第 27 卷　增刊　　成 都 理 工 学 院 学 报　　Vol. 27　Suppl.
2000 年 11 月　　JOURNAL OF CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY　　Nov. 2000

[文章编号]1005-9539(2000)增刊-0198-04

边坡地质工程学导论*

赵其华　王兰生　沈军辉
(成都理工学院工程地质研究所,成都　610059)

[摘要]　在边坡科学现有研究成果的基础上,结合作者大量生产、科研、教学实践,探讨并提出了边坡地质工程学的基本概念、主要研究内容、研究思路和研究方法。

[关键词]　边坡地质工程,稳定性设计,边坡改造
[分类号]　TU4　　[文献标识码]　A

1　问题的提出

80 年代以来,人口、资源、环境与经济可持续发展的相互关系研究,已成为世界各国政府及民众高度重视并积极倡导的课题。保护环境的一个重要方面就是保护地质环境,减轻地质灾害,树立减灾就是增效的意识。随着人类工程活动在广度、深度、空间、规模等方面的不断拓展,以及我国西部大开发热潮的兴起,人类经济活动对地质体的改造作用,已远远超过自然地质作用,其速度在许多情况下超过了自然力,并超越了自然地质发生的区域性规律,而且其危害性一般也很大。针对这些特点,人们逐渐意识到,地质体是建设工程的有机组成部分,地质体可以是工程的环境、结构或材料。通常,人们把边坡问题的研究内容,称之为边坡稳定性分析,并应用现有的边坡科学理论成功地解决了大量工程实际问题。然而由于地球上可观的人口增长速度和密度,人类工程活动已成为地球表层系统中重要的“地质营力”,并以前所未有的速度诱发或导致自然边坡的失稳破坏。因此,人类对边坡地质体的研究,就不能仅停留在原先的稳定性分析方面,而是要从经济、安全、高效的角度,去设计边坡、改造或加固边坡,使之成为人们无忧的环境场所或成为生产、工作或居住的良好环境。显然,边坡稳定性分析已不能适应社会实践的需要,人们对边坡问题的研究,再不能将边坡地质体作为一种孤立封闭的系统,而要求将边坡地质体看成为人类工程的组成部分,于是本世纪 90 年代初期,孙广忠教授在“工程地质与地质工程”(地震出版社,1993)一书中提出了边坡地质工程的概念,但未给出明确的定义。鉴于国内外工程界和学术界皆无一致的认识或看法,本文首先提出一个系统的意见,以供同仁们或同行专家们指正。

2　基本概念

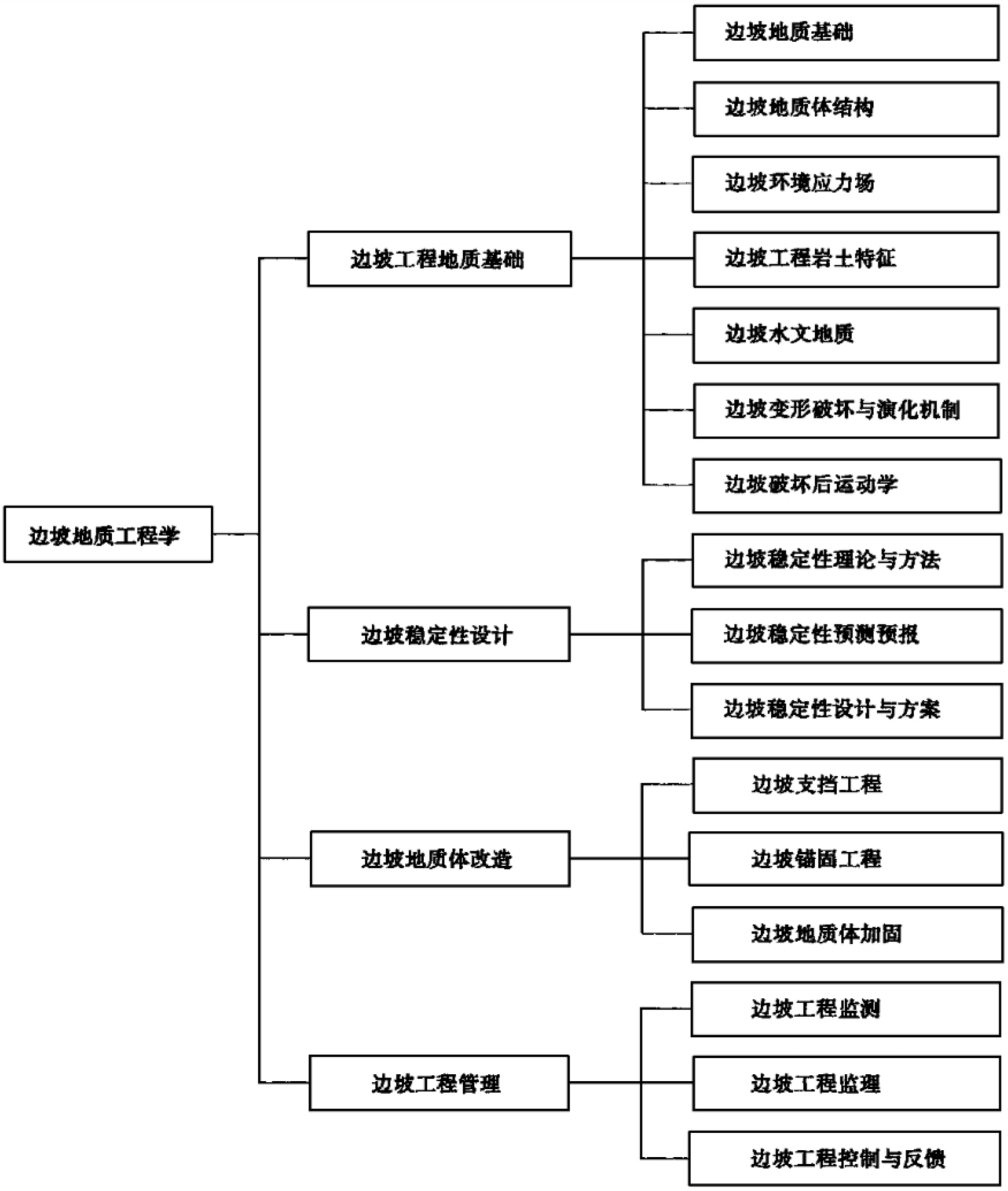
边坡地质工程是指以认识、评价、改造边坡地质体及边坡地质环境为主体的一类特殊工程。从这一定义可以看出,边坡地质工程,将边坡稳定性分析、边坡工程设计、边坡地质体的改造以及边坡地质工程的管理,均纳入到人类相关工程的组成部分,并成为人类工程中不可缺或的重要内容。在此基础上,将以边坡工程地质、边坡工程设计、边坡地质体改造、边坡地质工程管理为主要内容,以研究和解决与边坡地质体及边坡地质环境有关的工程问题的科学,称之为边坡地质工程学。显然,边坡地质工程学的重要基础,是边坡工程地质研究,工程地质工作是地质工程工作的基础和前提。

3　边坡地质工程学的主要研究内容

随着现代科学技术的进步,人类对环境的改造正以前所未有的速度和规模,不断的发展。同时,人类所面临的地质问题也日益突出。边坡是人类最基本的生存、生活和活动环境,在工程作用不断强大的今天乃至未来,人类对边坡科学的要求已不仅仅是

* [收稿日期]　2000-01-13
[作者简介]　赵其华(1965 -),男,博士,副教授,主要从事岩土工程和边坡地质工程领域的科研、生产、教学工作。已发表论文三十多篇,出版专著两部.

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd.　All rights reserved.



边坡地质工程学主要研究内容框图

边坡稳定性分析,需要呼唤新的理论、方法去指导工程实践的进行。

边坡地质工程学研究的对象是各类边坡地质体。边坡地质工程问题是指自然或人类工程经济活动中产生(诱发)的,对人民生命财产工程活动构成重大威胁的所有边坡地质问题。显然,它的主题是边坡地质体,核心是边坡地质体的改造。

综合现有边坡稳定性分析理论、成果,以及各类重大工程活动中暴露出的与边坡有关的地质问题,边坡地质工程学的主要研究内容至少包括以下几个方面:(1)边坡地质体的形成演化机制;(2)边坡地质体稳定性分析理论与方法;(3)边坡地质体的预测预报理论与方法;(4)边坡工程的稳定性设计;(5)边坡地质体的加固改造理论与技术;(6)边坡地质体的工程监测技术与方法;(7)边坡地质工程的管理与决策;(8)边坡地质工程的监理等。作者依据自己的体会和研究,将边坡地质工程学主要研究内容,概括成如框图所示。

边坡工程地质基础理论和分析是边坡地质工程学的奠基石。目前广泛兴起的铁路、公路、地下交通工程、港口码头工程、矿山工程中均不同程度的存在边坡工程地质基础内容研究、重视不够,甚至根本不

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

进行工程地质基础研究工作,从而导致了大量工程失事或造成极大的浪费。这是一种极不正常的现象。加强和重视边坡工程地质基础研究,是搞好边坡地质工程的关键问题之一。边坡工程地质基础理论主要包括边坡地质基础、边坡地质体结构、边坡环境应力场、边坡工程岩土特性、边坡水文地质条件、边坡变形破坏与演化机制、边坡破坏后运动学等基本研究内容。

边坡工程设计,不同于常规的人工结构设计,它是由边坡地质工程的特殊性决定的。边坡地质体具有耗散结构和非线性特征等复杂性,不仅仅是一种地质材料,也是一种地质结构和地质环境,同时具有自身的稳定潜能。所以对于边坡工程设计,作者认为,应是一种边坡稳定性设计。它包括边坡稳定性评价、边坡稳定性预测、边坡稳定性设计与决策等三个方面的基本内容。其中边坡稳定性设计主要指选择合适的边坡外形,如稳定坡角、坡高等的设计,包括了经济边坡与稳定、安全边坡的矛盾统一关系;而边坡稳定性决策实际相当于广义的工程设计概念,是指对不稳定边坡或临界稳定边坡选择最优的防治方案,并制订出详细的方案计划(包括方案的平面布置、结构类型、方案的综合比较以及费用估算或概算等,应能总体上包括最终的实施方案及费用),是决策者及边坡地质体改造的主要依据,相当于一般工程设计中的方案论证阶段的工作。这是边坡地质工程设计不同于一般工程设计的重要区别之一,即强调地质的主体作用,充分发挥地质工程师在边坡地质工程工作中的作用。所以要求地质工程师具有地质和工程学科方面的知识结构。

边坡地质体改造,包括边坡地质体防护、支护、锚固、灌浆加固、坡形改造、环境改造等方面的内容,是在边坡工程设计的基础上,依据边坡地质体变形破坏特点、稳定程度和阶段,完成具体的工程结构的计算、设计和施工工作。其中的设计工作是常规意义的狭义设计,即具体的结构设计,通常由地质工程师和施工工程师合作完成,而施工则是由专业施工队伍完成,地质工程师参与并协调施工工作的全过程。所以,边坡地质体改造主要包括三个方面的基本理论,即边坡支挡工程、边坡锚固工程、边坡地质体加固等。一般意义上,边坡地质体的改造是指边坡地质体结构的改造、地质材料性质的改造和边坡地质环境的改造。这里突出体现了边坡地质体既是被改造对象又是改造结构和材料的特点。

边坡工程管理贯穿边坡地质工程全过程,是工程的灵魂、枢纽和桥梁。边坡工程管理,包括边坡工程的信息化管理体系、质量保证体系、风险决策与安全体系等基本内容,所以基本理论由边坡工程监测、边坡工程监理、边坡工程控制与反馈等三个部分组成。其中,边坡工程监测,是信息化管理的重要组成,也是信息化勘察、设计、施工的信息源,是后两个部分的基础;边坡工程监理是指边坡地质工程勘察、设计、施工的全过程监理,是质量保证体系的核心部分;而边坡工程的控制与反馈则是依据边坡地质体认识水平和实际条件,及时调整、变更工程结构的具体设计、施工过程,以达到优化与经济安全的目标。这也是地质工程不同于一般工程的特点所在。

任何学科的形成或创立,都有一个不断发展和完善的过程。边坡地质工程学也是这样,其主要研究内容将随着社会生产实践和工程的需要而补充或修正。

4 研究思路与研究方法

4.1 边坡地质工程学的学科思路

思维方式的变革是人类认识和思维发展的重要标志。随着系统科学,尤其是耗散结构、协同学、突变理论、混沌理论等非线性科学的发展,逐渐改变了人们对自然现象的认知和思维方式,正如非线性科学在地学中的应用,是以方法论的变更开始一样,地质工程概念也是基于生产实践中地质与工程的严重脱节问题,以及整体协调性等思维方式产生的背景中提出并发展的。边坡地质工程概念的形成也是这样。

边坡地质工程学是边坡地质科学与工程学两类不同学科杂交的产物,可以说是两类学科相互渗透、交叉发展的一门边缘性学科。因此,边坡地质工程学的学科思路,主要来自两个方面,即边坡工程地质学的思路和大工程学的思路,但不是它们的简单组合,而是依据边坡地质工程学的研究对象、研究目的、研究内容和服务宗旨,把两种学术思路结合在一起,再参照现代系统科学思维,创造适合自身特点的学科思路。

通常成熟的工程地质学家关注的是地质体的成因和历史演化过程,据此而把握现在,评价预测未来;而结构工程师注意的总是建筑物的结构、尺寸和荷载,并考虑材料的应力、变形和强度。显然,解决边坡地质工程问题需要这两类思维的融合与渗透,并注意两者的顺应协调性和整体性原则。

当前各类与地质有关的工程实践中,尤其是地质灾害防治实践中,地质工程师与结构工程师之间存在着严重的分歧和脱节,即地质与设计、设计与施工的脱节,这一现象的产生正是由于各自的知识结构和学科思维的差异造成的。扭转这种局面的唯一途径就是形成并完善地质工程思维,即在重视工程

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

地质体的基础上,从整体上和顺应协调性高度把握工程和地质的关系,将传统的工程概念与地质概念组合,形成大工程概念,即地质和结构均是大工程的有机组成部分。同样,这也是边坡地质工程学科的基本思路。它包括动态历史分析思路、整体分解协调性思路、不确定性思路、系统控制论思路、矛盾论思路、层次性思路等。

4.2　边坡地质工程学的研究方法

边坡地质工程学是传统工程地质学与基础工程学相互渗透而形成的新兴边缘科学。其研究方法自然是秉承二者成熟研究方法的基础上,依据边坡地质工程学的特点而产生并发展的。

由于边坡地质工程中因素的不确定性,要求边坡地质工程技术人员用实际观察到的资料来修正自己的认识和估计,使之能逐步地掌握客观规律,更接近实际地进行分析、设计和预测,这就是经验积累的过程。在这一过程中,地质工程技术人员应对全过程进行系统的研究,包括地质原型的认识、参数的试验方法与获取、参数的可靠性及其对地质工程反应预测的影响、设计计算方法的精度及适宜性、对施工中可能出现问题的估计,以及实际施工和运行全过程的观测等。R. B. Peck(1969)总结了岩土工程中贯穿于勘察、设计、施工全过程的系统研究方法,并称之为观察法,它对岩土工程的发展有重大的影响,是符合系统工程原则的、有反馈封闭系统的研究方法。结合目前边坡地质工程的现状和特点,在观察法的基础上,边坡地质工程的系统研究方法可以归纳为如下主要过程,并称之为“五步法”。

认识 →归纳 →模拟 →决策 →验证

其中认识过程是对边坡地质原型的具体特征的了解和掌握;归纳是在原型分析的基础上,抓住主要矛盾和矛盾的主要方面,建立概念模型,确定参数试验方案及可靠性,初步形成改造方案;模拟是探求从归纳获取信息的可靠性的过程,也是从实践上升到理论的重要阶段。即通过模型试验、数学分析、统计和数值分析,从整体演化过程及内部作用机理等方面去评价认识模型的可靠性,是边坡地质工程研究中的重要过程;决策过程即在已有工作的基础上,对边坡地质体的稳定性作出科学评价,并依照归纳和模拟过程的结果,提出改造方案或对策,为改造工程及业主决策提供科学依据;验证即是在工程实施过程中,通过工程监测、观察了解施工情况,评估前面的估计或预测与实际的差异,并依据实际监测、观察资料来变更设计、优化工程结构、调整施工过程、预测施工隐患,在此基础上总结修正边坡地质工程的理论与方法。

因此,边坡地质工程工作中,除依照上述具体的分析研究方法外,尚应按照从认识、归纳、模拟、决策到验证等五步系统研究方法。回顾边坡地质工程问题的研究过程,无不渗透着五步法的痕迹,所以,五步法也是本论文的基本研究方法。这是边坡地质工程学的一般研究方法。

5　结束语

边坡地质工程学的基本理论框架,是作者在多年科研、生产实践中归纳并提练的结果,因此它来源于大量的生产、科研和教学实践过程,同时又贯穿于作者主持或参与的所有科研、生产及教学工作过程及内容之中。边坡地质工程学是对边坡工程地质学、岩土工程学、地质灾害防治工程学的补充、完善、提高,其中包含了大量现有边坡科学的研究成果,是为适应生产、实践的需要而形成的地质工程学的一个分支。

[参　考　文　献]

[1] 赵其华. 边坡地质工程问题研究[D]. 成都理工学院博士学位论文,1999.

[2] 孙广忠. 工程地质与地质工程[M]. 北京:地震出版社,1993.

[3] 孙广忠. 地质工程理论与实践[M]. 北京:地震出版社,1996.

[4] 孙广忠. 孙广忠地质工程文选[A]. 北京:兵器工业出版社,1997.

ON SLOPE GEOLOGICAL ENGINEERING

ZHAO Qi-hua, WANG Lan-sheng, SHEN Jun-hui

(Chengdu University of Technology, China)

Abstract: On the basis of research result of slope science, combined with the scientific research, practice and teaching work, the authors have discussed and put forward basic concept, research thought, contents and method of slope geological engineering.

Key words: Slope geological engineering; Stability design; Slope recreation

© 1995-2004 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.