



岩土工程化学原位加固丛书.1

# 原位化学灌浆加固概论

邓敬森 等 编著

DENGJINGSEN DENG BIANZHU

YANTU GONGCHENG HUAXUE

YUANWEI JIAGU CONGSHU.1

YUANWEI HUAXUE GUANJIAN

JIAGU GAILUN



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



岩土工程化学原位加固丛书. 1

# 原位化学灌浆加固概论

邓敬森 陈雪云 熊厚金 陈彦生 编著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是在继承《岩土工程化学》基本理论的前提下,结合作者多年在  
交通公路等领域的原位加固实践经验作了创新发展,即以“化灌快乐力  
(Gross Chemical Grouting Happiness)”理念,最大限度地利用岩体、土  
体、混凝土的缺陷残能,原位加固其岩土工程,达到安全健康的目的。

本书共 8 章,包括岩土工程缺陷、岩土工程化学原位加固理论、原位  
加固材料、原位加固技术,以及原位加固在交通公路、矿山尾矿坝、铁道  
桥隧、水工程应用的典型案例。

可供从事岩土工程的设计、科研、施工、监理、管理人员和大专院校  
相关专业的师生阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

原位化学灌浆加固概论. 1 / 邓敬森等编著. — 北  
京:中国水利水电出版社,2009.10  
(岩土工程化学原位加固丛书)  
ISBN 978-7-5084-6889-1

I. ①原… II. ①邓… III. ①岩土工程—原位—化学  
灌浆—灌浆加固—概论 IV. ①TU472.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第185770号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 岩土工程化学原位加固丛书.1<br>原位化学灌浆加固概论                                                                                                   |
| 作 者  | 邓敬森 等 编著                                                                                                                       |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                            |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                |
| 印 刷  | 北京市兴怀印刷厂                                                                                                                       |
| 规 格  | 140mm×203mm 32开本 10.25印张 276千字                                                                                                 |
| 版 次  | 2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷                                                                                                      |
| 印 数  | 0001—3000册                                                                                                                     |
| 定 价  | 32.00元                                                                                                                         |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 序

在岩土工程中，原位处理及其原位化学灌浆加固，既保证了工程建筑物的安全与健康，又促进了岩土工程化学的创立与发展。

实践表明，原位化学灌浆加固具有如下三大特点。

## 一、隐蔽性

利用化学灌浆进行地基处理、桩基加固、公路路面板底及隧道衬砌背后脱空充填、地下连续墙构筑、锚杆（索）灌浆补强都是在岩土中隐蔽施工，工程竣工后的运行也是在隐蔽条件下进行的，从而决定了该技术的创新不易和神秘莫测。

## 二、区域性

利用化学灌浆原位加固的岩土地质体，因其构造成因及组分不同，带来了各个构造体系和地理区域的差别：坚硬、高地应力场岩体的岩爆、饼化；松散、多孔隙的软弱土壤的泥化、渗漏；赤道附近的高温，高纬度地域的严寒，这些都给该技术的广泛应用不可复制和异彩纷呈。

## 三、不确定性

由岩土工程地质勘察报告所述的场地数据，很难概括化学灌浆原位加固的岩土全部性能；某些岩土的结构及性能参数又容易随环境条件而改变，而施工时又或多或少地扰动岩土结构；改变了的岩土结构及性能反过来对施工过程又施加一定的影响，不可能在事先把这一切了解得十分清楚，所以化学灌浆施工是在对岩土性质及其变化不是全部了解清楚的情况下进行的，这种种不确定性就凸显了该技术的高深久远和“阿化”魅力。

2000年，当我们创办《岩土工程界》学术期刊时，就有灌浆技术的考量，当时主要是水工程大坝坝基与坝体固结灌浆和帷幕灌浆的论述和推广。现在，“岩土工程化学原位加固丛书”较全面地概述了交通公路、铁道桥隧、矿山尾矿库坝以及水工程诸领域的化学灌浆原位加固技术，并在“化灌快乐力”理念上有所创新，这是当下“以人为本”、“科学发展观”在岩土工程界的贯彻和实际体现。其中，《原位化学灌浆加固概论》彰显了《岩土工程化学》在交通公路领域的应用发展；《原位化学灌浆加固材料》综述了当前化灌浆材的特性；《原位化学灌浆加固技术》突出了加固机理；《原位化学灌浆加固典型案例》介绍了化学灌浆在岩土工程中应用的经典。一套四册的“岩土工程化学原位加固丛书”出版，有助于“化灌人”开启由“敬畏化学灌浆”向“化学灌浆快乐”迈进的心路历程。

应“岩土工程化学原位加固丛书”的作者所约，书写上述这些话，是为序。

中国工程院院士 王思敬

2009年9月于北京清华园

## 前 言

自 1991 年由著名化学家、中国科学院院士卢嘉锡首先提出岩土工程化学概念到 2001 年《岩土工程化学》专著出版，十年时间初步奠定了岩土工程化学的学科基础。

作为岩土工程化学所依托的主要技术：化学灌浆，在岩土工程界扮演着重要角色。随着“绿色化学”与“绿色化灌”的实施与普及，“原位处理”及其“原位化学灌浆加固”在建设和谐社会中所起的作用已逐渐凸显。

十多年来，本人不遗余力地在各种会议上宣传岩土工程化学、介绍原位处理的经验与体会时，但终因势单力薄、收效甚微。有鉴于此，于是决定与陈雪云、熊厚金和陈彦生共同编著“岩土工程化学原位加固丛书”，结合笔者多年来在以交通公路为主的各类岩土工程化学实践经验，凝聚出“化灌快乐力”感悟原位处理的精华以飨读者。

本丛书一套四册即《原位化学灌浆加固概论》、《原位化学灌浆加固材料》、《原位化学灌浆加固技术》和《原位化学灌浆加固典型案例》。

《原位化学灌浆加固概论》系丛书之一。全书共 8 章，第 1 章概述了岩土工程（以交通公路为主）的缺陷作为原位加固的出发点；第 2 章简介了岩土工程化学原位加固理论作为加固的思想基础；第 3 章是加固材料；第 4 章为加固技术；第 5 章～第 8 章为原位加固在交通公路、铁路隧道、矿山尾矿坝和水工程应用的典型案例。

中国工程院院士王思敬为本书作序；长江科学院教授级高级

工程师蒋硕忠审阅了书稿；在编著过程中，还曾得到广东灌浆岛路桥新技术发展有限公司和桂林科达化学灌浆有限责任公司高鸿儒、黄基传、钟荣国、谷茂、谢志方和熊学刚等同仁的帮助，在此一并表示深切感谢！

限于水平和认识的局限性，书中难免有失误和欠妥之处，敬请读者不吝斧正。

**邓敬森**

2009年7月于桂林

# 术 语 表

1. **岩土工程** (Geotechnical engineering): 指土木工程中涉及岩石、土的利用、处理或改良的科学技术。

2. **岩石工程** (Rock engineering): 指以岩体为工程建筑地基或环境, 并对岩体进行开挖、加固的地下工程和地面工程。

3. **土力学** (Soil mechanics): 指研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下工程性状的应用科学。

4. **岩石力学 (岩体力学)** (Rock mechanics): 指研究岩石的物理性质和岩体在环境及荷载的作用下力学性状的应用科学。

5. **土动力学** (Soil dynamics): 指研究土在各种动力作用下的性状和应力波在土体内传播规律的科学。

6. **工程地质学** (Engineering geology): 指研究与工程活动有关的地质环境及其评价、预测和保护的科学。

7. **水文地质学** (Hydrogeology): 指研究地下水的形成、分布、运动规律、物理化学性质及其合理利用和管理的科学。

8. **地下水动力学** (Groundwater dynamics): 指研究地下水在岩、土孔隙及其裂隙中运动规律的科学。

9. **环境岩土工程** (Environmental geotechnics): 指利用岩土工程的理论与实践解决由于人类活动和工农业生产带来的包括环境的合理利用、保护和综合治理的工程措施等的环境问题。

10. **地震工程学** (Earthquake engineering): 指利用岩土动力学和结构动力学等研究结构对地震的反应、抗震和加固措施的科学。

11. **灾害地质学** (Disaster geology): 指研究火山、地震、滑坡、泥石流和区域性地下水位骤变等有害地质现象的形成、发展和防治措施的科学。

12. **流变学** (Rheology): 指研究物质或材料的流动和变形的属力学分支之一的科学。

13. **散体力学** (Mechanics of granular media): 指研究散体受力时的极限平衡和运动规律的科学。

14. **断裂力学** (Fracture mechanics): 指研究含裂纹材料和工程结构的强度变化及裂纹扩展规律的科学。



15. **块体理论** (Block theory): 指对被结构面分割的岩体进行工程稳定性分析的新理论。

16. **地基处理** (Ground treatment): 指用各种换料、掺和料、化学剂、电热等方法或机械手段来提高地基土强度, 改善土的变形特性或渗透性的处理技术。

17. **复合地基** (Composite ground): 指在天然粘性土地基中设置一群以碎石、砂砾等散粒材料或其他材料组成的桩柱、使其与原地基土共同承担荷载的地基。

18. **垫层** (Cushion): 指用砂、碎石或灰土铺填于软弱地基土上或置换地基表面一定厚度的软弱土的材料层。

19. **浅层土加固** (Surface soil stabilization): 指以地基表层部分为对象进行的碾压、换土等土质改良及处理。

20. **深层土加固** (Deep soil stabilization): 泛指地基加固达到压缩层影响深度的振冲、深层搅拌、挤密桩、爆扩桩、旋喷等处理方法。

21. **水泥加固** (Cement stabilization): 指土中掺和水泥以改良土性的处理方法。

22. **碾压法** (Compaction by rolling): 指堤、坝等土方工程中利用碾压机械压实土体的填筑方法。

23. **强夯法** (Dynamic consolidation): 指用质量达数十吨的重锤自数米高处自由下落, 给地基以冲击力和振动, 从而提高一定深度内地基土的密度、强度并降低其压缩性的方法。

24. **挤密砂桩** (Densification by sand pile): 指利用振动或锤击作用, 将桩管打入土中, 分段向桩管加砂石料, 不断提升并反复挤压而形成的砂石桩。

25. **爆炸加密法** (Densification by explosion): 指利用爆炸的冲击和振动作用使饱和砂土密实的地基处理方法。

26. **灰土** (Lime treated soil): 指掺入石灰, 通过其放热、与土凝结及离子交换作用等使性质得到改良的土。

27. **灰土桩** (Lime soil pile): 指先造孔, 再在桩孔内填入灰土并夯实形成的土与石灰混合料, 或石灰和粉煤灰混成的二灰土的桩。

28. **石灰桩法** (Lime pile method): 指在松软地基中, 用机械成孔后, 填入生石灰, 或混以其他掺和料, 加以压实后成桩的方法。

29. **微型桩** (Mini pile): 指原位加固地基, 提高地基承载力的树根桩、水泥粉煤灰等硬化材料的小直径短桩。

30. **树根桩** (Root pile): 指主要用于加固既有建筑物地基, 桩径小于

250mm，可按不同角度设置的形似树根的灌注桩。

**31. 土钉 (Soil nailing):** 指在土坡坡面每隔一定间距，向坡内打入金属或土工合成材料拉条或拉杆，其外端与支壁或构件联结，以提高土坡稳定性的结构措施。

**32. 铺网法 (Fabric sheet reinforced earth):** 指在超软弱地基表面铺设高强度土工合成材料网，以利于填土稳固的类似于刚性材料垫层的超软土地基表面强化处理的方法。

**33. 托换技术 (Underpinning):** 指为提高既有建筑物地基的承载力或纠正基础由于严重不均匀沉降所导致的建筑物倾斜、开裂而采取的地基、基础补强措施。

**34. 振冲法 (Vibroflotation):** 指利用振冲器在土层中振动和水流喷射的联合作用成孔，然后填入碎石料并提拔振冲器逐段振实，形成刚度较大的碎石桩的地基处理方法。

**35. 深层搅拌法 (Deep mixing method):** 指利用水泥、石灰或其他材料作为固化剂，通过特别的深层搅拌机械，将其与地基深层土体强制搅拌，经物理—化学作用、硬化或形成整体的浆液搅拌法和粉喷搅拌法。

**36. 高压喷射灌浆法 (Jet grouting):** 指采用灌浆管和喷嘴，借高压将水泥浆等从喷嘴射出，直接破坏地基土体，并与之混合，硬凝后形成固结体，以加固土体和降低其渗透性的方法。旋转喷射的称旋喷法，定向喷射的称定向喷法。

**37. 挤密灌浆法 (Compaction grouting method):** 指通过钻孔向土层压入浓浆，在压浆周围形成泡形空间，使浆液对地基起到挤压和硬化作用形成桩柱的加固方法。

**38. 灌浆 (Grouting):** 指利用灌浆压力或浆液自重，经过钻孔将浆液压到岩石、砂砾石层、混凝土或土体裂隙、接缝或空洞内，以改善地基水文地质和工程地质条件，提高建筑物整体性的工程措施。

**39. 固结灌浆 (Consolidation grouting):** 指将浆液灌入地基岩石裂缝，以改善岩体力学性能的灌浆工程。

**40. 帷幕灌浆 (Curtain grouting):** 指在岩石或砂砾石地基中，用灌浆方法建造连续防渗体以减少地基渗漏，减小渗透水对地基的扬压力和防止地基冲刷的工程。

**41. 化学灌浆 (Chemical grouting):** 指将配制好的化学药剂，通过导管注入岩土体孔隙中，使与裂隙壁发生化学反应，起到连接与堵塞的作用，从而提高岩土体的强度，减小其压缩性和渗透性的地基处理方法。

**42. 有利 (Advantageous; beneficial):** 与“有害”或“有弊”相对。

指利益；好处。在化学灌浆中一般指化学灌浆材料在配制和灌注过程中的正面影响。

**43. 有害 (Harmful; pernicious):** 与“有利”相对。指损害、伤害、灾害、祸害。在化学灌浆中指灌材进行配制和灌注过程中的负面影响。

**44. 毒物 (Poison; Poisonous substance):** 指能对肌体产生化学或物理化学作用,引起功能障碍、疾病,甚至死亡的物质。

**45. 毒剂 (Toxic; Toxicant):** 旧称“毒气 (Poisonous gas)”、“毒瓦斯 (Poisonous gas)”。专指军事行动中以毒害作用杀伤人、畜的化学物质。按毒害作用分为神经性毒剂、糜烂性毒剂、全身中毒性毒剂、窒息性毒剂和失能性毒剂;按杀伤作用持续时间分为暂时性毒剂和持久性毒剂。

**46. 毒物联合作用 (Poison's joint action):** 指两种或两种以上毒物同时或相继作用于肌体时其相互影响所引起的毒作用。分四种类型:①叠加作用。即各单一毒物对肌体的毒理作用相似,其中一种毒物可以一定的比例为另一种毒物所代替;②拮抗作用。即某一种毒物可减轻另一种毒物的作用;③独立作用。即各单一毒物对肌体的作用途径、方式和部位均不同,并且它们对肌体产生的影响互不关联;④协同作用。即两种毒物联合作用时,其中某一种毒物可使另一种毒物的毒性增强,且其毒作用超过两者之和。

**47. 无机化学 (Inorganic chemistry):** 指研究所有元素及其化合物(碳氢化合物除外)的来源、性质、结构、化学变化的规律及其应用和有关理论的学科。它于近几十年派生出配位化学(亦称络合物化学)、稀有元素化学、同位素化学、地球化学、放射化学、合成无机化学、无机材料化学、固态化学、金属间化合物化学、金属无机化学和生物无机化学等。

**48. 有机化学 (Organic chemistry):** 指研究有机化合物的来源、制备、结构、性质、用途和有关理论的一门学科。又称其为“碳化合物化学”、“碳氢化合物及其衍生物化学”。因其应用广泛,又陆续形成了高分子化学、元素有机化学、物理有机化学和量子有机化学等。

**49. 分析化学 (Analytical chemistry):** 指以化学的基本理论和实验技术为基础,吸取相关学科的知识,运用各种分析手段和方法,获得物质化学组成和结构信息的一门化学分支学科。按分析对象划分,有“无机分析化学”与“有机分析化学”;按分析要求划分,有“成分分析化学”与“结构分析化学”;按分析方法划分,有“化学分析化学”与“仪器分析化学”等。

**50. 物理化学 (Physical chemistry):** 指应用物理学原理和方法,研究有关化学现象和化学过程的学科。又称理论化学。其中,物理学原理主要

包括物质结构原理、化学热力学原理、统计热力学原理、电化学原理、化学动力学原理、光化学原理和胶体化学原理等；物理学方法主要包括热力学方法、统计物理学方法和量子力学方法这三个基本方法。物理化学应用上述物理学原理和方法从理论上探讨物质结构与其性能间的关系、化学反应的可能性和速度、研究反应机理和控制反应的条件等。物理化学是整个化学科学和化学工艺学的理论基础。

**51. 原料 (Raw material):** 原材料的简称。指保持天然结构及初始性能的材料。

**52. 催化剂 (Catalyst; Catalytic agent):** 指为增加化学反应速率而加入的一种物质。按相划分, 有液态的催化剂, 诸如无机酸催化剂用作酯和多糖的水解; 固态催化剂诸如五氧化二钒用作二氧化硫氧化为三氧化硫。五氧化二钒系固态催化剂, 但反应物的气态。对于固态催化剂形成多相(气、液等)的催化反应, 有时称其为“触媒”或“接触剂”。

在催化反应中往往加入催化剂以外的另一种物质, 称“助催化剂”, 以增强催化剂的催化作用。

催化剂和助催化剂的组成和质量在反应前后不变。其中, 有些使反应减慢的物质曾被称为“负催化剂”, 例如链反应中加入的抑制剂或催化反应中的毒物, 研究表明, 它们本身也发生了变化, 故相应改称为“抑制剂 (Inhibitor)”或“催化毒物 (Poison for catalyticing)”。

**53. 催化毒物 (Poison for catalyticing):** 指能使催化剂的活性减弱或丧失的少量杂质。例如, 对铂催化剂来说, 砷、汞、铅等的化合物都是催化毒物。

**54. 溶剂 (Solvent):** 指能溶解其他物质的物质。例如水、酒精、汽油和苯等。

**55. 溶解 (Dissolve):** 指一物质 (溶质) 以分子或离子状态均匀分散于另一物质 (溶剂) 中成为溶液的过程。例如食盐或糖 (溶质) 溶解于水 (溶剂) 而形成水溶液。

**56. 合成方法 (Synthesized method; Synthetic methods):** 与“天然方法”相对。主要指用化学合成的工艺过程与技术。

**57. 产品 (Product):** 生产成品的简称, 又称成品, 或制成品。在这里, 主要指完成全部生产过程、经检验符合规定的质量标准并可供销售和应用的生產成品。

**58. 系统与环境 (System and environment):** 指在科学研究中, 为了明确讨论的对象, 人为地将所研究的这部分物质与其周围的物质或空间分开。被划分出来作为研究对象的这部分物质, 称为系统; 系统以外与其密切相

关的其他部分，称为环境。系统与环境间有界面存在，这个界面可实际存在，也可以不实际存在。系统与环境可以通过界面交换物质和能量。

**59. 敞开系统 (Open system):** 指系统与环境间既有物质交换，又有能量交换。

**60. 封闭系统 (Close system):** 指系统与环境间没有物质交换，只有能量交换。

**61. 孤独系统 (Lonely system):** 指系统与环境间既没有物质交换，又没有能量交换。严格讲，在现实世界中孤立系统是不存在的，因为没有绝对不传热的物质，也没有完全消除电场磁场影响的物质，故孤立系统只是一种科学的抽象。

**62. 系统的状态 (State of system):** 指系统的物理性质和化学性质的综合表现。

**63. 状态函数 (State function):** 指能决定体系状态的一切宏观性质(物理量)。其特点是：①体系的一些状态函数是相互联系、相互制约的。因此确定了几个状态函数，其他的状态函数也随之而定；②任何状态函数的变化值，只决定于体系的始态和终态，而与变化的途径无关。

**64. 熵 (Entropy):** 指系统内物质微观粒子的混乱度或无序度之量度，热力学状态函数之一 ( $S$ )。其表达式  $S = k \ln \Omega$  ( $k$  为玻尔兹曼常数<sup>①</sup>， $\Omega$  为系统的微观状态的数目即热力学概率)。

熵具有加和性：

①对于同一种物质  $S_g > S_l > S_s$ ；

②同一物质在相同的聚集状态时，其熵值随温度的升高而增大  $S_{高温} > S_{低温}$ ；

③对于不同物质  $S_{复杂分子} > S_{简单分子}$ ；

④对于混合物和纯净物  $S_{混合物} > S_{纯净物}$ 。

**65. 坑槽 (Pit):** 路面破坏成坑洼深度大于 2cm，面积在 0.04m<sup>2</sup> 以上。如小面积坑槽较多又相距很近 (20cm 以内)，应合在一起丈量。

**66. 松散 (Loose):** 路面结合料失去粘结力、集料松动，面积 0.1m<sup>2</sup> 以上。

**67. 拥包 (Upheaval appeared):** 路面局部隆起，高度 1.5m 以上。

**68. 翻浆 (Frost boiling):** 路面、路基湿软出现弹簧、破裂、冒泥浆现象。

---

①  $k = 1.38 \times 10^{-25} \text{ J/K}$

**69. 沉陷 (Subsidence):** 路面、路基有竖向变形, 路面下凹, 深度 3cm 以上。

**70. 脱皮 (Desliming):** 路面面层层状脱落, 面积  $0.1\text{m}^2$  以上。

**71. 啃边 (Undercutting):** 路面边缘破碎脱落, 宽度 10cm 以上, 数量按单侧长度累加乘以平均宽度。

**72. 泛油 (Bleeding):** 高温季节沥青被挤出, 表面形成薄油层, 行车出现轮迹。

**73. 车辙 (Rut):** 路面上沿行车轮迹产生的纵向带状凹槽, 深度 1.5cm 以上, 数量按实有长度乘以变形部分的平均宽度。

**74. 龟裂 (Crazing):** 缝宽 3mm 以上, 且多数缝距 10cm 以内, 面积在  $1\text{m}^2$  以上的块状不规则裂缝。

**75. 网裂 (Net-shaped cracks):** 缝宽 1mm 以上或缝距 40cm 以下, 面积在  $1\text{m}^2$  以上的网状裂缝。

路面上出现的长度 1m 以上、缝宽 1mm 以上的单条裂缝或深度在 5mm 以上的划痕也纳入网裂病害中, 其数量按单缝累计长度乘以 0.2m 计。

**76. 错台 (Faulting):** 接缝处相邻两块板垂直高度差在 8mm 以上, 按有高差的全部长度计算病害。

**77. 严重破碎板 (Grave crushing plate):** 裂缝将整块面板分割成三块以上, 并有严重剥落或沉陷。碎裂面积小于半块计面积, 大于半块按一块计面积。

**78. 坑洞 (Pit; bumpy):** 路面板粗集料脱落形成局部凹坑, 面积在  $0.01\text{m}^2$  以上。

**79. 板角断裂 (Slab breaking):** 裂缝与纵横相交将板角切断, 当其两个交点距角隅均在 15cm 以上, 小于边长一半并伴有沉陷或碎裂时, 按板角断裂部分计算面积。

**80. 露骨 (Undisguising):** 路面板表面细集料散失、粗集料暴露, 面积在  $1\text{m}^2$  以上的。

**81. 拱起 (Buckling; Arching):** 纵向相邻两块板或多块板相对其邻近面板向上突起在 3cm 以上的, 按突出的全部板块计病害面积。

**82. 唧泥 (Pumping):** 基层材料形成泥浆从接缝处或板边缘挤出, 板底出现脱空, 按挤出泥浆的接缝或板边长度计。

**83. 裂缝 (Cracks):** 面板内长度 1m 以上的各种开裂。按其对于行车的影响程度分为轻微、中等、严重裂缝三种。轻微裂缝缝宽小于 2mm, 无剥落; 中等裂缝缝宽在 2~5mm 之间, 并有轻度剥落; 严重裂缝缝宽大于 5mm, 并有严重剥落和沉陷。接缝边有长 0.5m, 宽度 5cm 以上剥落时,

也作为严重裂缝计算。

**84. 断板 (Board-breaking):** 裂缝将整块面板分割成两块, 并有严重剥落或沉陷。

**85. 露骨 (Undisguising):** 磨耗层散失, 形成粗集料裸露, 面积在  $1\text{m}^2$  以上者。

**86. 桥头 (涵顶) 跳车 [Bump at bridge-head (or culvert top)]:** 桥梁、过水路面衔接处不平及涵洞顶纵坡不适; 桥梁伸缩缝养护不良, 引起行车颠簸者, 每跳车一次记病害一处。

**87. 尾矿坝 (Tailings dam):** 用水力选矿后的废渣和 (或) 当地土、石料等修筑的存贮尾矿坝型构筑物。

**88. 幸福 (Happiness; Well-Being):** 指人们在为理想奋斗过程中以及实现了预定目标和理想时感到满足的状况和体验。

**89. 幸福论 (Hedonomics):** 伦理学的一种学说。认为幸福是人生的目的与道德的标准。又称幸福学。由于对幸福的定义不同, 幸福论主要有“快乐论”与“完全论”两种形式。

**90. 快乐 (Happy; Joyful; Cheerful):** 指以一定的物质存在与消费为基础又超然于物质之上的一种欣慰、愉悦的人类精神感受。

**91. 快乐论 (Happy theory):** 伦理学的一种学说。主张快乐是人生的最高幸福, 追求快乐是人生的理性目的与道德标准。快乐论成为幸福论的一种形式, 发端于伊壁鸠鲁。他主张人生的目的是避免痛苦、寻求快乐或幸福。

**92. 完全论 (Complete theory):** 伦理学的一种学说。又称“奋勉论”、“精进论”。主张个人的自我完善是人生的目的与道德的标准, 成为完人是人生的最高幸福。完全论是幸福论的一种形式。完全论最早由古希腊儒学派提出, 其主要代表是亚里士多德与黑格尔。亚里士多德认为人生的目的在于奋勉精进, 努力向上, 成为完人, 并宣称这就是幸福与至善。黑格尔认为道德是精神哲学的一部分, 并认为社会道德高于个人道德; 社会道德之上还有更高的发展阶段即艺术、宗教与哲学。在艺术、宗教与哲学三者之中, 宗教高于艺术, 哲学又高于宗教, 人生的最高理想是哲学——纯理性的生活。亚里士多德与黑格尔均提倡理性生活即纯思辨生活。

# 【 目 录 】

序

前言

术语表

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>1 岩土工程缺陷</b>                     | 1  |
| 1.1 导言                              | 1  |
| 1.2 岩土工程缺陷的涵义与分类                    | 2  |
| 1.3 公路(含铁道)岩土工程缺陷                   | 3  |
| 1.4 水工程(含尾矿库坝)的岩体、土体、混凝土缺陷          | 21 |
| <b>2 岩土工程化学原位加固理论</b>               | 36 |
| 2.1 导言                              | 36 |
| 2.2 岩土工程化学在化学学科中的地位                 | 38 |
| 2.3 岩土工程化学反应类型与规律                   | 40 |
| 2.4 元素周期律及其在岩土工程化学原位加固中的应用          | 50 |
| 2.5 质量守恒定律及其在岩土工程化学原位加固中的应用         | 53 |
| 2.6 阿伏伽德罗定律及其在岩土工程化学原位加固中的应用        | 56 |
| 2.7 能量转化守恒定律及其在岩土工程化学原位加固中的应用       | 59 |
| 2.8 勒夏特列原理——动态平衡定性规则在岩土工程化学原位加固中的应用 | 61 |
| 2.9 岩土工程化学方法简述                      | 62 |
| 2.10 化灌快乐力(GCGH)的概念                 | 69 |
| 2.11 化灌快乐力(GCGH)的建构                 | 73 |
| <b>3 原位加固材料</b>                     | 76 |
| 3.1 导言                              | 76 |
| 3.2 无机灌浆材料                          | 77 |



|          |                                       |            |
|----------|---------------------------------------|------------|
| 3.3      | 有机灌浆材料 .....                          | 84         |
| 3.4      | 化学灌浆的毒性与对策 .....                      | 98         |
| <b>4</b> | <b>原位加固技术 .....</b>                   | <b>128</b> |
| 4.1      | 引言 .....                              | 128        |
| 4.2      | DCG 化学灌浆技术 .....                      | 128        |
| 4.3      | “五合一”原位综合治理技术 .....                   | 136        |
| 4.4      | 粘土固化灌浆技术 .....                        | 153        |
| <b>5</b> | <b>原位加固在交通公路工程中的应用 .....</b>          | <b>162</b> |
| 5.1      | 引言 .....                              | 162        |
| 5.2      | 中国公路与水泥混凝土路面 .....                    | 163        |
| 5.3      | “五合一”原位综合治理技术在高速公路中应用的<br>典型案例 .....  | 170        |
| 5.4      | “树根桩+化学灌浆”技术加固边坡的典型案例 .....           | 175        |
| 5.5      | 化学灌浆在高速公路桥头跳车病害加固调平中的<br>应用典型案例 ..... | 181        |
| 5.6      | DCG 工法在 5000t 桥台抬升纠偏中的应用典型案例 .....    | 185        |
| 5.7      | 高速公路桥梁裂缝的快速补强加固典型案例 .....             | 190        |
| 5.8      | 桂海高速公路混凝土路面板底脱空化学灌浆治理 .....           | 195        |
| <b>6</b> | <b>原位加固在矿山尾矿坝中的应用 .....</b>           | <b>201</b> |
| 6.1      | 引言 .....                              | 201        |
| 6.2      | 磷石膏尾矿库坝化学灌浆防渗处理 .....                 | 210        |
| 6.3      | 含硫铜矿尾矿坝化学灌浆防渗处理 .....                 | 214        |
| 6.4      | 广西阳朔兴源铅锌矿尾矿库坝采用化学灌浆治理<br>渗漏水案例 .....  | 217        |
| 6.5      | 尾矿坝坝下涵管化灌补强加固 .....                   | 222        |
| 6.6      | 湖北铜录山矿尾矿库坝体沉降灌浆处理 .....               | 228        |
| <b>7</b> | <b>原位加固在铁道桥隧工程中的应用 .....</b>          | <b>232</b> |
| 7.1      | 引言 .....                              | 232        |
| 7.2      | 隧道病害分类与分级 .....                       | 241        |
| 7.3      | 桥梁结构缺陷分级与健康等级分类 .....                 | 247        |