

古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程
编制说明
(报批稿)

重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队
(重庆市地质灾害防治工程勘查设计院)

二〇二二年八月

目 录

一、工作简况	1
二、标准编制原则和确定主要内容的论据	6
三、主要试验的分析、综述报告、技术经济论证及预期的经济效果	19
四、采用国际标准和国外先进标准的程度及与国际、国外同类标准水 平的对比	20
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系	20
六、重大分歧意见的处理经过和依据	20
七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议	20
八、贯彻标准的要求和措施建议	20
九、废止现行有关标准的建议	21
十、其他应予说明的事项	21

古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程 编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

自然资源部发布了《2020 年度自然资源标准制修订工作计划（公示稿）》，将《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》列入自然资源部 2020 年标准制修订工作计划，计划号为 202018003。承担单位为重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队（重庆市地质灾害防治工程勘查设计院）（以下简称 208 地质队），参与单位为中国地质博物馆、重庆市规划和自然资源局、重庆市地质调查院、自贡恐龙博物馆、甘肃农业大学、北京大学、南京古生物博物馆、禄丰市恐龙化石保护研究中心。

具体任务：分析研究国内主要古脊椎动物化石产地化石发掘、修理、复原装架工作现状和存在的问题，总结技术方法和工作经验，研究制定适用古脊椎动物化石的发掘与修复装架技术规程，为科学合理开展化石发掘与修复装架工作提供标准依据，促进发掘与修复装架工作的科学化和规范化。为此，通过规定古脊椎动物化石发掘、修理、复原装架的技术流程、方法和要求，编制《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》（行业标准），以有效促进化石资源的保护、管理、科研、科普、科教及利用工作。

起止时间：2020 年 9 月～2022 年 2 月。

（二）主要工作过程

1. 起草阶段

2020 年 1 月，208 地质队与参编单位组建标准编制项目组。

2-3 月，项目组广泛收集了国内古脊椎动物化石主要产地的发掘

资料，包括重庆云阳、重庆盐井沟、四川自贡、云南禄丰、山东诸城等，同时收集相关博物馆化石修理和复原装架资料。其中主要有中国科学院古脊椎动物与古人类研究所编制的《古生物化石采集技术要求（初稿）》，208地质队编制的《重庆市古生物化石发掘技术要求（初稿）》和《重庆市古生物化石修复装架技术要求（初稿）》、国家文物局出版的《田野考古工作规程》等。

4-5月，项目组在分析已收集资料基础上，总结了化石发掘、修理、复原装架工作现状和存在的主要问题，研究讨论了标准的主要内容和编制要求，形成标准编写提纲。

6-10月，项目组起草了《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第1稿）。

11-12月，项目内部多次研讨修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第2稿）。

2021年1-3月，项目组单位组织内部审查，修改后形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第3稿）。

4月8日，重庆市规划和自然资源局科技信息化处主持召开研讨会。会议要求加强化石保护与管理相关内容编写，并加快标准编制工作进度，尽快完成讨论稿编制工作。

5月，项目组根据重庆市规划和自然资源局科技信息化处会议要求，对《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第3稿）进行了修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第4稿），并编制了标准工作计划，明确讨论稿、征求意见稿、送审稿等阶段时间节点。

6-7月，项目组内部进行反复讨论和修改，重点修改完善了化石发掘方法、修理方法、复原装架方法，并将其从正文调整到附录，形

成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第5稿）。

8月6日，208地质队组织召开内部审查会，会议系统全面地对标准的主要内容进行了审查，重点对化石发掘、化石修理和化石复原装架章节提出了相关修改要求。

9-10月，项目组根据208地质队内审会议要求，进行了全面系统修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》工作组讨论稿（第6稿）。删除了《古生物化石保护条例》等法律法规性要求，删除依据《建筑边坡工程技术规范》、《岩土工程勘察规范》规定的发掘边坡坡率、坡高等具体条款，简化发掘分类、化石分类、岩相分类、工具材料、化石分级评价内容，增加发掘安全要求、成果报告编制提纲内容，调整化石登记、保存、保护的章节安排。

10月25日，国家古生物化石专家委员会办公室组织专家进行研讨，对化石的发掘申请、发掘、保护、登记管理、分级评价等提出修改意见。

10月26日-11月15日，项目组根据专家意见进行修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》专家组讨论稿（第7稿）。

11月16日，208地质队组织专家对标准的结构框架、形式内容、格式用语等方面进行了研讨。

11月17日-12月12日，项目组根据研讨会内容，对标准再次进行系统、全面修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》专家组讨论稿（第8稿）。

12月13-29日，项目组对术语和定义进一步修改完善，并对其英文进行校核，同时对规范性引用文件、本文件引用、附录编号等进行修改，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》专家组讨

论稿（第 9 稿）。

12 月 30 日，208 地质队组织专家进行研讨，重点对总则的目的任务、基本原则、基本要求，以及主要化石发掘、修理和复原装架的重要条款的表述准确性提出修改意见，同时对《编制说明》中主要工作过程和确定主要内容的论据提出了修改意见。

12 月 31 日，项目组根据专家意见修改完善，形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》征求意见稿（第 10 稿）。

2022 年 1 月 4 日，项目组向全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（TC93/SC8）（以下简称“TC93/SC8”）提交《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》征求意见稿及编制说明，申请审查。

2. 征求意见阶段

1 月 11 日，TC93/SC8 召开《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》征求意见稿专家审查会，项目组在会上进行了汇报。《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》（征求意见稿）通过专家审查。

1 月 12-26 日，项目组根据专家意见，进一步修改完善《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》（征求意见稿）（第 11 稿）。

1 月 27 日，《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》（征求意见稿）在自然资源标准制修订管理系统（以下简称“管理系统”）上公开征求意见。同时，项目组向全国 76 家单位发出《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》（征求意见稿）征求意见函。

3 月 16 日-3 月 28 日，根据陆续收到的反馈意见，项目组集中力量组织专家研讨处理反馈意见，形成了征求意见处理汇总表，对并标准文本及编制说明进行修改完善，形成了《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》送审稿（第 12 稿）。发送征求意见稿的单位共 76

家，回函的单位 38 家，回函并有建议或意见的单位 36 家，回收意见共 177 条，采纳意见 121 条，部分采纳意见 39 条，不采纳意见 17 条。

3. 审查阶段

4 月 6 日-5 月 5 日，经科技司批准，TC93/SC8 组织专家对《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》送审稿进行函审，函审结论为审查通过。函审单总数 40 个单位，其中赞成 26 个；赞成，有建议或意见 7 个；不赞成，如采纳建议或意见改为赞成 1 个；弃权 2 个；不赞成 2 个；未复函 2 个。

6 月 3 日-8 月 4 日，项目组根据委员意见，汇总形成《全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会矿产资源利用分技术委员会审查意见汇总处理表》，并多次开展内部交流研讨，共处理函审意见 37 条，其中采纳 33 条，部分采纳 3 条，不采纳 1 条，最终形成《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》报批稿。

4. 报批阶段

8 月 8 日，项目在管理系统上提交《古脊椎动物化石发掘与修复装架技术规程》报批稿。

（三）标准主要起草人及其所做的工作

本文件起草人余海东、代辉、王丽霞、谭超、魏光飏、余颖、韩列松、龙奎、熊璨、胡旭峰、彭光照、李大庆、江山、王荀仟、肖明、林雨、张玉清、胡海虔、魏墨英、刘峰、江大勇、王永栋、王涛、唐治路、董枝明。

余海东，课题负责人，负责组织、主持项目研究、调研及研讨，起草标准及编制说明；代辉，课题技术负责人，主持标准起草、编制、审查、修改等工作；王丽霞，从国家古生物化石保护管理层面需要的角度对化石发掘与修复装架技术要求进行总体把关，主要研究人员；

谭超，参与研讨，总体负责化石发掘、修理、复原装架技术内容，主要研究人员；魏光飏，从重庆古生物化石保护管理层面需要的角度对化石发掘与修复装架技术要求进行把关，主要研究人员；余颖、韩列松、龙奎，从古生物化石保护管理以及行业标准制修订要求进行总体把关，主要研究人员；熊璨、胡旭峰，从化石发掘、修理、复原装架工作管理与实际出发，参与标准研讨与编制，系统校核标准；彭光照，从自贡大山铺恐龙化石产地发掘、修理、研究装架实际出发，对标准进行总体把关，参与研讨并系统校核标准，主要研究人员；李大庆，从北方地区古脊椎动物化石发掘、修理、研究装架实际出发，对标准进行总体把关，参与研讨并系统校核标准，主要研究人员；江山，参与研讨并系统校核标准，主要研究人员；王荀仟、肖明，负责化石发掘技术内容；林雨、张玉清，负责化石修理和复原装架技术内容；胡海虔、魏墨英，负责编制说明，负责经费执行及协调联系工作；刘峰，负责编制说明及协调联系工作；江大勇、王永栋，参与研讨，系统校核标准；王涛，从云南禄丰恐龙化石产地实际出发，对标准进行总体把关；唐治路、董枝明，从化石发掘、修理、研究装架技术要求进行总体把关，主要研究人员。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据

（一）标准编制原则

1. 安全保护原则。化石安全是基础和保障，化石保护是发掘、修理、研究、利用等工作的基础。本标准将化石保护贯穿了整个发掘、修理、复原装架、保存管理等各个阶段环节。

2. 科学合理、经济实用原则。选择的技术方法科学合理、经济可行，本标准规定了化石采集、化石修理、化石复原、模具制作、模型翻制、支架制作、模型上色、组合装架等多个技术方法和流程，以科

学化、规范化开展化石发掘与修复装架工作。

3. 准确完整原则。化石产地及化石原始信息的采集和记录必须准确客观、系统全面，为后续保护管理、研究利用奠定基础，特别是研究工作离不开化石原始信息的记录，因此应当准确客观、系统全面地记录化石及化石产地信息，形成完整的资料档案并及时汇交保存。

4. 绿色发掘、生态保护原则。化石发掘不可避免会对地表产生破坏，因此应当开展绿色发掘减少地表破坏，同时发掘后还应进行生态修复，恢复自然环境条件。

（二）确定标准主要内容

1. 确定依据。项目组收集了国内主要古脊椎动物化石产地化石发掘、修理、复原装架资料，以及化石发掘、馆藏、管理等单位的有关资料，结合化石发掘、修理、复原装架工作的实际需求，提出了标准的主要内容建议。根据有关专家意见，项目组拟订了编写提纲，并召开专家研讨会研究讨论了标准的主要内容要求，听取了意见和建议，修改、完善了编写提纲。按照编制原则和编写提纲，确定了标准的主要内容。

2. 主要内容。标准共分九章。主要内容包括：第一章 范围；第二章 规范性引用文件；第三章 术语和定义；第四章 总则；第五章 工作流程；第六章 化石发掘；第七章 化石修理；第八章 化石复原装架；第九章 化石评价及成果汇交。

标准中共列有 11 个附录。其中规范性附录 1 个、资料性附录 10 个。

（三）确定主要内容的论据

1. 提出化石层、化石保护层、化石覆盖层概念，并进行术语的定义。化石层是指含有古生物化石发掘对象的地层。化石保护层是指按

一定保护厚度划分的岩（土）层。化石覆盖层是指保护层上覆的所有岩（土）层。

相关依据：（1）依据《固体矿产地质勘查规范总则》（GB/T 13908-2020），参照矿体概念定义化石层，参照矿体上覆岩体概念定义化石覆盖层。

（2）依据《田野考古工作规程》（2009年）第十四条考古发掘的原则性要求，为做好文物保护，发掘时应采取部分揭露堆积层，如先发掘二分之一或四分之一堆积层厚度。堆积层可类比岩石地层，在化石发掘中，为做好化石保护，避免发掘中损坏化石，应留设化石保护层。

（3）在实际工作中，一般是先发现化石线索，根据化石露头情况，确定化石的地层层位、沉积层厚度、走向延展长度，据此确定化石层厚度，化石层上覆留取一定厚度岩体为化石保护层，化石保护层至地表为化石覆盖层。当然，在野外实际地质情况中，存在只有化石层而没有化石保护层或化石覆盖层的情况，但不影响本标准对化石层、化石保护层、化石覆盖层概念的提出和定义。例如：在水平岩层或土层中，化石可能直接暴露，化石保护层和覆盖层已被完全剥蚀或冲蚀。

2. 化石样模、骨骼模型、骨架模型术语的确定。化石样模是指通过化石复原工作，采用适当材料制作出用于化石模具制作的样本模型；骨骼模型是指利用化石模具翻制出的用于装架或展示的模式；骨架模型是指利用同一个体的系列骨骼模型装架形成一具完整的骨架。

相关依据：化石复原装架工作主要分为复原装架设计、化石复原、模具制作、模型翻制、上色装架五个阶段。除复原装架设计为鉴定设计工作，其余四个阶段为工艺流程，每个流程对应制作一个产品，直至装架形成最终成品。为避免混淆和方便陈述，将化石复原阶段制作

的模型称为“化石样模”，模型翻制阶段制作的模型称为“骨骼模型”，上色装架阶段最终形成的成品称为“骨架模型”。化石样模是为模具制作的一次性模型，骨骼模型通过组装上色形成一具完整的骨架模型，骨架模型为最终装架的成果。

3. 化石保护层最小厚度的确定。化石保护层厚度应根据化石覆盖层开挖方式、围岩（土）坚硬程度、化石强度等综合确定，且厚度应能满足化石安全保护需要。

对于化石层厚度具体取值，本标准总结了以往发掘工作经验，并进行了理论分析验算。建议化石覆盖层使用机械开挖作业时，化石保护层最小厚度不宜小于 1m；化石覆盖层使用浅孔爆破作业时，化石保护层厚度不宜小于 3m。

相关依据：（1）化石抗压强度与围岩接近，按软质岩类的较软岩取抗压强度，较软岩为 5~15Mpa，取其最低值，因此，化石抗压强度取 5Mpa，安全系数取 1.6，化石抗压强度标准值为 3Mpa。因此，在液压破碎锤冲击下，岩体中附加应力不应大于 3Mpa。依据《液压破碎锤》（GB/T 32799—2016），机载式中型液压破碎锤冲击能为 760~4500 J、钎杆直径 75~145mm。根据长沙矿冶研究院甘海仁、赵统武发表的论文《冲击锤的工作应力和能量传递分析》，中型液压破碎锤钎杆应力 180Mpa 左右，参照地基附加应力计算岩石附加应力。当化石保护层厚度取 1m 时，岩石附加应力 2.97Mpa<3Mpa，满足要求。

（2）根据《爆破安全规程》（GB6722-2014）和露天爆破工程技术设计规范（T/CSEB 0011-2020），浅孔爆破是指炮孔直径小于或等于 50mm，深度小于或等于 5m 的爆破作业。

在不考虑齐发爆破条件下，以硬质岩为例，根据《爆破安全规程》

(GB6722-2014) 和露天爆破工程技术设计规范 (T/CSEB 0011-2020) 计算。炮孔孔径 40mm, 炮孔深度 0.92m, 单孔装药量 0.16kg, 爆破震动安全允许距离 (化石保护层留存厚度) 2.91m。因此, 化石覆盖层使用浅孔爆破作业时, 建议“化石保护层最小厚度为 3.0m, 炮孔直径 40mm, 炮孔深度小于 1m, 单孔装药量小于 0.15kg, 且靠近化石保护层进行最后一层爆破时, 应进行逐孔起爆减轻振动”。

4. 探方的规定和使用。发掘宜布设探方, 探方规格依据发掘面积确定, 常用规格 1m×1m、2m×2m 等。

相关依据: (1) 依据《田野考古工作规程》(2009 年) 第十三条考古发掘的作业方法, 考古发掘一般采用探方法。

(2) 依据《田野考古工作规程》(2009 年) 附录一野外作业技术要点, 探方(沟) 是田野发掘的基本工作单位, 田野发掘中可根据文化堆积的实际情况选择不同大小的探方(沟)。一般来说, 探方的规格有 1m×1m、5m×5m、10m×10m。考虑发掘面积和化石外观尺寸大小, 本标准常用探方规格为 1m×1m 和 2m×2m。

5. 采集方法应根据化石条件、围岩(土) 性质、埋藏条件等综合确定, 包括直接采集法、石膏法、夹层法、筛洗法等。

相关依据: (1) 化石采集的原则是在保证化石安全的条件下使用科学合理、经济实用的方法将其采集, 如何在采集时保证化石安全是采集方法选择的关键因素。化石条件主要指化石自身强度, 是影响化石采集的主要因素; 围岩(土) 性质主要指围岩坚硬程度、土的胶结程度, 是影响化石的另一重要因素; 埋藏条件主要是指化石分布的密度, 是否有交错重叠现象, 埋藏复杂的情况会增加化石采集难度, 也影响化石采集方法的选择。

(2) 化石自身强度高、埋藏简单的, 宜采用直接采集法。

(3) 化石自身强度高，但埋藏复杂，不便于直接采集的，应采用石膏法采集。

(4) 化石自身强度低时，应根据围岩（土）强度选择采集方法，强度较低的土层、软质岩宜采用石膏法；强度较高的硬质岩宜采用直接采集法。

(5) 土层中 $\leq 10\text{mm}$ 的化石一般采用筛洗法，例如：啮齿类牙齿。

(6) 薄层状构造的岩性，一般采用夹层法采集。当薄层状构造的岩层，单块采集面积较小不需要夹板固定时，可直接采集。

(7) 对于不宜采用直接采集法、石膏法、夹层法的可采用其他方法进行采集。

6. 石膏调配及石膏外壳厚度的规定。采用标准稠度用水量计算出石膏粉用量和加水量，先注入清水再加入石膏粉，待石膏粉充分吸水饱和后进行搅拌，速度不宜过快，直至形成稠度适中的石膏浆。必要时可加入少许乳胶类材料增强石膏强度；低温环境石膏凝固缓慢时，可加入少量食盐加速凝固。石膏绷带层铺设层数常宜为2~4层，厚度10~20mm。

相关依据：（1）依据《建筑石膏 力学性能的测定》（GB/T 17669.3-1999）计算石膏粉用量和加水量。

（2）石膏稠度的掌握。配制的石膏稠度适中，满足麻布、纱布等绷带材料裹挟，同时满足石膏涂抹需要。稠度过低或过低，都不适宜裹挟和涂抹，影响打石膏的质量。应先注清水，再加石膏粉，如果先加石膏粉在注入清水，是很难将两者调配均匀的，导致出现石膏硬块影响质量。

（3）凝固时间的掌握。凝固时间主要与加水量有关系，次之与搅拌时间、温度、湿度有关系。首先水、石膏粉混合比，水越多石膏

凝结时间越长，石膏密度越低、牢度越低，水越少凝结时间越短、密度越大、牢度越高。

(4) 为保证结构受力良好，每层绷带材料应相互交错铺设。小型化石一般为横向和竖向形成“十”字形的2层，大中型化石一般横向、竖向、正斜交、反斜交形成“米”字形的4层，每层麻布裹挟石膏浆液厚度约5mm，故厚度10-20mm。为保护最后一层绷带，在其上面涂抹一层石膏，涂抹厚度一般不小于5mm。

7. 化石采集时，规定了不同化石埋藏情况的具体采集要求。对多层位埋藏的化石，应自上而下逐层采集；对关联化石，宜整体采集；对易损或强度低的化石，应在采集前涂刷保护试剂加固；对采集时已断裂的化石，应及时粘接，保证化石的完整性；对埋藏时已残缺的化石，不应修复处理，在室内修理研究后再复原；对实体化石缺失的印模，应将印模复原，获取实体化石的形态、尺寸等基本信息；对潮湿环境中的化石，宜在化石干燥后再采集；当干燥脱水会损坏化石时，应及时采集，并采取保湿措施妥善保存。

相关依据：(1) 化石地层层位是化石重要埋藏信息，因此不同层位的化石应当分层采集。

(2) 为尽量保留化石原始埋藏状态，对关联的化石宜整体采集，以保留其相互关联的化石信息，有利于研究工作的开展。

(3) 为保证化石安全，对易损、强度低或已断裂的化石应粘接加固后再采集，以避免化石的二次损坏。

(4) 为保证化石信息的客观真实性，对埋藏时已残缺的化石不修复处理，以避免错误复原而误导化石研究工作；对实体化石缺失的印模将印模复原，以获取实体化石的形态、尺寸等基本信息。

(5) 针对干燥脱水会损坏的化石，及时采集并采取保湿措施妥

善保存，常用的保湿措施包括密封保湿、空调恒温恒湿等。

8. 化石埋藏图绘制比例选用。绘制比例依据探方内多数化石外观尺寸确定，以图上化石不小于 5mm 为宜。化石外观尺寸 $>500\text{mm}$ 比例为 1:50， $250\text{mm} < \text{化石外观尺寸} \leq 500\text{mm}$ 比例为 1:20， $50\text{mm} < \text{化石外观尺寸} \leq 250\text{mm}$ 比例为 1:10，化石外观尺寸 $\leq 50\text{mm}$ 比例为 1:5。

相关依据：（1）为清楚反映化石形态结构，埋藏图上化石大小取 5mm 合适，如果再小就不能清楚反映化石形态结构。

（2）探方内多数化石外观尺寸 $>500\text{mm}$ ，按比例尺 1:50 绘制，图上多数化石大于 10mm； $250\text{mm} < \text{化石外观尺寸} \leq 500\text{mm}$ ，按比例尺 1:20 绘制，图上多数化石 12.5mm~25mm； $50\text{mm} < \text{化石外观尺寸} \leq 250\text{mm}$ ，按比例尺 1:10 绘制，图上多数化石 5mm~25mm；化石外观尺寸 $\leq 50\text{mm}$ ，按比例尺 1:5 绘制，图上多数化石小于 10mm。按上述比例尺进行埋藏图绘制，满足图上化石不小于 5mm 的要求。

9. 规定了化石野外编号格式。野外编号一般按“化石产地+年号+探方编号+化石顺序号”编排，化石产地按 GB/T 10114 采用两段九位数字编码至县级以下行政区。

相关依据：（1）为保证化石编号的唯一性和统一性，用化石产地的地名反映化石行政区划，用探方编号反应化石具体发掘位置，用化石顺序号进行编号统计。

（2）根据《县以下行政区划代码编制规则》（GB/T 10114-2003），全国县级以下行政区具有统一规范的行政区划代码，保证了化石产地编号的统一性和唯一性，从而保证了野外化石编号的统一性和唯一性。

10. 化石走向和倾向的确定，表 E.3 化石野外记录表中应记录化石走向（侧伏向）和倾向（倾伏向）。

相关依据：依据岩层产状概念提出化石走向和倾向，以记录化石

空间展布关系。走向，又可称侧伏向，表示化石长轴在发掘面上的方位角；倾向，又可称倾伏向，表示化石面在发掘面上的倾斜方向，记录化石走向和倾向的意义不仅为了化石空间关系，还可以指示埋藏时的水流方向。

11. 化石运输的规定，重点保护化石应按出土文物等贵重货物运输相关规定执行，一般保护化石参照执行。

相关依据：贵重货物是指单件货物价格比较昂贵的货物，如精密仪器、家用电器、手工艺品、珠宝首饰、出土文物等。古生物化石可以视为出土文物，故化石运输应当参照贵重货物运输进行。

12. 化石修理方法应根据化石围岩（土）性质、化石尺寸等因素综合选择。包括气动笔修理法、筛洗法、喷砂法等机械修理方法，以及酸浸法等化学修理方法。

相关依据：（1）化石修理的原则是在保证化石安全的条件下使用科学合理、经济实用的方法将围岩（土）去除。围岩（土）性质、坚硬程度、矿物成分是影响化石修理的主要因素；化石尺寸是影响化石的另一重要因素，例如：细小化石用筛洗法，化石尺寸太大不适用酸浸法。

（2）目前国内外最常见化石修理方法采用气动笔进行化石修理。

（3）土层中化石小于 10mm，不方便进行气动笔修理，采用筛洗法可起到事半功倍的效果。

（4）对围岩硬度明显小于化石硬度的，两者硬度差距较大时利用喷砂法修理效果理想。

（5）对在研究上有特殊需要的化石，尽量保留其原始性质，不使用化学试剂改变其原有化学属性。例如：有机残留物、古蛋白质组学等方面的研究。

13. 化石修理时，规定了不同化石情况的具体修理要求。对关联化石，应根据研究需要，保留化石关联状态；对薄弱易碎、结构复杂等化石，应制作底托进行辅助修理；对板状化石，修理时应处理好化石与底板的关系，以展示化石形态特征并保证底板平整美观；对印模化石，应采用石膏复制出印模化石形态及纹理等特征；对化石的精细部位，应借助显微镜等设备，采用探针进行修理。

相关依据：（1）为充分保留化石研究信息，关联化石修理时保留关联状态可为研究提供关键信息。

（2）为保证修理时不损坏化石，对薄弱易碎、结构复杂等化石制作底托可起到支撑和保护作用。

（3）板状化石应保留底板，所以修理时不但要保留底板还应处理好化石与底板关系。

（4）印模化石的形态及纹理是重要的研究信息，修理时应保留。

（5）精细部位人的肉眼无法进行精准修理，此时应当借助显微镜等设备，提高修理的精度。

14. 粘接材料应根据化石类型、石化程度等综合确定。石化程度较高的化石宜采用云石胶，石化程度较低的化石宜采用石膏。

相关依据：云石胶是由环氧树脂和不饱和树脂两种原料制作，适用于各类石材间的黏结或修补石材表面的裂缝和断痕。石化程度较高的化石可视为石材，因此粘接效果较好，例如：恐龙化石。石化程度较低化石，例如：土层中的哺乳动物化石，不适用云石胶粘接，一般采用石膏粘接。

15. 加固方法应根据化石强度、形态结构等综合确定。强度高的化石宜采用涂刷法，强度低的化石宜采用移液管加注法，形态结构复杂的化石宜采用浸润法，大面积保护时宜采用喷涂法。

相关依据：（1）化石加固的原则是在不损坏化石的前提下，使用适当的保护试剂保护化石的方法。化石强度是影响加固方式的主要因素，形态结构是影响化石的另一重要因素。

（2）强度高的化石不担心保护试剂涂刷时造成化石二次损坏，因此可直接进行涂刷保护，涂刷法也是最常见的方法。

（3）强度低的化石，因其脆弱可能在保护时造成二次损坏，因此采用移液管滴注方式，可有效防治化石损坏。

（4）形态结构复杂的化石，因其结构复杂无法直接涂刷，故采用浸泡方式，保护试剂可直达化石结构复杂部位。

（5）大面积保护时，采用喷涂方式可提高工作效率。

16. 保护试剂涂刷遍数一般不少于 3 遍；每遍间隔时间不低于 2h，气温低时宜延长，气温高时可减短，以充分吸收为宜。

相关依据：（1）保护试剂浓度过高影响渗透吸收，浓度过低影响保护效果。如：纳米材料和水配比一般为 1:1，颗粒胶和稀释剂配比一般为 1:20。

（2）根据实际工作经验，保护试剂涂刷 3 遍后，化石充分吸收保护试剂到达饱和。1~2 遍未能达到充分渗透吸收效果，超过 3 遍，由于化石已充分吸收保护试剂到达饱和，再涂刷渗透吸收量很小。

（3）根据工作经验，保护试剂涂刷 2h 后，保护试剂才充分渗透进入化石。气温低渗透吸收较慢，间隔时间宜延长；气温高渗透吸收较快，间隔时间可减短。

17. 化石复原包括部分缺失的化石、完全缺失的化石、变形的化石。对部分缺失的化石，未明确化石需装架时，不宜在化石上进行复原，应先制作化石的一次性石膏模型，再进行复原；对完全缺失的化石，应按照复原设计并结合解剖学特征合理地进行复原工作；对变形

的化石，应根据化石未变形或变形较轻部位形态特征进行复原工作。

相关依据：（1）通过总结分析，需对部分缺失的、完全缺失的和变形的化石共 3 种情况进行复原工作。

（2）对完全缺失的化石，以比较解剖学为依据，将今论古进行比较分析，以属种鉴定为基础，以相近属种为参考进行复原设计。

（3）对部分缺失的化石、变形的化石，根据保留部分的或未变形部位，结合属种鉴定和复原设计进行复原工作。

18. 模具主要材料参数规定。硅胶应选用流动性好、拉力撕裂强度高、变形小、硬度适中的模具硅胶；玻璃钢由树脂和玻璃纤维手糊制作而成，树脂要求强度高、收缩率小、环保无毒，玻璃纤维要求强度高、柔韧性好、厚度均匀且与树脂接合良好；石膏应选用细度适中、凝结时间适宜、强度较高的模具石膏粉。

相关依据：（1）硅胶材料参数参照《硅胶试验》（HG/T 2765.5-2005）选取。硅胶材料建议选取参数“黏度 $\leq 15000\text{pa}\cdot\text{s}$ ，拉伸强度 $\geq 3.5\text{Mpa}$ ，撕裂强度 $\geq 10\text{kN/m}$ ，线缩水率 $\leq 0.1\%$ ，邵氏硬度 20~40 度”。

（2）树脂和玻璃纤维材料参数参照《船用玻璃纤维增强塑料制品手糊成型工艺》（CB/Z 180-1998）选取。

（3）石膏材料参数参照《建筑石膏》（GB/T 9776）和《建筑石膏力学性能的测定》（GB/T 17669.3）选取。石膏材料建议选取参数“细度 100~120 目，标准稠度下，初凝时间 ≥ 7 分钟，终凝时间 ≤ 30 分钟，湿抗折强度 $\geq 4\text{Mpa}$ ，干抗压强度 $\geq 7\text{Mpa}$ ”。

19. 内模、外模和空心状玻璃钢模型厚度应能保证质量满足强度需要。

对于内模、外模和空心状玻璃钢模型厚度具体取值，本标准总结了以往工作经验，并进行了理论分析验算。建议内模涂刷 3 遍，厚度

不小于 3mm；外模贴 5 层，厚度不小于 5mm；空心状玻璃钢模型涂刷 3 遍，厚度不小于 3mm。

相关依据：（1）内模涂刷第 1 遍硅胶为细节再现，第 2 遍硅胶加纱布为构造加筋，第 3 遍硅胶为保护纱布不裸露，每遍涂层厚度约 1mm，3 层厚度不小于 3mm。

（2）外模为手糊玻璃钢，一层树脂对应一层玻纤布，每层厚度约 1mm，5 层厚度不小于 5mm。

（3）空心状玻璃钢模型涂刷第 1 遍树脂为细节翻制，第 2 遍树脂加玻纤布为构造加筋，第 3 遍树脂为保护玻纤布不裸露，每遍涂层厚度约 1mm，3 层厚度不小于 3mm。

20. 支架钢材型号确定。底座、肢骨支撑、脊椎梁架视装架个体的大小及重量合理选用槽钢、工字钢或丁字钢，卡子等其他构件宜采用扁铁。

（1）从经济实用角度出发，在满足受力情况下，常采用槽钢、工字钢、丁字钢等断面钢材替代闭口钢材，这样不但节约材料，还方便钢材制弯加工，同时也可以达到力学作用效果。

（2）槽钢是一种断面力学性能为优良的断面钢材，其理论重量在断面钢材中较大，仅次于闭口钢材。工字钢是一种断面力学性能优良的经济型断面钢材，工字钢翼缘宽，侧向刚度大，抗弯能力强。丁字钢截面更加经济，在满足受力要求下，使用丁字钢可以有效减轻支架自身重量。

21. 骨骼模型上色遍数不宜少于 3 遍，一般包括底色、主要面色、次要面色。

相关依据：（1）底色必须全部覆盖模型表面，且一般为浅色系，是为了更好呈现面色效果。如果不涂刷底色，面色显示不稳定一致。

(2) 面色根据化石颜色确定，化石主要的颜色为主要面色，化石次要颜色为次要面色，一般主要颜色为一种，次要颜色可能有多种。有多少种面色就应上色多少遍，例如：1种主要面色，2种次要面色，加上底色，一共需上色4遍。

22. 装架顺序的确定。安装顺序为底盘基座—肢骨支撑—背椎梁架—颈椎梁架和尾椎梁架—荐椎—背椎—颈椎和尾椎—肩带、腰带及其他附属骨骼部位—头部。

相关依据：(1) 先安装支架，支架安装顺序是由下到上，由基座到支撑，由支撑到梁架，梁架安装时为考虑整体平衡，背椎梁架安装后应对称安装颈椎和尾椎梁架。

(2) 支架安装完成后再安装模型（化石），同样考虑平衡性，先安装背椎和荐椎再对称安装颈椎和尾椎，其次安装肩带、腰带及其他附属骨骼部位，最后安装头部。

三、主要试验的分析、综述报告、技术经济论证及预期的经济效果

本标准对化石发掘与修复装架的术语和定义、目的任务、基本原则、基本要求、化石发掘、化石修理、化石复原装架、化石评价及成果汇交等内容进行了规定。本标准的制定弥补了化石发掘与修复装架标准体系的一项空白，使化石发掘、修理、复原装架具有一个基本要求明确、可操作性强、标准统一的技术要求，为化石发掘与修复装架工作的规范化、标准化、科学化提供了技术支撑。本标准实施后，可规范化石发掘与修复装架工作，进一步提高工作效率和工作质量，对指导全行业化石发掘与修复装架工作的开展具有重要意义。在该标准的指导下，化石发掘可以得到有效管理和规范，修复装架标准和质量将得到进一步提高，更好的为化石保护管理、研究利用等工作服务，

让化石资源增值保值。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度及与国际、国外同类标准水平的对比

未采用国际标准，国外无同类标准。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准依据《古生物化石保护条例》、《古生物化石保护条例实施办法》总体要求，并结合我国古生物化石资源实际情况制定。本标准是《古生物化石保护条例》与《古生物化石保护条例实施办法》在古脊椎动物化石发掘工作和技术要求的细化，同时增加的发掘后必不可少的化石修理与装架内容，是化石保护管理、研究利用等后续工作的技术依据，可作为古脊椎动物化石发掘、修理、复原装架工作的技术要求，是一部系统规范、科学合理的化石发掘与修复装架工作的技术标准。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

标准是规范化石发掘与修复装架工作的技术要求，具有系统性、全面性和技术指导性，与现行有关技术标准配套使用，对促进科学合理开展化石发掘、修理、复原装架工作，指导化石保护管理、研究及开发利用具有重要意义。因此，建议作为推荐性行业标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

化石发掘与修复装架工作是古生物化石保护管理工作最基础的工作，是开展科研、科普、开发利用的前提和保障，涉及单位多、地域广。为贯彻标准，建议标准发布后，适时发布贯标的通知，并组织

培训，切实推动这项行业标准的贯彻实施。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。