

露天矿土地复垦

[美] L. R. 霍斯纳博士 主编

中国土地学会土地复垦分会
露天开采复垦专业委员会

露天矿土地复垦

〔美〕L.R. 霍斯纳博士 主编

中国土地学会土地复垦分会
露天开采复垦专业委员会

序

土地是人类赖以生存的最重要资源之一。在人多地少的中国如何节约和综合利用土地资源，尤其重要。

开采硬质矿物、软质矿物及排弃固体废渣，无一不与土地资源有关。为了获取这些自然资源与堆弃废渣，估计我国已被挖损、塌陷和压占及污染的土地有200多万公顷，并且每年仍以净破坏土地3.4万多公顷的速度递增着。

对挖损、塌陷和压占土地提出恢复利用的土地复垦工作始于五十年代末，到八十年代初再次提出，立即得到了国家计委、煤炭、冶金、化工、电力、建材和土地管理等系统和行业部门的重视，编制了有关法规，并开展了多学科的复垦试验、规划实施及学术探讨。取得了一定的成就，个别地区和某些项目已达到先进水平。

根据现有资料，土地复垦工程开展之早要数我文明古国。如浙江省绍兴市郊的东湖，早在汉朝时为一建材矿山，到清末年才倚山造景，筑堤匡水，铸成东湖，号称“天下第一大盆景”。此实乃是“旅游复垦”之典范。

中国土地学会土地复垦分会露天开采复垦专业委员会组织力量编译了美国的《露天矿土地复垦》，通过借鉴国外的成功经验，研究和发掘切合我国国情的复垦方法、途径，以更好地贯彻有关土地、环境保护、矿产资源等法规，并落实《土地复垦规定》，最终达到节约土地资源，改善生态环境，使那些已废弃的和行将废弃的土地，通过土工和生物措施再次为社会主义建设事业服务。一句话，要取得更好的

宏观效益。

九十年代将是实现我国现代化建设第二步战略目标的十年，面对我国资源相对紧缺，浪费严重，以及我国正处于四化建设发展时期，对资源需要量大的情况，必须建立节耗、节能、节水、节地的资源节约型国民经济。任务是艰巨和光荣的。

我们期望通过“它山之石”为我国复垦工作提供借鉴，以达既开发矿藏又恢复土地资源再利用之崇高任务。

国家计委资源节约和综合利用司 朱良栋

一九九一年六月

编者的话

我们翻译的《露天矿土地复垦》(Reclamation of Surface—Mined Lands)是由安太堡露天煤矿提供的,并得到该矿工程部佟则昂高级工程师协助。

本书的出版资金主要是通过“集腋成裘”的办法筹集的。本书能够出版是得到了国家计委资源司的支持,冶金部矿山司、国家计委国土司、中国有色金属总公司科技部、农业部土肥总站、化工部矿山局、国家建材局生产司、国家环保局等单位的资助;也得到中国土地学会土地复垦分会秘书处在发行工作上的帮助。在这一并致以衷心的感谢。

本书的出版得到了长沙黑色冶金矿山设计研究院、冶金矿山土地复垦设计研究室领导和有关同志的支持;本书由长沙黑色冶金矿山设计研究院情报室负责翻译,参与翻译的同志有黄敏(第一、七、十一章)、邓庆球(第二、三章)、黄金才(第四章)、李爱琴(第五、十六、十七章)、刘应国(第十章)、孙振藩(第六、十二、十三章)、肖一之(第八、九、十五章)、张志明(第十八、十九章),全书由老兵同志译校;插图工作由徐印伟、彭延生同志承担。

此外,本书还补列了《露天矿开采:土地、煤炭和社会》(Surface Mining: Soil, Coal, and Society, 1981年版)一书有关部分章节。参与翻译的有邬立国、赵景逵、李德中同志。

本书由李根福、赵永安同志负责技术校对和定稿。

国务院颁布的《土地复垦规定》已有三年,在认真贯彻、落实《土地复垦规定》之际,看看外国的同行们是怎么搞的?我们认为对我国复垦事业是有裨益的。

由于水平有限,错误、不妥之处在所难免,敬请指导。谢谢。

中国土地学会土地复垦分会
露天开采复垦专业委员会

1991年7月于长沙

目 录

序

编者的话

第一章 露天矿可采矿产资源	(1)
一、引 言.....	(1)
二、露天开采的主要矿物.....	(2)
1 燃料矿物.....	(2)
1) 煤 (2) 2) 油页岩 (2) 3) 铀 (5)	
2 非燃料矿物.....	(5)
1) 铝 (6) 2) 粘土 (7) 3) 铜 (8) 4) 石膏 (9)	
5) 铁矿石 (10) 6) 石灰石与白云石 (11) 7) 钼 (11)	
8) 磷质岩 (11) 9) 砂与砾石 (12) 10) 钛 (12)	
参考文献.....	(14)
第二章 资源与露天煤矿复垦管理制度	(17)
一、引 言.....	(17)
1 概述.....	(17)
2 法规分析及法规的解释和应用	(18)
二、现 状.....	(21)
1 剥离物规划和回填造地	(24)
2 可复垦性的法规制定	(28)
3 鱼类和野生动物规程	(29)
4 水文与水质	(30)
5 空气质量	(32)
6 土地利用和采后土地利用方案	(34)
三、小 结.....	(35)
参考文献.....	(35)
第三章 公共政策同土地复垦目标与责任的关系	(38)
一、引 言.....	(38)

二、理论分析	(39)
1 责任范围	(39)
2 复垦目标与方案	(40)
三、现状	(43)
1 采后地形	(43)
2 土壤回填	(44)
3 草地植被	(45)
4 设计标准与履行标准	(45)
5 复垦规划	(46)
四、小结	(46)
参考文献	(48)
第四章 剥离物化学分析方法	(49)
一、引言	(49)
二、试样制备	(50)
1 钙质试样	(51)
2 非钙质试样	(51)
3 水分测定	(51)
三、土壤反应 (pH)	(51)
1 装置与试剂	(51)
2 pH计的校准	(51)
3 pH测定法	(52)
4 pH测定的其它方法	(52)
四、可溶盐	(52)
1 装置和试剂	(52)
2 提取方法	(53)
1) 1:1土水比提取法 (53)	2) 水饱和土浆提取法 (53)
3 电导率	(53)
4 可溶性阳离子	(53)
五、阳离子交换能力与交换性钠含量	(54)
1 非钙质与非石膏质土壤	(54)
1) 装置与试剂 (54)	2) 方法 (55)
2 钙质与石膏质土壤	(55)
1) 装置与试剂 (55)	2) 方法 (55)
3 交换性钠含量	(55)
4 氯化物测定	(56)
1) 装置与试剂 (56)	2) 方法 (56)
六、交换性酸	(56)

1 装置与试剂	(56)
2 方法	(57)
七、硫化物类	(57)
1 潜在酸	(57)
1) 装置与试剂 (57) 2) 方法 (58)	
2 潜在酸的其它测定方法	(58)
1) 装置与试剂 (59) 2) 方法 (59)	
八、碳 类	(60)
1 装置与试剂	(61)
2 全碳测定法	(61)
3 碳酸盐测定法	(62)
九、酸碱平衡	(62)
十、硼	(62)
1 装置与试剂	(62)
2 方法	(63)
十一、总元素含量 (钼与铀除外)	(64)
1 装置与试剂	(64)
2 方法	(65)
十二、钼	(65)
1 装置与试剂	(65)
2 方法	(67)
十三、铀	(67)
1 装置与试剂	(67)
2 方法	(68)
参考文献	(69)

第五章 影响剥离物有效复垦的物理参数

一、引 言	(72)
二、结构相关特性	(72)
1 粒度组成与构造	(72)
2 岩屑	(74)
3 粘土矿物组成	(75)
1) x射线衍射测定 (76) 2) 饱和含量测定 (77)	
4 体积密度与孔隙率	(77)
5 颜色	(78)
三、剥离物水分	(78)
1 剥离物水分	(78)
2 植物有效水分	(79)

3 渗透·····	(79)
4 导水率·····	(80)
1) 导水率实验室测定 (81)	2) 导水率计算 (81)
四、剥离物稳定性·····	(82)
1 结构·····	(82)
2 团聚体稳定性·····	(83)
3 均匀性·····	(84)
4 收缩—膨胀势·····	(84)
5 结壳·····	(85)
6 剥离物紧实度·····	(86)
7 侵蚀势·····	(87)
五、回填造地用覆盖物的选择·····	(88)
1 消化·····	(89)
2 钻孔地球物理测井法·····	(89)
六、小 结·····	(90)
参考文献·····	(90)
第六章 露天矿土地复垦的矿物学分析·····	(94)
一、引 言·····	(94)
二、美国几个露天采煤地区的覆盖物成分·····	(94)
1 北阿巴拉契亚地区·····	(94)
1) 概述 (94)	2) 地质年代与地史 (95)
3) 古沉积环境 (95)	4) 自生矿物与碎屑矿物 (96)
5) 地球化学风化过程 (96)	6) 土地复垦的矿物学分析 (97)
2 海湾沿岸地区·····	(98)
1) 概述 (98)	2) 地质时代与地史 (98)
3) 古沉积环境 (98)	4) 自生矿物与碎屑矿物 (99)
5) 地球化学风化过程 (101)	6) 土地复垦的矿物学分析 (104)
3 北部大平原地区·····	(104)
1) 概述 (104)	2) 古沉积环境 (104)
3) 自生矿物与碎屑矿物 (104)	4) 地球化学风化过程 (106)
5) 土地复垦的矿物学分析 (108)	
三、小 结·····	(108)
参考文献·····	(109)
第七章 土地整形和填土造地·····	(113)
一、引 言·····	(113)
二、理论与实践分析·····	(113)
1 土地整形·····	(113)
2 填土造地·····	(114)

1)适宜物料的选择 (115) 2)盐碱度问题 (116) 3)物料运搬与堆填(118)	
三、现 状	(122)
参考文献	(122)

第八章 露天矿土地整形设计与规划 (123)

一、概 述	(123)
1 法规与规程	(123)
2 土地复垦与平整的经济效益	(124)
3 土地整形的目的	(126)
4 剥离物运搬设备	(126)
5 输送机	(127)
6 剥离物运搬技术	(128)
7 土地复垦的平整方法	(128)
1) 环境 (128) 2) 废弃矿山土地复垦 (128) 3) 土地复垦的水管 理 (128) 4) 水质 (129)	
8 覆盖层与剥离物分析	(130)
1) 覆盖层特性 (130) 2) 覆盖物质量 (131)	
3) 覆盖物堆存设计 (132) 4) 覆盖物回填 (132)	
9 土地平整效果	(133)
1) 景观设计 (133) 2) 整形后剥离物的稳定性 (134) 3) 覆盖物分 级 (134)	
10 矿山开采与土地复垦规划	(134)
1) 简述 (134) 2) 规划技术 (135)	
二、现 状	(137)
三、小 结	(138)
参考文献	(138)

第九章 剥离物与土壤酸性处理 (145)

一、引 言	(145)
二、剥离物中的硫化铁	(145)
1 概述	(145)
2 形态学与分类方法	(146)
三、硫化铁氧化	(154)
1 氧化反应与氧化产物	(154)
2 氧化反应速度的影响因素	(154)
1) 二硫化铁的晶体结构 (155) 2) 表面积 (155) 3) 温度 (155)	
4) 氧浓度 (155) 5) 水分压 (156) 6) pH (156) 7) 二价铁/三价铁	

吸附率和全铁含量 (156)	8) 细菌 (156)	9) 吸附杂质 (156)
10) 冲洗频率 (157)		
四、矿山酸性排水·····	(157)	
1 概述·····	(157)	
2 露天矿处理工艺与原地处理工艺·····	(159)	
1) 酸的中和 (159)	2) 湿地 (159)	3) 净化剂与杀菌剂 (159)
4) 磷酸盐络合物 (159)	5) 有毒物料选择性回填 (160)	6) 塑料衬膜 (160)
7) 石灰石覆盖 (160)	8) 再生碱补给区 (160)	
五、土壤酸性·····	(161)	
1 简述·····	(161)	
2 土壤酸性源·····	(161)	
3 土壤酸性类型及其测定·····	(162)	
1) 潜在酸 (162)	2) 交换性酸 (163)	3) 可滴定酸 (164)
4) 中和势 (164)		
六、施加石灰与石灰用量·····	(165)	
1 简述·····	(165)	
2 施用石灰物料·····	(165)	
七、硫酸氢盐土壤的石灰用量·····	(165)	
八、小 结·····	(167)	
参考文献·····	(168)	
第十章 土地复垦中物理限制因素的消除·····	(176)	
一、引 言·····	(176)	
二、理论分析·····	(176)	
1 土壤板结·····	(176)	
2 土壤板结的后果·····	(178)	
1) 体积密度的变化 (178)	2) 土壤其他特性的改变 (181)	3) 对植物生长的影响 (181)
3 土壤板结的消除·····	(185)	
三、现 状·····	(186)	
1 物理限制因素的消除·····	(186)	
1) 土壤或生根介质的选择 (186)	2) 开采方法的作用 (188)	
2 作物对复垦土地的反应·····	(189)	
四 小 结·····	(190)	
参考文献·····	(191)	
第十一章 复垦土地施肥与管理·····	(198)	
一、引 言·····	(198)	

二、理论分析·····	(198)
三、现 状·····	(199)
1 剥离物与复垦土地特征·····	(199)
2 氮·····	(199)
1) 基本状况 (199) 2) 污水污泥—氮原 (200)	
3 磷·····	(201)
4 钾·····	(203)
5 石灰·····	(204)
6 宏量元素与微量元素·····	(206)
7 其他化学特性·····	(207)
四、小 结·····	(207)
参考文献·····	(207)
第十二章 水质评价与水质控制·····	(215)
一、引 言·····	(215)
二、理论分析·····	(216)
1 pH定义·····	(216)
2 离子活度与离子浓度·····	(216)
3 电导率·····	(218)
4 离子偶·····	(219)
5 酸度与碱度·····	(221)
6 碳酸钙溶解度·····	(224)
7 胶体分散—絮凝·····	(225)
1) 悬浮固体与可沉降固体总量 (225) 2) 分散—絮凝 (226)	
8 交换反应·····	(227)
三、现场数据与实验数据·····	(229)
1 水质·····	(229)
2 悬浮固体·····	(232)
四、水质控制·····	(237)
1 中和·····	(237)
2 酸性废水处理中的水质推断·····	(237)
3 矿山排水中的铁与锰·····	(239)
五、结 论·····	(239)
六、小 结·····	(240)
参考文献·····	(240)
第十三章 复垦土地植被·····	(243)
一、引 言·····	(243)

二、理论分析——气候·····	(243)
三、本地品种与引入品种·····	(245)
1 理论分析——满意的农业原则·····	(245)
2 植被方案——复垦土地用途·····	(246)
四、林地复原·····	(247)
1 美国东部废弃矿山土地造林·····	(247)
2 新近破坏土地造林·····	(249)
五、牧地与干草地复原·····	(250)
1 牧地与干草地复原的基本原则·····	(250)
2 牧地与干草地复原准备·····	(251)
3 植被选择与定苗·····	(252)
4 最终苗床准备与播种方法·····	(252)
5 播种时间·····	(255)
6 表面覆盖层·····	(256)
7 复原牧地与干草地的预计生产力·····	(257)
六、农地复原·····	(259)
七、草地复原·····	(260)
1 草地复原的基本原则·····	(261)
2 草地的草本地被定苗方法·····	(261)
3 复原草地的生产力·····	(266)
4 复原草地的木本植物定苗·····	(266)
八、野生动物生长环境复原·····	(267)
九、商业用地与再造土地复原·····	(268)
十、土地复垦规划相对效果的确定·····	(269)
1 参照区对比效果确定方法·····	(269)
2 最低许可条件的实现·····	(269)
附录1 美国保持土地复垦规划潜在价值的适用草类品种·····	(270)
附录2 美国保持土地复垦规划潜在价值的适用草本豆科植物品种·····	(276)
参考文献·····	(279)
第十四章 复垦草地的生产力·····	(286)
一、引 言·····	(286)
1 草地：特性、用途与管理·····	(286)
2 草地复垦·····	(286)
3 草地复垦目标·····	(287)
二、理论分析·····	(287)
1 草地复垦方法·····	(287)
2 草地复垦的生态学问题·····	(288)

1) 生态系统 (288)	2) 生态学原则 (288)	3) 生态学方面适用的 草地复垦作法 (291)
3 草地复垦规划成功的必要条件.....	(292)	
三、现状.....	(292)	
1 适宜的自然物质基础.....	(292)	
1) 现行原则与进展 (292)	2) 存在问题 (295)	
2 植物选择.....	(295)	
1) 现行原则与进展 (295)	2) 存在问题 (298)	
3 土壤稳定.....	(299)	
1) 现行原则与进展 (299)	2) 存在问题 (300)	
4 植被方法.....	(300)	
1) 现行原则与进展 (300)	2) 存在问题 (306)	
5 短期管理.....	(306)	
1) 现行原则与进展 (306)	2) 存在问题 (310)	
6 长期管理.....	(310)	
1) 现行原则与措施 (310)	2) 存在问题 (311)	
四、小结.....	(311)	
参考文献.....	(312)	

第十五章 复垦农地的生产力..... (324)

一、引言.....	(324)
二、理论分析.....	(324)
三、农地和原先农地.....	(324)
四、土壤特性.....	(325)
五、复盖层分析.....	(326)
六、土壤肥力.....	(326)
七、土壤板结.....	(326)
八、植物根系.....	(327)
九、现状.....	(327)
1 干草作物.....	(327)
2 饲料豆科植物.....	(328)
3 豆科植物产量.....	(328)
4 饲料草.....	(328)
5 饲料化学成份.....	(330)
6 植物根系的发育与测定.....	(332)
7 小粒作物——禾谷类作物.....	(332)
8 中耕作物——玉米和大豆.....	(335)
9 大豆.....	(342)

10 其它作物·····	(343)
十、小 结·····	(344)
参考文献·····	(344)

第十六章 改良牧地····· (348)

一、引 言·····	(348)
1 美国东部·····	(348)
1) 改良牧地与未改良牧地 (348)	
2 美国西部·····	(349)
1) 草地 (349) 2) 改良牧地 (349)	
二、理论分析·····	(350)
1 提高产量的潜力·····	(350)
2 剥离物的饲料生产潜力·····	(350)
3 复垦土地的主要用途·····	(350)
4 改良牧地的建立·····	(351)
三、现 状·····	(351)
1 美国东部——建在复垦土地上的牧地产量·····	(351)
1) 植物 (351) 2) 动物 (353)	
2 美国西部——建在复垦土地上的牧地产量·····	(354)
1) 植物 (354) 2) 动物 (355) 3) 侵蚀防治 (357) 4) 其它考虑 (358)	
四、小 结·····	(359)
参考文献·····	(360)

第十七章 乔木与灌木····· (364)

一、引 言·····	(364)
1 森林和灌木生态系统与煤炭资源前景·····	(364)
1) 经济林生态系统 (364) 2) 非经济林生态系统 (366) 3) 灌木生态系统 (367)	
2 露天矿土地复垦历史·····	(367)
1) 美国东部 (367) 2) 美国西部 (368) 3) 发展趋势 (369)	
二、理论分析·····	(369)
三、现 状·····	(371)
1 土地平整与场地准备·····	(371)
2 原地保水·····	(372)
3 土壤改良·····	(372)
4 树种选择·····	(373)
1) 地理与地形 (377) 2) 气候 (377) 3) 土壤 (378) 4) 土地管理 (378) 5) 树种适用性 (379) 6) 法律限制 (379)	

5 栽种·····	(380)
6 直接播种·····	(381)
7 覆盖·····	(382)
8 地被组成与密度控制·····	(382)
9 灌溉·····	(384)
四、小 结·····	(384)
参考文献·····	(385)

第十八章 土壤空间变异评价方法····· (390)

一、引 言·····	(390)
二、空间变异性分析用土样与取样方法·····	(391)
1 取样方法·····	(391)
1) 随机取样 (392) 2) 系统取样 (392)	
2 土样规格·····	(393)
三、土壤变异性传统测定方法·····	(393)
1 方差·····	(393)
2 变异系数·····	(394)
3 二项式概率·····	(395)
四、地质统计学方法·····	(397)
1 区域性变量·····	(397)
2 变异函数·····	(397)
1) 解释 (398) 2) 假设 (401) 3) 计算 (401) 4) 模拟 (402)	
3 克里格法·····	(403)
4 扩展·····	(405)
5 讨论·····	(406)
五、其他统计学方法·····	(406)
1 自相关·····	(407)
2 谱密度函数·····	(408)
3 互相关函数·····	(409)
六、小 结·····	(410)
参考文献·····	(411)

第十九章 土壤空间变异推断与采后土地管理····· (414)

一、引言——复垦土地的变异性·····	(414)
二、理论分析·····	(415)
1 土壤变异的意義·····	(415)
2 土壤变异性与复垦规划·····	(417)
三、现 状·····	(417)

1 管理方法.....	(417)
2 基本状态测定与采后状态符合程度.....	(418)
参考文献.....	(419)

露天矿开采: 土壤、煤炭和社会

第五章 土 壤	(421)
一、土壤的形成.....	(422)
1 土壤层次.....	(423)
2 矿区土壤的形成.....	(424)
二、土壤及其生产力.....	(424)
1 土壤生产力的估测.....	(425)
1) 作物生产力 (425) 2) 牧草和草地生产力 (425) 3) 林业生产力 (425)	
4) 生态系统生产力 (425) 5) 其他土壤利用潜力 (426)	
2 影响生产力的土壤性质.....	(426)
3 土壤有机质和养分的衰竭.....	(426)
4 土壤侵蚀.....	(428)
1) 土壤的更生 (429) 2) 控制水土流失的措施 (429)	
三、土壤和水分平衡.....	(430)
1 土壤水文.....	(430)
2 土壤和流域平衡.....	(430)
3 河流量的变化.....	(430)
4 侵蚀的区外影响.....	(430)
第六章 采矿对土壤的破坏	(432)
一、土壤破坏后采的评价.....	(432)
1 土壤调查.....	(432)
2 覆盖物特性.....	(432)
3 土壤损失的评价.....	(433)
4 采后土壤生产力的评价.....	(434)
二、覆盖物、采矿和复垦方法.....	(435)
1 覆盖物的厚度与剥采比.....	(435)
2 覆盖层和煤层的坡度.....	(436)
3 覆盖物物理性质.....	(436)
4 覆盖物化学性质.....	(437)
三、采矿方法.....	(437)
1 采矿设备.....	(437)
2 采矿方法.....	(438)