

# 《石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范》

## 编制说明

中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队

二〇二四年九月

# 《石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范》编制说明

## 一、工作简况

### （一）任务来源

石灰岩矿是我国最大宗矿产资源之一，石灰岩矿产资源开发是把“双刃剑”，促进经济增长的同时，大量石灰岩矿山露天开采，导致地形地貌、土壤植被、景观环境等产生严重破坏。石灰岩露天矿山高陡边坡数量大、分布广，高陡边坡生态修复存在重大需求。

由于石灰岩矿山边坡坡度陡、边坡高、坡面土壤基底塑造难、坡面持水性弱、植物生长难，石灰岩岩质陡坡生态修复难度大，一直是业内难点、痛点。我国幅员辽阔，各矿山自然环境、气候特征、土壤特征等差异明显，生态修复区域差异性大，如何因地制宜开展生态修复工作也是亟待解决的技术难题。

为科学推进石灰岩矿山岩质陡坡生态修复，规范细化矿山生态修复工作流程和技术方法，完善矿山生态修复标准体系，依据《矿产资源法》《矿山地质环境保护规定》《地质灾害防治条例》《土地复垦条例》等法律法规，《裸露坡面植被恢复技术规程》《矿山生态修复技术规范 第1部分：通则》《矿山生态修复技术规范 第4部分：建材矿山》等国标、行标，编制《石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范》。

2023年6月12日，中关村绿色矿山产业联盟批准《石灰岩矿山高陡岩质边坡生态修复技术规范》标准立项，项目批准号：GRMP-2023-04。中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队负责本标准的起草。在编制过程中，为准确表述规范适用的范围，将规范名称变更为《石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范》。

## （二）标准起草单位和主要起草人

本标准起草单位：中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队、中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队、中国建筑材料工业地质勘查中心四川总队、中国建筑材料工业地质勘查中心江苏总队、中国建筑材料工业地质勘查中心湖南总队、中国建筑材料工业地质勘查中心山西总队、中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队、宁夏非金属矿工业有限公司、中国建筑材料工业地质勘查中心贵州总队、青海岩土工程勘察院有限公司。

本标准起草人：王焘，寿立永，崔拥军、李向阳，吴凯，妙超，孟武，崔军强，张旭，杨浩，颜文琴，佟庆国，吴干华，姚敬凯，欧阳友和，王倩，梁利东，王治东，周大凯，谭健，任志栋，任志栋，袁建新。

## （三）主要工作过程

### 1. 前期研究工作（2015 年 6 月至 2023 年 1 月）

2015 年 6 月至 2023 年 1 月，中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队积极开展了一系列石灰岩矿山生态修复的勘查、设计以及施工工作。在工作进程中，该总队总结出了石灰岩矿山生态修复的特点，同时也发现了各类生态修复工作方法、技术方法不当，存在投入产出比低、退化严重、难形成自我演替生态修复系统等局限性。基于石灰岩边坡特点和发现的生态修复工作存在的问题，提出了“安全边坡、生态边坡、美丽边坡、智慧边坡”的研究思路。

2023 年 1 月至 6 月，依照中国建筑材料工业地质勘查中心的要求，开展了石灰岩矿山边坡生态修复研究工作。此项工作由中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队牵头，联合中国建筑材料工业地质勘查中心江苏总队、湖南总队、甘肃总队以及四川总队共同组建了研究团队。团队分温带季风气候区、温带大陆性气候区、亚热带（热带）季风气候区选取典型矿

山及生态修复工程，进行生态修复调查、研究与总结，重点围绕露天非金属矿山生态修复技术、土壤重构、植被系统重建展开深入研究，目标是形成区域性技术方案与施工方法组合。

## 2. 起草阶段

2023 年 6 月-2024 年 6 月，在规范前期研究基础上，充分借鉴以往的全国矿山地质环境调查研究成果，初步建立了一套矿山生态修复技术规范体系。经过多次组织专家对规范体系初稿进行研究讨论，并根据各单位反馈的意见和建议，进行全面、细致、深入的修改和完善，形成标准初稿。

技术规范的主要内容包括：基础调查与问题识别、生态修复方案编制、生态修复方案实施、生态修复监测与管护、生态修复成效评估与生态修复信息管理等六个方面。

2023 年 11 月至 2024 年 5 月，召开一次线下编制单位研讨会，5 次线上交流研讨，确定了技术规范的章节结构和内容，梳理了规范性引用文件目录，总结细化了生态修复工作流程，汇总了全国范围内有效可行的生态修复方法，制定了生态修复区划，划分了生态重建型、辅助再生型、自然修复型生态修复类型。

经充分研讨，形成以下共识：石灰岩矿山高陡边坡生态修复难度大、区域差异性大，不同矿山生态环境问题不同，问题严重性不同，生态修复必须遵循“因地制宜、因矿制宜”的原则，科学合理选择生态修复方法。我国地域广袤，气候环境大不相同，生态修复方法的选择应依据“尊重自然、顺应自然”的原则，综合考虑土壤质量、水资源约束条件、区域自然条件以等诸多因素，综合评估确定。各种生态修复方法的参数确定，如适用坡面角、植被种类、土壤基层厚度等，取决于项目所在地的降水、温度条件等自然因素。生态修复方法参数应因地制宜，不可生搬硬套、异地

移植，否则生态修复效果将难达预期。在同一矿区，单一的方法往往难以取得理想的效果。在工程设计过程中，应依据地形地貌、水资源约束条件、修复需求等因素进行生态修复分区，明确各个分区的生态修复目标，分区采用多种技术方法组合运用，以实现空间错落、层次分明的系统化修复。

2024年5月至2024年9月，对《石灰岩矿山高陡岩质边坡生态修复技术规范》初稿进行了修改完善，初步完成了送审稿稿。送审稿由十三部分内容构成：前言，引言，范围，规范性引用文件，术语和定义，基本原则、总体目标与工作流程，生态问题调查与评价，设计，施工，监理，验收，成效评估以及附录。

### **（三）标准主要起草人主要工作**

课题负责人寿立永，负责组织、主持项目研究、调研及研讨，主要研究人员。王焘、吴凯负责标准的起草和编制工作，参与调研及研讨，主要研究人员。杨浩、孟武、张旭、佟庆国，参与调研及研讨，主要研究人员。崔拥军、妙超对标准进行了系统校核，主要研究人员。

## **二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据**

### **（一）编制原则**

1. 问题导向原则：以石灰岩高陡边坡生态修复过程中面临的实际问题为出发点，通过深入分析问题产生的原因和影响，有针对性地制定规范内容。以解决问题为目标，确保规范能够切实有效地指导生态修复工作，提高修复效果和质量。

2. 实用性原则：基于大量的生态修复调查、设计与实施，对以往的工作方法、流程、技术方法以及工作流程进行全面总结和分析。以实际应用为导向，确保规范中的各项内容具有可操作性和实效性，能够切实指导生态修复工作开展，为实现生态环境的可持续发展提供有力保障。

3. 适用性原则：充分考虑不同地区、不同环境条件下石灰岩高陡边坡的特点，使规范具有广泛的适用性。

4. 系统性原则：保证安全功能，确保修复后的边坡稳定可靠；突出生态功能，促进生态系统的恢复和发展；兼顾景观功能，提升边坡的美观度。矿山生态修复应与相关国土空间规划衔接，修复后的生态环境应与矿山周边相协调，避免产生新的生态问题。

5. 科学性原则：尊重自然规律，顺应自然发展，合理选择修复模式，确保生态修复工作的科学性和有效性。修复工程应充分考虑各生态要素相互依存、相互影响、相互制约等特点，统筹兼顾，系统设计，尽量恢复自我维持、自我演替生态系统。

## **（二）标准编制的目的任务**

标准的编制旨在加快推进国土空间生态修复。通过全面系统地开展生态修复工作，有效弱化矿产资源开发所导致的矿山生态破坏。消除威胁人民生命财产安全的矿山地质安全隐患，改善水土环境，实施土地整治和植被恢复，促使因采矿活动而遭受破坏的区域生态系统得以改善，进而达到新的生态平衡状态。

鉴于石灰岩质陡坡生态修复难度大且区域差异性显著的特点，本标准以大样本调查研究为基础，对矿山环境治理与生态修复的技术方法和工作流程进行规范。

## **（三）确定标准主要内容的论据**

生态问题调查与评价：通过对大量石灰岩矿山的实地调查和分析，总结出岩质陡坡生态问题的主要类型和特点，确定了调查的范围、内容和方法。依据相关规范和标准，提出了生态问题等级评价的指标和方法，为生

态修复提供科学依据。

生态修复设计：综合考虑矿山修复方向、技术经济条件等因素，确定了自然恢复、辅助再生、生态重建等修复方式，并根据不同的修复方式提出了具体的设计要求和措施。例如，在地质安全隐患防治方面，依据相关工程技术规范，确定了清除危岩、加固危岩、护坡等措施的技术要求；在地貌重塑方面，结合地形地貌特征，提出了削坡整形、台阶式开挖、回填蓄坡等方法；在土壤重构方面，根据土壤质量要求，确定了覆土、培肥等措施；在植被重建方面，筛选了适合石灰岩地区生长的乡土植物物种，提出了陡坡面建植、栽植、播种等方法。

施工、监理和验收：参考相关工程施工和监理规范，确定了石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工程的施工要求、监理内容和验收标准。明确了施工单位和监理单位的资质要求，规范了施工过程中的质量、安全、进度和信息管理，确保工程质量和效果。

成效评估：基于生态效益、社会效益和经济效益三个方面，确定了矿山生态修复成效评估的内容和方法。通过对地质稳定性、土壤质量、植被群落等方面的评估，反映生态修复的效果；考虑人居环境改善、防灾减灾能力提升、群众满意度上升等因素，体现社会效益；分析工程投入产出比、土地增值、居民收入增长等方面，评估经济效益。

#### **（四）标准编制的技术路线**

技术路线如图（图 1）所示：

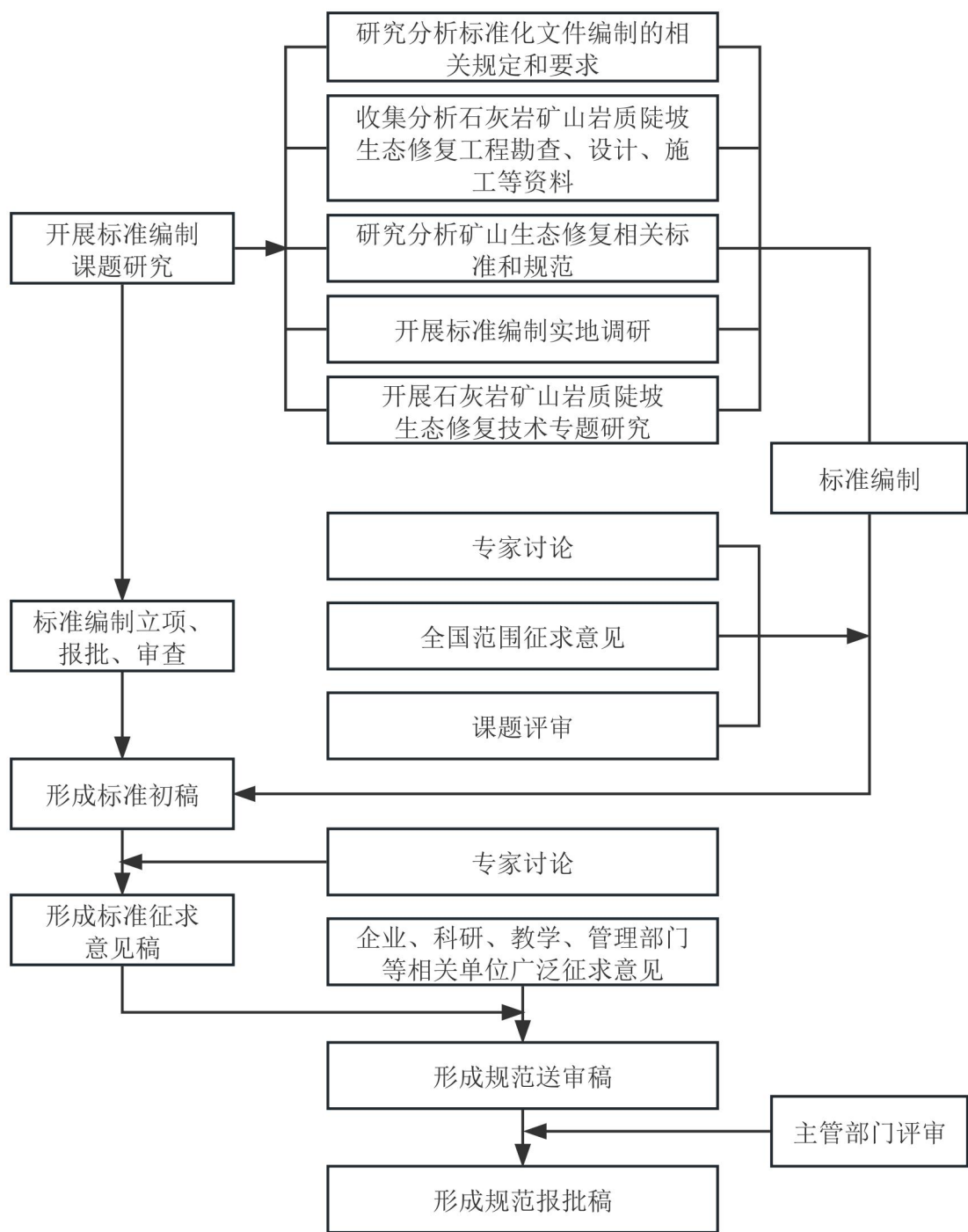


图 1 标准编制技术路线图



### 三、主要验证的分析、综述报告

#### （一）主要验证分析

为了验证标准技术内容的可行性和有效性，选择了多个典型项目进行试用。通过对矿山的生态问题调查、修复设计、工程施工、成效评估等环节的跟踪和监测，分析了各项技术措施的实施效果。验证结果表明，标准中的技术要求和指标能够有效地指导石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工作，提高修复效果和工程质量。

在地质安全隐患防治方面，采用清除危岩、加固危岩等措施后，边坡的稳定性得到了显著提高，消除了地质安全隐患；在地貌重塑方面，通过削坡整形、台阶式开挖等方法，为植被重建提供了良好的立地条件；在土壤重构方面，覆土和培肥措施改善了土壤质量，提高了植被的成活率和生长速度；在植被重建方面，选择适合的乡土植物物种进行栽植和播种，形成了稳定的植被群落，提高了植被覆盖度。

通过对全国范围内 320 余处石灰岩矿山坡面生态修复工程实地调研，分析总结出 13 种行之有效的生态修复技术方法，包括削坡蓄坡修复、台阶状整形修复、混凝土格构固土修复、生态袋修复、高次团粒挂网喷播修复、鱼鳞坑修复、植生孔修复、植生盆修复、植生槽修复、微地形围堰修复、客土喷播修复、乔木遮挡修复、藤本植被遮挡修复等。这些技术方法在实际工程中得到了验证，为规范的制定提供了丰富的实践经验。

#### （二）综述报告

随着人类对自然资源的开发利用，矿产资源开发不可避免地引发了一系列生态问题，为科学有效推进生态保护修复工作，需从宏观、中观和微观层面多维度入手。一方面，要综合关注陆域、海域、空域等大尺度复杂巨系统的有序重构，系统研究水圈、岩石圈、土壤圈、大气圈等中尺度多

圈层的合理再造，深入开展重点流域、关键区域等小尺度多要素的恢复再造。另一方面，对于受矿产资源开发扰动剧烈的生态系统，尤其是石灰岩矿山岩质陡坡生态修复，显得尤为重要。

本标准的编制以加快推进国土空间生态修复为目标，针对石灰岩质陡坡生态修复难度大、区域差异性大的特点，以大样本调查研究为基础，规范矿山环境治理与生态修复技术方法和工作流程。为验证标准技术内容的可行性和有效性，选择多个典型项目进行试用。在地质安全隐患防治上，清除危岩、加固危岩等措施显著提高了边坡稳定性，消除了安全隐患；地貌重塑方面，削坡整形、台阶式开挖为植被重建创造了良好条件；土壤重构中，覆土和培肥改善了土壤质量，促进植被生长；植被重建时，选择乡土植物形成稳定群落，提高植被覆盖度。通过工程实地调研，总结的行之有效的生态修复技术方法，涵盖削坡蓄坡修复、台阶状整形修复、混凝土格构固土修复等多种方式。这些技术方法在实际工程中得到了验证，为规范的制定提供了丰富实践经验。

目前石灰岩矿山生态修复主要依据《GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规程》《GB51016 非煤露天矿边坡工程技术规范》《TD/T 1070.1 矿山生态修复技术规范 第1部分：通则》《TD/T 1070.4 矿山生态修复技术规范 第4部分：建材矿山》的国家标准、行业标准，本标准是上述标准的细化和重要补充。本标准与现行标准相比，有以下特色和优势：

1. 结合我国国情：充分考虑了我国石灰岩矿山的分布特点、开采方式、生态环境等因素，制定了符合我国实际情况的生态修复技术要求和措施。

2. 强调综合修复：不仅注重地质安全隐患防治、地貌重塑、土壤重构、植被重建等方面的技术要求，还强调了生态修复的全过程管理，包括

调查与评价、设计、施工、监理、验收、成效评估等环节，实现了综合修复。

3. 突出乡土植物应用：筛选了适合石灰岩地区生长的乡土植物物种，强调了乡土植物在生态修复中的重要作用，提高了植被的成活率和生态稳定性。

总之，本标准的制定对于科学推进生态保护修复工作具有重要意义。它不仅有助于促进矿产资源合理开发，提升矿山生态保护修复工作的科学性和有效性，改善矿区人民生产、生活环境，还能为实现因采矿活动而破坏的区域生态系统达到新的生态平衡提供有力保障。通过对矿山生态保护修复重点领域、核心环节与关键要素的整体把握，逐步凝练升华相关理论，为生态保护修复事业贡献智慧和力量。

#### 四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

未采用国际标准，国外无同类标准。

#### 五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

##### （一）符合法律法规

本标准的制定符合国家现行法律、法规的要求。在编制过程中，严格遵循了《环境保护法》《土地管理法》《矿产资源法》等相关法律法规，确保标准的内容与法律法规的要求相一致。

##### （二）与强制性国家标准的关系

本标准与相关强制性国家标准相协调。在技术要求和指标方面，与《GB 2894 安全标志及使用导则》《GB 5084 农田灌溉水质标准》《GB51016 非

煤露天矿边坡工程技术规范》等强制性国家标准相衔接，确保生态修复工程的安全和质量。同时，本标准在生态修复的具体技术措施和方法上进行了细化和补充，为强制性国家标准的实施提供了技术支持。

## 六、重大分歧意见的处理经过和依据

### （一）分歧意见

在标准编制过程中，主要存在以下重大分歧意见：

1. 生态修复方式的选择：对于自然恢复、辅助再生、生态重建等修复方式的适用范围和条件存在不同意见。

2. 植被重建的植物物种选择：对于适合石灰岩矿山岩质陡坡生长的乡土植物物种的筛选标准存在争议。

### （二）处理经过

针对分歧意见，采取了以下处理方式：

1. 广泛征求意见：向相关专家、学者、企业代表等征求意见，收集各方对分歧问题的看法和建议。

2. 组织会议讨论：召开专题研讨会，邀请相关领域的专家和代表对分歧问题进行深入讨论和分析。

3. 进行试验验证：对不同的修复方式和植物物种选择通过调查工程实例验证，通过实际效果来确定最佳方案。

### （三）依据

处理分歧意见的依据主要包括以下方面：

科学依据：以科学的理论和方法为基础，结合石灰岩矿山岩质陡坡的生态特点和修复需求，确定合理的修复方式和植物物种选择。

实践经验：参考国内外相关工程的实践经验，总结成功案例和失败教训，为分歧问题的处理提供参考。

专家意见：充分听取相关领域专家的意见和建议，发挥专家的专业优势，确保处理结果的科学性和合理性。

## 七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

### （一）建议类型

建议将本标准作为推荐性标准。

### （二）理由

石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工作具有一定的复杂性和多样性，不同地区、不同规模的矿山在生态问题和修复需求上存在差异。作为推荐性标准，能够为企业和相关部门提供技术指导和参考，企业可以根据自身情况选择适合的技术措施和方法，提高标准的适用性和灵活性。同时，推荐性标准也有利于促进技术创新和进步，推动行业的可持续发展。

## 八、贯彻标准的措施建议

为贯彻标准，建议标准发布后，提请协会适时发布贯标的通知，并委托起草单位组织培训，切实推动这项行业标准的贯彻实施。

## 九、废止现行有关标准的建议

无。

## 十、其他应予说明的事项

随着技术的不断进步和实践经验的积累，需要进一步研究和解决以下问题：

1. 生态修复技术的创新和优化：不断探索新的生态修复技术和方法，提高修复效果和工程质量。

2. 生态修复效果的长期监测和评估：建立健全生态修复效果的长期监测和评估机制，及时掌握生态修复的动态变化，为后续的管理和维护提供科学依据。

3. 生态修复与产业发展的结合：探索生态修复与旅游、农业、林业等产业的结合模式，实现生态效益、社会效益和经济效益的有机统一。