

岩土高边坡破坏模式、预测预警与防治方法研究（续）

曾宪明¹ 姚鹏远² 肖玲¹ 林大路¹ 李世民¹

(1 总参工程兵科研三所 洛阳 471023 2 罗马第三大学 罗马 意大利)

(续上期)

5.4 研究思路

项目总体分为三大块：A.破坏模式；B.预测预报；C.滑坡防治。

每一块均由两部份组成：一是对国内外已有研究成果进行归纳、提炼，并构成相应的系统；二是就存在的问题展开研究。

项目总体研究思路见框图2，具体研究思路见框图3~5。

6 结语

(1) 在岩土高边坡破坏模式、预测预警与

防治方法研究方面，业已取得大量研究成果，将这些成果集成起来，组成相应的技术咨询系统，对于指导工程设计与施工是十分必要的。

(2) 在岩土高边坡破坏模式、预测预警与防治方法研究方面，同时还存在许多难点、热点和未很好研究解决的问题。针对这些问题开展研究，是科学技术发展和工程建设的需要。

(3) 将上述研究成果作再次集成，并补充到已建立的技术咨询系统中。这样，系统将更加完善和优化，并将具有极为重要的经济效益和社会效益。

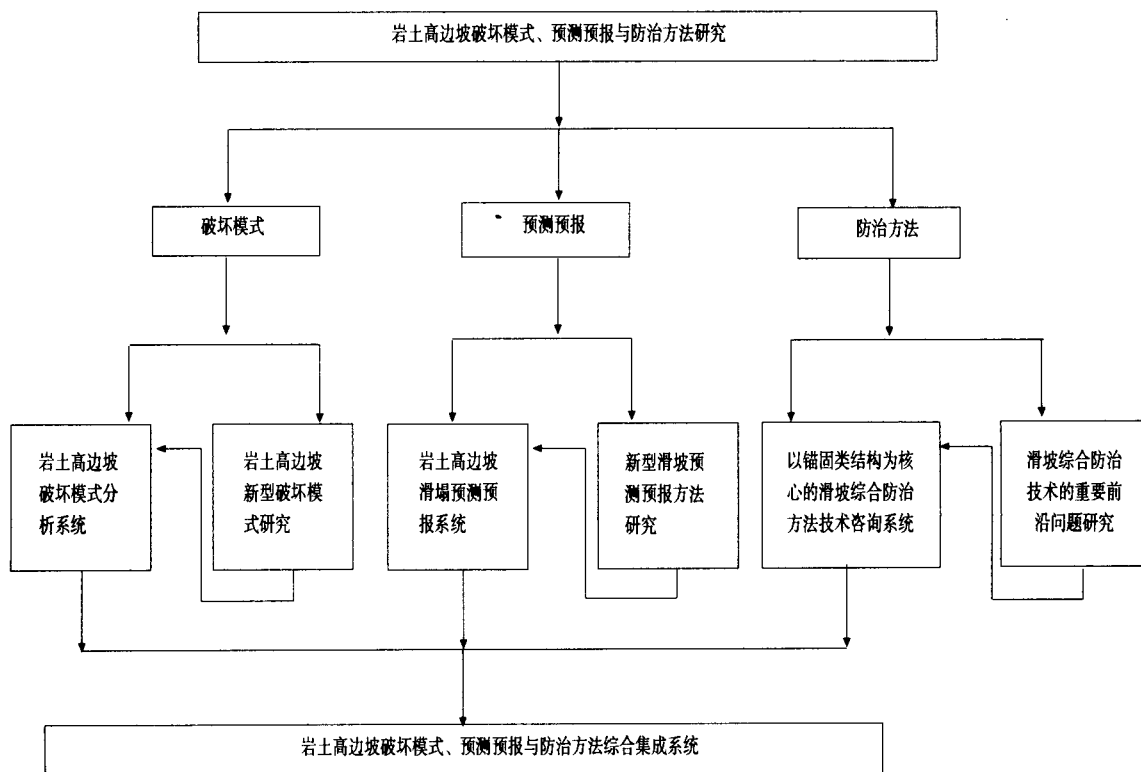


图2 研究的总体思路

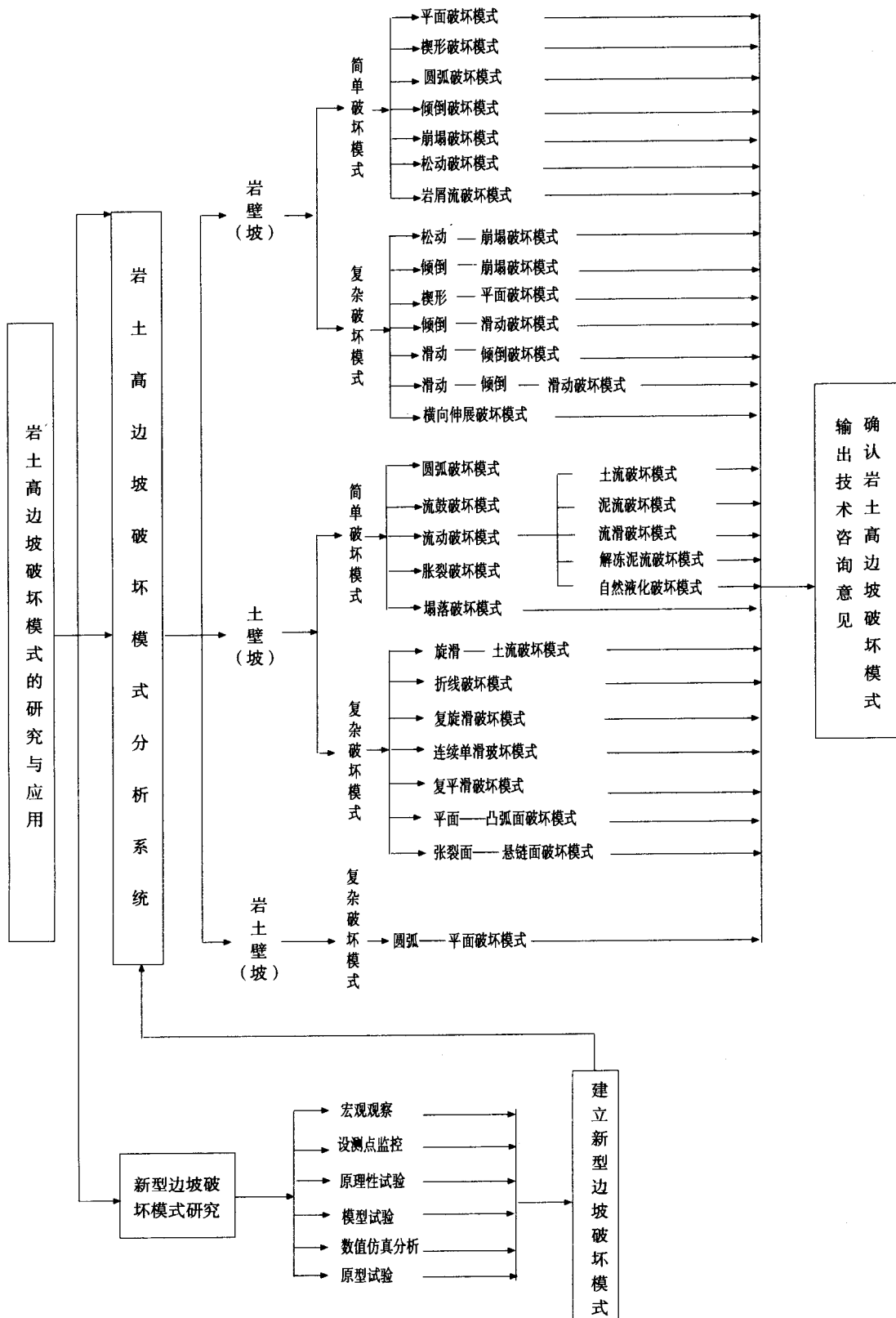


图3 研究目标之I的研究思路

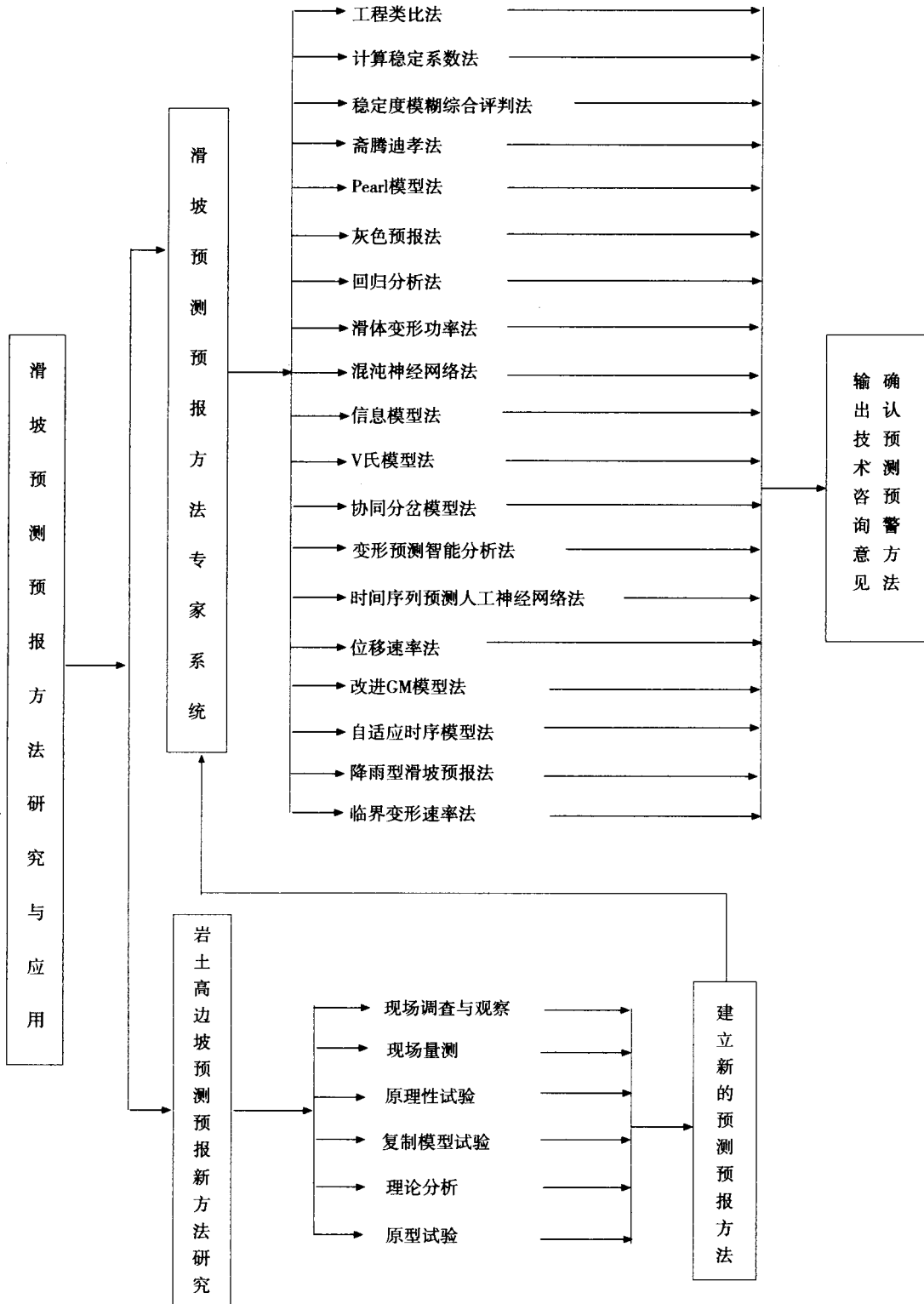


图4 研究目标之II的研究思路

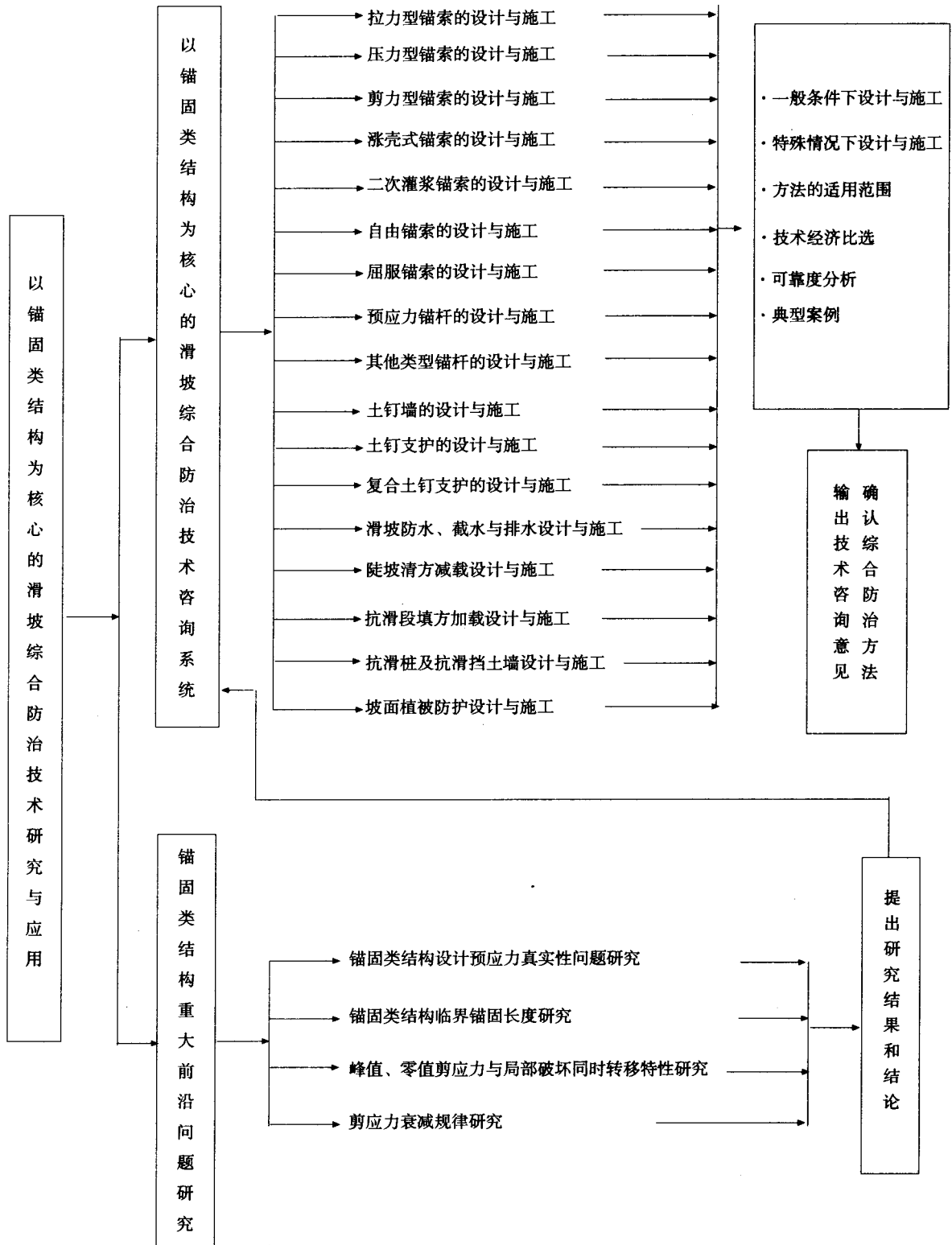


图5 研究目标之Ⅲ的研究思路

参考文献

- [1] Petterson, K. E. Kajraseti G*teborg den 5 mars, 1916, Tekn., V. U., 46, H. 30, PP. 281-287
- [2] Hultin, S. (1916), Grusfyllningar for Kajbyggnader. Bidrag till fragen on deras stabiliteter, Tekn. Tidskr., V. U., 46, H. 31, PP. 292-294
- [3] Toms, A. H. (1953), Recent tesearch into coastal landslides at folkestone warren, Kent, England, Proc. 3Int. Conf. Soil Mech. ForndEngng, 2, PP. 288-293
- [4] Fukuoka, M. (1953), Landslides in Japan, Proc. 3 Int. Conf. Soil Mech. Found. Engng, 2, PP. 234-238
- [5] Benson, W. N. (1946). Landslides and their relation tl engineering in the Dunedin District, New Zealand, Economic Geology, 41, PP. 328-347
- [6] Skempton, A. W. (1953), Soil mechanics in relation to geology, Proc. Yorkshire Geol. soc., Part 1, No. 3, PP. 33-62
- [7] Henkel, D. J. and Skempton, A. W. (1954), A landslide at jackfield, Proc. European Conf. Stability of Earth Slopes, 1, PP. 90-101
- [8] Legget, R. F. and Bartley, M. V. (1953), An engineering study of glacial deposits at steep rock lake, Ontario, Canada, Economic, Geology 48, PP. 513-540
- [9] Skaven-Haug, S. (1955). Undervannsskreki trondheim havneomrade, Norwegian Geotechnical Institute, Publ. No. 7, PP. 1-12
- [10] Skempton, A. W. and Hutchinson, J. (1969). Stability of natural slopes and embankment forndations, Proc. 7 Int. Conf. Soil Mech. Found. Engng., State If the Art Volume, Mxico, PP. 291-340
- [11] Za' ruba, Q. and Mencl, V. (1969), Landslides and Control Elsevier, Amsterdam
- [12] Bazett, D. J. Adams, J. L. and Matyas, E. L. (1961), An investigation of a slide in a test trench excavated in fis-sured sensitive clay, Proc. 5 Int. Conf. on Soil Mech. Fornd. Eng. 1, PP. 431-435
- [13] Hoek, E. Recent Rock Slops Stability Research of the Royal School of Mines, London. Proc., 2nd Intemational Conference on Stability in Open Pit Mining, Vancorver, 1971, Society of Mining Engineers, Amrican Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1972, PP. 23-46
- [14] 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范(GBJ7-89)》. 1989年
- [15] 罗国煜, 王培清, 陈华生等著. 岩坡优势面分析理论与方法. 北京: 地质出版社, 1992年3月
- [16] 曾宪明等. 特殊不良地质体变形破坏形态研究. 广东省深基坑开挖工程学术研讨会, 1996年10月
- [17] Heim, A. Bergsturz und Menschenleben. Fretz and Wasmuth Verlag, Zurich, 1932, 218PP
- [18] Z a' ruba, Q. Periglacial Phenomena in the Turnor Region. Sborni' k ú str' edni' ho ú stavu Geologicde' ho, Vol. 19, 1952
- [19] P. L. 舒斯特和 R. J. 克利泽克编, 铁道部科学研究院西北研究所译. 滑坡的分析与防治. 北京: 中国铁道出版社, P. 9-34, 1987年
- [20] Freollund, D. J and Krahn, J. Comparison of slope stability methods of analysis. Canadian Geotechnical J., Vol. 14, No. 3, P. 429, 1973
- [21] Nem cok, A., Pasek, J. and Ryb á r, J. Classification of Landslides and Other Mass Movements. Rock Mechanics, Vol. 4, No. 2, 1972, PP. 71-78
- [22] 中国科学院地质研究所著, 岩体地质力学问题(三). 北京: 科学出版社, P. 114-132和P. 100-113, 1980年
- [23] 曾宪明, 曾荣生, 陈德兴, 王作民编著. 岩土深基坑喷锚网支护法原理、设计、施工指南. P. 105-117, 1997年1月
- [24] Yin Kunlong: A computer-assisted mapping of landslide hazard evaluation, Proc. of 6th IAEG Congress. Lisbon: 1994
- [25] E. Л. 叶米里扬诺娃. 滑坡作用的基本规律. 铁道部科学研究院西北研究所译. 重庆: 重庆出版社, 1986
- [26] 山田刚二, 渡正亮, 小桥澄治. 滑坡和斜坡崩塌及其防治. 《滑坡和斜坡崩塌及其防治》翻译组. 北京: 科学出版社, 1980
- [27] 孙景恒, 李振明, 苏万益, Pearl模型在边坡失稳时间预报中的应用. 北京: 中国地质灾害与防治学报, 1993(2)
- [28] 徐峻龄. 有关滑坡预报问题的讨论. 见《滑坡文集》(第14集). 北京: 中国铁道出版社, 2000
- [29] Phillips J D. Nonlinear dynamical system in geomorphology: revolution or evolution [J] . Geomorphology, 1992, (5): 219-229
- [30] Phillips J D. Nonlinear dynamics and the evolution of relief [J] , Geomorphology, . 1995, (14): 57-64
- [31] Sah N K, Sheorey P R, Upadhyaya L N. Makimum likelihood estimation of slope stability [J] . Int. J. Rock. Mech. Sci. & Geomech. Abs., 1994, 31(1): 47-53
- [32] Packard N H. Geometry from a time series [J] . Phys. Rev. Lett, 1980, 45(6): 701-712
- [33] Eckmann J P, Ruelle D. Ergodic theory of chaos and strange attractors [J] . Rev. Mod. Phys. 1985, 57(6): 617-624
- [34] Kim S K, Hong W P, Kim Y M. Prediction of rainfall triggered landslides in Korea [A] . In: Bell ed. Landslides [C] . Rotterdam: balkema, 1991, 989-994
- [35] Pierson T C, Iverson R M, Ellen S D. Spatial and temporal distribution of shallow landsliding during intense rainfall, sortheastern Oahu, lawaii [A] . In: Bell ed. Landslides [C] . Rotterdam: Balkema, 1991, 393-1398
- [36] Folloni G, Ceriani M, Padovan N, et al. Rainfall and soil slipping events in Valtellina [A] . In: Bell ed. Landslides [C] . Rotterdam: balkema, 1991, 183-198
- [37] Carrara A, Guzzetti F. Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard [J] . Natural Hazards, 1999, 20(2): 117-135
- [38] Fritsch D. Three-dimensional geographic information system: status and prospects [A] . In: Proceedings of International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing [C] . Vienna: [s. n.], 1996, 215-221
- [39] Einsten H. H. Special lecture: Landslide risk assessment procedure [A] . Proc. 5th. Int. Symp [C] . Landslide: lausanne, 1988, 2: 1075-1090
- [40] Anbalagan R. & Singh B. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains—a case study from kumaun himalaya [J] . India, Engineering geology, 1996, 43: 237-246

- [41] 邓聚龙.灰色控制系统.武汉:华中工学院出版社,1987
- [42] 晏同珍.水文工程地质与环境保护.武汉:中国地质大学出版社,1994
- [43] 梅荣生.滑坡剧滑时间预测模型建模方法.北京:中国地质灾害与防治学报,1993(4)
- [44] 廖小平.滑坡破坏时间预报新理论探讨.成都:地质灾害与环境保护,1994,5(3)
- [45] 黄志全,崔江利,刘汉东.边坡稳定性预测的混沌神经网络方法.岩石力学与工程学报,2004.11,23(22):3808~3812
- [46] 唐璐,齐欢.混沌和神经网络结合的滑坡预测方法.岩石力学与工程学报,2003.12,22(12):1984~1987
- [47] 黄志全,张长存,姜彤,王恩敬.滑坡预报的协同分岔模型及其应用.岩石力学与工程学报,2002.4,21(4):498~501
- [48] 李邵军,冯夏庭,杨成祥,黄河.基于三维地理信息的滑坡监测及变形预测智能分析.岩石力学与工程学报,2004.11,23(21):3673~3678
- [49] 谢全敏,边翔,夏元友.滑坡灾害风险评价的系统分析.岩土力学,2005.1,26(1):71~74
- [50] 廖野澜,谢谟文.监测位移的灰色预报.岩石力学与工程学报,1996.9,15(3):269~274
- [51] 刘汉东.边坡位移矢量场与失稳定时预报试验研究.岩石力学与工程学报,1998.4,17(2):111~116
- [52] 王在泉.边坡动态稳定预测预报及工程应用研究.岩石力学与工程学报,1998.4,17(2):117~122
- [53] 张玉祥.岩土工程时间序列预报问题初探.岩石力学与工程学报,1998.10,17(5):552~558
- [54] 许东俊,陈从新,王小巍,史永胜.岩质边坡滑坡预报研究.岩石力学与工程学报,1999.8,18(4):369~372
- [55] 唐天国,万星,刘浩吾.高边坡安全监测的改进GM模型预测研究.岩石力学与工程学报,2005.1,24(2):307~312
- [56] 陈志坚,李筱艳,孙英学,张雄文.基于剪切位移的层状岩质边坡稳定性预测预报模型.岩石力学与工程学报,2003.8,22(8):1315~1319
- [57] 杨治林.地下水作用下复合介质边坡岩体的位移判据研究.岩石力学与工程学报,2003.5,22(5):820~823
- [58] 孙星亮,汪稳.自适应时序模型在地下工程位移预报中的应用.岩石力学与工程学报,2004.5,23(9):1465~1469
- [59] 丁继新,尚彦军,杨志法,张路青.降雨型滑坡预报新方法.岩石力学与工程学报,2004.11,23(21):3738~3743
- [60] 王旭春.三峡库区滑坡预测预报3S系统关键问题研究.中国矿业大学北京校区岩土工程研究所博士论文,北京100083,1999.12
- [61] 周萃英.斜坡岩体复杂性特性及其预测新认识.岩石力学与工程学报,2000.1,19(1):34~38
- [62] 马崇武.边坡稳定性与滑坡预测预报的力学研究.兰州大学物理科学与技术学院力学系博士论文,兰州,730000.1999.12
- [63] 陈益峰,吕金虎,周创兵.基于Lyapunov指数改进算法的边坡位移预测.岩石力学与工程学报,2001.5,20(5):671~675
- [64] 曾宪明,黄久松,王作民,宋红民编著.土钉支护设计与施工手册.北京:中国建筑工业出版社,2000.8
- [65] Zeng Xianming, Tan S Y. Proceedings of the International Conference on Soil Nailing & Stability of Soil and Rock Engineering, 21~22 October 2004, Nanjing, China
- [66] 曾宪明,王振宇,徐孝华,杨章甫等编译.国际岩土工程新技术新材料新方法.北京:中国建筑工业出版社,2003年5月
- [67] 蒋忠信.拉力型锚索锚固段剪应力分布的高斯曲线模式.岩土工程学报,2001,23(6):696~699
- [68] 李敏,蒋忠信,秦小林.南昆铁路膨胀岩(土)路堑边坡应力测试分析[J].中国地质灾害与防治学报,1995,(专辑):60~69.
- [69] 余坪,余渊.滑坡防治预应力锚索的试验研究[J].中国地质灾害与防治学报,1996,(1):59~63.
- [70] 程良奎.土层锚杆的几个力学问题[A].岩土锚固工程技术[M].北京:人民交通出版社,1996.1~6.
- [71] 朱焕春.反复张拉荷载作用下锚杆工作机理试验研究.岩土工程学报,1999.11,21(6):662~665
- [72] 郑全平.预应力锚索加固作用机理与设计计算方法,中国防护工程科技报告,1998.11.
- [73] 顾金才,明治清,沈俊,陈安敏.预应力锚索内锚固段受力特点现场试验研究,见:中国岩土锚固工程协会编,岩土锚固新技术,北京:人民交通出版社,1998.
- [74] 邹爱清,韩军,罗超文,程良奎.单孔复合型锚杆锚固体应力分布特征研究.岩石力学与工程学报,2004.1,23(2):247~251.
- [75] 荣冠,朱焕春,周创兵.螺纹钢与圆钢锚杆工作机理对比试验研究.岩石力学与工程学报,2004.2,23(3):469~475.
- [76] 杨松林,荣冠,朱焕春.混凝土中锚杆荷载传递机理的理论分析和现场试验.岩土力学,2001.5,vol.22 No.1.
- [77] 美国交通部联邦公路总局(FHWA-SA-96-069R)主编,余诗刚译.土钉墙设计施工与监测手册,北京:中国科学技术出版社,2000.5
- [78] Weatherby D E. Tiebacks, Federal Highway Administration, Washington D. C., FHWA-RD-82-047,1982
- [79] Cheney, Richard S., Permanent Ground Anchors, FWHA-DP-68-1R, Federal Highway Administration, Washington D. C., 1988
- [80] Elias V and Juran I., Soil Nailing for Stabilization of Highway Slopes and Excavations, Federal Highway Administration, Washington D. C., FHWA-RD-89-198,1991
- [81] Porterfield J A., Cotton D M and Byrne R J., Soil Nailing Field Inspectors Manual, Federal Highway Administration, Washington D. C., FWHA-SA-93-068,1994
- [82] French National Research Project Clouterre. Recommendations Clouterre 1991 (English Translation) Soil Nailing Recommendations, Federal Highway Administration, Washington D. C., FHWA-SA-93-026, 1991
- [83] (德国) R. Eligehausen, B. Lehr, J. Meszaros, W. Fuchs文,张新乐译,两种粘结锚杆抗拉性能与设计,见:曾宪明,王振宇,徐孝华,杨章甫等编译,国际岩土工程新技术新材料新方法,北京:中国建筑工业出版社,2003.5
- [84] Sell, R.: Festigkeit und Verformung Mit Reaktionsharzm *rtelatronen Versetzter Anker, Verbindung-technik 5, Volume 8, 1973
- [85] Lang, G; Vollmer, H.: Dubelsysteme fur Schwerlastverbindungen. Die Bautechnik, Volume 6, 1979

- [86] Lang, G.: Festigkeitseigenschaften von verbundanker-systemen. Bauingenieur 54, 1979
- [87] Wu Shenxing. Dynamic experimental study of bond-slip between bars and the concrete in XiaoWan arch dam, New Developments in Dam Engineering-Wieland, Ren & Tan(eds), (c) 2004 Taylor & Francis Group, London, ISBN 04 1536 240 7: 951-959
- [88] Bo Liu, Libing Tao, Longguang Tao. Field Tests of Nails/Strains and Their Spatial Behavior in Vertical Soil Nailing Wall of Deep Excavation, Proceedings of the International Symposium of Civil Engineering in the 21st Century, Beijing, China, 11-13 October, 2000:417-423
- [89] 徐景茂, 顾雷雨. 锚索内锚固段注浆体与孔壁之间峰值抗剪强度试验研究, 岩石力学与工程学报, 2004.11, 23 (22): 3765-3769.
- [90] 何思明, 王成华. 预应力锚索破坏特性及极限抗拔力研究, 岩石力学与工程学报, 2004.9, 23 (17): 2966-2971.
- [91] 杨松林, 徐卫亚, 黄启平. 节理剪切过程中锚杆的变形分析, 岩石力学与工程学报, 2004.10,23 (19): 3268-3273
- [92] 曹国金, 姜弘道,熊红梅. 一种确定拉力型锚杆支护长度的方法, 岩石力学与工程学报, 2003.6, 22 (7): 1141-1145
- [93] 王霞, 郑志辉, 孙福英, 曾宪明. 锚索内锚固段摩阻力分布及扩散规律研究, 煤炭工程, 2004 No.7: 45-48.
- [94] 赵华, 董泽荣, 李融融, 段会文等. 小湾水电站岸锚支护试验研究, 见: 徐桢祥等主编, 岩土锚固技术与西部开发, 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [95] 谷建国, 王再芳, 董翌为, 刘鸿俊. 特大吨位预应力锚索试验研究, 见: 徐桢祥等主编, 岩土锚固技术与西部开发, 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [96] 甘文鸿, 大朝山水电站地下洞室主要支护施工技术, 见: 徐桢祥等主编, 岩土锚固技术与西部开发, 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [97] Cook, R. A., Bishop, M. C., Hagedoorn, H. S., Sikes, D. E., Richardson, D. S., Adams, T. L., De Zee, C. T.: Adhesive bonded anchors. Structural and Effects of In-service and Installation Conditions. Structural and Materials Research Report No. 94-2A. University of Florida, 1994
- [98] Eligehausen, R.; Mall é e, R. Rehm, G.: Befestigungstechnik. In: Betonkalender 1997, Ernst & Sohn, Verlag F ù r Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1997
- [99] Rehm, G.: Langzeitverhalten von HILTI-Verbundankern HVA. Gutachtliche Stellungnahme vom 23.06.1978, not published
- [100] Cook, R. A.; Kunz, J., Fuchs, W., Konz, R. C.: Behavior and Design of Single Adhesive Anchors under Tensile Load in Uncracked Concrete. ACI Structural Journal, January-February 1998
- [101] Eligehausen, R.; Mall é e, R.; Rehm, G.: Fixings formed with Resin Anchors. Betonwerk+Fertigteile-Technik, Volume 10 to 12, 1994
- [102] Cook, R.A: Behavior of Chemically Bonded Anchors, Journal of Structural Engineering, vol. 119, No.9, September, 1993
- [103] Fuchs, W.; IExpansion, R., Breen, J.E.: Concrete Capacity Design (CCD) APPROACH FOR Fastening to Concrete. ACI-Structural Journal, pp. 73-94, Vol.92, 1995
- [104] [法国] Marc Panet文, 张新乐译, 被动锚杆加固岩体的实用设计方法, 见: 曾宪明, 王振宇, 徐孝华, 杨章甫等编译, 国际岩土工程新技术新材料新方法, 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.5
- [105] (澳大利亚) Marc A. Wood Word文, 朱大明译, 锚索设计、试验、监测和施工方法, 见: 曾宪明, 王振宇, 徐孝华, 杨章甫等编译, 国际岩土工程新技术新材料新方法, 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.5
- [106] (日本) S. Sakurai文, 张新乐译, 锚杆加固节理岩体的机理与分析方法, 见: 曾宪明, 王振宇, 徐孝华, 杨章甫等编译, 国际岩土工程新技术新材料新方法, 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.5

(上接第6页)

程, 极限波长变化为8nm左右, 能监测拉索的整个弹性工作阶段。

(3) 通过标定, FRP-OFBG筋可直接测量拉索的应力和索力。但由于索体扭绞不均和FRP-OFBG筋在索中位置的影响, 不同光栅有不同的灵敏系数。

(4) FRP-OFBG筋在拉索全长范围内进行监测, 与钢丝同步协调变形, 可监测拉索服役期间的动应力。

(5) 测量方法具备光纤光栅传感器的优点, 如耐腐蚀、传感精度高、抗电磁干扰、准分布式传感、绝对测量、稳定性与耐久性好等;

(6) 由于光纤光栅不仅对应变敏感, 同时对温度也相当敏感, 使用时可以用另外的参考传感器进行温度补偿;

(7) 光纤光栅冷铸锚头锚拉索具有自感知性能, 可用于施工监控和长期安全监测。

参考文献

- [1] M D Todd, G A Johnson & ST Vohra. Deployment of a fiber Bragg grating-based measurement system in a structural health monitoring application. Smart Materials and Structures. 2001, 10 (3)
- [2] 欧进萍, 周智. 纤维增强塑料-光纤光栅复合筋[P].中国专利: CN1484456A, 2004-3-24
- [3] Post -Tensioning Institute's (PTI). Recommendations for stay cable design, testing and installation, 2001
- [4] 周智. 土木工程结构光纤光栅智能传感元件及其监测系统. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学博士学位论文, 2003
- [5] Deng Nianchun, Zhou Zhi, Ou Jinping, Long yue, Zhu Wanxu Health Monitoring of Stay Cables using Fiber Bragg Grating Technology. SHMII-2'2005, Shenzhen, 2005
- [6] 邓年春, 付振安. 光纤光栅纤维增强塑料筋锚杆. 煤炭技术, 2005, 24(11): 53-55
- [7] Zhi Zhou, Zhichun Zhang, Nianchun Deng, et al. Applications of FRP-OFBG sensors on bridge cables. Proceedings of the SPIE, 2005, 5765: 668-677
- [8] 李国利, 李志全. 光纤光栅应变测量中的温度补偿问题. 激光与光电子学进展, 2005, 42(4)