



文献 DOI:
10.11922/csdata.170.2016.0102
数据 DOI:
10.11922/sciencedb.296
文献分类: 地球科学
收稿日期: 2016-10-31
开放同评: 2016-11-21
发表日期: 2017-03-31

1995 ~ 2011 年 CERN 土壤环境元素含量数据集

宋歌^{1,2*}, 施建平¹, 侯卫龙¹, 解宪丽^{1,2}, 潘贤章^{1,2}, 陈春兰³, 党廷辉⁴, 樊月玲⁵, 傅伟⁶, 郝翔翔⁷, 何永涛⁸, 况福虹⁹, 兰中东¹⁰, 李国振¹¹, 李伟¹², 李小军¹³, 李小丽¹⁴, 李晓明¹⁵, 李玉强¹⁶, 林丽¹⁷, 刘海丰¹⁸, 刘素萍¹⁹, 鲁志云²⁰, 热甫开提²¹, 沙丽清²², 苏永中²³, 田振荣²⁴, 王书伟²⁵, 王小亮²⁶, 吴瑞俊²⁷, 杨风亭²⁸, 杨桂生²⁹, 叶学华³⁰, 于小军³¹, 曾静³², 张德强³³, 张玉铭³⁴, 郑兴波³⁵, 宗海宏³⁶

摘要: 土壤环境是地球环境的重要组成部分。目前土壤环境问题的关注重点在于土壤污染。我国土壤污染以无机污染为主。中国生态系统研究网络 (Chinese Ecosystem Research Network, CERN) 自 1988 年组建以来, 在中国主要农田、森林、草原、荒漠、湿地生态系统中, 按统一的规范, 对与土壤环境状况有关的铁、锰、铜、锌、硼、钼、镉、铬、铅、镍、汞、砷、硒元素进行了长期定位监测。通过对 CERN 典型生态样地表层土壤环境元素监测数据进行加工处理, 获得 1995 ~ 2011 年中国陆地生态系统土壤环境元素含量数据集。本数据集中 13 种土壤环境元素指标测定的相对误差平均为 6.55%, 重复测定的相对偏差为 7.70%。同时附有完整的背景信息, 保证了数据在空间和时间上的一致性。本数据集可以为全国和区域土壤环境质量评估、土壤污染风险评价以及环境土壤学研究等工作提供数据基础。

关键词: 微量元素; 重金属; 土壤污染; 中国生态系统研究网络 (CERN); 长期定位监测

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 中文名称	1995 ~ 2011 年 CERN 土壤环境元素含量数据集			
数据库 (集) 英文名称	Soil environmental element content dataset of Chinese Ecosystem Research Network (1995 - 2011)			
联系人	宋歌 (gsong@issas.ac.cn)			
数据生产者	CERN 站	观测人员	站长	所属研究所
	阿克苏站	李国振、康金花	赵成义	中国科学院新疆生态与地理研究所 ¹¹
	哀牢山站	鲁志云、沙丽清	张一平	中国科学院西双版纳热带植物园 ²⁰
	安塞站	吴瑞俊、李够霞	陈云明	中国科学院水利部水土保持研究所 ²⁷
	北京森林站	刘海丰、王顺忠	桑卫国	中国科学院植物研究所 ¹⁸
	策勒站	热甫开提、李向义	曾凡江	中国科学院新疆生态与地理研究所 ²¹
	常熟站	王书伟、周伟	颜晓元	中国科学院南京土壤研究所 ²⁵

1. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008;
2. 中国科学院南京土壤研究所, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008;
注: 其他作者的单位信息见“数据库 (集) 基本信息简介”;
* 联系人 (Email: gsong@issas.ac.cn)

(续表)

数据生产者	CERN 站	观测人员	站长	所属研究所
	长白山站	郑兴波、戴冠华	王安志	中国科学院沈阳应用生态研究所 ³⁵
	长武站	党廷辉	刘文兆	中国科学院水利部水土保持研究所 ⁴
	鼎湖山站	张德强、褚国伟	周国逸	中国科学院华南植物园 ³³
	洞庭湖站	曾静、李旭	谢永宏	中国科学院亚热带农业生态研究所 ³²
	鄂尔多斯站	叶学华、初玉	黄振英	中国科学院植物研究所 ³⁰
	封丘站	李小丽	丁维新	中国科学院南京土壤研究所 ¹⁴
	阜康站	兰中东、李原理	马健	中国科学院新疆生态与地理研究所 ¹⁰
	贡嘎山站	李伟、杨阳	王根绪	中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 ¹²
	海北站	林丽	曹广民	中国科学院西北高原生物研究所 ¹⁷
	海伦站	郝翔翔	韩晓增	中国科学院东北地理与农业生态研究所 ⁷
	鹤山站	刘素萍、邹碧	申卫军	中国科学院华南植物研究所 ¹⁹
	环江站	傅伟、张伟	王克林	中国科学院亚热带农业生态研究所 ⁶
	会同站	于小军、朱睦楠	汪思龙	中国科学院沈阳应用生态研究所 ³¹
	拉萨站	何永涛、孙维	张扬建	中国科学院地理科学与资源研究所 ⁸
	临泽站	苏永中、杨荣	赵文智	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 ²³
	栾城站	张玉铭、程一松、胡春胜	沈彦俊	中国科学院遗传与发育生物学研究所 ³⁴
	茂县站	李晓明、何其华	包维楷	中国科学院成都生物研究所 ¹⁵
	奈曼站	李玉强、苏娜、黄文达	赵学勇	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 ¹⁶
	内蒙古站	王小亮、何念鹏	白永飞	中国科学院植物研究所 ²⁶
	千烟洲站	杨风亭、张宏志	王辉民	中国科学院地理科学与资源研究所 ²⁸
	三江站	杨桂生	宋长春	中国科学院东北地理与农业生态研究所 ²⁹
	沙坡头站	李小军、虎瑞	李新荣	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 ¹³
	沈阳站	樊月玲、郑立臣	陈欣	中国科学院沈阳应用生态研究所 ⁵
	桃源站	陈春兰、傅心赣	魏文学	中国科学院亚热带农业生态研究所 ³

(续表)

数据生产者	CERN 站	观测人员	站长	所属研究所
	西双版纳站	沙丽清、李玉武、曹敏	林露湘	中国科学院西双版纳热带植物园 ²²
	盐亭站	况福虹	朱波	中国科学院成都山地灾害与环境研究所 ⁹
	鹰潭站	宗海宏、官早香	孙波	中国科学院南京土壤研究所 ³⁶
	禹城站	田振荣、娄金勇	欧阳竹	中国科学院地理科学与资源研究所 ²⁴
数据时间范围	1995 ~ 2011 年			
地理区域	中国生态系统研究网络 (CERN) 的阿克苏站、安塞站、常熟站、长武站、封丘站、环江站、海伦站、栾城站、拉萨站、千烟洲站、沈阳站、桃源站、禹城站、盐亭站、鹰潭站、策勒站、鄂尔多斯站、阜康站、临泽站、奈曼站、沙坡头站、袁牢山站、北京森林站、版纳站、长白山站、鼎湖山站、贡嘎山站、鹤山站、会同站、茂县站、海北站、内蒙古站、洞庭湖站、三江站。分布于中国 21 个省 (市 / 自治区), 东经 80.726 ~ 133.517°, 北纬 21.917 ~ 47.583°, 海拔 1.3 ~ 3688 m。			
数据格式	*.xlsx	数据量	6.20 MB	
数据服务系统网址	http://www.cnern.org.cn/data/meta?id=40176 , http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/296			
基金项目	中国科学院科技服务网络计划 (STS 计划, KFJ-SW-STS-168)、中国科学院科技服务网络计划 (STS 计划, KFJ-SW-STS-167)、中国科学院南京土壤研究所“一三五”计划和领域前沿项目 (ISSASIP1626)			
数据库 (集) 组成	该数据集由 6 张数据表组成, 它们分别为: 1. “中国土壤环境元素含量”表, 土壤环境状况长期定位监测数据, 数据记录 306 条。本表格包括生态系统类型、台站代码、年、月、日、样地代码、采样分区描述 (微地形)、土壤类型、母质、植被 / 作物、采样深度 (cm)、铁 (mg Fe/kg)、锰 (mg Mn/kg)、铜 (mg Cu/kg)、锌 (mg Zn/kg)、硼 (mg B/kg)、钼 (mg Mo/kg)、镉 (mg Cd/kg)、铬 (mg Cr/kg)、铅 (mg Pb/kg)、镍 (mg Ni/kg)、汞 (mg Hg/kg)、砷 (mg As/kg)、硒 (mg Se/kg)、备注, 共计 25 个字段; 2. “台站信息”表, 开展土壤环境状况监测的 CERN 生态站的基本信息数据, 数据记录 34 条; 本数据表包括台站代码、台站名称、台站简称、省 / 直辖市 / 自治区、市 / 盟 / 地区 / 自治州、县 / 区 / 县级市 / 旗 / 自治县、镇 / 乡 / 农场 / 牧场 / 垦区 / 保护区、东经 (°)、北纬 (°)、海拔 (m)、起始监测年份、所属院所、网址、代表性说明, 共计 14 个字段; 3. “样地信息”表, 各 CERN 生态站典型长期监测样地基本信息数据, 数据记录 94 条; 本数据表包括生态系统类型、台站代码、样地代码、样地名称、样地类别、起始监测年份、观测目的、试验设计、轮作方式、东经 (°)、北纬 (°)、海拔 (m)、母质、土壤类型、中国土壤发生分类 (GSCC)、中国土壤系统分类 (CST)、美国土壤系统分类 (ST)、世界土壤资源参比基础 (WRB), 共计 18 个字段; 4. “农田样地管理记录”表, 农田生态系统典型长期监测样地的农田管理数据, 数据记录 86 条; 本数据表包括台站代码、年、样地代码、作物名称、作物品种、播种日期 (年 / 月 / 日)、移栽日期 (年 / 月 / 日)、收获日期 (年 / 月 / 日)、灌溉 (排水) 情况、施肥品种 (包括化肥、秸秆和有机肥)、施肥时间和方式、			

(续表)

数据库 (集) 组成	施肥量 (以施入肥料重量计, 包括秸秆还田, kg/ha)、施入碳量 (kg C/ha)、施入氮量 (kg N/ha)、施入磷量 (kg P ₂ O ₅ /ha)、施入钾量 (kg K ₂ O/ha)、作物产量 (kg/ha)、自然灾害、病虫害、人为干扰、田间管理负责人、备注, 共计 22 个字段; 5. “分析方法记录”表, 各项土壤环境状况监测指标的分析方法数据, 数据记录 846 条; 本数据表包括台站代码、年、分析项目代码、分析项目名称、分析方法名称、引用标准、引用参考文献、备注, 共计 8 个字段; 6. “标准样品质控记录”表, 各项土壤环境状况监测指标分析的标准样品质控数据, 数据记录 1150 条; 本数据表包括台站代码、年、标准样品编号、分析项目代码、单位、标样值、不确定度、标样定值分析方法、标样测定均值、标样测定标准差、标样测定重复次数、标样测定的分析方法、所用仪器名称、测定人、审核人、备注, 共计 16 个字段。
------------	--

引言

土壤环境是以土壤为中心的地球表层系统的时空连续体, 是岩石圈、水圈、生物圈、大气圈与土壤圈间相互作用的中心和物质循环与能量交换的中心, 是地球环境的重要组成部分^[1]。不合理的人为活动使得土壤面临着污染、侵蚀、沙化、盐碱化、酸化等各种环境退化问题, 而目前关于土壤环境问题关注的重点在于土壤污染^[2]。2005 年 4 月至 2013 年 12 月, 环境保护部和国土资源部开展了首次全国土壤污染状况调查。结果表明, 我国土壤环境状况总体不容乐观, 部分地区土壤污染较重, 耕地土壤环境质量堪忧, 工矿业废弃地土壤环境问题突出。工矿业、农业等人为活动以及土壤环境背景值高是造成土壤污染甚至超标的主要原因。全国土壤总超标率为 16.1%, 污染类型以无机型为主, 有机型次之, 复合型污染比重较小; 无机污染物超标点位占全部超标点位的 82.8%; 最主要的无机污染物为镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌和镍^[3]。中国生态系统研究网络 (Chinese Ecosystem Research Network, CERN) 自 1988 年组建以来, 按统一的监测规范, 对中国主要农田、森林、草原、荒漠、湿地生态系统中土壤主要理化性质、营养元素、重金属含量等指标进行长期定位监测, 其中与土壤环境状况有关的监测项目有铁、锰、铜、锌、硼、钼、镉、铬、铅、镍、汞、砷、硒。1995 ~ 2011 年中国陆地生态系统土壤环境元素含量数据集来自于加工处理后的 CERN 典型生态样地的表层土壤环境监测数据, 并包括相应的地理、土壤、植被、人为管理等背景信息, 以及分析方法和质量控制信息。本数据集可以为全国和区域土壤环境质量评估、土壤污染风险评价以及环境土壤学研究等工作提供数据基础。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据来源

本数据集的土壤环境状况数据来自 1995 ~ 2011 年 CERN 生态站 (简称“台站”) 典型长期监测样地 (简称“样地”) 表层土壤的铁、锰、铜、锌、硼、钼、镉、铬、铅、镍、汞、砷、硒含量监测数据。CERN 土壤监测以样地为单位开展, 为了保证数据的空间代表性, 各项指标在每次监测中都设置 3 ~ 6 个重复采样, 每个重复采样又是来自 10 ~ 20 个采样点的混合土壤样品。为了使用方便, 将重

复采样数据经校验审核后取平均值。为了保证数据的完整性,提取了相应样地所在台站信息、样地背景信息、农田样地管理信息。为了体现数据的准确度和精密度,提取了各监测项目的分析方法记录和标准样品品质控数据。提取的数据来自 CERN 土壤长期监测数据的 96 个字段,并新增 7 个字段,按类别共生成 6 张表,分别命名为中国土壤环境元素含量、台站信息、样地信息、农田样地管理记录、分析方法记录、标准样品品质控记录。

1.2 数据规范化

1.2.1 台站和样地的名称与代码的规范化

台站名称使用官方提供的全称,在其所属院所的网站中查询得到。同时为了方便使用,增加一列在监测和研究中习惯使用的简称。台站代码根据 CERN 土壤监测规范^[4]统一为 3 位,前 2 位为台站中文简称的汉语拼音缩写,第 3 位代表监测的主要生态系统类型。A 表示农田生态系统, D 表示荒漠生态系统, F 表示森林生态系统, G 表示草地生态系统, M 表示湿地生态系统。

样地名称采用台站简称加样地所监测的主要生态特征表示,因为样地名称由十几个甚至几十个汉字组成,在数据管理和使用中不适合用来作为分类和提取数据的依据。样地代码按规范要求严格采用 13 位编码,台站代码(第 1~3 位)+监测类型编码(第 4~7 位)+监测要素分类码(第 8~10 位)+“_”(第 11 位)+长期监测采样地序号(第 12~13 位)^[4]。本数据集提取的典型样地的监测类型有综合和辅助两种。综合样地(ZH)代表了所在区域的主要生态系统类型,采样面积能够满足几十年到上百年的尺度要求,并可在样地内或者附近开展水分、土壤、大气、生物的多要素联合观测。辅助样地(FZ)是综合样地的对照和补充,例如不同施肥管理下的农田,不同耕作制度下的农田,不同林型和不同演替阶段的森林,不同放牧强度的草地等。

1.2.2 作物名称规范化

本数据集中农田样地的作物类型共有 9 种,涵盖了我国主要的大田作物类型。根据全国科学技术名词审定委员会公布的农学名词^[5],将 9 种作物名称统一为:玉米、小麦、水稻、油菜、棉花、大豆、花生、粟、甘薯。其中,玉米包括监测过程中记录的玉米、夏玉米、春玉米、制种玉米,小麦包括监测过程中记录的小麦、冬小麦、春小麦,水稻包括监测过程中记录的水稻、早稻、中稻、晚稻,大豆包括监测过程中记录的大豆、黄豆,粟指监测过程中记录的谷子,甘薯指监测过程中记录的红薯。

1.2.3 土壤分类归属的规范化

目前 CERN 台站在各自的研究和监测过程中,多参考土壤发生分类系统来对长期监测样地的土壤类型命名。本数据集保留台站记录的土壤类型信息,并增加了更加科学准确的土壤分类命名。在 CERN 土壤分中心开展的“野外台站土壤分类规范化研究”工作中^[6],对各台站典型生态系统长期监测样地土壤的形成因素和剖面主要性状进行调查研究,分析探讨其发生过程,根据中国土壤发生分类(Genetic Soil Classification of China, GSCC)^[7-8]、中国土壤系统分类(Chinese Soil Taxonomy, CST)^[9]、美国土壤系统分类(Soil Taxonomy, ST)^[10]和世界土壤资源参比基础(World Reference Base for Soil Resources, WRB)^[11]的分类标准对其进行了土壤类型划分,以便为数据使用者提供更可靠的土壤背景信息。

1.2.4 深度范围的规范化

按发生层划分采样深度时,经常出现深度划分不规则的问题,影响了不同监测年份间和不同样地或台站间数据的可比性。本数据集提取上层采样深度在 20 cm 以上的监测数据,将深度规范为 0 ~ 20 cm、0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm 三种固定深度范围^[12]。其他深度的监测数据采用加权平均的方式进行规范化,当第一层厚度低于 15 cm 时规范为 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 两层,当第一层厚度大于或等于 15 cm 时规范为 0 ~ 20 cm 一层。按深度加权平均的计算公式为:

$$c_{WA} = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \times d_i)}{\sum_{i=1}^n d_i}$$

式中: c_{WA} 为同一表层样点的土壤重金属等元素含量,单位为 mg/kg; c_i 为表层采样中第 i 层的土壤重金属等元素含量,单位为 mg/kg; d_i 为第 i 层的厚度,单位为 cm; n 为整个表层划分的采样层数。

1.2.5 经纬度坐标的规范化

CERN 土壤监测中,长期监测样地的经纬度坐标通常以度分秒的格式记录。为了数据处理方便,根据标准规范的要求,将全部台站和样地的经纬度坐标转换为度(°)记录^[13],并保留 4 位小数。

2 数据样本描述

2.1 数据集结构

本数据集由 6 张数据表组成,它们分别为:

1. “中国土壤环境元素含量”表,记录土壤环境元素长期定位监测数据。本表格包括生态系统类型、台站代码、年、月、日、样地代码、采样分区描述(微地形)、土壤类型、母质、植被/作物、采样深度(cm)、铁(mg Fe/kg)、锰(mg Mn/kg)、铜(mg Cu/kg)、锌(mg Zn/kg)、硼(mg B/kg)、钼(mg Mo/kg)、镉(mg Cd/kg)、铬(mg Cr/kg)、铅(mg Pb/kg)、镍(mg Ni/kg)、汞(mg Hg/kg)、砷(mg As/kg)、硒(mg Se/kg)、备注,共计 25 个字段。本表是数据集的核心表格,其余 5 个表格均是对本表数据背景信息的记录。在涉及到的 13 种土壤环境元素中,铁、锰、铜、锌、硼、钼属于植物营养微量元素,但锰、铜、锌、硼、钼对植物而言,适量范围很窄,含量过高或者在酸性土壤上会造成毒害;镉、铬、铅、镍属于对生物有害的重金属元素;汞属于对生物有害的类金属元素;砷属于对生物有害的非金属元素;硒在土壤中含量较低时属于对人体有益的元素,含量过高则造成毒害^[14]。

2. “台站信息”表,记录开展土壤环境元素监测的台站的基本信息,可以通过台站代码字段与“中国土壤环境元素含量”表关联。本数据表包括台站代码、台站名称、台站简称、省/直辖市/自治区、市/盟/地区/自治州、县/区/县级市/旗/自治县、镇/乡/农场/牧场/垦区/保护区、东经(°)、北纬(°)、海拔(m)、起始监测年份、所属院所、网址、代表性说明,共计 14 个字段。本数据表提供了每个台站具体的行政位置和地理坐标,其中行政位置分为省、市、

县、乡镇四级记录，村、农场、兵团、保护区等与乡镇名合并记录。起始监测年份为各台站加入 CERN、按 CERN 统一的规范开始监测的年份。代表性说明字段提取了各台站的网站信息，主要包括所在区域的自然地理、气候、农业生产特点，面临的生态环境和社会经济问题，以及区域的典型性和重要性说明等内容。

3. “样地信息”表，记录各台站典型长期监测样地的基本信息，可以通过样地代码字段与“中国土壤环境元素含量”表关联。本数据表包括生态系统类型、台站代码、样地代码、样地名称、样地类别、起始监测年份、观测目的、试验设计、轮作方式、东经(°)、北纬(°)、海拔(m)、母质、土壤类型、中国土壤发生分类(GSCC)、中国土壤系统分类(CST)、美国土壤系统分类(ST)、世界土壤资源参比基础(WRB)，共计 18 个字段。试验设计字段对于农田样地而言，为施肥等农田管理情况的说明；对于其他自然样地而言，为样地本身的区域代表性说明或者人类活动干扰情况说明。轮作方式字段仅对农田样地记录；其他自然样地不记录，为空。土壤类型为台站在研究和监测中确定的名称。为了增加数据的科学性，对主要的综合观测场样地增加了国内外主流的土壤分类体系命名。中国土壤发生分类(GSCC)是以土壤地带性学说为基础、结合中国实践拟定的土壤分类体系^[1]。中国土壤系统分类(CST)是以诊断层和诊断特征为基础，以发生的理论为依据，充分体现中国土壤特点的土壤分类体系^[1]。美国土壤系统分类(ST)是美国编制的以诊断层和诊断特征为基础的，以拼缀方式命名的谱系式土壤分类体系^[1]。世界土壤资源参比基础(WRB)是国际土壤学会吸取美国土壤系统分类经验，采用欧洲传统土壤命名方式拟定的三级土壤分类体系^[1]。

4. “农田样地管理记录”表，记录农田样地的主要田间管理数据，可以通过样地代码字段与“中国土壤环境元素含量”表关联。本数据表包括台站代码、年、样地代码、作物名称、作物品种、播种日期(年/月/日)、移栽日期(年/月/日)、收获日期(年/月/日)、灌溉(排水)情况、施肥品种(包括化肥、秸秆和有机肥)、施肥时间和方式、施肥量(以施入肥料重量计，包括秸秆还田，kg/ha)、施入碳量(kg C/ha)、施入氮量(kg N/ha)、施入磷量(kg P₂O₅/ha)、施入钾量(kg K₂O/ha)、作物产量(kg/ha)、自然灾害、病虫害、人为干扰、田间管理负责人、备注，共计 22 个字段。根据本表格的前 3 个字段可以获得数据集涉及到的农田样地在所监测年份时的作物、播种、收获、灌溉、施肥、产量、自然灾害、病虫害等情况，其中对施肥的记录最详细。

5. “分析方法记录”表，记录各项土壤环境状况监测指标的分析方法信息，可以通过台站代码和分析项目代码字段与“中国土壤环境元素含量”表关联。本数据表包括台站代码、年、分析项目代码、分析项目名称、分析方法名称、引用标准、引用参考文献、备注，共计 8 个字段。分析方法名称字段由前处理方法和检测方法两部分组成，两者之间用逗号分隔。引用标准字段记录的是分析方法的标准文献编号，国际标准为 ISO 开头，国家标准为 GB 开头，林业部行业标准为 LY 开头，农业部行业标准为 NY 开头，环保部行业标准为 HJ 开头。分析方法也可以引用其他权威的专著，记录在引用参考文献字段，包括书名和页码。

6. “标准样品质控记录”表，记录各项土壤环境状况监测指标分析的标准样品质控数据，可以通过台站代码和分析项目代码字段与“中国土壤环境元素含量”表关联。本数据表包括台站代码、年、标准样品编号、分析项目代码、单位、标样值、不确定度、标样定值分析方法、标样测定均值、标样测定标准差、标样测定重复

次数、标样测定的分析方法、所用仪器名称、测定人、审核人、备注，共计 16 个字段。标准样品编号字段记录的是经过国家质量监督检验检疫总局批准的土壤成分分析标准物质编号。标样值、不确定度和标样定值分析方法 3 个字段来自于对应土壤标样的标准物质证书。标样测定均值、标样测定标准差、标样测定重复次数、标样测定的分析方法、所用仪器名称 5 个字段记录的是台站实际分析时对土壤标准样品测试的情况，其中标样测定均值落在标样值加减不确定度的范围内时，说明台站对该分析项目测定的准确度合格；标样测定标准差低于不确定度时，说明台站对该分析项目测定的精密度合格。

2.2 数据分布

本数据集的数据来自 CERN 的 34 个不同生态类型的台站，分布于我国 21 个省（市/自治区），其中新疆、内蒙古、四川和江西各有 3 个台站，黑龙江、陕西、湖南、广东和云南各有 2 个台站，吉林、辽宁、北京、河北、河南、山东、江苏、广西、甘肃、宁夏、青海、西藏各有 1 个台站，平均每个台站产生土壤环境状况数据 97 个（图 1）。数据集中最东端和最北端的台站位于黑龙江建三江垦区的三江平原沼泽湿地生态试验站（E133.517°，N47.583°），最西端的台站位于新疆和田地区策勒县的策勒荒漠草地生态系统国家野外研究站（E80.726°，N37.016°），最南端的台站位于云南西双版纳傣族自治州勐腊县的西双版纳热带雨林生态系统研究站（E101.267°，N21.917°）。

在时间范围上，本数据集的数据产生于 1995 ~ 2011 年，86.6% 的数据分布在 2005 年和 2010 年（图 2）。这与 CERN 土壤长期监测规范在 2002 ~ 2005 年间系统地建立形成有关^[15]，此后 CERN 台站每 5 年开展一次表层土壤重金属等元素的监测，每 10 年开展一次剖面土壤重金属等元素的监测。

在数据集涉及的 13 项土壤环境指标中，每项有 225 ~ 291 个数据，平均 253 个/项（图 3）。

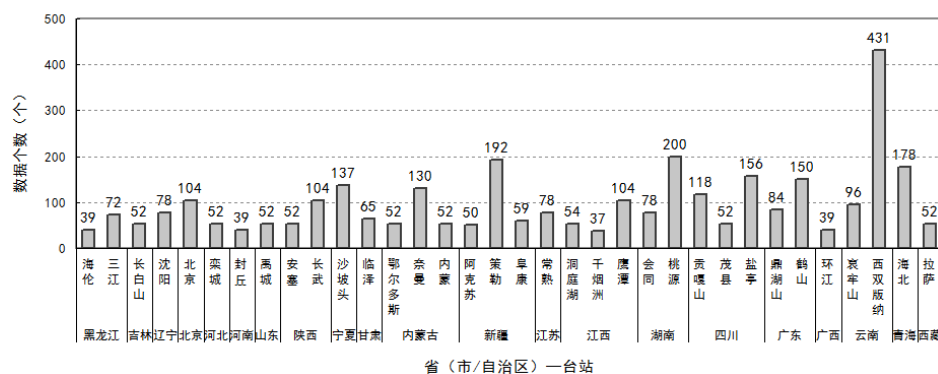


图 1 数据在各省（市/自治区）的分布情况

2.3 数据缺失情况

本数据集存在部分数据缺失。其中，各表的“备注”字段多为空，仅在需要额外说明时才有记录；“分析方法记录”表的“引用标准”和“引用参考文献”字段二选一记录即可；“标准样品质控记录”表中“标样测定重复次数”为 1 时，由于无法计算重复测定的标准差，“标样测定标准差”字段为空；“中国土壤环境元素含量”表中，因每块样地监测的指标不尽相同以及异常数据剔除的缘故，13 种土壤环境元素的数据个数均小于该表的记录条数 306 条（图 3）。

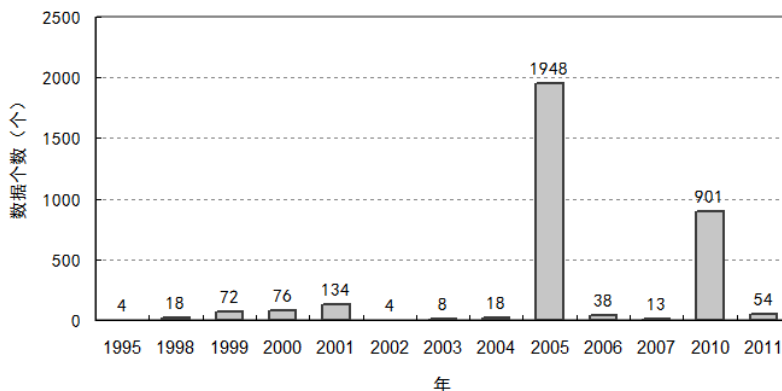


图 2 数据在各年份的分布情况

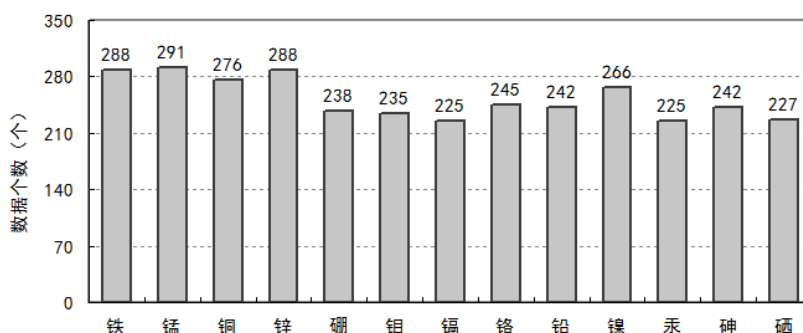


图 3 数据在不同元素项目中的分布情况

2.4 数据样例

以位于山东省德州市的禹城综合试验站（简称“禹城站”）2010 年土壤汞含量数据为例，说明本数据集的组成和结构。本数据集的核心数据表为“中国土壤环境元素含量”表，该表格记录了禹城站综合样地 2010 年表层 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 土壤的汞含量，以及监测的具体时间和种植作物类型等信息（表 1）。数据使用者从“中国土壤环境元素含量”表开始，需要了解禹城站的基本信息时，可以在“台站信息”表的“台站代码”字段使用“YCA”进行搜索，获得禹城站的行政位置、经纬度、海拔、起始监测年份、所属院所、网址以及代表性说明信息（表 2）；需要获得监测样地信息时，可以在“样地信息”表的“台站代码”和“样地代码”字段依次使用“YCA”和“YCAZH01ABC_01”进行搜索，获得禹城站长期观测采样地的样地设置、轮作方式、经纬度、海拔、母质以及土壤分类信息（表 3）；需要获得该样地监测当年的农田管理信息时，可以在“农田样地管理记录”表的“台站代码”“年”“样地代码”字段依次使用“YCA”“2010”“YCAZH01ABC_01”进行搜索，获得该样地在 2010 年土壤汞监测时的作物、灌溉（排水）、施肥、产量以及灾害情况等信息（表 4）；需要了解土壤汞的分析方法时，可以在“分析方法记录”表的“台站代码”“年”“分析项目代码”字段依次使用“YCA”“2010”“Hg”进行搜索，获得禹城站在 2010 年土壤汞分析中使用的具体方法及出处（表 5）；需要了解土壤汞的分析质控信息时，可以在“标准样品质控记录”表的“台站代码”“年”“分析项目代码”字段依次使用“YCA”“2010”“Hg”进行搜索，获得禹城站在 2010 年土壤汞分析中使用的标准样品信息和标准样品测定的信息（表 6）。

表 1 “中国土壤环境元素含量”表中禹城站 2010 年农田表层土壤汞含量数据

生态系统类型	台站代码	年	月	日	样地代码	采样分区描述 (微地形)	土壤类型	母质	植被 / 作物	采样深度 (cm)	汞 (mg Hg/ kg)	备注 ¹⁾
农田	YCA	2010	10	5	YCAZH01ABC_01	农田 (平地)	盐化潮土	黄河冲积物	玉米	0-10	0.047	
农田	YCA	2010	10	5	YCAZH01ABC_01	农田 (平地)	盐化潮土	黄河冲积物	玉米	10-20	0.042	

注 1)：“备注”列在没有特别需要说明的情况时内容为空，下同。

表 2 “台站信息”表中禹城站基本信息

台站代码	台站名称	台站简称	省 / 直辖市 / 自治区	市 / 盟 / 地区 / 自治州	县 / 区 / 县级市 / 旗 / 自治县	镇 / 乡 / 农场 / 牧场 / 保护区 / 垦区	东经(°)	北纬(°)	海拔 (m)	起始监测年份	所属院所	网址	代表性说明
YCA	禹城综合试验站	禹城站	山东	德州市	禹城市	市中街道办事处北庄村	116.367 ~ 116.750	36.667 ~ 37.200	20	1992	中国科学院地理科学与资源研究所	http://yc.a.cern.ac.cn/	禹城综合试验站位于山东省禹城市，东经 116° 22' ~ 116° 45'，北纬 36° 40' ~ 37° 12'。地貌类型为黄河冲积平原，土壤母质为黄河冲积物，以潮土和盐化潮土为主，表土质地为轻—中壤土。所在地区属暖温带半湿润季风气候区，多年平均气温 13.1℃，降雨量 582 mm，水面蒸发力 952 mm，太阳辐射总量 5225 MJ/m ² ，日照时数 2640 h，大于 0℃积温为 4951℃，大于 10℃积温为 4441℃，无霜期 200 d，光热资源丰富，雨热同期，有利于农业生产。地下水位一般在 1.5 ~ 4.0 m，地下水丰富。黄河下游第二大引黄灌区——潘庄灌区的引黄总干通过禹城市，引黄灌溉条件良好。该地区历史上干旱、渍涝、盐碱、风沙等自然灾害频繁，生态环境脆弱，但生产潜力很大，在黄淮海平原河间浅平洼地类型中具有典型性和代表性。

表 3 “样地信息”表中禹城站综合观测场长期观测采样地基本信息

生态系统类型	台站代码	样地代码	样地名称	样地类别	起始监测年份	观测目的	试验设计	轮作方式	东经 (°)	北纬 (°)	海拔 (m)	母质	土壤类型	中国土壤发生分类 (CSGC)	中国土壤系统分类 (CST)	美国土壤系统分类 (ST)	世界土壤资源参比基础 (WRB)
农田	YCA	YCA-ZH01ABC_01	禹城站综合观测场长期观测采样地	水浇地	2004	对禹城地区典型生态系统变化和主要生态过程进行长期监测, 探明本地区典型农田生态系统的土壤、水分、生物(作物)、大气以及生态系统管理等方面的现状和变化趋势, 为本地农业的持续发展提供长期的系统监测数据和理论基础。	长期观测采样地 土壤表层采样: 每次在 6 个采样区 (A、D、F、K、M、P 区或 C、E、G、J、L、N 区) 内采样, 在每个采样区内随机多点取样, 形成 1 个混合样品, 每次共获得 6 组样品。A、D、F、K、M、P 区或 C、E、G、J、L、N 区两种方式隔季交替采样, 主要考虑表层土壤有一定的扰动, 在没	冬小麦一年两熟	116.5700	36.8291	22	黄河冲积物	盐化潮土	潮土	石灰淡色潮湿锥形土	Fluventic Eutrud-epts	Fluventic Cam-bisols (Calcic, Silty, Chromic)

表 4 “农田样地管理记录”表禹城站综合观测场长期观测采样地 2010 年农田管理信息

站 台 代 码	年	样地代码	作 物 名 称	作 物 品 种	播 种 日 期 (年/月/日)	移 栽 日 期 (年/月/日)	收 获 日 期 (年/月/日)	灌 溉 (排 水) 情 况	施 肥 品 种 (包 括 化 肥、 结 秆 和 有 机 肥)	施 肥 时 间 和 方 式	施 肥 量 (以 施 入 肥 料 重 量 计,包 括 秸 秆 还 田, kg/ha)	施 入 碳 量 (kg C/ha)	施 入 氮 量 (kg N/ha)	施 入 磷 量 (kg P ₂ O ₅ /ha)	施 入 钾 量 (kg K ₂ O/ ha)	作 物 产 量 (kg/ ha)	自 然 灾 害	病 虫 害	人 为 干 扰	田 间 管 理 负 责 人	备 注
YCA	2010	YCA- ZH01ABC_01	小 麦	淮 麦 8 号	2009/10/17	无	2010/6/16	井灌为唯一灌溉方式,畦灌,小麦一般2-3水,灌返青水和扬花水	青帝生物有机肥、玉米秸秆、尿素	2009-10-3 日底肥; 2010-4-1 返青后拔 节前撒入 尿素	9450	3184.13	385.76	20.07	271.44	5370	无	白粉病、蚜虫	无	王春晶	该有机肥没有明确标注 NPK 的各具体含量,只标注 NPK ≥ 5%,有机质 ≥ 25%,故不能准确填报纯 NPK 的使用量。
YCA	2010	YCA- ZH01ABC_01	玉 米	登 海 661	2010/6/20	无	2010/10/4	玉米灌水根据降雨情况而定,正常年份不灌水,干旱年份灌1-3不等。	住商复合肥、小麦秸秆	2010-7-22 日撒施住 商复合肥	8280	2843.0	177.5	110	246.15	7420	无	青枯病、蚜虫、玉米螟(轻微)	无	王春晶	小麦秸秆养分含量是以禹城站 2009 年养分平衡试验场的化验结果为依据填报的, N、P、K 含量分别按 0.905%、0.053%、2.142% 计算。

表 5 “分析方法记录”表中禹城站 2010 年土壤汞的分析方法信息

台站代码	年	分析项目代码	分析项目名称	分析方法名称	引用标准 ²⁾	引用参考文献 ²⁾	备注
YCA	2010	Hg	汞	王水消煮, 氢化物发生原子荧光光谱法	GB/T 22105.1-2008		

注 2): “引用标准”和“引用参考文献”列两者之中只需要一列有数据信息, 另一列可以空缺。

表 6 “标准样品质量控制记录”表中禹城站 2010 年土壤汞分析的质量控制信息

台站代码	年	标准样品编号	分析项目代码	单位	标样值	不确定度	标样定值分析方法	标样测定均值	标样测定标准差 ³⁾	标样测定重复次数 ³⁾	标样测定的分析方法	所用仪器名称	测定人	审核人	备注
YCA	2010	GBW07401 (GSS-1)	Hg	mg/kg	0.032	0.004	火焰原子吸收法、原子荧光法	0.030		1	王水消煮, 氢化物发生原子荧光光谱法	原子荧光光度计	邓西海 (封丘站)	宋歌 (土壤分中心)	
YCA	2010	GBW07402 (GSS-2)	Hg	mg/kg	0.015	0.003	火焰原子吸收法、原子荧光法	0.016		1	王水消煮, 氢化物发生原子荧光光谱法	原子荧光光度计	邓西海 (封丘站)	宋歌 (土壤分中心)	
YCA	2010	GBW07403 (GSS-3)	Hg	mg/kg	0.060	0.004	火焰原子吸收法、原子荧光法	0.056		1	王水消煮, 氢化物发生原子荧光光谱法	原子荧光光度计	邓西海 (封丘站)	宋歌 (土壤分中心)	

注 3): 当“标样测定重复次数”为 1 时, “标样测定标准差”无法计算, 内容空缺。

3 数据质量控制和评估

3.1 数据质量控制

在原始监测数据按采样重复进行平均前，首先对采样重复的数据进行 Dixon 和 Grubbs 校验确定变化异常的可疑数据^[16]，然后依据全部监测数据和相应的专业知识规则进行阈值、均值和变异情况校验^[17]，最后核查数据是否超出对应的土壤元素背景值^[18]和土壤环境质量二级标准^[19]，剔除明显异常的数据后再进行采样平均处理。

3.2 数据质量评估

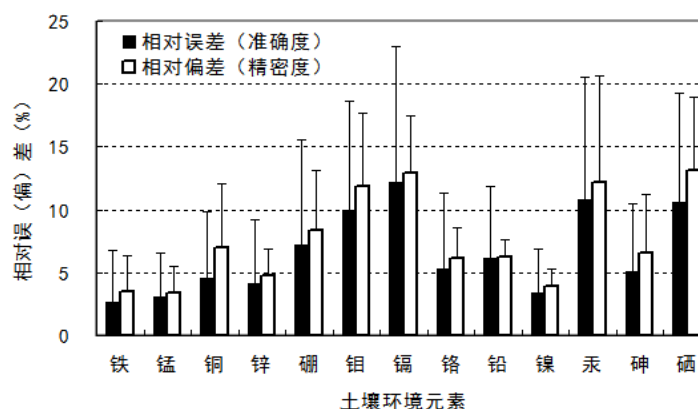


图 4 数据的准确度和精密度

CERN 统一执行的土壤监测规范^[4]和土壤监测质量控制规范^[6]，保证了数据的完整性、一致性、准确度和精密度。在完整性方面，本数据集中的数据都具备完整的背景信息、人为活动记录、分析方法记录和分析质控记录。在一致性方面，台站、样地等空间位置信息和代码始终保持一致。准确度和精密度方面主要考虑数据实验室测定过程，将“标准样品质控记录”表中标样测定的相对误差（测定值与标样值的差值占标样值的百分比）作为准确度的度量标准，将对相同标准样品重复测定的相对偏差（重复测定的标准差占测定均值的百分比）作为精密度的度量标准，相对误差和相对偏差越低说明分析结果越准确和精密。对“标准样品质控记录”表中多年质控数据进行分析发现，数据集中 13 种土壤环境元素测定的相对误差介于 2.70% ~ 12.21%，平均 6.55%；这些项目重复测试的相对偏差介于 3.36% ~ 13.15%，平均 7.70%（图 4）。

致谢

中国生态系统研究网络的阿克苏站、安塞站、常熟站、长武站、封丘站、环江站、海伦站、栾城站、拉萨站、千烟洲站、沈阳站、桃源站、禹城站、盐亭站、鹰潭站、策勒站、鄂尔多斯站、阜康站、临泽站、奈曼站、沙坡头站、袁牢山站、北京森林站、版纳站、长白山站、鼎湖山站、贡嘎山站、鹤山站、会同站、茂县站、海北站、内蒙古站、洞庭湖站、三江站提供了原始土壤监测数据，中国科学院西双版纳热带植物园袁牢山站甘建明和刘玉洪研究员亦对本数据集的生产做出了贡献，中国土壤数据库 (<http://vdb3.soil.csdb.cn>) 对数据整合提供了支持，特此致谢！

作者分工职责

宋歌（1981—），女，博士，工程师，研究方向为土壤长期监测管理和数据质量控制，以及土壤氮素循环。主要承担工作：数据提取、数据整合、质量控制和评估。

施建平（1954—），女，大学，高级工程师，研究方向为土壤信息管理。主要承担工作：数据质量控制和审核，数据表结构设计。

侯卫龙 (1988—), 女, 硕士, 研究方向为土壤长期监测数据分析。主要承担工作: 数据校验。

解宪丽 (1974—), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向为土壤光谱分类。主要承担工作: 土壤类型规范化。

潘贤章 (1965—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为土壤光谱遥感、土地利用变更。主要承担工作: 数据质量评估和总体工作部署。

此外, 白永飞、包维楷、曹广民、曹敏、陈春兰、陈欣、陈云明、程一松、初玉、褚国伟、戴冠华、党廷辉、丁维新、樊月玲、傅伟、傅心贛、官早香、韩晓增、郝翔翔、何念鹏、何其华、何永涛、胡春胜、虎瑞、黄文达、黄振英、康金花、况福虹、兰中东、李够霞、李国振、李伟、李向义、李小军、李小丽、李晓明、李新荣、李旭、李玉强、李玉武、李原理、林丽、刘海丰、刘素萍、刘文兆、姜金勇、鲁志云、马健、欧阳竹、热普开提、桑卫国、沙丽清、申卫军、宋长春、苏娜、苏永中、孙波、孙维、田振荣、汪金舫、汪思龙、王安志、王根绪、王辉民、王克林、王书伟、王顺忠、王小亮、魏文学、吴瑞俊、谢永宏、颜晓元、杨风亭、杨桂生、杨荣、杨阳、叶学华、于小军、曾凡江、曾静、张德强、张宏志、张伟、张扬建、张一平、张玉铭、赵成义、赵文智、赵学勇、郑立臣、郑兴波、周国逸、周伟、朱波、朱睦楠、宗海宏、邹碧主要承担各站数据的监测和质量控制。

参考文献

- [1] 周健民, 沈仁芳. 土壤学大辞典 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 596 - 598.
- [2] 陈怀满. 环境土壤学 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 3 - 12.
- [3] 环境保护部, 国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报 [EB/OL]. (2014 - 04 - 17) [2016 - 10 - 14]. <http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/qt/201404/W020140417558995804588.pdf>.
- [4] 中国生态系统研究网络科学委员会. 陆地生态系统土壤观测规范 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 317 - 318.
- [5] 全国自然科学名词审定委员会. 农学名词 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 3 - 9.
- [6] 施建平, 杨林章. 陆地生态系统土壤观测质量保证与质量控制 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012: 363 - 375.
- [7] 全国土壤普查办公室. 中国土壤 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [8] 中华人民共和国国家标准. GB/T 17296 - 2009 中国土壤分类与代码 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索 (第三版) [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001.
- [10] Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed[M]. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service, 2010.
- [11] IUSS Working Group WRB. World reference base for soil resources 2006[M]. World Soil Resources Reports No. 103. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- [12] 中华人民共和国国家标准. GB/T 32740 - 2016 自然生态系统土壤长期定位监测指南 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [13] 中华人民共和国国家标准. GB/T 16831 - 2013 基于坐标的地理点位置标准表示法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [14] 刘铮. 中国土壤微量元素 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996: 1 - 4.
- [15] 孙鸿烈. 生态系统综合研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1 - 22.
- [16] 中华人民共和国国家标准. GB 17378.2 - 2007 海洋监测规范 第 2 部分: 数据处理与分析质量控制 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 7 - 9.
- [17] 施建平, 沈志宏, 苏贤明, 宋歌. 基于知识规则的数据质量检验方法在农田土壤监测中的应用 [J]. 科研信息化技术与应用. 2012, 3(2): 53 - 61.
- [18] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [19] 中华人民共和国国家标准. GB 15618 - 1995 土壤环境质量标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.

引用数据

- (1) 中国生态系统研究网络. 1995 ~ 2011 年 CERN 土壤环境元素含量数据集 [DB/OL]. Science Data Bank. DOI: 10.11922/sciencedb.296.

Soil environmental element content dataset of Chinese Ecosystem Research Network (1995 – 2011)

Song Ge, Shi Jianping, Hou Weilong, Xie Xianli, Pan Xianzhang, Chen Chunlan, Dang Tinghui, Fan Yueling, Fu Wei, Hao Xiangxiang, He Yongtao, Kuang Fuhong, Lan Zhongdong, Li Guozhen, Li Wei, Li Xiaojun, Li Xiaoli, Li Xiaoming, Li Yuqiang, Lin Li, Liu Haifeng, Liu Suping, Lu Zhiyun, Refkat, Sha Liqing, Su Yongzhong, Tian Zhenrong, Wang Shuwei, Wang Xiaoliang, Wu Ruijun, Yang Fengting, Yang Guisheng, Ye Xuehua, Yu Xiaojun, Zeng Jing, Zhang Deqiang, Zhang Yuming, Zheng Xingbo, Zong Haihong

ABSTRACT Soil environment is an essential part of the earth's environment. Current research on soil environment mainly focus on the soil pollution. In China, most of polluted soil resulted from inorganic contaminants. Since 1988, Chinese Ecosystem Research Network (CERN) carried out a long-term locating and monitoring effort on soil iron, manganese, copper, zinc, boron, molybdenum, cadmium, chromium, lead, nickel, mercury, arsenic and selenium contents by CERN soil monitoring specifications in the main agriculture, forest, grassland, desert and wetland ecosystems of China. Based on the processing of environmental element content data of surface soil monitored by the long-term observation of CERN typical ecosystem plots, we obtained the soil environmental element content dataset of Chinese terrestrial ecosystems from 1995 to 2011. The dataset includes 13 elements as soil environmental indicators. The relative error rate of these 13 elements is 6.55% in average, with relative deviation of 7.70% in average. All the data have complete background information which ensure consistency in space and time scales. The dataset is expected to provide data support for national and regional soil environment quality assessment, soil contamination risk assessment and environmental soil science research.

KEYWORDS trace element; heavy metal; soil pollution; Chinese Ecosystem Research Network (CERN); long-term locating and monitoring

引文格式：宋歌，施建平，侯卫龙，等．1995 ~ 2011 年 CERN 土壤环境元素含量数据集 [J/OL]. 中国科学数据, 2017, 2(1): 11–26. DOI: 10.11922/csdata.170.2016.0102.