

ICS 27.140
P 59
备案号: J2458—2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

P **NB/T 35099—2017**

水电工程三维地质建模技术规程

Technical Specification of 3D Geological Modeling
for Hydropower Projects

2017 - 11 - 15 发布

2018 - 03 - 01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程三维地质建模技术规程

Technical Specification of 3D Geological Modeling
for Hydropower Projects

NB/T 35099—2017

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 8 年 3 月 1 日

中国水利水电出版社

2018 北 京

中华人民共和国能源行业标准
水电工程三维地质建模技术规程
Technical Specification of 3D Geological Modeling
for Hydropower Projects
NB/T 35099—2017

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)
网址: [www. waterpub. com. cn](http://www.waterpub.com.cn)
E-mail: [sales@waterpub. com. cn](mailto:sales@waterpub.com.cn)
电话: (010)68367658(营销中心)
北京科水图书销售中心(零售)
电话: (010)88383994、63202643、68545874
全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售
北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

*

140mm×203mm 32 开本 2.25 印张 58 千字
2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷
印数 0001—2000 册

*

书号 155170 · 379
定价 **36.00** 元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,
本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

国家能源局
公 告

2017 年 第 10 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气生产站场安全管理规范》等204项行业标准，其中能源标准（NB）62项、电力标准（DL）86项、石油标准（SY）56项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2017 年 11 月 15 日

NB/ T 35099—2017

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
33	NB/T 35099— 2017	水电工程 三维地质建模 技术规程			2017 - 11 - 15	2018 - 03 - 01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：数据准备、三维建模、模型检查、成果交付。

本规程由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电勘测设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规程主编单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规程参编单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

浙江华东建设工程有限公司

福建华东岩土工程有限公司

本规程主要起草人员：王国光 单治钢 卓胜豪 陈长河

田华兵 李 忠 宫海灵 薛 聪

廖 卓 徐 震 陆 飞 陈清欣

唐海涛 吴泽锦 刘仕勇 李进敏

王小锋 吴 勇

本规程主要审查人员：杨 建 周志芳 李文纲 王惠明

朱焕春 陈锁忠 邹乐君 张国宝

周才全 张积强 梁 晖 王晓文

NB/ T 35099—2017

欧阳明鉴 权重民 冯科锋 郑克勋
易志坚 石伟明 陶金昌 廖建军
王晓岚 吴学明 张志伟 李仕胜

目 次

1 总则 1

2 术语 2

3 基本规定 5

4 数据准备 6

 4.1 数据收集 6

 4.2 数据处理 7

 4.3 数据库建立 8

5 三维建模 10

 5.1 一般规定 10

 5.2 地形模型 11

 5.3 基础数据模型 12

 5.4 地质几何模型 13

 5.5 地质属性模型 16

 5.6 模型编辑与修改 17

 5.7 协同建模 17

6 模型检查 19

 6.1 一般规定 19

 6.2 检查要求 19

7 成果交付 21

 7.1 一般规定 21

 7.2 交付要求 21

附录 A 三维地质建模方法 22

附录 B 三维地质模型分类及属性定义规则 24

附录 C 三维地质建模内容及精度 28

附录 D 三维地质建模难度等级划分 31

NB/T 35099—2017

本规程用词说明 32

引用标准名录 33

附：条文说明 35

Contents

1 General Provisions 1

2 Terms 2

3 Basic Requirement 5

4 Data Preparation 6

 4.1 Data Collection 6

 4.2 Data Processing 7

 4.3 Database Establishment 8

5 3D Modeling 10

 5.1 General Requirement 10

 5.2 Terrain Model 11

 5.3 Basic Data Model 12

 5.4 Geological Geometric Model 13

 5.5 Geological Attribute Model 16

 5.6 Model Editing and Modifying 17

 5.7 Collaborative Modeling 17

6 Model Checking 19

 6.1 General Requirement 19

 6.2 Checking Requirement 19

7 Achievement Delivery 21

 7.1 General Requirement 21

 7.2 Delivery Requirement 21

Appendix A 3D Geological Modeling Method 22

Appendix B Classification and Attribute Definition

 Rules of 3D Geological Model 24

Appendix C Contents and Accuracy of 3D Geological

NB/ T 35099—2017

Modeling 28

Appendix D Difficulty Ranking of 3D Geological
Modeling 31

Explanation of Wording in This Specification 32

List of Quoted Standards 33

Addition: Explanation of Provisions 35

1 总 则

1.0.1 为规范水电工程三维地质建模的内容、流程和技术要求，保证建模质量，提高工程地质分析能力和协同工作效率，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水电工程的三维地质建模工作。

1.0.3 水电工程三维地质建模，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 三维地质系统 3D geological system

由工程地质数据管理、三维建模、辅助绘图、计算分析等多种功能模块组成的计算机应用软件。

2.0.2 地质数据库 geological database

将工程地质勘察数据以一定方式储存在一起，能为多个用户共享，具有尽可能小的冗余度，与应用程序彼此独立的数据集合。

2.0.3 模型元素 model element

三维地质系统中以点、线、面、体、空间离散网格等表征自然物体或虚构物体的整体或局部且带有物体属性的图形单元。

2.0.4 图元属性 graphic attributes

三维地质系统中点、线、面、体、空间离散网格等图元具有的图形属性，包括图层、颜色、符号、线型、花纹、透明度，以及节点坐标、节点数、线长、面积、体积等。

2.0.5 工程地质属性 engineering geological attributes

工程地质对象所具有的与工程有关的内在特性和相互间关系特性。

2.0.6 三维地质模型 3D geological model

根据工程勘察设计要求，利用工程区一定范围内的地质勘察资料，按工程对象类别建立的具有图元属性和工程地质属性的三维模型，是地形模型、基础数据模型、地质几何模型、地质属性模型的集合。

2.0.7 数字高程模型 (DEM) digital elevation model

用点云、不规则三角网格 (TIN)、规则格网 (GRID) 等有序数值阵列形式表示地形表面起伏形态的一种数字地形模型。

2.0.8 几何图元建模方法 geometric primitive modeling method

根据地质体特征和相互关系，利用点、线、面、体基本图元进行几何图形生成和编辑的方法。

2.0.9 约束建模方法 constraint modeling method

以地质体特征和相互关系作为约束条件，将基本图元通过约束生成地质模型的方法。

2.0.10 基础数据模型 basic data model

基于工程地质勘察采集数据建立的地质测绘模型、勘探模型、物探模型、试验模型、观测模型。

2.0.11 地质几何模型 geological geometric model

在三维地质系统中，以点、线、面、体等几何图元表示地质体对象、数据分析成果的位置、形态、分布、规模、相互关系等空间特征的模型。

2.0.12 地质属性模型 geological attribute model

在三维地质系统中，将几何实体模型划分成网格单元，并在网格节点、面片、单元上赋予地质体特征值的模型。

2.0.13 模型样式 model style

在三维地质系统中，定义模型组成要素及其表达规则的集合，包括坐标系、主单位、方向、图层、图元、符号、显示、颜色、标注、属性表等，通常配置成标准化模板。

2.0.14 地形体 topographic entity

地质建模范围内的地形面与某一高程平面之间围合而成的实体。

2.0.15 模型精度 model accuracy

三维地质模型与对应实物的吻合程度。

2.0.16 专项地质建模 special geological modeling

为分析和解决专门性工程地质问题，分区、分项创建三维地质模型的过程。

2.0.17 模型参考 model reference

在三维地质系统中，当前模型加载并引用其他模型，而不复制其数据内容的过程。

2.0.18 模型总装 model assembly

在三维地质系统中，将多个模型通过模型参考、模型合并组装成一个整体的过程。

2.0.19 模型固化 model release

在三维地质系统中，当模型完成产品标识、电子签名、重要信息加密等操作后，对模型的电子文档进行技术处理使之不再被修改的过程。

3 基本规定

3.0.1 水电工程枢纽区宜进行三维地质建模，边坡、水库区、料场等可根据需要进行专项地质建模。

3.0.2 三维地质建模应选择满足显示效率、专业分析、精确绘图、属性管理、协同建模、安全保密、数据兼容等技术要求的三维地质系统，并应符合现行国家标准《CAD 通用技术规范》GB/T 17304 的有关规定。

3.0.3 开展三维地质建模前，应根据勘察任务书、勘察工作大纲等技术要求确定三维地质建模的范围，可编制三维地质建模工作大纲。三维地质建模工作大纲宜包括下列内容：

- 1 工程和地质概况。
- 2 编制目的、任务、依据和技术要求。
- 3 建模的范围、内容、深度、重点、难点及方法。
- 4 工作量及计划进度。
- 5 生产组织、资源配置、安全措施及质量保证措施。
- 6 提交的成果。

3.0.4 应根据工程项目三维地质建模的任务要求，对三维地质系统所涉及的服务器、网络、计算机等硬件，及数据库、基础CAD 等软件进行配置。

3.0.5 三维地质建模应在地形测量、地质测绘、勘探、物探、试验、观测工作及成果分析的基础上，按数据收集与处理、数据库建立、三维模型建立、模型编辑与修改、模型检查、成果交付的程序进行。

3.0.6 三维地质建模 CAD 文件管理、光盘存储、归档应符合现行国家标准《CAD 文件管理》GB/T 17825.1 和《CAD 电子文件光盘存储、归档与档案管理要求》GB/T 17678.1 的有关规定。

4 数据准备

4.1 数据收集

4.1.1 三维地质建模应主要收集地形、地质、勘探、物探、试验、观测等基础资料，包括数据、图表、文字报告、影像，并宜采用数据表格、数据文本或图形文件形式记录。

4.1.2 地形数据宜收集数字高程模型（DEM），并应符合现行行业标准《基础地理信息数字成果 1：500、1：1000、1：2000 数字高程模型》CH/T 9008.2 和《基础地理信息数字成果 1：5000、1：10000、1：25000、1：50000、1：100000 数字高程模型》CH/T 9009.2 的有关规定。当缺乏数字高程模型（DEM）时，可收集地形点云、等高线、遥感影像等数据。

4.1.3 地质数据应主要收集地层岩性、地质构造、风化、卸荷、水文地质、不良物理地质现象、岩溶和坝基岩体分类、洞室围岩分类等内容，并宜符合下列规定：

1 宜优先收集工程地质勘察原始记录和地质分析成果的数据。

2 当建模前有地质图成果时，宜从地质图中采集地质界线和描述数据。

4.1.4 勘探数据宜主要收集勘探类型、位置、规格及其揭露的地质信息数据。

4.1.5 物探数据宜主要收集物探方法、测试位置及主要的原始测试数据和解译成果。

4.1.6 试验与观测数据宜主要收集试验与观测方法、类型、位置、组数和地质条件，以及主要的原始数据和成果。

4.2 数 据 处 理

4.2.1 开展三维地质建模工作前应对收集到的地形、地质、勘探、物探、试验、观测等数据进行范围截取、筛选、格式转换等处理。

4.2.2 地形数据处理应符合下列要求：

1 当地形数据量大且存在冗余时，应在满足精度要求的条件下进行冗余数据的消除处理。

2 外部导入的地形数据宜与所选择的三维地质系统数据格式一致，当存在数据格式转换且发生数据损失时，应调整转换参数。

4.2.3 地质原始记录和分析成果的数据应进行数字化处理，形成数据的电子表格或文本文件，并应主要包括下列内容：

1 地层的年代、岩性、分布、层序、厚度、接触关系。

2 地质构造的编号、类型、分布、产状、形态、规模、性质、组合形式、交切关系。

3 地表水水位，地下水类型、水位、性质及补给、径流、排泄特征，岩体透水性，相对隔水层顶板位置。

4 岩溶的类型、分布、形态、规模、充填情况。

5 岩体风化、卸荷程度，滑坡体、崩塌体、变形体、危岩体、泥石流堆积体等的分布位置、形态、类型、成因、发育程度、发展趋势。

6 工程区岩石、岩土体物理力学性质，坝基岩体工程地质分类，地下洞室围岩分类，天然建筑材料分布、储量、质量。

4.2.4 地质图中的地质界线数据应按下列要求进行处理：

1 纸质图件可采用仪器或人工方式进行矢量化处理，并保持原图精度。

2 电子图件数据宜通过图层、颜色、符号等进行筛选，提取有效的地质界线和描述数据。

3 地质界线可通过调整图形单位、比例及变换坐标导入三维地质系统，并为地质线条图元赋予工程地质属性。

4.2.5 勘探、物探、试验及观测数据可按下列要求进行处理：

1 作业描述信息可通过数字化处理形成数据的电子表格或文本文件。

2 作业成果数据可通过仪器设备导出或按数据模板整理，形成数据的电子表格或文本文件。

3 解译成果图可按本规程第 4.2.4 条的规定进行处理。

4.2.6 当收集的地质数据存在矛盾时，应进行分析、验证和处理。

4.3 数据库建立

4.3.1 地质数据库建立应主要包括数据库设计、配置、数据入库、内容检查、维护管理等过程。

4.3.2 地质数据库宜采用关系型数据库进行设计。地质数据库应主要包括下列内容：

1 地质数据字典。

2 建模任务有关的项目、阶段、成员、权限信息。

3 模型产品有关的任务、流程、版本信息。

4 地质、勘探、物探、试验、观测等数据信息。

4.3.3 地质数据库配置应符合下列要求：

1 数据库服务器运行速度、并发能力、存储容量等应满足三维地质建模工作要求。

2 应设置数据库管理员和普通用户访问权限，并建立数据库备份计划等。

3 宜采用局域网络，开放网络端口，实现数据共享。

4.3.4 地质数据入库应设置项目人员的操作权限，可采用手工录入和将处理后的电子表格或文本数据导入，数据的增、删、改操作应进行记录。

4.3.5 地质数据库用于三维地质建模前，应检查入库数据与入库前数据的一致性。当存在数据关联、类型错误，以及记录、字段漏缺等问题时，应进行数据分析、验证和处理。

4.3.6 地质数据库的维护管理应主要包括数据库安全、升级、合并管理，并应符合下列要求：

1 数据库应进行安全策略设置、日常安全检查、安全日志分析和数据库日常备份等安全管理工作，防止数据被破坏、盗取、篡改。

2 应根据三维地质系统版本更新要求对数据库结构进行升级，并做好升级记录和数据库版本管理。

3 当网络数据库离线使用后，应将离线使用的数据库更新部分合并至网络数据库中，合并时应检查并确保数据库版本一致。

5 三维建模

5.1 一般规定

5.1.1 三维地质建模应按三维地质建模流程（图 5.1.1）进行，并在建模过程中进行模型编辑与修改。

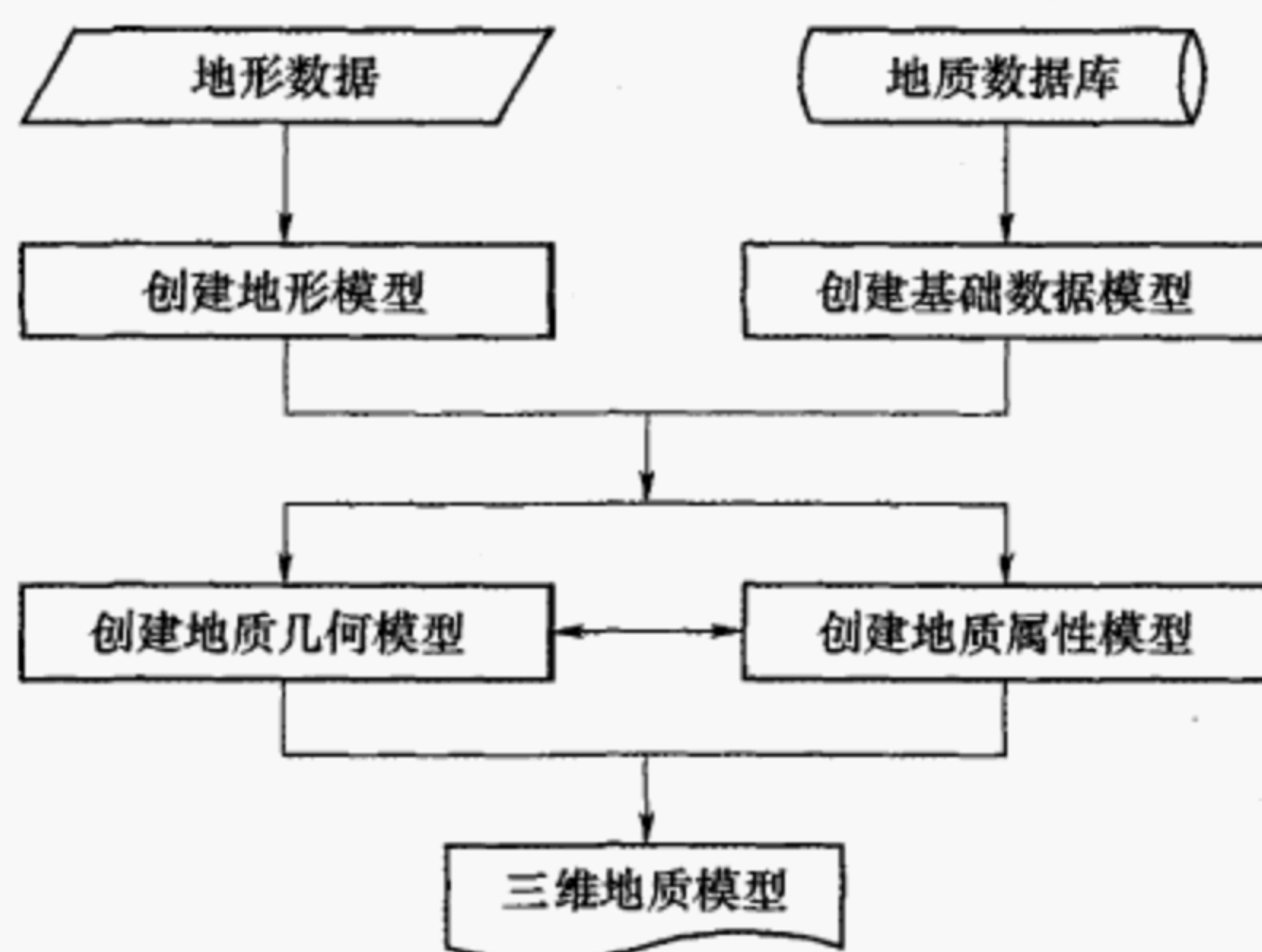


图 5.1.1 三维地质建模流程

5.1.2 宜根据所采用的三维地质系统特性选择建模方法。三维地质建模方法应符合本规程附录 A 的规定。

5.1.3 三维地质建模应符合下列要求：

- 1 资料应可靠。
- 2 应先整体后局部。
- 3 应优先确定控制性单元。
- 4 宜按地质年代先新后老的顺序。

5.1.4 三维地质建模应优先采用基础 CAD 软件中建模精度损失小的图形格式和建模工具。模型精度应符合现行行业标准《水

电水利工程地质测绘规程》DL/T 5185 中规定的相应比例尺精度要求。

5.1.5 三维地质模型应进行分类和属性定义，并应结构合理、主次分明、标识清晰。三维地质模型分类及属性定义规则应符合本规程附录 B 的有关规定。

5.1.6 三维地质建模时，地质界线可在勘探点之间和勘探范围之外做合理推测，推测的距离宜按对应勘察阶段的比例尺 1:200、1:500、1:1000、1:2000、1:5000、1:10000 确定，分别不宜超过 10m、25m、50m、100m、250m、500m，超过该距离的模型推测部分应予以说明。

5.1.7 对专门性工程地质问题的勘察研究，宜开展专项地质建模工作。

5.1.8 三维地质建模工作宜按不同勘察阶段进行，并可根据需要在同一阶段内再分期实施。勘察阶段的划分应符合现行国家标准《水力发电工程地质勘察规范》GB 50287 的有关规定，各勘察阶段三维地质建模的内容及精度可按本规程附录 C 确定。

5.1.9 跨阶段建模时，应根据勘察资料的变化情况，对三维地质模型进行动态调整和渐进细化。

5.1.10 应根据工程规模、地形地质条件进行三维地质建模难度等级划分。三维地质建模难度等级可划分为复杂、中等、简单，并按本规程附录 D 的规定确定。

5.2 地形模型

5.2.1 地形模型应包括地形点云、地形等高线、地形面和地形体。

5.2.2 当收集的地形数据为数字高程模型 (DEM) 时，可直接作为三维地质建模的地形面模型，并宜采用不规则三角网 (TIN) 表示。当地形起伏变化小时，亦可采用规则格网 (GRID) 表示。

5.2.3 当收集处理的地形数据为地形点云、等高线时，可采用点云、等高线生成地形面模型。

5.2.4 地形面模型应根据三维地质建模范围进行剪裁和拼接处理，并应符合下列要求：

1 地形平面范围宜截取为矩形，不规则场地可截取为多边形。

2 当三维地质建模分多个区块进行时，各区块地形面边界应无缝接合。

3 当剪裁范围内的地形面不完整时，可在空缺部位拼接其他比例尺的地形面。

5.2.5 当地形面模型完成后，应根据新增勘探点实测坐标及时修正。

5.2.6 地形体可采用地形面铅直拉伸建立。

5.3 基础数据模型

5.3.1 基础数据模型应以几何图元和属性反映地质数据采集的方法、位置、数量、相互关系和地质信息，并在建模过程中随勘察基础数据的变化及时更新。

5.3.2 地质测绘点、物探点、试验点、观测点、取样点宜以点图元表示，可采用交互成点法或坐标成点法建立。

5.3.3 勘探线宜以线图元表示，可采用交互成线法或坐标成线法建立。

5.3.4 钻孔、平洞、探井、探坑、探槽宜以体图元表示，当需要表示地质体的分层信息时，宜以分段连续的体图元表示，均可采用软件参数法自动建立。

5.3.5 物探、试验、观测曲线宜以线图元表示，可采用坐标成线法建立。

5.3.6 原始采集的地质数据建模应反映地质体揭露点位置和产状，宜以点、线图元表示，并应符合下列要求：

1 地质点宜以不同颜色的符号表示，可采用坐标成点法、交互成点法、驱动成点法建立。

2 地质线宜以不同颜色和线宽的线型来表示，可采用坐标成线法、交互成线法、投影成线法、剖面成线法、等值成线法、求交成线法、驱动成线法建立。

5.4 地质几何模型

5.4.1 地质几何模型创建应以地形模型、基础数据模型为基础，采用点、线、面、体图元表示，并应符合下列要求：

1 地质点、地质线可按本规程第 4.2.4 条和第 5.3.6 条的要求创建。

2 地质界面宜以等间距网格（GRID）、不规则三角网（TIN）、非均匀有理 B 样条（NURBS）曲面表示，并以颜色、透明度、花纹、渲染区分，可采用趋势成面法、投影成面法、离散光滑插值成面法、断面成面法、约束成面法建立。

3 地质实体应以封闭 Mesh 表面或 Solid 实体表示，并以颜色、透明度、花纹、渲染区分，可采用软件参数法、实体分割法、表面缝合法、表面拉伸法、断面拉伸法、布尔运算法、约束成体法建立。

5.4.2 地层岩性界面和实体分层建模前，应先创建基覆界面、覆盖层和基岩实体，并应符合下列要求：

1 基覆界面建模应以覆盖层地表范围线、揭露点、底面轮廓线为基础，采用投影成面法或离散光滑插值成面法建立。当覆盖层埋深较浅且受地形面起伏影响较大时，可采用校正处理法进行快速建模。

2 基岩面宜采用校正处理法将地形面覆盖层部分校正到基覆界面上建模，或采用拼接处理法将基覆界面与地形面的基岩露头部分拼接建模。

3 覆盖层实体宜采用实体分割法由基覆界面分割地形体建

模，或采用表面缝合法由地形面的覆盖层表面部分与基覆界面缝合建模。

4 基岩实体宜采用实体分割法由基覆界面分割地形体建模，或采用表面拉伸法将基岩面向某一高程平面拉伸建模。

5.4.3 地层岩性界面和实体分层建模时，应先分析其空间分布规律和形态特征，并应符合下列要求：

1 地层界面平直时，宜利用一个或多个采集点的位置和产状数据，确定地层界面的局部形态和整体延伸趋势，采用趋势成面法进行建模。

2 地层界面呈规则弯曲时，宜先确定地层界面近平行的多个弯曲断面线和拉伸轴线，采用断面成面法进行建模。

3 地层界面呈不规则弯曲时，宜采用离散光滑插值成面法建模，或将不规则弯曲的地层界面分成多个部分后，采用投影成面法和拼接成面法组合建模。

4 当地层界面上存在错断，且比例尺为 1 : 200、1 : 500、1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000、1 : 10000，地质构造最大断距分别大于等于 0.4m、1m、2m、4m、10m、20m 时，应进行地层界面的错断特征建模。

5 当比例尺为 1 : 200、1 : 500、1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000、1 : 10000，地层厚度分别大于等于 0.4m、1m、2m、4m、10m、20m 且地层分布范围分别大于等于 4m、10m、20m、40m、100m、200m 时，或存在影响工程地质性质的夹层和透镜体时，应建立实体模型。

6 地层实体建模应在地层界面完成后进行，宜从覆盖层实体或基岩实体中间部位开始，采用实体分割法逐层分割建模。

5.4.4 地质构造面和实体建模应符合下列要求：

1 地质构造面应根据空间位置、产状、延伸规模和相互交切关系建模，可采用趋势成面法、约束成面法、投影成面法等建立。当需反映地质构造面相互交切关系时，宜采用裁切处理法进

行处理。

2 前第四纪地质构造面不应超出基覆界面，建模时可采用约束成面法将基岩面作为约束条件处理，或采用裁切处理法将超出基岩面的部分批量裁切。

3 地质构造倾向延伸长度不明确时，宜按倾向延伸长度不超过走向延伸长度进行建模。

4 当比例尺为 1 : 200、1 : 500、1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000、1 : 10000，地质构造宽度分别大于等于 0.4m、1m、2m、4m、10m、20m 时，应建立地质构造实体。地质构造实体可采用表面拉伸法、表面缝合法等建立。

5.4.5 地表水位和地下水位面建模宜先采用投影成面法或离散光滑插值成面法建立水位面，再由地形面将水位面分割为地表水位面和地下水位面两个部分。可根据设计需要，建立不同时期的多个地下水位面。

5.4.6 岩体风化、卸荷、相对隔水层界面和实体建模应符合下列要求：

1 岩体风化和卸荷界面建模应在基岩面、地层界面和地质构造面建模完成后进行，可采用投影成面法或离散光滑插值成面法，从靠近基岩面的风化和卸荷界面开始，依序完成基岩体深部的其他风化和卸荷界面的建模。

2 相对隔水层界面应取分层顶面建模，可根据水文地质试验确定的分层顶面采用投影成面法建立，或直接利用水文地质试验数据采用等值成面法建立。

3 风化、卸荷、相对隔水层实体模型可利用已建立的界面采用实体分割法、表面缝合法建立。

5.4.7 不良物理地质现象模型可按本规程第 5.4.2 条规定的基覆界面和覆盖层实体建模方法进行。当不良物理地质现象地质体的底面为基覆界面时，可采用约束成面法和约束成体法建模。

5.4.8 溶洞建模应符合下列要求：

1 开口的溶洞模型宜以面表示，采用球状投影成面法或离散光滑插值成面法生成。

2 封闭的溶洞模型宜以实体表示，采用断面拉伸法或离散光滑插值成体法生成。

3 当溶洞内支洞较多时可分段建模，采用拼接处理法、表面缝合法将溶洞支洞部分合并成整体模型，或采用离散光滑插值成体法直接生成。

5.4.9 坝基岩体分类、地下洞室围岩分类、天然建筑材料实体建模应在基础数据模型和其他地质几何模型的基础上进行，并应符合下列要求：

1 坝基岩体分类界面应通过地质综合分析得到分类界点和界线，采用投影成面法、离散光滑插值成面法、断面成面法建立，坝基岩体分类实体模型可采用实体分割法建立。

2 地下洞室围岩分类实体模型宜采用实体分割法，由分类界面分割地下洞室围岩实体生成，或采用软件参数法自动建模。

3 天然建筑材料模型应包括有用料和无用料实体模型，可采用实体分割法建立。

5.4.10 地质透镜体应采用实体图元表示，可采用剖面成线法确定边界线，再采用断面拉伸法由一个或多个剖面线拉伸建立。

5.4.11 当缺少实测勘探数据时，可采用地质属性模型解析生成地质几何模型。

5.5 地质属性模型

5.5.1 当需进行岩土体物理力学性质分析评价、专门性工程地质问题勘察研究时，宜以地形模型、基础数据模型和地质几何模型为骨架，利用实测数据和计算分析数据建立地质属性模型。

5.5.2 地质属性模型宜采用空间离散网格表达地质体内部空间属性特征，可用颜色、透明度、特征点、等值线、等值面、三维云图等方式展示，通过几何实体生成网格的方法创建。

5.5.3 地质属性模型宜根据工程地质问题分析的要求，按下列步骤建立：

- 1 在基础数据模型、地质几何模型中选择或截取有关部分，并对模型进行简化处理。
- 2 对地质实体模型进行四面体或六面体的网格单元划分。
- 3 在分析范围内提取勘探、物探、试验、观测等实测数据。
- 4 在临空面和地质界面上施加约束，通过插值分析计算，为剖分的所有节点或网格单元赋予岩体强度、渗透性、地应力等反映岩体特征的属性。

5.6 模型编辑与修改

5.6.1 应对三维地质模型中不符合要求的部分及时进行编辑与修改。

5.6.2 模型编辑与修改的步骤宜包括模型分析、解译插值、模型修改，可在模型成果交付前循环反复进行。

5.6.3 模型编辑与修改宜采用单点编辑、局部替换、删除重建、约束调整的方式进行，并应符合下列规定：

- 1 当模型少数节点位置有偏差时，宜采用单点编辑方式修改，将需要调整的节点依序拖动到正确的位置上。
- 2 当模型局部范围多数节点有偏差时，宜采用局部替换方式修改，依次进行局部修剪、局部建模、整体拼接操作。
- 3 当模型可快速生成或局部替换复杂时，宜采用删除重建方式修改。
- 4 当模型采用约束建模方法生成时，宜采用约束调整方式修改，通过调整建模元素、建模方法、建模参数等模型约束实现。

5.7 协同建模

5.7.1 三维地质建模需多专业或多人共同完成时，宜进行协同

建模。

5.7.2 协同建模宜根据工程布置和勘察区域划分建模区块，同一建模区块宜根据模型类型和模型相关性划分为多个建模分项。

5.7.3 协同建模的软件、硬件环境应符合下列规定：

1 应统一网络接口和服务，服务端配备数据访问和共享的服务器。

2 应根据用户角色，在三维地质系统中配置不同的读写和访问权限。

3 应使用相同的三维地质系统版本和三维地质模型样式模板。

5.7.4 协同建模方法应符合下列规定：

1 宜根据建模区块和分项，在三维地质系统中创建独占可写权限的模型文件。

2 宜根据建模内容相关性，在当前编辑的模型文件中参考引用其他相关模型文件。

3 建模过程中宜根据模型完成状态将模型文件更新至服务器。

5.7.5 协同建模的区块、分项模型完成时，应进行模型总装。总装方式应符合下列规定：

1 同一区块内的分项模型宜采用模型合并方式总装。

2 相邻区块的模型宜采用模型参考方式总装。

5.7.6 模型总装后的电子文件容量不应超过 CAD 软件和计算机硬件性能的限制。模型总装应避免模型空间范围重叠、模型元素重复问题。

5.7.7 地质和土工跨专业协同建模宜采用模型参考方式进行。

6 模型检查

6.1 一般规定

6.1.1 三维地质模型检查前应做好建模依据、记录和成果等相关资料的准备工作。

6.1.2 三维地质模型应从建模的合规性、合理性、准确性、完整性四个方面进行检查。

6.1.3 模型检查应在建模全过程中进行，应根据建模技术要求按本规程附录 A、附录 B、附录 C 的规定，检查模型元素及图元属性、工程地质属性等内容。

6.1.4 模型检查的结果应做记录，对检查后不符合要求的模型部分应及时进行模型编辑与修改。

6.2 检查要求

6.2.1 三维地质模型合规性检查宜主要包括建模任务要求、基础数据整理、建模过程方法、成果检查验收、模型固化发布等内容。

6.2.2 三维地质模型合理性检查可采用三维视图、随机剖面、等值线图方式，应重点检查地质体推测的部分，并宜符合下列规定：

1 地质线宜主要检查地表迹线、剖面地质线条的形态、延伸和相互间关系等。

2 有产状的地层和地质构造等地质界面宜主要检查空间展布、边界、产状和相互制约关系等。

3 无产状的风化、卸荷、水位、相对隔水层等地质界面，宜主要检查空间展布及与地形面、基岩面、相邻界面的关系等。

- 4 地质实体宜主要检查其形态、边界面和相互间关系等。
- 6.2.3 三维地质模型准确性检查应包括模型精度和模型与基础数据、分析数据的一致性，可采用目测、量测、统计等方法。
- 6.2.4 三维地质模型完整性检查应符合下列规定：
 - 1 建模范围应满足设计要求。
 - 2 建模资料应收集齐全，数据处理和入库应完整。
 - 3 应按本规程附录 C 的要求逐项检查，确保模型内容无遗漏。
 - 4 模型元素应连续完整，不应出现地质线条断点、地质界面拼接缝隙、地质实体表面缺损等现象。
 - 5 模型属性中的模型类型、编号不应为空项。

7 成果交付

7.1 一般规定

- 7.1.1 三维地质建模完成后应编制模型说明书，进行固化发布和资料归档。
- 7.1.2 三维地质模型固化发布前应进行成果校审和验收。
- 7.1.3 三维地质模型成果应进行固化处理，固化后的模型应满足版本唯一、数据保密、过程可追溯、文件只读等要求。

7.2 交付要求

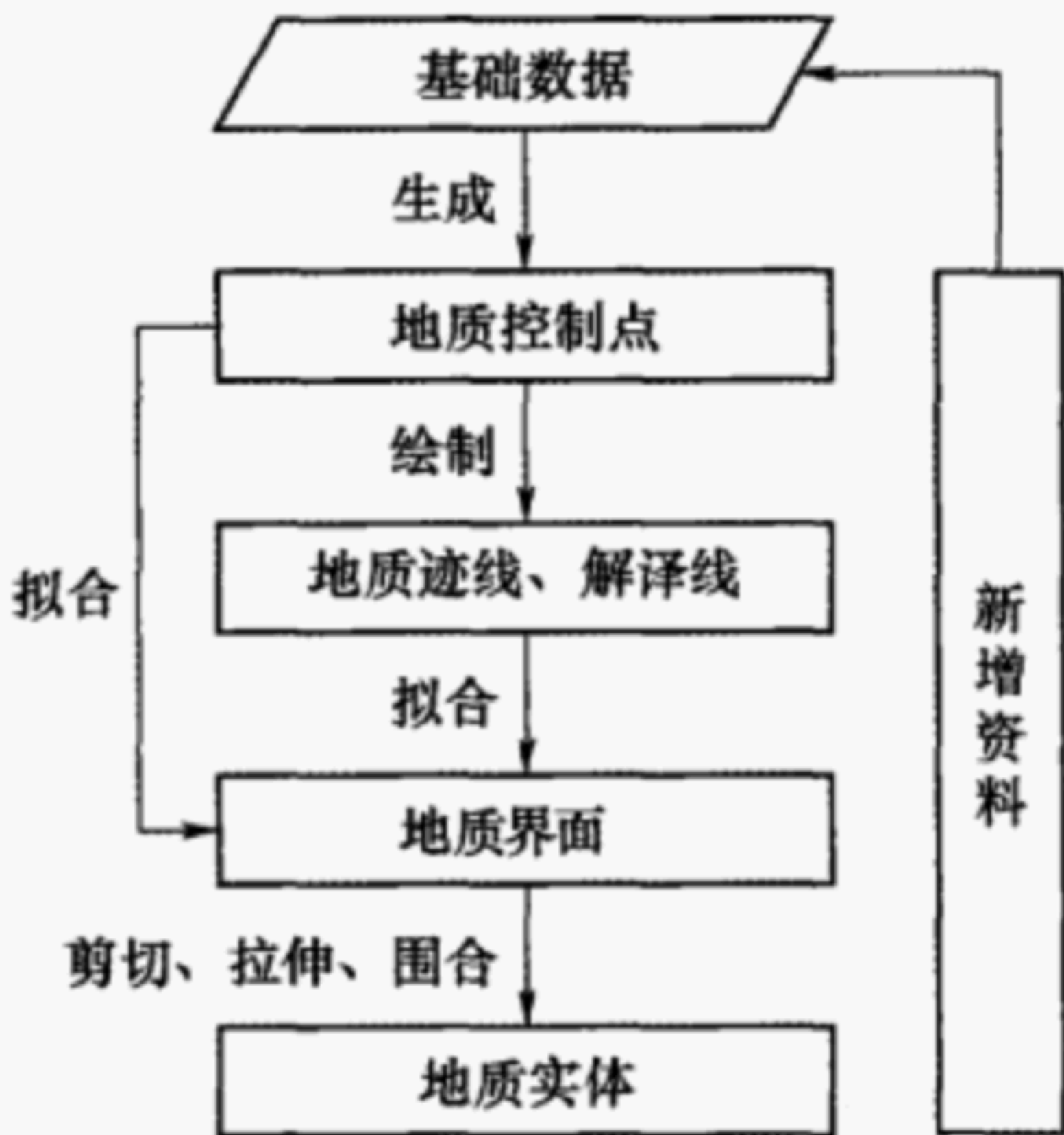
- 7.2.1 三维地质建模成果交付应包括下列内容：
 - 1 三维地质模型电子文件。
 - 2 与三维地质模型版本一致的地质数据库电子文件。
 - 3 三维地质模型说明书。
- 7.2.2 三维地质模型说明书的内容应主要包括工程概况、任务要求、建模依据、建模范围及内容、模型精度、使用注意事项、建模软件及版本等。
- 7.2.3 三维地质模型固化发布应符合下列要求：
 - 1 三维地质模型固化成产品时应写入模型信息、项目信息、任务信息、单位信息等内容，并应采用产品唯一编码进行标识。
 - 2 宜对模型进行轻量化处理，清除模型编辑与修改过程的数据。
 - 3 应通过刻盘或在线形式进行发布。
 - 4 应对涉密的电子文件进行加密处理。
- 7.2.4 三维地质模型成果电子文件归档应符合现行国家标准《电子文件归档与管理规范》GB/T 18894 的有关规定。

附录 A 三维地质建模方法

A.0.1 三维地质建模可采用几何图元建模方法和约束建模方法。

A.0.2 采用几何图元建模方法时，应符合下列规定：

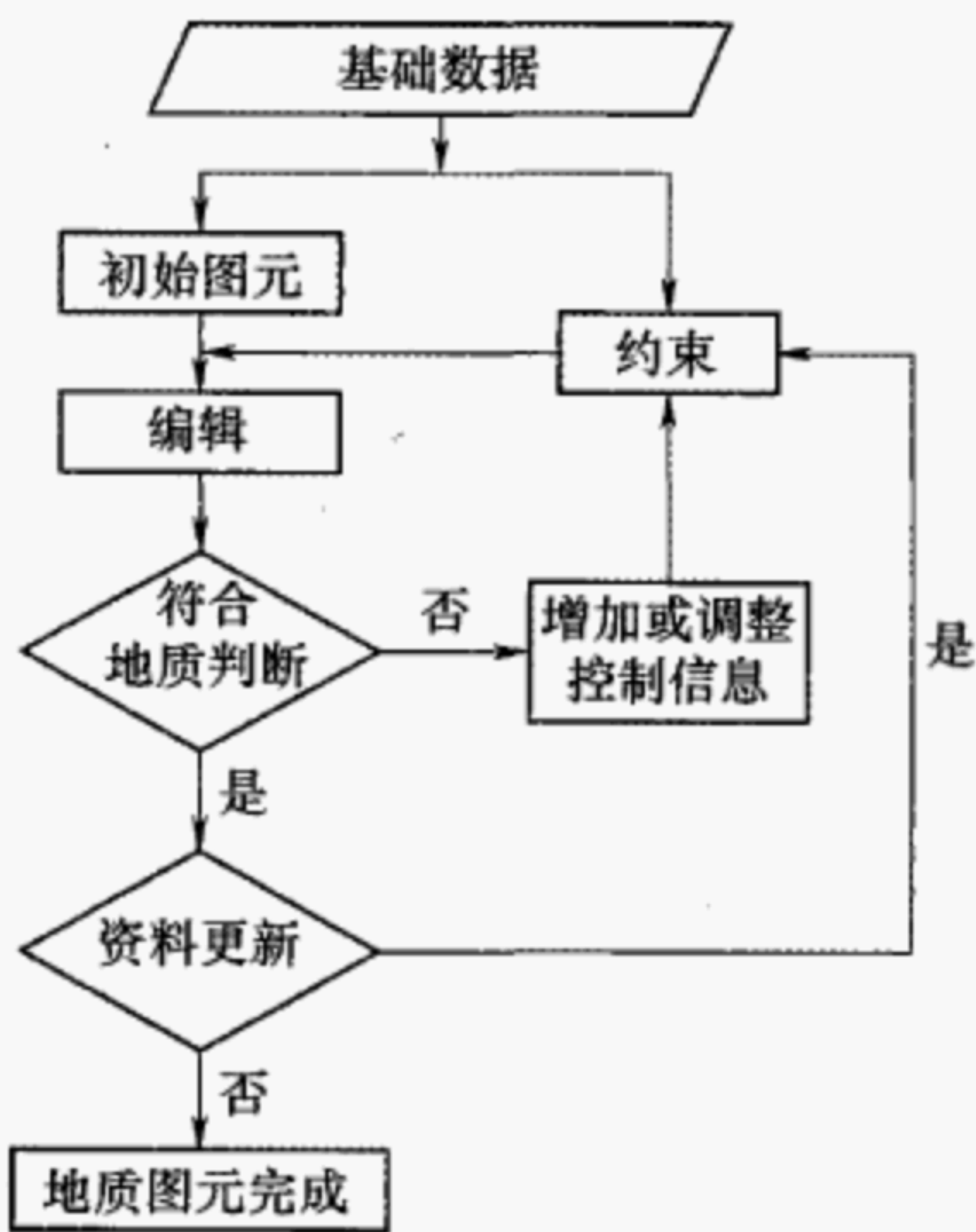
- 1 模型应由点、线、面、体基本图元表示。
- 2 应根据模型的工程地质属性和图元属性进行管理，通过图元属性管理时应包括模型空间和图层。
- 3 应依据地质体特征和相互关系，并应按点、线、面、体的顺序创建。几何图元建模方法的步骤应采用下列流程：



A.0.3 采用约束建模方法时，应符合下列规定：

- 1 应将地质体特征和相互关系作为模型元素生成的约束条件。
- 2 应采用 DSI 插值的算法生成地质界面和实体。
- 3 应根据模型的工程地质属性进行管理，主要通过模型类别和属性筛选。

4 应依据已建立的约束关系进行建模，约束建模方法步骤应采用下列流程：



附录 B 三维地质模型分类及属性定义规则

B.0.1 三维地质模型应包括地形模型、基础数据模型、地质几何模型和地质属性模型四大类。三维地质模型分类应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 三维地质模型分类

模型大类	模型亚类	模型次亚类	备注
地形模型	地形点云	—	—
	地形等高线	—	—
	地形面	—	—
	地形体	—	—
基础数据模型	地质测绘模型	地质测绘点	记录点、拍摄点、岩性点、构造点、出水点、岩爆点等
		地质测绘线	—
		实测地质剖面	—
	勘探模型	勘探线	—
		钻孔	—
		平洞	—
		探井	—
		探槽	—
		探坑	—
		勘探曲线	采取率、获得率、裂隙率等
	物探模型	物探剖面	—
		物探点	—
		物探曲线	声波、地震波、电阻率等
	试验模型	试验取样点	土样、岩样、水样
		原位试验点	变形、剪切、应力试验等
		原位试验曲线	—

续表 B. 0. 1

模型大类	模型亚类	模型次亚类	备注
基础数据模型	观测模型	观测断面	—
		观测点	—
		观测线	—
		观测曲线	—
地质几何模型	地层模型	基覆界面	—
		覆盖层实体	—
		基岩面及实体	—
		岩土层界面及实体	—
	地质构造模型	断层面及实体	—
		挤压破碎带界面及实体	—
		裂隙面	—
		层间错动带界面及实体	—
		层内错动带界面及实体	—
	风化模型	全风化界面及实体	—
		强风化界面及实体	—
		弱风化界面及实体	—
		微风化界面及实体	—
		新鲜岩体实体	—
	卸荷模型	强卸荷界面及实体	—
		弱卸荷界面及实体	—
		深卸荷界面及实体	—
	水文地质模型	地表水位面	—
		地下水位面	—
		相对隔水层界面及实体	—
	不良物理地质现象模型	滑坡体界面及实体	—
		崩坡积体界面及实体	—
		变形体界面及实体	—
		危岩体界面及实体	—
		泥石流堆积体界面及实体	—

续表 B. 0. 1

模型大类	模型亚类	模型次亚类	备注
地质几何 模型	岩溶模型	溶洞、溶蚀裂隙表面	—
		天坑、竖井、斜井表面	—
		暗河表面	—
	坝基岩体 分类模型	I 类界面及实体	—
		Ⅱ类界面及实体	—
		Ⅲ类界面及实体	—
		Ⅳ类界面及实体	—
		V 类界面及实体	—
	地下洞室 围岩分类 模型	I 类围岩界面及实体	—
		Ⅱ类围岩界面及实体	—
		Ⅲ类围岩界面及实体	—
		Ⅳ类围岩界面及实体	—
		V 类围岩界面及实体	—
	天然建筑 材料模型	有用料实体	—
		无用料实体	—
地质属性 模型	—	—	含岩体强度、渗透性、地应 力等特征值属性

B. 0. 2 三维地质模型应根据模型类型定义专属的工程地质属性。工程地质属性定义规则宜符合下列规定：

1 模型编号规则（图 B. 0. 2）宜以模型分类代号加序号组合表示。模型分类代号以模型亚类或次亚类名称拼音首字母表示，不宜超过 4 个字母；序号的位数可根据数据整编要求及数量确定。

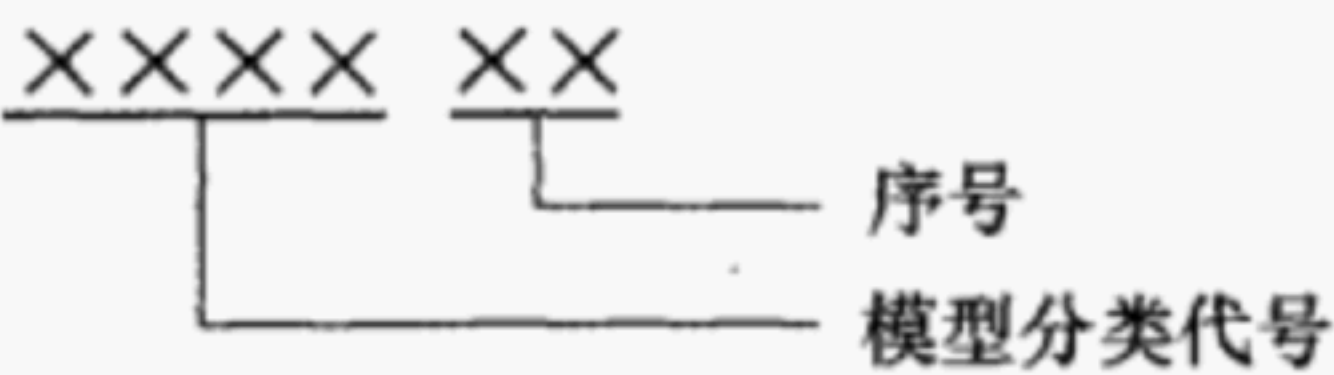


图 B. 0. 2 模型编号规则示意图

2 模型分类相关属性宜包括模型类别、模型亚类、模型次亚类。

3 模型位置相关属性宜包括精确定位的坐标和相对测量基点定位的距离、桩号、深度，以及地名、地物标识位置等。

4 地质特性相关属性宜包括本规程第 4.2.3 条中第 1 款～第 6 款的内容。

5 模型关系相关属性宜包括地质时代新老关系、地质构造交切关系、建模约束关系。

6 工程影响相关属性宜包括影响对象、影响程度、处理措施。

7 工程资料相关属性宜包括记录、照片、录像、图表、报告。

B.0.3 三维地质模型元素应定义专属的图元属性。图元属性定义规则应符合下列规定：

1 模型空间可根据模型的不同来源和建模状态划分，宜将同一个模型的不同数据存储在同一个图层的不同模型空间。

2 图层组可根据模型分类设置，宜将模型亚类定义成同名的图层组。

3 图层可根据模型名称设置，图层名宜采用专业代码和模型分类代号组合表示。

4 颜色可采用 CAD 软件中的色号或三原色（RGB）定义。

5 点符号、线型、花纹的样式应符合现行行业标准《水利水电工程地质制图标准》DL/T 5351 的有关规定。点符号大小、线宽、花纹比例宜固定，且宜随视图缩放。

6 地质界面和地质实体可设置并开启透明度，宜在 50%～80%之间选用。

7 显示样式宜包括点阵、线框、消隐、光滑、带边界、带光照、渐变色、色带和组合样式。地质界面可增加边界显示。地质属性模型宜根据分析要求显示为渐变色或颜色带。

8 标注样式宜包括标注内容、字体、位置、型式。

附录 C 三维地质建模内容及精度

C.0.1 三维地质建模内容应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 三维地质建模内容

建 模 内 容	预可行性研究	可行性研究	招标设计	施工详图设计
地形面	√	√	√	√
地质测绘、勘探、物探、 试验模型	√	√	√	√
观测模型	—	○	○	○
地层模型	√	√	√	√
地质构造、风化、卸荷、 地表水位、地下水位、 相对隔水层界面	√	√	√	√
地质构造、风化、卸荷、 相对隔水层实体	—	○	○	○
岩溶、不良物理地质现象模型	√	√	√	√
坝基岩体分类模型	—	√	√	√
地下洞室围岩分类模型	—	○	○	√
天然建筑材料模型	○	√	√	○
地质属性模型	—	√	○	○

注：表中“√”表示需要建模；“○”表示视需要建模；“—”表示不需要建模。

C.0.2 坝址、引水线路、发电厂房系统、抽水蓄能电站库坝区及料场各阶段地形面建模精度宜符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 各阶段地形面建模精度

地形面	预可行性研究	可行性研究	招标设计	施工详图设计
坝址、料场	1 : 5000~ 1 : 2000	1 : 5000~ 1 : 500	1 : 2000~ 1 : 500	1 : 1000~ 1 : 200
长引水线路	1 : 25000~ 1 : 10000	1 : 25000~ 1 : 5000	1 : 25000~ 1 : 5000	1 : 25000~ 1 : 2000
发电厂房系统 短引水线路	1 : 5000~ 1 : 2000	1 : 2000~ 1 : 1000	1 : 2000~ 1 : 1000	1 : 2000~ 1 : 200
抽水蓄能电站库坝区	1 : 5000~ 1 : 2000	1 : 5000~ 1 : 500	1 : 5000~ 1 : 500	1 : 5000~ 1 : 200

C.0.3 各比例尺三维地质建模精度应按表 C.0.3 的规定确定。当覆盖层、断层破碎带、软弱夹层、透镜体、岩溶、不良物理地质现象对坝基、边坡、地下洞室等有影响，且其规模小于表 C.0.3 所规定的数值时，应在模型中放大比例尺表示；当大于或等于表 C.0.3 中数值时，应按实际比例尺表示。

表 C.0.3 各比例尺三维地质建模精度

模型类别	指标	比例尺					
		1 : 25000~ 1 : 10000	1 : 5000	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500	1 : 200
基覆界面	深度 (m)	5.0		2.0	1.0	1.0	0.4
地层实体	厚度 (m)	20.0	10.0	4.0	2.0	1.0	0.4
地质构造面	延伸长 (m)	100.0	50.0	40.0	20.0	10.0	4.0
地质构造实体	宽度 (m)	20.0	10.0	4.0	2.0	1.0	0.4
软弱夹层、 透镜体实体	厚度 (m)	1.0			0.5	0.5	0.2
溶洞、天坑、竖井、 斜井、暗河表面	直径 (m)	2.0			1.0	1.0	0.4
	延伸长 (m)	20.0			10.0	5.0	2.0
溶蚀裂隙面	宽度 (m)	1.0			0.5	0.5	0.2
	延伸长 (m)	100.0	50.0	40.0	20.0	10.0	4.0

续表 C. 0. 3

模型类别	指标	比 例 尺					
		1 : 25000~ 1 : 10000	1 : 5000	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500	1 : 200
有用料层、 无用料层实体	厚度 (m)	—	5.0	2.0	1.0	0.5	—
滑坡体、变形体、 崩坡积体界面 及实体	方量 (m ³)	10000.0	5000.0	2000.0		1000.0	
危岩体界面及实体	方量 (m ³)	—	100.0	50.0			
泥石流堆积体界面 及实体	方量 (m ³)	—	3000.0	1000.0		500.0	

附录 D 三维地质建模难度等级划分

表 D 三维地质建模难度等级划分

建模难度等级划分指标		建模难度等级的指标范围		
指标项	指标分项	复杂	中等	简单
地形	高差（m）	≥500	100~500	<100
	平面范围（km ² ）	≥20	10~20	<10
地层岩性	覆盖层覆盖比例（%）	≥70	50~70	<50
	不规则侵入岩（层）	≥3	2	≤1
	厚薄不均岩层（层）	≥10	5~10	<5
	尖灭地层（层）	≥5	2~5	<2
地质构造	Ⅳ级结构面及以上断裂构造（条）	≥150	50~150	<50
	褶皱（个）	≥3	2	≤1
	软弱夹层（层）	≥5	2~5	<2
不良物理地质现象	滑坡体、崩塌体、泥石流堆积体、变形体总数（个）	≥10	5~10	<5
	危岩体（个）	≥20	10~20	<10
	溶洞、天坑、竖井、斜井、暗河总数（个）	≥20	5~20	<5
	岩体风化夹层（层）	≥5	2~5	<2
水文地质条件	地下水含水层（层）	≥3	2	≤1
勘探工程量	钻孔（孔）	≥100	50~100	<50
	平洞、探井总数（洞）	≥50	50~20	<20

注：1 表中 6 个指标项至少符合 3 个作为条件，从复杂、中等、简单依次认定。
2 指标分项满足 1 项即可认定指标项的难度等级。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《CAD 通用技术规范》GB/T 17304

《CAD 电子文件光盘存储、归档与档案管理要求》GB/T 17678.1

《CAD 文件管理》GB/T 17825.1

《电子文件归档与管理规范》GB/T 18894

《水力发电工程地质勘察规范》GB 50287

《水电水利工程地质测绘规程》DL/T 5185

《水电水利工程地质制图标准》DL/T 5351

《基础地理信息数字成果 1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 数字高程模型》CH/T 9008.2

《基础地理信息数字成果 1 : 5000、1 : 10000、1 : 25000、1 : 50000、1 : 100000 数字高程模型》CH/T 9009.2

中华人民共和国能源行业标准

水电工程三维地质建模技术规程

NB/T 35099—2017

条文说明

制 定 说 明

《水电工程三维地质建模技术规程》NB/T 35099—2017，经国家能源局 2017 年 11 月 15 日以第 10 号公告批准发布。

本规程制定过程中，编制组在广泛调查、深入研究的基础上，总结了水电工程三维地质建模方面的实践经验，吸收了近年来三维地质建模研究方面所取得的科技成果，并向有关设计和科研单位征求意见。

为便于广大勘察、设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《水电工程三维地质建模技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了有关说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

3 基本规定..... 38

4 数据准备..... 39

 4.1 数据收集 39

 4.2 数据处理 40

 4.3 数据库建立..... 40

5 三维建模..... 42

 5.1 一般规定 42

 5.2 地形模型 43

 5.3 基础数据模型 43

 5.4 地质几何模型 46

 5.5 地质属性模型 54

 5.6 模型编辑与修改 55

 5.7 协同建模 55

6 模型检查..... 57

 6.1 一般规定 57

 6.2 检查要求 57

7 成果交付..... 59

 7.1 一般规定 59

 7.2 交付要求 59

附录 B 三维地质模型分类及属性定义规则 60

3 基本规定

3.0.1 本条规定了水电工程宜进行地质建模的范围，根据水工建筑物布置方案，还可进一步划分为坝址区、输水隧洞区、厂房区和抽水蓄能电站的上水库区、下水库区等。

3.0.2 三维地质系统的显示效率、专业分析、精确绘图、属性管理、协同建模、安全保密、数据兼容等技术性能极大影响工作效率，软件选型时需要谨慎。三维地质系统中最核心是其 CAD 图形模块，三维建模和二维绘图应用都需要遵守现行国家标准《CAD 通用技术规范》GB/T 17304 的有关规定。

3.0.3 三维地质建模的范围确定后，可根据勘察任务书、勘察工作大纲等指导性文件的要求，或工程地质条件、工程规模大小、组织协调难度等因素，确定是否需要编制三维地质建模工作大纲。

3.0.4 对三维地质系统所涉及的服务器、网络、个人计算机等硬件和数据库、基础 CAD 软件进行配置是建模工程的基础工作。三维地质系统服务器配置包括 IP 地址、存储规则、资源分配、安全机制等；网络配置包括多通道网络融合、带宽等；个人计算机配置包括主板、CPU、内存、显卡等；数据库配置一般由系统管理员操作，包括访问权限、数据备份等；基础 CAD 软件配置包括工作空间、数据库访问、图元标准色、标准字体、标准符号库等。

4 数据准备

4.1 数据收集

4.1.2 对于三维地质建模采用的地形数据有多种表示方法，推荐使用的数字高程模型（DEM）是数字地面模型（DTM）的一个分支，是零阶单项数字地貌模型，它具有数字化、离散化、结构化三个特征。数字高程模型（DEM）数据结构主要有离散点、不规则三角网、等高线、断面线、规则格网及混合等五种数据结构。

4.1.3 地质数据主要来源于工程地质勘察原始记录、地质分析成果或已有的地质图成果。三维地质建模前期已完成的图纸，不仅包含了原始数据信息，还包含地质分析后的结果，在建模过程中应充分采集并利用。不同类别图件中采集的地质数据包括平面图中的地质勘探线、地质测绘点、覆盖层范围线、地层界面和地质构造的地表迹线、地表水位线，以及不良地质体的范围线等；剖面图和平切图中的基覆界线和其他地层界线、地质构造线、风化界线、卸荷界线、地下水位线、相对隔水层界线，以及不良物理地质现象、岩溶、岩体分类等地质分界线；展示图中的覆盖层及其他地层界线、地质构造线、风化界线、卸荷界线，以及不良物理地质现象、岩溶、岩体分类等地质分界线。

4.1.4 勘探揭露的地质信息数据除了正常地质信息数据外，还包括勘探过程中反映地质情况的异常信息，例如坍塌、掉钻、空洞、回水浑浊等。

4.1.6 试验主要包括室内试验和现场变形、强度和地应力测试等。

4.2 数据处理

4.2.2 当存在因数据格式转换而发生数据损失时，要求调整转换参数，其目的是为了保证地形数据精度满足要求。转换参数主要有网格间距、采样密度等。

4.2.3 地质原始记录和分析成果数字化处理，是将地质对象特征、空间数据用计算机识别的形式进行表达，常用的有三类：①字符数据，例如断层类型、名称、编号、规模和级别等；②数值数据，例如产状、坐标、高程、厚度等；③图形数据，如CAD图、航拍图、素描图等。

4.2.4 地质界线数据通常要根据图纸类型进行自动化处理：①平面图将地质线条垂向投影到地形面模型上；②剖面图按照勘探剖面的方位，将地质线条分段进行坐标线性变换；③平切图按照平切高程，将地质线条作整体垂向平移变换；④展示图按照平洞、探井、探坑（槽）、地下洞室和工程边坡开挖面的方位，将地质线条分部位、分段进行坐标线性变换。

4.2.6 对地质数据进行分析、验证和处理，目的是为了数据的一致、合理、可靠。

4.3 数据库建立

4.3.2 地质数据库设计包括数据表结构、字段类型、数据精度、数据约束、数据关系设计等。地质数据字典可以把地质勘察工作中的一些标准和规范作为固定内容存储在数据库中，实现标准的共享使用。在数据库中存储企业的图签信息和用户信息，可以快速将企业图签和用户信息与地质勘察项目建立关联，为地质建模与出图的设校审流程和自动化出图提供基础。

4.3.3 为对地质数据进行集中管理，保证地质数据的唯一性、一致性，因而最好采用网络数据库。基于数据的唯一性，不仅可以为本专业实现数据的入库、建模、出图流程以及设校审一体

化，还可以为多个专业的协同工作提供基础，使得工程项目的各个专业基于同一个中心数据库服务器完成各自专业的工作。在工程现场不具备足够的网络条件时，项目可将临时的离线数据库安装到工程现场数据库服务器，并采用临时搭建的局域网络连接为单独的工程项目服务。待工程现场具备网络条件或现场勘察工作结束后，应尽快将工程现场的离线数据库中的数据合并至主服务器的地质数据库。

4.3.4 地质数据入库是重要的工作，本条规定地质数据入库需要设置项目人员的操作权限，在数据入库过程中要保持数据的规范性、有效性和一致性。可采用以下技术手段：①地质数据记录中定性描述性数据输入时，以依据规范标准建立的数据字典作为输入选项；②地质数据记录中定量数据输入时，通过数据管理软件自动检查数据的大小和有效位数，使其在字段允许的值域区间；③地质数据记录中部分可以通过原始数据计算或统计产生的数据应避免人工录入，由数据管理软件自动计算并写入；④地质数据记录中部分可以通过导入来产生的数据，在导入前先检查数据字段的顺序、类型、大小、非空状态与数据库表要求是否一致，其中文本数据字段可用逗号、分号或空格进行分隔。

5 三维建模

5.1 一般规定

5.1.3 本条规定了地质建模的一些原则性要求。一般情况下，可根据工程进展同步开展建模工作。

1 三维地质模型在非实测的部位要依靠地质经验进行插值，数据插值时尽可能依据更多的已知数据点。

2 建模过程中，需先明确整体模型，随勘探工作的深入，地质认识逐渐明晰，建模逐步完善。

3 一个模型部位与其他模型部位存在几何上的约束关系，需确定控制性的模型部位，优先完成建模工作。一般有以下几种主要的约束关系：①地形面制约构造、地层地表迹线和覆盖层边界；②覆盖层底面和地形面制约基岩面形态；③重要控制性断层制约着次生小断层；④基岩面制约着近地表的风化、卸荷界面和构造面；⑤风化、卸荷、相对隔水层和坝基岩体分级界面有内在制约关系。

5.1.4 地质模型中需反映的地质现象精度与地质测绘相应比例尺要求的精度一致。为减少因基础 CAD 软件造成的建模精度损失，本条规定了需采用精度损失小的图形格式和建模工具。地质数据采集点作为三维地质建模的控制点，地质曲面、实体一般都能做到与这些控制点完全吻合。

5.1.5 为使模型结构合理、主次分明、标识清晰，三维地质系统中需进行三维地质模型分类和属性定义，并需结合基础 CAD 软件进行，不同 CAD 软件定义属性结构、模型样式有所差异，因此，本条规定了三维地质模型分类及属性定义规则。

5.1.6 地质界线一般经过揭露的勘探点，通常会对勘探点之间及勘探范围之外的地质界线进行合理推测，推测的距离一般不超

过制图比例尺分母值的 0.05 倍。为保证模型的完整性，勘探范围内超出推测距离的地质界线也可参与建模，通常在模型成果说明文件中需具体描述其精度和使用事项，避免信息误导；勘探范围之外超出推测距离的地质界线则不参与建模。

5.1.7 对于工程区存在滑坡、潜在不稳定边坡或块体、深厚覆盖层、岩溶、坝基岩体工程地质分类、地下洞室围岩分类等专门性工程地质问题时，本条推荐需建立专项模型，有助于专门性工程地质问题的分析和处理。

5.1.10 三维地质建模划分难度等级有利于建模工作量评估，方便勘察生产组织和管理。三维地质建模的难度与场地地质条件、工程规模、勘探工作量等很多因素有关，本条选择了主要的评价因素。根据工程经验，当采集的数据量越多，建模需分析解决的问题点越繁杂，建模难度越大。

5.2 地形模型

5.2.4 地形面模型需根据建模分区的边界进行剪裁和拼接处理，相邻区块地形面边界要无缝搭接。如抽水蓄能电站上、下水库地形面分别进行矩形剪裁，输水系统地形面可以进行多边形剪裁，输水系统地形面与上、下水库地形面交界处不出现空缝或重叠。某些工程区在核心部位地形测绘精度更高，特别跨阶段的地形数据精度不一致，就需要将两个不同范围、不同比例尺的地形面进行无缝拼接处理。

5.2.5 新增勘探工作后，往往会有新增钻孔孔口、探洞洞口位置与原地形面有明显偏差，不利于三维地质建模开展，需要将这些实测坐标反馈到地形数据中，将局部地形面重构更新。

5.3 基础数据模型

5.3.1 基础数据模型主要用于反映地质数据采集的方法、位置、数量、相互关系和地质信息，可采用三维的点、线、面、体表示，典型基础数据模型如图 5-1 所示。

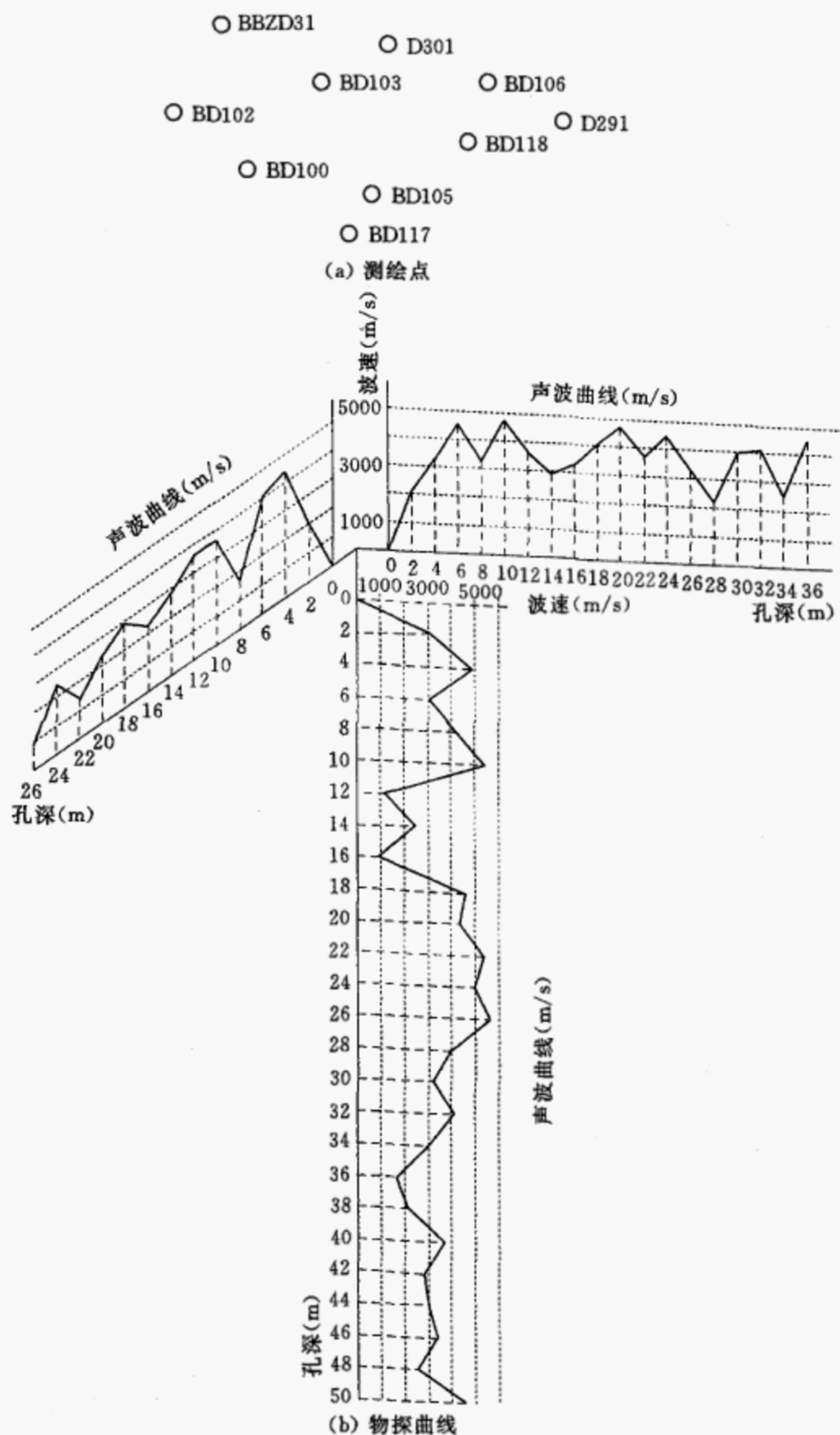
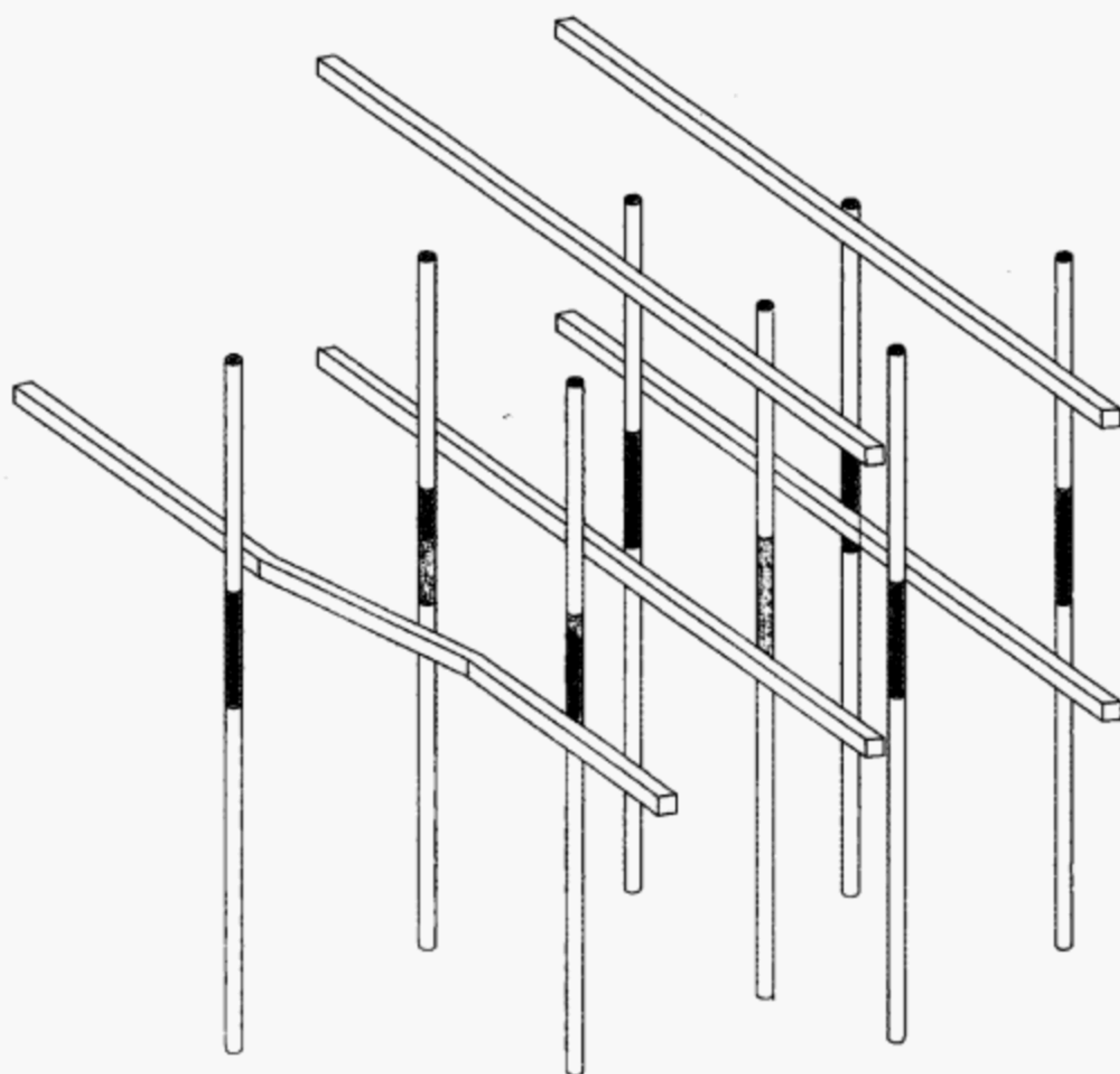


图 5-1 (一) 典型基础数据模型



(c) 钻孔与平洞

图 5-1 (二) 典型基础数据模型

5.3.2 地质测绘点、物探点、试验点、观测点、取样点等点图元在三维空间中的特征标识与二维图上是一致的，其角度、大小不受视图变换影响。

5.3.4 当地质体有分层信息时，需按地质信息分段建模，通常用于表达钻孔揭露的地层、岩性、风化程度、卸荷程度等分布情况。

5.3.6 地质点包括地层界面点、岩性分界点、地质构造点、风化带下限点、卸荷带下限点、水位点、相对隔水层顶板界点等，地质线包括地表出露迹线、剖面地质线、内插等值线、洞室和边坡开挖迹线等。地质点和地质线是地质界面建模的基础，需要注


意的是在点、线建立后应及时赋予工程地质属性，区分图层、颜色、符号、线型等，以便按属性进行地质界面建模。

5.4 地质几何模型

5.4.1 地质几何模型的创建方法很多，可以参考选用以下一些常用的基本建模方法：

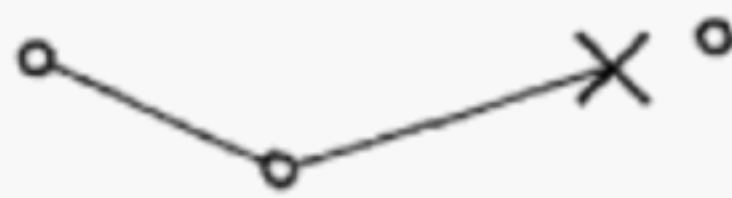
1 地质点包括地质测绘点、勘探点、物探点、试验点、取样点、观测点、揭露点等。地质点模型根据地质体类别分为地层界面点、岩性分界点、地质构造点、风化带下限点、卸荷带下限点、水位点、相对隔水层顶板界点等，一般用带颜色的符号表示。地质点建模方法可参考表 5-1。

表 5-1 地质点建模方法

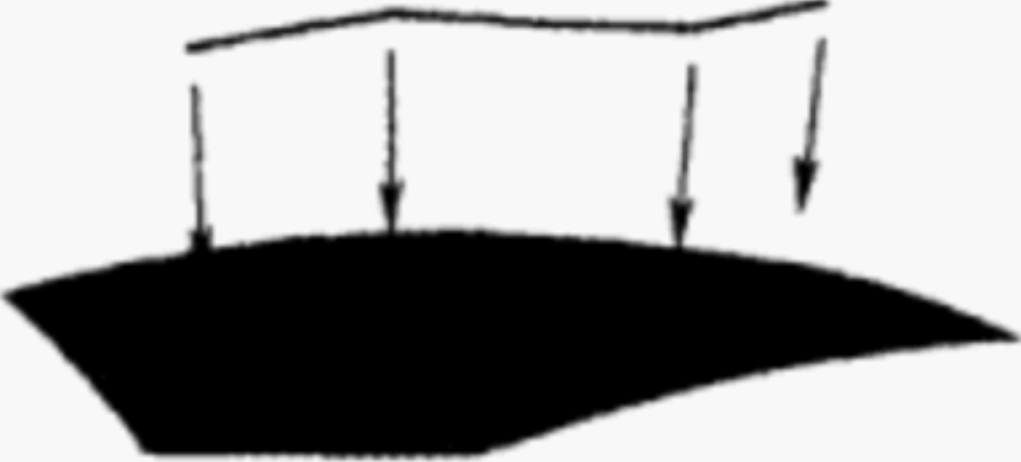



建模方法	方法描述	图示
坐标成点法	通过软件从数据库或数据文件中获取坐标数据，批量生成点	
交互成点法	通过人机交互，鼠标拾取坐标位置绘制点	
驱动成点法	软件通过数据库或数据文件修改，驱动地质点自动生成或动态更新	

地质线包含勘探线、地表出露迹线、剖面地质线、等值线、洞室和边坡开挖迹线等，一般用带颜色和线宽的线型来表示，建模方法可参考表 5-2。

表 5-2 地质线建模方法

建模方法	方法描述	图示
坐标成线法	软件从数据库或数据文件中读取系列点坐标数据快速生成地质线	
连点成线法	人工依序捕捉连接空间点，生成地质线	

续表 5-2

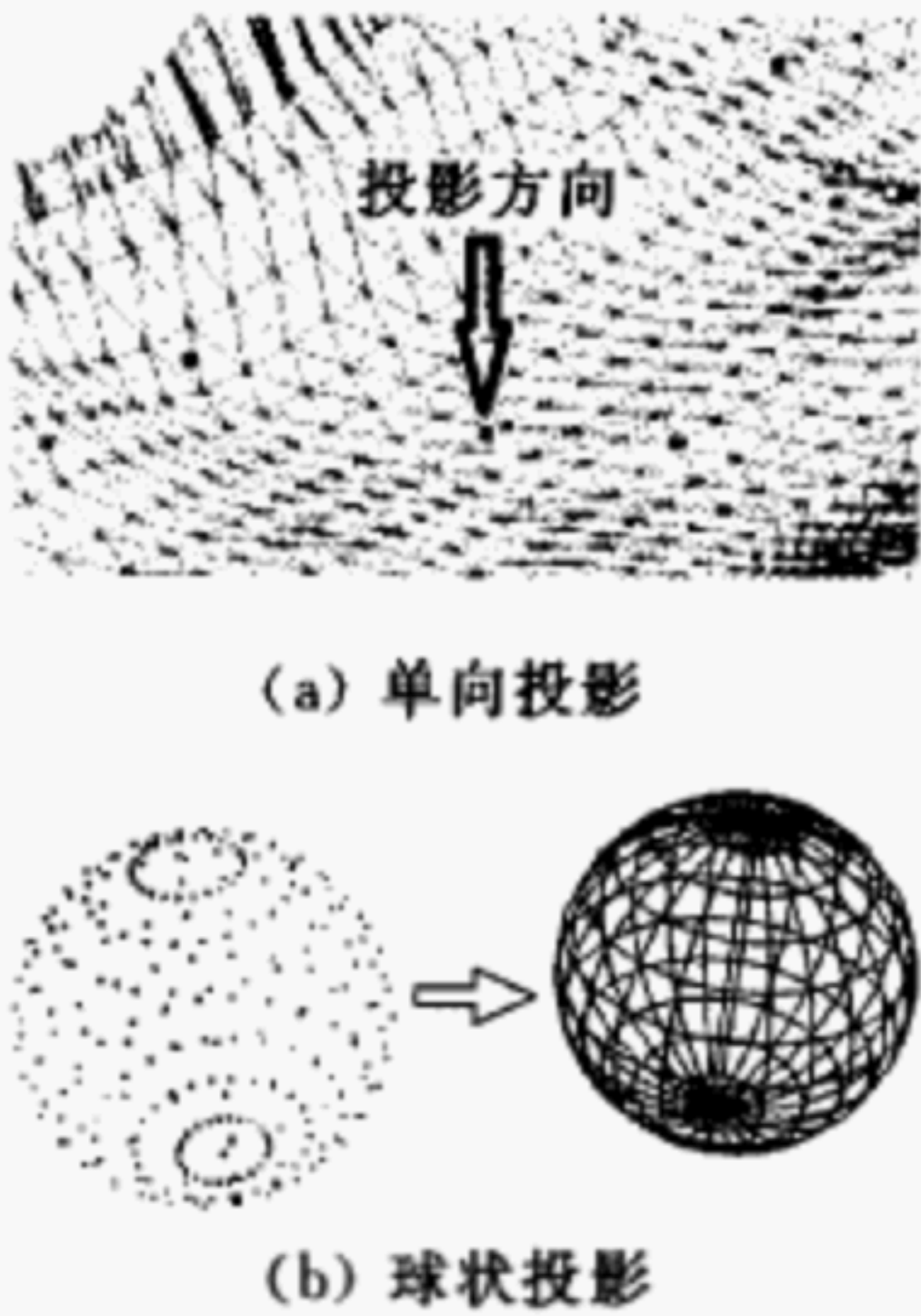
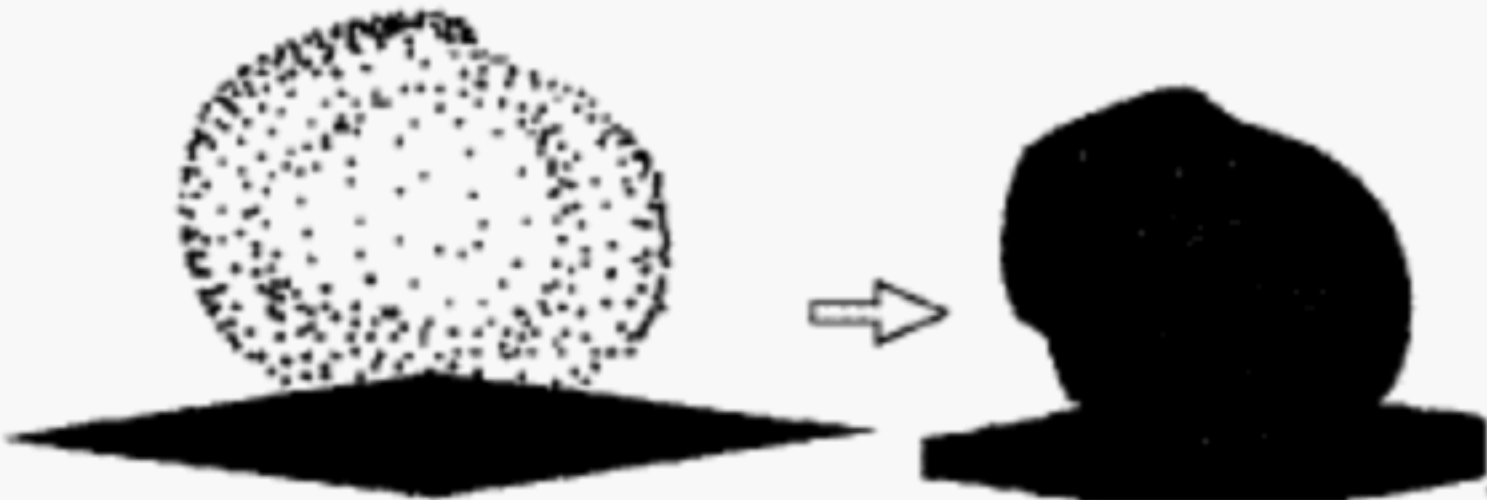
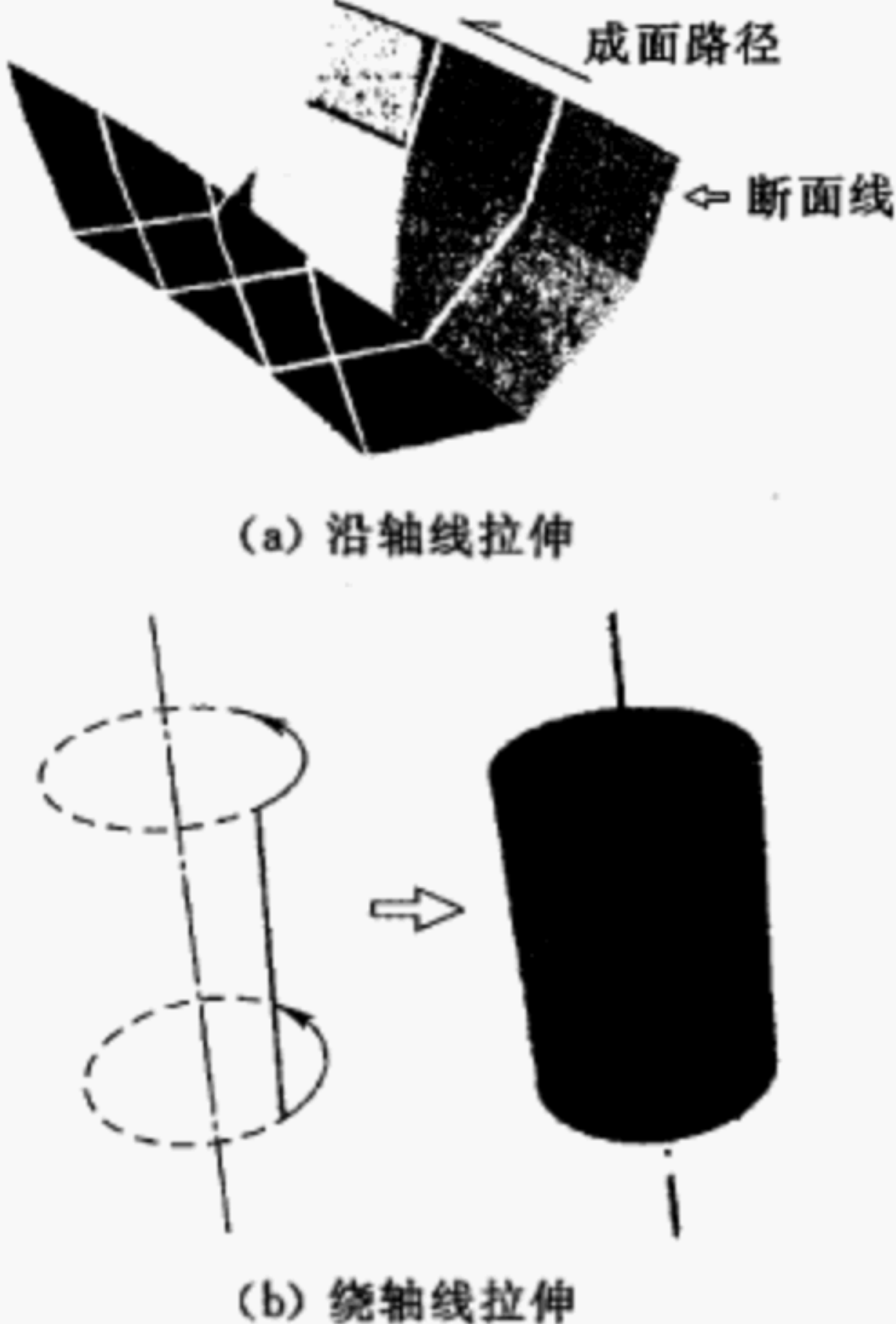
建模方法	方法描述	图示
投影成线法	将线条投影到三维表面生成地质线	
剖面成线法	通过辅助的竖直或水平剖面，绘制三维地质线	
等值成线法	按照等高、等深、等厚三种方式生成地质线	
求交成线法	地质表面间求交生成地质线	
驱动成线法	通过软件定义建模的数据集、方法、参数，驱动地质线自动生成和动态更新	

2 地质界面包括地层界面、岩性界面、基岩面、构造面、风化界面、卸荷界面、地表与地下水位面、相对隔水层界面、岩溶表面、不良物理地质现象界面、坝基岩体分类界面、洞室围岩分类界面、天然建筑材料界面等，一般采用 GRID、TIN、NURBS 等曲面格式表达，用颜色、透明度、花纹、渲染等方式表现，建模方法可参考表 5-3。

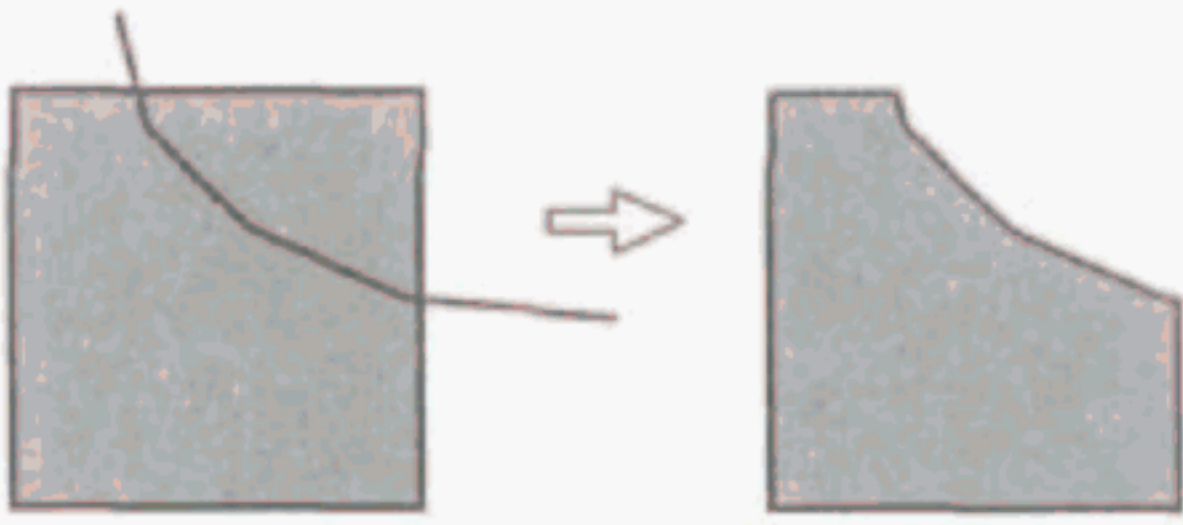
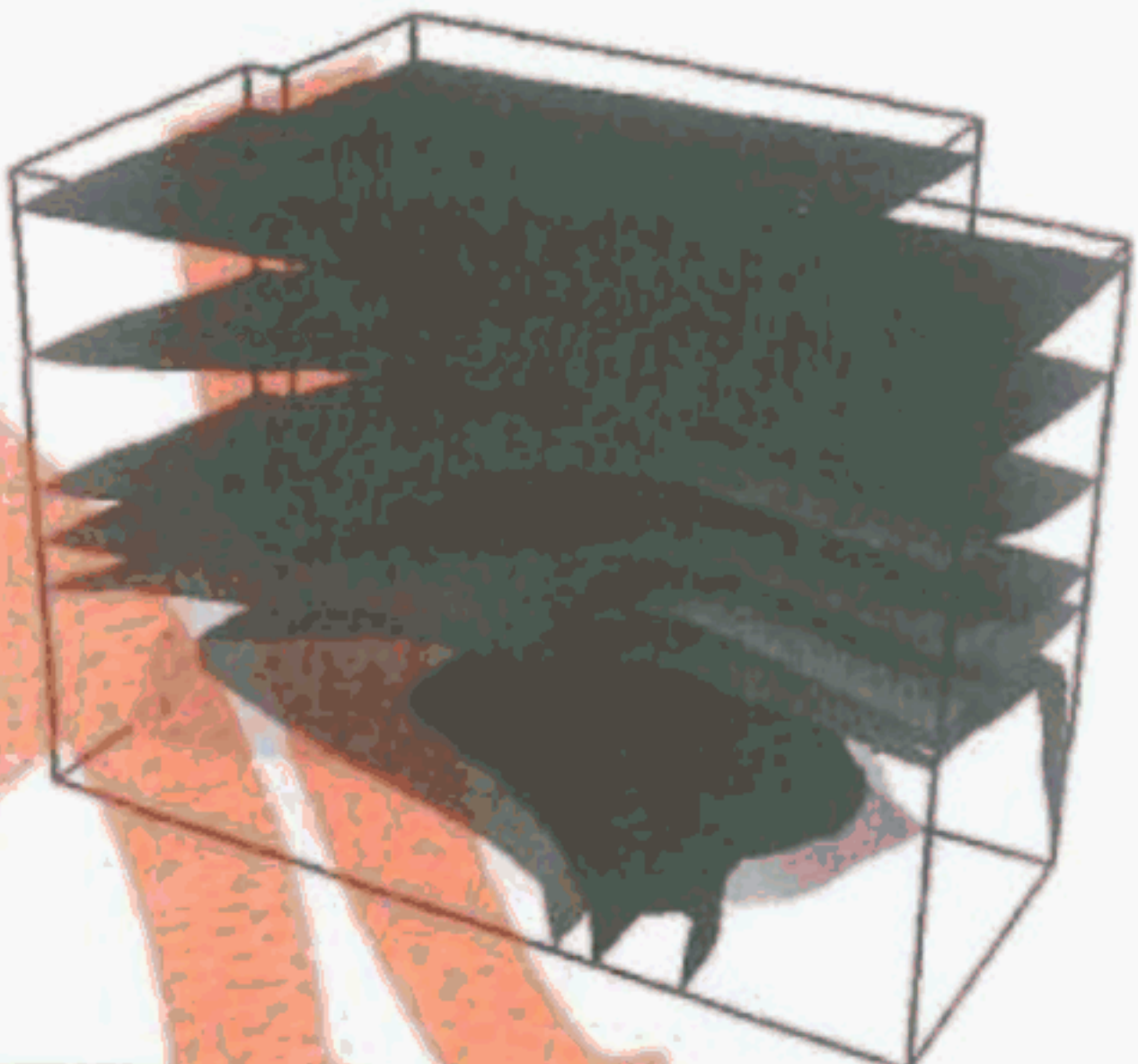
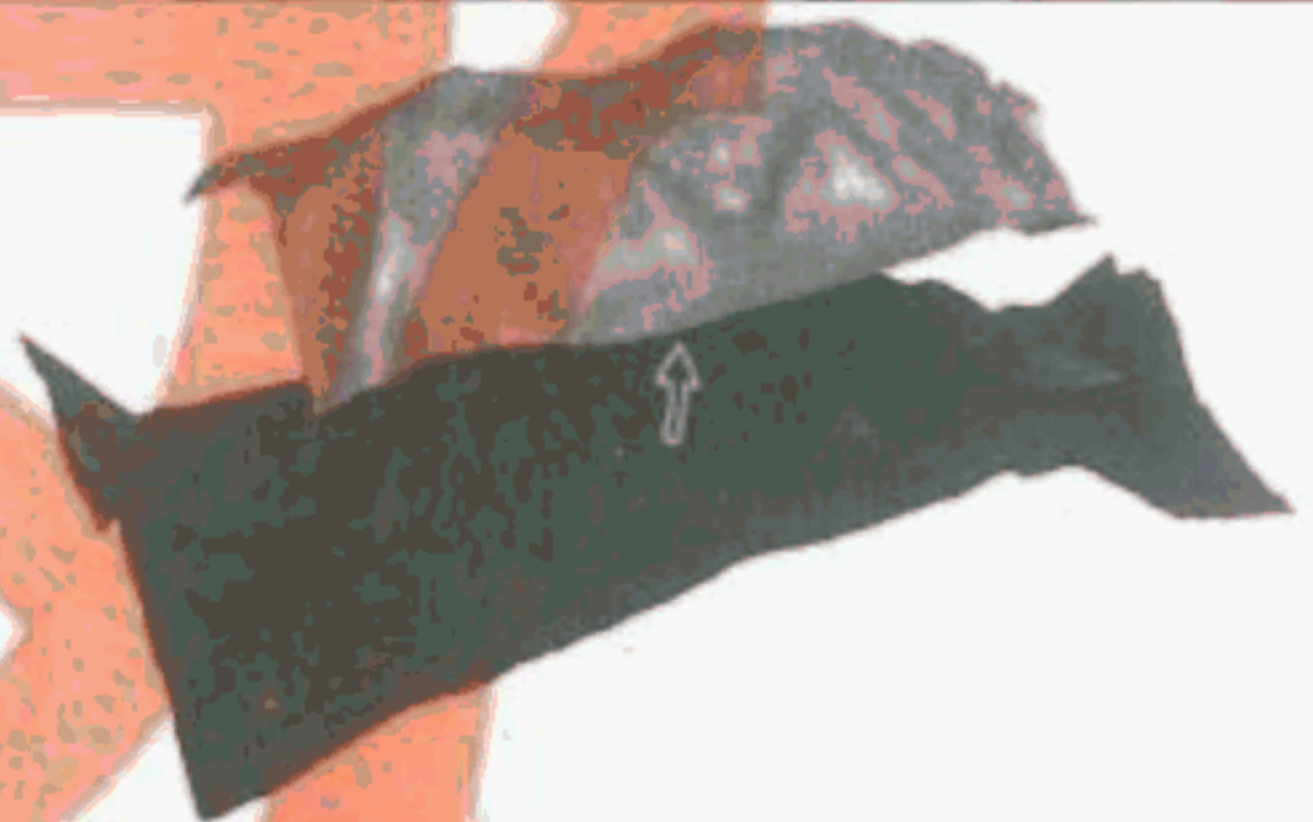
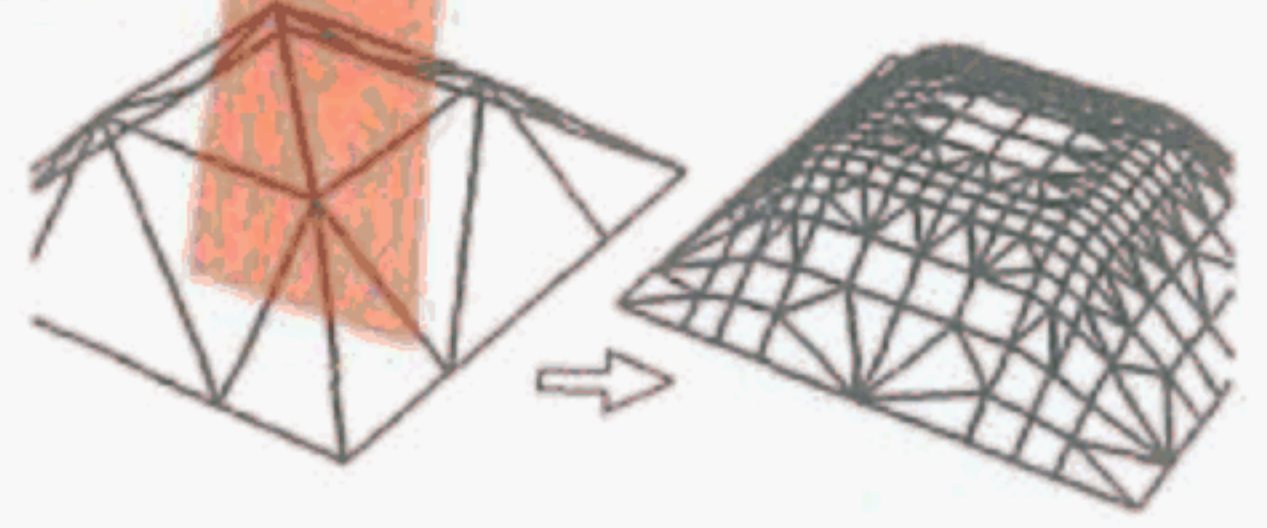

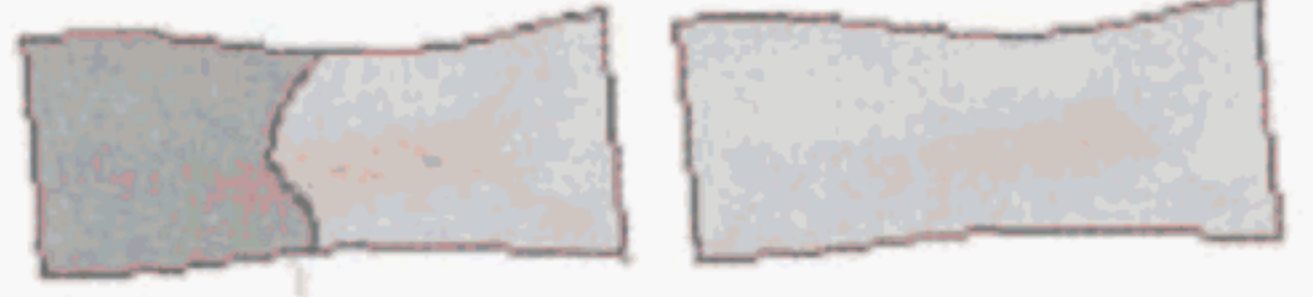
表 5-3 地质界面建模方法

建模方法	方法描述	图 示
趋势成面法	贴合一个或多个地质揭露点的空间位置和产状趋势生成表面	

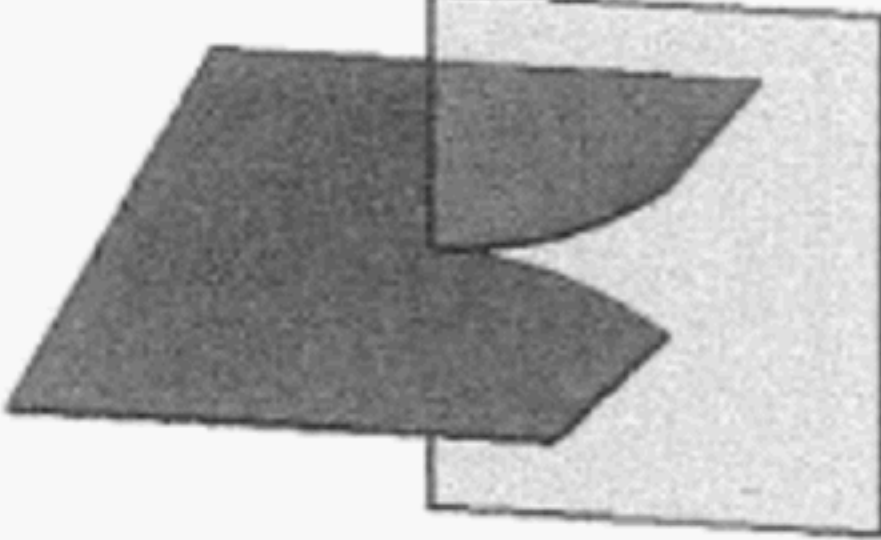
续表 5-3

建模方法	方法描述	图 示
投影成面法	将规则网格的表面沿着指定方向投影覆盖到所有点上生成表面，包括单向投影和球状投影两种生成方式	 <p>(a) 单向投影</p> <p>(b) 球状投影</p>
离散光滑插值成面法	针对弯曲复杂的面（多值曲面）的特点，利用离散光滑插值算法，考虑固定点约束和模糊点约束，使面局部不断插值，平滑逼近或通过有限的离散点	
断面成面法	一条或多条断面线沿着轴线或绕轴线平滑拉伸成面，包括沿轴线拉伸和绕轴线拉伸两种生成方式	 <p>(a) 沿轴线拉伸</p> <p>(b) 绕轴线拉伸</p>

续表 5-3


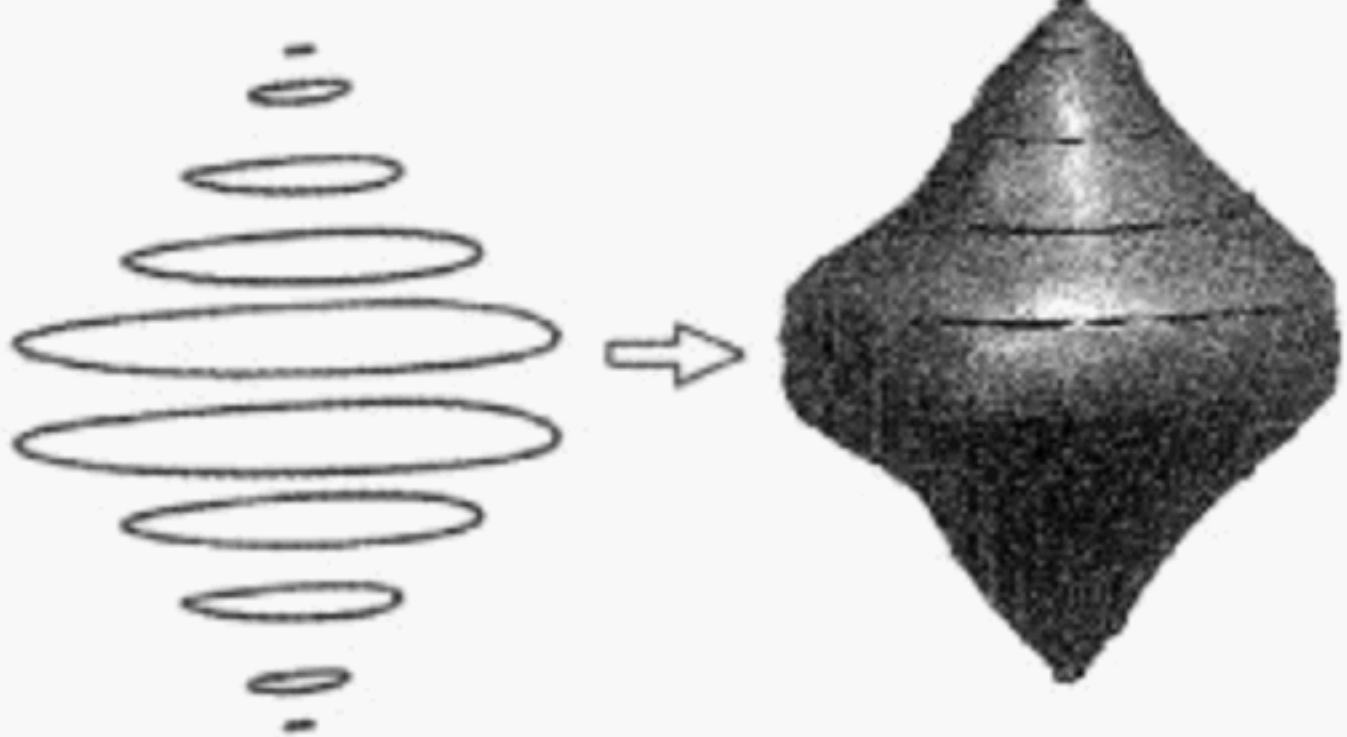
建模方法	方法描述	图 示
裁切 处理法	利用其他线、面或实体对面进行裁切	
等值 成面法	根据地质体空间分布的特征，以分区的临界值生成等值面	
参照 成面法	利用与已存在地质界面的几何关系，参照其趋势生成面	
平滑 处理法	通过面网格增加节点和调整插值节点位置，使面更加平滑	
校正 处理法	对面上满足设定条件的点进行位置校正	
拼接 处理法	将两个表面沿着公共边界无缝拼合成一个面	

续表 5-3

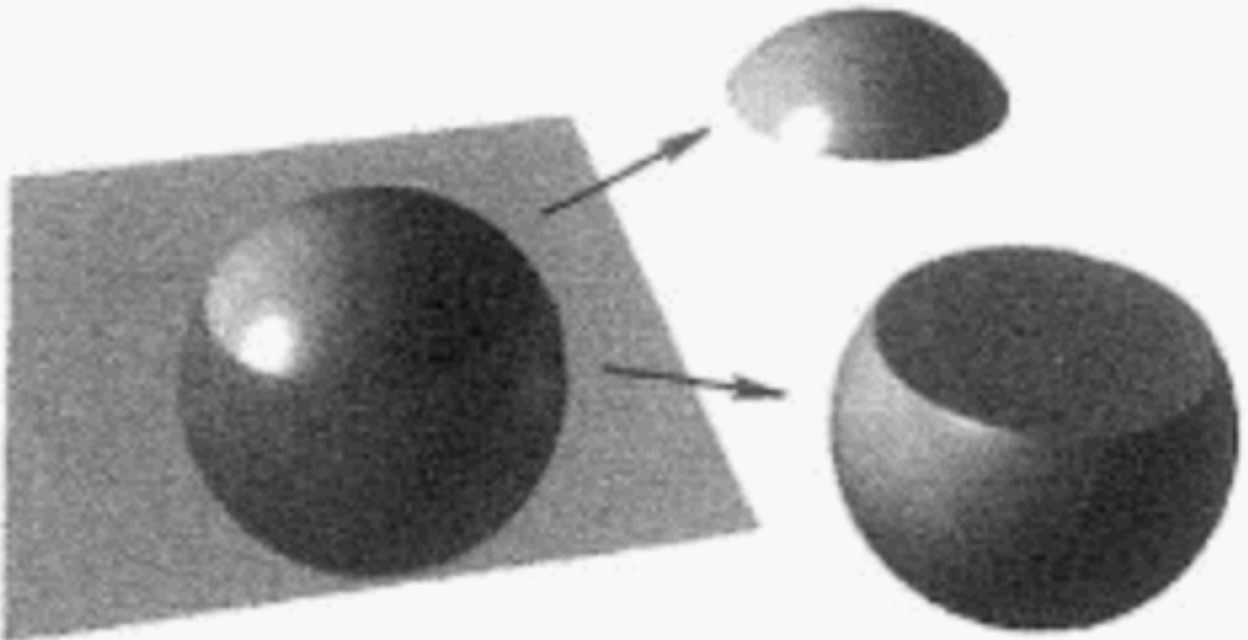
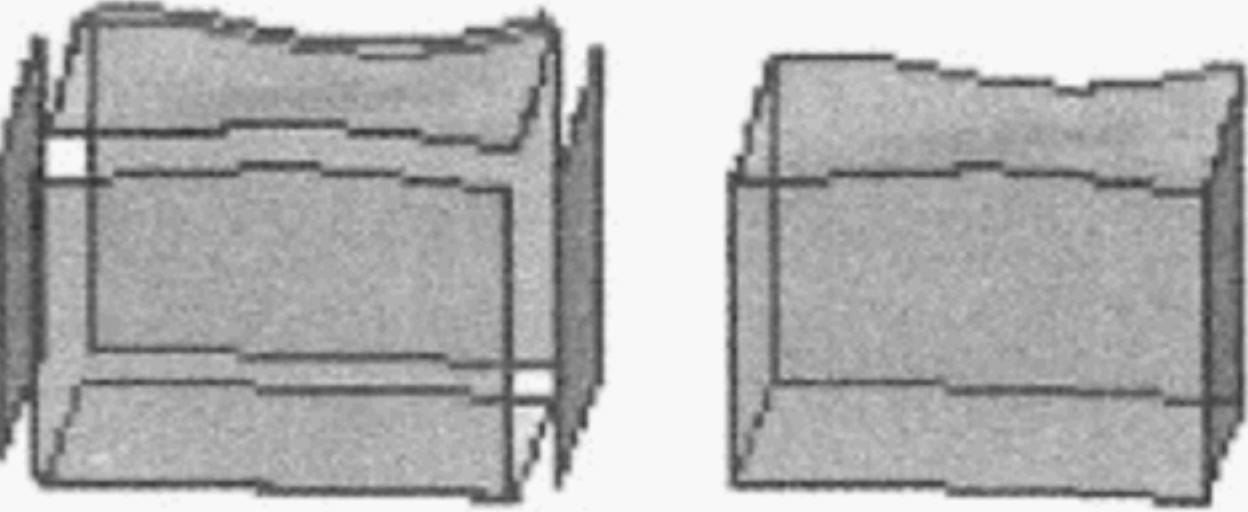
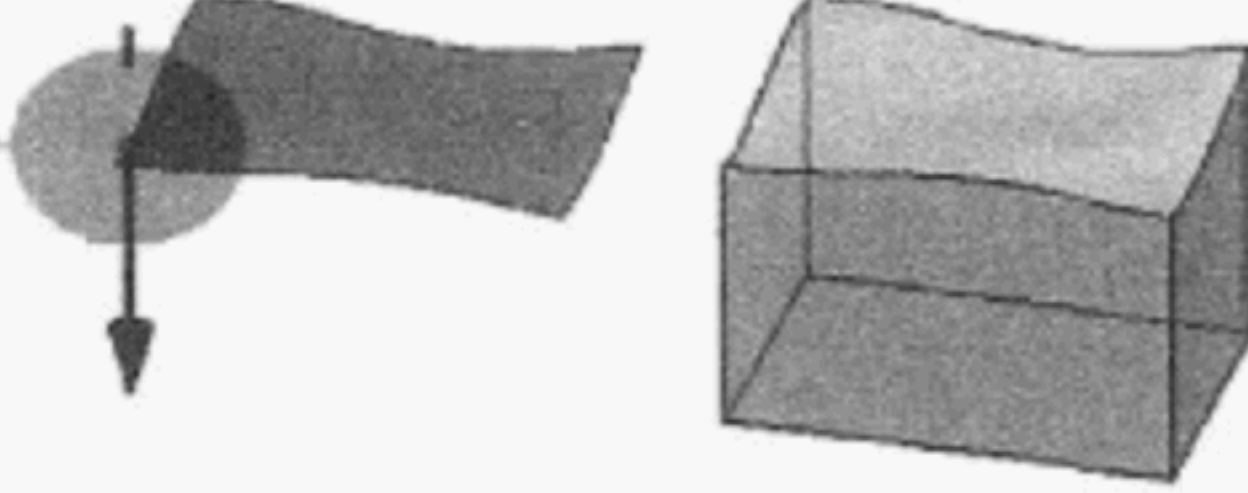
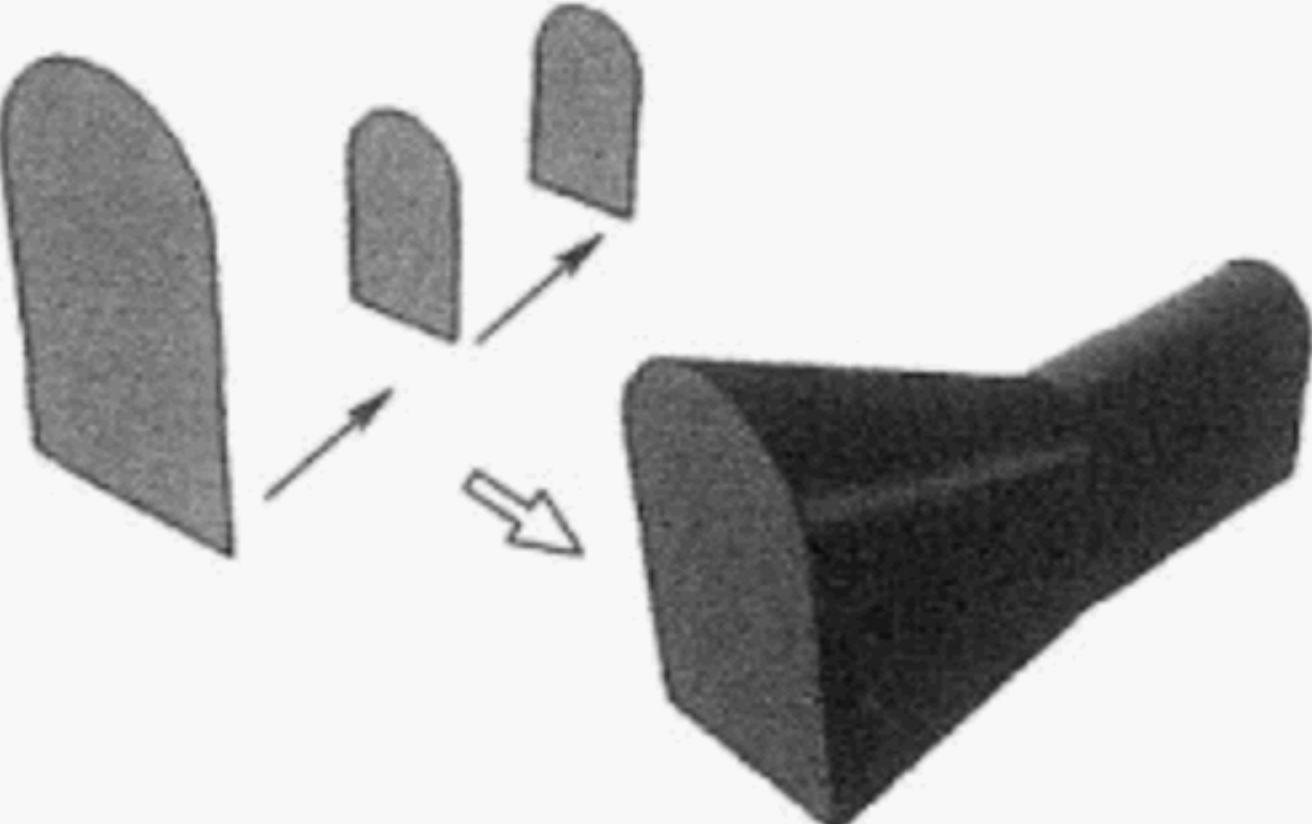
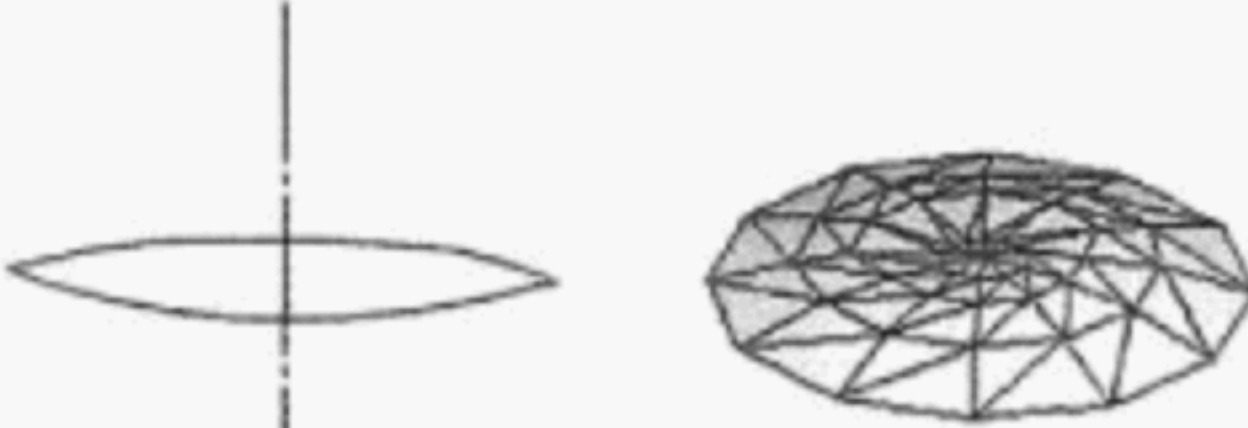
建模方法	方法描述	图 示
断距 处理法	将表面全部或部分剪开，并使剪开口沿着剪切面反向张开	
约束 成面法	通过软件定义建模所依赖的数据集、方法、参数，驱动地质表面模型自动生成和动态更新	

3 地质实体包括基岩体、勘探模型实体、地层实体、构造实体、风化带实体、卸荷带实体、透镜体实体、不良物理地质现象实体、溶洞实体、坝基岩体分类实体、洞室围岩分类实体、天然建筑材料实体等，以可获取体积数量的封闭面表示，使用颜色、透明度、花纹、渲染等方式表现。地质实体建模方法可参考表 5-4。

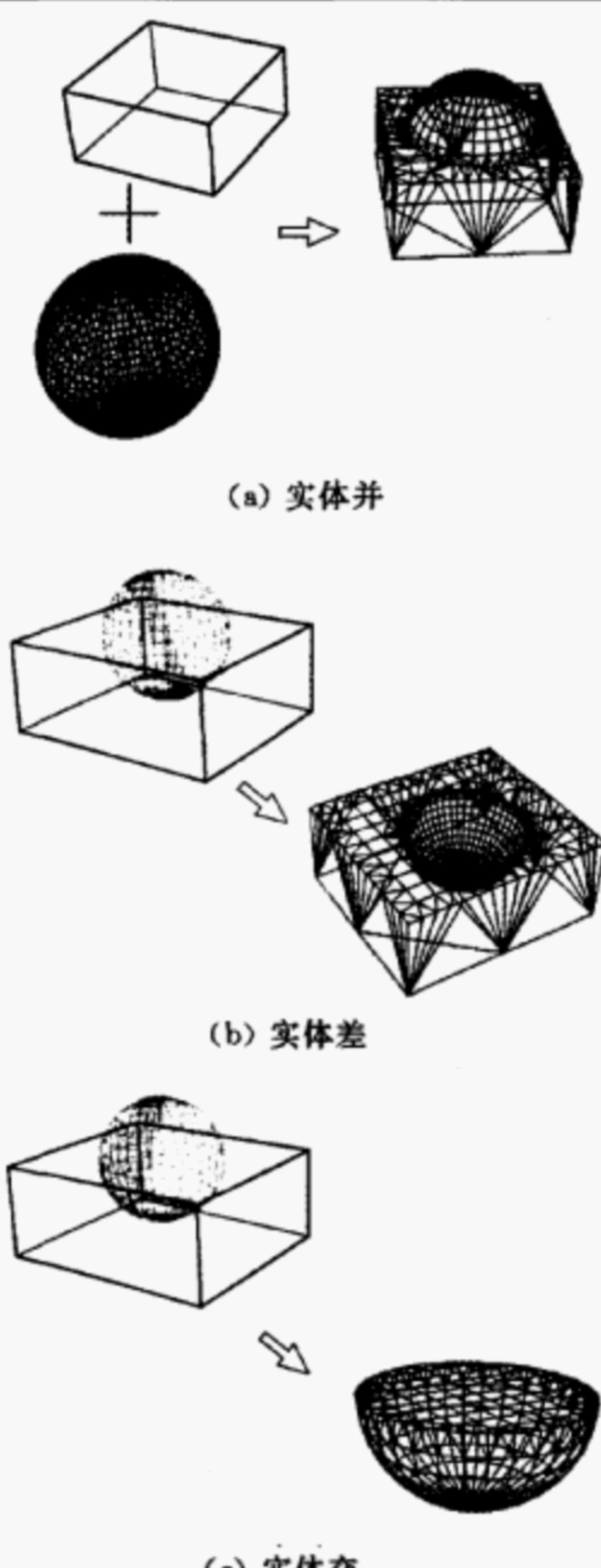
表 5-4 地质实体建模方法

建模方法	方法描述	图 示
软件参数法	通过三维地质系统工具，由模型参数快速创建地质实体	
离散光滑 插值 成体法	针对弯曲复杂的实体，利用离散光滑插值算法，考虑固定点约束和模糊点约束，使实体的封闭表面局部不断插值，平滑逼近或通过有限的离散点	

续表 5-4

建模方法	方法描述	图 示
实体分割法	用表面切割实体，生成以表面为边界的两个实体	
表面缝合法	将无缝隙相连的多个表面缝合构成实体	
表面拉伸法	将表面沿厚度方向拉伸构成实体	
约束成体法	通过软件定义建模所依赖的数据集、方法、参数，驱动地质实体模型自动生成和动态更新	
断面拉伸法	将一系列断面沿着轴线或绕轴线拉伸生成实体，包括沿轴线拉伸和绕轴线拉伸两种生成方式	 <p>(a) 沿轴线拉伸</p>  <p>(b) 绕轴线拉伸</p>

续表 5-4

建模方法	方法描述	图 示
布尔运算法	两个实体通过布尔运算生成新的实体，包括实体并、差、交三种生成方式	 <p>(a) 实体并</p> <p>(b) 实体差</p> <p>(c) 实体交</p>

5.4.2 覆盖层边界线、勘探点、基覆界面、覆盖层实体、基岩实体模型如图 5-2 所示。

5.4.3 地层界面的空间形态较多，需要根据空间形态特征进行建模。水平或单斜地层界面可选用趋势成面法建模，需注意面与面之间最小间距是否符合要求；侵入岩地层界面和褶皱弯曲地层

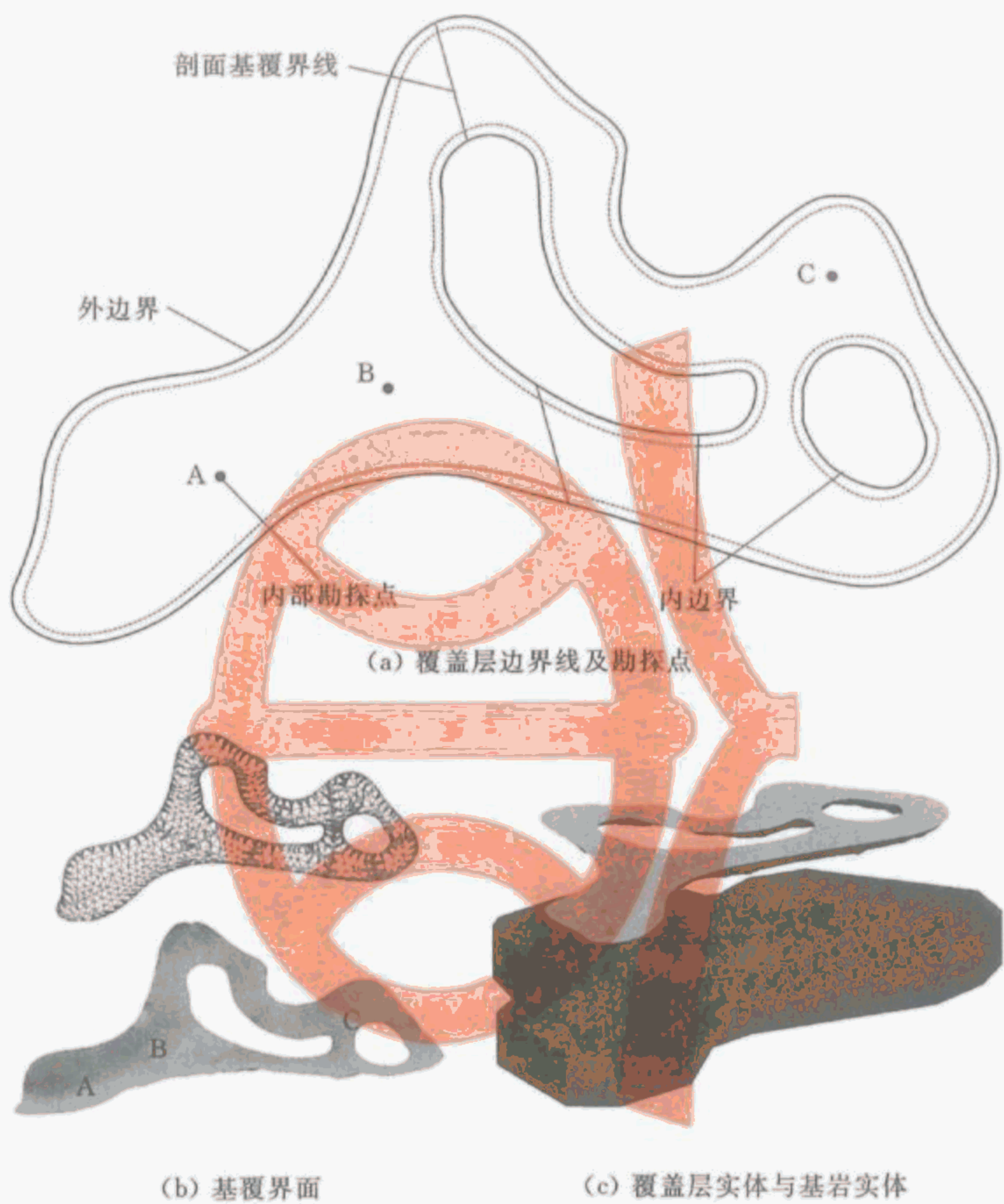


图 5-2 覆盖层边界线、勘探点、基覆界面、覆盖层实体、基岩实体模型

界面需要建立垂直于褶皱轴线方向的平行的剖面进行控制，选用断面成面法生成界面，用偏移面的方式构建成组的地层界面。

5.4.4 地质构造产状往往变化较大，需要结合多种方法建模。地质构造面建模通常根据采用地质点数据的数量分为五种情况：

①仅有单个地质点应使用单点成面法构建，例如平洞、地下洞室内仅有单个揭露点的情况；②地质控制点少于3个，需根据揭露位置和产状趋势建模；③仅有地表出露迹线和构造产状，则需根据其倾向和倾角，将迹线向地下拉伸生成构造面；④地质测绘和地下洞室有多个数据采集点，则需使用趋势成面法生成构造面；⑤构造产状各部分较大变化的，宜分区构建再拼合。

5.4.5 地表水位面与地下水位面是平滑相连的，通常水位面整体建模后用地形面分割。地下水位受季节性影响较大，地下水位面仅代表平均地下水位位置，建模时需对水位数据进行筛选。

5.4.6 当风化程度界面局部形成透镜体状或夹层状则改用实体建模。相对隔水层界面与岩性界面和构造面有相关性，一般通过剖面分析后绘制分层界线，由地质剖面线生成面更为便捷。

5.4.8 溶洞形态较为复杂，通常根据测定的断面数据建模，如使用激光扫描等先进测量设备可大大提高建模的效率和精度。遇到分叉的溶洞，一般先建立完整的主洞实体，再分别建立支洞实体，最后将两个部分合并为一个实体。

5.5 地质属性模型

5.5.1 当需要进行岩体物理力学参数、地应力、渗透性、温度等地质特征分析评价，以及坝基、边坡、围岩、基坑等专门性工程地质研究的计算分析和可视化表达时，需要建立地质属性模型。由于岩土体实测样本数据有限，通常要以地形模型、基础数据模型和地质几何模型为骨架，依据岩土体网格模型上插值计算的结果，并基于模型作可视化分析。

5.5.2~5.5.3 地质属性模型通常需要在基础CAD软件中完成三维地质建模后，然后利用专门的分析软件进行离散化处理。所建立的地质属性模型需满足几个要求：①合法性，一个单元的节点不落入其他单元内部，在单元边界上的节点均作为单元的节点，不丢弃；②相容性，单元必须落在待分区域内部，不能落入

外部，且单元并集等于待分区域；③协调性，单元上的力和力矩能够通过节点传递给相邻单元；④逼近精确性，待分区域的顶点（包括特殊点）必须是单元的节点，待分区域的边界（包括特殊边及面）被单元边界所逼近；⑤规整性，单元划分的最佳形状是正多边形或正多面体；⑥过渡性，单元之间过渡应相对平稳，否则将影响计算结果的准确性，甚至使有限元计算无法进行下去；⑦自适应性，在几何尖角处应力、温度等变化大的地方网格应密，其他部位应较稀疏；⑧一致性，对于相连的两个二次单元，单元角点只能与单元角点连接，而不能与相邻单元的中间节点连接；相邻单元的公共边应具有相同的节点数。

5.6 模型编辑与修改

5.6.1~5.6.3 模型编辑与修改贯穿于整个三维地质建模过程中，在勘察资料更新、模型成果检查后发现问题时，均需对三维地质模型中不符合要求的部分及时进行编辑与修改。在模型编辑与修改过程中需注意，无论采用什么方法、顺序，都不能随意改变模型的正确部分，否则将导致后续模型检查的大量重复工作。

5.7 协同建模

5.7.1~5.7.2 水电工程往往有多个勘察区域，如上坝区、下坝区、厂址区、上水库区、下水库区、引水发电系统、料场等，由于受勘察周期、生产组织的限制，三维地质建模通常需要按分区、分项进行协同建模。区块内分项建模时需考虑模型类型和模型相关性：属于同一组地质模型分类的模型元素需在一个分项建模，例如各级风化面、各级结构面；具有建模相关性的模型元素也在一个分项建模，例如覆盖层界面与基岩面、构造面与风化面、地表水位面与地下水位面、地层界面与地层实体。

5.7.3 协同建模的软、硬件环境一般可根据工程现场网络条件，采取两类方式：①对于有租用电信专线网络的工程项目现场，直

接连接企业中心服务器，模型文件通过上传、下载共享方式进行协作；②不具备网络条件的工程项目现场，可组建临时的局域网，模型文件可通过映射网络驱动器方式进行专业内协作。

5.7.5 国际通用的基础 CAD 软件，支持将一个模型文件中的部分内容分存到多个模型空间中，通过模型参考的方式实现模型总装。

5.7.7 地质三维建模与水工三维设计的跨专业协同需要注意：①三维地质模型开放给水工专业查询和利用时，应当是经过校、审、核后的成果；②当进行边坡、坝基、地下洞室等专项地质建模时，需要参考水工三维设计模型，提取设计开挖面。

6 模型检查

6.1 一般规定

6.1.2 三维地质模型合规性是指建模除需符合本规程的有关规定外，还需符合现行国家、行业相关标准要求，以及工程项目勘察任务书、建模工作大纲和工作计划要求；合理性是指一般模型空间分布及交切关系推断需符合工程区地质条件、发育规律的认识；准确性是指收集的建模数据须准确，所建模型与实测数据保持一致；完整性是指参与建模的地质数据完整，所建模型符合勘察阶段的内容和精度要求。

6.1.3~6.1.4 模型检查应当在建模全过程中进行，按流程进行校、审、核并留下记录。担任模型质量检查的各级人员需具备相应资格并掌握相关软件操作技能。

6.2 检查要求

6.2.2 三维地质模型合理性检查的三种常用方法：①三维视图检查，通过在三维视图中旋转、缩放、隐藏模型等操作，检查模型的三维形态、空间分布和相互关系的合理性；②随机剖面检查，通过竖直或水平方向上的随机剖面视图，检查模型在任意切面上的二维形态、延伸分布和相互关系的合理性；③等值线图检查，将地质界面或地质实体转成等高线、等深线、等厚线，通过这些等值线的形态和数值，检查模型分布的合理性。三维地质模型常见的不合理情况有：①相邻剖面上的同一地质面起伏不合理；②相邻地层界线点编录错误，导致地层界面错位；③地质构造揭露点错连，导致构造面扭曲变形；④地下水位受季节影响，数据没经过合理甄选，导致地下水位面明显不合理。

6.2.3 三维地质模型准确性检查的三种常用方法：①目测法需在三维视图或剖面视图中查看，可快速检查模型与地质采集点位置和产状是否存在差异；②量测法需在三维视图和剖面视图中，利用工具量测地质体的位置、产状等，并确定建模是否存在误差；③统计法是由软件自动计算地质采集点到地质界面、地质实体的最短距离，统计得到模型准确性评价。

6.2.4 三维地质模型完整性检查的常用方式有：①利用地质界面确定建模范围，一般稍大于勘探布置的区域，与工程地质图的范围一致；②利用三维地质系统导出入库的统计数据，根据清单表逐项检查模型内容的完整性，确保无遗漏；③采用开发工具自动检查模型属性的完整性。

7 成果交付

7.1 一般规定

7.1.2 三维地质模型的校审和验收需遵守各企业内部质量控制流程。模型校审与常规二维图校审差别较大，通常在建模过程中进行。

7.1.3 三维地质模型固化处理，目的是保护企业知识产权，使应用者识别有效版本，在模型利用时不可更改。固化发布的同时，一般要提供可用于校验文件是否被修改的方法和工具，确保用户接收的三维地质模型与固化的模型相一致。

7.1.4 三维地质模型以电子文件形式进行固化发布，主要是为满足三维协同设计要求，便于后序专业安全地访问、获取和使用。

7.2 交付要求

7.2.3 本条规定了三维地质模型固化发布的一些要求，模型成果发布时有唯一编码，可用模型编号和固化版本号生成。发布规则包括发布方式、数据格式、存储位置、人员权限和访问方式等。

附录 B 三维地质模型分类及属性定义规则

B.0.1 本条规定了三维地质模型的分类。地质属性模型可按计算分析的地质数据进行细分，例如岩体参数模型、岩体波速模型、岩体力学模型、岩体地应力模型、岩体强度模型、岩体变形模型、岩体温度模型、岩体渗透模型等。

B.0.3 三维地质模型图元属性定义，在不同 CAD 软件中的做法略有不同，一般可采用图 B-1 的典型结构样式，模型结构依序由模型文件、模型空间、图层组、图层组成，根据工程应用经验，表 B-1 给出了基本适用情况。

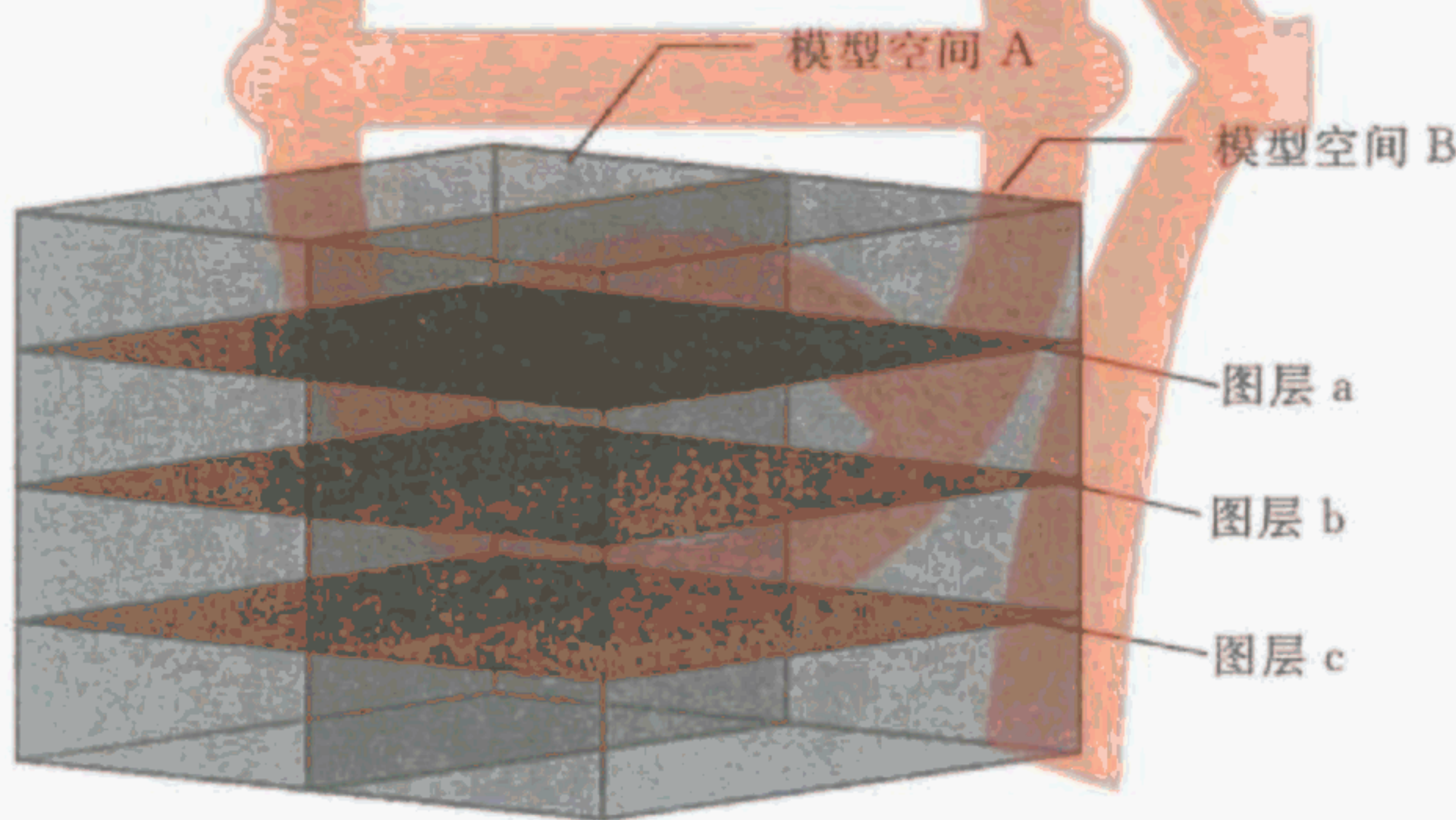


图 B-1 三维地质模型典型结构

表 B-1 三维地质模型结构适用情况

结构层次	适用情况	举 例
模型文件	CAD 电子文件，作为完整、独立交付的数字化产品，具有模型编号和产品标识	①上坝址三维地质模型 ②上水库三维地质模型

续表 B-1

结构层次	适用情况	举 例
模型空间	1) 本专业模型存储在主模型空间，引用参考的模型存储在其他模型空间 2) 模型的主体部分存储在主模型空间，附属部分存储在其他模型空间 3) 模型成果存储在主模型空间，建模辅助的数据存储在其他模型空间	①三维地质模型在主模型空间，被引用的隧洞模型在其他模型空间 ②地质体模型在主模型空间，基础数据模型在其他模型空间 ③地质表面和实体模型在主模型空间，地质线框模型在其他模型空间
图层组	根据附录 B 的模型分类，将图层编成一级或多级图层组进行管理	构造图层组包括断层 F、断层 f、裂隙 L 等图层
图层	不同类别和名称的三维地质模型分图层存放	钻孔、强风化面、地下水位面分图层存放

4 由于现行标准中的地层颜色规定不能满足三维地质模型需求，因此，同一个地质时代的地层模型可采用一个色系，一套模型的地层颜色采用尽可能少的色系；同一个模型亚类中的模型推荐采用一个色系；不同勘察阶段完成的勘探模型可采用不同颜色区分；勘探模型和开挖模型的颜色与其开挖揭露的地质体模型颜色一致；勘探线、物探线通常根据勘察的位置和方向区分为不同颜色。

8 三维地质模型标注样式包括标注内容、字体、位置、型式、显示规则，以下是可参照的方式：①标注内容为模型编号；②标注字体由中文字体和英文字体组合定义，可选用 TTF (TRUE TYPE FONT) 字体；③标注位置需根据模型类别确定，地质点一般标注在符号右侧，地质线一般标注在线条末端，勘探模型、地下洞室模型一般标注在起点位置的正上方，地层实体模型一般标注在形心位置，如图 B-2 所示；④标注型式要求将标注文字保持水平，不跟随视图旋转、缩放。



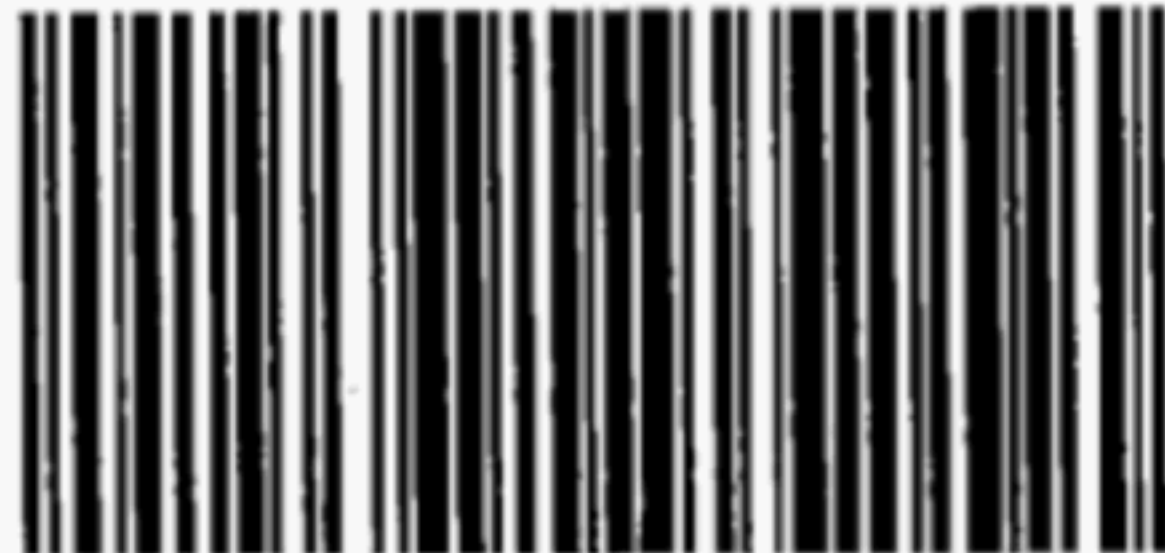
图 B-2 三维地质模型标注位置

微信号: Waterpub-Pro



唯一官方微信服务平台

销售分类: 水电工程



155170.379

定价: 36.00 元