

# 中国矿产资源潜力评价成果数据质量控制及方法技术

左群超<sup>1</sup> 杨东来<sup>1</sup> 宋 越<sup>1</sup> 马 娟<sup>2</sup> 肖志坚<sup>3</sup>

(1.中国地质调查局发展研究中心,北京 100037;2.中国地质环境监测院,北京 100081;  
3.南京地质矿产研究所,江苏 南京 210016)

**摘要:**本文以中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制工作为依托,系统地阐述了应用于中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制的基本理论及方法技术。通过实际应用证实了该质量控制方法技术的有效性、可行性、实用性和代表性,有一定借鉴意义和推广价值。该方法技术具有很好的示范效果和推广应用前景,适用于各类地质空间数据项目成果数据质量控制工作。

**关键词:**质量控制;质量元素;质量缺陷;抽样检查;可接收质量限(AQL);质量评价模型

**中图分类号:**P628<sup>+</sup>.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)04-1314-15

## 1 引言

### 1.1 背景

中国矿产资源潜力评价专项工作,评价的矿产有煤炭、铀、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾、金、铬、钼、锑、稀土、银、硼、锂、磷、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等 25 种,使用的地质基础和地质科研资料的时间跨度为从新中国成立之初到 2006 年底,覆盖的专业领域包括成矿地质背景研究、成矿规律研究、矿产预测评价、重力资料应用、磁测资料应用、化探资料应用、遥感资料应用、自然重砂资料应用、化工矿产资源潜力评价、铀矿资源潜力评价、煤炭资源潜力评价等,借助的技术手段是全面全过程应用地理信息系统和计算机技术,采用的评价方法是矿床模型综合地质信息预测方法,矿产资源预测总量描述要求资源定量、空间定位,参与的科研单位跨行业跨部门、且参与人员众多。该专项工作对组织实施的各环节衔接与各阶段

成果数据质量等控制指标要求非常高<sup>[1-11]</sup>。

### 1.2 问题

中国矿产资源潜力评价专项具有超大型、多专业、工程性等特征,取得的成果数据覆盖专业领域多、分布空间范围广,成果图件种类及数量特别巨大,使得成果数据质量自检自查、质量监管抽查、阶段成果验收、以及最终成果复核与收交等工作面临重大挑战。因此,寻求一套可行、有效、规范、便捷的质量控制方法技术,以便于检查、监控、验收、评价成果数据质量,保障中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量符合相关要求,显得尤为重要。

本文以中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制工作为依托,系统地阐述了应用于中国矿产资源潜力评价成果图件数据质量控制工作的基本理论及其一整套方法技术。通过实际应用证实了该质量控制方法技术的有效性、可行性、实用性和代表性,有一定借鉴意义和推广价值。特别适合以超大

收稿日期:2012-10-11;改回日期:2013-07-18

基金项目:中国地质调查局“全国重要矿产资源潜力评价综合信息集成”项目(121201121041)资助。

作者简介:左群超,男,1964年生,高级工程师,研究方向为矿产资源潜力评价、地质空间数据整合与集成、计算机应用软件研发或平台设计;E-mail:zuqc163@163.com。

型、多专业、工程性、面向空间数据为主要特征的大型地质项目成果数据质量控制工作。

## 2 基本内容分析

依据矿产资源潜力评价数据模型描述<sup>[3-10]</sup>,中国矿产资源潜力评价专项成果图件涵盖成矿地质背景、成矿规律、矿产预测、重力、磁测、化探、遥感、自然重砂等多个专业领域,图件种类繁多、数据量巨大。本文通过深入分析、综合研究、归纳总结中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制基本内容,提出了一整套成果数据质量控制方法技术,包括:(1)质量控制思路,(2)质量控制对象,(3)数据质量元素,(4)质量评价规则,(5)质量评价流程,(6)质量评价报告,以及基于此方法技术的质量控制软件系统实现等。

### 2.1 质量控制思路

从数据流或信息流转换角度而言,中国矿产资

源潜力评价专项工作可分 8 个环节:(1)收集数据及资料,(2)研究与编图,(3)阶段成果验收,(4)编制汇总方案,(5)研发建库平台,(6)汇总综合编图,(7)汇总成果验收,(8)汇总集成建库。这些环节保障(或围绕)中国矿产资源潜力评价专项重要目标实现:摸清国家重要矿产资源家底,取得重要矿产资源潜力评价成果(包括建立中国矿产资源潜力评价专项成果数据库)。只有全程各环节把好数据质量关(图 1),才可能保障中国矿产资源潜力评价专项最终成果数据符合相关质量目标要求。

### 2.2 质量控制对象

质量控制对象,即质量监控、检查与评价的对象。为了便于监控、检查与评价成果数据质量,也为了易于实现质量监控、检查与评价操作,本文将中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制对象的粒度厘定为四级:低级、中级、中高级、高级。其中,中级粒度为图件;低级粒度为图件的四个部分,即图件的



图 1 全程数据质量控制

Fig.1 The whole course data quality control

图面要素表达信息集、图件的空间数据集、图件的属性数据集、图件的元数据集;按图件类型<sup>[2-9]</sup>,图件归类为若干图件子集,即中高级粒度;由若干图件子集组成图件集合,即高级粒度;而且,每个专业领域(地质背景、成矿规律、矿产预测、重力、磁测、化探、遥感、自然重砂)的图件已划分为若干种类别,每个图件均有明确的类型归属和相应的图件数据模型规定<sup>[3-10]</sup>。

### 2.3 数据质量元素

#### 2.3.1 质量检查项

质量元素,即定量描述与定性描述的质量要求,可分为不同的级别。质量检查项(简称“检查项”),是指可用来有效操作的最小级别的质量元素。兼顾质量控制成本最小与效益最大原则,一般选择最能反映(或响应)数据集或数据产品质量状况的检查项,作为该数据集或数据产品的主要检查项。一个(或类)数据集或数据产品的若干检查项,一般分为两大类:一类为定性描述数据集质量状况的检查项;另一类为定量描述数据集质量状况的检查项。

基于地质数据质量检查与评价的基本原理<sup>[2]</sup>,用于检查与评价图件四部分(图面要素表达信息集、图件空间数据集、图件属性数据集、图件元数据集)质量状况的主要检查项清单见表1。

用于检查与评价图件集合质量状况的主要检查项清单见表2。

#### 2.3.2 缺陷与分级

质量缺陷(简称“缺陷”),即质量元素不满足规定的要求。依据质量元素不满足规定要求的程度,缺陷一般分为致命、严重、重、次重、轻、次轻六个等级,缺陷以“个”为计量单位。存在致命缺陷的数据或产品,意味该数据或产品质量特性极严重不符合规定,以致不经返工处理不能提供给用户使用。其他五级缺陷对数据或产品的影响程度,应视具体情况而定,但五级缺陷之间用于质量评价的换算比一般为严重:重:次重:轻:次轻=16:9:5:2:1<sup>[2]</sup>。

用于检查与评价图件四部分(图面要素表达信息集、图件空间数据集、图件属性数据集、图件元数据集)检查项可能存在的致命或严重缺陷清单见表3。

用于检查与评价图件集合质量检查项可能存在的致命或严重缺陷清单见表4。

### 2.4 质量评价规则

依据本文已确定的四个粒度的质量控制对象

表1 单个图件的数据质量检查项清单  
Table 1 Quality check item list of a geological map

图件四个部分	图件四个部分主要质量检查项
图件专业编图部分	1) 编图工作流程符合规定程度 2) 编图使用地质资料符合资料要求程度 3) 编图资料或数据处理符合规定程度 4) 图面要素符合规定程度 5) 图面表达符合规定程度 6) 编图比例尺符合规定程度 7) 编图空间范围符合要求程度 8) 编图技术参数符合规定程度 9) 编图说明书内容符合规定程度 10) 其他相关规定符合程度
图件空间数据部分	1) 坐标系参数符合规定程度 2) 图件地图投影符合规定程度 3) 图件使用图例图式符合规定程度 4) 专业图层空间实体符合专业图层内容规定程度 5) 图件的空间拓扑精度符合规定程度 6) 相关边界图层(国界、省界、预测工作区边界、典型矿床研究区边界等)符合规定程度 7) 图件、图层等结构及代码符合规定程度 8) 引用专业图层符合规定程度 9) 辅助图层或地理图层符合规定程度 10) 图层分类(包括专业图层、引用图层、辅助图层、地理图层、自增图层)符合规定程度 11) 图件四至范围与编图范围一致性符合程度 12) 其他相关规定符合程度
图件属性数据部分	1) 图层属性表结构符合规定程度 2) 图层属性数据填写格式符合规定程度 3) 图层属性数据填写内容符合地质工作程度 4) 图层属性数据填写率符合地质资料拥有程度 5) 图元编号\特征代码填写符合规定程度 6) 其他相关规定符合程度
图件的元数据部分	1) 元数据内容填写符合规定程度 2) 元数据格式(XML格式和自由文本格式)符合规定程度 3) 元数据填写内容与图件数据(空间和属性)一致性符合程度 4) 其他相关规定符合程度

(图件四个部分、图件、图件子集、图件集合)及其在中国矿产资源潜力评价成果数据质量控制中重要程度与联系,分别描述单个图件和图件集合的质量评价规则。

#### 2.4.1 单个图件

依据图件四个部分及其重要程度,单个图件的质量评价基本规则厘定如下:

##### 1)图件专业编图部分质量评价规则

地质现象或地质描述的复杂性、不确定性决定了专业编图的质量评价多属于定性描述质量元素。专业编图的质量评价是整个图件质量评价的核心。专业编图的质量评价专门由相应地质领域专家按相关专业编图技术要求,并结合专家的背景知识、学术观点、工作经验来进行评判的,主要采用人工检查与评价,评价过程本身非常复杂,本文简化如下:

表 2 图件集合的数据质量检查项清单

Table 2 Quality check item list of a geological map set

图件集合	图件集合主要质量检查项
完整性	1) 相关资料种类齐全性程度 2) 图件种类数量完整性程度
一致性	1) 与任务设计要求一致性程度 2) 与总体技术要求一致性程度
规范性	1) 内容规范程度 2) 形式规范程度 3) 管理规范程度

若地质领域专家认为图件专业编图部分存在如表 3 所列相应致命或严重缺陷之一,则该图件质量整体不合格(或不通过),不必进入图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的质量检查与评价,直接要求返工,返工完毕再进入质量评价流程;否则,图件专业编图部分质量评价合格(或通过),进入图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的质量检查与评价流程。

2)图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分质量评价规则

表 3 单个图件可能存在的致命或严重质量缺陷清单

Table 3 The most or more serious quality-defects list of a geological map

图件四个部分	图件四个部分主要质量检查项	可能存在的致命或严重缺陷
图件专业编图部分	1) 编图工作流程符合规定程度 2) 编图使用的资料或数据符合要求程度 3) 编图资料或数据处理符合规定程度 4) 图面要素符合规定程度 5) 图面表达符合规定程度 6) 编图比例尺符合规定程度 7) 编图空间范围符合要求程度 8) 编图技术参数符合规定程度 9) 编图说明书内容符合规定程度 10) 其他相关规定符合程度	1) 编图工作流程完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 2) 编图使用的资料或数据完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 3) 编图资料或数据处理完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 4) 图面要素完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 5) 图面表达完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 6) 编图比例尺不符合要求(严重) 7) 编图空间范围不符合要求(严重) 8) 编图技术参数完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重) 9) 无编图说明书或编图说明书内容完全不符合要求(致命)、部分不符合要求(严重)
图件空间数据部分	1) 坐标系参数符合规定程度 2) 图件地图投影符合规定程度 3) 图件使用图例图式符合规定程度 4) 专业图层空间实体符合专业图层内容规定程度 5) 图件的空间拓扑精度符合规定程度 6) 相关边界图层(国界、省界、预测工作区边界、典型矿床研究区边界等)符合规定程度 7) 图件、图层等结构及代码符合规定程度 8) 引用专业图层符合规定程度 9) 辅助图层或地理图层符合规定程度 10) 图层分类(包括专业图层、引用图层、辅助图层、地理图层、自增图层)符合规定程度 11) 图件四至范围与编图范围一致性符合程度 12) 其他相关规定符合程度	1) 坐标系参数不符合要求(严重) 2) 图件地图投影不符合要求(严重) 3) 坐标系参数或图件地图投影参数完全错误(致命) 4) 图件使用图例库与统一规定不一致(致命) 5) 图件使用图式与统一规定不一致(严重) 6) 专业图层空间实体不符合专业图层内容规定(致命) 7) 图件的空间拓扑精度不符合要求(严重) 8) 相关边界图层(国界、省界、预测工作区边界、典型矿床研究区边界等)不符合要求(严重) 9) 图件、图层等结构及代码不符合要求(严重) 10) 引用专业图层不符合要求(严重) 11) 图层分类(包括专业图层、引用图层、辅助图层、地理图层、自增图层)不符合要求(严重) 12) 图件四至范围与编图范围不一致(严重)
图件属性数据部分	1) 图层属性表结构符合规定程度 2) 图层属性数据填写格式符合规定程度 3) 图层属性数据填写内容符合地质工作程度 4) 图层属性数据填写率符合地质资料拥有程度 5) 图元编号\特征代码填写符合规定程度 6) 其他相关规定符合程度	1) 图层属性表结构不符合规定(致命) 2) 图层属性数据填写格式不符合规定(致命) 3) 图层属性数据填写内容不符合地质工作程度(致命) 4) 图层属性数据填写率不符合地质资料拥有程度(严重) 5) 图元编号\特征代码填写不符合规定程度(致命)
图件的元数据部分	1) 元数据内容填写符合规定程度 2) 元数据格式(XML格式和自由文本格式)符合规定程度 3) 元数据填写内容与图件数据(空间和属性)一致性符合程度 4) 其他相关规定符合程度	1) 元数据内容填写不符合规定(严重) 2) 元数据格式(XML格式和自由文本格式)不符合规定(严重) 3) 元数据填写内容与图件数据(空间和属性)不一致(严重)

图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的检查项多属于定量描述质量元素类别,可以数量化、模型化、软件化,并结合人工进行检查与评价,基本规则确定如下:

(1)单个检查项的质量评分按 100 分制,分两个质量等级:合格或通过(质量评分 $\geq 75$ ),不合格或不通过(质量评分 $< 75$ )。

(2)图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的质量评分按 100 分制,分三个质量等级:优(质量评分 $\geq 90$ ),合格或通过( $90 >$ 质量评分 $\geq 85$ ),不合格或不通过(质量评分 $< 85$ )。每个部分质量评分是其相应部分检查项质量评分的加权平均(为简化确定权系数工作可采用算术平均)。

(3)单个图件的质量评分按 100 分制,分三个质量等级:优(质量评分 $\geq 90$ ),合格或通过( $90 >$ 质量评分 $\geq 85$ ),不合格或不通过(质量评分 $< 85$ )。单个图件的质量评分是图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的质量评分的加权平均,图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分的质量权系数分别为 0.35、0.6、0.05。

(4)若图件空间数据部分或图件属性数据部分或图件的元数据部分存在如表 3 相应部分所列致命或严重缺陷之一,则该图件质量不合格,直接要求返工相应部分,并修改影响部分,返工完毕再进入质量评价流程。

(5)若图件空间数据部分或图件属性数据部分或图件的元数据部分的检查项之一质量评分 $< 75$ 或小于 75 分的说明理由专家不认可时,则该图件质量不合格,直接要求修改相应部分,并修改影响部分,修改完毕再进入质量复核确认流程。

(6)若图件的质量评分 $< 85$ 时,则该图件质量

不合格,直接要求修改质量评分较低部分,并修改影响部分,修改完毕再进入质量复核确认流程。

#### 2.4.2 图件集合

基于图件集合内所有单个图件的质量评价结果,整个图件集合的质量评价基本规则厘定如下:

(1)整个图件集合的质量评分按 100 分制,分四个质量等级:优(质量评分 $\geq 90$ )、良( $90 >$ 质量评分 $\geq 75$ )、中( $75 >$ 质量评分 $\geq 60$ )、差(质量评分 $< 60$ )。图件集合的质量评分是集合内若干类图件子集质量评分的加权,图件子集质量评分是子集内图件质量评分的算术平均。各类图件子集质量权系数的确定,依据相应类别图件数据模型的复杂程度而定(为简化确定权系数工作可采用算术平均)。

(2)若图件集合存在如表 4 相应部分所列致命或严重缺陷之一,则直接要求补充、修改相应部分,并修改、完善影响部分,补充、修改完毕再进入图件集合质量评价流程。

(3)基于图件集合质量检查与评价记录与结果,按规定编制图件集合质量评述报告、汇总相关附表(图件质量检查记录表、图件质量认定表等),与成果评审意见、评审专家名单一起,由相关部门审批下发归档等。

#### 2.5 质量评价流程

依据上述质量控制对象粒度的划分、质量控制对象检查项的确定、以及相应质量评价规则的约定,中国矿产资源潜力评价成果数据质量评价流程可以归结为三个大的步骤:第一,单个图件的质量评价;第二,图件集合的质量评价;第三,编写质量评述报告。

单个图件的质量评价,包括图件专业编图部分、识别图件的类型、图件空间数据部分、属性数据部分、元数据部分四部分质量评价及问题记录、以及单

表 4 图件集合可能存在的致命或严重质量缺陷清单

Table 4 The most or more serious quality-defects list of a geological map set

图件集合	图件集合主要质量检查项	可能存在的致命或严重缺陷
完整性	1) 相关资料种类齐全性程度 2) 图件种类数量完整性程度	1) 缺少必要的相关报告文档、统计表格、清单、卡片等(严重) 2) 缺少必要种类的图件(致命)
一致性	1) 与任务设计要求一致性程度 2) 与总体技术要求一致性程度	1) 提交成果与任务设计不一致(严重) 2) 提交成果与总体技术要求不一致(致命)
规范性	1) 内容规范程度 2) 形式规范程度 3) 管理规范程度	1) 提交成果内容与成果规范不一致(严重) 2) 提交成果目录形式与成果目录规范不一致(严重) 3) 提交成果未经过相应评审流程等(严重)

个图件作为整体的质量评分及问题记录,其中图件专业编图部分质量评价是核心。

图件集合的质量评价,包括图件集合按图件类型划分为若干图件子集合,图件子集合内若干图件的质量评价、图件子集合的质量评分,图件类型质量权系数的确定、以及图件集合的质量评分与问题记录汇总。

编写质量评述报告,包括编写图件集合的质量评述报告、汇总相关问题记录、以及汇总相关清单。

数据质量评价流程如图2所示。

## 2.6 质量评述报告

在质量评价工作主体结束之时,必须汇总质量评价相关问题记录并客观编写数据产品(图件集合)质量评述报告。质量评述报告既是对质量评价工作的系统总结,又是对数据产品质量状况的正式认定,是用户使用数据产品的权威参考信息,将作为最重要的技术报告之一与数据产品一起归档。质量评述报告的内容及编写要求如下:

### XX 成果数据质量评价报告

#### 一、基本概况

##### 1、检查与评价的组织

相关机构与人员、时间、地点及形式等。

##### 2、数据成果概况

任务来源、生产者、数据集范围(数量)、提交时间、数据格式等。

##### 3、检查与评价依据

列出依据文本,如合同书、任务书、验收要求等。

#### 二、数据质量的检查与评价

##### 1、检查与评价过程与步骤

##### 2、数据检查方式方法

##### 3、评价规则

缺陷分级、评价的规则与方法

#### 三、数据质量评述与结论

##### 1、评述

根据数据质量和(或)定量元素对数据质量进行的综合描述(包括存在问题)。

##### 2、结论与建议

包括评分结果、等级和(或)合格与否等的结论与处理意见。

四、附表:数据质量评价附表及数据质量评价专家组名单附表

附表1:数据质量评价表(包括缺陷详细记录表

等)

附表2:数据质量评价专家组名单

## 3 方法技术实现

### 3.1 实现思路

在深入分析、综合研究质量控制基本内容的基础上,模型化相关内容,规范化相关处理,集成化相关流程,提供简单、便捷、有效软件工具,辅助数据质量控制过程,达到如下目的。

1)将复杂的、耗时的、专业要求很高的数据质量评价问题简单化;

2)将地质专家、信息技术专家的分工与职责有机结合,合力解决复杂的数据质量评价问题;

3)将检查、记录、评分、汇总、评述、批文等数据质量评价处理流体一体化集成,既适用于数据生产者自检自查,适用于管理者抽查监控,又适用于主管部门组织专家评价验收;

4)提供简单、便捷、有效的软件工具,规范化、工程化数据质量评价工作,解决质量控制成本与效益相悖难题。

### 3.2 实现模型

因篇幅所限,关于质量检查项量化模型、相关质量权系数、抽样模型等内容因篇幅所限不在此详述,只简单列出图件三部分(空间数据、属性数据、元数据)、单个图件、图件子集合、图件集合的质量评价模型,以及模型之间的联系。

#### 1)图件三部分质量评价模型

(1)图件的空间数据质量评价模型(表5)

功能说明:①评价图件空间数据质量,②记录存在的质量问题及检查评价情况。

(2)图件的属性数据质量评价模型(表6)

功能说明:①评价图件属性数据质量,②记录存在的质量问题及检查评价情况。

(3)图件的元数据质量评价模型(表7)

功能说明:①评价图件元数据质量,②记录存在的质量问题及检查评价情况。

2)单个图件质量评价模型(表8)

功能说明:①评价图件数据质量,②记录存在的质量问题及检查评价情况。

3)图件子集合质量评价模型(表9)

功能说明:①评价图件子集合数据质量,②记录存在的质量问题及检查评价情况。

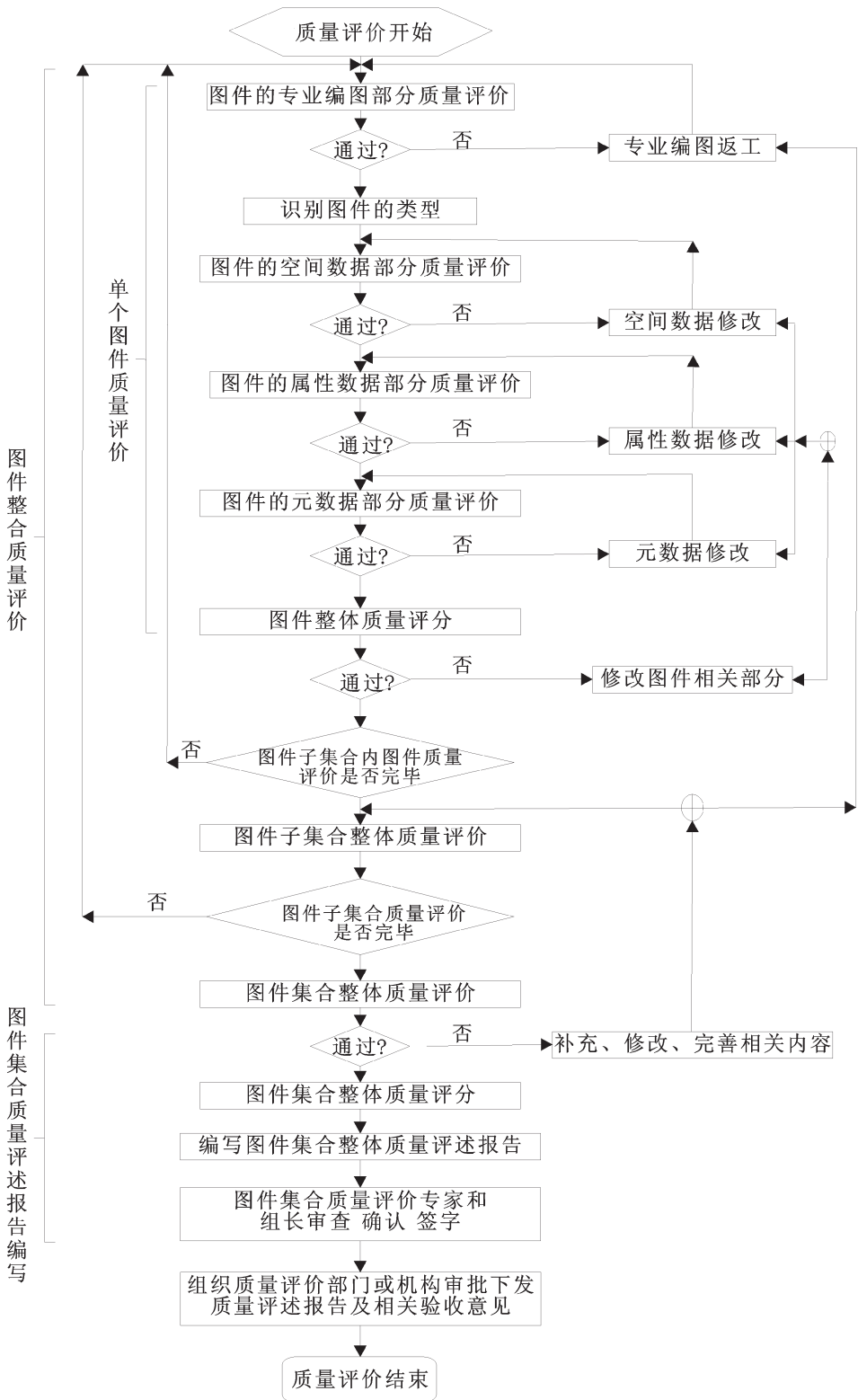


图 2 数据质量评价流程  
 Fig.2 Data quality evaluation process

表 5 图件的空间数据质量评价模型  
Table 5 The model of the special data quality evaluation of a geological map

文件名称		提交单位		[X]矿产资源潜力评价项目组														
文件类型		[X]类型																
致命或严重缺陷		注:若存在“表3单个图件可能存在的致命或严重质量缺陷清单”所列致命或严重质量缺陷之一,则停止评价此图件,直接返回修改。																
序号	检查项及描述	检查项类型	质量元素一级/二级	检查方法	检查方式	抽样参数 (N, n, c)			缺陷数			缺陷比 U(%)	可接收质量限 V(%)	U/V 或 U	检查项得分 S	检查项质量通过与否		
						N	n	c	严重	重	轻						次重	次轻
1	多余、遗漏专业图元,如人为增加或遗漏地质图元	定量型	数据完整性/多余/遗漏	人检	全检				16	9	5	2	1	0	5	0	100	通过
2	遗漏专业图层,如物化遥感推断解释地质图层	定量型	数据完整性/遗漏	机检	全检									0	5	0	100	通过
3	辅助图层:无(严重)、缺部分必要图层(重缺)、缺其它(次重以下)	定量型	数据完整性/遗漏	机检	全检									0	5	0	100	通过
4	地理图层:无(严重)、缺部分必要图层(重缺)、缺其它(次重以下)	定量型	数据完整性/遗漏	机检	全检									0	5	0	100	通过
5	专业附表:无(严重)、缺部分必要图层(重缺)、缺其它(次重以下)	定性型	数据完整性/遗漏	人检	全检									0	5	0	100	通过
6	专业附图:无(严重)、缺部分必要图层(重缺)、缺其它(次重以下)	定性型	数据完整性/遗漏	机检	全检									0	5	0	100	通过
7	多余专业图层,即将同一类空间实体分成了多个图层文件,与分层规定相悖	定量型	逻辑一致性/概念一致性	人检	全检									0	5	0	100	通过
8	图层名称与图层命名规定不一致	定量型	逻辑一致性/格式一致性	机检	全检									0	5	0	100	通过
9	空间拓扑方面存在重复点、线、面、点、坐标点,无意义微小线、微小弧、微小面,多边形不封闭、悬挂结点、悬挂弧、线或弧自相交、共用界线不唯一、拓扑不一致等(对应质量元素一级/二级:逻辑一致性/拓扑一致性)	定量型	逻辑一致性/概念一致性	人检	全检									0	5	0	100	通过
		定量型	逻辑一致性/概念一致性	机检	全检									0	5	0	100	通过
10	坐标系统、投影参数设置、编图空间范围本身没有错误,但与规定不一致	定量型	套合一致性检查	机检	全检									0	3	0	100	通过
		定量型	拓扑一致性检查	机检	全检									0	1	0	100	通过
数据集质量评述	空间拓扑得分 S	100	空间准确性/数学基础精度	机检	全检									0	1	0	100	通过
	存在主要问题		数据集质量评分 S (注: S = (∑检查项 i 的质量得分 Si) / M 或 ∑检查项 i 的质量得分 Si * 检查项 i 的质量权重系数 Wi)											100			质量等级(注:优(S ≥ 90)、或通过(S ≥ 85)、或不通过(S < 85))	优
评价专家																		

注:明确指出的问题,在描述问题时,先描述存在的致命缺陷,再描述严重缺陷,依此类推。



表 6 图件的属性数据质量评价模型  
Table 6 The model of the property data quality evaluation of a geological map

图件名称		[X] 图件		提交单位		[X] 矿产资源潜力评价项目组						
图件类型		[X] 类型										
致命或严重缺陷		注：若存在“表 3 单个图件可能存在的致命或严重质量缺陷清单”所列致命或严重缺陷之一，则停止评价此图件，直接返回修改。										
序号	检查项及描述	质量元素 一级 / 二级	检查方 法	检查方 式	抽样参数 (N、n、c)			缺陷比 U (%)	可接收 质量限 V (%)	U/V 或 U	检查项 得分 S	检查 项质 量通 过否
					N	n	c					
1	遗漏专业性数据表	数据完整性 / 遗漏	机检	全检				0	1	0	100	通过
2	遗漏必填属性数据项	数据完整性 / 遗漏	机检	全检				0	25	0	100	通过
3	遗漏选填属性数据项	数据完整性 / 遗漏	机检	全检				0	40	0	100	通过
4	属性结构与数据模型规定 比较字段缺失	逻辑一致性 / 概念一致性	机检	全检				0	5	0	100	通过
5	属性结构与数据模型规定 比较字段定义不一致 (数据 项代码、数据类型、长度、 小数位数)	逻辑一致性 / 概念一致性	机检	全检				0	5	0	100	通过
6	必填项值域不在规定范围 之内	逻辑一致性 / 值域一致性	机检	全检				0	5	0	100	通过
7	选填项值域不在规定范围 之内	逻辑一致性 / 值域一致性	机检	全检				0	5	0	100	通过
8	定性属性的描述不准确、与 实际属性资料相差太大	属性准确性 / 定性属性准确性	人检	抽检	0	0		0	5	0	100	通过
9	定量属性的赋值不准确、与 实际地质资料相差太大	属性准确性 / 定量属性准确性	人检	抽检	0	0		0	5	0	100	通过
数据集质量评述		数据集质量得分 S		注：S = (Σ检查项 i 的质量得分 Si / M 或 Σ检查项 i 的质量得分 Si * 检查项 i 的质量权重系数 wi)		100		注：优 (S ≥ 90)、或通过 (90 > S ≥ 85)、或不通过 (S < 85)		质量等级 优		
评价专家		存在主要问题		注：明确指出存在的问题。在描述问题时，先描述存在的致命缺陷，再描述严重缺陷，依此类推。						评价地点		

表 7 图件的元数据质量评价模型  
Table 7 The model of the meta data quality evaluation of a geological map

图件名称		[X]图件	提交单位	[X]矿产资源潜力评价项目组														
图件类型		[X]类型																
致命或严重缺陷																		
注:若存在“表3单个图件可能存在的致命或严重质量缺陷清单”所列致命或严重缺陷之一,则停止评价此图件,直接返回修改。																		
序号	检查项及描述	检查项类型	质量元素一级/二级	检查方法	检查方式	缺陷数					可接收质量限 V (%)	U/V 或 U	检查项得分 S	检查项通过否				
						抽样参数 (N、n、c)	严重	重	次重	轻					次轻	缺陷比 U (%)		
						N	n	c	16	9	5	2	1					
1	遗漏了矿产资源潜力评价图件元数据规定的必填内容(如:联系信息/空间信息/数据说明)	定量型	数据完整性/遗漏	人检	全检									0	5	0	100	通过
2	图件元数据的描述与图件的内容不一致	定量型	逻辑一致性/概念一致性	人检	全检									0	5	0	100	通过
3	元数据文件格式不符合矿产资源潜力评价图件元数据规定的XML格式与自由格式	定量型	逻辑一致性/格式一致性	人检	全检									0	5	0	100	通过
		数据集质量得分 S		注: S = (Σ 检查项 i 的质量得分 Si) / M 或 Σ 检查项 i 的质量得分 Si * 检查项 i 的质量权系数 Wi												100		质量等级
数据集质量评述		注: 优 (S ≥ 90)、或通过 (90 > S ≥ 85)、或不通过 (S < 85)																
		存在主要问题																
		注: 明确指出存在的问题。在描述问题时, 先描述存在的致命缺陷, 再描述严重缺陷, 依此类推。																
评价专家		评价时间		评价地点														

表 8 图件的数据质量评价模型  
Table 8 The model of the data quality evaluation of a geological map

图件名称		[×]图件	
图件类型		[×]类型	
提交单位		[×]矿产/资源潜力评价项目组	
致命或严重缺陷			
注：若存在“表 3 单个图件可能存在的致命或严重质量缺陷清单”所列致命或严重缺陷之一，则停止评价此图件，直接返回修改。			
序号	数据集名称	质量权重	数据集质量得分
1	图件空间数据	0.35	取自表 5[数据集质量得分 S] 数据集质量等级 取自表 5[质量等级]
2	图件属性数据	0.60	取自表 6[数据集质量得分 S] 数据集质量等级 取自表 6[质量等级]
3	图件元数据	0.05	取自表 7[数据集质量得分 S] 数据集质量等级 取自表 7[质量等级]
数据产品质量得分 S 注：S = (图件空间数据集质量得分*0.35+图件属性数据集质量得分*0.60+图件元数据集质量得分*0.05) 数据产品质量等级 G 注：优 (S ≥ 90)、或通过 (合格) (90 > S ≥ 85)、或不通过 (不合格) (S < 85)			
数据产品质量评述		100 优	
存在主要问题		注：分别从图件的空间数据、属性数据、元数据三个方面明确指出存在主要问题。在描述问题时，先描述存在的致命缺陷，再描述严重缺陷，依此类推。	
评价专家	评价时间	评价地点	

表 9 图件子集的数据质量评价模型  
Table 9 The model of the data quality evaluation of a geological map-subset

提交单位	[×]矿产资源潜力评价项目组		
图件幅(张)数	填写此类型图件幅(张)数 M		
序号	图件标题名称	图件质量得分	图件质量等级
1	取自表 8[图件名称]	取自表 8[数据产品质量得分 S]	取自表 8[数据产品质量等级 G]
...	...	...	...
M	取自表 8[图件名称]	取自表 8[数据产品质量得分 S]	取自表 8[数据产品质量等级 G]
图件子集质量得分 S 注: $S = \sum \text{图件 } i \text{ 质量得分} / M$ 图件子集质量等级 G 注: 优 ( $S \geq 90$ )、或良 ( $90 > S \geq 75$ )、或中 ( $75 > S \geq 60$ )、或差 ( $S < 60$ )			
100 优			
本类图件子集质量评述 注: 在描述存在主要问题时, 先描述存在的致命问题, 再描述严重问题, 然后说明质量等级处于优、合格、不合格的图件各占多少, 最后综述本类图件子集存在的主要问题。			
评价专家	评价时间	评价地点	

表 10 图件集的数据质量评价模型  
Table 10 The model of the data quality evaluation of a geological map set

图件集提交单位	[×]矿产资源潜力评价项目组		
图件集图幅(张)总数	取自图件子类 1 的表 9[图件幅(张)数] $1 + \dots +$ 取自图件子类 N 的表 9[图件幅(张)数]		
序号	图件子集的质量权重系数	图件子集图幅(张)数	图件子集质量得分
1	$W_1$	取自图件子类 1 的表 9[图件幅(张)数]	取自图件子类 1 的表 9[图件子集质量得分 S]
...	...	...	...
N	$W_N$	取自图件子类 N 的表 9[图件幅(张)数]	取自图件子类 N 的表 9[图件子集质量得分 S]
图件集质量得分 S 注: $S = \sum \text{图件子集 } i \text{ 质量得分} / N$ (当 $W_i = 1/N$ ) 或 $S = \sum (\text{图件子集 } i \text{ 质量得分} * \text{图件子集 } i \text{ 质量权重系数 } W_i)$ 图件集质量等级 G 注: 优 ( $S \geq 90$ )、或良 ( $90 > S \geq 75$ )、或中 ( $75 > S \geq 60$ )、或差 ( $S < 60$ )			
100 优			
图件集质量评述 注: 在描述存在主要问题时, 按图件子集分类描述。先描述存在的致命问题, 再描述严重问题, 然后说明质量等级处于优、合格、不合格的图件, 最后综述图件集总体质量情况。			
评价专家	评价时间	评价地点	

4)图件集合质量评价模型(表 10)

功能说明:① 评价图件集合数据质量,② 记录存在的质量问题及检查评价情况。

另外,基于抽样理论所用引用参数表也使用表格实现不在此详述,上述质量评价模型所用引用其他参数及标注信息见表 5~10 中的详细说明。

3.3 软件框架

基于上述质量评价模型、质量评价流程、矿产资源潜力评价数据模型、以及 MS Visual C++ /MS Excel/MS Word 等软件开发技术,研制了矿产资源潜力评价成果数据质量评价辅助软件系统 GeoDQC(Geology Data Quality Control for Mineral Resources Evaluation,包括 GeoMAG、GeoTOK 等软件模块<sup>[9]</sup>),其软件框架结构及主要功能模块见图 3。

矿产资源潜力评价成果数据质量评价辅助软件

系统 GeoDQC 的特点:(1)集检查(全检或抽检)、记录、评分、汇总、验收、导出质量检查评价记录表、导出质量评述报告初稿等一体化功能,涵盖了数据质量控制全过程。(2)基于 MS Excel 格式的图件质量评价模型及控制参数、抽样模型及控制参数,研究者易于定制增减质量检查项、调整模型控制参数,扩展了系统适用范围。(3)基于 MS Access 格式的中国矿产资源潜力评价数据模型(包含空间拓扑规则),统一并规范了图件数据模型检查内容,研究者易于定制数据模型,扩展了系统适用范围。(4)基于软件自动检查填写的、人工核实确认的质量检查评价记录表(图件空间数据/属性数据/元数据质量检查评价记录表、图件质量检查评价记录表、图件子集合质量检查评价记录表、图件集合质量检查评价记录表),既可作为质量评价汇总评述的基本记录,又可作为

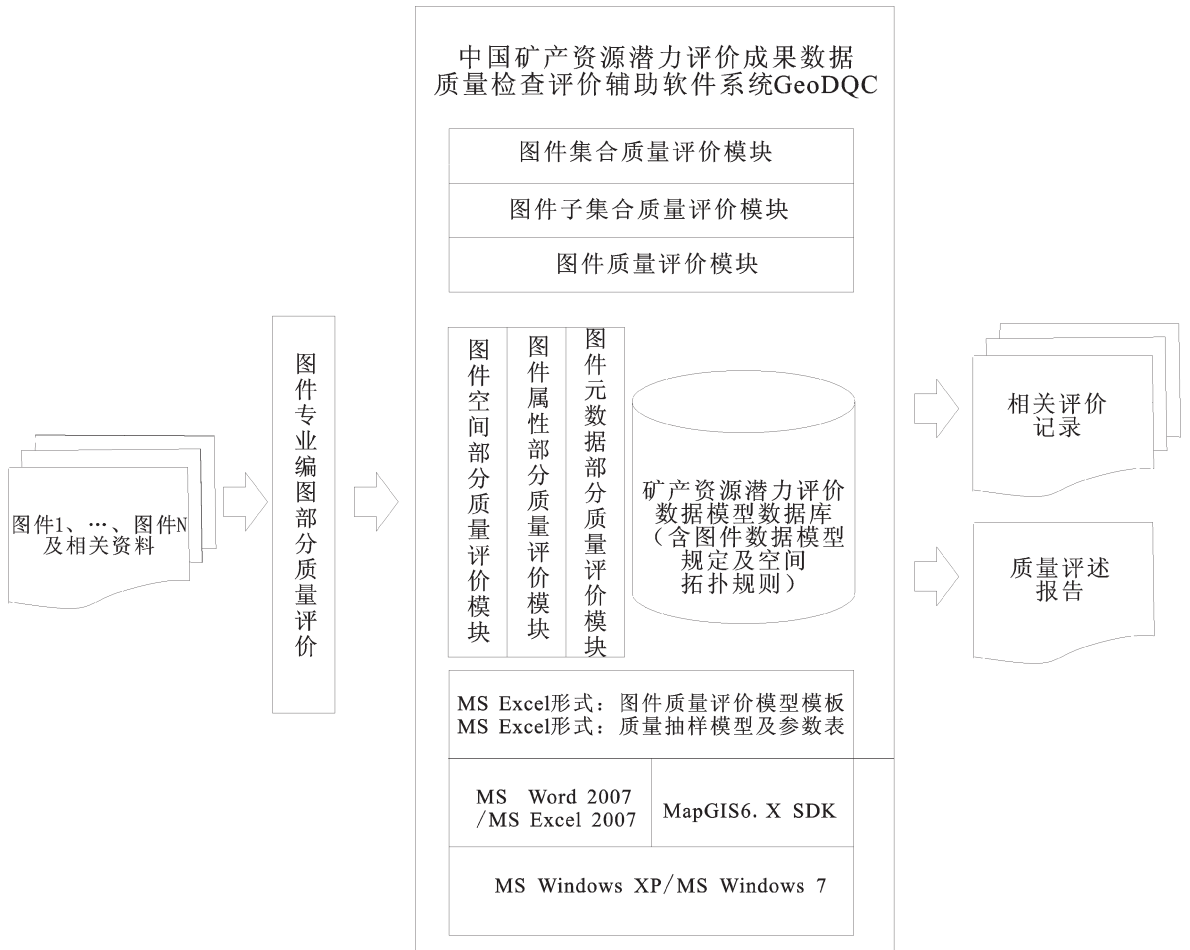


图 3 数据质量评价系统框架

Fig.3 The architecture of the data quality evaluation software system

数据生产者修改完善基本依据。(5)该系统面向数据质量控制全过程,适用于自检自查的数据产品生产者、质量抽查监控的管理者、数据产品质量评价验收的组织主管部门及其专家。

## 4 应用效果

基于上述质量评价模型及其方法技术设计的成果数据质量验收要求,研制的质量评价辅助软件系统,已在中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量自检自查、监管抽查、验收评价等多个环节中得到了广泛应用。

借助矿产资源潜力评价成果数据质量评价辅助软件系统,已完成了30个省(市、自治区)矿产资源潜力评价成果数据的质量检查、验收评价工作。已验收的成果图件数量达10万多个,涵盖30个省(市、自治区)的省级矿产资源潜力评价基础地质编图成果图件、25个矿种(煤炭、铀、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾、金、铬、钼、锑、稀土、银、硼、锂、磷、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等)的潜力评价成果图件。

统一性、规范性、便捷性、有效性、集成性、客观性,是该方法技术及其辅助软件系统的主要优点,解决了大规模数据质量控制成本与效益难以兼顾的难题。适用于数据生产者自检自查、管理者抽查监控、以及主管部门组织专家评价验收等工作。

## 5 结语

本文以中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制工作为依托,全面阐述了应用于中国矿产资源潜力评价专项成果数据质量控制工作的基本理论及其一整套方法技术。通过应用证实了该质量控制方法技术的有效性、可行性、实用性和代表性,有一定借鉴意义。该方法技术具有很好的示范效果和推广应用前景,适用于各类地质空间数据项目成果数据质量控制工作。

因地质现象或地质描述的不确定性,目前关于专业编图环节质量的优劣评判,主要依赖地质领域专家,借助其对技术要求的理解、相关背景知识和以往经验来核实确定,导致主观因素较多、劳动强度大。

今后研究重点,应系统分析深入研究地质领域理论知识、规则、方法技术、以及与专业编图的关系,引入知识推理人工智能等方法技术,有效提炼并量化图件专业编图质量检查项,逐步建立专业编图部

分质量评价模型,将复杂的专业编图质量评价环节逐步纳入整个质量控制软件体系,有效减轻地质领域专家在成果数据质量评价工作中的劳动强度,减少主观因素,提高工作效率。

**致谢:**该研究工作得到姜作勤、王全明、叶天竺、陈辉等研究员的鼓励和指导,特致谢意。

## 参考文献(References):

- [1] 左群超,杨东来,叶天竺.中国矿产资源潜力评价数据模型研制流程及方法技术[J].中国地质,2012,39(4):1049-1061.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Ye Tianzhu. The development process and technique of the mineral resources potential evaluation data model in China[J]. Geology in China, 2012, 39(4): 1049-1061(in Chinese with English abstract).
- [2] DD2006-07,中国地质调查局.地质调查技术标准:地质数据质量检查与评价[S].第一版,2006年12月.  
DD2006-07, The China Geological Survey. Geological Survey Technique Standard: Geological Data Quality Checking and evaluation, First edition[S]. 2006-12(in Chinese).
- [3] 左群超,杨东来,冯艳芳,等.矿产资源潜力评价数据模型丛书:成矿地质背景研究数据模型[M].北京:地质出版社,2011.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Feng Yanfang, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Metallogenic Geological Background Research [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [4] 左群超,杨东来,陈郑辉,等.矿产资源潜力评价数据模型丛书:成矿规律研究数据模型[M].北京:地质出版社,2011.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Chen Zhenghui, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Metallogenic Regularities Research [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [5] 左群超,杨东来,赵汀,等.矿产资源潜力评价数据模型丛书:矿产预测研究数据模型[M].北京:地质出版社,2011.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Zhao Tin, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Mineral Prediction Research [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [6] 左群超,杨东来,张明华,等.矿产资源潜力评价数据模型丛书:重力资料应用数据模型[M].北京:地质出版社,2011.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Zhang Minghua, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Gravity Data Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [7] 左群超,杨东来,黄旭钊,等.矿产资源潜力评价数据模型丛书:磁测资料应用数据模型[M].北京:地质出版社,2011.  
Zuo Qunchao, Yang Donglai, Huang Xuzhao, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Magnetic Survey Data Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).

- Publishing House, 2011(in Chinese).
- [8] 左群超, 杨东来, 吴轩, 等. 矿产资源潜力评价数据模型丛书: 化探资料应用数据模型[M]. 北京: 地质出版社, 2011.
- Zuo Qunchao, Yang Donglai, Wu Xuan, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Geochemical Data Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [9] 左群超, 杨东来, 于学政, 等. 矿产资源潜力评价数据模型丛书: 遥感资料应用数据模型[M]. 北京: 地质出版社, 2011.
- Zuo Qunchao, Yang Donglai, Yu Xuezheng, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Remote Sensing Data Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011(in Chinese).
- [10] 左群超, 杨东来, 李景朝, 等. 矿产资源潜力评价数据模型丛书: 自然重砂资料应用数据模型[M]. 北京: 地质出版社, 2013.
- Zuo Qunchao, Yang Donglai, Li Jingchao, et al. China's National Mineral Resources Potential Evaluation: The Data Model of Natural Heavy Sand Data Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012(in Chinese).
- [11] 叶天竺, 陈毓川, 张洪涛, 等. 全国矿产资源潜力评价总体实施方案[R]. 全国矿产资源潜力评价项目办公室, 2006.
- Ye Tianzhu, Chen Yuchuan, Zhang Hongtao, et al. The overall implementation plan of China's National Mineral Resources Potential Evaluation [R]. The Bureau of China's National Mineral Resources Potential Evaluation Project, 2006(in Chinese).

## The data quality control and technique of the mineral resources potential evaluation in China

ZUO Qun-chao<sup>1</sup>, YANG Dong-Lai<sup>1</sup>, SONG Yue<sup>1</sup>, MA Juan<sup>2</sup>, XIAO Zhi-jian<sup>3</sup>

(1. Development Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China; 2. China Geological Environmental Monitoring Institute, Beijing 100081, China; 3. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

**Abstract:** Exemplified by data quality control of China's mineral resources potential evaluation special project, this paper put forward the data quality control process for the very complex problem domain, systematically illuminated the essential models, methods and techniques of the data quality control, and briefly described the design idea and implementation of the data quality control software system as well as the related research achievements. Practices have verified the effectiveness, feasibility, practicability and representativeness of the data quality control models, methods and techniques, and the results obtained have certain reference significance and application value. The methods and techniques have a very good demonstration effect and application prospect, are suitable for the work of data quality control of various geological spatial data project.

**Key words:** quality control; quality element; quality defect; sampling check; Acceptable Quality Level (AQL); quality evaluation model

**About the first author:** ZUO Qun-chao, male, born in 1964, senior engineer, engages in mineral resources potential evaluation, geological space data integration, and software development as well as platform design; E-mail: zuoqc163@163.com.