



# 第1章 绪论

主讲人：毕林

2024年8月13日



# 目录

- 1.1 采矿与信息技术
- 1.2 矿山信息化、数字化发展历程
- 1.3 数字矿山建设目标、任务与方法
- 1.4 数字矿山技术构成
- 1.5 数字矿山、智能矿山及智慧矿山的关系



1.1

# 采矿与信息技术

矿山开采生产与经营管理新模式的变革背景





# 1.1.1 矿山开采的特征



01

## 矿山开采的特征

矿山开采是涉及多个学科领域的综合性工程，具有依赖矿产资源分布和质量特征。

02

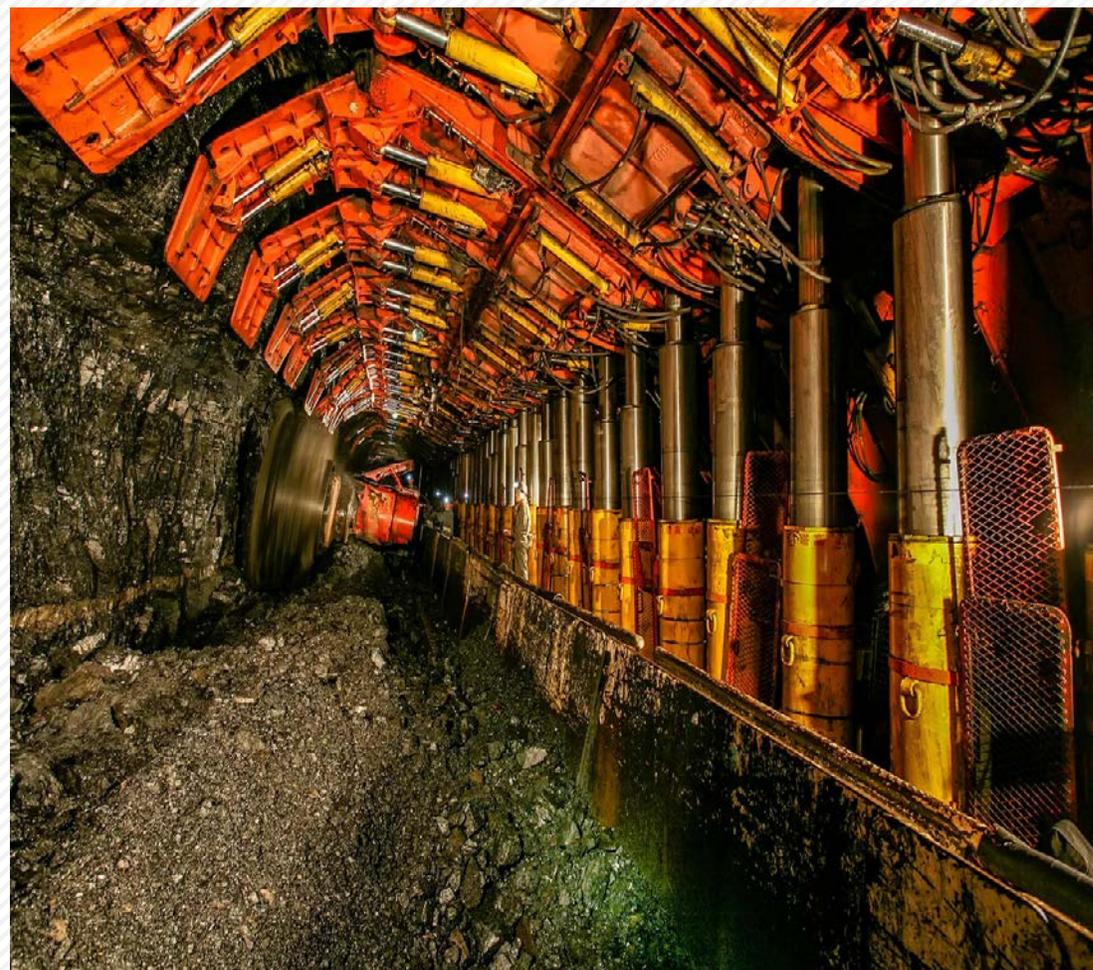
## 矿山开采的方式

根据矿床的类型、地质条件、环境要求等因素，矿山开采可采用多种方式进行。

03

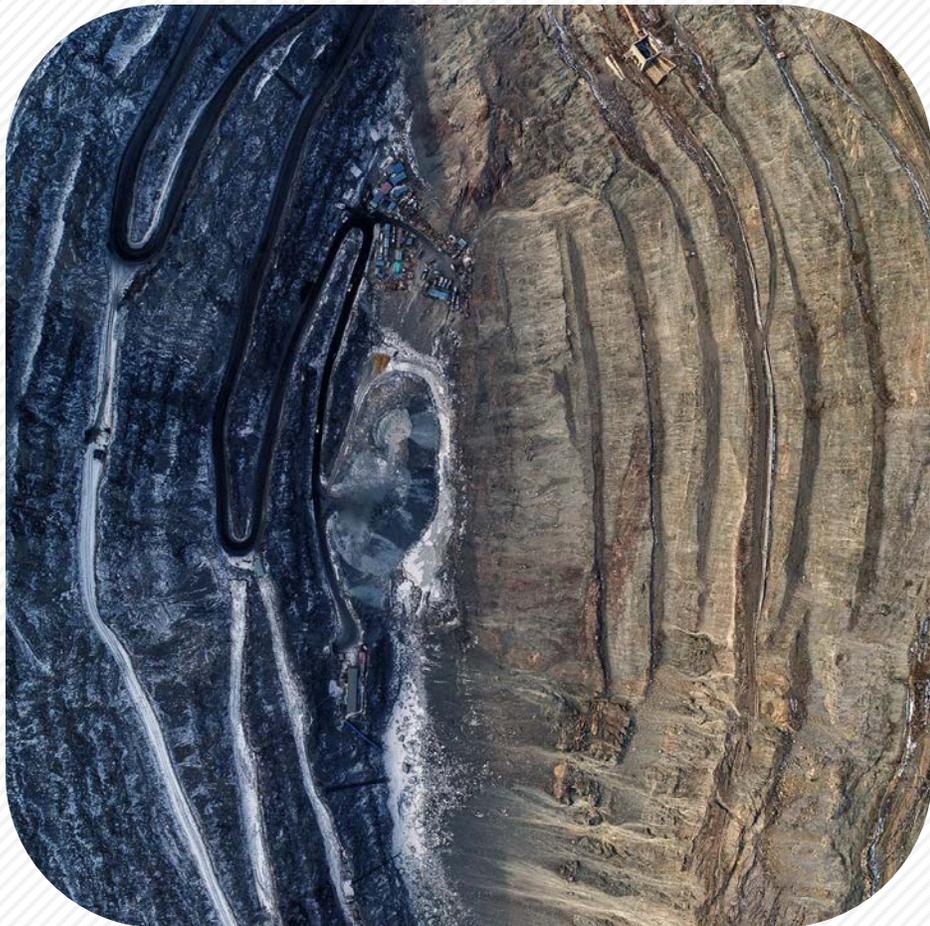
## 矿山开采的设备

矿山开采需要采用多种设备，如钻孔机、爆破设备、运输设备、提升设备等。





## 1.1.1 矿山开采的特征



### ● 矿山开采的环境

矿山开采具有复杂的生产环境，露天矿山和地下矿山的环境条件差异较大。

### ● 矿山开采的投资

矿山开采需要高额的投资，因为需要采用先进的技术和设备，以及进行环境保护等工作。

### ● 矿山开采的影响

矿山开采对环境的影响较大，如对土地、水资源和空气质量等方面的影响。



## 1.1.1 矿山开采的特征



### 矿山开采的意义

矿山开采对当地经济具有重要意义，能够创造就业机会、增加税收和贡献国内生产总值。

### 矿山开采的信息流动

在矿山生产过程中，存在大量的多源、异质信息流动，系统与外部环境之间也存在信息的交换和流动。







### 数字化与信息化的差异

数字化是信息化的一个重要组成部分。数字化关注数据的转换和处理，而信息化关注如何将数字化的数据和技术应用到组织或社会的各个方面，以实现更广泛的目标。

### 信息化与数字化技术

信息化强调各类软件来替代传统业务办理及信息沟通；而数字化强调将工作过程进行数字量化，方便寻找更优方案、最优决策。

### 数字化与信息化的发展

在现代社会中，数字化和信息化通常是相互关联和相辅相成的，共同推动着科技和信息管理的发展。非特定场景并不区分两者的差异，通常在强调分析工具、处理手段时用“数字化”，而在强调业务办理、系统应用时用“信息化”。



## 1.1.3 采矿业与信息化、数字化



### 信息化技术发展

随着科技的不断发展，信息化已经成为推动社会各个领域发展的重要力量。

### 采矿业的数字化转型

采矿业作为资源开发利用的重要行业之一，也在不断应用数字化、信息化技术来提高生产效率、降低成本和提高质量。





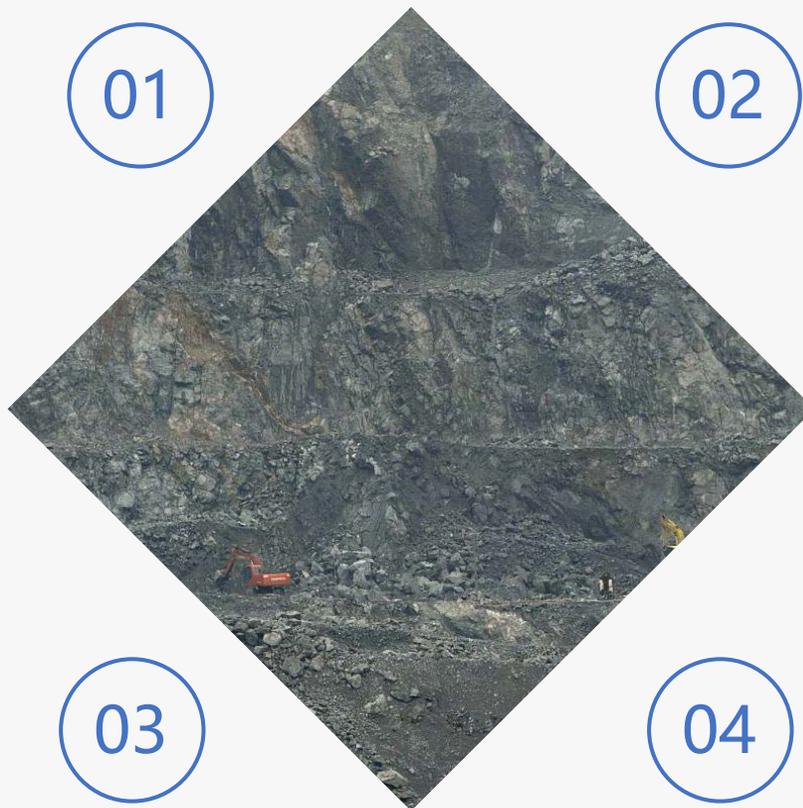
# 1) 信息化在采矿工业中的应用



## 信息化技术的作用

信息化技术在采矿工业中的应用越来越广泛，可以帮助解决生产和管理方面的挑战。

01



02

## 实时监测和控制

通过使用传感器和自动化设备，可以实现对矿区生产过程的实时监测和控制，提高生产效率和保障安全。

03

## 智能化管理与优化

通过建立生产管理系统，可以实现对采矿过程的智能化管理和优化，提高生产效益和降低成本。

04

## 信息共享与协同工作

通过互联网和移动通信技术，可以实现与矿区各方面的信息共享和协同工作，提高生产和管理的效率。



## 2) 信息化技术的创新和发展作用



### 信息化技术



信息化技术的应用为采矿工业的可持续发展提供了支持，可以实现对环境和资源的实时监测和管理，以提高环境保护水平和可持续发展能力。

### 数字化、信息化



数字化、信息化技术在采矿工业中的应用提高了生产效率和产品质量、降低了成本，创新了采矿工业的发展模式和实现方式。

### 遥感和地理信息



通过使用遥感和地理信息技术，可以对矿区环境进行实时监测和评估，进行生态修复和重建，加强矿山企业与社会沟通和互动。

### 矿山企业



矿山企业应该积极推进数字化、信息化技术的应用，不断加强技术研发和应用，以提高矿山企业的竞争力和可持续发展能力。



### 3) 信息化技术的可持续发展支持



#### 采矿工业与数字化、信息化的关系

采矿工业与数字化、信息化技术紧密相连，相互促进，共同发展。



#### 数字化、信息化技术的作用

数字化、信息化技术在采矿工业中的应用显著，提高生产效率和产品质量，降低成本。



#### 采矿工业的发展模式

采矿工业的发展模式和实现方式不断创新，同时支持了采矿工业的可持续发展。



#### 矿山企业的应对策略

矿山企业应积极推进数字化、信息化技术的应用，加强技术研发和应用，提高竞争力和可持续发展能力。



## 1.1.4 数字矿山



### 数字地球概念提出

1998年1月31日，美国副总统戈尔提出了“数字地球”概念，并对基础与关键技术提出了自己的看法，引起了国内外科技界的高度重视和巨大反响。

### 数字矿山概念提出

1999年首届“国际数字地球”大会上正式提出了“数字矿山”概念，从此，数字矿山的思想开始逐步深入人心，有关数字矿山的科学研究与技术攻关也开始兴起。

### 数字矿山定义

数字矿山是以矿山开采环境、对象及过程信息数字化为基础，构建数据的采集、传输、存储、处理和反馈的信息化闭环，并持续应用于资源勘探、开采规划、采矿设计、开采计划和生产管理等矿山全生命周期的新型矿山技术体系和管理模式。



# 1.2

## 矿山信息化、 数字化发展历程

矿山开采生产与经营管理新模式的变革背景





# 1) 矿山信息化、数字化发展历程



1

## 矿山信息化、数字化发展

矿山信息化、数字化发展历程，从传统矿山到智能矿山的转变，数字化、智能化技术的应用。

2

## 矿山信息化发展阶段

矿山信息化发展历程，分为起步、发展、提升、创新四个阶段，每个阶段都有其特点和发展重点。

3

## 数字化技术与矿山融合

数字化技术，如传感器、物联网、云计算等在矿山中的应用，以及矿山数字化、智能化的实践。



Conversation



## 2) 矿山数字化、信息化发展阶段



01

矿山数字化、信息化发展阶段：我国矿山数字化、信息化发展已经历了四个阶段，分别是CAD应用阶段、GIS初步尝试阶段、三维地质建模阶段和数字矿山信息系统阶段。

02

CAD应用阶段：20世纪80年代中期，以CAD为代表的矿山数字化手段逐渐得以应用，在矿山设计和规划中发挥了重要作用。

03

GIS初步尝试阶段：20世纪90年后期，矿山GIS在部分矿山得到初步尝试，为矿山管理提供了更直观、更高效的手段。

04

三维地质建模阶段：本世纪初，以三维地质建模、现代地质统计学为核心的矿业软件得到推广应用，推动了矿业软件的发展。

05

数字矿山信息系统阶段：2018年后，以矿业软件为基础的、覆盖矿山业务全流程的数字矿山信息系统逐渐成形并在多个矿山推广应用。



01

### 采矿CAD软件系统应用

早期的采矿CAD软件系统基于二维图形学，在地质、测量、采矿设计等方面得到广泛应用，取得了良好效果。

02

### 露天矿采剥计划CAD软件包

鞍山黑色冶金设计研究院是较早着手开发采矿CAD软件的单位之一，开发了“露天矿采剥计划CAD软件包”。

03

### DM&MCAD软件系统应用

进入20世纪90年代，中南大学自主研发的DM&MCAD软件系统实现了从原始地质资料处理、矿床建模、储量计算到开采辅助设计、各种地质平剖面图绘制的全部功能，得到了广泛应用。

04

### 二维图形学软件问题

基于二维图形的软件无法全面描述资源与工程的空间拓扑关系，只能解决开采设计中的制图问题，无法真正解决设计优化、仿真、量算等问题。



## 矿山GIS的发展历程

矿山GIS的发展历程可追溯到20世纪80年代中期，中国开始应用GIS技术进行矿产资源评价。

## 遥感图像处理技术

地矿部遥感中心主持开展了“遥感图像与其他地学数据综合图像处理技术及应用研究”。

## GIS技术在矿产资源评价中的应用

进入90年代后，GIS技术在矿产资源评价中得到了广泛应用，并不断发展出新的应用领域。





### 空间信息系统的出现

随着数字化地图的出现，GIS技术又进一步发展，出现了可以轻松构建和维护的空间信息系统。

### 数字矿山的理念与设想

受数字地球与数字中国概念的启发，吴立新等一批中国学者开始形成了数字矿山的理念与设想。

### 数字矿山的概念

1999年11月，吴立新教授在北京召开的“首届国际数字地球会议”上提出了数字矿山的概念。

### 矿山空间信息分类

吴立新教授分析了矿山空间信息分类、数据组织、GIS等问题，并提出了数字矿山是“对真实矿山整体及相关现象的统一认识与数字化再现”。



### 01

## 国外矿业软件的发展与应用

国外矿业软件的研发与应用相对较早，英国矿山计算有限公司（Mineral Industries, Computing Ltd., MICL）开发的DataMine采矿软件系统包括地质信息处理、矿床模型构造、采矿设计、矿山调度与计划等模块。

### 02

## DataMine的特点

它最大的特点是屏幕上的作图功能，可以将露天或地下矿山设计所需要的各种图形，包括钻孔及岩芯分布、矿体及主要开拓巷道位置或露天矿坑等，以三维彩色的形式显示出来。

### 03

## 核心功能

软件的核心是一个包含许多CAD特点的交互式作图平台，能够方便地显示并调整钻孔、矿体模型、地表模型等。其应用主要在地质勘探数据处理、露天或地下矿设计、矿山调度以及生产计划编排等四个方面。



01

### Surpac软件

澳大利亚Surpac国际软件公司 (Surpac Software International, SSU) 开发的Surpac软件是一套三维交互式图形软件系统, 具有地表测量数据处理、地质勘探数据分析, 设计等功能。

02

### 应用领域

Surpac软件的应用领域主要包括勘探和地质建模、资源评估、露天和地下采矿设计、开采进度计划编制以及排土场和复垦设计等, 目前已成为全球最大的矿业软件公司之一。

03

### 国内矿业软件的发展

虽然我国矿业软件的发展水平落后于国外, 但经过近年来国内科研院所、公司的努力, 国内的矿业软件得到了较大的发展, 大大地缩短了与国际矿业计算机领域的差距。

04

### 代表性的矿业软件

一些有代表性的矿业软件开始出现, 如东北大学研发的Minestar软件系统, 中南大学&迪迈科技研发的Dimine系统, 北京东澳达软件公司研发的3DMine软件系统, 山东科技大学研发的蓝光软件等。



# 1.3

## 数字矿山建设目标、 任务与方法

矿山开采生产与经营管理新模式的前景展望





# 1.3.1 数字矿山建设目标



## 数字矿山概念与内涵

明确数字矿山的概念及内涵，通过分析数字矿山与其他相关概念的关系，确定数字矿山的建设目标。

01

02

## 数字化处理技术

运用软件技术、网络技术、数据库技术、可视化仿真技术、地质统计学及系统工程最优化方法等理论与技术。

## 矿山全生命周期业务

对矿山全生命周期业务过程进行数字化处理，实现地质三维建模、资源可视化评价、开采计算机辅助设计。

03

04

## 计算机仿真与优化

进行开采方案计算机仿真与优化，测量验收全数字化，开采过程数字化监测，计量化验数据数字化采集与传输。

## 矿山安全与效率提升

实现矿山开采过程的全流程、全过程数字化，保障矿山生产安全、提高矿山生产效率以及提升矿山经济效益与综合竞争力。

05

06

## 实现可持续发展

最终实现矿山的安全、经济、高效、绿色生产与可持续发展，如所示。



## 1.3.2 数字矿山建设任务



### 数字矿山的本质特征

数字矿山利用数字化和信息化技术，将矿山开采环境、对象、活动及过程等信息转化为数字和数据，实现信息的存取、传输和可视化表达。

### 矿山数字化

矿山数字化是将开采环境、对象、活动及过程等信息转变为数字、数据，实现可存取、可计算、可认知，并提高矿山生产效率和经营管理水平。

### 矿山信息化

矿山信息化是在数字化基础上，利用“互联网+数据库”信息技术，深入开发应用于矿山资源管理、开采规划与设计、矿山安全管理、生产组织以及经营管理等各个业务层面。



## 1.3.2 数字矿山建设任务



### 建设任务

围绕数字矿山的数字化与信息化两大本质特征，数字矿山的建设任务包括矿山全生命周期开采环境、对象、活动及过程信息的数字化，以及矿山业务处理过程及结果的数字化。



### 开采环境数字化

包括矿区地理环境数字化、地质环境数字化和作业环境数字化，实现矿床三维地质建模、储量计算与动态管理、生产组织与管理、作业环境以及安全状态等信息的数字化。



### 开采资源数字化

包括矿体赋存情况、资源类型、资源分布、资源储量等信息的数字化，以及开拓、采准、回采等采矿工程对象的数字化，实现资源的全面数字化管理。



## 1.3.2 数字矿山建设任务



### 开采工程数字化

主要是开拓、采准、回采等采矿工程对象的数字化，通过自动化系统进行实时监测和控制，实现高效、安全、稳定的开采作业。

### 生产台账数字化

包括资源储量、掘进进尺、凿岩量、爆破量、出矿量等信息的数字化，实现生产数据的实时采集和智能分析，为生产决策提供科学依据。

### 业务处理结果数字化

即矿山地、测、采等各专业业务，包括地质勘探、生产勘探、开采规划、采矿设计、生产计划、生产组织以及测量验收等业务处理结果具有数字化特征。



# 1.3.3 数字矿山建设方法

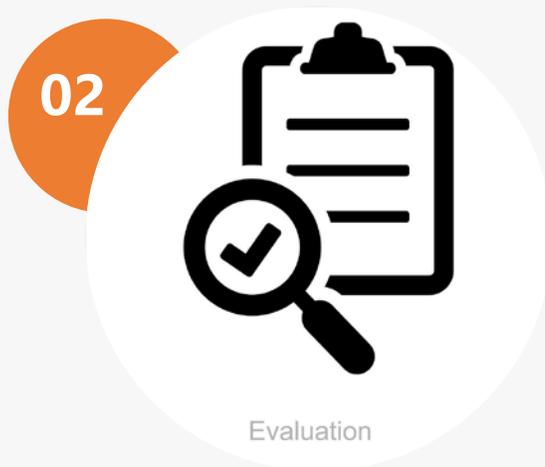


## 数字矿山建设面临的挑战:



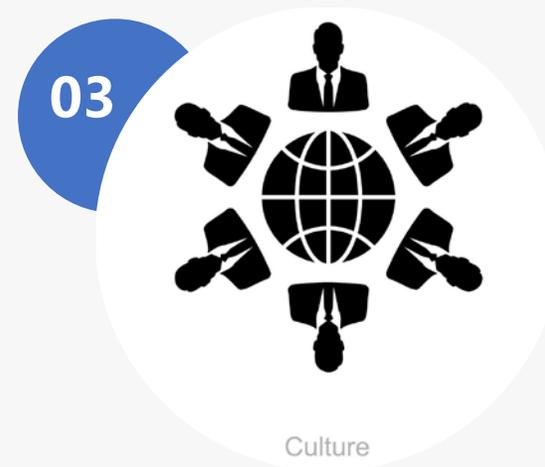
### 理论实践研究

在理论研究方面，已取得了一些成果，并且在指导数字矿山建设方面取得了较为显著的成效。



### 实践应用研发

实践方面，各个矿山为实现数字矿山，根据自身需求研发与部署了多种软件系统。



### 存在的问题

数字矿山建设存在缺乏顶层设计与整体规划、基础理论研究不够、信息孤岛依然严重等问题。



## 1.3.3 数字矿山建设方法



### 数字矿山建设思路与方法

#### 明确数字矿山任务

确定以矿山全生命周期开采环境、对象及活动的数字化、矿山业务过程数字化、矿山业务流程信息化以及为智能矿山提供数据支撑等方面为数字矿山建设任务。

#### 研发数字化产品

在矿山信息模型（MIM）理念的支持下，指导数字矿山相关基础理论与关键技术研究，构建统一的数据分类与编码体系以及数据交换标准。



#### 提出新理念

参考建筑信息模型（BIM）提出适用于矿山行业的新的理念——矿山信息模型（Mining Information Modeling, MIM）。

#### 形成方法体系

梳理矿山全生命周期现有的业务流程以形成规范化的业务流程，研发支撑矿山全生命周期全数字化作业的产品，形成数字矿山建设的方法体系。



## 1.3.3 数字矿山建设方法



### 主体、主题、目标

明确以矿山开采环境、对象、活动及过程为主体、以应用信息化手段处理作用于这些主体对象的业务过程为主题、以数字化与信息化为本质特征的数字矿山建设目标。



### 主要任务

确定以矿山全生命周期开采环境、对象及活动的数字化、矿山业务过程数字化、矿山业务流程信息化以及为智能矿山提供数据支撑等方面为数字矿山建设任务。



### 基本方法

在MIM理念的支持下，指导数字矿山相关基础理论与关键技术研究，构建统一的数据分类与编码体系以及数据交换标准，梳理矿山全生命周期现有的业务流程以形成规范化的业务流程，研发支撑矿山全生命周期全数字化作业的产品，并基于基础理论、关键技术、标准规范以及数字化产品应用于数字矿山建设实践，以解决现阶段我国数字矿山建设存在的主要问题，实现矿山全生命周期的信息共享与协同作业，并形成数字矿山建设的方法体系。

## 1.3.4 数字矿山建设意义： 矿山数字化转型基本条件

### 矿业转型的使命

降本增效、绿色发展是矿业未来的使命，矿业与资源行业迫切需要进行转型。

### 矿山数据的问题

当前各矿山数据系统不兼容、采集流程不一致、统计口径不统一、数据信息不完整，导致输出的数据不具备可比性，无法协助总部决策。

### 数字化技术的作用

数字化技术可大幅提高各环节的效率，从勘探、开发到供应、生产、配送、销售、交易，甚至闭坑等核心业务流程全过程都进行数字化。

### 全业务流程的数字化

只有全业务流程的数字化才是真正的数字化，收集和传递精准信息的技术可以为矿业公司带来大量机会，使矿业公司做出更加严谨的决策。

### 矿山开采的复杂性

矿山开采是一个“点多面广”复杂作业系统，且作业场景、工艺过程是动态变化且离散的，而数字化可以优化复杂的生产系统。

### 数字矿山的定义

矿山核心业务流程全过程都必须进行数字化，达到这个状态就是数字矿山的状态。

## 1.3.4 数字矿山建设意义：智能化无人开采必经之路

01

数字矿山与智能矿山：  
数字矿山是智能矿山的基础，是智能矿山的必经之路。

02

智能装备与智能化矿山：  
智能矿山不仅包括装备的智能化，更重要地体现在矿山开采系统的智能化。

03

数字化基础与系统智能化：  
矿山开采系统的智能化必须建立在矿山的数字化基础之上。

04

数字化建模与系统智能化：  
只有对资源、规划、设计、生产和管理进行数字化的建模、仿真、评估和优化，方可实现系统的智能化。

05

矿山智能化与数字化：  
矿山智能化在学术研究上可以与数字化并行，可为数字化提供需求，但在实践上不可逾越数字化。



# 1.4

## 数字矿山技术构成

矿山开采生产与经营管理新模式的变革背景





# 1.4.1 数据获取与传输技术



## 矿山数据获取技术

利用测量、传感、感知等装备获取基础地理、矿山开采专业时空、实时感知等矿山数据。

## 数字信号传输

矿山数据传输最终都要转成数字信号进行传输，以便于计算机能够识别和接收，确保数据的准确性和完整性。

## 矿山数据传输分类

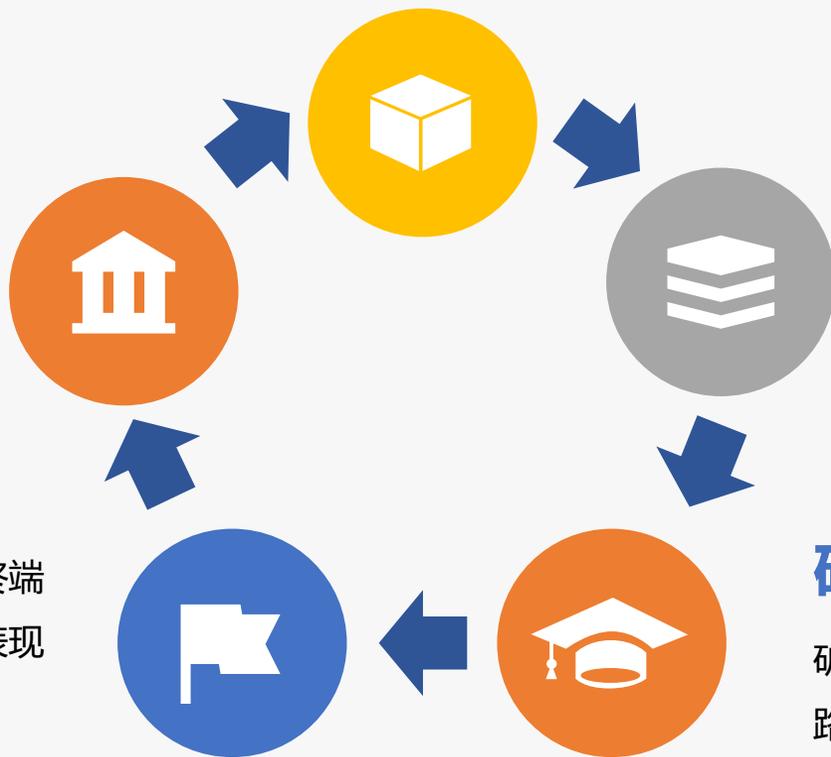
计算机与计算机、计算机与终端间、终端与终端间信息通信传输，按传输信号表现形式可分为语音、视频和数据通信。

## 矿山数据获取装备

经纬仪、水准仪、全站仪、GPS (RTK)、雷达遥感测量、摄影测量、三维激光扫描仪、监测监控设备等。

## 矿山数据传输技术

矿山数据源与数据宿间通过数据信道或链路、遵循通信协议进行的数据传输技术方法和设备。





## 1.4.2 数据处理与建模技术



### 矿山数据处理技术

综合运用矿山数据获取技术和传输数据获得所需的数据，都必须保证在一定的精度范围内，满足一定的数据格式，符合某种应用的质量要求，也即必须经过一定的处理，才能够真正地满足矿山业务数字化处理的需要。

### 矿山数字建模技术

数字矿山已成为矿山信息化、现代化的发展方向，矿山三维空间数据模型的构建是至关重要，是对矿山复杂地理、工程等信息的动态描述与实时表达的时空数据模型，反映了真实矿山中三维空间实体及其相互之间的联系。



### 显式建模

显式建模是对勘探线剖面钻孔数据进行人工地质解译并绘制矿体剖面轮廓线，随后对勘探线之间的矿体轮廓线通过轮廓拼接算法实现二维轮廓线三维重建，主要包括基于钻孔及用户自定义剖面建模技术、基于拓扑剖面建模技术、非层状地质体建模技术、基于贝塞尔曲面和NURBS曲面建模技术等。



### 隐式建模

隐式建模是在对地勘数据进行处理的基础上，选择相应的空间插值函数建立隐式曲面方程，用以表征地质的几何形态以及品位分布，并通过一定的数据模型对其进行绘制，主要包括三角网线形插值、最近邻点法、距离幂次反比法、线性插值法和局部多项式法等建模技术。



## 1.4.3 数据管理与存储技术



### 矿山数据管理技术

利用计算机软硬件技术对矿山数据进行有效存储与管理的过程。



### 矿山数据管理目的

充分发挥矿山数据的作用，实现数据有效管理的关键是数据组织。



### 数据模型选择

根据数据模型进行表达，包括面向对象的实体模型、场模型和网络模型等。



## 1.4.3 数据管理与存储技术



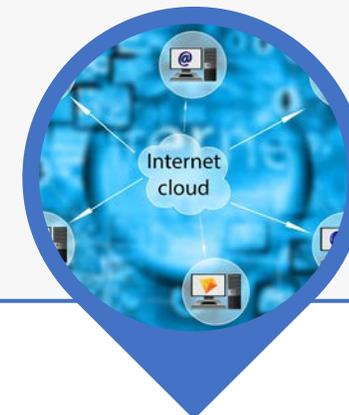
### 面向对象实体模型

基于矢量数据结构，直观表达地理空间，精确表示实体位置，建立拓扑关系。



### 场模型

基于栅格数据，将空间分割成有规则的网格，用属性值表示地理实体，实现简单易用。



### 网络模型

基于图论，通过网络拓扑关系表达矿山数据，实现数据的统一管理和控制。



## 1.4.3 数据管理与存储技术



### 文件管理技术

以“文件”形式将数据长期保存在外部存储器的磁盘上，但存在冗余、联系弱、不一致性等问题。

### 存储和管理技术

矿山数据存储和管理主要分为文件管理和数据库管理。



### 数据库系统控制

数据库管理系统统一控制数据建立、运用和维护，确保数据完整性和安全性，并支持并发控制和故障恢复。

### 数据库管理技术

利用数据库管理系统对数据进行有效存储、组织和管理的技術，提供用户共享，最小冗余度和高独立性。



# 1.4.4 空间数据统计与分析技术



01

## 空间数据分析

利用地理信息系统（GIS）技术和空间统计学等方法，对空间数据进行处理、分析和可视化，以揭示数据之间的空间关系和趋势性，为决策者提供有效的空间决策支持。

02

## 空间关系分析

揭示空间目标之间的位置、形状、距离、方位等基本几何特征的关系，是空间关系分析的基础。

03

## 空间统计分析

以具有地理空间信息特性的事物或现象的空间相互作用及变化规律为研究对象，揭示事物或现象在空间上的数量、特征和关系。

04

## 探索性空间数据分析

利用统计学原理和图形图表相结合对空间信息的性质进行分析、鉴别，引导确定性模型的结构和解法。

05

## 空间分析应用

对于资源储量估算、开采规划设计、采掘计划编制、车辆调度、通风网络解算、避灾路线等数字矿山应用系统至关重要。



# 1.4.5 数字采矿业务处理技术



## 数字采矿业务处理技术

数字采矿业务处理技术涉及矿山开采、资源评价、储量计算、开采规划与设计、计划排产等系列技术业务数字化。

### 关键技术：可视化技术与仿真技术

数字采矿业务处理技术利用三维可视化技术和优化仿真技术进行开采规划设计，从而改善采矿条件，提高生产效率。

### 关键技术：地质建模与地质统计

数字地测业务处理技术通过测量数据和地质勘探数据，利用建模分析方法实现资源储量估算。

### 关键技术：自动化编制与几何量算

数字采矿业务处理技术实现采掘（剥）计划的自动化编制，基于模型几何量算进行测量验收，并基于网络模型实现风网自动解算。



# 1.5

## 数字矿山、智能矿山及 智慧矿山的

—— 矿山开采生产与运营管理新模式的发展背景





# 1.5.1 数字矿山与智能矿山



## 智能矿山

智能矿山则是利用系统工程理论及网络、自动控制和人工智能等技术，实现采矿设计、计划、生产、调度和决策等过程的智能化。

## 数字矿山

数字矿山是以数字化为基础，以信息化为技术手段解决矿山全生命周期中技术与业务管理的新型矿山技术体系和生产管理模式。

## 两者关系

数字矿山是实现智能矿山的基础，而智能矿山是数字矿山发展的终极目标，两者处于矿山信息化的不同阶段，相互渗透、相互融合。





## 1.5.2 智能矿山与智慧矿山



### 智能矿山智慧矿山

矿业研究学者对“智能矿山”与“智慧矿山”的理解存在见解。从词义上看，智能矿山注重智力和能力的表现，智慧矿山强调辨析判断和发明创造的能力。

### 智慧的定义

智慧是生物基于神经器官的高级综合能力，包含感知、知识、记忆、理解、联想、情感、逻辑、辨别、计算、分析、判断、文化、中庸、包容、决定等多种能力。

### 智能的定义

智力是认识、理解客观事物并运用知识、经验等解决问题的能力，包括记忆、观察、想象、思考、判断等。能力是完成一项目标或者任务所体现出来的综合素质。

### 矿山需求

对于矿山开采注重提高生产力的应用场景，“文艺”“情感”应该是剩余价值了。因此，智能矿山比智慧矿山更贴合矿山需求实际。



# Q&A