圈层结构;对地壳来说,存在地层结构。岩土工程一般处于地壳表层的地层中。同一岩土工程选择在不同的地层、地层组合或地层结构中,其受力变形、稳定性(或安全性)、经济性是不同的;同一岩土工程选择不同的加固措施及层位,其受力变形、稳定性(或安全性)、经济性也是不同的。如对桩基础,选择不同深度的持力层,就会使桩穿过不同的地层,即,使桩处在不同的地层结构中,从而使桩具有不同的承载特性。因此,在岩土工程中,如何选择最好的、最适合该工程的地层结构,及如何人为地改造地层结构使之最有利于该工程,是我们要研究的重要课题。其实,在岩土工程的地层结构方面已作了一些研究,如基于硬壳层的土层双层地基研究。但这些研究内容仅是岩土工程地层结构方面的很小一部分内容而已。

作者基于多年的岩土工程实践和研究工作,并结合作者原来的地质学,特别是其中的地层学的理论基础,在本书中提出了“岩土工程地层结构效应”概念及“工程地层学”新学科。

本书共分七章。第一章为地层结构效应及工程地层学的提出,第二章为浅基础中的地层结构效应,第三章为桩基中的地层结构效应,第四章为边坡和地下工程中的地层结构效应,第五章为岩土层组划分及优势层的确定,第六章为岩土工程中的优势层效应,第七章为层组中的岩土参数分析。

其实,岩土工程地层结构效应研究的内容量多面广,本书也仅是在浅基础、桩基、边坡和地下工程中对地层结构效应进行了初步的探讨,还有待另立专题进行深化研究,同时也希望该书能起到一个抛砖引玉的作用。

对“工程地层学”,本书也仅对提出这一新学科的必要性、概念、研究内容等进行了初步探讨,更是有待深化。

本书的出版得到了国家自然科学基金项目(51078228)(50909057)、上海海事大学港口、海岸及近海工程重点学科(第二期)建设项目(A2010030)、上海市教委科研创新项目(09YZ250)、上海市教委项目(07ZZ99)、上海海事大学科研基金项目(2009160)、上海市第四期本科教育高地建设项目(B210008G)的资助。感谢南京大学罗国煜教授、阎长虹教授、李晓昭教授的指导及提供的实际工程资料,感谢同济大学高广运教授、周健教授的指导,感谢南京理工大学章杨松教授的支持和帮助,感谢解放军理工大学许宏发教授的指导和帮助,感谢合肥工业大学钱家忠教授、汪明武教授的帮助,感谢湖南大学苏永华教授的指导,感谢上海海事大学海洋环境与工程学院同仁的帮助。

限于作者水平,缺点、错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

蒋建平 刘文白
2010年7月于上海

目 录

第一章 地层结构效应及工程地层学的提出	1
第一节 地球的圈层结构	1
第二节 地质结构	1
第三节 岩土工程地层结构效应的提出	14
第四节 岩土工程中地层结构的可选择性和可改造性	24
第五节 “工程地层学”的提出	25
参考文献	28
第二章 浅基础中的地层结构效应	32
第一节 岩石双层地基	32
第二节 土层双层地基	46
第三节 土层三层地基	65
参考文献	82
第三章 桩基中的地层结构效应	84
第一节 2~4层地层中的单桩基础	84
第二节 多层地层中的单桩、双桩基础	89
第三节 群桩基础的下卧软弱层	105
参考文献	111
第四章 边坡和地下工程中的地层结构效应	113
第一节 隧道工程中的地层结构效应	113
第二节 地下开采中的地层结构效应	137
第三节 边坡中的地层结构效应	142
参考文献	147
第五章 岩土层组划分及优势层的确定	149
第一节 岩土建造	151
第二节 岩土层组划分的意义和原则	158
第三节 岩土层组划分的实例	159
第四节 层组划分后优势层的确定	177
第五节 岩层控制中的关键层理论	179
参考文献	181
第六章 岩土工程中的优势层效应	184
第一节 边坡中的敏感优势层	184
第二节 隧道中的敏感优势层	190
参考文献	206

第七章 层组中的岩土参数分析..... 207

第一节 层组中参数的优化确定..... 207

第二节 地基土体热物理参数的多元回归分析..... 235

第三节 苏通大桥地基土参数间的多元相关关系分析..... 243

第四节 上海地铁地基土参数间的多元相关关系分析..... 257

参考文献..... 270

第一章 地层结构效应及工程地层学的提出

第一节 地球的圈层结构

地球包括固体地球及其外部的大气。固体地球包括最外层的地壳、中间的地幔及地核三个主要的层圈,如图 1-1、表 1-1 所示。目前,我们研究的主要是固体地球的上层,即地壳和地幔的上部。对地壳而言,大陆地壳厚度大,呈双层结构,大洋地壳薄,呈单层地壳,如图 1-2 所示。

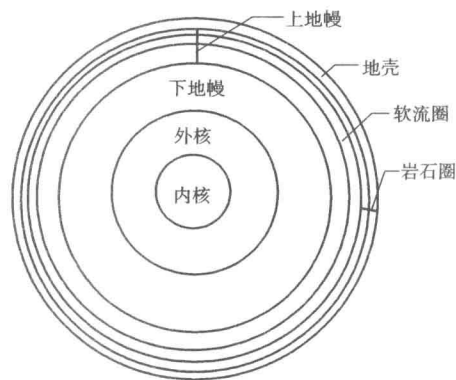


图 1-1 地球的圈层结构示意图

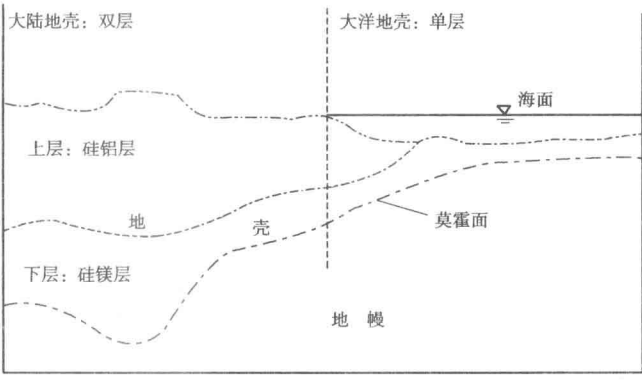


图 1-2 地壳剖面示意图

地球的圈层概括 表 1-1

圈层名称		不连续面	深度 (km)	物质组成及特征
地壳		莫霍面	平均 17	由岩石组成的固体外壳。厚度不均,大洋部分薄,大陆部分厚
地幔	上地幔	古登堡面	2 900	上地幔中存在一个软流层,这里可能为岩浆的主要源地
	下地幔			
地核	外核	雷曼面	6 370	温度、压力和密度很大
	内核			

第二节 地质结构

在讨论地层结构之前有必要先谈谈地质结构。地层结构和地质结构都包含在前面谈到的地球的圈层结构中。地球的圈层结构是针对整个地球,而地层结构和地质结构主要是针对

地壳。

目前有关地质结构方面的研究不多,还没发现专门针对地质结构的研究,一般是在其他的研究中提到地质结构而已。当前对地质结构的含义也没有统一的说法。下面分出地层学方面的地层结构研究、水文地质学方面的地层结构研究、为工程服务的地层结构研究三个方面,对已有的地质结构方面的研究进行介绍。

一、地层学方面的地层结构研究

张可迁(1962)^[1]讨论了安徽淮北冲积平原的地质结构,但他这里的地质结构其实就是后面要谈到的地层结构。

胡见义等(1982)^[2]认为渤海湾及邻区的上侏罗一下白至统具有明显的块断地质结构。

刘金水等(2003)^[3]认为发育于东海大陆架之上的东海陆架盆地是一个复合型沉积盆地,其地质结构在横向上表现为东西分带、南北分块地质结构特征;纵向上则主要为多层结构;除明显表现出一般盆地的古老基底和盖层双层结构外,其盆地的主要组成盖层也明显表现为多层结构特征,除古生界结构尚待证实外,中生界明显为裂谷型二层结构,新生界为明显的三层结构。

杨建梅等(2006)^[4]在承担杭州城市地质调查工作时,基于已获得的地质资料(诸如数据、剖面图(图 1-3)等),采用孔间地层对比方法建立了杭州城市第四系三维地质结构模型。

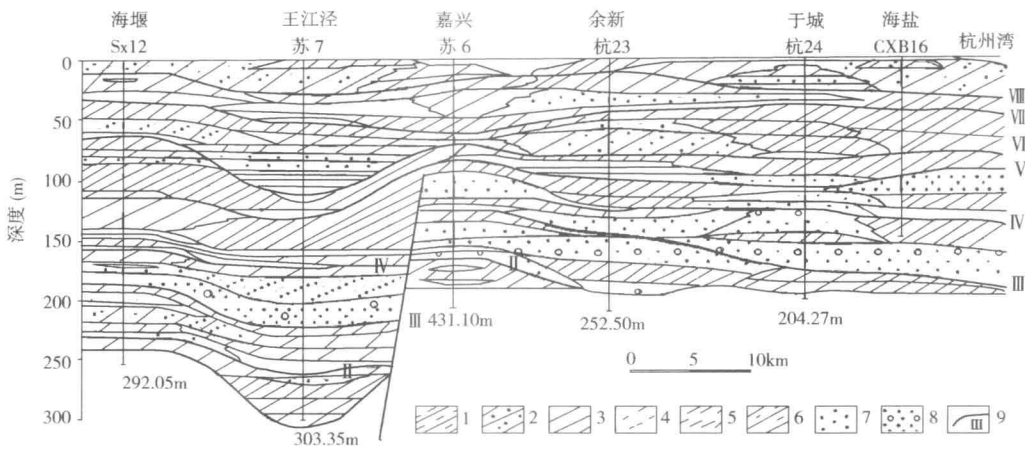


图 1-3 江苏吴江梅堰镇—浙江海盐武原镇第四纪地质剖面^[4]

1-亚黏土;2-淤泥质亚黏土;3-黏土;4-亚砂土;5-粉土;6-黏土粉砂互层;7-粉细砂;8-含砾砂、砂砾石;9-古土壤层及气候旋回编号

何登发等(2006)^[5]认为塔里木盆地现今的地质结构是在长期的地质演化过程中,不同阶段的不同类型的原型盆地复合与叠加的结果;在纵向上为区域不整合面分隔,在横向上为大型断裂带切割。因此,表现出纵向分层、横向分块的不均一特征。这种叠加地质结构对盆地内含油气系统的发育与油气分布起制约作用,表现出前陆盆地内油气分布受前陆逆冲带的控制,克拉通盆地内油气分布受古隆起及其斜坡带影响的特点。因此,剖析盆地地质结构的样式,了解不同构造单元地质结构的差异是探讨油气分布内在差异的重要基础。

刘云生等(2008)^[6]认为断裂组合样式又控制了盆地的构造—地质结构样式,即江汉盆地

主要有简单半地堑式、简单型的半地堑复合结构、复杂型半地堑复合式、复合地堑结构 4 种构造—地质结构样式。

沃玉进等(2009)^[7]在前人研究的基础上,综合野外构造剖面、地震—地质解释、钻井资料等得出中、上扬子地区发育单层、双层和三层结构等 3 大类共计 11 小类的地质结构类型(表 1-2)。其中,单层结构可分为单层逆冲推覆、单层叠瓦冲断、单层冲褶、单层稳定(包括稳定单斜、稳定向斜和复向斜)、单层叠瓦反转结构 5 小类,双层结构可分为双层断褶叠加、双层隐伏断褶、双层滑脱断褶、双层滑脱反冲、双层断褶反转结构 5 小类,三层结构目前只识别出三层断滑改造结构 1 类,共计 11 个小类。

中、上扬子地区地质结构类型^[7]

表 1-2

分层结构	地质结构类型	构造带实例	海相地层保存状态
单层结构	单层逆冲推覆结构	龙门山、米仓山—南大巴山与雪峰山逆冲推覆带	极差
	单层叠瓦冲断结构	龙门山前陆、武陵山单层叠瓦冲断带	差
	单层冲褶结构	黔北、黔南单层冲断—褶皱带	较好
	单层稳定结构	川西稳定向斜、川中稳定单斜、黔中稳定复向斜带	好
	单层叠瓦反转结构	江汉盆地北部单层叠瓦冲断—反转带	较差
双层结构	双层断褶叠加结构	龙门山前陆双层断褶叠加带	较好—好
	双层隐伏断褶结构	米仓山—南大巴山前陆双层隐伏断褶带	好—良好
	双层滑脱反冲结构	川东北双层滑脱褶皱反冲带	浅层较好、深层优
	双层滑脱断褶结构	湘鄂西、川南双层滑脱断褶带	好
	双层断褶反转结构	江汉盆地南部双层断褶反转带	好
三层结构	三层断滑结构	通南巴改造型三层断层滑脱—褶皱带	浅层较好、中层良、深层优

二、水文地质学方面的地层结构研究

张寿全等首先提出了“水文地质结构”的概念^[8]。

何宇彬(1979)^[9]开展了岩溶水文地质结构的研究,主要成果有:

(1)“岩溶水文地质结构”系指岩溶层组、岩溶水动力单元在空间上的组合关系。每一类岩溶水文地质结构都有自己的补给、径流、排泄系统,构成自己特有的水动力剖面。

(2)根据我国碳酸岩沉积建造特点,归纳出 7 种岩溶层组类型(表 1-3)。岩溶水动力单元系指在平面上有自己独立的补给、径流、排泄系统,它的边界是地下分水岭或隔水层,它的形式与褶皱变形有密切关系。根据我国地质构造特点,归纳出 7 种水动力单元(表 1-4)。

表 1-3、表 1-4 在空间上的组合构成岩溶水文地质结构。

基于我国裸露型岩溶区的现有实例,提出 14 种岩溶水文地质结构:WLP 均匀状石灰岩平缓褶皱型;WdP 均匀状白云岩平缓褶皱型;WcP 均匀状纯碳酸岩平缓褶皱型;WmsP 均匀状不纯碳酸岩平缓褶皱型;WcB 均匀状纯碳酸岩平缓褶皱型;WcX 均匀状纯碳酸岩向斜褶皱型;GcB 间互状纯碳酸岩背斜褶皱型;GcX 间互状纯碳酸岩向斜褶皱型;GcZ 间互状纯碳酸岩线状褶皱型;WcD 均匀状纯碳酸岩单斜型;GcK 均匀状纯碳酸岩块断型;WcK 间互状纯碳酸岩块断型;mT 变质碳酸岩断褶型;CT 碳酸岩断褶型。

岩溶层组类型^[9]表 1-3

代 号	岩溶层组类型	含 水 层 类 型
WL	均匀状石灰岩	不均一管道含水层
Wd	均匀状白云岩	较均一裂隙水含水层
Wc	均匀状纯碳酸岩	裂隙水与管道间互状含水层
Wms	均匀状不纯碳酸岩	不均一裂隙水含水层
Gc	间互状纯碳酸岩	多层状管道水含水层
Gms	间互状不纯碳酸岩	多层状裂隙水含水层
m	变质碳酸岩	裂隙水或管道水含水层

水动力单元^[9]表 1-4

代 号	褶 皱 类 型	代 号	褶 皱 类 型
P	平缓褶皱型	D	单斜型
B	背斜褶皱型	K	块断型
X	向斜褶皱型	T	断褶型
Z	线状褶皱型		

周济柞(1990)^[10]认为岩溶洼槽是均匀型岩溶地区构筑地下水库的最佳地质结构。

张寿全(1990)^[11]认为水文地质结构系统意指不同等级、不同形态、不同成因(建造)、经受不同改造作用、具有不同结构和水理性质的水文地质综合体的空间组合;具体研究了山西省太原地区的岩溶水文地质结构系统,将研究区划分为三个既相对独立又有一定联系的岩溶地下水亚系统,并分别建立了三个岩溶地下水亚系统的结构模型,即东山岩溶水系统—多维脉络结构系统、北山岩溶水系统—三维层络结构系统、西山岩溶水系统—多层网络结构系统。

张寿全(1985、1989)在前人研究的基础上,提出了“水文地质结构系统”的概念,赋予了其新的含义,并以水文地质结构系统控制地下水系的原理,对山西太原地区岩溶水文地质结构系统和山东三山岛金矿区的水文地质结构系统进行较深入的研究,从而获得了一些新的认识,证实了水文地质结构系统理论的实用性和具体研究中的独特作用;认为水文地质结构系统的基本思想是^[8]:

(1)由不同等级、不同形态、不同成因(建造)、经受不同改造作用、具有不同结构和水力学性质的水文地质综合体的有机组合所构成的、具有控水功能、并且不断运动演化的有机整体,这就是水文地质结构系统的定义。这里,结构系统既指各水文地质体间的不同形式的相互组合,又包括水文地质体自身的结构(表 1-5)。即,从宏观的隔水层(体)和透水层(体)的组合到微观的颗粒和空隙的组合,正是这些不同层次、不同级别、不同类型的结构,构成了地下水赋存、运动的场所和通道,控制着地下水系的分布、赋存和运移。也就是说,水文地质结构系统控制地下水系。

(2)水文地质结构系统研究的主要目的在于建立一个简明、直观、形象的能反映地下水系统四维特征的水文地质结构系统的模型,从而为进一步建立水文地质数学模型提供科学的依据。

水文地质结构系统模型分类表^[8]

表 1-5

类型名称	结构特征	成因条件	水文地质特征
单层网络结构系统	孔隙网络,裂隙(溶隙)网络	沉积盆地,单斜地块,风化壳,平缓褶皱,向斜构造	富水性相对均匀,有统一的地下水流网,地下水呈网络状流动
多层网络结构系统	多层,孔隙网络,裂隙(溶隙)网络	互层状结构,沉积盆地,单斜地块及向斜,且无大导水断裂	富水性相对均匀,层间水力联系弱,无相对统一的地下水面
三维层结构系统	多层,孔隙网络,裂隙(溶隙)网络	沉积盆地交叉结构,断块式组合的断陷区,断裂发育	富水性相对均匀,层间水力联系好,有相对统一的地下水面
多维脉络结构系统	断裂—裂隙(溶隙)结构,溶洞—溶隙(裂隙)结构	断裂(多组)发育区,强岩溶发育地带	富水性极不均一,但有相对统一的地下水面
脉络结构系统	岩溶管道,溶洞溶隙,裂隙	可熔岩地区,热带、亚热带湿润气候条件	具独立的水文系统,常以暗河形式存在,与地表水文联系密切

周平根(1998)^[12]研究后认为:

(1)滑坡的水文地质结构主要是指滑坡体及其周围介质的含水性组合,即滑体、滑带、滑床的含水性与相对隔水组合,它控制着滑坡的地下水的补给,径流、排泄条件。不同的滑坡类型,其水文地质结构各有特点,地下水作用也不相同。滑坡水文地质结构是影响滑坡中地下水作用的重要控制因素。

(2)依据国内外典型滑坡的调查研究成果,研究总结了土质滑坡和岩质滑坡发育的水文地质结构类型(表 1-6、表 1-7)。

土质滑坡的水文地质结构类型^[12]

表 1-6

类 型	赋存及分布状况	地下水特征
滑体统一含水型	滑体含水,滑带相对隔水。古滑坡及其他堆积层滑坡	多为潜水,和外界因素——降雨、地表水入渗、江河水位变化关系密切,地下水富集于滑床的凹槽处
滑带及其附近含水型	滑体隔水,滑带含水。黏性土滑坡的滑带、风化残积土滑坡中的弱风化带,以及存在黄土滑坡的砂层夹层构成含水层	多为承压水,滑带含水范围随变形扩展而增大。其中黄土滑坡地下水流逐渐缓变,易受季节性冻融影响
滑体复合含水型	滑体含水,具有承压—潜水等不同含水层。古滑坡及大型堆积层滑坡,滑坡呈现多层滑动特点	潜水与外界变化关系最为密切
滑床含水顶托型	滑床含水,滑带隔水。不同类型滑坡	受区域水文地质条件控制

土质滑坡的水文地质结构类型有:

- ①滑体统一含水型;
- ②滑带及其附近含水型;
- ③滑体复合含水型;
- ④滑床含水顶托型。

岩质滑坡的水文地质结构类型有:

- ①统一含水体;
- ②层状含水体;

- ③脉状含水体；
- ④管道含水体。

岩质滑坡的水文地质结构类型^[12]
表 1-7

类 型	赋存及分布状况	地下水运动特征
统一含水体	上覆裂隙发育的岩体和下伏相对隔水岩体组合	受大气降水及江河等地表水补给,多呈潜水,地下水运动受裂隙岩体渗透性控制
层状含水体	夹于隔水层之间或夹于致密岩层内的疏松岩体	远距离降水、地表水补给,多为承压,少数为无压(潜水),受补给排泄位置、径流距离和含水层渗透性控制
脉状含水体	赋存于切割滑体或滑床的断层带及结构后或滑体后缘张裂隙	脉状含水体往往与统一含水体相通,降雨、地表水补给,无压或有压,渗透性较好
管道含水体	主要发育于岩溶岩体内	大气降水补给,以岩溶泉形式排泄,呈管道流

张辉(1999)^[13]认为:

- (1)地质结构,简言之,就是地质体的结构,地质体泛指任何地质时代、任何成因类型的天然岩石体。
- (2)地质结构对岩体渗流具有最直接的控制作用。考虑岩体渗流的特点,对地质结构进行了合理分级。总结性提出地质结构控渗的四大效应:分级优先效应、分流交叉效应、非饱和效应和耦合效应。初步探讨了这四大效应的基本内容、相互关系及工程意义。
- (3)结合岩体渗流的特点,对地质结构进行的分级见表 1-8。

不同级序的地质结构及其工程意义^[13]
表 1-8

级序	地质结构	结 构 体	结构面规模与级别		工 程 意 义
I	区域地壳(地质)结构	壳层块体(岩石圈断块、地壳断块)	区域性巨~大型断裂(深断裂系统)	区域级(I)	区域地壳稳定性、深部地质体稳定性、区域地表稳定性
II	区域(或地区)地质结构	地层块体(基底断块、盖层断块)	大~中型断裂、相应规模的其他结构面	地区级(II)~(I)	深部地质体稳定性、区域地表稳定性、水库诱发地震
III	具体地段的山体或谷坡地质结构	岩层块体、相应规模的其他成因地质体	中~小型断层、相应规模的其他成因软弱结构面	地段级(III)~(II)	山体、谷坡、地面稳定性、渗漏稳定性、矿坑涌水突水
IV	工程岩体结构	岩石块体、岩块	小断层、贯通节理、相应规模其他成因地质界面	部位级(IV)~(III)	工程岩体稳定性、工程结构稳定性、渗透稳定性、现场水文地质试验
V	岩石块体结构	岩块、岩屑、泥	局部贯通或非贯通坚硬结构面、微裂隙、孔隙	块体内含级(V)~(IV)	岩石块体稳定性、岩块物理力学性质、潜蚀稳定性、室内水力学试验

(4)地质结构分级优先控渗效应的基本观点是：

- ①地质结构的级别越高,对渗流的控制作用越强,对地质体稳定性的影响也越大。
- ②地质结构控渗的优先级序为:从高级到低级以结构面为优先的逐级控渗顺序。

劳文科等(2003)^[14]根据表层岩溶带的水动力条件类型、含水空间结构类型、碳酸盐岩类型及第四系土层覆盖情况,将区内表层岩溶带水文地质结构划分为 12 个具体类型(表 1-9)。

洛塔地区表层岩溶带水文地质结构类型及其主要特征表^[14] 表 1-9

分区	水文地质结构类型		主要水文地质特征			
	代号	名 称	含水空间结构	覆盖条件	调蓄能力	开发利用条件
散流状水动力条件类型	I-A-1	裸露区纯碳酸盐岩散流状简单溶沟(槽)系统表层岩溶带水文地质结构	以较单一的溶沟溶槽为其主要含水空间	裸露	差	一般不具有开发利用价值
	II-A-1	覆盖区纯碳酸盐岩散流状简单溶沟(槽)系统表层岩溶带水文地质结构	以基岩上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	较强	分散排泄,表层岩溶带下界面起伏不平,难于开发利用
	I-A-3	裸露区纯碳酸盐岩散流状复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔系统表层岩溶带水文地质结构	以复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔网络为主要含水空间	裸露	较差	分散排泄,表层岩溶带下界面起伏不平,难于开发利用
	II-A-3	覆盖区纯碳酸盐岩散流状复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔系统表层岩溶带水文地质结构	双重介质,以基岩的溶缝、溶管、溶隙、溶孔网络及其上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	较强	采取一定工程措施,可具有开发利用价值
	I-B-1	裸露区不纯碳酸盐岩散流状简单小溶隙系统表层岩溶带水文地质结构	以较单一的小溶隙网络为其主要含水空间	裸露	较强	采取一定工程措施,可具有开发利用价值
	II-B-1	覆盖区不纯碳酸盐岩散流状简单小溶隙系统表层岩溶带水文地质结构	双重介质,以基岩的小溶隙网络及其上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	强	采取一定工程措施,可具有开发利用价值
汇流状水动力条件类型	I-A-2	裸露区纯碳酸盐岩汇流状简单溶沟(槽)系统表层岩溶带水文地质结构	以较单一的溶沟溶槽为其主要含水空间	裸露	差	一般不具有开发利用价值
	II-A-2	覆盖区纯碳酸盐岩汇流状简单溶沟(槽)系统表层岩溶带水文地质结构	以基岩上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	强	易于开发利用,采用引或蓄—引方式可作为分散居民及农田用水的微型供水水源

续上表

分区	水文地质结构类型		主要水文地质特征			
	代号	名 称	含水空间结构	覆盖条件	调蓄能力	开发利用条件
汇流状水力条件类型	I-A-4	裸露区纯碳酸盐岩汇流状复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔系统表层岩溶带水文地质结构	以复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔网络为主要含水空间	裸露	较强	易于开发利用,采用引或蓄一引方式可作为分散居民及农田用水的微型供水水源
	II-A-4	覆盖区纯碳酸盐岩汇流状复杂的溶缝、溶管、溶隙、溶孔系统表层岩溶带水文地质结构	双重介质,以基岩的溶缝、溶管、溶隙、溶孔网络及其上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	强	易于开发利用,采用引或蓄一引方式可作为分散居民及农田用水的微型供水水源
	I-B-2	裸露区不纯碳酸盐岩汇流状简单小溶隙系统表层岩溶带水文地质结构	以较单一的小溶隙网络为其主要含水空间	裸露	强	易于开发利用,采用引或蓄一引方式可作为分散居民及农田用水的微型供水水源
	II-B-2	覆盖区不纯碳酸盐岩汇流状简单小溶隙系统表层岩溶带水文地质结构	双重介质,以基岩的小溶隙网络及其上覆第四系残坡积层的孔隙为其主要含水空间	覆盖	强	易于开发利用,采用引或蓄一引方式可作为分散居民及农田用水的微型供水水源

注:表内代号中,I和II分别代表裸露和覆盖岩溶区;A和B分别代表纯和不纯的碳酸盐岩类;数字代号奇数为散流状水力条件类型,偶数为汇流状水力条件类型,相同水力条件类型中的不同数字分别代表不同的含水空间结构类型。

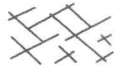
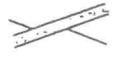
易立新等(2004)^[15]把断层和围岩的这种组合形式称为水文地质结构;通过理论分析和水库地震案例解析,分析了水文地质结构对诱发地震的制约作用,指出散状导水断层和低渗透稳定性组合的水文地质结构,最易于诱发地震;并提出了基于水文地质结构进行水库诱发地震危险性评价的思路。

梁煦枫等(2006)^[16]认为水文地质结构模型是表现水文地质体的空间结构及含水层的空间分布的模型,是地下水及与环境研究的基础,是分析研究各层数据,查清空间分布规律确定数值模拟参数分区及参数初值的依据;利用GMS软件,进行水文地质结构的可视化建模,达到较理想的效果。

赵海军等(2009)^[17]将矿区岩体水文地质结构划分为阻水结构和透水结构两大类,建立了矿区岩体水文地质结构系统模型;对新立金矿渗透岩体结构类型进行了分类,将透水结构划分为盖层孔隙结构、基岩裂隙结构和脉状结构,并对最主要的透水结构—基岩裂隙结构再次细分为6个次一级的结构(表1-10)。

胶东半岛西北部的莱州湾畔新立金矿水文地质结构特征^[17]

表 1-10

结构类型		结构模型	结构特征	
盖层孔隙结构	冲洪积结构		岩性为砾砂、含黏土质粗砂、砂、粉质黏土等,交错互层,规律性、连续性较差,孔隙储水,透水性、富水性变化较大,总体富水性较强	
	海相沉积结构		地表浅层以粗砂、砂砾石为主,分选性较好,含黏粒较少,磨圆度较好,透水性良好,属强富水层。中部是海泥层,浅灰至黑色,厚度及岩性变化较大,有一定的透水性,属相对隔水层	
基岩裂隙结构	错动结构	似裂隙结构		裂隙状层间层内错动带,即刚性结构面,包括熔结型结构面,结构面透水性表现为裂隙水的特点
		碎屑碎砾结构		具有一定厚度的层间层内错动带,错动带内岩石破碎成碎屑、碎砾及岩粉,属岩块碎屑型或岩块碎砾型结构面。在整体上呈裂隙状或脉状透水性,而错动带内地下水具孔隙水的渗透特点
	裂隙结构	单裂隙结构		岩体裂隙发育稀少,呈脉状透水,裂隙可以是构造裂隙、卸荷裂隙或成岩裂隙,裂隙面为刚性结构面
		网络裂隙结构		裂隙发育密集,各种裂隙相互交织成网络状,岩体透水性呈各向异性,主渗透性大小受张开裂隙控制
	交汇结构	错裂交汇结构		裂隙与错动带交汇形成的交汇带,裂隙延伸长度有限,错动带和构造裂隙常呈“正”、倒“丁”字形交汇
		错动交汇结构		层间、层内错动带自身或彼此交汇形成的交汇带,这种交汇带岩体破碎,且破碎范围大,透水性好
脉状结构	断裂破碎结构		断裂构造两侧的破碎构造带,有网络状或碎屑碎砾结构,连通性基本良好,透水性好	
	次级断裂结构		走向与断裂一致或斜交的一些次级同生断裂构造,渗水性随上级断裂变化	

三、为工程服务方面的地层结构研究

奚建国(1982)^[18]根据上海地区不同地貌单元内上述各工程地质组垂向分布结构组合的不同特征和主要差异,将上海地区划分为五个不同类型的工程地质结构区。这五个不同类型的工程地质结构区如下。



(1) 第一工程地质结构区

包括具第一工程地质组(全新世后期近代长江河口三角洲海退序列沉积层)。位置为长江河口崇明、长兴、横沙诸岛。地貌单元为兰角洲河口沙坝。标志层为全新世后期近代长江三角洲前缘,河口砂坝相灰色粉细砂类软土工程地质层。顶底板埋深 3 ~ 20m。

(2) 第二工程地质结构区

包括第一或第一、第三工程地质组(晚更新世中后期在钱塘江—古长江河口三角洲海退序列沉积层,顶底板埋深 3 ~ 20m)。位置为川沙、南汇、奉贤县东部海岸带。地貌单元为三角洲滨海平原前缘—海岸带。标志层为全新世后期近代长江三角洲前缘,河口水下沙堤相青灰色粉细砂工程地质层。顶底板埋深 3 ~ 15m。

(3) 第三工程地质结构区

包括第二工程地质组(全新世中期钱塘江—长江河口三角洲海退序列沉积层,顶底板埋深 3 ~ 20m)、第三工程地质组。位置为嘉定、青浦、松江、金山县西部。地貌单元为三角洲滨海湖沼平原。标志层为全新世中期钱塘江—长江河口三角洲平原冲湖积绿黄色硬土工程地质层。顶底板埋深为 3 ~ 15m。

(4) 第四工程地质结构区

因河流切割而缺少完整的三角洲海退序列沉积层。位置为上海市陆域各县及市区。地貌单元为三角洲滨海平原。标志层为全新世初期溺谷相类较多粉细砂的灰色软土工程地质层。顶底板埋深为 25 ~ 750m。

(5) 第五工程地质结构区

包括第三工程地质组。位置为上海市陆域各县及市区。地貌单元为三角洲滨海平原。标志层为晚更新世后期三角洲平原冲湖积相暗绿色硬土层地质层。顶底板埋深为 20 ~ 35m。

曾庆伦等(1983)^[19]分析甘肃省东乡县 1983 年发生的洒勒山滑坡的机制时,提出地质结构是内在因素,地下水作用是动力条件。

李中林等(1987)^[20]将地质结构本身划分为区域地壳结构、区域地质结构、山体地质结构、工程岩体结构和岩块结构共五级。

黄鼎成(1987)^[21]则更具体地将地质结构划分为区域地壳结构、区域(或地区)地质结构、具体地段的山体或谷坡地质结构、工程岩体结构和岩块结构共五级。

徐卫亚等(1994)^[22]对地质结构控灾进行了研究,取得了以下成果:

①结构是物质的存在形式,不同类型、不同序次、不同级别的具有明确地质历史成因的介质结构单元(或结构演化单元),在岩石圈地质体内排列组合类型及其特性定义为地质结构。排列即结构单元的空间分布特征;组合是指存在于地质体内的结构单元的类型搭配。岩石圈地质体内的结构单元的类型、序次和级别是不同的,结构单元在岩石圈内的排列组合形式也是不同的,这就决定着地质结构的客观存在性。

②地质结构是构成地质体的各部分及各部分间的结合方式,是地质体内部固有的规律性,是比较深刻、比较稳定的方面。地质结构决定着地质体的质。事物量的变化超过一定的度,便会发生质的跃变。这种跃变也是通过事物结构的改变来实现的。即地质结构的一定改变或适当调整,可以使地质体发生质的跃变。地质结构单元(要素、部分)在空间排列组合的变化可引起质变(地质体本身的总体数量、成分未变情况下的质变);地质体地质结构各演化结构单

元成分数量增减可引起质变。

③地质结构具有不同的级序性,这是与研究对象的视域范围相联系的。

地球结构:由三个不连续界面和三种状态的物质组成。地壳和地幔之间为莫霍面、地幔和地核之间为古登堡面,内地核和外地核之间为雷曼界面。

地壳结构:大陆地壳由三层组成,最上层为沉积盖层,其下为花岗岩层或称硅铝层,亦包括变质岩;花岗岩层之下为玄武岩层或称硅镁层,其成分相当于玄武岩和辉长岩。地壳结构是地壳各地球物理层的厚度、分布及深断裂切割断块的形状和大小,其反映地壳的破碎程度和力学特性。

区域地质结构:指某一地区性范围内,浅层地壳的物质组成及其空间组合状态,其由不同方向、不同规模和性质的断裂及其所围限的形态和大小不一、物质组成各异,其内部结构和应力状态不同的盖层断裂体组成,取决于岩石建造、构造变形和次生演化的全过程。区域地质结构是区域地质构造特征的具体反映。其既限定了地貌景观的形成—发展过程,又决定了区域水文地质结构、水动力特征,也控制着易变性地质单元的类别和空间分布。地质演化导致原有地质体特性的改变、地表形态变迁和地表物质以不同方式、规模、速度的移动,而形成的地质灾害,主要受控于这一地区的区域地质结构。我国的许多大江大河洪泛区成灾地段主要受控于区域地质结构,黄河成灾段位于郑州至兰考之间,主要处于开封拗陷带内,目前每年仍以6~8mm的速度下降;长江洪泛成灾地段位于荆州至武汉段内,主要处于江汉平原沉降带之内,在做震荡性下降运动,总的趋势是下降,造成河床淤积、抬高;松花江则处于松辽平原沉降带。

④由地质灾害成灾条件、致灾—孕灾作用、诱灾因素的系统考察揭示:地质结构控制地质灾害的成生发展,“地质结构控制论”是地质灾害及其防治科学的基本理论、核心课题。明确提出了地质结构控灾的基本思想及结构—功能分析方法。

孙广忠(2004)^[23]在研究地质工程学的过程中,对地质结构也获得了如下一些认识:

①地质结构是地质构造单元在地壳内排列组合的形式。地质构造单元可分为大地构造单元和小构造单元。由大地构造单元在地壳内排列组合成的结构称为地壳结构;小构造单元在地壳内排列组合成的结构称为地质结构;小构造单元又称为地质结构单元。地壳结构控制着地壳活动性,地质结构控制着岩体结构和土体结构,它们都是受地质构造控制的。

②地质结构是地质建造和改造的结果,它是岩体结构、土体结构和地质环境的宏观基础。岩体结构和土体结构是建立岩土力学模型的基础依据。地质结构模型的基本类型如表1-11所示。

③地质结构包括区域地壳结构、地质体结构(包括岩体结构、土体结构);区域地壳结构是由大地构造单元构成的,它控制着各种地质作用。地质体结构包括岩体结构和土体结构,岩体结构的范围比较小,它是指工程岩体范围内的地质体结构,土体结构是指工程范围内土体的地质体结构;土体工程常常被作为连续介质材料问题处理,这是不恰当的,这个问题是很复杂的,实际上也受结构控制。

张进(2006)^[24]通过对滑坡区地质结构(图1-4)的分析,从影响斜坡变形破坏的控制性因素——地质结构条件,对发耐古滑坡产生的成因机制进行了分析,得出了古滑坡形成的基本发展过程。