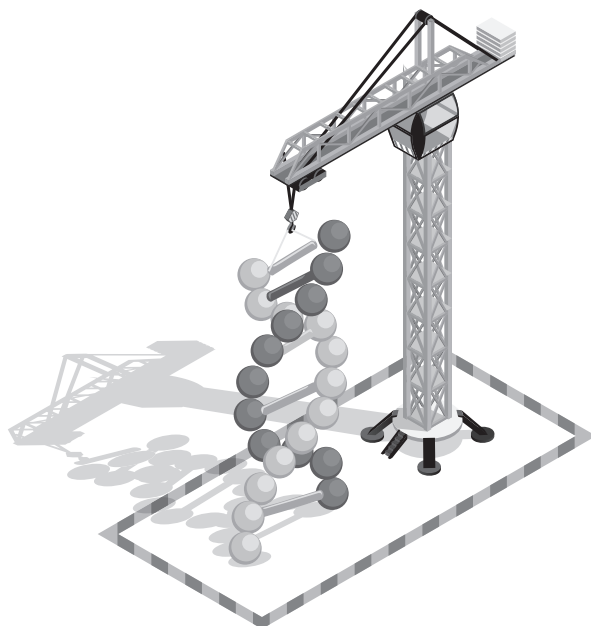




工程

研究与应用

Engineering Research and Application



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2023 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy





Editorial board

Editors-in-Chief

Xiaolei Ju

China Architectural Design and Research Institute, China

Meilian Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD

Editorial Board Member

Xianbo Tu

Guizhou Institute of Geological Exploration, General Bureau of Geology
and Mines, Sinochem, China

Neda Abbasi

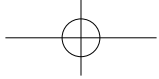
School of Engineering and Technology

Tanvir Ahamed

School of Engineering and Technology

Zhen Xu

Zhongtong Bus Holding Co., Ltd



目录CONTENTS

004	浅析广播电视信号安全传输与加密技术 An Analysis of Secure Transmission and Encryption Technologies for Broadcast Television Signals	黄雪杉 [*] Huang Xueshan [*]
007	金属材料超声无损检测技术应用研究 Research on the Application of Ultrasonic Nondestructive Testing Technology of Metal Materials	朱宁宁 [*] Zhu Ningning [*]
010	永磁联轴器在皮带驱动系统中的研究及应用 Research and Application of Permanent Magnet Couplings in Belt Drive Systems	孙才银 [*] Sun Caiyin [*]
013	乡村振兴背景下城市近郊村片区综合开发对策研究 Study on Countermeasures for Comprehensive Development of Urban Suburban Village Area in the Context of Rural Revitalization	何昕 He Xin
016	隔震减震控制技术在建筑结构设计和施工中的应用 Application of Vibration Isolation and Absorption Control Technology in Building Structure Design and Construction	黄维义 Huang Weiyi
019	无人机遥感技术在露天矿山测量中的应用 Application of Drone Remote Sensing Technology in Open-pit Mine Surveying	罗宇 [*] Luo Yu [*]
022	摄影测量与遥感技术在工程建设中的应用 Application of Photogrammetry and Remote Sensing Technology in Engineering Construction	石大鹏 [*] Shi Dapeng [*]
025	建筑设计中的空间与光影运用 The Use of Space and Light and Shadow in Architectural Design	王亚仲 Wang Yazhong
028	HSE 管理体系在石油企业安全管理中的实施 Implementation of HSE Management System in Safety Management of Petroleum Enterprises	陈强 Chen Qiang
031	基于化学分析法的工业产出危废品检测技术研究 Research on Detection Technology of Industrial Output Hazardous Waste Products Based on Chemical Analysis Methods	张士杰 Zhang Shijie
034	基于高级氧化技术的水处理过程优化 Optimization of Water Treatment Process Based on Advanced Oxidation Technology	黄健 Huang Jian
037	工程造价咨询服务的发展与趋势 The Development and Trends of Engineering Cost Consulting Services	王剑峰 Wang Jianfeng
040	绿色施工技术在市政路桥施工中的应用探究 Exploration of the Application of Green Construction Technology in Municipal Road and Bridge Construction	翟晓彦 Zhai Xiaoyan
043	公路工程项目中高填深挖路基施工技术 Construction Technology of High Fill and Deep Excavation Roadbed in Highway Engineering Projects	罗利辉 Luo Lihui
046	城市化进程中的露天煤矿征用土地再利用策略 Land Reuse Strategies for Expropriation of Open pit Coal Mines in the Process of Urbanization	于东雷, 孙卓 Yu Donglei, Sun Zhuo



浅析广播电视信号安全传输与加密技术

黄雪杉*

大连大和尚山微波站, 辽宁 大连 116100

摘 要 : 现在随着我国广播电视行业的发展, 广播电视信号的传输技术也有了明显的进步。据统计, 我国数字电视普及率已经达到了90% 以上, 除了一些地理位置特殊、经济发展水平较低、广播电视信号无法传输的海拔比较高的地区没有覆盖高清数字电视以外, 其余地区基本上已经全部覆盖了高清数字电视。广播电视信号的安全传输与加密技术在当前数字化信息时代至关重要。保护广播电视信号的安全性不仅关乎节目内容的版权, 还涉及用户隐私和信息完整性等方面。本书是对广播电视信号安全传输与加密技术的浅析。

关 键 词 : 广播电视; 广播电视信号安全传输; 安全传输与加密技术

An Analysis of Secure Transmission and Encryption Technologies for Broadcast Television Signals

Huang Xueshan*

Dalian Daheshang Mountain Microwave Station, Liaoning, Dalian 116100

Abstract : With the development of China's broadcast television industry, there has been significant progress in the transmission technology of broadcast television signals. According to statistics, the penetration rate of digital television in China has exceeded 90%. Except for some geographically unique, economically underdeveloped areas with high altitudes where high-definition digital television signals cannot be transmitted, the rest of the regions have essentially been covered by high-definition digital television. The secure transmission and encryption technology of broadcast television signals are crucial in the current era of digital information. Ensuring the security of broadcast television signals is not only related to the copyright of program content but also involves aspects such as user privacy and information integrity. This paper provides a brief analysis of secure transmission and encryption technologies for broadcast television signals.

Key words : broadcast television; secure transmission of broadcast television signals; secure transmission and encryption technology

一、引言

广播电视信号在现代社会中扮演着重要的角色, 是信息传递、文化传承和娱乐的主要手段之一。广播电视信号的传输不仅仅关乎信息的传递, 还涉及信息的安全性和完整性。为了保障广播电视信号的安全传输, 加密技术成为一项关键的技术手段。本文将深入探讨广播电视信号的重要性以及安全传输与加密技术的背景, 以期更好地理解这一领域的挑战与应对之道。

1. 广播电视信号的重要性

广播电视信号作为一种广泛应用的传播媒介, 负责传递新闻、娱乐、教育等多样化的信息。其在社会中的地位不仅体现在信息的传递, 更在于其对文化传承和社会凝聚的重要作用。广播电视信号的重要性不仅体现在传统媒体领域, 也延伸至数字化时代的多媒体传输, 影响着人们的日常生活和社会互动。

在信息传递方面, 广播电视信号为人们提供了及时、多样化

的信息来源, 涵盖了新闻、时事、科技、文化等方方面面。这不仅有助于公众更好地了解世界, 还促进了知识的传播和社会的进步。同时, 在文化传承方面, 广播电视信号承载着各种文化元素, 通过节目、电影、纪录片等形式, 将文化传递给观众, 促进了文化的多样性和共享。

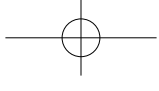
然而, 随着科技的不断发展, 广播电视信号的传输面临着一系列的安全威胁, 如信号劫持、窃听、数字盗版等问题。为了维护广播电视信号的安全性, 安全传输与加密技术应运而生。

2. 安全传输与加密技术的背景

安全传输与加密技术作为信息安全领域的核心内容, 在广播电视信号传输中扮演着关键的角色。其发展背景主要源于信息传输过程中的安全隐患和数字化技术的广泛应用。传统的模拟信号传输相对容易受到窃听和干扰, 而数字信号的引入为信息的安全传输提供了更为可靠的基础。

随着数字技术的飞速发展, 加密技术在广播电视信号传输中

* 作者简介: 黄雪杉(1989—), 男, 中国辽宁大连市, 研究生学历硕士, 从事广播电视信号传输工作。



得到了广泛应用。加密技术通过对信号进行编码和解码，有效地防止了信号的非法访问和篡改。这为广播电视信号的安全传输提供了有力的保障，使观众能够更加安心地享受多样化的节目内容。

在加密技术的支持下，广播电视信号得以在数字化时代实现更高水平的安全性和可靠性。本文将在接下来的章节中深入探讨广播电视信号传输过程中面临的安全挑战，并详细介绍安全传输与加密技术的原理和应用，以期为保障广播电视信号的安全传输提供深入的理解和有效的解决方案。

二、广播电视信号的传输

广播电视信号的传输方式直接影响着观众收看体验的质量和内容的安全性。传统的模拟信号传输和现代数字信号传输各有其特点，本节将分别探讨它们的优劣和在安全传输方面的差异。

1. 传统模拟信号传输

传统的模拟信号传输是广播电视行业早期采用的主要传输方式。该方式通过模拟波形的连续变化来表示音频和视频信息，然后通过电磁波传播到接收设备，如电视机。然而，这种传输方式存在一些明显的弊端，其中之一是信号的易受干扰和失真。

模拟信号在传输过程中容易受到电磁干扰、天气条件和距离的影响，导致观看体验的不稳定性。此外，模拟信号容易被窃听和非法复制，因为其传输过程相对容易被截获。这使得广播电视行业迫切需要一种更为安全可靠的传输方式。

2. 数字信号传输的优势

为应对传统模拟信号传输的弊端，广播电视行业逐渐转向数字信号传输。数字信号是通过将音频和视频信息转化为数字编码形式，以离散的方式传输的。这种方式在很大程度上克服了模拟信号传输中的干扰和失真问题。

数字信号具有更好的稳定性和抗干扰能力，使得观众在各种环境条件下都能获得高质量的观看体验。此外，数字信号的传输过程更为复杂，相对难以被窃听或非法复制。这为广播电视信号的安全传输提供了更高的保障。

采用数字信号传输的优势不仅限于信号的质量和安全性，还包括了更高的传输效率和灵活性。数字信号可以更容易地被压缩、存储和传输，使得广播电视行业能够更好地适应信息数字化的趋势，并为观众提供更多样化的内容选择。

综合而言，数字信号传输相比传统的模拟信号传输在多个方面都具备更大的优势，为广播电视信号的传输提供了更好的技术基础。然而，随之而来的数字化带来了新的安全挑战，因此，安全传输与加密技术在数字信号传输中显得尤为重要。下一节将深入探讨在数字信号传输中应对安全挑战所采用的加密技术。

三、广播电视信号加密技术

1. 加密技术概述

加密技术是保障广播电视信号传输安全的关键手段之一。本

节将概述两种主要的加密技术：对称加密与非对称加密，以及数字签名与认证技术。

（1）对称加密与非对称加密

①对称加密：对称加密是一种加密方法，使用相同的密钥进行信息的加密和解密。在广播电视信号传输中，对称加密通常用于保护信号的机密性。信号的发送方和接收方必须共享相同的密钥，以便在传输过程中对信号进行加密和解密。

对称加密的优势在于加解密速度较快，适用于大量数据的加密需求。然而，其缺点在于密钥的安全传输问题。如果密钥在传输过程中被截获，攻击者可能会获取到信号的解密密钥，从而危及信号的安全性。

②非对称加密：非对称加密使用一对密钥，包括公钥和私钥。公钥用于加密信息，而私钥用于解密信息。在广播电视信号传输中，非对称加密通常用于数字签名和密钥交换等场景。

通过非对称加密，即使公钥在传输过程中被截获，攻击者也无法通过公钥推导出私钥，从而保障了密钥的安全性。然而，非对称加密的计算复杂性较大，相比对称加密速度较慢，因此通常结合两种加密方式的优势，实现更安全有效的加密体系。

（2）数字签名与认证技术

①数字签名：数字签名是一种用于验证信息来源和完整性的技术。在广播电视信号传输中，数字签名通常用于确保信号的真实性，即信号的发送方可以通过私钥对信号进行数字签名，接收方则通过公钥验证签名，以确定信号的来源和是否被篡改。

数字签名通过在信号中嵌入经过加密的摘要或签名，有效防止了信号的伪造和篡改。这种技术有助于确保观众收到的信号是真实、可信的。

②认证技术：认证技术用于确认通信双方的身份，并确保通信过程的安全性。在广播电视信号传输中，认证技术可以通过使用数字证书或其他安全手段来确保信号的发送方和接收方的身份合法。

2. 广播电视信号的加密方法

广播电视信号的加密方法涵盖了多种技术手段，其中数字水印技术和频谱扩频技术是两种常用的加密方式，分别用于保护信号的完整性和机密性。

（1）数字水印技术

数字水印技术是一种隐藏在媒体内容中的不可见信息，可用于验证内容的真实性 and 源头，同时也可以用于追踪非法复制和盗版行为。在广播电视信号中，数字水印通常被嵌入到音频或视频中，不影响正常的观看或听觉体验。

数字水印可以包含诸如版权信息、信号来源、时间戳等元数据，这些信息在信号传输过程中被嵌入并在接收端提取。通过数字水印技术，广播公司可以追踪信号的传播路径，确保信号的合法使用，并有效打击盗版行为。数字水印技术的隐蔽性和不可检测性使其成为保护广播电视信号完整性的重要手段。

（2）频谱扩频技术

频谱扩频技术是一种通过在传输过程中扩大信号的频谱范围，从而提高信号的抗干扰性和难以被窃听的技术。在广播电



视信号传输中，频谱扩频技术常被用于抵御窃听和信号劫持的攻击。

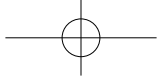
通过将信号在传输前进行扩频处理，信号的频谱分布变得更广泛，使得攻击者难以在噪声中识别和截获信号。接收端通过相应的解扩频技术将信号还原至原始频谱，确保正常观看体验。频谱扩频技术的优势在于提高了信号的安全性，减少了对加密密钥安全传输的依赖。

结语

在数字信息化时代背景下，广播电视信号的传输技术发生了巨大的变革，同时呈现出与互联网时代相融合的发展态势。广播电视信号传输技术人员一定要多角度、全方位地对广播电视信号传输技术进行升级和改造，为广播电视用户提供优质的服务，从而更好地推动我国广播电视行业持续健康发展。

参考文献

[1] 林文理. 广播电视信号传输技术概述 [J]. 西部广播电视, 2020 (17): 214-216.
[2] 孙荣刚. 广播电视信号传输的技术分析 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2019 (3): 26-27.
[3] 杨晓东, 姜丽. 广播电视信号传输技术的要点 [J]. 电子技术与软件工程, 2018 (17): 31.
[4] 程骞. 光纤传输技术在广播电视信号传输中的应用 [J]. 商品与质量, 2021 (27): 150.
[5] 钱春节. 数字微波传输网在广播电视信号传输中的作用 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2021 (4): 13-15.
[6] 吴新宏. 5G 时代广播电视传输技术转型研究 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2021 (17): 7-8.
[7] 杨显江. 数字电视信号传输技术研究 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2021 (24): 23-24.
[8] 高稳. 数字化和融媒体背景下广播电视技术的发展趋势 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2021 (9): 111-112.
[9] 杨诚. 光纤通信技术在广播电视传输中的应用探讨 [J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2021 (22): 7-8.
[10] 赵海英. 广播电视中数字音频信号加密技术的研究 [J]. 数码设计 (上), 2021 (1): 296.



金属材料超声无损检测技术应用研究

朱宁宁*

山东省特种设备检验研究院集团有限公司, 山东 济南 250013

摘 要： 金属材料超声无损检测技术是一种广泛应用于工业领域的非破坏性检测方法。基于此，本文以金属材料超声无损检测技术的应用研究为主题，通过对相关文献的综述和实验结果的分析，介绍金属材料超声无损检测技术的基本原理，探究金属材料超声无损检测技术在不同领域的应用，对金属材料超声无损检测技术的发展趋势进行展望。通过本文的研究，可以为相关领域的科研人员和工程师提供参考，促进该技术的进一步发展。

关 键 词： 金属材料；超声无损检测；方法研究

Research on the Application of Ultrasonic Nondestructive Testing Technology of Metal Materials

Zhu Ningning*

Shandong Special Equipment Inspection and Research Institute Group Co., LTD., Shandong, Jinan 250013

Abstract： Ultrasonic non-destructive testing technology for metal materials is a widely used non-destructive testing method in the industrial field. Based on this, this article focuses on the application research of ultrasonic non-destructive testing technology for metal materials. Through a review of relevant literature and analysis of experimental results, the basic principles of ultrasonic non-destructive testing technology for metal materials are introduced, and the application of ultrasonic non-destructive testing technology for metal materials in different fields is explored. The development trend of ultrasonic non-destructive testing technology for metal materials is discussed. Through this study, it can provide reference for researchers and engineers in related fields, and promote the further development of this technology.

Key words： metal materials; ultrasonic non-destructive testing; method study

一、前言

随着工业化进程不断发展，金属材料在各领域中的应用日益广泛，但由于金属材料在制造过程中可能会出现缺陷，这些问题会给材料性能产生负面影响^[1]。因此，为了确保金属材料的使用寿命，必须采取有效的检测方法评估材料缺陷^[2]。而超声无损检测技术作为一种常用的金属材料检测手段，利用超声波在材料中的传播特性，通过监测超声波的传播状态和反射信号，非侵入检测金属材料中的缺陷、裂纹、松散等问题。对比传统破坏性检测方法，超声无损检测技术具有快速、准确、无损、经济等优点，受到各行业人员的高度重视。基于此，本文旨在研究金属材料超声无损检测技术的应用，探讨其在金属材料检测中的可行性，将介绍超声波的基本原理和传播特性，有利于理解超声无损检测技术的工作机制^[3]。随后，将探讨超声波在金属材料中检测缺陷时的应用案例，重点关注其在航空、汽车制造、建筑等领域中的实际应用。通过分析这些实际案例，深入了解超声无损检测技术在金属材料中的有效性。同时，科学评估金属材料生产过程中的常见问题，发现潜在的安全风险，提高金属材料的可靠性。希望本文

能对相关领域的研究人员有所启发，并推动金属材料超声无损检测技术的进一步发展。

二、超声无损检测技术的基本原理

（一）基本原理

超声无损检测技术是利用超声波在材料中传播的特性，检测材料内部的异常情况。该技术被广泛应用于金属、塑料、陶瓷等各种材料的检测，具有高灵敏度、高精度、快速、可靠等优点^[4]。超声无损检测技术基本原理是利用超声波在材料中的传播和反射，获取材料内部的信息。当超声波通过材料时，会发生折射、散射、反射等现象；超声波遇到材料中的缺陷时，会产生反射。通过检测这些反射信号的强度和时间延迟，确定材料缺陷的相关信息。在超声无损检测中，常用超声波有纵波和横波两种。纵波是指超声波沿着材料传播方向的振动；而横波是超声波垂直于材料传播方向的振动，不同的波模式可以用来检测不同类型的缺陷。例如：纵波适用于检测材料内的腐蚀、气孔等缺陷，而横波被应用在检测材料裂纹、夹杂物等缺陷。

* 作者简介：朱宁宁（1985年11月），男，汉族，山东省泰安市，本科，材质劣化。



（二）传播特性

首先，超声波的传播速度快。超声波在固体材料中的传播速度比空气中的声音传播速度高几倍，甚至更多倍，这意味着超声波能迅速传播到被测物体的内部，并在短时间内返回反射信号。因此，超声无损检测技术具有快速、高效的特点，适用于工业生产线上的实时检测；其次，超声波传播路径可控。超声波在材料中的传播路径可通过控制探头位置和角度进行调整，使得超声无损检测技术能灵活应用于不同形状和尺寸的材料。同时，通过调整探头位置和角度，有效改变超声波与被测物体的相互作用方式，进一步提高检测的准确性；最后，超声波传播受材料特性影响。超声波在不同材料中的传播速度、衰减、散射等特性不同，导致超声无损检测技术通过分析超声波在被测物体内部的传播特征，判断材料质量和性能。例如：当超声波遇到缺陷时，会发生反射、折射、散射，从而产生特定的信号响应。通过分析这些信号响应，确定缺陷的位置、大小、类型，评估材料的完整性。

三、超声无损检测算法

（一）建立理论模型

声学参数是描述声波在材料中传播特性的物理量，在建立理论模型时，工作人员要选择合适的声学参数，准确描述金属材料中声波的传播行为。常见声学参数主要包括声速、密度、衰减系数等。根据金属材料的不同特性，选择适当的声学参数，并进行合理的假设和近似。同时，在建立理论模型时，要基于选定的声学参数建立数学方程，如弹性力学理论、声学理论等，描述声波在金属材料中的传播和反射行为。通过解析方法，计算出上述这些方程，并得到声波在金属材料中的传播特性。计算公式如下：

$$s(t) = \beta e^{-a(t-\lambda)^2} \cos[2\pi f_c(t - \pi) + \phi] \quad (1)$$

公式中： β 表示信号波幅； a 表示信号带宽； λ 表示信号到达次数； f_c 表示信号频率； ϕ 表示信号波长。其中带宽是由超声信号在空间和时间方面的传播特征决定；信号波幅和信号波长通过材料自身特定属性进行控制；信号到达次数和原始信号触发位置有直接关联，超声波在金属材料中受到时间和空间双重因素影响；信号频率大小和传播路径由超声无噪信号决定。

在建立理论模型后，工作人员要通过实验或数值模拟等方法，验证超声模型行，确保其可行性。而超声无损检测技术作为一种常用的金属材料检测手段，利用超声波在材料中的传播特性，通过监测超声波的传播状态和反射信号，非侵入检测金属材料中的缺陷、裂纹、松散等问题。对比传统破坏性检测方法，超声无损检测技术具有快速、准确、无损、经济等优点，受到各行业人员的高度重视。工作人员要将声波信号应用于金属样品中，并使用超声探测器接收回波信号，再对比实际测量结果与理论模型预测结果，评估模型的适用性。如果模型的预测结果与实际测量结果相符合，那么工作人员可认为模型是可行。

（二）超声信号仿真

（1）声场建模。声场建模是超声信号仿真的基础，是通过数

学模型描述声场中的声波传播和反射特性。在金属材料超声无损检测中，常用声场模型包括平面声波、球面声波、柱面声波等^[5]。通过选择合适的声场模型，准确地描述超声波在金属材料中的传播过程。根据超声无损检测模型，工作人员使用 MATLAB 软件作为处理工具，通过软件内的工具包和编写相应程序来降低目标信号中的噪音。工作人员将不同频宽的杂音加入需要收集的信号中，并使用小波变换方法、测试模型抑制因子（TMIF）、增加信号频宽阈值等方式，线性处理带有噪音的信号，使其传播路径的波幅趋于稳定。具体而言，当工作人员将 10dB 频宽的白噪音加入超声波信号时，工作人员使用小波变换方法、TMIF、增加信号频宽阈值等方式降低所收集信号的噪音。这样处理后的噪声信号将与信噪比、信噪方差等因素结合，从而进行稳定性评价。

（2）材料参数确定。材料参数是指金属材料的声速、密度、衰减系数等物理参数，这些参数确定对于超声信号的仿真结果具有重要影响。工作人员通常采用实验测量、数值模拟等方法。通过实验测量获取到金属材料的基本参数，如声速、密度等数据；而采用数值模拟能得到精确的材料参数，通过有限元方法等进行计算。

（3）建立缺陷模型。缺陷模型是指在金属材料中添加的缺陷，常见缺陷模型包括球形缺陷、裂纹和夹杂等，用于模拟实际检测中的缺陷情况。通过合理选择缺陷模型，真实模拟出不同类型和大小的缺陷，从而评估超声无损检测算法的性能。

四、超声无损检测技术在金属材料检测中的应用

（一）超声无损检测系统

超声无损检测系统由超声波信号发生器、超声探头、示波器、数据采集、计算机后台处理、被测工件等环节组成。当超声波信号发生器将超声波引入金属材料时，超声波会在材料内部发生多次反射、散射、衍射等现象^[6]。这些现象会受到材料内部缺陷影响，从而产生特征性的回波信号。超声波信号发生器将这些回波信号转化为电信号，传输给信号处理器进行分析，并将在显示器上通过图像形式展示出来，供操作人员进行判断（如图1所示）。目前，超声无损检测技术在金属材料检测中具有以下优势。首先，实现材料的全面检测。无论是材料的外表还是内部，只要存在缺陷，超声波都能检测出来；其次，超声无损检测技术对材料的性能没有影响，能在生产过程中进行连续在线检测，提高检测效率；最后，该技术能定量评估材料的缺陷大小和位置，为后期处理、修复提供参考。同时，超声无损检测技术在金属材料检测中有着广泛的应用。例如：在航空航天行业中，超声无损检测技术用于飞机零部件的缺陷检测，确保其安全可靠；在汽车制造业中，适应于发动机零部件和车身结构的质量控制；在建筑行业中，应用在钢结构、桥梁、管道等的缺陷检测，确保其结构稳定性。此外，超声无损检测技术可在金属加工和焊接过程中进行实时监测，提高生产工艺的控制和调整。



图1 超声无损检测系统框架图



（二）特种设备

在特种设备中，超声无损检测技术主要应用于以下几个方面。首先，用于检测特种设备中的裂纹和缺陷。裂纹和缺陷是特种设备中最常见的问题，它们可能会导致设备的强度下降甚至发生事故。通过超声无损检测技术，及时发现设备中的裂纹和缺陷，并采取相应的修复措施，从而保证设备的安全运行；其次，检测特种设备中的材料的厚度和腐蚀情况。特种设备经常处于恶劣的工作环境中，如高温、高压等，容易受到腐蚀的影响。通过超声无损检测技术，非破坏地测量设备中金属材料的厚度和评估腐蚀的程度，从而及时采取防护措施；最后，检测特种设备中焊接接头的质量。焊接接头是特种设备中常见的连接方式，其质量对于设备的安全性和可靠性有着重要的影响。通过超声无损检测技术，可以检测焊接接头中存在的缺陷，如裂纹、气孔、夹渣、未焊透等，通过对缺陷进行定性和定量分析，及时排除设备隐患，保证设备安全可靠运行。

（三）超声信号降噪计算

超声信号降噪计算是超声无损检测技术该技术中的关键步骤，可有效提高检测结果的准确性^[7]。超声无损检测技术利用超声波在材料中传播特性检测材料内部的缺陷，如裂纹、气孔和夹杂物等。当超声波遇到这些缺陷时，会产生反射、散射、透射等不同信号，但由于材料本身的噪声干扰，以及信号衰减和失真，使得检测信号中存在各种噪声^[8]。为了准确判别材料中的缺陷，需要对检测信号进行降噪处理。超声信号降噪计算可通过各种数学模型，将噪声从原始信号中去除，提取出有用的信息。常用的降噪方法包括小波变换、自适应滤波、统计学方法等^[9]。小波变换是一种经典的降噪方法，其基本思想是将信号分解成不同频率的子波，并根据子波特性进行滤波处理；自适应滤波是根据信号的统计特性，自主调整滤波参数的方法，能有效适应不同信号的特点；统计学方法则通过对信号进行统计分析，利用信号的统计特性消除噪声^[10]。

为了检验超声信号对金属材料无损检测的效果，工作人员要利用示波器保存未处理的超声信号，检测金属材料表面出现1英寸

和3英寸的缺陷深度。在实际操作过程中，要将宽度为20db的高斯白噪声应用到需要采集的噪声中，并进行相关的降噪处理，结合MAT-LAB对比金属材料缺陷前后数据。但由于金属材料的超声无损检测系统是以材料缺陷产生的波长和波形进行分析，结合分析数据判断被检测的金属材料现象，如果实际信号不能得到准确的降噪比，工作人员要降噪处理原始信号，按照波形幅度和波长计算出具体数据，判断其是否达到预期的降噪效果。经过工作人员试验发现，通过降噪处理的超声信号比未经过降噪处理稳定性更强，在计算机上呈现出明显效果。

五、总结

金属材料超声无损检测技术是一种非破坏性检测方法，广泛应用于工业领域。本研究旨在探讨金属材料超声无损检测技术的应用，并总结出以下结论。

（1）通过利用超声波的传播特性，可以检测出金属材料中的缺陷，如裂纹、气孔和夹杂物等。这种技术可以快速、准确地判断金属材料的质量，避免了传统破坏性检测方法对样品的破坏。

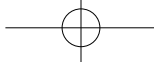
（2）在航空航天、汽车制造、船舶建造等行业中，金属材料的质量安全至关重要。采用超声无损检测技术能及时发现金属材料中的缺陷，保证产品的质量，提高生产效率。此外，该技术还可用于金属材料的质量评估和剩余寿命预测，为设备维护管理提供科学依据。

（3）由于超声波在金属材料中的传播受到材料密度、声速等因素影响，对于复杂结构的材料，其检测效果可能会受到限制。此外，在检测过程中需要专业的操作人员进行解读，对技术人员的要求较高。

综上所述，金属材料超声无损检测技术是一种高效、准确的质量检测方法，具有广泛的应用前景。通过该技术能及时发现金属材料中的缺陷，保证产品质量，提高生产效率。然而，工作人员也要认识到该技术存在的局限性，要进一步进行完善。希望本研究的结论能为相关领域的科研人员提供价值参考。

参考文献:

- [1] 张龙. 金属材料焊接中超声无损检测技术的有效应用[J]. 中国金属通报, 2023(7):246-248.
- [2] 胡秋月. 超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用探讨[J]. 中国金属通报, 2022(9):231-233.
- [3] 鞠焕强. 金属材料焊接中超声无损检测技术的有效应用探究[J]. 建筑·建材·装饰, 2022(1):163-165.
- [4] 张德强. 新时期金属材料焊接中超声无损检测技术的应用探究[J]. 中国金属通报, 2022(15):153-155.
- [5] 屈海东. 超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用分析[J]. 世界有色金属, 2022(9):214-216.
- [6] 符勇. 超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用探讨[J]. 工程管理与技术探讨, 2023,5(12).
- [7] 朱国胜. 超声波频谱分析下的复合材料层合板与金属板连接处质量无损检测技术[J]. 今日自动化, 2022(12):119-121.
- [8] 王晓晨, 毛星, 张佳敏, 等. 基于激光超声的金属材料晶粒尺寸在线无损检测技术[J]. 航空制造技术, 2022,65(20):54-62.
- [9] 杨翠茹, 彭向阳, 余欣. 结合小波变换与数学形态学的电缆局放信号识别与降噪方法[J]. 沈阳工业大学学报, 2023,45(6):619-624.
- [10] 王彤洲, 崔春生, 刘双峰, 等. 基于经验小波变换和奇异值分解的冲击波降噪方法[J]. 探测与控制学报, 2023,45(2):67-72.



永磁联轴器在皮带驱动系统中的研究及应用

孙才银*

宁波舟山港股份有限公司北仑矿石码头分公司, 浙江 宁波 315800

摘 要 : 目前,随着各领域技术的发展,永磁联轴器的应用越来越广泛。永磁联轴器是通过切割磁力线来传递转矩的,是一种创新型的传动联接产品。永磁联轴器属于耦合传动的一种,在电动汽车、风力发电、太阳能发电等新兴领域中,永磁联轴器将扮演着越来越重要的角色。与传统的机械传动方式相比,不仅无需润滑维护、结构简单,而且传递效率更高。特别是在设备重载启动、过载保护等实际运行状况下,更是能够体现和发挥出无与伦比的优秀性能,保护和延长设备与电机的使用寿命。

关 键 词 : 永磁联轴器;磁力线;耦合传动;润滑维护;传递效率

Research and Application of Permanent Magnet Couplings in Belt Drive Systems

Sun Caiyin*

Ningbo Zhoushan Port Co., Ltd. Beilun Ore Terminal Branch, Zhejiang, Ningbo 315800

Abstract : Currently, with the development of technology in various fields, the application of permanent magnet couplings is becoming increasingly widespread. Permanent magnet coupling is an innovative transmission connection product that transmits torque by cutting magnetic field lines. Permanent magnet couplings belong to a type of coupled transmission, and they will play an increasingly important role in emerging fields such as electric vehicles, wind power generation, and solar power generation. Compared with traditional mechanical transmission methods, it not only does not require lubrication and maintenance, has a simple structure, but also has higher transmission efficiency. Especially under actual operating conditions such as equipment overload starting and overload protection, it can demonstrate and exert unparalleled excellent performance, protecting and extending the service life of equipment and motors.

Key words : permanent magnet coupling; magnetic field lines; coupling transmission; lubrication maintenance; transmission efficiency

前言:

皮带机是散货码头物料运输系统的重要组成部分,传统的皮带驱动系统由电机、液力耦合器、减速机、滚筒等组成。为提高生产效率、节能、环保及绿色港区要求:把液力耦合器改造成永磁联轴器;

改造目的:

1. 通过传动效率的提高,达到节能的效果;
2. 减少振动,缓解冲击载荷,保护传动链上设备;
3. 减少维护成本,提高生产效率;

以宁波港北仑矿石码头的长距离皮带 BC7A 为例(4台电机驱动):

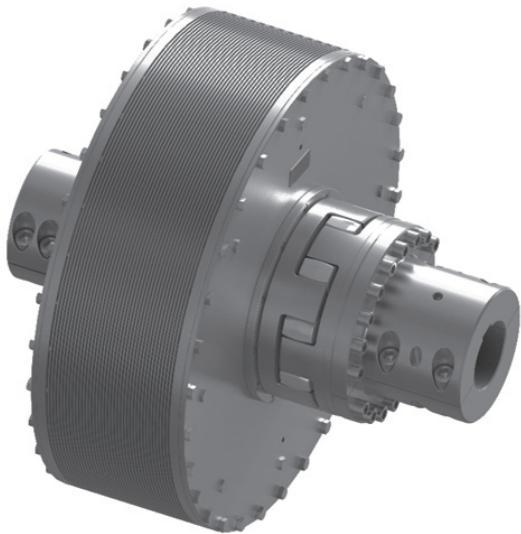
BC7A				
	皮带机	皮带机	皮带机	皮带机
数量	1	1	1	1
电机型号	Y2 450-4 (10KV)	Y2 450-4 (10KV)	Y2 450-4 (10KV)	Y2 450-4 (10KV)
额定功率	280KW	280KW	280KW	280KW
减速机型号	ML3PSF100	ML3PSF100	ML3PSF100	ML3PSF100
液耦型号	24CCKRG (传斯罗伊)	24CCKRG (传斯罗伊)	24CCKRG (传斯罗伊)	24CCKRG (传斯罗伊)
原连接方式	限矩型液耦	限矩型液耦	限矩型液耦	限矩型液耦

* 作者简介:孙才银,性别:男,民族:汉,出生年月日:1983年9月27日,籍贯:宁波,学历:本科,职称:工程师,从事的研究方向:港口机械



选 KTR 永磁联轴器替代传统的液力耦合器：

KTR 永磁联轴器是与众不同的一款独特设计柔性耦合器，它将驱动端的动力传递到负载端，并且驱动端与负载端没有刚性的机械接触，使得永磁联轴器本体无磨损，隔离振动，免维护，并且有过载打滑功能。同时永磁联轴器的输出端与弹性联轴器结合，因此具有良好的纠偏性能，此外特殊的径向可拆分的轴套，使得安装极为简便。它的组成结构如下图：



技术优势分析：

1. 全封闭式结构，无磁泄露，适应易燃易爆、潮湿、粉尘等恶劣、严酷的工作环境；
2. 安装对中方便，维护设备时可径向拆卸，无需移动其他设备；
3. 传动效率高，高于液耦 3%—6%；
4. 有效隔离振动，有效保护轴系设备，延长轴系寿命；
5. 非破坏性过载保护（打滑），停机重启，自动恢复；
6. 重载启动，低速响应及时（液耦、涡流电磁低速响应困难）；
7. 非接触传动：没有摩擦、磨损元件，寿命达 25 年以上，终身免维护；

KTR 永磁联轴器与液力耦合器的对比

A：真正的软启动功能：永磁联轴器在设备启动前，内部磁隙处于最大状态，这时电机可以通过三角形方式快速空载启动达到额定转速，然后带动磁偶内部永磁体进行转动，内部磁隙会逐渐变小，将动力均匀地传递到负载端使其转速提高，当达到最小磁隙后，就可以完全传递额定扭矩和功率，使得设备正常运行。这是一种真正的软启动，无论负载是满载还是轻载，它都能轻松启动。但液力耦合器只能在一定的负载下才能软启动，软启动功能有限。

B：高效可靠的限矩过载打滑保护功能：液力耦合器一般在负载出现 3~4 倍额定扭矩（甚至更高）时，内部的油液温度升高通过易熔塞泄液进行保护，响应慢，扭矩高，保护作用有限。永磁联轴器在负载出现约 2 倍的额定扭矩（或功率）时，迅速出现磁力偶

合器内部打滑，这时电动机就处于空转状态，减速机处于静止状态，完全切断了动力的传递，保护了传动系统中的所有零件或设备，保护作用迅速高效。

C：自恢复启动能力：永磁联轴器只要电动机停机后，就具备有启动能力，无论是过载打滑后还是其他状态电动机停机，无需人为去调整便可在各种负荷下启动及工作。液力耦合器特别是打滑后必须补充油液和更换易熔塞，否则是不能启动或满负荷工作的。

D：更高的传递效率：永磁联轴器与液力耦合器一样都是异步传动，输入端与输出端不同步，有速差。但永磁联轴器具有更高的传递效率，高达 98% 以上。而液力耦合器通常的传递效率只有 92%~95%，永磁联轴器具有更好的节能效果。

E：正转及反转：永磁联轴器既可正转工作，也可以反转工作，而液力耦合器只允许一个方向进行工作，在某些特定的工作条件下受限。

F：工作环境无污染：永磁联轴器全封闭结构，无漏磁，无油液，对工作环境完全无污染。而液力耦合器内部油液会经常泄露，极端情况下会严重污染工作环境。

G：免维护：永磁联轴器使用中是可以完全免维护，使用简单。而液力耦合器需要定期停机加注油液及清理油污现场，工作效率低及维护成本高。

H：安装拆卸简单，时间短：永磁联轴器采用的是方便拆卸结构的轴套，安装极为简单，最快半小时就可以完成安装或拆卸而无需移动电动机或减速机。液力耦合器安装复杂，有时需要动用加热设备，在拆卸时有时需要氧割设备，还要移动电动机或减速机，安装方式极不友好。

I：径向尺寸小：永磁联轴器由于特别设计，比同功率的液力耦合器径向尺寸小。

经济效益对比

把宁波港北仑矿石码头的 BC7A 上 4 台 280Kw 电机所使用的液偶技改全部更换为 KTR 永磁联轴器，将会直接产生节能效益，减少维护保养耗材费用及人工费用，另外还可能节省因液耦漏液停工带来的间接损失，经济效益会有一定的提高。

BC7A 改造节能效益计算

A：节能效益计算

工作效率差异：

传统液耦满负载运行时最高工作效率（约）：93%

KTR 永磁联轴器满负载运行时最高工作效率（约）：98%

工作效率提升（约）：98%-93%=5%

4 台 280Kw 电机每小时电消耗：4x280Kw*h=1120 kW*h（度）

电机每年运行时间：4000 h（小时）

每度电平均单价：1 元 /kW*h

每年节省电费：1120x4000x1x5%=224000 元

B：节省维护保养材料费用

KTR 永磁耦合器运行期间无任何耗材费用，但液偶运行需定期维护保养更换内部油液，液偶每平均运行 5000 小时建议就要更换油液维护保养，相当于一年约更换 1 次油液。



每台 280Kw 电机运行所使用的液偶每次换油液量（约）:30L（升）/ 次。

油液单价（约）: 20 元 /L（升）

每年维护保养 4 台液偶可节省人工材料费用：4x30x1x20=2400 元

C：节省维护保养人工费用

KTR 永磁耦合器运行期间无需任何的维护及保养，即使出现了过载打滑保护，电机停止后它会自动恢复启动状态，在过载事故排除后，就可以直接运行，无需人为参与调整。但液力偶合器运行需定期更换内部油液消耗人工外，还需要在过载保护后（油液外泄产生保护）处理及补充相关油液才能运行。仅计算正常维护保养油液更换人工费用如下：

每台液偶每次维护保养时间：4h（小时）

每次液偶每次维护保养所需人数：2 人

每人所需工时费用：50 元 /h（小时）

每年维护保养次数：2 次 / 年

每年维护保养 4 台液偶可节省人工费用：4x4x2x50x2=3200 元

D：提高经济效益总费用

即使把设备运行时出现过载堵转时液偶泄液事件停工当作小概率事件的话，技改更换为 KTR 永磁联轴器也会每年直接提高经济效益总费用如下：

224000+2400+3200=229600 元

永磁联轴器传动效率高，采用非接触式磁场传动，能有效缓解冲击载荷，并极大的减少系统的振动和噪音，将整个传动链都变成柔性传动，保护轴系设备，延长电机和其他设备的使用年限，并且在全使用寿命（大于 25 年）内无任何维护，大大节约了生产成本，未来将成为散货码头绿色港区建设的重要组成部分！

参考文献

- [1] 唐金松 简明机械设计手册（第二版）. 上海科学技术出版社. 2002 年 6 月.
- [2] 周明衡《永磁联轴器性能设计》机械工业出版社 2001 年.
- [3] 夏平畴《永磁机构》北京工业大学出版社 2000 年.
- [4] 孔庆华, 刘传绍. 极限测量与测试技术基础. 同济大学出版社. 2002 年 6 月.
- [5] 张宏刚. 永磁磁力耦合器损耗的计算与分析 [D]. 长春 : 吉林大学, 2008.
- [6] 马如宇, 蒋生发. 新型耐高温磁力联轴器的研制 [J]. 排灌机械, 2000.
- [7] 杨超君, 王瑜宁. 新型耐高温磁力联轴器传递转矩的数值计算 [J]. 机械设计, 2005.
- [8] 丁磊, 杨超君, 孔令营. 角向不对中可调速盘式异步磁力联轴器的转矩特性分析 [J]. 机械设计与研究. 2012.
- [9] 王旭, 王立志. 永磁调速器的磁路结构设计 [J]. 电气传动. 2011.
- [10] 田杰, 邓辉华, 张萍, 等. 考虑非线性磁导率稀土永磁齿轮磁场研究 [J]. 机械工程师. 2006.
- [11] 宫超; 同步式永磁联轴器工作特性研究及优化 [D]; 湖南大学 ;2022 年.
- [12] 王晶晶; 郑鹏飞; 磁力联轴器研究发展现状 [J]; 现代商贸工业 ;2013 年 01 期.



乡村振兴背景下城市近郊村片区综合开发对策研究

何昕

中交投资有限公司, 北京 100029

摘 要： 本文主要针对乡村振兴背景下城市近郊村片区综合开发对策进行深入的研究，根据近郊村片区综合开发背景，阐述了城市近郊村片区综合开发存在的困难，如投资主体引入困难、产业招引培育难、利益诉求协商难、服务运营管理难等，然后提出了几点切实可行的开发对策，主要包括组建联合投资运营主体、促进特色产业融合发展、创新利益联结分配机制、持续优化综合服务保障，进而以便实现城市近郊村片区综合开发。

关 键 词： 乡村振兴背景下；城市近郊村片区；综合开发

Study on Countermeasures for Comprehensive Development of Urban Suburban Village Area in the Context of Rural Revitalization

He Xin

CCCC Investment Company Limited, Beijing 100029

Abstract： This paper mainly focuses on the comprehensive development countermeasures of suburban village area under the background of rural revitalization. According to the background of comprehensive development of suburban village area, it describes the difficulties in comprehensive development of suburban village area, such as difficulties in the introduction of investment main body, difficulties in the recruitment and cultivation of industries, difficulties in the negotiation of interests, and difficulties in the operation and management of services, etc., and then proposes a few practical countermeasures for the development of this area, which mainly includes the formation of joint investment and operation main body, the promotion of the integrated development of characteristic industries, the innovation of benefit linkage distribution mechanism, and the continuous optimization of comprehensive service guarantee, so as to realize the comprehensive development of urban suburban village area.

Key words： in the context of rural revitalization; suburban village area; comprehensive development

引言：

在推动新型城镇化和城乡融合发展这方面，城市近郊村作为主要的先导区，承接城市生态体验和健康休闲以及消费娱乐等一些重要功能。随着社会经济水平不断提高和人们生活质量得到改善，市民对其生态观光和旅游休闲也有了一定的需求，所以，在市民消费休闲这方面，城市近郊村会逐步的成为一个首选地。与此同时，我国会向城市近郊村旅游和特色开发提供大力的支持。基于此，在乡村振兴背景下，有必要采取有效的对策，实现城市近郊村片区综合开发。

一、近郊村片区综合开发背景

片区综合开发非常的重要，整个过程除了要对拟开发建设区域进行运营以外，还需要维护，还包括培育产业招商和设施投建管控。还需要考量到土地和人口以及基础设施。与此同时，这项开发其实就是聚集一些主体，实现对场景打造，进一步的推动城市近郊村发展，实现乡村振兴，提升城乡一体化发展水平。通过了解当前企业内部的具体情况得知，有的企业已经意识到城市近郊村片区综合开发的重要程度。但在这方面研究的力度不够，往

往主要研究其发展内涵。

二、城市近郊村片区综合开发存在的困难

以北京为例，城市近郊区片区综合开发工作特别的关键，所涉及的内容比较多，需要政府和企业以及村民引起高度的重视，把这项工作视为长期工作来进行，并积极主动的参与其中，再把各方之间利益关系协调好，但就当前的情况来看，北京城市近郊村片区综合开发还面临着一定的困难，具体主要体现在以下几个

2023.7 | 013



方面：

1. 投资主体引入困难

考虑到要想做好片区综合开发这项工作需要的时间比较长，再加上内容还特别的多而复杂。所以为将这项工作落到实处，需要出台相关的政策，并正确的进行操作。但通过了解当前片区综合开发的状况得知，不仅没有确定开发的具体内容以外，还有项目融资问题，运营能力不高，国有平台公司承担能力不高，社会资本参与不强烈，这在进行片区综合开发的过程中，导致遇到困难，特别是在引入投资主体这方面。

2. 产业招引培育难

在进行城市近郊村综合开发的过程中，工作人员有必要更加的注重乡村振兴，同时，加大发展力度，大力发展产业，这不仅要将其立足点寻找到，还需要合理的利用特色资源，从现有的基础产业入手，结合当前的情况不断的进行优化，少对其具体措施进行应用，减少其依赖性。也需要呈现出新的场景。其一以分散性强的资源为立足点，积极的进行整合，在整体上合理的去规划，以达到开发目的。其二让小微市场主体对消费服务场景的打造形成一定认识，并参加进去。但在这方面缺少对品牌的建立，也没有形成良好的形象，这就增加产业招引培育难度。

3. 利益诉求协商难

为提升北京这一城市近郊区综合开发的水平，需要主体积极主动的参与进去，除了要实现土地整理外，还应合理的进行规划，达到集中运营目的。但这从某种程度上来看，这项工作当前摆在面前最大的难度就是如何平衡协调好利益诉求方。这项难度详细的来讲主要在如下方面给予体现：一方面，涉及主体非常多，不管是在联系，还是在交流这方面，除了需要投入大量的成本以外，还需要非常多的时间。另一方面，在利益这重要方面，每个主体的诉求存在很大的区别，针对偿付，并没有合理的将统一标准制定出来。

4. 服务运营管理难

北京城市近郊片区综合开发这项工作特别的重要，也涉及了各种主体，而且鉴于项目运营管理这项工作，社会资本投资方和政府以及村集体难以能独自的把这项工作承担好，这就应打造专业化优秀的运营管理团队，把这团队引入其中，一起对片区综合开发的管理制度进行制定，并形成良好的体系。具体主要体现在以下几个方面：一方面，要想权衡政府、社会资本和村集体、村民等多方关系，有一定难度，有些时候无法明确这几者的具体关系。除此之外，在其盈利这方面，要想扩大所利用的一些渠道还是有困难的。

三、城市近郊村片区综合开发的对策

经过相应的调查得知，钱、地、人的问题是要想实现片区开发打造城市近郊村需要解决的重点问题，这不仅是投资运营主体引入，还是投融资和收入渠道、收益分配和沟通协调问题，应多进行实地调研，根据以往城市近郊村片区综合开发的经验，提出了以下几点措施：

1. 组建联合投资运营主体

通过了解当前项目建设的具体情况和以往经验得知，在具体开发的过程中，如果整个片区非常大，那么实施的力度就越大，内容多，这也相继的提升投资企业自身的要求。

通常应遵循分批分次的原则，推进片区综合开发的实施，并把各方利益关系协调好，这如果只是靠投资企业，那么这从某种程度上来看，无法实现预期目标，应让多元主体形成认识，并主动的参与其中。可以以政府为主导和村集体参与、商业化逻辑为思路。通常来讲管委是决策协调工作的重要机构之一，不管是片区综合开发规划设计，还是土地供给问题，可联系政府部门，将其作为一项代表将其处理好，并积极的进行协调，可在产业项目具体运营不进行进入。站在综合运营企业的视角上进行分析，为达到投建管运一体化运营目的，可由社会资本方实施。对于综合运营公司做出的相应决策，对于村集体来讲要想参与进去，可对集体资产入股方法充分的进行应用。综合运营公司往往需要落实多方面内容，除了有项目建设和招商引资以外，还有产业引导和运营服务等。这要想促使该模式更好地运行，有效的实施，最重要的一点就是应合理分工，明晰其权责，进而以便做出正确的决策，促进其更好地运营^[1]。

2. 促进特色产业融合发展

为实现城市近郊村片区综合开发，应把“以产兴业、以产聚人、以产强村”作为主要的核心，呈现出良好的生态，进行农商文旅融合，提高其融合度，联系第一产业和第二产业以及第三产业，进一步推动其发展。在传统农业中，为使得集约利用水平明显得到提升，可联系到农用地流转，注重对集中开发方式的应用，对于农作物种植，需要详细的规划好所运用的方法，打造出良好的景观，也可联想到休闲产业，在平时重点的进行发展，提高传统农业精细化程度。应结合实际情况，引入投资运营主体，调动各方力量，多方共建，打造合作共赢的局面，在明确打造城市近郊村方向，近郊村应明确自身定位，在城区功能外溢这方面，扮演着承接者的角色。通过合理配置城乡之间的要素，促进区域整体生产，不断提升生产水平，其中可把消费休闲首选地和网红旅游打卡作为主要的一个方向。同时还应将更具有特色产品寻找到，打造乡村工业品牌，促进其朝着高质量的方向发展，必要的情况下，对具有特色农产品再次的进行加工^[2]。此外，通过创新其服务形式，提升农商文旅跨界融合的水平，并从其观光旅游等业态入手，采取有效的措施将其发展起来。

3. 创新利益联结分配机制

对多方收益联结分配机制给予充分的了解，并合理的进行应用，以便更好地整合好各方现有的重要资源信息，还能积极的协调，减少其成本，使其在今后合理的制定出利益联结机制。运行模式是通过土地进行整理，对农村建设进行开发，提升农用地流转水平，社会资本实现对新型社区的建立，完成节约建设的目标，促进产业的发展。在产业开发和运营收入的背景下，达到有效的弥补前期投资一些成本目的，提升其盈利水平^[3]。在注重片区综合开发的基础之上，以这项开发作为重要的依托，调动各个主体参与积极性^[4]。为真正的将片区开发工作做到位，其社会投资这



方面，需要提高其投入力度，实现拆迁安置，并做好土地整理工作，通常在后期集中投资回报，也应高度的重视风险问题，而且对于政府来讲一方面需要出台相关政策，另一方面，提供资金这一重要支持^[5]。

4. 持续优化综合服务保障

一方面，为使得城市近郊村片区城市开发水平明显得到提升，不管是在规划和投资，还是在建设、管理和运营这方面，应调动政府和企业以及村民的参与性，这就应注重时间周期，为社会参与者创造出来。政府除了要注重政务服务提供以外，还需要意识到土地整理和出台政策的重要性，并全面的进行统筹^[6]。为促进工作高质量的实施，需要将相关工作制度合理的制定好，统筹推进项目高质量发展，可邀请国内外知名规划公司结合实施的具体情况，对规划方案合理的进行编制，加强项目建设。对于社会资本来讲，除了要高度的重视片区综合开发以外，还需要主动的实施，以加强其建设^[7]。

另一方面，寻找新的收入具体渠道，在投资回报这方面，尽量将周期进一步缩短^[8]。在投融资这重要方面，把一些融资方式

充分考虑好，尤其是发行债券和国有资产，得到大规模的融资资金，这样对于片区综合开发的实际需要，使其能够更好地满足。^[9]为进一步的对收入渠道进行拓宽，在这方面可结合实际情况，设立片区综合开发运营资金池。^[10]

结束语：

综上，通过创新式片区综合开发，更好地发挥出城市近郊村在多方面起到的作用。统筹城乡基础设施和公共服务布局，重塑乡村空间形态，建设宜居宜业和美乡村。在多元融合下，逐步实现产业升级，并发展新型农业经营主体和社会化服务，赋予农民更加充分的财产权益，扎实推动乡村产业、人才、文化、生态、组织振兴，为实现模式，最主要的一点就是应结合实际情况，引入投资运营主体，在合理的制定利益联结分配机制，调动各方力量，多方共建，打造合作共赢的局面，把消费休闲首选地和网红旅游打卡作为打造城市近郊村的一个打造方向，使其能把乡村振兴带动起来。

参考文献：

- [1] 马义琳, 潘明辉, 吕鸿等. 乡村振兴背景下城市近郊村片区综合开发策略研究 [J]. 建筑经济, 2022, 43(12): 14-21.
- [2] 王红英, 陈露, 汪雯. 乡村振兴背景下近郊乡村的景观特色营造研究 [J]. 城市建筑, 2022, 19(22): 192-195.
- [3] 李晓慧, 龚松柏. 探寻中国西部大城市近郊乡村振兴新模式 [J]. 学习月刊, 2022, No.685(09): 33-35.
- [4] 刘鑫宁, 李婧, 张宏佳等. 城乡融合视角下城市近郊村发展路径探索——以江苏省盐城市仰徐村为例 [J]. 城市建筑, 2022, 19(09): 25-29.
- [5] 聂宏龙. 城乡统筹导向下城市近郊村发展策略浅析 [J]. 农村. 农业. 农民 (B版), 2022, No.572(01): 12-13.
- [6] 荣玥芳, 李媛媛, 祝贺. 基于文旅融合理念的大城市近郊村更新改造路径研究 [J]. 小城镇建设, 2021, 39(05): 5-13.
- [7] 李昊. 大城市“抢人战”背景下的近郊村乡村振兴探索——以南京大营宋社区为例 [J]. 现代物业 (中旬刊), 2020, No.495(06): 114-115.
- [8] 杨震, 邱玉, 陈梅, 等. 片区综合开发项目的投融资模式选择探讨 [J]. 建筑经济. 2022, 43(4).
- [9] 王蕾. 城市近郊乡村文化记忆价值及其建构研究——以昆明呈贡区万溪冲村为例 [D]. 2023.
- [10] 赵鑫. 城市近郊区发展家庭农场国内外经验借鉴研究 [J]. 农业经济. 2022, (6).

隔震减震控制在建筑结构设计中的应用

黄维义

中南建筑设计院股份有限公司，湖北 武汉 430070

摘 要： 文章主要探讨了隔震减震控制在建筑结构设计中的应用。通过结合案例分析隔震减震技术的原理和优势，结合现代建筑结构设计的需求，阐述了隔震减震技术在建筑方面的应用，讨论了隔震减震控制技术的实施要点和注意事项，并指出了该技术在提高建筑结构安全性和减轻地震灾害影响方面的重要作用。

关 键 词： 建筑结构设计；隔震技术；减震技术

Application of Vibration Isolation and Absorption Control Technology in Building Structure Design and Construction

Huang Weiyi

Central South Architectural Design Institute Co., Ltd, Hubei, Wuhan 430070

Abstract： The article mainly discusses the application of seismic isolation and damping control technology in building structure design and construction. It analyzes the principles and advantages of seismic isolation and damping technology by combining with cases, describes the application of seismic isolation and damping technology in construction by combining with the needs of modern building structure design, discusses the implementation points and precautions of seismic isolation and damping control technology, and points out the important roles of this technology in improving the safety of the building structure and mitigating the effects of seismic disasters.

Key words： building structure design; seismic isolation technology; seismic damping technology

引言

建筑结构设计及施工是确保建筑安全、经济、美观的重要基础，但地震往往给建筑结构带来严重破坏，并给人们生命财产带来巨大损失。而在地震灾害中，建筑物结构是受震害破坏最严重的对象之一。地震造成的建筑物破坏，对人民生命和财产带来巨大损失，也给社会造成严重影响^[1]。所以，加强结构抗震能力和房屋的抗震能力建设，对保证人民生命和财产安全，具有十分重要的意义。建筑物抗震能力主要是指建筑物抵抗地震作用的能力，建筑物的抗震能力主要受结构的抗震性能、建筑材料和建筑设计等因素影响。传统建筑设计中一般采用抗震设防烈度和场地类别来确定结构设计参数，通过设计人员对结构的计算分析进行结构设计，而对隔震和减震控制技术中的隔震、减震性能了解较少^[2]，目前，我国的建筑抗震设计规范是基于《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）中规定的“设防烈度”设计方法，建筑抗震的目的就是为了避免地震给建筑物带来的损害，减少地震对建筑的破坏，从而减少生命财产的损失。

一、项目概况

（一）工程概况

某新建大型综合性建筑，建筑面积约11万 m²，总投资约8亿元，建筑结构由主体建筑及附属工程组成。主体建筑为地上19层的框架结构，建筑高度99.3m，其地下部分主要包括：1~2层地下室，主要用于设备用房及人防工程等。地上部分为19层的框架结构。该工程地处某地震活动强烈的地震带，地震烈度为Ⅵ度（0.1g），场地土类别为Ⅲ类（中等）。按抗震规范要求：该工程的抗震设防烈度为7度（0.10g），设计基本地震加速度值为0.05g，场地类别为Ⅲ类（中等），场地土类别较低。根据《建筑

抗震设计规范》的有关规定，该工程结构采用现浇钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系，采用型钢混凝土柱、型钢混凝土板作为主要受力构件。本工程隔震和减震设计采用隔震支座和减震支座，抗震设防烈度为7度（0.1g）时，设防类别为乙类；罕遇地震作用下不出现破坏的设防类别为丙类；设计地震分组为第一组；场地特征周期为0.35s；结构安全等级为二级。根据《建筑抗震设计规范》要求：“多层和高层建筑以及复杂的不规则建筑结构的抗震设计应符合下列规定：（1）当底部加强部位不能采用隔震或消能减震措施时，应采用相应的构造措施。（2）对于多层和高层建筑以及复杂的不规则结构，可根据情况采用适当的技术措施”。该工程隔震设计在建筑物底部设置摩擦摆隔震支座（RB）及粘滞阻尼



器（MR）组成的复合式减震装置。

（二）方案设计

由于本工程为两栋多层建筑，根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）的规定，将本工程建筑抗震设防烈度提高一度，为7度地区，结构的地震作用按9度设计。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）的规定，隔震减震结构应满足以下要求：（1）具有合理的抗侧刚度和良好的变形能力，避免由于刚度突变引起的大位移；（2）具有足够的抗倾覆能力和位移能力；（3）具有较大的水平位移；（4）在多遇地震下，不出现拉应力或拉应变，在罕遇地震下，不出现剪切破坏。隔震减震结构应满足上述要求。在设计中，隔震减震结构体系由隔震支座、阻尼器、支座与主体结构连接件组成，隔震支座主要起到传递地震能量的作用，在地震发生时，可以将能量传递给隔震层，以达到隔震效果。本工程采用2组橡胶支座并布置在主体结构中上部一层楼板处。该工程采用SAP2000进行结构动力计算分析，两个计算模型分别为上部结构模型和减震模型，上部结构模型主要考虑竖向荷载、风荷载、地震作用、温度作用、地基基础等荷载作用；减震模型考虑附加质量、阻尼系数以及刚度等因素的影响。根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）中对隔震、减震结构体系的要求，本工程的隔震设计采用三向隔震垫加消能减震装置的形式。

二、建筑结构设计中的隔震减震技术

（一）传统抗震结构体系

传统的抗震结构体系是指将基础和上部结构分离开来，由基础的承载能力和刚度来抵御地震力，传统抗震结构体系中，建筑的主要荷载通过重力荷载传递到基础，当建筑物所处环境发生地震时，建筑结构的主要荷载由建筑物的自重、自重引起的地震力和风荷载等组成^[9]。另外，由于建筑结构自身具有重量轻、刚度小、延性高、造价低等特点，因此可以采用抗震结构体系。但是，传统抗震结构体系存在抗震能力差、设计复杂、施工困难等缺点^[4]。

（二）隔震技术

所谓隔震技术，就是通过在上部结构设置隔震层，来降低地震带来的影响，达到建筑抗震的目的。隔震减震技术最早在20世纪50年代由日本发明，主要用于一些高层建筑中。目前，我国大多数建筑物的设计都是基于“设防烈度”来进行设计的。通常情况下，为了保证建筑结构不发生破坏，在设计时主要从以下几个方面入手：（1）选择合适的材料。为了保证建筑物的稳定性和安全性，一般使用钢结构作为主体结构材料^[6]；（2）对结构进行抗震设计。为了避免地震带来的破坏，一般使用隔震层来降低地震对建筑物的影响^[6]；（3）加强建筑结构的构造设计。隔震技术类型如下：

1. 基础隔震

基础隔震是建筑结构设计中使用的一种隔震控制技术，其核心思想是在建筑物的基础与上部结构之间设置隔离装置，以减小地震能量向上部结构的传递^[7]。常用的基础隔震技术包括橡胶隔震支座、铅芯橡胶支座等，这些支座具有良好的变形能力和能量吸

收能力，能够在地震发生时有效地减小上部结构的振动幅度，从而保护建筑物的结构和内部设施的安全^[8]。

2. 悬挂隔震

悬挂隔震是将建筑物的主要结构部分通过悬挂的方式与基础隔离，以减小地震对上部结构的影响。在地震发生时，悬挂结构能够通过减震装置进行减震，使建筑物整体振动减小，从而避免或减少建筑物结构的破坏。悬挂隔震技术主要应用于大型工业厂房、桥梁等大型结构物。

3. 震动隔离

震动隔离是将建筑物划分为多个子结构，并在子结构之间设置减震装置，以减小地震对整个建筑物的影响，这种技术主要应用于高层建筑、大跨度跨越的桥梁等大型结构物^[9]。震动隔离技术的优点在于能够减小整个建筑物的振动幅度，提高建筑物的抗震性能。

4. 混合隔震

混合隔震是将基础隔震、悬挂隔震和震动隔离等多种隔震技术结合使用的一种综合性隔震技术，这种技术能够充分发挥各种隔震技术的优点，提高建筑物的抗震性能^[10]。在实际应用中，混合隔震技术可以根据建筑物的具体情况和地震环境的要求进行个性化设计，以达到最佳的隔震效果。

5. 智能隔震

智能隔震是一种新型的隔震技术，它利用智能材料和传感器等设备，实时监测建筑物的振动情况，并通过控制系统对建筑物进行主动控制，以达到减小地震对建筑物影响的目的。智能隔震技术的优点在于能够实时监测和控制建筑物的振动，提高建筑物的安全性和稳定性。在实际应用中，智能隔震技术还需要进一步研究和开发，以实现其在建筑结构设计中的广泛应用。

（三）减震技术

减震控制技术是在建筑物结构中设置各种减振装置和隔震器以降低地震作用，使建筑物具有良好的抗震性能和被动减震能力。目前减震控制技术主要包括消能减震技术和耗能减震技术两种。

1. 消能减震技术

消能减震技术是指在建筑物结构中设置阻尼器，使其吸收地震能量而减小地震作用。在建筑物与隔震层之间设置消能器将部分地震能量吸收到阻尼器中，使隔震层中产生较大变形和变形位移以消耗地震能量，这种方法可以减少建筑物在地震作用下产生的结构振动，同时还能控制建筑物的振动反应，在建筑物与隔震层之间设置消能器时可采用粘滞阻尼器消能。

2. 耗能减震技术

（1）结构选型是建筑结构设计中的基础环节，也是耗能减震设计的关键。通过合理的结构选型，可以有效地提高建筑的抗震性能。例如选择具有优良抗震性能的框架结构、剪力墙结构等，以及进行结构的优化设计，如采用结构减震控制技术，调整结构的刚度和质量分布，提高建筑的抗震能力^[11]。

（2）隔震支座是耗能减震技术中的一种重要手段，其基本原理是通过设置隔震支座，将建筑物与地震动隔离开来，减小地震对建筑物的影响。常见的隔震支座有橡胶支座、滑动支座等。在设计中，需要根据具体的工程条件和要求，选择合适的隔震支座



类型和参数，并进行详细的计算和分析。

(3) 阻尼器和耗能器也是耗能减震技术中的重要组成部分。阻尼器的作用是通过吸收地震能量，减小结构的振动；而耗能器则可以将地震能量转化为热能等其他形式的能量，从而减小对结构的破坏。在设计时，需要根据建筑的具体情况和要求，选择合适的阻尼器和耗能器类型和参数，并进行详细的分析和计算。

(4) 减震材料是实现耗能减震的关键材料之一。通过选用具有优良减震性能的材料，可以有效减小地震对建筑物的影响。常见的减震材料有橡胶、塑胶等高分子材料，以及一些复合材料等。在选择减震材料时，需要考虑其性能参数、耐久性以及与建筑结构的匹配性等因素。

(5) 最后，为了确保建筑结构设计中的耗能减震技术的有效实施和效果发挥，需要实现设计与施工的一体化，这要求设计人员在方案设计阶段就充分考虑施工的可操作性和后期维护的需求，确保设计的方案能够在实际施工中得到有效执行。同时，施工方也应该充分理解设计的意图和要求，严格遵守施工规范和工艺流程，确保施工质量和安全。此外，后期的维护和监测工作也十分重要，需要定期进行检查和评估，确保耗能减震装置的正常工作状态。

(四) 隔震设计中应注意的问题

在隔震设计中，需要考虑的问题较多，主要有以下几个方面：

(1) 隔震设计中，结构的刚度应该进行适当的调整。目前我国在进行隔震设计时，多采用弹性支座和粘滞阻尼器相结合的方法，其主要是根据建筑的实际情况来调整隔震支座和阻尼器的刚度，使其与建筑结构质量和刚度相适应。例如对新建高校学生宿舍建筑要按照不低于重点设防类的要求采取抗震设防措施，严格加强工程质量安全监管，确保符合抗震设防强制性标准。位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建高校学生宿舍建筑要采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防烈度的地震时能够满足正常使用要求，对拟改造利用作为高校学生宿舍建筑的存量用房，要首先进行抗震等安全性鉴定，严格按照相关标准规范进行设计改造和施工，确保结构安全。

(2) 为了保证隔震效果和建筑结构的安全性，在对建筑物进行隔震设计时，隔震层应尽量布置在建筑上部结构的底部，这是因为一般建筑物都具有较大的质量和较大的阻尼比，并且其水平地震作用较大。为了避免水平地震作用对建筑物造成破坏，建筑物底部必须设置一定数量的隔震层。

(3) 在对建筑进行隔震设计时，必须确保隔震后建筑结构能够承受上部结构传来的加速度和位移。此外，对于一些特殊建筑、高层建筑等，其设计规范也有明确规定。例如高层建筑不应采用底部无阻尼或低阻尼结构。

(4) 在对建筑物进行隔震设计时，需要保证建筑结构上的各个构件之间能够有效地连接起来。具体来说就是指各结构构件之间应该具有足够高的强度和刚度、能够将建筑物可靠地连接起来、能够抵抗水平方向上发生的水平力。

(5) 在对建筑物进行隔震设计时，不能将隔震层布置在基础下面，必须保证隔震层是一个可靠且牢固的结构体系。此外，建筑物中应该有足够数量和质量良好的材料作为隔震后建筑物和基

础之间的支撑和连接构件。

三、施工要点

隔震、减震结构施工分为基础施工和主体结构施工。基础施工主要包括：土方开挖、基础放线、垫层浇筑、钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑等。主体结构施工包括：钢筋制作与安装、混凝土浇筑和养护等。隔震、减震结构的施工技术要求主要有：

(1) 根据建筑结构特点，选用适当的隔震、减震装置；(2) 隔震、减震装置安装时要注意安全，尤其是要注意吊装过程中的安全，防止意外发生；(3) 隔震、减震结构在吊装时，应保证隔震层与主体结构之间有足够的连接；(4) 隔震、减震装置安装后要进行荷载试验，确保装置安全可靠；(5) 隔震、减震结构在施工中应注意防潮，防止雨水或污水进入隔震层；(6) 隔震、减震结构在使用过程中应加强维护管理，避免变形和位移；(7) 隔震、减震结构安装时应注意保持设备和管线的正常使用。

四、总结

随着科技的进步和社会对建筑安全性的日益关注，隔震减震控制技术已成为现代建筑结构设计中的重要组成部分。通过在建筑基础、墙体、楼板和支撑等关键部位应用隔震减震技术，可以有效提高建筑结构的抗震性能，降低地震灾害对建筑的破坏程度。因此，未来建筑设计和施工中，应充分重视隔震减震技术的应用，不断完善相关技术和规范，为保障人民生命财产安全作出更大的贡献。

参考文献

- [1] 吴彬，胡伟华，阚正武. 隔震减震控制技术在建筑结构设计和施工中的应用[J]. 四川水泥，2023，(12):70-72.
- [2] 张鸿雅. 关于建筑隔震设计中具体实践的思考[J]. 居舍，2023，(33):103-106.
- [3] 吕美祥，华稳乐，崔广帅，等. 谈建筑隔震支座(粘滞阻尼器)在公共建筑中的应用[J]. 四川建材，2023，49(10):51-53.
- [4] 王鑫. 隔震减震控制技术在复杂高层建筑结构设计中的应用[J]. 四川水泥，2023，(09):128-130.
- [5] 徐开进. 简析建筑结构设计中间隔减震控制技术的应用[J]. 大众标准化，2023，(07):43-45.
- [6] 王钰. 隔震、减震控制技术在建筑结构设计中的运用分析[J]. 低碳世界，2023，13(01):75-77.
- [7] 魏伟，章军福，王晖. 甲类房屋建筑隔震与消能减震施工新技术[J]. 建筑施工，2022，44(11):2682-2684.
- [8] 周高照，王洪欣，李晓丽，等. 工业化建筑隔震及消能减震关键技术应用简述[J]. 住宅与房地产，2022，(17):18-25.
- [9] 许婷婷. 隔震减震控制技术在建筑结构设计中的应用[J]. 工程技术研究，2021，6(18):205-206.
- [10] 岳喙. 建筑结构设计中间隔减震控制技术的应用[J]. 四川建材，2020，46(12):35-36.
- [11] 赵雪飞，卢小玉. 浅谈建筑结构设计中间隔减震控制技术”的应用和发展趋势[J]. 建材与装饰，2019，(02):127-128.



无人机遥感技术在露天矿山测量中的应用

罗宇*

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015

摘 要： 本论文通过介绍无人机遥感技术在煤矿矿山测量中的应用, 分析了该技术在露天矿山测量中的优势和实际应用中的问题。

关 键 词： 无人机遥感技术; 露天矿山测量; 数据获取; 地形建模

Application of Drone Remote Sensing Technology in Open-pit Mine Surveying

Luo Yu*

Middling coal Technology&Industry Group Shenyang Design&Research Institute Co., Ltd, Shenyang, Liaoning 110015

Abstract： This paper introduces the application of UAV remote sensing technology in coal mine survey, analyzes the advantages of the technology in open pit mine survey and the problems in practical application.

Key words： drone remote sensing technology; open pit mine surveying; data acquisition; terrain modeling

引言:

在露天矿山测量中, 这一技术为高效获取、分析和利用地理信息提供了新的手段。本论文将深入探讨无人机遥感技术在煤矿矿山测量中的应用, 分析其在数据获取、地形建模以及具体应用方面的优势。同时, 我们将关注实际应用中所面临的问题, 提出提高技术应用效果的对策, 以期推动无人机遥感技术在矿山测量领域的进一步发展。

一、无人机遥感技术概述

(一) 技术概念

在现代测绘和资源监测领域, 无人机遥感技术作为一种创新的数据获取手段, 已引起广泛关注。无人机遥感是指利用搭载传感器的无人机平台, 通过航拍或遥感设备采集多源数据, 如图像、光谱和热红外数据, 以获取目标区域的地理信息。这一技术的兴起, 不仅改变了传统测量方法, 还为矿山测量提供了新的可能性。

(二) 技术特点

无人机遥感技术以其独特的特点在矿山测量中崭露头角, 无人机平台具有灵活性和高机动性, 能够快速调整航线, 适应不同地形和环境, 为矿山测量提供了更广泛的覆盖范围。高时空分辨率是无人机遥感的一大优势, 能够获取细致入微的地表特征, 为地形建模和资源监测提供了高质量的数据支持。这种高分辨率的数据有助于准确勘测矿山地貌, 提高测量精度^[1]。无人机遥感技术还具有多光谱数据采集的能力, 能够获取地表不同波段的信息。通过分析多光谱数据, 可以深入了解地质成分、植被分布等关键要素, 为矿山规划和资源评估提供更全面的信息。这种综合性的数据获取方式为矿山测量提供了更为全面的信息基础, 有助于科

学合理地进行资源开发和环境监测。

二、无人机遥感技术在露天矿山测量中的优势

(一) 数据获取

数据获取是矿山测量中至关重要的一环, 而无人机遥感技术在这方面展现出显著的优势^[2]。通过搭载先进的传感器, 无人机能够高效获取大范围的高分辨率遥感图像。这些图像不仅能捕捉矿山地表的细节特征, 还可以通过多光谱传感器获得地表不同波段的信息。这为勘测矿山的地质构造、矿石分布等关键信息提供了全新的数据来源。多光谱数据的应用使得在露天矿山中进行矿物分类和识别变得更加准确。通过分析光谱反射特性, 可以对不同矿石的类型进行区分, 为矿产资源评估提供科学依据。这样的高质量数据获取有助于矿山企业更好地了解矿区内的地质特征, 为资源规划和开发提供可靠的决策支持。

(二) 地形建模

在露天矿山测量中, 对地形的精准建模是确保测量准确性的关键。无人机遥感技术通过激光雷达或者光学传感器获取地表数据, 能够生成数字地形模型 (DTM) 和数字表面模型 (DSM)。这两种模型不仅反映了地形的高程信息, 还包含了地表物体的空

* 作者简介: 罗宇 (1986年8月—), 女, 汉族, 辽宁阜新, 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 高级工程师、研究生, 研究方向: 工程测量、地理信息系统、摄影测量与遥感。



间分布。通过对 DTM 和 DSM 的生成，无人机可以在高精度的三维地图上呈现矿山地貌的细节。这种高精度的地形建模有助于监测地表沉降、挖掘深度等重要参数，提供科学依据支持对矿山进行有效管理和规划。因此，无人机遥感技术在地形建模方面的优势为矿山测量提供了强大的工具，帮助实现更准确、可持续的资源开发^[3]。

三、无人机遥感技术在煤矿矿山中的具体应用

（一）环境监测

环境监测是煤矿矿山管理中至关重要的一环，而无人机遥感技术正以其卓越的性能和灵活性在这一领域展现出强大的应用潜力。通过搭载多种先进传感器，无人机具备了实时监测矿山周边水质和土壤质量的能力。这些传感器不仅能够提供全面的数据收集，而且能够以高分辨率捕捉图像，从而使监测结果更为精准、细致入微。其中，无人机的飞行能够覆盖广泛的地理区域，确保对矿山周边环境进行全面而高效的监测。这项技术的独特之处在于其能够在矿山及其周边区域执行高度可控的任务，随时捕捉环境变化的信息^[4]。

通过及时发现可能的环境污染源和变化，无人机为矿山管理者提供了关键的决策支持，帮助其采取迅速有效的措施来保护周围的生态系统。定期的飞行任务不仅使得环境监测能够实时响应变化，更能够建立起长期的数据记录。这些长期数据记录为环境影响评估和监管提供了科学而可靠的依据。通过分析这些数据，我们能够更好地了解矿山活动对周边环境的潜在影响，并在必要时采取措施来最大程度地减少负面效应。因此，无人机遥感技术在煤矿矿山环境监测中的应用不仅提高了监测的精准性和时效性，同时也为可持续矿业管理提供了强有力的工具。

（二）矿山规划和设计

在煤矿矿山的规划和设计过程中，无人机遥感技术不仅是一项工具，更是一项革命性的技术，为地质勘探和资源评估提供了高效、全面的支持。通过搭载各类先进传感器，如高分辨率相机和激光雷达，无人机在规划和设计阶段发挥着至关重要的作用。无人机的高分辨率相机能够捕捉详细的地表特征，提供清晰、准确的图像数据。这些数据对于确定矿体的分布、识别矿石储量以及进行资源评估具有不可替代的价值。通过搭载激光雷达，无人机还能够实现地形信息的精准获取，为规划者提供更为全面的地理数据。

这一综合性的信息采集使规划者能够深入了解矿山地貌，为矿山的合理规划提供了科学依据。无人机不仅仅提供了静态数据，更通过生成三维地形模型为规划者呈现全景图景。这使得规划者能够更好地可视化矿山的地貌和结构，从而制定更为精准、有效的挖掘计划。通过在规划和设计阶段充分利用无人机遥感技术，矿山管理者能够最大程度地优化矿山的结构和布局，提高开采效率，同时减少对环境的不良影响。

（三）安全监测

在矿山运营的复杂环境下，安全监测显得尤为关键，而无人

机遥感技术正为这一挑战提供了全新的解决途径^[5]。通过定期巡航矿山区域，无人机不仅能够以高效的方式覆盖广泛地理范围，而且能够及时发现潜在的安全隐患，如滑坡、崩塌等地质灾害。这种实时监测的机制有助于迅速响应潜在的风险，从而最大程度地减少事故发生的可能性。通过搭载高分辨率相机，无人机可以捕捉详细的矿山区域图像，实现对矿区变化的实时监测。这项技术使得监测结果更为精准，不仅能够帮助预防事故的发生，还能够提供矿山区域内各种地貌变化的详尽信息。

通过分析这些数据，矿山管理者可以更好地了解潜在风险的来源，有针对性地采取措施来降低安全风险。除了地质灾害的监测，无人机还具备搭载气象传感器的能力。这使得无人机不仅能够进行矿山区域的地质监测，还能提供实时的气象数据。通过收集气象信息，无人机有助于预测恶劣天气对矿山运营的影响，如风暴、降雨等，从而使矿山管理者能够及早采取相应的安全措施，确保工作环境的安全性。

四、实际应用中存在的问题

（一）数据处理和分析难题

尽管无人机遥感技术在露天矿山测量中展现出诸多优势，但在实际应用中 also 面临着一系列的挑战。其中之一是大规模高分辨率数据的处理和分析难题。无人机在航拍过程中产生的海量数据需要高效处理，以提取有用的地理信息。传统的数据处理工具和算法可能因数据量庞大而效率低下，需要更先进的数据处理技术和算法来应对这一挑战^[6]。数据的分析也面临多方面的复杂性，包括多光谱数据的融合和解译，以及从三维地形模型中提取有关地质和矿体的详细信息。有效的数据处理和分析是确保无人机遥感技术在矿山测量中发挥最大作用的关键，因此需要不断改进和创新相关技术。

（二）飞行环境和设备问题

另一个实际应用中的挑战是飞行环境和设备问题。无人机在矿山环境中可能受到恶劣天气、复杂地形和高海拔等因素的影响，从而影响飞行的稳定性和安全性。强风、大雨或陡峭的地形都可能对无人机的航行造成困扰，甚至引发飞行事故。这就需要在设计飞行计划时考虑环境因素，以确保飞行任务的安全和顺利进行。同时，无人机设备本身也面临一系列问题，包括电池寿命、传感器准确性和设备故障等。这些问题可能导致飞行中断，影响数据采集的连续性和完整性。因此，保养、更新和改进无人机设备，以适应特定矿山环境的需求，是确保无人机遥感技术可靠应用的重要措施^[7]。

五、提高无人机遥感技术应用效果的对策

（一）数据处理技术改进

为了解决大规模高分辨率数据处理和分析所面临的挑战，推动数据处理技术的不断改进是当务之急。可以致力于研发更高效、并行化的算法和软件，以显著提升数据处理的速度，并加深



数据处理的自动化程度。这一方面可以有效应对数据量庞大的情况，确保数据处理的效率和迅速性。同时，借助机器学习和人工智能的应用，我们能够在数据解译、特征提取等领域发挥关键作用，从而提高数据分析的准确性和效率^[6]。

另一方面，为了实现更广泛的数据处理互操作性，需要建立开放式的数据平台和标准。通过促进不同系统和软件之间的有效互联，可以为数据处理提供更多的灵活性和可定制性^[7]。这种开放性的平台架构有助于不同组织和行业间更加无缝地共享数据，并在各种应用场景下实现更高水平的数据处理。在面对多光谱数据的处理时，可以探索光谱融合和高光谱图像处理技术。通过将多种光谱信息融合，能够更全面地理解矿山地质和植被分布，为精准数据处理提供更为全面的基础。这种技术的改进将为提高数据处理效果开辟更为可行的途径，为科学研究和实际应用提供更有力的支持。

（二）飞行计划和设备优化

在应对飞行环境和设备问题时，制定科学合理的飞行计划是确保任务成功的关键一环。通过充分考虑矿山地形、气象条件和具体任务需求，可以有效规划飞行路径，从而降低飞行风险。这包括选择最佳的飞行高度、速度和航线，以确保飞行安全，同时保障数据采集的高效性和准确性。在面对恶劣天气时，智能化飞行系统的采用显得尤为重要。通过实时监测气象状况，系统能够自动调整飞行高度、速度和航线，以应对突发情况，确保飞行的安全性。这种智能化的应对方式不仅提高了任务的成功率，还保障了数据采集的有效性，为矿山勘探提供了更可靠的技术支持^[8]。

除了飞行计划的科学性，设备优化也是确保任务顺利进行的重要因素。重点优化无人机的设计是其中之一，以提升设备的稳定性、抗干扰能力和适应性。使用更为先进的传感器和导航系统

可以显著提高设备性能水平，确保数据的准确采集。此外，定期的设备维护和更新也是维持设备稳定运行的关键。通过对无人机的定期检查、维修和软硬件的更新，可以预防潜在的故障和中断，确保设备在任务执行过程中保持高效运行^[9]。在实践中，飞行计划和设备优化相辅相成，共同构建了一个可靠的飞行系统。科学合理的飞行计划为任务提供了基本框架，而设备的优化则是保障任务成功执行的重要保障。通过综合考虑飞行计划和设备优化，我们能够更好地适应不同的飞行环境，提高任务的成功率和数据采集的效果，从而为矿山勘探等领域的应用提供更为可靠的技术保障。

整体而言，提高无人机遥感技术应用效果需要在数据处理技术和飞行设备方面共同努力。通过不断改进算法和软件，提高数据处理的效率和精度，同时通过优化飞行计划和设备设计，使得无人机能够更好地适应多样化的矿山环境，从而更好地服务于露天矿山的测量需求。这些对策的实施将为无人机遥感技术在矿山测量中的广泛应用奠定坚实基础^[10]。

结论：

无人机遥感技术在露天矿山测量中展现出显著的优势，为高效的资源管理和矿山规划提供了新的可能性。然而，实际应用中仍然面临数据处理和飞行环境等方面的挑战。通过对数据处理技术和飞行计划、设备的优化对策的提出，我们希望能够解决这些问题，提高无人机遥感技术在矿山测量中的应用效果。这将有助于实现矿业的可持续发展，为资源开发和环境监测提供更加科学、准确的数据支持。

参考文献：

- [1] 吕新达, 王云峰. 无人机遥感技术在露天矿边坡测绘中的应用 [J]. 江西测绘, 2022(2): 4.
- [2] 范正岳, 徐茂文. 基于三维激光扫描的露天矿山储量测量研究 [J]. 矿山测量, 2014(04): 10-11.
- [3] 李茂奎, 赵勤军, 李新伟. 露天矿山边坡稳定性监测方法研究 [J]. 中国高新技术企业, 2014(23): 26-27. DOI: 10.13535/j.cnki.11-4406/n.2014.23.013.
- [4] 许文洪. 测绘新技术在露天开采金属矿山测量中的应用与分析 [J]. 云南冶金, 2023.
- [5] 高瑞龙. 数字化测绘技术在江铜露天矿山应用现状与展望 [J]. 江西测绘, 2012(01): 25-26.
- [6] 彭涛. 露天转地下开采对矿岩稳定性影响的研究 [D]. 武汉理工大学, 2004.
- [7] 潘国荣. 露天煤矿测量自动化数据流 [J]. 冶金测绘, 1994(04): 25-29. DOI: 10.19349/j.cnki.issn1006-7949.1994.04.005.
- [8] 孙立宏, 安梅. 地面立体摄影测量解析法在露天矿山矿量验收测量中的应用 [J]. 勘察科学技术, 1985(03): 30-34.
- [9] 刘兵. 无人机遥感技术在现代矿山测量中的应用探讨 [J]. 工程技术研究, 2020, 2(4): 92-94. DOI: 10.36012/etr.v2i4.1687.
- [10] 陈小乐. 无人机遥感技术在矿山地形图测绘中的应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术: 00267-00267 [2023-11-14].

摄影测量与遥感技术在工程建设中的应用

石大鹏*

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015

摘要： 本文深入探讨了摄影测量与遥感技术在工程建设中的应用, 并分析其联合应用的实际效果和前景。在工程建设领域, 准确的地形测绘、环境评估以及施工过程中的质量监控等环节都至关重要。传统的测量方法往往费时费力, 难以满足现代工程建设的需求。而摄影测量与遥感技术的引入, 大大弥补了这一缺陷。它们不仅可以快速获取大范围、高精度的地理数据, 还能为工程的规划、设计、施工和运维提供有力支持。

关键词： 摄影测量; 遥感技术; 工程建设; 联合应用

Application of Photogrammetry and Remote Sensing Technology in Engineering Construction

Shi Dapeng*

CCTEG SHENYANG ENGINEERING COMPANY, Shenyang, Liaoning 110015

Abstract： This article delves into the application of photogrammetry and remote sensing technology in engineering construction, and analyzes the practical effects and prospects of their combined application. In the field of engineering construction, accurate terrain surveying, environmental assessment, and quality monitoring during the construction process are all crucial. Traditional measurement methods are often time-consuming and labor-intensive, making it difficult to meet the needs of modern engineering construction. The introduction of photogrammetry and remote sensing technology has greatly filled this gap. They can not only quickly obtain large-scale and high-precision geographic data, but also provide strong support for engineering planning, design, construction, and operation.

Key words： photogrammetry; remote sensing technology; engineering construction; combined application

一、工程建设中摄影测量与遥感技术的重要性

在现代工程建设领域, 技术的先进性对于项目的成功与否有着不可忽视的影响。而在其中, 摄影测量与遥感技术无疑扮演着至关重要的角色。它们为工程建设提供了前所未有的便利和准确性, 成为当下工程建设中不可或缺的技术手段。

摄影测量技术, 凭借其能够捕捉高精度、高分辨率的地理空间数据的能力, 为工程建设的地形测绘提供了极为准确的基础数据。无论是大型的基础设施建设, 还是城市中的高楼大厦, 都需要对地形进行精准测量。摄影测量技术不仅提高了测量的精度, 更大大缩短了测量所需的时间, 为工程建设的前期工作带来了极大的便利。

遥感技术则从一个更加宏观的角度, 为工程建设提供了宝贵的数据支持。它能够在短时间内获取大范围的环境、资源等数据, 为工程建设的规划提供决策依据。特别是在一些环境敏感地区, 遥感技术能够为工程建设提供环境影响的预先评估, 确保工程建设与生态环境和谐共生^[1]。

更为重要的是, 摄影测量与遥感技术在工程建设中的联合应

用, 进一步放大了它们各自的优势。这两种技术的互补性, 使得它们能够在工程建设中发挥出1+1>2的效果。从地形的精细测绘到环境的全面评估, 再到工程施工过程中的质量监控, 摄影测量与遥感技术都能够提供全方位、高效率的技术支持。

结合实际来看, 众多的大型工程、基础设施建设都广泛采用了这两种技术。它们不仅为工程建设的前期规划和设计提供了有力支持, 更为工程的后期施工和运维提供了宝贵的数据保障。可以说, 摄影测量与遥感技术已经深入到了工程建设的每一个环节, 成为推动工程建设领域向前发展的重要动力^[2]。

二、摄影测量技术及其在工程建设中的应用

(一) 摄影测量技术原理简介

摄影测量技术是一种基于光学原理和摄影技术的测量方法。它利用摄影设备和相关技术获取目标物体的影像信息, 通过对影像进行处理和分析, 提取出目标物体的几何、物理和属性特征, 从而实现对待测物体的测量和解析。

在摄影测量中, 相机是核心设备, 通过镜头捕捉目标物体的

* 作者简介: 石大鹏(1986年9月—), 男, 蒙古族, 辽宁阜新, 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 高级工程师、本科, 研究方向: 工程测量、地理信息系统、摄影测量与遥感。



影像。根据相机的不同类型和配置方式，摄影测量技术可分为航空摄影测量、地面摄影测量等。其中，航空摄影测量利用飞机、无人机等航空器搭载相机进行摄影，获取大面积的地面影像，用于地形测绘、城市规划等领域。而地面摄影测量则是在地面使用相机进行摄影，用于建筑物变形监测、文物保护等方面^[3]。

在工程建设中，摄影测量技术具有广泛的应用。首先，它可以用于地形测绘。通过航空摄影测量获取大面积的地形影像，利用图像处理和解析技术，可以提取出地形的高程、坡度、坡向等信息，为工程建设的规划和设计提供准确的地形数据。其次，摄影测量技术还可以用于建筑物的变形监测。在建筑物施工过程中或运营期间，由于各种因素的影响，建筑物可能会发生变形。利用地面摄影测量技术，定期对建筑物进行摄影，通过分析影像的变化，可以检测出建筑物的变形情况，及时采取相应措施确保建筑物的安全。此外，摄影测量技术还可以应用于工程建设中的其他方面，如施工质量控制、工程量测算等。利用摄影测量技术获取的影像信息，可以辅助工程施工过程中的质量控制和质量检测，提高工程建设的精度和效率^[4]。

（二）航空摄影测量在工程地形测绘中的应用

航空摄影测量是摄影测量技术的一种重要应用方式，它在工程地形测绘中发挥着重要的作用。通过利用飞机、无人机等航空器搭载高分辨率相机，可以获取高质量的航空影像。这些影像具有覆盖面积广、分辨率高、几何精度高等特点，为工程地形测绘提供了高效、准确的数据来源。

在工程地形测绘中，航空摄影测量可以应用于地形高程模型的建立、地形特征的提取和分析等方面。通过对航空影像的处理和分析，可以生成数字高程模型（DEM），进而提取地形参数，如坡度、坡向、地形粗糙度等。这些数据对于工程建设的规划和设计至关重要，可以帮助工程师准确评估地形条件，合理布置建筑物、道路和管线等基础设施。此外，航空摄影测量还可以应用于地形变化和地表沉降监测。通过分析不同时间获取的航空影像，可以检测到地形的细微变化，及时发现潜在的地质灾害风险，为工程建设提供安全保障。

（三）地面摄影测量在建筑物变形监测中的应用

地面摄影测量是摄影测量技术的另一种应用方式，它在建筑物变形监测中具有重要的实际意义。通过在地面上设置测站点，利用高精度相机对建筑物进行定期摄影，可以获取建筑物的影像数据。通过对这些影像数据的处理和分析，可以检测到建筑物的变形情况。

建筑物变形监测是确保建筑物安全运营的重要手段。地面摄影测量技术可以提供毫米级的测量精度，能够检测到建筑物的微小变形。这对于高层建筑、桥梁、大坝等重要基础设施的变形监测尤为重要。通过及时发现建筑物的变形情况，可以采取相应的维护措施，防止事故的发生。

（四）摄影测量技术在工程建设中的其他应用

在施工质量控制方面，摄影测量技术可以通过对施工过程中关键部位的摄影，实时监测施工质量。通过与设计数据进行比对分析，可以及时发现施工质量问题，确保施工符合规范要求^[5]。在

工程量测算方面，摄影测量技术可以通过对施工现场的摄影，结合图像处理和解析技术，自动或半自动地提取工程量信息。这对于土方工程、石方工程等需要大量测算工程量的项目尤为适用。利用摄影测量技术进行工程量测算，可以提高测算的效率和准确性，减少人工测算的时间和成本。

三、遥感技术及其在工程建设中的应用

（一）遥感技术原理简介

遥感技术是一种不直接接触目标物体，通过遥感平台（如卫星、飞机、无人机等）搭载的传感器获取目标物体的电磁波信息，然后对这些信息进行处理、分析和解读的技术。它基于物体吸收、发射和反射电磁波的特性，利用电磁波的不同波段（如可见光、红外、微波等）进行探测和识别。

遥感技术的工作原理可以简要概括为三个步骤：获取信息、处理信息和解读信息。首先，遥感平台上的传感器捕捉目标地物发射或反射的电磁波信息。然后，这些信息通过处理设备进行处理，包括图像的校正、增强、融合等，以提取所需的信息。最后，根据电磁波的特性和目标地物的光谱特征，对处理后的信息进行解读，实现目标地物的识别和监测。

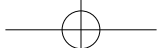
在工程建设中，遥感技术具有广泛的应用。例如，利用遥感技术可以进行大范围的环境评估和资源调查。通过获取目标区域的多光谱或高光谱影像，可以分析地表覆盖类型、植被分布、水资源等环境信息，为工程建设的规划和环境影响评价提供科学依据。同时，遥感技术还可以应用于地质灾害的调查和风险评估。通过分析遥感影像中的地形、地貌、地质构造等信息，可以识别潜在的地质灾害隐患，为工程建设提供安全保障^[6]。

（二）多光谱遥感在工程建设环境评估中的应用

在大型工程建设前，对环境进行全面、准确的评估是必不可少的步骤。多光谱遥感技术通过捕捉不同波段的光谱信息，可以详细地描绘出目标区域的地表覆盖、植被分布、土壤类型、水体质量等关键环境要素。例如，通过分析植被的光谱特性，可以评估地区的植被健康状态、生物多样性等，为工程建设的生态影响评价提供数据支撑。此外，多光谱遥感还可以用于识别环境污染源和污染物分布情况。例如，某些污染物在特定光谱波段下具有特征性的反射或吸收特性，利用这些特性，多光谱遥感可以定性地监测和评估环境污染状况，为工程建设的环保设计和措施提供决策依据^[7]。

（三）微波遥感在工程建设资源调查中的应用

对于地下资源勘探，如石油、天然气等，微波遥感可以通过分析地表微波辐射特征，推断地下的岩性、结构和含油气性。与传统的钻探方法相比，微波遥感提供了一种非破坏性的、高效率的资源调查手段，为工程建设的资源开发和规划提供了宝贵的信息。此外，微波遥感在水资源调查中也发挥了重要作用。通过分析地表和土壤的微波辐射特性，可以估算土壤湿度、地下水位等关键水资源参数，为工程建设中的水资源评价和合理利用提供科学依据。



（四）遥感技术在工程建设中的其他应用

除了上述的环境评估和资源调查，遥感技术在工程建设中还有许多其他应用。例如，在城市规划中，利用高分辨率的遥感影像可以详细分析城市的空间结构、建筑物分布、交通状况等，为城市的可持续规划和发展提供数据支持^[8]。此外，遥感技术在工程建设的施工过程中也能发挥重要作用。利用遥感技术对施工现场进行定期监测，可以实时掌握施工进度情况，及时发现潜在的问题，确保施工的质量和安

四、摄影测量与遥感技术在工程建设中的联合应用

（一）摄影测量与遥感技术联合应用的优势与互补性

摄影测量与遥感技术联合应用的最大优势在于它们可以相互补充，提供更全面、准确的数据和信息。摄影测量技术通过获取目标物体的高精度几何信息，可以生成高精度的地形模型和三维场景，为工程建设提供准确的地形数据。而遥感技术则可以从大范围、快速获取环境、资源等信息，为工程建设的规划、环境评估和资源调查提供重要的决策依据。

联合应用可以充分发挥两者的优势，实现数据的互补和验证。通过摄影测量技术获取的高精度地形数据可以与遥感技术获取的环境信息进行融合，生成更为准确、全面的工程建设基础数据。同时，遥感技术获取的大范围信息可以为摄影测量提供背景和参考，提高测量的准确性和效率。

（二）联合应用在地形测绘与环境评估中的实践

在地形测绘方面，摄影测量与遥感技术的联合应用可以实现高效、准确的地形数据采集和分析。通过航空摄影测量获取大面积的高分辨率影像，结合地面摄影测量进行局部精细测绘，可以

生成高质量的数字高程模型和地形图。这些地形数据可以为工程建设的规划和设计提供准确的基础资料^[9]。

在环境评估方面，联合应用可以利用遥感技术获取大范围的环境信息，如植被分布、水资源、土地利用等，结合摄影测量技术提供的高精度地形数据，可以对环境状况进行全面、准确的评估。这对于工程建设的环境影响评价和可持续性分析具有重要意义。

（三）联合应用在大型基础设施规划与工程施工质量监控中的实践

在大型基础设施规划方面，摄影测量与遥感技术的联合应用可以提供全面、准确的基础数据和信息。通过遥感技术获取的大范围地形、地貌、地质等信息，可以为基础设施的选址和规划提供决策依据。而摄影测量技术则可以对关键区域进行高精度的测绘和建模，为工程的详细设计和施工提供准确的数据支持^[10]。

在工程施工质量监控方面，联合应用可以实时监测工程施工过程中的变化情况，确保施工符合设计要求。利用摄影测量技术对关键部位进行定期摄影，结合遥感技术获取的大范围信息，可以及时发现施工中的问题和质量隐患，采取相应措施确保施工质量和安全。

结语

摄影测量与遥感技术在工程建设中发挥了不可替代的作用。它们的联合应用更是进一步提高了工程建设的效率与精度，为我国的工程建设领域注入了新的活力。随着技术的不断进步与创新，相信未来这两种技术将在工程建设中发挥更大的作用，推动工程建设向更高水平发展。

参考文献:

- [1] 刘建明. 摄影测量与遥感技术在工程测量中的应用研究 [J]. 工程建设与设计, 2023, (20): 102-104.
- [2] 李羚蔚. 摄影测量与遥感技术在工程测量中的应用研究 [J]. 城市建设理论 (电子版), 2023, (07): 116-118.
- [3] 张清海. 现代自动化测绘技术在地形测量中的应用 [J]. 江西测绘, 2017(01):63-64.
- [4] 张占勇. 无人机倾斜摄影测量技术在水工建筑物精细化建模中的应用 [J]. 珠江水运, 2023(19):107-110.DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2023.19.027.
- [5] 孙蕾. 摄影测量与遥感学的发展研究 [J]. 城市建设理论 (电子版), 2017(09):145.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201709120.
- [6] 金国钢, 陈根法. 摄影测量与遥感技术在建筑工程中的实践探索 [J]. 江西建材, 2016(19):213.
- [7] 杨永明. 无人机遥感系统数据获取与处理关键技术研究 [D]. 昆明理工大学, 2016.[5] 宋桂花. 摄影测量与遥感技术在建筑工程中的实践探索 [J]. 中国住宅设施, 2022, (05): 51-53.
- [8] 严伟, 金芳芳, 詹斌. 摄影测量与遥感技术发展现状分析 [J]. 中国高新技术企业, 2015(26):65-66.DOI:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2015.26.033.
- [9] 石国印, 王树文. 基于摄影测量与遥感技术的三维 GIS 的可视化技术研究 [J]. 影像技术, 2012, 24(05):45-47.
- [10] 汪雪娟. 摄影测量与遥感技术在工程测量中的应用研究 [J]. 房地产世界, 2022, (03): 113-115.



建筑设计中的空间与光影运用

王亚仲

特变电工沈阳电力勘测设计有限公司天津分公司，天津 301799

摘要： 本文旨在探讨建筑设计中空间与光影运用的重要性以及相互关系。通过分析不同类型建筑作品，揭示了空间与光影如何相互影响，创造出丰富多彩的视觉体验。介绍了空间设计在建筑中的基本原则，包括布局、比例和功能分区等。然后，着重分析了光影在空间设计中的作用，探讨了自然光和人工光对空间氛围和情感的塑造。接着，通过案例分析阐述了不同光影效果对建筑空间的影响，包括采光、视觉延伸和空间层次感的营造。

关键词： 建筑设计；空间；光影；视觉体验；案例分析

The Use of Space and Light and Shadow in Architectural Design

Wang Yazhong

TBEA Shenyang Electric Power Survey and Design Co., Ltd. Tianjin Branch, Tianjin 301799

Abstract： The purpose of this paper is to discuss the importance and interrelationship between space, light and shadow in architectural design. Through analyzing different types of architectural works, it reveals how space and light and shadow interact with each other to create a colorful visual experience. The basic principles of space design in architecture are introduced, including layout, proportion and functional zoning. Then, it focuses on analyzing the role of light and shadow in spatial design, and discusses the shaping of spatial atmosphere and emotion by natural and artificial light. Next, the influence of different light and shadow effects on architectural space is elaborated through case studies, including lighting, visual extension and the creation of spatial hierarchy.

Key words： architectural design; space; light and shadow; visual experience; case study

引言：

在当代建筑设计中，空间与光影被视为至关重要的元素，它们不仅仅是建筑的组成部分，更是创造出令人心驰神往的艺术品的关键因素。空间的布局和设计决定了建筑的功能性和舒适度，而光影则赋予了空间以生命和情感。从古至今，建筑师们不断探索如何运用空间与光影，使建筑更具表现力和魅力。因此，本文将深入探讨空间与光影在建筑设计中的作用和相互关系，通过案例分析展示它们对于建筑美学的重要性，并探讨如何在实践中更好地运用这些元素来创造出令人惊叹的建筑作品。

一、空间设计基本原则

空间设计作为建筑设计的核心要素之一，承载着建筑物功能性、美感以及使用效率等重要方面。其基本原则旨在通过合理的布局和组织，使建筑空间在满足功能需求的同时，呈现出协调、舒适、美观的整体效果。在探讨空间设计基本原则时，我们需要考虑到以下几个方面。

布局的合理性是空间设计的关键。布局不仅涉及建筑内部不同功能区域的划分，还要考虑到这些区域之间的联系和流动性。在实际设计中，建筑师需要根据功能需求和使用习惯，合理划分各个空间，确保其相互之间的联系紧密而又不拥挤。例如，在住宅设计中，客厅、卧室、厨房等功能区域的布局应考虑到家庭成员的活动路径和生活习惯，使空间利用更加高效。比例和尺度的

控制也是空间设计的重要考量因素。建筑空间的大小和比例直接影响到人们的视觉感受和行为方式。因此，在设计过程中，需要根据建筑的功能定位和使用人群的需求，合理控制空间的比例和尺度。例如，在公共建筑设计中，大厅、走廊等开放空间的尺度应该宽敞舒适，以满足人们的集聚和交流需求；而在私密空间如卧室或办公室设计中，则需要更多地考虑到私密性和安静性，因此尺度可能会相对较小。

空间的功能分区也是空间设计中的重要内容之一。通过合理的功能分区，可以使建筑空间更加灵活多变，满足不同使用需求。功能分区应该基于建筑的整体功能定位和使用需求，将建筑空间划分为相互独立但又相互关联的功能区域。例如，在商业建筑设计中，需要考虑到商品陈列、收银、休息等功能，因此可以通过合理布局 and 空间分隔来实现这些功能的互不干扰。空间设计



还应注重人文关怀和情感体验。一个好的空间设计不仅要满足功能需求，还应该能够激发人们的情感共鸣，提升使用者的舒适感和幸福感。在设计过程中，可以通过色彩、材质、光影等元素的运用，营造出温馨、舒适的氛围，使人们在空间中感受到愉悦和安心。

空间设计的基本原则包括合理的布局、恰当的比例和尺度、有效的功能分区以及人文关怀和情感体验。合理的布局能够确保空间的功能性和流畅性，使得使用者能够舒适地在其中生活或工作。恰当的比例和尺度能够使空间显得和谐统一，不会出现局部过大或过小的情况。有效的功能分区可以使不同功能区域相互独立又相互关联，提高空间的利用率和灵活性。而人文关怀和情感体验则是营造舒适、温馨的空间氛围的重要因素，考虑到使用者的情感需求和体验感受，使空间更具温情和人情味。只有在综合考虑了这些因素后，设计师才能够创造出具有高度品质和美感的建筑空间，满足人们对于空间品质和生活品质的追求。

二、光影在空间中的作用

光影作为空间设计中的重要元素，具有丰富的表现力和情感感染力，能够为建筑空间增添层次感和艺术魅力。在建筑设计中，光影的作用不仅仅是为了照明，更重要的是通过光线的折射和影子的投射，营造出独特的视觉效果和空间体验。

光影在空间中的作用之一是营造氛围。不同类型的光线和光影效果会给人们带来不同的情感体验。例如，柔和的自然光线能够营造出温馨、舒适的氛围，适合用于家居空间或休闲区域；而强烈的聚光灯光线则会给人一种紧张、活力的感觉，适合用于商业空间或展览场所。因此，在空间设计中，设计师需要根据建筑的功能定位和使用需求，选择合适的光影效果，营造出符合空间氛围的照明环境。光影还可以用来塑造空间的形态和结构。通过合理的光线布置和光影效果的运用，可以使建筑空间的形态更加丰富多变，增强建筑的立体感和层次感。例如，在室内空间设计中，可以通过在墙面或天花板上设置灯带或射灯，使光线投射出不同的形状和角度，从而营造出独特的空间结构和轮廓。

光影还能够引导视线和创造视觉焦点。通过合理设置光源和光线的方向，可以引导人们的视线流动，使其在空间中产生轻松自然的移动感。同时，通过在特定位置设置强光或弱光，可以营造出视觉上的聚焦效果，突出空间中的重要元素或装饰品，增强空间的视觉吸引力和表现力。光影还能够影响人们的情感体验和行为方式。光线的亮度、色彩和温度等因素会直接影响到人们的情绪和行为。例如，柔和的暖色调光线能够使人感到放松和舒适，有助于缓解压力和焦虑；而冷色调的光线则会让人感到清新、振奋，有助于提升注意力和活力。

光影在空间中的作用不仅限于照明，更重要的是通过其丰富多彩的表现方式，营造出独特的氛围、形态和情感体验，为建筑空间增添了艺术魅力和生命力。光影的变化和效果可以赋予空间以动态的特性，使建筑空间在不同时间和场景下呈现出不同的面貌，从而激发人们的感官体验和情感共鸣。在空间设计中，设计

师应该充分发挥光影的作用，通过合理设置光源、控制光线的传播路径以及运用灯光效果，创造出具有高度品质和人文关怀的建筑空间。这不仅可以提升建筑的观赏性和艺术性，还能够满足人们对于美好生活和良好环境的追求，为使用者带来舒适、愉悦的空间体验。因此，光影在空间设计中的应用至关重要，设计师应该注重细节，精心打造每一个光影效果，使建筑空间展现出独特的魅力和韵味，与人们的生活息息相关，成为城市景观中的亮丽风景线。

三、案例分析：光影对建筑空间的影响

案例分析在建筑设计领域中扮演着重要的角色，通过具体的实例可以更加直观地展示光影对建筑空间的影响。光影效果的巧妙运用可以赋予建筑空间独特的氛围和美感，提升其艺术性和观赏性。

我们来分析一座现代美术馆的设计。在这个案例中，设计师巧妙地利用了自然光和人工光的结合，通过大面积的玻璃幕墙将室外的自然光引入室内空间，使得展览空间充满了明亮和通透的氛围。在展厅内部，设计师采用了灯带和射灯等灯具，通过不同的光线角度和色彩，营造出丰富多彩的光影效果，使得艺术品在光影的映衬下更加生动立体，观众在欣赏作品的同时也能够感受到独特的空间氛围。我们可以观察一座室内商业空间的设计。在这个案例中，设计师利用了灯光的变化和控制，营造出了不同的空间体验。在商品陈列区域，设计师采用了明亮而均匀的照明，使得商品展示清晰可见，吸引顾客的注意力；而在休息区域，设计师则采用了柔和的暖色调灯光，营造出舒适温馨的氛围，让顾客感受到放松和愉悦。

我们还可以分析一座室外公共空间的设计。在这个案例中，设计师通过合理的光影布局和景观设计，打造了一个令人流连忘返的户外休闲空间。在白天，阳光透过树荫投射出斑驳的光影，营造出清新自然的氛围；而到了夜晚，灯光的照射使得空间焕发出别样的魅力，成为市民休闲娱乐的好去处。通过以上案例分析，我们可以清晰地看到光影对建筑空间的影响。光影的巧妙运用不仅能够提升建筑空间的美感和观赏性，还能够影响人们的情感体验和行为方式，为使用者带来愉悦和舒适的空间体验。因此，在建筑设计中，设计师应该充分发挥光影的作用，创造出具有独特魅力的建筑空间。

四、空间与光影的相互关系

空间与光影的相互关系是建筑设计中一个极为重要且复杂的主题。这种关系不仅涉及光影如何塑造空间，还包括空间如何影响光影的传播和呈现。在建筑设计中，光影与空间之间的相互关系可以从多个方面进行探讨与分析。

空间的形态和结构会直接影响光影的表现。不同形式的空间结构会产生不同的光线折射和影子投射效果。例如，开放式的空间结构会使得光线更容易传播和扩散，产生柔和而均匀的光影效



果；而封闭式空间结构则会使光线受限，形成明暗交错的光影效果。因此，在空间设计中，设计师需要充分考虑空间的形态和结构特点，以及其对光影传播的影响，从而创造出符合设计目标的光影效果。

光影也会影响空间的视觉感受和氛围营造。不同类型的光影效果会给人们带来不同的情感体验和空间感知。例如，柔和的光线和细腻的影子投射会使空间显得温馨、舒适，适合用于休闲和娱乐场所；而强烈的聚光灯光和鲜明的影子对比则会使空间显得活力十足，适合用于商业和展示场所。因此，在空间设计中，设计师需要根据空间的功能定位和使用需求，合理选择光影效果，营造出符合空间氛围的视觉体验。

光影还可以用来强调空间的重点和特色。通过合理设置光源和光线的方向，可以突出空间中的重要元素或装饰品，吸引人们的注意力，从而达到引导和导向的效果。例如，在展览空间中，可以通过灯光的照射将展品照亮，使其更加醒目突出；在室内景观设计中，可以通过灯光的设置将重要景点或装饰品照亮，吸引游客的目光。通过这种方式，光影不仅可以增强空间的视觉效果，还可以加强空间的功能性和表现力。

空间与光影之间存在着密切的相互关系。光影不仅受空间形态和结构的影响，还能够影响空间的视觉感受和氛围营造，以及强调空间的重点和特色。光影的运用可以使建筑空间呈现出丰富多彩的表现形式，从而增强建筑的艺术性和观赏性。例如，通过合理设置光源和光线的方向，可以突出建筑中的重要元素或装饰品，吸引人们的注意力，增强空间的表现力和观赏性。同时，光影也能够影响空间的氛围和情感体验，营造出温馨、舒适或活力十足的空间氛围，使人们在其中感受到愉悦和舒适。因此，在建筑设计中，设计师应该充分认识到空间与光影的相互关系，灵活运用光影效果，创造出更具艺术性和观赏性的建筑空间。通过精心设计光影效果，使建筑空间展现出独特的魅力和韵味，与人们的生活紧密相连，成为城市景观中的亮丽风景线，为人们带来美好的视觉享受和心灵感受。

五、运用建议与总结

在建筑设计中，光影的运用是塑造空间氛围和增强建筑美感的重要手段之一。为了更好地利用光影效果，提升建筑空间的品质和观赏性，设计师可以考虑以下几点建议：

对光线的来源和传播路径进行充分的分析和规划。在设计过程中，设计师需要充分考虑建筑的朝向、周围环境和自然光线的变化，合理设置窗户、天窗等光源，使得自然光能够充分进入室内空间，为建筑带来自然、柔和的光影效果。同时，设计师还需要考虑光线的传播路径，通过合理设置建筑结构和装饰物，引导光线的传播，营造出丰富多彩的光影效果。灯光的选择和布局也是关键。在室内空间设计中，设计师可以根据不同的功能需求和空间特点，选择合适的灯具类型和光源颜色，以及合理的灯具布局，营造出符合空间氛围的光影效果。例如，在休闲区域可以选择柔和的暖色调灯光，营造出舒适温馨的氛围；而在商业展示区

域可以选择明亮的白色或冷色调灯光，突出展品的细节和色彩。

设计师还可以考虑运用光影的变化和效果，强调空间中的特色和重点。通过合理设置光源和灯光的方向，可以突出建筑中的重要元素或装饰品，吸引人们的注意力，增强空间的表现力和观赏性。例如，在建筑立面设计中，可以通过灯光的照射将建筑立面的纹理和结构突显出来，增强建筑的立体感和层次感。设计师在运用光影效果时还需要考虑到节能环保和可持续发展的要求。在选择灯具和光源时，设计师可以优先考虑节能环保的LED灯具和自然光线的利用，减少能源消耗和环境污染。同时，在灯光的设计和布局过程中，也可以采取合理的措施，避免过度照明和光污染，保护自然生态环境的完整性和美感。

光影的运用对于建筑空间的品质和观赏性具有重要意义。在建筑设计中，设计师应该充分认识到光影效果对空间氛围和用户体验的影响。设计师可以通过对光线的来源和传播路径进行精心规划，确保自然光充分进入空间，并合理安排人工灯光的类型和布局，以创造出理想的光影效果。同时，设计师应强调空间的特色和重点，通过灯光的设置和调节，突出建筑的独特之处，增强其表现力和观赏性。此外，设计师还应该考虑到节能环保和可持续发展的要求，在光源选择和灯光布局上采取合理的措施，以降低能源消耗和环境影响。

结语：

空间与光影在建筑设计中扮演着重要的角色，它们相互交织、相互影响，共同塑造了建筑的氛围与魅力。通过深入探讨和案例分析，我们更加深刻地理解了空间与光影对建筑的重要性。在今后的设计实践中，我们应当充分考虑空间布局、光影效果，注重细节的处理，以创造出更具表现力和魅力的建筑作品。这不仅可以提升建筑的美感和观赏性，还能够营造出舒适宜人的使用环境，满足人们对于美好生活的向往与追求。因此，空间与光影的运用应成为建筑设计中不可或缺的重要元素，我们将不断努力，为社会创造出更加优质、具有人文关怀的建筑空间。

参考文献：

- [1] 王明. 建筑设计中的空间与光影运用[J]. 建筑学报, 2020, 27(5): 112-118.
- [2] 张伟. 光影对建筑空间的塑造作用研究[EB/OL]. (2022-01-20).
- [3] 李华. 建筑设计中光影效果的运用[J]. 现代建筑, 2019, 10(3): 45-50.
- [4] 刘强. 城市建筑空间设计的光影表现[J]. 建筑艺术, 2018, 14(2): 78-82.
- [5] 陈军. 光影在室内设计中的应用与表现[J]. 环境设计, 2017, 23(4): 30-35.
- [6] 马云. 自然光在建筑设计中的运用[J]. 建筑科学, 2016, 18(1): 60-65.
- [7] 程婷. 建筑空间设计中光影效果的研究[J]. 城市规划, 2015, 22(3): 98-103.
- [8] 赵雷. 光影与建筑空间的关系研究[J]. 建筑技术, 2014, 17(2): 55-60.
- [9] 朱芳. 建筑设计中光影效果的运用技巧[J]. 建筑科技, 2013, 12(4): 70-75.
- [10] 郭娜. 光影对建筑空间的感官影响[J]. 建筑学报, 2012, 19(6): 88-92.



HSE 管理体系在石油企业安全管理中的实施

陈强

中航油新疆航空油料有限公司，新疆 乌鲁木齐 830016

摘 要： 随着全球经济的快速发展，石油企业作为国家能源命脉的重要支柱，其安全管理问题日益受到广泛关注。HSE 管理体系作为一种先进的管理模式，被越来越多的石油企业采纳和实施。然而，石油企业由于其生产过程的特殊性，安全风险相对较高，如何在这样的背景下有效地实施 HSE 管理体系，降低安全事故发生率，是当前亟待解决的问题。基于此，本文从 HSE 管理体系出发，分析了石油企业安全管理的现状、HSE 管理体系在石油企业安全管理中的重要性以及其在石油企业安全管理中的具体应用，以期推动我国石油行业的可持续发展。

关 键 词： HSE 体系；石油企业；安全管理

Implementation of HSE Management System in Safety Management of Petroleum Enterprises

Chen Qiang

China National Aviation Fuel Group Limited, Xinjiang Aviation Fuel Co., Ltd, Xinjiang, Urumqi 830016

Abstract： With the rapid development of the global economy, the safety management of petroleum enterprises, as an important pillar of the national energy lifeline, has been receiving wide attention, and the HSE management system, as an advanced management mode, has been adopted and implemented by more and more petroleum enterprises. However, due to the special characteristics of the production process, the safety risk of petroleum enterprises is relatively high, how to effectively implement the HSE management system and reduce the incidence of safety accidents in such a background is an urgent problem to be solved at present. Based on this, this paper analyzes the status quo of safety management of petroleum enterprises, the importance of HSE management system in the safety management of petroleum enterprises and its specific application in the safety management of petroleum enterprises from the HSE management system, with a view to promoting the sustainable development of China's petroleum industry.

Key words： HSE system; petroleum enterprises; safety management

引言

在全球能源结构中，石油仍然占据着举足轻重的地位。然而，伴随着石油生产及开采的过程，安全与环境问题也日益突出。对于石油企业来说，一个有效的安全环保管理体系的建立与运行，是确保生产安全，保护环境，并达成经济效益最大化的重要保障。而 HSE 管理体系，即健康、安全和环境管理体系，正是针对这种需求而生。它不仅能为企业提供一套系统的、科学的管理模式，还能将企业的业务活动、运行和维护进行有效的整合，从而实现资源的最佳利用。随着全球对环保和安全标准的要求日益提高，HSE 管理体系的实施在石油企业中的重要性越来越得到了社会各界的认同。

一、HSE 管理体系

（一）HSE 管理体系的基本理念

HSE 管理体系，即健康（Health）、安全（Safety）和环境（Environment）管理体系，是一种综合性的管理体系。它以系统安全的思想为基础，将组织中的人员、设备、物料、方法、环境和信息等要素进行统一管理，从而确保在实现经济效益的同时，也充分考虑到健康、安全和环境的需求^[1,2]。

HSE 管理体系的基本理念包括以下几点：第一，预防为主。

强调在生产过程中采取预防措施，减少事故发生的可能性。第二，全面管理。对组织内的所有人员、设备、物料、方法、环境和信息等要素进行全面管理，确保各个方面的安全和环保。第三，责任制。明确各级管理人员和员工在 HSE 管理中的责任，建立严格的责任追究制度。第四，持续改进。通过不断改进管理方法和技术手段，提高组织的 HSE 管理水平^[3]。

（二）HSE 管理体系与传统安全管理模式的区别与优势

1. 预防为主

HSE 管理体系强调预防为主的原则，注重在生产过程中采



取预防措施，减少事故发生的可能性。这包括对风险的评估和控制、制定应急预案等措施。传统安全管理模式则通常是在事故发生后才采取措施进行补救，这种方式往往成本较高，且有可能造成不必要的伤害和损失。就优势来讲，HSE 管理体系的预防为主原则可以有效地减少事故发生的可能性，降低生产风险，提高生产的安全性和稳定性。而传统管理模式的事后补救方式可能会带来不必要的损失和负面影响。

2. 社会责任

HSE 管理体系强调组织的社会责任，将环保和社会责任纳入管理体系中，确保组织在追求经济效益的同时，也积极履行对社会的责任。相对而言，传统安全管理模式往往只关注组织内部的安全和生产效率，而较少考虑对外部环境和社会的影响。HSE 管理体系的这种社会责任原则可以使组织得到社会的认可和支持，提高组织的声誉和品牌价值。相比之下，传统管理模式可能只关注短期的经济效益，而忽视了对社会的长期影响。

3. 持续改进

HSE 管理体系注重持续改进的原则，鼓励组织不断改进管理方法和技术手段，提高组织的 HSE 管理水平。传统安全管理模式可能缺乏持续改进的动力和机制，容易陷入固定的思维和管理模式。这种持续改进原则可以确保组织始终保持先进的管理水平和技术水平，提高组织的竞争力和适应性。相比之下，传统管理模式可能缺乏创新和改进的动力，难以适应不断变化的市场环境和社会需求。

二、石油企业安全管理的现状

（一）安全意识不足

安全意识不足是当前石油企业安全管理中存在的主要问题之一。尽管大多数石油企业都强调“安全第一”，但在实际操作中，仍有许多员工和管理层对安全问题缺乏足够的重视。在日常工作中，经常出现不规范操作、违反安全规程的行为，甚至有些员工对明显的安全隐患视而不见。

这种安全意识不足的问题，很大程度上源于企业对安全教育的投入不足。许多企业只关注生产效益，而忽视了员工的安全培训，导致员工对安全知识和技能掌握不足。此外，缺乏有效的安全文化建设和宣传也是导致安全意识不足的重要原因。

（二）规章制度不完善

石油企业安全管理中的另一个问题是规章制度的不完善。虽然大部分石油企业都有一套完整的安全规章制度，但在实际执行过程中，往往存在许多漏洞和不足。一方面，规章制度的制定可能缺乏科学性和全面性，导致在实际操作中难以有效执行。另一方面，规章制度的执行可能存在随意性和主观性，导致违规行为得不到及时纠正。此外，缺乏有效的监督和考核机制也是导致规章制度执行不力的原因之一。

（三）设备设施管理漏洞

石油企业的设备设施管理也是安全管理的重点之一。然而，在实际操作中，设备设施的管理往往存在许多漏洞和不足^[4]。一方面，设备的维护和保养不及时，导致设备老化、故障频发，给安全生产带来极大隐患。另一方面，设施的施工和维护可能存在不规范操作，导致设施存在安全隐患。此外，设备设施的更新换代

不及时，也给企业的安全生产带来极大的挑战。

三、HSE 管理体系在石油企业安全管理中的重要性

（一）确保员工健康

HSE 管理体系的核心目标之一是保障员工的健康。石油企业作为一个高风险的行业，员工面临着各种健康和安全风险，如化学品暴露、高温、噪音等。HSE 管理体系要求企业采取有效的预防措施，降低员工在工作场所面临的健康风险，提供适当的个人防护装备，并定期进行健康检查，以确保员工的身体健康。

（二）预防事故发生

HSE 管理体系强调预防为主，通过识别和评估潜在的安全风险，采取有效的控制措施，降低事故发生的可能性。通过定期的安全检查、风险评估和隐患排查，及时发现并纠正不安全行为和状态，从而防止事故的发生。这种预防性的管理方式有助于提高企业的安全管理水平，保护员工生命安全和企业财产安全。

（三）环保合规

石油企业作为资源开发和加工企业，对环境的影响较大。HSE 管理体系要求企业在生产经营活动中，遵守环保法规，控制污染物排放，降低对环境的负面影响。通过合理的环保管理，企业不仅可以满足法规要求，还可以提升企业的环保形象，降低环境风险。

（四）提升企业形象

良好的 HSE 管理是石油企业形象的重要组成部分。一个重视员工健康、安全生产和环境保护的企业，更容易赢得社会的认可和信任。HSE 管理体系的推行有助于提升企业的社会责任感，增强企业的市场竞争力，为企业赢得更多的商业机会。

四、HSE 管理体系在石油企业安全管理中的应用

（一）加强员工培训教育

1. HSE 管理体系对员工培训教育的需求

为提升 HSE 管理体系在石油企业安全管理中的应用效果，应加强员工培训教育^[5]。具体来讲，要根据企业的实际情况和员工的岗位需求，制定全面、系统的培训计划，明确培训内容、时间、方式和考核标准；要采用多种形式的培训方法，如集中授课、模拟演练、在线学习等，使员工能够灵活参与培训，增强培训效果；在培训中要注重实践操作训练，使员工在实际操作中掌握安全技能，提高应对突发情况的能力；为了检验培训成果，要对员工参与的培训进行考核评估，确保员工真正掌握了所学的安全知识和技能。并将考核结果纳入员工绩效考核体系，激发员工参与安全培训的积极性；也要通过激励措施，如对优秀学员进行奖励或优先晋升等，激发员工参与安全培训的积极性。同时建立约束机制，对未通过考核的员工进行再培训或采取其他措施进行管理；除此之外，也要营造安全的文化氛围。通过多种渠道宣传安全文化，如悬挂安全标语、举办安全知识竞赛等，营造关注安全、关爱生命的文化氛围，提高员工对安全的认识和重视程度。

（二）强化风险管理

为提升 HSE 管理体系在石油企业安全管理中的应用效果，应做到如下几点：第一，完善危险源辨识与评估机制。建立系统的危险源



辨识程序，定期开展危险源辨识工作，确保全面覆盖企业的各个领域。并采用科学的风险评估方法，对危险源进行定性和定量评估，确定风险等级。第二，制定风险控制措施。根据危险源评估结果，制定针对性的风险控制措施。从技术和管理两个方面入手，通过采用先进的安全技术、优化操作流程、强化设备维护等措施，降低风险对企业的影响；第三，建立风险监测与预警系统。建立实时监测系统，对企业关键部位和重大风险点进行实时监测。同时，运用现代信息技术手段，如物联网、大数据分析等，对监测数据进行处理和分析，及时发现潜在的安全风险，并发出预警；第四，制定应急预案并定期演练。针对重大风险制定详细的应急预案，明确应急组织、救援流程和资源调配方案。定期组织员工进行应急演练，提高员工应对突发事件的能力和自救互救技能；第五，强化风险管理培训。加强员工的风险管理培训，增强员工的风险意识和应对能力。培训内容包括危险源辨识、风险评估方法、应急处置技能等，使员工能够自觉参与风险管理，增强安全防范意识；第六，定期对企业进行安全审计，对风险管理工作的有效性进行评估。通过审计发现存在的问题和不足，及时采取改进措施，进一步完善风险管理体系^[9]。

（三）优化安全管理流程

对于石油企业来讲，优化安全管理流程至关重要，流程的优化首先要明确 HSE 管理体系的安全管理目标。这不仅包括企业的总体目标，如减少事故发生率、降低环境污染，也包括具体的短期目标，如减少某类事故的发生次数、提高员工的 HSE 意识等。明确的目标是优化管理流程的第一步，也为后续的执行和评估提供了方向。员工是企业安全管理的第一线，他们的安全意识和行为直接影响到企业的安全状况。因此，优化安全管理流程还需要提升员工的参与度。这包括提供 HSE 培训、鼓励员工提出安全建议、设立安全奖励等。良好的沟通是安全管理成功的关键。企业内部需要建立有效的沟通机制，确保 HSE 信息的上传下达、横向传播都顺畅无阻^[7]。同时，安全管理是一个持续的过程，需要不断地审查、评估和改进。企业应定期对安全管理流程进行审查，查找存在的问题和不足，并及时进行整改。

（四）保护环境，控制排放

1. 排放标准的制定和执行

HSE 管理体系要求石油企业根据国家和地方的环保法规，制定符合企业实际情况的污染物排放标准。这些标准应包括各种污染物的排放浓度、排放量等方面的要求，并确保在企业内部得到严格执行。同时，企业应定期对排放标准进行评估和修订，以适应新的环保法规和要求。

2. 监测与记录

HSE 管理体系强调对污染物排放的实时监测和记录。通过建立完善的监测系统，石油企业可以及时发现超标排放等异常情况，采取有效措施进行整改。监测数据应进行妥善保存，以便于对排放情况进行追溯和分析。同时，监测结果也可以为企业提供改进排放控制技术的依据。

3. 污染治理措施

HSE 管理体系要求石油企业采取一系列污染治理措施，以降低污染物排放量。这包括采用先进的清洁生产技术、优化生产工艺、实施减排工程等措施。通过这些措施，企业可以减少生产过程中的污染物产生量，降低对环境的压力。同时，企业还应加强对治污设施的维护和管理，确保其正常运行。

4. 应急预案

针对可能发生的超标排放等突发事件，HSE 管理体系要求石油企业制定详细的应急预案。预案应包括应急组织、救援队伍、资源调配、救援流程等方面的内容，确保在事故发生时能够迅速、有效地应对，降低事故对环境的影响。同时，应急预案应定期进行演练和评估，以提高应急响应能力。

（五）加强监管与绩效考核

石油企业应建立一套完整的 HSE 监管制度，明确监管原则、监管内容、监管方式、监管程序等，使监管工作有章可循。要加强监管人员的培训和教育，提高其专业素质和职业道德水平，使其能够更好地履行监管职责。同时，也要加强对生产现场的监管，特别是对高风险作业的监管，确保安全生产。还可以运用信息技术，建立 HSE 管理信息系统，实现对 HSE 管理全过程的有效监控^[8,9]。

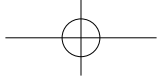
除了加强监管外，绩效考核也必不可少，要根据 HSE 管理目标和管理制度，制定相应的绩效考核标准，明确考核内容、考核方式和考核程序；要定期对员工的 HSE 绩效进行考核，包括对工作完成情况、工作态度、工作能力等方面的考核；要将绩效考核结果及时反馈给员工，指导其改进工作。并针对考核中发现的问题，及时采取措施进行整改；最后，要根据绩效考核结果，对表现优秀的员工给予奖励，对表现不佳的员工进行适当的惩罚。通过奖惩机制，激发员工的工作积极性，提高 HSE 管理水平^[10]。

五、结语

总的来说，HSE 管理体系在石油企业的安全管理中扮演着至关重要的角色。它为企业提供了一种系统的、全面的，同时又具有前瞻性和综合性的管理方式。通过 HSE 管理体系的实施，石油企业不仅能够有效地提升安全生产水平，预防和控制生产风险，同时也能够更好地保护环境，提升企业形象，最终实现经济效益和社会效益的双重提升。在未来的石油企业管理中，HSE 管理体系将会越来越被广大石油企业所接受和运用，将会对企业的健康，安全和环保工作产生深远而积极的影响。

参考文献

- [1] 陶莉. 石油工程 HSE 管理体系运行的思考与建议 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(17): 56-58.
- [2] 梁冰, 李林. 基于 HSE 管理体系谈化工企业安全生产管理工作 [J]. 当代化工研究, 2022, (16): 18-20.
- [3] 方晓. 浅谈 HSE 管理体系在外资企业化工建设项目施工中的应用 [J]. 中国石油石化, 2016(23): 109-111.
- [4] 丁胜, 王吉龙, 李耀琳. 试论 HSE 管理在石油钻井安全管理中的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(24): 65-67.
- [5] 韩晓宏, 张艳. 石化行业 HSE 管理体系的“六大”建设与运行 [J]. 现代企业, 2022, (10): 28-29.
- [6] 汤大可. 持续推进 HSE 管理体系保障石油企业高质量发展 [J]. 中国减灾, 2022, (13): 44-47.
- [7] 韩春光. HSE 管理体系在石油企业安全管理中的实施 [J]. 科技与企业, 2013(11): 43.
- [8] 王娜, 常冉. 加强“三基”工作与 HSE 管理融合互促——专访安全监管部总经理刘家海 [J]. 中国石化, 2022, (12): 16-18.
- [9] 王梅, 杨长俊. “五个回归”溯源分析在石油工程企业 HSE 管理体系审核中的实践和应用 [J]. 安全、健康和环境, 2022, 22(10): 59-62.
- [10] 那慧玲, 王晓鹏. 加强油气田企业 HSE 绩效管理的思考与建议 [J]. 化工安全与环境, 2022, 35(38): 20-24.



基于化学分析法的工业产出危废品检测技术研究

张士杰

北京新奥环标技术服务有限公司, 北京 100089

摘要： 随着工业化的快速发展，工业生产过程中的危险废物数量不断增加，对环境和人类健康造成了严重威胁。因此，对工业产出危废品进行准确检测和有效管理至关重要。化学分析法作为一种重要的检测手段，在危废品检测中发挥着重要作用。本文从危废品检测的重要性及化学分析法在危废品检测中的优势出发，分析了常见的三种化学分析法及其在危废品检测中的具体应用，以期提高危险废品的检测效率和准确性，为工业废物管理和环境保护提供技术支持。

关键词： 化学分析法；工业产出；危废品；检测技术

Research on Detection Technology of Industrial Output Hazardous Waste Products Based on Chemical Analysis Methods

Zhang Shijie

Beijing Advanced Standard Technical Service Co., Ltd, Beijing 100089

Abstract： With the rapid development of industrialization, the quantity of hazardous wastes generated in the process of industrial production is increasing, which poses a serious threat to the environment and human health. Therefore, accurate detection and effective management of industrial output hazardous wastes are crucial. As an important detection method, chemical analysis method plays an important role in the detection of hazardous waste. Starting from the importance of hazardous waste detection and the advantages of chemical analysis in hazardous waste detection, this paper analyzes three common chemical analysis methods and their specific applications in hazardous waste detection, with a view to improving the detection efficiency and accuracy of hazardous waste and providing technical support for industrial waste management and environmental protection.

Key words： chemical analysis; industrial output; hazardous waste; detection technology

引言

随着工业化程度的加剧，危废产生量逐年增长，环境问题日益显现。危废是指具有特定危害性，包括易燃、反应性、易腐蚀或有毒的废物，且彻底消灭是比较困难的。它们可能会对环境产生负面影响，包括污染土壤和水源，之后进一步会对人体造成伤害。因此，准确及时地监测和治理工业危废，不仅关系到人类社会的健康发展，也是保护生态环境的必须任务。在此背景下，工业危废品的检测技术具有重大意义。其中，基于化学分析法的危废品检测技术因其准确、及时、高效的优点，越来越受到广大研究者和实践者的重视。

一、危废品检测的重要性

危废品是指具有易燃性、腐蚀性、毒性、反应性或感染性等多种危险特性，以及对生态环境和人体健康造成严重危害的固体废物。因此，危废品检测在环境保护、公共安全、资源回收、推动技术进步以及符合法律法规要求等方面都具有重要意义^[1]。

（一）环境保护

危险废物的随意排放和处置会给环境带来严重的危害，如水体和土壤污染、生态破坏等。通过危废品检测，可以及时发现和识别危险废物，并采取适当的处理措施，从而减少对环境的危害。有效的危废品检测有助于保护生态环境，保障人民的健康和生命安全。

（二）公共安全

危废品如不及时妥善处理，可能引发火灾、爆炸等严重事故，对公众安全构成威胁。通过危废品检测，可以预防和处理潜在的安全隐患，减少事故发生的可能性，从而保障公共安全。

（三）资源回收

部分危废品在经过适当的处理后，可以成为有价值的资源，如金属、塑料等。通过危废品检测，可以将这些资源回收再利用，提高资源利用效率，减少对自然资源的依赖和破坏。这也有助于推动循环经济的发展。

（四）推动技术进步

危废品检测技术的发展和應用，可以推动相关领域的科技进步。例如，新型检测方法的研发和应用，可以提高检测的准确性



和效率；同时，也为相关行业的技术创新提供了动力和支撑。

二、化学分析法在危废品检测中的优势

（一）反应选择性高

化学分析法可以通过选择合适的试剂和反应条件，使得只有特定的化学成分能够参与反应，从而使分析结果具有特异性和准确性。这种高选择性的反应可以有效地排除其他干扰物质的影响，提高检测的准确度和可靠性。

（二）分析范围广

化学分析法可以用于检测各种形态的危废品，无论是固体、液体还是气体。这种广泛的适用范围使得化学分析法在危废品检测中具有很大的优势。

（三）高灵敏度

化学分析法可以检测极低浓度的化学成分，常常可以达到亚微克甚至纳克级别。这种高灵敏度使得化学分析法在危废品检测中能够更早地发现潜在的危险因素，从而及时采取相应的措施，保障人员和环境的安全。

（四）结果可靠

化学分析法的结果一般是定性和定量分析的，因此其结果准确可靠，可信度高。这种可靠性在危废品检测中非常重要，因为一旦出现误判或漏判，可能会对环境 and 人类健康造成严重的影响。

（五）操作简便

化学分析法通常需要相对简单的设备和操作步骤，容易实现自动化和标准化。这种简便性不仅可以提高检测效率，还可以降低人为误差和操作成本。

三、化学分析方法研究

化学分析法是研究和检测物质组成和含量的一种重要方法。通过定性与定量分析，化学分析能够提供物质的组成、结构和含量的详细信息^[2]。关于化学分析法的基本原理，可以概括为以下几点：第一，定性与定量。定性分析是确定物质的存在与否，通常通过观察物质反应后的产物或现象来进行判断。定量分析是为了确定物质的具体含量，通过测量反应过程中物质的质量、体积、电导率、吸光度等参数的变化来确定物质的含量。第二，分离与纯化。在化学分析中，常常需要将待测物质从复杂的混合物中分离出来，以便进行后续的分析。常用的分离方法包括沉淀法、萃取法、蒸馏法、色谱法等。第三，化学反应。化学反应是化学分析的核心。通过对待测物质进行特定的化学反应，可以将其转化为可测量的产物或离子，从而进行定性和定量分析。例如，酸碱滴定法利用酸碱反应的化学性质来测定物质的含量。第四，测量与读数。在化学分析中，测量和读数是获取准确数据的关键步骤。根据不同的反应类型和检测方法，使用不同的仪器来测量物理或化学参数，如质量、体积、电导率、吸光度等。读取和分析数据的过程也至关重要，因为它决定了实验结果的准确性和可靠性。第五，误差与精度。任何测量都有误差，化学分析也不例外。误差可以分为系统误差和偶然误差两类。系统误差通常是由于实验条件或设备问题造成的，可以通过标准实验进行校准。偶然误差是由于实验条件的变化或随机因素引起

的，可以通过增加实验次数来减小其影响。精度是衡量实验结果可靠性的指标，可以通过标准偏差或相对标准偏差来评估。

（一）荧光分析法

荧光分析法是指利用荧光物质与特定波长的光相互作用，通过测量荧光发射的波长和强度，对物质进行定性和定量分析的一种方法。荧光物质在受到特定波长的光激发后，会吸收光能并转化为荧光能量释放出来。通过测量荧光波长和强度，可以推算出荧光物质的浓度，进而确定被测物的含量。其特点可以归纳为以下几点：

表1：荧光分析法的特点

特点	具体说明
高灵敏度	能够检测到低浓度的物质，尤其在痕量分析中有广泛应用。
特异性	能够针对特定的荧光物质进行检测，适用于多种不同物质的检测。
非破坏性	对样品无损伤，可以用于复杂样品或生物样品的检测。
测量快速	可以在短时间内完成多个样品的检测。
仪器设备昂贵	需要高精度的光谱仪器和荧光计等设备，仪器设备较为昂贵。

荧光分析法的基本原理是荧光物质的吸收、激发和发射过程。在荧光分析中，首先需要选择适当的激发光源，发射出特定波长的光，该光照射在荧光物质上，使其吸收光能并跃迁至激发态。当荧光物质从激发态返回到基态时，会释放出荧光能量。通过测量荧光波长和强度，可以推算出荧光物质的浓度，进而确定被测物的含量。荧光分析法可以分为直接荧光法和间接荧光法两类。直接荧光法是通过测量荧光物质的荧光强度进行定量分析；间接荧光法则是通过测量待测物质对荧光物质荧光的猝灭作用进行定量分析。

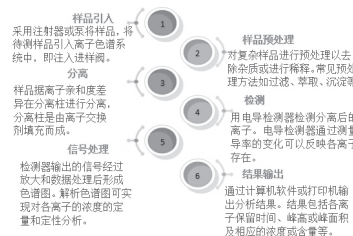
（二）离子色谱法

离子色谱法是一种基于离子交换原理的分离分析方法。在离子色谱法中，被测样品中的离子与固定相（离子交换树脂）进行可逆交换，根据不同的离子亲和力被分离。在流动相的携带下，各离子按其固定相的亲和力不同而得到分离，并通过对柱上离子进行电导检测，将检测到的电信号转化为色谱峰。根据色谱峰的保留时间，可以对离子进行定性分析；根据峰高或峰面积，可以对离子进行定量分析。

就其优点来讲，离子色谱法具有如下优点：第一，它具有高分离效能，可同时分离多种离子，且分离度较好；第二，分析时间较短，可实现快速分离和检测；第三，通过电导检测器，可实现对离子的高灵敏度检测^[3]；第四，适用于多种不同领域，如环境监测、食品工业、制药行业等；第五，可实现自动化操作，提高分析效率。

（三）化学发光法

化学发光法是一种基于化学反应过程中释放的能量，产生光辐射的检测方法。在化学发光反应中，化学物质在反应过程中吸收能量，由基态跃迁至激发态，然后回到基态时释放出光子^[4]。这种光辐射具有一定的波长和强度，可以对其进行定量或定性分析。化学发光反应可以分为两种类型：直接化学发光和间接化学发光。直接化学发光是指化学物质直接参与化学反应并产



> 图1：离子色谱法检测流程



生光辐射的过程，而间接化学发光是指通过加入催化剂等中间物质，使化学物质反应产生光辐射的过程。

化学发光法具有非常高的灵敏度，可以检测到极低浓度的物质；具有较宽的线性范围，能够适应不同浓度的样品检测；是一种非破坏性检测方法，不会对样品造成损坏或污染；操作简单，易于自动化，能够快速提供检测结果；它也适用于多种不同领域，具有广泛的应用前景。

四、基于化学分析法的工业产出危废品检测技术应用

（一）基于荧光分析法的工业产出危废品检测技术应用

1. 有机物检测

荧光分析法在有机物危废品检测中具有广泛的应用。许多有机化合物在吸收特定波长的光后，能发射出荧光，这种现象称为荧光反应。荧光反应具有很高的选择性，只对某些特定的有机物产生荧光，因此可以通过荧光分析法对有机物进行定性或定量分析。常见的有机物危废品包括多环芳烃、苯系物、有机氯化物等^[6,7]。这些物质通常在工业生产过程中产生，如煤炭燃烧、石油化工、制药等^[6,7]。

这些有机物对环境 and 人类健康具有潜在的危害，因此准确检测这些有机物至关重要。

2. 混合物检测

工业生产过程中产生的危废品往往是以混合物的形式存在，这些混合物可能包含多种有机物和其他杂质^[8]。准确检测这些混合物中的各组分是评估其对环境 and 健康影响的关键。荧光分析法在混合物检测中同样具有广泛的应用。通过测量混合物的荧光光谱，可以获得混合物中各组分的含量信息。荧光光谱是物质吸收特定波长的光后发射出的荧光强度与波长的关系图。不同组分的物质具有不同的荧光光谱特征，因此可以根据这些特征对混合物中的组分进行定性和定量分析。

（二）基于离子色谱法的工业产出危废品检测技术应用

离子色谱法是一种强大的工具，其用于定量测量溶液中的阳离子和阴离子。在工业废水和危废品检测方面，离子色谱法在水质、土壤和空气抽样评估中有着广泛的应用。

1. 水质检测

在工业出口的废水监测中，离子色谱法用于测定各种废水中的阴离子、阳离子的含量，例如氢根离子、硝酸盐离子、氯离子等^[9]。这种方法既能检测到常规的离子，也能对微量的重金属离子如铅、汞、砷、铜、镍进行测定，对于检测工业废水中的重金属离子有很重要的意义。此外，离子色谱法也可以用于其他水源的危害性物质测量，例如农田灌溉水、湖泊河流水等。

2. 空气检测

在空气检测方面，离子色谱法在大气环境控制和工厂排放控制中有着重要的应用。可通过离子色谱法监测空气中的酸性离子（硫酸根，硝酸根等）和碱性离子（氨离子），准确地评估大气环境的离子污染程度。对于工厂排放，离子色谱法可以用于监测和鉴定大气中的酸霾成分，以此来制定更有效的空气污染防治方案^[10]。

3. 土壤检测

在土壤检测中，离子色谱法可以用于检测土壤样本中的阴阳离子含量，如硝酸根、氯酸盐、硫酸根、磷酸根等，以评估土壤的肥

力状态和酸碱度。该法特别适用于监测农药和化肥中重金属离子对土壤的影响，也能及时监测工业废弃物泄漏对土壤的污染程度。

（三）基于化学分析法的工业产出危废品检测技术应用

1. 金属分析

化学发光法在金属分析领域中具有广泛的应用，特别是对于金属离子的检测。由于许多金属离子在特定的化学反应中可以产生化学发光，因此可以通过测量这种发光的强度来确定金属离子的浓度。例如，镍、铁、铜等金属离子在过氧化氢存在下可以和漂白剂反应产生化学发光，此时发光强度与金属离子浓度成正比关系，可以实现金属离子的定量分析。

2. 化合物分析

在这方面，化学发光法能够用来测定各种有机和无机化合物。例如，它被用于肽类和蛋白质的检测，通过与特定的化学试剂反应，这些生物分子可以产生可检测的化学发光。另外，有些无机化合物例如萘、酚和苯等，在特定化学环境中也会产生化学发光，可以通过化学发光法进行定量检测。

3. 生物领域

化学发光法在生物领域的应用非常广泛，尤其在生物分子标记，生物检测和医学诊断等方面。例如，化学发光法可以用于检测抗体与抗原的互作，通过给抗体或者抗原标记化学发光物质，可以实现抗体或抗原的检测。此外，许多生物过程如氧化还原反应，生物发光等现象的存在，使得化学发光法在生物领域的应用更加广泛。

五、结语

总的来看，基于化学分析法的工业产出危废品检测技术具有重要价值。其既可以准确、及时地检测出工业危废的种类和含量，又可以更有效地指导工业危废的治理和处置。然而，由于工业危废的种类繁多，且各种危废的化学性质、形态等各不相同，这对化学分析法在危废检测中的应用提出了更高要求。今后的研究需要用更精细的方式，针对性地解决这方面的问题，进一步完善和发展化学分析法在工业危废品检测中的应用。期待通过不断地探索和研究，使得基于化学分析法的工业产出危废品检测技术，能在保护环境、服务社会、推动可持续发展方面发挥出更大的作用。

参考文献

- [1] 倪敬禹，张金桂. 基于化工生产技术的工业产出危废品处置方法研究 [J]. 云南化工, 2022,49(05):91-93.
- [2] 吴美珍，朱余兵，徐志彬等. 环境检测中化学分析方法的应用研究 [J]. 清洗世界, 2023,39(08):133-135.
- [3] 宋爽. 采用离子色谱法准确测定饮用水中溴酸盐含量 [J]. 中国食品, 2020(8):122.
- [4] 张金桂，倪敬禹，王金玉. 基于化学分析法的工业产出危废品检测技术研究 [J]. 云南化工, 2022,49(04):109-111.
- [5] 吴志皓，唐尧基，李桂敏，等. 荧光分析法在环境有机污染物分析中的应用 [J]. 分析仪器, 2005,(03):13-19.
- [6] 朱兴江. 用原子荧光分析法测定工业硫酸中的汞 [J]. 江苏冶金, 2007,(05):32-34.
- [7] 彭爱华，席永清，武明丽，等. 荧光分析法在药物分析中的应用 [J]. 武汉工程大学学报, 2007,(01):20-24.
- [8] 吴坚，曹文祺. 荧光分析法监测水中矿物油污染的研究 [J]. 计量学报, 2001,(03):223-226.
- [9] 柳玲，赵倩，张毅. 离子色谱法同时测定水中6种可溶性阳离子含量 [J]. 中国给水排水, 2023,39(12):149-154.
- [10] 张文申，宋磊，王鹏，等. 高准确度离子色谱法测定气体中氯气含量 [J]. 山东化工, 2023,52(05):160-163.

基于高级氧化技术的水处理过程优化

黄健

上海复旦水务工程技术有限公司，上海 200433

摘要： 本文研究了基于高级氧化技术的水处理过程优化。高级氧化技术具有高效、低耗、环保等优点，在水处理领域得到了广泛应用。本文首先介绍了高级氧化技术的原理和分类，然后分析了不同高级氧化技术在水处理中的应用情况。其次，本文提出了基于高级氧化技术的水处理过程优化策略，包括添加适量的前驱体、控制反应条件、调整反应器结构等。最后，本文通过实验验证了所提出的优化策略的有效性，并探讨了其优缺点。

关键词： 高级氧化技术；水处理；过程优化；前驱体；反应条件；反应器结构

Optimization of Water Treatment Process Based on Advanced Oxidation Technology

Huang Jian

Shanghai Fudan Water Engineering and Technology CO. Ltd, Shanghai 200433

Abstract： This paper studies the optimization of water treatment process based on advanced oxidation technology. Advanced oxidation technology has the advantages of high efficiency, low consumption and environmental protection, and has been widely used in the field of water treatment. This paper firstly introduces the principle and classification of advanced oxidation technology, and then analyzes the application of different advanced oxidation technologies in water treatment. Secondly, this paper puts forward the optimization strategy of water treatment process based on advanced oxidation technology, including the addition of appropriate amount of precursors, control of reaction conditions, adjustment of reactor structure and so on. Finally, this paper verifies the effectiveness of the proposed optimization strategy through experiments and discusses its advantages and disadvantages.

Key words： advanced oxidation technology; water treatment; process optimization; precursor; reaction conditions; reactor structure

引言

随着社会经济的快速发展，我国水资源问题日益突出，水质污染问题严重威胁着人们的日常生活和生态环境。传统的水处理过程，如沉淀、生物降解等，往往难以达到理想的处理效果，而且运行维护成本较高。近年来，高级氧化技术作为一种新型、高效的水处理技术，逐渐受到了广泛关注。高级氧化技术通过产生高活性氧化物质，如羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）等，对水中的有机污染物进行氧化分解，具有处理效果好、操作简便、成本低等优点。因此，本研究旨在探讨基于高级氧化技术的水处理过程优化策略，以期提高水处理效果，降低运行成本，为我国水处理技术的发展提供理论依据和实践指导。

一、高级氧化技术概述

1. 高级氧化技术的定义

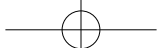
高级氧化技术（Advanced Oxidation Technologies, AOT）是一种利用强氧化物质（如臭氧、羟基自由基、光催化氧化等）对有机污染物进行氧化分解的技术。是处理难降解有机废水最高效方法之一，其核心是通过向废水中输入能量（光能、电能、热能）和/或化学药品（ O_3 , H_2O_2 ）等。^[1] 与传统的水处理方法相比，高级氧化技术具有处理效率高、氧化能力强、氧化产物无害等优点，被认为是未来水处理领域的发展方向。

2. 高级氧化技术的基本原理

高级氧化技术的基本原理是通过强氧化物质对有机污染物进行氧化反应，将有机物分解成无害的简单物质，如二氧化碳、水等。这一过程可以有效地去除水中的难降解有机物、生物难降解物、致病微生物等污染物。高级氧化技术是一种在常温常压状态下运行的废水处理技术，通过羟基自由基等基团的氧化作用破坏金属离子与配体之间的强化学键，并以自由离子的形式释放重金属。^[2]

3. 高级氧化技术的分类

（1）臭氧氧化技术：利用臭氧氧化剂氧化有机污染物，生成无害的氧化产物。臭氧氧化技术有氧化能力强、处理效率高、无



二次污染等优点。

(2) 羟基自由基氧化技术：利用羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 氧化有机污染物，生成无害的氧化产物。羟基自由基是一种高度活性的氧化剂，能有效地氧化水中的有机物质。

二、高级氧化技术的水处理过程优化分类

1. 臭氧氧化：臭氧是一种强氧化剂，臭氧因具有强氧化性可以有有效的氧化多种有机物的特性成为一种重要的强氧化剂。^[3] 可以将有机物氧化成无害物质。臭氧氧化可以用于水处理中的氧化降解、消毒和脱色等应用。

2. Fenton 氧化：Fenton 氧化是一种利用铁盐和氢氧化物产生氧化还原反应的过程，能够产生强氧化性的活性物质—— $\cdot\text{OH}$ ，进而可以实现水中有机物的降解矿化。^[4] 可以用于降解有机污染物和重金属离子。

3. 光催化氧化：光催化氧化是一种利用光能产生氧化还原反应的过程，可以使用光催化剂（如二氧化钛）来降解有机污染物和重金属离子。光化学氧化工艺指在可见光或紫外线照射下使有机物质氧化分解而产生的光化学反应流程，此工艺利用了紫外线辐射，在半导体上形成了具备强大的抗氧化功能的原子-空穴对，使废水中 OH^- 和 H_2O 分子氧化成自由基 $\cdot\text{OH}$ 。^[5]

4. 其他高级氧化技术：除了上述三种技术之外，还有一些其他的高级氧化技术，如电催化氧化、电化学氧化、湿式氧化等，这些技术也可以用于水处理中的氧化降解、脱色和消毒等应用。电化学氧化法是基于电化学反应生成 $\cdot\text{OH}$ 强氧化剂，通过 $\cdot\text{OH}$ 有效降解有机物，直至有机物完全降解。^[6]

三、高级氧化技术的工作原理

该技术的工作原理一般是通过产生高活性氧化剂来氧化水中的有机污染物。在高级氧化技术中，通常使用一种或多种氧化剂，如羟基自由基或臭氧，与水中的有机物发生反应，将其氧化成无害的二氧化碳和水。常规氧化剂 H_2O_2 以及 Fenton 氧化均有较为严苛的 pH 条件，臭氧 (O_3) 氧化则存在操作成本高等问题。然而 SR-AOPs 很好的规避了上述不足。^[7] 这种反应通常在反应器中进行，反应器中的条件和氧化剂的浓度会影响氧化剂的产生和反应的效率。在反应过程中，羟基自由基是一种非常活泼的氧化剂，能够与有机物发生反应，将其氧化成无害的二氧化碳和水。羟基自由基的产生可以通过使用特定的催化剂，如二氧化钛 (TiO_2)，来促进氧化反应。臭氧也是一种常用的氧化剂，它可以被产生于反应器中，并与水中的有机物发生反应。

四、水质监测与分析方法

1. 常规水质参数监测

常规水质参数包括 pH 值、氧化还原电位 (ORP)、总氮 (TN)、总磷 (TP)、化学需氧量 (COD)、生物需氧量 (BOD) 等。这些参数

可以反映水质的基本状况，对于评估水处理效果和污染程度非常有用。

2. 元素监测

元素监测可以检测水体中的各种元素，如钙、镁、铁、锌等。这些元素是水体的常见污染物，对于评估水处理效果和污染程度非常有用。常用的方法包括电感法、原子吸收法、ICP-AES 等。结合废水类型、元素含量，明确技术应用规范，优化高级氧化技术流程，严格把控废水处理、排放过程，确保废水在高级氧化技术的作用下能够彻底清除有害杂质。^[8]

3. 水质分析

水质分析是根据水体的具体情况和处理要求，对水中的各种成分进行分析，以评估水处理效果和污染程度，以及制定相应的处理策略。常用的方法包括液相色谱、气相色谱、质谱法等。

五、常规水处理技术及其优缺点

常规的水处理技术包括物理、化学和生物处理技术。

1. 物理处理技术：

物理处理技术主要利用物理原理去除水中的有害物质。常见的物理处理技术包括过滤、沉淀、离心、膜分离等。

优点：物理处理技术通常操作简单、设备投资较低，能够有效去除水中的颗粒和悬浮物等有害物质。是一种高效、低成本的废水处理技术，可降解工业废水中卤代化合物、硝基芳香族化合物、偶氮染料和高价有毒金属等难降解污染物^[9]。

缺点：物理处理技术对水中的溶解性有机物和重金属去除效果较差，而且可能会产生一些二次污染，如滤饼污染、沉淀物污染等。

2. 化学处理技术：

化学处理技术是通过向水中添加化学物质，使有害物质发生化学反应，转化为无害或低危害的物质。常见的化学处理技术包括氧化、还原、沉淀、吸附等。

优点：化学处理技术对溶解性有机物、重金属和细菌等有害物质的去除效果较好，操作也相对简单。不受废水组分、浓度和种类的限制，能在短时间内实现对有机污染物的完全降解，非常适合处理难降解有机废水。^[10]

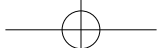
缺点：化学处理技术可能会产生一些二次污染，如水生生物污染、化学物质残留等。而且，化学处理技术的成本相对较高，需要持续添加化学物质。

3. 生物处理技术：

生物处理技术是利用微生物的代谢作用，将水中的有害物质转化为无害或低危害的物质。常见的生物处理技术包括活性污泥法、生物膜法、生物滤池法等。

优点：生物处理技术能够有效去除水中的有机物和氮、磷等营养物质，对水体的污染较小，而且操作也相对简单。

缺点：生物处理技术需要较长的处理时间，而且可能会产生一些恶臭和二次污染。此外，需要持续投加有机物作为营养物质，以保证生物处理效果。



六、高级氧化技术与水处理过程中常见问题的处理

1. 有机污染物

高级氧化技术可以有效降解有机污染物，如蛋白质、糖类和脂肪等。常见的处理方法包括臭氧氧化、Fenton 氧化和光催化氧化等。臭氧氧化是一种常用的方法，可以在短时间内降解水中的有机物质，适用于处理工业废水、生活污水等。Fenton 氧化是一种利用铁盐和氢氧化物产生氧化剂的方法，适用于处理含有高浓度有机物质的废水。光催化氧化是一种利用光能产生氧化剂的方法，适用于处理水中的有机物质，并且不会产生额外的化学物质。

2. 重金属离子

高级氧化技术也可以有效去除水中的重金属离子，如铅、铜、镍和锌等。常见的处理方法包括电化学氧化、臭氧氧化和光催化氧化等。电化学氧化是一种利用电流产生氧化剂的方法，适用于处理含有高浓度重金属离子的废水。臭氧氧化和光催化氧化也是常用的方法，可以降解水中的重金属离子，并且不会产生额外的化学物质。

3. 微生物和细菌

高级氧化技术也可以有效去除水中的微生物和细菌。常见的处理方法包括臭氧氧化、Fenton 氧化和光催化氧化等。臭氧氧化和 Fenton 氧化可以快速杀灭水中的微生物和细菌，适用于处理含有高浓度微生物和细菌的废水。光催化氧化也可以有效去除水中的微生物和细菌，并且不会产生额外的化学物质。

七、高级氧化技术在水处理领域的未来发展趋势与展望

1. 技术不断进步，提高氧化剂的性能

未来，高级氧化技术将不断吸引更多的研究者进行深入研究，从而进一步提高氧化剂的性能。这包括寻找更多具有高氧化还原电位、高稳定性的氧化剂，如金属氧化物、光催化剂等，以及优化现有氧化剂的制备工艺，降低成本，提高效率。

2. 更广泛的应用场景

高级氧化技术在水处理领域的应用场景将不断拓宽，不仅限于传统的水处理工艺，如饮用水处理、废水处理等，还包括土壤

修复、水体富营养化治理等领域。此外，高级氧化技术还可以与其他水处理技术相结合，如臭氧氧化、Fenton 氧化等，实现多种技术的优势互补，提高处理效果。

3. 设备智能化发展

随着物联网、大数据等技术的快速发展，未来高级氧化水处理设备将实现更智能化的发展。设备将具有自动监测、远程控制等功能，能够根据处理过程中的实时数据，自动调整氧化剂的添加量、反应条件等，从而提高处理效果。此外，智能设备还可以通过与其他系统相结合，实现数据的实时共享，为水处理领域的科研、教学、工程应用等提供更有力的支持。

4. 绿色、可持续发展

未来高级氧化技术将在绿色、可持续发展方面取得重要突破。通过研究新型绿色氧化剂、降低氧化剂的制备成本等途径，降低整个水处理过程的能耗和污染，实现水处理技术的绿色化。此外，高级氧化技术还可以与循环经济相结合，实现废水的资源化利用，减少对环境的压力。

5. 政策支持与推广

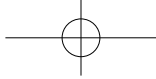
随着我国政府对水资源问题的重视，未来高级氧化技术将得到更多的政策支持与推广。政府将加大对高级氧化技术研究和应用的支持力度，包括资金投入、税收优惠等措施，鼓励相关企业和研究机构进行技术研发和产业化推广。此外，政府还将推动高级氧化技术在水处理行业的普及，提高水处理技术的整体水平。

八、结束语

在本论文中，针对当前水质问题，展开了基于高级氧化技术的水处理过程优化研究。高级氧化技术作为一种高效、环保的水处理方法，已经在我国得到广泛应用。本文通过分析高级氧化技术的工作原理、优缺点以及处理效果，提出了一套针对性的优化策略。这一策略旨在提高水处理过程的效率、降低运行成本、减少二次污染，并充分展示了高级氧化技术在实际应用中的优势。通过本研究，我们对高级氧化技术的理解和认识得到了进一步提升，为我国水处理行业的发展提供了新的技术支持。我们相信，随着高级氧化技术的不断发展和完善，其在水处理领域的应用将越来越广泛，为解决我国水质问题、实现水资源的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 孙怡. 高级氧化技术的阳极强化及耦合生物法处理难降解有机废水 [D]. 浙江大学, 2020.DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2020.001823.
- [2] 赵玄, 高文艳, 周曦琳等. 废水中络合态重金属形态、去除机制及净化技术研究进展 [J]. 燕山大学学报, 2022, 46(04):297-308.
- [3] 李俊生, 王学峰, 马娜等. 高级氧化技术在食品工业废水处理的研究进展 [J]. 水处理技术, 2023, 49(01):20-25.DOI:10.16796/j.cnki.1000-3770.2023.01.004.
- [4] 敖韩, 何辉超, 田浩等. 高级氧化技术处理难降解有机废水研究进展 [J]. 云南化工, 2022, 49(12):9-12.
- [5] 田云福, 冯晓琴, 宋江锋等. 高级氧化技术在高 COD 废水处理过程中的应用进展 [J]. 山西化工, 2022, 42(07):44-49.DOI:10.16525/j.cnki.cn14-1109/tq.2022.07.015.
- [6] 宫震, 付田雨, 孙好芬等. 高级氧化技术处理印染废水研究进展 [J]. 湿法冶金, 2022, 41(04):283-288.DOI:10.13355/j.cnki.sfyj.2022.04.001.
- [7] 周衍波, 宋宪强, 张永利等. 科学前沿在《普通化学》三维度课程改革探究: 以高级氧化技术为例 [J]. 广东化工, 2022, 49(24):246-247+252.
- [8] 陈卓. 简述医疗废水中高级氧化技术应用 [J]. 清洗世界, 2022, 38(10):81-83.
- [9] 尹前, 王毅博, 陈志豪等. 臭氧高级氧化技术处理印染废水的性能对比 [J]. 西安工程大学学报, 2022, 36(03):83-92.DOI:10.13338/j.issn.1674-649x.2022.03.011.
- [10] 周锐, 米宏伟, 王艳宜等. 高级氧化技术处理难降解有机污染物研究进展 [J]. 广州化工, 2022, 50(18):7-9+31.



工程造价咨询服务的发展与趋势

王剑峰

浙江省建设工程设备招标有限公司, 浙江 杭州 310017

摘 要： 随着经济的发展和建筑行业的不断壮大，工程造价咨询服务的需求也越来越大。本文通过对工程造价咨询服务的历史发展进行梳理，分析了当前工程造价咨询服务存在的问题，并探讨了未来工程造价咨询服务的发展趋势。通过对国内外工程造价咨询服务的实践经验和理论研究进行综合分析，本文提出了推进工程造价咨询服务发展的对策和建议，为工程造价咨询服务的未来发展提供了有益的参考。

关 键 词： 工程造价；咨询服务；发展趋势；对策建议

The Development and Trends of Engineering Cost Consulting Services

Wang Jianfeng

Zhejiang Construction Engineering Equipment Tendering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310017

Abstract： With the development of the economy and the continuous growth of the construction industry, the demand for engineering cost consulting services is also increasing. This article reviews the historical development of engineering cost consulting services, analyzes the problems existing in current engineering cost consulting services, and explores the development trends of future engineering cost consulting services. Through a comprehensive analysis of practical experience and theoretical research on engineering cost consulting services at home and abroad, this article proposes strategies and suggestions to promote the development of engineering cost consulting services, providing useful references for the future development of engineering cost consulting services.

Key words： engineering cost; consulting services; development trends; suggestions for countermeasures

引言：

随着我国经济的快速发展，基础设施建设和房地产行业的日益繁荣，工程造价咨询服务在建设项目的顺利实施中起到了举足轻重的作用。然而，传统的工程造价咨询方法已经不能满足现代建设项目的需求，因此，研究工程造价咨询服务的发展与趋势对于推动我国工程项目管理现代化具有重要的现实意义。

一、工程造价咨询服务的定义

工程造价咨询服务是指在工程项目的全过程或某个阶段，为委托方提供工程造价预算、成本控制、工程量清单编制、工程招标投标代理、合同管理、工程造价风险管理、工程结算等方面的专业服务。它是介于工程设计和工程施工之间的第三方服务，旨在为委托方提供专业、公正、高效的工程造价信息，帮助委托方更好地进行工程决策和控制成本。工程咨询包括理想阶段、勘察设计阶段、施工阶段、投产以及交付后的项目决策、管理、评价等相关内容。^[1]

二、工程造价咨询服务的功能与作用

1. 帮助客户更好地控制成本：工程造价咨询服务可以帮助客户对工程项目的成本进行有效的控制。项目前期及设计阶段重点

是对成本和收益的预测，为投资人的投资决策提供客观、合理、正确的咨询意见；^[2]通过对工程项目的预算、工程量清单和成本控制等方面的咨询，客户可以更好地掌握项目的预算和成本情况，及时发现和处理成本风险。

2. 提高项目的管理效率：工程造价咨询服务可以为客户提供专业的、全面的工程造价信息，帮助客户更好地进行项目管理，提高项目的管理效率和质量。

3. 降低风险：工程造价咨询服务可以帮助客户对工程项目的风险进行有效的控制。通过对工程项目的预算、工程量清单和成本控制等方面的咨询，客户可以更好地掌握项目的风险情况，及时发现和处理风险。全过程工程造价咨询能够对建筑工程中的风险进行有效控制，避免出现过多风险，减少施工过程中对环境的破坏，推动建筑企业高效、稳定向前发展^[3]。

4. 提高项目的透明度：工程造价咨询服务可以为客户提供透明、公正的工程造价信息，帮助客户更好地了解项目的成本情



况，避免成本方面的不透明和欺诈行为。

三、工程造价咨询服务的行业现状与发展趋势特点

1. 行业需求持续增长

随着城市化进程加快、基础设施建设不断完善，对于工程造价咨询的需求不断增加。特别是在房地产、交通、能源等领域，工程造价咨询服务在项目前期决策、中期监控和后期评估过程中都发挥着重要作用，为投资者、运营商和政府部门提供了有效的支持。

2. 专业化和个性化需求日益凸显

随着市场竞争加剧，各类工程造价咨询机构纷纷加强自身专业能力的培养和提升，以满足不同客户的需求。要求从业人员必须具备技术、经济、法律等方面的专业知识以及综合管理能力^[4]。目前，工程造价咨询服务已经从传统的预算编制向成本控制、合同管理、风险管理等多领域拓展，呈现出专业化和个性化的趋势。

3. 信息化和数字化水平不断提升

近年来，我国工程造价咨询服务行业在信息化和数字化方面取得了显著成果。许多咨询机构已经实现了从传统的手工编制预算到计算机辅助编制、大数据分析的转型升级，大大提高了工作效率和准确性。同时，各种工程造价软件和信息平台也应运而生，为用户提供便捷的查询和服务。

4. 行业规范化和标准化水平逐步提高

为规范工程造价咨询服务市场，我国政府出台了一系列政策和法规，对咨询机构的资质、业务范围、服务质量等方面进行了明确规定，促进了行业的规范化发展。严格遵照相关法律法规及规范来对项目的决策、交易、竣工等阶段进行操作，确保各阶段工程造价的公正与透明^[5]。此外，行业组织也在积极推动咨询服务标准的制定和完善，以提高咨询服务质量和水平。

四、工程造价咨询服务发展中的主要问题与挑战

1. 信息不对称：在工程造价咨询中，存在信息不对称的问题。由于各个参与方对工程项目的信息和需求了解不足，导致工程造价估算存在一定的误差。

2. 缺乏标准化：工程造价咨询服务缺乏统一的标准和规范，使得不同机构之间的估算结果存在差异，难以进行比较和评估。

3. 技术水平落后：当前的工程造价估算技术相对落后，无法满足快速、准确估算的需求，同时缺乏有效的数据分析和挖掘技术，使得估算结果的可靠性受到影响。

4. 缺乏专业人才：工程造价咨询需要具备专业知识和技能的人才，对于设计图纸的深度及完整性有极高的要求，设计图纸必须与现场实际施工的完成情况有很高的匹配度。^[6]但目前市场上缺乏足够的专业人才，导致工程造价咨询服务的质量难以得到保证。

5. 技术更新迅速：随着科技的快速发展，新的技术和方法不断涌现，工程造价咨询服务的技术也需要不断更新和升级，以满足市场和客户的需求。

6. 法规和政策变化：我国现有的建筑行业法律和法规比较少，而且缺乏系统性和完善性，这样往往会导致建筑工程造价咨询服务开展过程中出现较多的不足。^[7]工程造价咨询服务受到法规和政策的影响，任何变化都可能对咨询服务产生影响，因此咨询服务人员需要及时了解和掌握最新的法规和政策。

五、我国工程造价咨询服务的行业标准与规范

1. 《工程造价咨询业规范》：这是我国工程造价咨询服务行业的基本规范，主要包括咨询业务范围、咨询程序、咨询成果质量、咨询费用等方面。规范明确规定了工程造价咨询业务的范围、咨询程序和咨询成果质量要求，为行业内的咨询服务提供统一的参考标准。

2. 《工程造价估算编制规范》：这是我国工程造价估算编制的基本规范，主要包括工程量清单、工程造价计算方法、计价依据、表格填写等内容。规范对工程量清单的编制、工程造价的计算方法、计价依据和表格填写等方面提出了详细的要求，为工程造价估算提供了统一的操作标准。

3. 《建筑安装工程费用计算规则》：这是我国建筑安装工程费用计算的基本规范，主要包括工程量清单、费用计算方法、费用构成等内容。规范对工程量清单的编制、费用计算方法、费用构成等方面提出了详细的要求，为建筑安装工程费用计算提供了统一的操作标准。

六、工程造价咨询服务的行业标准与规范发展趋势

1. 行业标准不断完善

随着我国建筑行业的不断发展，工程造价咨询服务的行业标准不断完善。目前，我国已经出台了《工程造价咨询业务管理办法》等相关规范，对工程造价咨询服务的业务范围、服务内容、服务标准等方面进行了明确的规定。此外，还出台了《工程造价咨询成果文件编制与审查规范》等相关规范，对工程造价咨询成果文件的编制、审查等方面进行了详细的规定。

2. 规范发展趋势明显

随着我国建筑行业的规范化发展，工程造价咨询服务的规范发展趋势越来越明显。目前，我国已经建立了一套完整的工程造价咨询服务的标准体系，包括工程造价预算、结算、控制等方面的标准。同时，还建立了工程造价咨询服务的考核和评价体系，对工程造价咨询服务的质量和效率进行了有效的监管和评价。

3. 信息化技术应用广泛

随着信息技术的不断发展，工程造价咨询服务的信息化技术应用越来越广泛。目前，很多工程造价咨询服务机构已经开始采用数字化、信息化的手段进行工程造价咨询业务，包括预算编制、结算审核、控制咨询等方面。这种信息化技术可以提高工程造价咨询服务的效率和准确性，降低咨询成本，提高服务质量。

4. 专业化服务趋势加强

随着建筑行业的不断发展，工程造价咨询服务的专业化服务



趋势越来越加强。目前，很多工程造价咨询服务机构已经开始建立专业的团队，包括预算工程师、咨询工程师、审计工程师等专业人员，针对不同的客户需求提供专业的服务。这种专业化服务可以提高工程造价咨询服务的质量和效率，增强客户满意度。

七、工程造价咨询服务的未来发展策略

1. 技术进步和数字化转型

随着技术的不断进步，工程造价咨询服务的数字化和自动化将越来越重要。使用人工智能、大数据分析和云计算等新技术，可以提高数据处理和分析的效率，并提高咨询服务的准确性和可靠性。数字化转型还可以提高客户体验，例如通过在线咨询和数字文件管理等方式。

2. 专业化和细分市场

随着建筑和基础设施项目的日益增多，工程造价咨询服务的细分市场也将变得越来越重要。咨询公司可以根据不同的市场需求，擅长不同的领域，例如设计、施工、运营等。这将有助于提高咨询服务的质量和可靠性，并增加客户满意度。

3. 合作和联盟

工程造价咨询服务是一个跨越多个领域的综合性服务，需要与其他专业人士进行合作和交流。咨询公司可以与其他建筑、工程和金融公司建立合作关系，共同为客户提供更全面的服务。此外，咨询公司还可以与其他技术公司合作，例如使用 BIM 技术和建筑信息模型等。

4. 教育和培训

随着工程造价咨询服务的不断发展和变化，教育和培训也将变得越来越重要。咨询公司可以提供培训和教育服务，帮助客户和员工掌握最新的技术和知识。这不仅可以提高咨询服务的质量和可靠性，还可以为咨询公司的发展提供人力资源。

八、工程造价咨询服务的发展建议

1. 提高工程造价咨询服务的专业水平：随着建筑行业的发展，工程造价咨询服务需求日益增长。因此，提高咨询服务的专业水平，包括对建筑市场、工程类型、成本构成等方面的深入了解，将有助于提升咨询质量。努力拓展专业技术知识，尽快提升专业技术及项目管理能力，帮助投资人控制好项目建设投资。^[8]

2. 引入先进的技术和方法：在工程造价咨询服务中引入先进的技术和方法，例如大数据分析、人工智能等，可以提高咨询效率，减少错误，提升咨询结果的准确性。

3. 加强沟通与协作：工程造价咨询服务涉及多个领域和环节，需要与客户、设计方、施工方等各方进行有效沟通与协作，以确保咨询结果的准确性和可靠性。

4. 建立完善的咨询质量管理体系：通过建立完善的咨询质量管理体系，对咨询过程进行有效管理，有利于提高咨询质量，提升客户满意度。

5. 注重咨询成果的实用性：在工程造价咨询服务中，应注重

咨询成果的实用性，即咨询结果能真正解决客户的问题，帮助客户实现目标。强化从业人员管理要求，更为注重个体执业能力^[9]

6. 不断学习和创新：工程造价咨询服务需要不断学习新知识、新技术，以适应市场变化和客户需求。通过学习和创新，提升咨询服务水平，满足客户日益增长的需求。

7. 拓展业务范围：在保持工程造价咨询服务专业性的同时，可以适当拓展业务范围，例如涉及工程审计、工程成本控制等领域，以满足更多客户的需求。

8. 加强国际合作：随着全球经济一体化的发展，加强国际合作，借鉴国外先进的咨询经验和技術，对提升我国工程造价咨询服务的水平具有重要意义。

9. 培养专业人才：加强工程造价咨询服务的人才培养，从学校、企业等多个层面推动咨询专业的发展，为行业提供更多的专业人才。

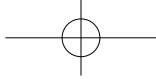
10. 注重社会责任感：作为工程造价咨询服务的提供者，要积极承担社会责任，关注行业发展和社会公益事业，工程造价咨询服务企业亦需 树立高度的质量意识，立意高远，深入解读全过程工程造价咨询 服务的核心要义和本真价值，^[10] 为行业发展和社会进步贡献力量。

九、结束语

随着科技的不断进步和市场的不断变化，工程造价咨询服务将会越来越重要，为建筑行业和客户带来更大的价值。通过不断的学习和创新，工程造价咨询服务将会越来越专业化和智能化，为建筑行业的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 姚昌琴. 全过程工程造价咨询的各阶段关注要点分析 [J]. 现代商贸工业, 2020, 41(30): 119-121. DOI: 10.19311/j.cnki.1672-3198.2020.30.054.
- [2] 田志超, 陈文海. 新时代全过程工程造价咨询服务发展路径与策略研究 [J]. 建筑经济, 2022, 43(09): 5-10. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202209005.
- [3] 林东华. 全过程工程造价咨询服务模式及发展策略探讨 [J]. 广西城镇建设, 2020(12): 88-89.
- [4] 王春明, 易鑫. 全过程工程造价咨询管理 [J]. 国防科技, 2019, 40(05): 104-107. DOI: 10.13943/j.issn1671-4547.2019.05.17.
- [5] 方芳. 全过程工程咨询模式下的造价咨询服务分析 [J]. 质量与市场, 2020(24): 15-16.
- [6] 吕梦婕. 工程造价咨询服务现状及变革研究 [J]. 建筑经济, 2022, 43(S1): 90-93. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.2022S10090.
- [7] 鲁彦杰, 刘继坤. 提升建设工程造价咨询服务能力的思考 [J]. 四川水泥, 2018 (12): 246.
- [8] 任己任. 试论投资控制服务与工程造价咨询服务发展方向 [J]. 工程造价管理, 2022(01): 11-16. DOI: 10.19730/j.cnki.1008-2166.2022-01-011.
- [9] 张岩, 谭鑫. 工程造价行业改革背景下造价咨询企业发展应对思考 [J]. 工程造价管理, 2021(02): 14-19. DOI: 10.19730/j.cnki.1008-2166.2021-02-014.
- [10] 张明美. 全过程工程造价咨询服务质量控制研究 [J]. 产业创新研究, 2020(09): 114-115.



绿色施工技术在市政路桥施工中的应用探究

翟晓彦

江苏金领建设发展有限公司 江苏，泰州 225300

摘 要： 在市政路桥施工过程中，不可避免的会造成对周边环境的破坏，降低了城市建设整体质量和效率，而绿色施工技术的应用，是在保证工程质量的同时，对环境造成的影响也在可控范围内。因此，在市政路桥施工中引入绿色施工技术是实现可持续发展目标的必然选择。本文将简单分析绿色施工技术应用与市政路桥施工中的优势，并深入研究了该技术应用时的现状问题以及相关应用，借此作为参考。

关 键 词： 绿色施工技术；市政路桥；应用

Exploration of the Application of Green Construction Technology in Municipal Road and Bridge Construction

Zhai Xiaoyan

Jiangsu Jinling Construction and Development Co., Ltd. Taizhou, Jiangsu 225300

Abstract： In the construction process of municipal roads and bridges, it is inevitable to cause damage to the surrounding environment, which reduces the overall quality and efficiency of urban construction. The application of green construction technology not only ensures the quality of the project, but also has a controllable impact on the environment. Therefore, introducing green construction technology in municipal road and bridge construction is an inevitable choice to achieve sustainable development goals. This article will briefly analyze the advantages of applying green construction technology to municipal road and bridge construction, and conduct in-depth research on the current situation and related applications of this technology, as a reference.

Key words： green construction technology; municipal roads and bridges; application

引言

在现代化建设过程中，城市建设越来越快，城市规模也逐渐扩大，对城市道路桥梁建设也提出了更高要求。在市政路桥施工过程中应用绿色施工技术优势非常明显，但是也存在着一定的问题和挑战。^[1] 只有解决好这些问题和挑战才能更好地将绿色施工技术应用与市政路桥施工中，从而保证建筑工程的顺利完成。

一、绿色施工技术概述

绿色施工技术是指在工程建设中，以环境保护为根本原则，根据可持续发展理念和循环经济理论，对工程建设中的污染问题、资源浪费问题以及环境保护问题进行有效解决。具体而言，就是在施工过程中，以生态理念为指导思想，使用低碳、环保等可再生能源，减少对周围环境的污染和破坏，同时避免资源浪费，从而保证工程施工质量达标。^[2] 具体到市政路桥工程来说，绿色施工技术的应用对其质量和效率有着重要影响，在实际施工过程中，使用绿色施工技术能够有效避免资源浪费问题发生，在节能减排方面效果显著，使用绿色施工技术可以提高市政路桥工程质量和效率，并且，绿色施工技术的应用能够有效改善施工环

境。总之，在市政路桥工程施工中应用绿色施工技术具有重要意义，所以要充分认识到绿色施工技术的重要性和优势，并加强对其的研究和应用力度，确保该技术的科学合理性以及高效性，进而为我国城市建设提供更多便利条件。^[3]

二、绿色施工技术的优势

在市政路桥工程中应用绿色施工技术，不仅能够提高施工的整体质量，还能对环境造成的影响降到最低，实现社会效益和经济效益的双赢，绿色施工技术的应用，可以有效减少资源浪费和环境污染问题。^[4] 在传统市政路桥工程施工过程中，会产生大量的建筑垃圾，如混凝土、模板、钢筋等，而绿色施工技术能够充



分利用这些建筑垃圾进行二次加工，有效减少建筑垃圾对环境造成的影响。^[5]在绿色施工技术的应用过程中，还能够有效提高能源利用率，降低对周围环境的污染，绿色施工技术中会应用到很多新型能源和新型材料，如太阳能、风能、水能等。在使用这些新型能源时，只需要对其进行简单的加工和处理即可。并且还可以降低对周围环境造成的影响，传统市政路桥工程施工过程中会产生大量扬尘、噪声等问题，这些都会对附近居民正常生活造成影响，在使用新型材料时还可以降低对周围环境造成的污染和噪音等问题，例如在使用新型混凝土时，就可以减少噪声对居民生活造成的影响，也能减少粉尘污染和空气污染等问题。^[6]

三、现状问题

目前，在我国市政路桥工程建设中，绿色施工技术的应用还存在一些问题，如对绿色施工技术缺乏正确的认识，在实际应用过程中，施工人员没有意识到绿色施工技术的优势，也不知道如何将其运用到实际施工中，不利于绿色施工技术在市政路桥工程中的推广和应用。^[7]在绿色施工技术应用过程中，会涉及到很多材料和设备，这就需要加大对这些材料和设备的管理力度，部分企业没有健全的管理体系和制度，缺乏对员工的监督和管理，这就导致一些员工为了自身利益而放弃对环境保护工作的监督。市政路桥工程在应用绿色施工技术时技术设备不成熟，我国大部分企业都处于粗放型发展阶段，缺少先进的设备和技术手段。同时管理制度方面也存在很多问题，很多企业没有明确的管理制度和标准、也没有明确的奖惩措施等。^[8]

四、绿色施工技术在市政路桥施工中的应用

（一）市政路桥施工场地的环境保护

在市政路桥施工场地中，需要合理规划施工区域，避免造成环境污染，同时还需要在施工前做好对周围环境的保护工作。要提前做好排水系统的规划，减少淤泥产生量，尽量减少在道路上摆放各种材料和车辆，避免运输车辆尾气排放到大气中，禁止将砂石直接倾倒在道路上，要采用水泥砂浆覆盖，避免出现扬尘现象。^[9]还需要加强对施工垃圾的管理和处理，采用集中回收、分类处理的方式提高资源利用效率。市政路桥施工过程中，还要加强对噪声的管理，要采取相应的隔音措施进行处理，在进行土方作业时要合理控制施工时间，尽量避免噪音过大，在材料运输和搅拌时要采用密封措施，尽量避免出现噪声污染。施工现场需要及时清理垃圾和杂物，配备相应的设备和人员进行垃圾分类处理，采用相应的措施来减少噪声污染，例如可以采用水帘、冲洗机等设备来进行场地冲洗。如果有条件可以安装一些机械设备来代替人工进行场地冲洗作业，施工现场要根据实际情况选择合适的绿化方式来进行植被保护工作，要安排专门人员负责交通安全管理工作，确保出行人员的安全，严格控制车辆进出速度，避免交通事故发生。而且还需要做好对车辆行驶轨迹的记录和监控工作，确保交通事故发生后能够及时处理。在工程开工前，对施工现场

进行规划和设计，在工程施工过程中要合理安排施工时间和进度，还要对现场环境进行维护和保护工作，在工程完工后还要做好场地清理工作。^[10]

（二）水污染控制

在市政路桥施工过程中，不可避免的会产生大量的污水，而这些污水如果不能及时处理，则会对周围环境造成严重破坏。因此，施工人员进行市政路桥工程施工时，要针对施工现场的水污染问题进行深入分析，并采取科学合理的措施进行防治。在具体防治过程中，就需要合理利用施工现场中的机械设备，尽量将施工现场内的废水排放至指定地点，在市政路桥工程建设过程中，要合理安排施工现场内的各项用水情况，施工人员在市政路桥工程建设过程中产生的污水进行处理时，可以将其转化为可利用资源进行二次利用。以某市政路桥工程为例，施工人员在污水进行处理时，需要将污水排至指定地点，再利用专业设备将污水转化为可用资源，该工程在废水处理过程中需要注意废水收集前要做好充分的准备工作，为保证废水能够顺利进入指定地点进行处理，施工人员在污水进行收集时，要做到先分类、再排出。所以施工人员需要在充分了解当地环境特点的基础上制定出科学合理的污水处理方案。为了避免废水造成不必要的污染与破坏，施工人员可以将部分废水回收至指定地点。保证水资源能够得到有效利用，施工人员还需要将可利用资源转化为可用资源进行使用。而且为了保证污水能够得到合理利用，施工人员在市政路桥工程建设过程中产生的废水进行处理时需要按照国家规定标准进行操作，在对污水进行处理时要严格遵守相关规定，避免污水造成二次污染。^[11]

（三）光污染控制

市政路桥工程的施工现场中，除了照明设备会造成光污染以外，还会对人们的生活产生一定影响，因此需要对其进行有效控制。在市政路桥工程的施工过程中，可以对照明设备的使用时间和频率进行合理控制，避免出现灯光过于刺眼的现象，使人们无法正常进行生产和生活。^[12]并且，还要在施工现场的道路两侧设置防护栏，从而确保人们在夜晚行驶过程中的安全性。在市政路桥工程建设过程中，要对周边居民的日常生活造成影响，所以需要确保周围居民的正常生活不受影响。为了确保施工现场周边居民正常生活不受影响，需要在施工现场设置相应的警示牌和减速带，保证施工现场周边居民和行人能够正常通行。同时施工现场还需要设置一定数量的垃圾桶，从而满足垃圾分类收集工作要求，而且还要对施工现场周边建筑的外立面进行合理设计和规划，从而为居民提供良好、舒适的生活环境。

（四）噪声污染控制

选择合适的施工场地，严格控制施工作业时间，尽量安排在夜间施工，减少施工时的噪音。同时，在施工现场应配备一些相应的设备和材料，例如吸音板、隔声窗、隔声墙等，降低噪音对周边居民生活的影响。^[13]为了减少噪声对居民的影响，在进行市政路桥施工时应选择专业的设备和材料，例如声源分离技术等。将声源分离技术应用于市政路桥工程中时，可以有效降低噪声污染程度。例如在市政路桥工程施工时，可以使用声源分离技术将



某一区域内的噪声进行收集,然后再将其导入到其他区域内,利用这种方式,不仅可以降低噪声对周围环境造成的影响,还可以保证居民的正常生活。为了减少噪声对周边环境造成的影响,在市政路桥施工现场还应采取相应的措施减少噪声对居民生活带来的影响。例如可以将具有隔音效果的门窗安装在小区内或楼层间。并且还可以在道路旁设置绿化带、树穴,安装隔音屏障等,总而言之绿色施工技术的应用不仅可以提高市政路桥施工效率和质量,还能有效控制噪声对居民生活带来的影响。因此在未来市政路桥施工中应积极推广绿色施工技术,优化绿色施工管理模式,使市政路桥工程能够满足居民生活需求。^[14]

（五）固体废弃物的处理

固体废弃物包括建筑垃圾、施工中产生的废弃物等,要针对不同类型的固体废弃物,制定相应的处理措施。要加强建筑垃圾的分类,对于建筑垃圾中的钢筋、混凝土等要进行分类处理,避免使用过程中出现损坏等问题,针对施工过程中产生的废弃物,要做好相应的分类,在进行分类处理时,要确保不会对环境造成污染。施工现场产生的固体废弃物应进行妥善处理需要选择合适的方式进行处理,例如使用水泥窑对其进行焚烧处理或填埋处理等,施工单位要与相关部门进行沟通合作,合理利用处理方式。在市政路桥施工过程中产生大量固体废弃物是不可避免的情况。为了减少固体废弃物对环境造成影响,就要对其进行妥善处理。可以将固体废弃物作为建筑材料进行利用,可以将其作为建筑材料进行填埋等等。

（六）建筑材料节约

为了确保市政路桥工程质量达标,降低对周围环境的破坏,

就要对市政路桥工程中绿色施工技术进行深入研究。在市政路桥施工过程中,为了降低对周围环境的破坏,就要对建筑材料进行节约,从而确保建筑质量和使用寿命。建筑材料的节约要严格控制施工材料的质量,在施工过程中注重节约能源以及水资源,从而实现节能减排。在施工过程中,要尽量避免使用塑料制品,因为塑料制品对环境污染非常严重,在使用过程中容易产生大量的废料和垃圾,如果不对其进行处理和回收,会给环境带来极大的污染。同时在市政路桥施工中尽量避免使用塑料制品进行浇筑、铺盖等作业,并且要将水资源合理利用起来,对施工现场进行绿化处理,在施工过程中,要采用节水装置对其进行收集和处理。在进行污水处理时可以采用沉淀池、隔油池、滤池等方式对其进行处理,也可以采用循环利用的方式对污水进行处理,将其中的细菌和有毒物质排出。^[15]

总结：

随着社会经济的发展和进步,我国的基础设施建设得到了迅速的发展,为了实现城市现代化建设目标,就要在市政路桥工程中应用绿色施工技术,通过绿色施工技术的应用,有效地降低了市政路桥工程施工对周围环境造成的影响。同时,绿色施工技术在市政路桥施工中的应用还可以使施工企业的经济效益和社会效益得到有效的提升,使其可以获得更好的发展空间。并且,随着绿色施工技术在市政路桥工程中应用时间越来越长,相关人员也应该重视对该技术应用过程中出现问题的研究和解决措施进行深入研究,保证市政路桥工程质量达标。

参考文献：

[1] 赵淑招. 探究 BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(34):130-132.
[2] 付杰. 绿色施工技术在市政路桥施工中的应用探究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(27):118-120.
[3] 翟飞雄. 混凝土施工技术在市政路桥施工中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(19):80-82.
[4] 蒋建辉. 泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 工程技术研究, 2023,8(11):205-207.
[5] 严迪. 混凝土施工技术在市政路桥施工中的应用价值分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(06):97-99.
[6] 练育峰. 论混凝土施工技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(05):68-70.
[7] 冯伟军. BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022,(10):141-143.
[8] 李春生. 软土地基处理技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 科学技术创新, 2022,(27):132-135.
[9] 侯习昆. 绿色节能环保技术在市政工程施工中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2022,(27):135-137.
[10] 刘辰. 水混混凝土施工技术在市政路桥施工中的应用探究 [J]. 工程机械与维修, 2022,(04):57-59.
[11] 谢登峰. 绿色施工技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2022,(10):92-94.
[12] 邓惠卿. 绿色节能环保技术在市政工程施工中的应用研究 [J]. 居业, 2021,(12):132-133.
[13] 陈剑锋. 预应力技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 江西建材, 2021,(11):159-160.
[14] 柯洁. 混凝土施工技术在市政路桥施工中的应用价值分析 [J]. 四川水泥, 2021,(09):28-29.
[15] 陈伟仁, 谢国华, 梁耀星. BIM 技术在市政路桥施工中的应用 [J]. 建筑机械, 2021,(08):16-19.



公路工程项目中高填深挖路基施工技术

罗利辉

江西赣基集团工程有限公司 江西, 九江 332000

摘 要： 随着我国经济的持续高速增长和基础设施建设的不断推进，公路工程建设作为连接城乡、促进区域经济发展的重要纽带，日益受到国家和社会的关注。其中，高填深挖路基施工是公路工程建设中常见的技术难题之一，对于确保公路的安全性、稳定性和耐久性具有重要意义。高填深挖路基施工技术涉及众多复杂的工程问题和技术挑战，如排水处理、边坡稳定等。这些问题的解决不仅要求施工人员具备扎实的理论基础和丰富的实践经验，还需要不断创新和完善施工技术，以适应不断变化的地质环境和工程需求。基于此，本文即以某工程为例，介绍了公路工程项目中，高填深挖路基施工技术的详细施工流程，以期提高公路工程施工的效率和质量，为推动公路工程技术进步和创新做出一定的贡献。

关 键 词： 公路工程；高填深挖；路基施工

Construction Technology of High Fill and Deep Excavation Roadbed in Highway Engineering Projects

Luo Lihui

Jiangxi Ganji Group Engineering Co., Ltd. Jiujiang, Jiangxi 332000

Abstract： With the sustained high-speed growth of China's economy and the continuous promotion of infrastructure construction, highway engineering construction, as an important link connecting urban and rural areas and promoting regional economic development, is increasingly receiving attention from the country and society. Among them, the construction of high fill and deep excavation roadbeds is one of the common technical difficulties in highway engineering construction, which is of great significance for ensuring the safety, stability, and durability of highways. The construction technology of high fill and deep excavation roadbed involves numerous complex engineering problems and technical challenges, such as drainage treatment, slope stability, etc. The solution to these problems not only requires construction personnel to have a solid theoretical foundation and rich practical experience, but also requires continuous innovation and improvement of construction technology to adapt to the constantly changing geological environment and engineering needs. Based on this, this article takes a certain project as an example to introduce the detailed construction process of high fill and deep excavation roadbed construction technology in highway engineering projects, in order to improve the efficiency and quality of highway engineering construction and make certain contributions to promoting technological progress and innovation in highway engineering.

Key words： highway engineering; high filling and deep excavation; roadbed construction

引言

公路工程是现代交通建设的重要部分，其中公路工程项目的路基施工涉及多个环节，考验着工程师的专业技术和施工管理能力。特别是在沼泽地、山区等地质条件复杂、自然环境恶劣的地方，高填深挖的路基施工就显得尤为困难，因此，采用适当的施工技术就显得格外重要。高填深挖路基工程是公路建设中常见的一种工程类型，特别是在山区公路、城市高架公路和跨越大面积水体的公路桥梁工程中，高填深挖路基工程的应用非常广泛。这种工程类型的主要特点是施工难度大、工期长，加上往往处在复杂的地理环境和自然环境中，施工风险极高。因此，对于这类工程的施工技术研究，无疑对提高公路工程建设质量、保障公路交通安全、维护环境生态平衡等方面具有重要的现实意义。

一、工程概况

某高速公路建设工程位于 Z 省南部山区，连接 A 市与 B 市，

全长约 120 公里。该工程沿线地形起伏大，涉及山地、丘陵等地貌，其中高填深挖路段占比达到 40%。最大填方高度 40m、最大挖方深度 30m、平均填挖方量约 500 万 m³。由于工程所在地

2023.7 | 043



属于亚热带季风气候区，年均降雨量较大，且多集中在夏季，这对路基施工提出了更高的防水和排水要求。同时，该地区地质条件复杂，存在软土、膨胀土等不良地质体，需进行特殊处理和加固。针对这些特点和难点，我们采用了先进的高填深挖路基施工技术，

二、公路工程项目中高填深挖路基施工技术施工流程

（一）施工前的准备工作

在公路工程项目中进行高填深挖路基施工前的准备工作至关重要，它关乎整个项目的顺利进行和最终的质量。第一，项目团队需要详细研究和理解设计文件和施工图纸，明确施工的具体要求、技术标准和施工难点，特别需要关注高填深挖段落的详细设计，理解设计意图和施工工艺。第二，要根据施工图纸和设计要求，提前准备所需的路基填料、排水材料、防护材料等，并对进场的材料进行严格的质量检测，确保其符合规范要求，对于不合格的材料，坚决不得使用。第三，要根据项目需求，准备足够的施工机械设备，如挖掘机、推土机、压路机、排水设备等，并进行必要的调试和维护，确保其性能良好，能够满足施工需要。第四，要制定详细的施工组织设计和施工进度计划，明确各施工阶段的任务、人员配置、机械使用、材料需求等，特别需要考虑高填深挖路段的施工顺序、排水措施、边坡防护等关键环节的安排^[1]。第五，要对施工人员进行技术交底，明确施工要求和操作规范，并进行安全培训，增强施工人员的安全意识，确保施工过程中的安全。第六，要制定环境保护措施和文明施工要求，明确施工过程中的环境保护和文明施工的具体措施，减少对周边环境的影响。第七，要根据施工需要，搭建必要的临时设施，如施工便道、临时排水设施、临时住宿区等，确保施工期间的生活和工作需要。

（二）地质监测

在公路工程项目中，进行高填深挖路基施工时，地质监测是至关重要的环节。这不仅关乎工程安全，也直接关系到施工质量和进度。在进行地质监测前，首先，要进行前期调研与规划。在施工前，应对工程所在地的地质情况进行详细调研，包括土壤类型、岩石结构、地下水位、地质断层和潜在的不良地质现象等^[2]。并根据调研结果，制定详细的地质监测方案，明确监测的目标、范围、方法和频率。调研完毕后，要选择合适的监测方法。常用的地质监测方法包括地质雷达探测、地震波探测、电阻率法、地下水位观测等，本工程选择的是地震雷达探测。对于高填深挖区域，可能需要特别关注填挖界面的稳定性和变形情况，可以采用沉降观测、位移监测等方法。监测方法确定完毕后，要布置监测点。即根据监测方案，在关键部位和潜在风险区域布置监测点，监测点的布置应尽可能全面、均匀，以获取准确的地质信息。监测点的设置也应便于观察和测量，同时也要考虑到安全性和稳定性。监测点布置完成后，即可以进行实时监测与数据分析。即实时记录数据变化，及时录入和分析监测数据，以及时发现潜在的地质问题、预测地质体的变形趋势、评估工程安全性，

并为后续施工提供指导。

（三）坡口桩确定

在公路工程项目中，进行高填深挖路基施工时，坡口桩的确定是一个非常重要的环节，坡口桩的设置旨在确保路基的稳定性和安全性。坡口桩的确定首先是建立在详细的地质勘察之上的，根据地质勘察结果，再进行边坡稳定性分析，通过计算边坡的安全系数，评估边坡在不同工况下的稳定性，在稳定性较差的区域，应设置坡口桩以提高边坡的稳定性^[3]。此后，要根据地质条件和边坡稳定性要求，选择合适的坡口桩类型。常见的坡口桩类型包括钢管桩、钢筋混凝土桩等^[4]。在选择坡口桩类型时，应考虑其承载能力、耐久性和施工方便性。在本工程中，选择的是钢筋混凝土桩。坡口桩类型确定后，还需要确定坡口桩的位置，位置应该由边坡稳定性分析和坡口桩类型选择确定。要注意，坡口桩应设置在边坡稳定性较差的区域，如软弱地层、潜在滑动面等。同时，要确保坡口桩之间的间距合理，以满足整体稳定性的要求^[5]。此外，坡口桩的深度也是需要考虑的，坡口桩的深度应穿透潜在滑动面，确保桩端坐落在稳定的地层中，深度的设计也要考虑桩侧摩阻力和桩端承载力的影响^[6]。要注意的是，在坡口桩施工过程中，要严格控制施工质量。确保坡口桩的位置、深度和直径等参数符合设计要求，桩身质量良好，无裂缝、空洞等缺陷。同时，还要进行桩身质量检测，如超声波检测、静载试验等，以确保坡口桩的承载能力满足要求。

（四）排水系统建设

在公路工程项目中，高填深挖路基施工的排水系统建设是一个复杂而关键的过程，它涉及多个方面的考虑和实施步骤^[7]。首先，排水系统的设计应遵循“防、排、疏、截”的原则，即预防水源进入路基，排放和疏导已经进入路基的水，以及截断外部水源对路基的影响。在进行排水系统设计前，要对工程区域的地形地貌进行详细分析，了解地势高低、汇水面积、自然排水方向等信息，由此确定排水系统的布局和走向。再根据地形地貌分析结果，设计合理的排水沟。排水沟应具有足够的坡度，以确保水能顺利排出，同时，排水沟的宽度和深度应根据流量计算来确定，以避免水流溢出或冲刷路基。在需要穿越路基的排水沟处，还应设置涵洞或排水管道^[8]。涵洞和管道的设计应根据流量、压力等因素进行计算，确保它们具有足够的承载能力和耐久性。排水系统建成后，应定期进行维护和检查，确保排水设施的正常运行。对于堵塞或损坏的排水设施，应及时进行清理和修复，以防止积水和冲刷对路基造成损害。此外，应急预案的制定也是极有必要的。要针对可能出现的极端天气和突发情况，应制定相应的应急预案。如暴雨、山洪等自然灾害发生时，应及时启动应急预案，采取有效措施保障排水系统的正常运行，防止水患对公路工程项目造成严重影响。

（五）桩体施工

进行桩体施工前，首先要做好准备。包括以下几点：第一，要对桩体设计进行详细审查，了解桩径、桩长、桩位布置等设计要求；第二，要对施工现场进行详细调查，了解地质条件、地下水位、土层分布等，为桩体施工提供必要的地质资料；第三，要



根据设计要求，准备合格的钢筋、混凝土等材料，并进行必要的检验和试验；第四，要准备打桩机、混凝土搅拌站、运输车辆等施工设备，确保施工顺利进行。如上准备完成后，就要开始桩位放样和定位。放样需确保桩位准确，定位则使用经纬仪或其他定位设备进行，并做好标记。完成后，即可开始桩体的施工。要根据设计要求，对钢筋进行加工和安装，确保钢筋的位置、间距、保护层厚度等符合设计要求；要使用打桩机或其他钻孔设备，按照设计要求进行桩孔钻进，在钻进过程中，要注意控制钻进速度和深度，确保桩孔质量；桩孔钻进完成后，要进行清孔处理，清除孔内的泥土、杂物等，确保孔底干净；要将加工好的钢筋笼下放至桩孔内，确保钢筋笼的位置和垂直度符合设计要求^[9]；再使用混凝土搅拌站制备合格的混凝土，通过运输车辆运至施工现场，使用灌注设备将混凝土灌注至桩孔内。在灌注过程中，要注意控制灌注速度和混凝土的质量，确保桩体密实。在桩体施工完成后，要进行桩体质量检测，包括桩身完整性检测、承载力检测等，确保桩体质量符合设计要求。在后期，要对桩头进行保护，防止桩头受损或污染，及时发现并处理潜在问题。

（六）路基深挖

在进行路基开挖前，要做好地质勘察、排水设计及安全防护，然后，再进行边坡的开挖，开挖时，要根据地质条件和设计要求，确定合理的边坡坡度，确保边坡的稳定性和安全性。可以采用机械开挖或人工开挖的方式，按照设计要求的边坡坡度进行开挖^[10]。在开挖过程中，要注意控制开挖速度和深度，避免边坡失稳。开挖完成后，要对边坡进行整形处理，使其符合设计要求，整形过程中要注意边坡的平顺度和稳定性。对于地基承载力较差的区域，需要进行地基处理，如注浆加固、换填等，提高地基的承载能力。对于边坡稳定性较差的区域，则可以采用挡土墙、锚杆支护等措施进行加固，确保边坡的稳定性和安全性^[11]。最后，要对深挖完成的路基进行质量检测和验收，检测应包括边坡稳定性、压实度、排水性能等，确保路基质量符合设计要求，验收则要检查边坡坡度、平整度、排水系统等是否符合设计要

求，并做好相关记录。

（七）填方施工

进行填方施工时，首先，要对填方区域的地基进行处理，如清理杂物、整平地面、加强地基承载力等，确保填方基础稳固。通常情况下，表面清理的厚度应该在30cm以上^[12]。采用分层填筑的方式^[13]，按照设计要求，将填方材料分层填筑，每层厚度不宜过大，确保每层都能够充分压实。同时，要控制填筑速度，避免过快填筑导致填方体不稳定，并合理安排填筑时间，避免在不利天气条件下进行填筑。填实完成后，需要进行压实处理。要根据填方材料的性质和厚度，选择适合的压实机械，如压路机、振动压路机等。并按照设计要求，对每层填方材料进行足够的压实遍数，确保填方体达到要求的密实度。同时，在压实过程中，进行压实质量检查，如压实度检测、含水率检测等，确保填方体的质量符合设计要求。压实完成后，再进行质量检测与验收，并定期对填方路基进行监测，了解填方体的使用情况，及时发现并处理潜在问题。也要进行必要的养护工作，如排水系统的清理、边坡的整形等，确保填方路基的稳定性和安全性^[14]。

三、结语

总而言之，高填深挖路基施工技术在公路建设中发挥着越来越重要的作用。随着科技的不断进步和工程实践的不断积累，相信未来的高填深挖路基施工技术将会更加成熟、高效和安全。期待高填深挖路基施工技术能够在以下几个方面取得更大的突破：一是提高施工效率和质量，通过引入智能化、自动化的施工设备和管理系统，减少人工干预，提高施工精度和效率；二是加强环境保护和生态修复，在施工过程中充分考虑环保要求，采用绿色、环保的施工材料和技术，减少对自然环境的破坏和污染；三是推动技术创新和研发，针对高填深挖路基施工中遇到的新问题和新的挑战，开展有针对性的技术研发和创新，不断提升施工技术的水平和竞争力。

参考文献

- [1] 赵奇志. 高填深挖路基工程建设过程中存在的问题及对策[J]. 交通世界（建养·机械），2015,(09):66-67.
- [2] 何岩峰, 孙忠成. 阿尔及利亚东西高速公路泥灰岩地质高填深挖路基施工技术[J]. 中外公路, 2010,30(02):37-41.
- [3] 张立军. 山区高速公路路基边坡稳定性及加固措施分析[J]. 四川水泥, 2023,(04):257-258+261.
- [4] 魏国杰. 高填深挖边坡和需特殊设计边坡的研究[J]. 山东工业技术, 2015,(14):233-234.
- [5] 胡海强, 温亮珠, 张玺. 公路工程项目中的高填深挖路基施工技术[J]. 中国新技术新产品, 2020(16):85-86.
- [6] 徐道立. 揭博高速公路高填深挖路基边坡稳定性研究[J]. 建设科技, 2016,(10):116-117.
- [7] 张鹏. 高填深挖路基施工技术在公路工程中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023,(30):43-45.
- [8] 官文龙. 海外高速公路高填深挖路基施工及边坡稳定性研究[J]. 公路交通科技（应用技术版），2018,14(01):174-176.
- [9] 周义航. 公路工程项目中的高填深挖路基施工技术研究[J]. 中国设备工程, 2021(16):14-16.
- [10] 赵浩然. 公路工程中高填深挖路基施工技术的应用[J]. 交通世界, 2020,(19):88-89.
- [11] 解海东, 解秀梅. 公路工程项目中的高填深挖路基施工技术[J]. 科学技术创新, 2021(18):130-131.
- [12] 梁国林. 高填深挖路基施工技术在公路工程中的应用[J]. 交通世界, 2022(Z1):123-124.
- [13] 贾雷青. 汾石高速公路路基高填深挖施工工艺技术研究[J]. 运输经理世界, 2023,(07):37-39.
- [14] 官文龙. 海外高速公路高填深挖路基施工及边坡稳定性研究[J]. 公路交通科技（应用技术版），2018,14(01):174-176.



城市化进程中的露天煤矿征用土地再利用策略

于东雷, 孙卓

北方魏家峁煤电有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010308

摘 要： 随着城市化的进程加速，露天煤矿的征用土地再利用问题日益突出。本文针对这一问题，分析了露天煤矿征用土地再利用的现状和问题，并探讨了相应的策略。文章首先介绍了露天煤矿征用土地的基本情况，然后分析了露天煤矿征用土地再利用中存在的问题，如土地利用效率低下、环境污染和生态破坏等。针对这些问题，文章提出了相应的策略，包括加强政策法规建设、提高土地利用效率、加强环境监测和保护、促进矿地融合和促进社会经济发展等。最后，本文总结了露天煤矿征用土地再利用的重要性和实践中的经验教训，以期为城市化进程中的露天煤矿征用土地再利用提供参考和借鉴。

关 键 词： 城市化进程；露天煤矿；征用土地；再利用策略；土地利用效率；环境污染；生态破坏；政策法规；矿地融合；社会经济发展

Land Reuse Strategies for Expropriation of Open pit Coal Mines in the Process of Urbanization

Yu Donglei, Sun Zhuo

Northern Weijiamao Coal Power Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 010308

Abstract： With the acceleration of urbanization, the issue of land acquisition and reuse in open-pit coal mines is becoming increasingly prominent. This article analyzes the current situation and problems of land reclamation in open-pit coal mines, and explores corresponding strategies to address this issue. The article first introduces the basic situation of land requisition in open-pit coal mines, and then analyzes the problems existing in the reuse of land requisition in open-pit coal mines, such as low land use efficiency, environmental pollution, and ecological damage. In response to these issues, the article proposes corresponding strategies, including strengthening policy and regulatory construction, improving land use efficiency, strengthening environmental monitoring and protection, promoting mining land integration, and promoting socio-economic development. Finally, this article summarizes the importance and practical lessons learned from the reuse of land requisitioned by open-pit coal mines, in order to provide reference and inspiration for the reuse of land requisitioned by open-pit coal mines in the process of urbanization.

Key words： urbanization process; open pit coal mines; expropriation of land; reuse strategy; land use efficiency; environmental pollution; ecological destruction; policies and regulations; mining and land integration; socio economic development

引言

城市化进程中的露天煤矿征用土地再利用策略是当前城市化进程中所面临的一个重要问题。随着我国城市化进程的不断加速，露天煤矿的征用土地问题也越来越受到关注。露天煤矿征用土地再利用的策略，旨在通过合理的规划和利用，使征用土地得到更好的利用，同时也要考虑到环境保护和生态平衡的问题。对于城市化进程中的露天煤矿征用土地再利用策略的研究，对于推动我国城市化进程的健康发展，提高土地利用效率，促进社会经济的可持续发展具有重要意义。

一、露天煤矿概述

露天煤矿是一种在露天条件下开采的煤矿，与地下煤矿相比，

其开采过程更加直观和直接。露天煤矿的产量较高，资源消耗大，同时对环境的影响也较大。随着我国经济的快速发展，对能源的需求不断增加，露天煤矿的开采和利用也得到了越来越多的关注。

二、露天煤矿征用土地再利用相关政策

1. 土地利用政策

我国土地利用政策主要包括土地用途管制、土地利用规划、土地整治、土地保护等方面。土地利用政策旨在实现土地资源的可持续利用，保障粮食安全，促进经济社会发展。是土地资源开发、利用、治理、保护和管理方面 的规范化文件，其目的是体现在未来一定时期内需要完成社会任务的体现^[1]

2. 矿山开采政策

我国矿山开采政策主要包括矿山环境影响评价、矿山土地复垦



与恢复政策、矿山安全生产政策等。矿山开采政策旨在规范矿山企业的生产行为，保护生态环境，促进矿区土地的可持续利用。

3. 土地复垦政策

我国土地复垦政策主要包括土地复垦规划、土地复垦技术、资金支持等方面。土地复垦政策旨在促进矿区土地的生态修复和资源再利用，提高土地质量，保障粮食安全。

三、土地再利用的定义及其在露天煤矿中的应用

（一）定义

土地再利用是指将已经利用过、正在利用或即将被利用的各类土地资源，通过改变其利用性质、利用方式或利用领域的过程。它是一种重要的土地资源管理和保护手段，旨在提高土地资源的利用效率，减少土地资源的浪费，保护生态环境，促进社会经济的可持续发展。

（二）应用

1. 土地复耕：土地复垦与生态修复活动能够恢复矿区土地合理有效的利用，对于缓解矿区土地利用冲突问题有着重要的意义。^[2]在露天煤矿开采结束后，将开采出的土地进行复耕，恢复为农业用地。这种方法可以有效保护土地资源，促进农业生产，提高农业产值。

2. 土地整理：对露天煤矿开采过程中产生的土地进行整理，包括土地的改良、整治和开发，使其达到一定的利用条件。这种方法可以提高土地资源的利用效率，促进土地资源的合理利用。

3. 土地保护和恢复：在露天煤矿开采过程中，对受到破坏的土地进行保护和恢复，包括生态保护和土壤修复等。建设用地和草地对于五彩湾矿区生态系统服务价值的维持起到关键性作用，未来发展应注重保持现有植被优势。^[3]这种方法可以保护生态环境，提高土地资源的生态功能和价值。

四、露天煤矿征用土地现状及问题

现状

1. 征用土地的规模：近年来，我国露天煤矿的开采规模逐年扩大，征用土地的数量也随之增加。煤炭是我国的主要消费能源。同时作为一种不可再生的资源，随着对于能源需求不断提高，人类对于能源的开采力度不断加大，最终严重破坏了生态环境^[4]。根据统计数据，我国每年都会征用大量的土地用于露天煤矿的开采，其中大部分为农民集体土地。

2. 征用土地的程序：在露天煤矿征用土地的过程中，政府相关部门会按照一定的程序进行，包括土地评估、补偿、征用等环节。但在实际操作中，部分地方政府或企业存在征用程序不规范、补偿标准低等问题。

3. 土地利用的现状：目前，我国露天煤矿征用土地的再利用策略尚不够完善，部分土地在征用后并未得到有效利用，甚至出现了一定程度的土地资源浪费现象。此外，征用土地的农民在土地被征用后，往往缺乏合适的安置途径，生活压力加大。

问题

1. 环境污染问题：露天煤矿在开采过程中，可能会产生大量的粉尘、废气、废水等污染物，这些污染物对周围环境和人类健康造成严重影响。因此，在征用土地再利用的过程中，需要考虑到这些污染物的处理和防治问题。

2. 土地资源浪费：露天煤矿开采后，原状土地可能会受到破坏，导致土地质量下降，土壤肥力减弱。由此产生极为严重的后果，比如恶性破坏生态、造成矿山地质环境恶化、山体滑坡、泥石流等。^[5]这种情况下，如果再利用策略不当，可能会加剧土地资源的浪费现象。

3. 生态恢复困难：露天煤矿开采后，原状生态环境可能受到严重破坏，恢复过程可能非常漫长。因此，在征用土地再利用时，需要充分考虑到生态恢复的可能性，并采取相应的措施来保护生态环境。

五、露天煤矿征用土地再利用策略

1. 转型为可再生能源：许多露天煤矿都是依靠煤炭开采而运营的，但是随着全球对气候变化的关注增加，越来越多的国家开始转向可再生能源。因此，一种可能的策略是将露天煤矿转型为可再生能源的生产，如风能或太阳能。这可能需要对煤矿设施进行一些改造，以适应可再生能源的生产方式。

2. 土地复垦：另一种可能的策略是将征用的土地进行复垦，使其重新成为可耕作的农田或林地。这可能需要对土壤进行修复和改良，以便种植作物或恢复生态系统。这种策略可以带来环境经济效益，同时也可以提高土地的可持续利用价值。

3. 建设新型社区：在某些情况下，露天煤矿征用的土地可能被用于建设新型社区。这些社区可以包括住房、商业和工业设施等。这种策略可以带来就业和经济效益，同时也可以促进当地社区的发展。

4. 生态旅游：在某些地区，露天煤矿征用的土地可以被用于发展生态旅游。这可以包括建立野生动物保护区、开展户外活动等。这种策略可以带来收入和生态效益，同时也可以促进当地社区的发展。要进一步构建科学性、应用性强的分析体系，用多层次、多指标的分析模型来适应不同类型的矿山生态恢复问题。^[6]

5. 建立公园或公共绿地：在某些情况下，露天煤矿征用的土地可以被用于建立公园或公共绿地。这可以提高土地的可持续利用价值，同时也可以提高当地居民的生活质量。

六、露天煤矿征用土地再利用策略实施过程中的关键技术问题

1. 土地评估和补偿问题：在征用土地之前，需要对土地进行评估，以确定土地的类型、价值以及被征用土地的农民所应获得的补偿。由于不同地区的土地评估标准和补偿政策不同，因此需要制定相应的政策和程序，以确保公正、合理的土地评估和补偿。

2. 土地利用规划问题：在征用土地后，需要制定相应的土



地利用规划，以确定土地的再利用方式。这需要考虑到土地的性质、周边环境、当地经济情况等多方面因素，以确保土地的再利用能够最大程度地实现经济和社会效益。

3. 环境污染问题：露天煤矿开采过程中可能会对土地和环境造成污染，如土壤污染、水资源污染等。在征用土地后，需要制定相应的环境保护措施，以减少污染对周边环境的影响，并确保土地的再利用不会对环境造成进一步的损害。以产生经济效益为主要目的的生态系统包括采矿生产和农业生产这两大基础性生态系统不仅为人们提供物质、文化生活的必需品而且为其他生态系统提供完成生产和再生产所需的各类生产资料等 补给品。^[7]

4. 资金和技术支持问题：实施露天煤矿征用土地再利用策略需要投入大量资金和技术支持。这包括土地征用、土地开发、环境保护等方面的费用。如何获得足够的资金和技术支持，以确保项目的顺利进行，是需要解决的关键问题。

5. 政策法规问题：在实施露天煤矿征用土地再利用策略的过程中，需要遵守相应的政策法规，如《土地管理法》《环境污染防治法》等。同时，还需要制定相应的政策法规，以规范土地征用、土地开发和环境保护等方面的行为，确保项目的合法性和合规性。

6. 农民参与问题：在实施露天煤矿征用土地再利用策略的过程中，农民参与是非常重要的。需要制定相应的程序和政策，以确保农民的合法权益得到充分保障，并积极参与到土地再利用中来，以促进社会和谐发展。

7. 监测和管理问题：在实施露天煤矿征用土地再利用策略的过程中，需要建立完善的监测和管理体系，以确保土地的再利用能够持续、稳定地推进。这包括对土地利用状况、环境污染状况等方面的监测和管理，以及定期开展评估和审计等。

七、政策建议与实施措施

（一）政策建议

1. 完善法律法规：建立健全针对露天煤矿征用土地再利用的法律法规体系，明确政策实施的具体细节，为政策制定和实施提供法律依据。

2. 制定规划政策：制定城市化进程中露天煤矿征用土地再利用的总体规划 and 具体实施方案，明确目标、任务、措施和责任，确保政策的有效实施。

3. 加强政策宣传：加大对露天煤矿征用土地再利用政策的宣传力度，提高政策的社会认同度和执行力。

4. 加大资金投入：政府应加大对露天煤矿征用土地再利用项目的资金支持力度，确保项目实施所需的资金需求。

5. 引导社会参与：）贯彻“以人为本”和“可持续发展”的发展观，努力推动清洁生产工艺的实施^[8]鼓励企业、社会团体和公民积极参与露天煤矿征用土地再利用的工作，形成政府、企业、社会共同参与的良好局面。

（二）实施措施

1. 严格露天煤矿征用土地审批：露天煤矿的开采给土壤质量带来巨大影响，甚至是毁灭性的影响。在开采的各个环节都会对

土壤造成一定程度的损毁，土地挖损会将煤层以上的土壤进行剥离，有可能会产生矿坑的产生。^[9]对露天煤矿的征用土地行为，要严格执行审批程序，确保合法合规。

2. 推进土地整治：对征用后的土地进行整治，包括土地改良、土地改良、土地复耕等，提高土地的利用效率和质量。

3. 加强监管：对露天煤矿征用土地再利用项目进行全程监管，确保项目按照规划实施，防止违规操作。煤炭露天开采对生态环境最直接的影响就是土地挖损与压占，及时掌握露天煤矿土地利用情况对于分析露天开采的生态损伤过程、科学制定生态修复规划具有重要意义。^[10]

4. 建立激励机制：对在露天煤矿征用土地再利用工作中做出贡献的企业和社会团体，给予一定的政策扶持和奖励。

5. 开展宣传教育：加强对企业、社会团体和公民的宣传教育，增强他们的环保意识和责任感，推动露天煤矿征用土地再利用工作的顺利开展。

6. 建立多元化合作模式：政府、企业、社会团体等各方要加强合作，形成合力，共同推进露天煤矿征用土地再利用工作。

八、结束语

我们发现了当前城市化进程中文武煤矿征用土地再利用的问题和挑战。这些问题包括土地利用规划的不完善、政策执行力度不足、缺乏监管机制等。针对这些问题，我们提出了相应的对策和建议。我们提出了一些具体的城市化进程中文武煤矿征用土地再利用策略。这些策略包括优化土地利用规划、加强政策执行和监管、推进土地整治和开发等。这些策略旨在促进土地的可持续利用和城市的可持续发展。我们需要认识到，城市化进程中文武煤矿征用土地再利用的问题是一个复杂而长期的过程，需要政府、企业和社会各界的共同努力。

参考文献

- [1] 张敏. 大型露天煤矿区土地利用时空演变特征及生态影响研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2022.DOI:10.27493/d.cnki.gzdzy.2021.000031.
- [2] 高源. 平朔矿区土地利用冲突测度与“三生空间”优化研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2022.DOI:10.27493/d.cnki.gzdzy.2021.000948.
- [3] 刘芳, 于凯, 张金玲等. 新疆准东露天煤矿土地利用时空变化及其对生态系统服务价值的影响 [J]. 生态经济, 2021, 37(09): 169-175.
- [4] 王丹宁. 基于 Landsat 数据的海州露天矿区生态环境尺度特征 [D]. 辽宁工程技术大学, 2023.DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2022.000541.
- [5] 贺爱平. 露天煤矿企业生产用地问题及其对策探讨 [J]. 企业改革与管理, 2021 (01): 223-224.DOI:10.13768/j.cnki.cn11-3793/f.2021.0105.
- [6] 安政臻. 海州露天矿区土地综合利用及生态恢复适宜性分析 [D]. 辽宁工程技术大学, 2021.DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2020.000226.
- [7] 李娥娥. 黄土区大型露天煤矿废弃土地资源再利用途径 [J]. 山西农业大学学报 (自然科学版), 2003(03): 265-267+272.DOI:10.13842/j.cnki.issn1671-8151.2003.03.022.
- [8] 王党朝, 申莹莹, 杨震. 胜利一号露天煤矿开发建设对生态环境的影响评价 [J]. 中国煤炭, 2020, 46(01): 58-66.DOI:10.19880/j.cnki.ccm.2020.01.011.
- [9] 黄彦洁. 黄土区露天煤矿复垦农用地土壤质量评价标准研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2020.DOI:10.27493/d.cnki.gzdzy.2020.001077.
- [10] 张成业, 李飞跃, 李军等. 基于 DeepLabv3+ 与 GF-2 高分辨率影像的露天煤矿区土地利用分类 [J]. 煤田地质与勘探, 2022, 50(06): 94-103.