

doi: 10. 11720/wtyht. 2021. 1388

张振宇,袁桂琴,孙跃,等. 地质调查地球物理技术标准现状与发展趋势[J]. 物探与化探, 2021, 45(5): 1226–1230. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2021. 1388](http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1388)

Zhang Z Y, Yuan G Q, Sun Y, et al. Current status and development trend of geophysical technical standards for geological surveys [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(5): 1226–1230. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2021. 1388](http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1388)

地质调查地球物理技术标准现状与发展趋势

张振宇^{1,2,3}, 袁桂琴^{1,2,3}, 孙跃^{1,2,3}, 王之峰^{1,2,3}

(1. 国家现代地质勘查工程技术研究中心, 河北 廊坊 065000; 2. 自然资源部 地球物理电磁法探测技术重点实验室, 河北 廊坊 065000; 3. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 经过近 30 年的发展,我国地质调查地球物理技术标准从无到有,从零散到成系列,逐步建立了重力勘查、磁力勘查、电法勘查、地震勘查、放射性勘查等系列化的标准体系,为我国地质调查地球物理技术方法规范化工作程序的建立和新方法新技术推广起到重要作用。随着我国地质调查的转型发展,目前已经形成的地球物理勘查技术标准体系不能完全适应当下地质调查的需求。本文总结了我国地质调查地球物理技术标准的发展现状,结合当前我国地质调查转型发展对地球物理方法技术的需求,研究探讨了地球物理勘查技术标准化工作的研究方向和发展趋势。

关键词: 地质勘查; 地球物理勘查技术; 技术标准; 标准制修订

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000–8918(2021)05–1226–05

0 引言

我国地质调查地球物理技术标准从无到有,从零散到成系列,前后经历了几十年的发展历程^[1]。可以说,有代表性的 3 个时期奠定了目前地质调查地球物理勘查技术标准体系的基础。一是 20 世纪 60 年代,我国地球物理勘查处在大发展阶段,地球物理勘查技术标准行业也开始陆续研究制定;二是 20 世纪 90 年代在地质矿产勘查中多种新地球物理技术方法面临无行业标准可循,大量生产性地球物理勘查工作行业技术标准需要修订的情况下,在原地质部、地质矿产部主导下,制修定出一大批地球物理勘查工作中急需的行业技术标准,为当时地球物理技术方法规范化工作程序的建立起到重要作用;三是进入 21 世纪,我国地质调查工作出现了繁荣期,市场活跃、需求旺盛,强大动力促进了地球物理新方法新技术行业标准制定和老标准的更新,标准制修订工作进程明显加快,基本满足了各种地质调

查活动对地球物理技术应用的需求。随着我国地质调查的转型发展,坚持需求导向、问题导向原则,面对复杂的地质问题,多元化的服务对象,地球物理技术标准体系也应保持“先进性、有效性和适宜性”。

1 地球物理勘查技术标准现状

地球物理勘查方法按工作原理分为重力、磁法、电法、地震、放射性等,各种方法是针对不同的地球物理场而提出并发展起来的。地球物理勘查技术标准伴随着地球物理技术的发展与应用而产生,分为通用标准和方法技术标准。通用标准包括技术符号、计量单位、图式图例标准及地球物理专业各方法共同遵守的基础标准;方法技术标准是按重力、磁法、电法、地震、放射性等方法制定的技术标准。地质调查地球物理现行技术标准体系见表 1,共有 46 项标准^[2],包含国家标准 3 项、地质矿产领域行业标准 38 项、中国地质调查局标准 5 项。除 9 项通用标准和物化遥综合标准外,包含重力标准 5 项、磁法标

收稿日期: 2020-09-01; 修回日期: 2021-07-22

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“地质调查标准化与标准制修订”(DD20190471)

第一作者: 张振宇(1983–),男,博士,高级工程师,主要从事电磁法理论与应用、勘查地球物理方法技术与标准研究工作。

准4项、电法标准16项、地震标准7项、放射性标准1项、测井标准4项,这些标准构成了基础地质调查、能源资源勘查、地质灾害调查、工程勘察和地下空间探测等方面地球物理工作共同遵守的技术文件,支撑着地球物理勘查技术在地质勘查中更好地发挥作用。

依据表1可知,从标准首次发布时间看,20世纪90年代首次发布标准27项,占现行地球物理标

准总量的58.7%;2000~2009年,标准制修订工作活跃度不高,首次发布标准仅为4项,占比8.7%;2003~2013年是地球物理工作高速发展的十年,伴随着国家经济高速发展和对能源资源需求的激增,地质行业迎来春天,地球物理技术在资源、能源、环境、工程等多个方面得到广泛应用。这一时期,对不能满足工作要求的老标准进行了更新换代,同时对无行业标准可循的新技术方法,迫切需要制定行业

表1 现行地质调查地球物理技术行业标准

Table 1 Current geophysical technical standards of geology survey

序号	标准名称	标准级别	备注
1	地球物理勘查技术符号	GB/T 14499—1993	修订中
2	地质矿产术语分类代码 地球物理勘查	GB/T 9649. 28—2009	
3	地球物理勘查图图式图例及用色标准	DZ/T 0069—1993	
4	物探化探异常数据文件格式	DZ/T 0129—1994	修订中
5	物化探工程测量规范	DZ/T 0153—2014	
6	物探化探计算机软件开发规范	DZ/T 0169—1997	
7	物探化探遥感勘查技术规程规范编写规定	DZ/T 0195—1997	已修订为行标,待发布
8	岩矿石物性调查技术规程	DD 2005—03	
9	固体矿产预查普查中物化探遥感工作要求	DD 2002—03	
10	重力调查技术规范(1:50 000)	DZ/T 0004—2015	替代 DZ/T 0004—91
11	区域重力调查规范	DZ/T 0082—1993	已修订,待发布
12	大比例尺重力勘查规范	DZ/T 0171—2017	替代 DZ/T 0171—1997
13	区域重力调查野外工作细则	DD 2014—07	
14	区域重力数据库标准	DD 2010—02	
15	地面磁勘查技术规程	DZ/T 0144—1994	替代 DZ/T 0070—93
16	地面高精度磁测技术规程	DZ/T 0071—1996	
17	航空磁测技术规范	DZ/T 0142—2010	
18	井中磁测技术规程	DZ/T 0293—2016	替代 DZ/T 0072—1993
19	时间域激发极化法技术规程	DZ/T 0070—2016	
20	电阻率测深法技术规程	DZ/T 0072—2020	
21	电阻率剖面法技术规程	DZ/T 0073—2016	替代 DZ/T 0073—93
22	自然电场法技术规程	DZ/T 0081—2017	替代 DZ/T 0081—93
23	地面甚低频电磁法技术规程	DZ/T 0084—1993	已修订,待发布
24	大地电磁测深法技术规程	DZ/T 0173—1997	
25	地质勘查充电法技术规程	DZ/T 0186—2020	
26	地面磁性源瞬变电磁法技术规程	DZ/T 0187—2016	替代 DZ/T 0187—1997
27	电偶源频率电磁测深法技术规程	DZ/T 0217—2006	替代 DZ/T 0204—1999
28	可控源音频大地电磁法技术规程	DZ/T 0280—2015	
29	相位激发极化法技术规程	DZ/T 0281—2015	
30	天然场音频大地电磁法技术规程	DZ/T 0305—2017	已修订,待发布
31	地面核磁共振找水技术规程	DZ/T 0263—2014	
32	页岩气地面时频电磁法规程	DZ/T 0298—2017	
33	井中激发极化法技术规程	DZ/T 0204—2016	替代 DZ/T 0170—1997
34	地—井瞬变电磁法技术规程	DD 2019—11	
35	地震勘探爆炸安全规程	GB 12950—1991	
36	浅层地震勘查技术规范	DZ/T 0170—2020	替代 DZ/T 0170—1997
37	垂直地震剖面法勘探技术标准	DZ/T 0172—1997	
38	石油、天然气地震勘查技术规范	DZ/T 0180—1997	
39	石油天然气、煤田地震图图式图例和用色标准	DZ/T 0077—1993	替代 DZ/T 0300—2017
40	煤田地震勘探规范	DZ/T 0300—2017	
41	页岩气调查地震资料采集与处理技术规程	DZ/T 0299—2017	
42	地面 γ 能谱测量技术规程	DZ/T 0205—1999	替代 DZ/T 0297—2017
43	核地球物理刻度井标准	DZ/T 0083—1993	
44	金属矿地球物理测井规范	DZ/T 0297—2017	
45	煤炭地球物理测井规范	DZ/T 0080—2010	替代 DZ/T 0181—1997
46	水文测井工作规范	DZ/T 0181—1997	

注:GB—国家标准,DZ—地质矿产领域行业标准,DD—中国地质调查局标准。

标准以便为新方法推广保驾护航。近十年来,首次制定出新行业标准 15 项,占标准总量的 32.6%,对 20 世纪 90 年代发布的 16 项老标准进行了修订或正在修订,占老标准总量的 59%。地球物理勘查标准制修订工作的持续开展,使地球物理勘查技术标准体系得到极大更新和完善,提升了地球物理技术

在地质工作中的支撑服务能力。

表 1 中地质矿产领域行业标准(DZ/T)共 38 项,在现行地质调查地球物理技术标准体系中占据主导地位。其中,标龄达 20 年以上的标准有 18 项,6~20 年的标准有 5 项,5 年以内的标准有 15 项,现行地质调查地球物理技术行业标准状态见表 2。

表 2 现行地质调查地球物理技术行业标准状态

Table 2 Status of current geophysical industrial standard in geology survey			
标龄/年	标准数/项	标准状态	标准名称及说明
>20 (2000 年以前发布)	18	5 项 已修订待发布	修订的标准包括区域重力调查规范、电阻率测深法技术规程、大地电磁测深法技术规程、直流充电法技术规程、浅层地震勘查技术规范
		1 项 正在修订中	地球物理勘查图图式图例及用色标准
		12 项 暂未修订	有些标准几乎不再使用,是否有存在必要,尚需进行标准评估,如物探、化探、遥感勘查技术规程规范编写规定、物化探探计算机软件开开发规范等
6~20 (2000~2014 年发布)	5	均为首次发布, 至目前未曾修订	包括电偶源频率电磁测深法技术规程、煤炭地球物理测井规范、航空电磁技术规范、物化探工程测量规范、地面核磁共振找水技术规程
≤5 (2015 年以后发布)	15	8 项 首次制定	井中磁测技术规程、可控源音频大地电磁法技术规程、相位激发极化法技术规程、天然场音频大地电磁法技术规程、页岩气地面时频电磁法规程、煤田地震勘探规范)、页岩气调查地震资料采集与处理技术规程、金属矿地球物理测井规范
		7 项 修订	重力调查技术规范(1:50 000)、大比例尺重力勘查规范、时间域激发极化法技术规程、电阻率剖面法技术规程、自然电场法技术规程、地面磁性源瞬变电磁法技术规程、井中激发极化法技术规程

2 正在制定中的地球物理技术行业标准

地球物理勘查技术标准的制定以需求为导向,以学科发展、技术进步和综合应用成果为基础,在达到方法工作精度要求的前提下有利于提高工作效率,促进新方法新技术应用。目前,结合地质调查多

门类工作需求、技术方法自身的应用情况以及目前正在开展的研究项目,重点围绕清洁能源页岩气、煤层气、干热岩和航空重力测量、无人机航空磁力测量、地下电磁波、井间声波、频率域航空电磁法等地球物理新方法以及术语、计量单位等通用标准开展地球物理标准的制修订工作。目前正在制定的地球物理技术行业标准见表 3。

表 3 制定中的行业和地调局地球物理技术标准

Table 3 Geophysical technical standards for the industry and the geological survey bureau under formulation			
序号	标准名称	拟定级别	进展状态
1	地球物理勘查基本术语	DZ/T	已制定,报批中
2	地球物理计量单位	DZ/T	已制定,报批中
3	煤层气测井规范	DZ/T	已制定,报批中
4	航空重力测量技术规范	DZ/T	已制定,报批中
5	页岩气调查测井技术规程	DZ/T	已制定,报批中
6	无人机航磁数据采集技术要求	DZ/T	已制定,正在形成报批稿
7	地下电磁波法技术规程	DZ/T	已制定,正在形成报批稿
8	频率域航空电磁测量规范	DD	制定中
9	井间声波法技术规程	DD	制定中
10	海岸带地球物理调查技术要求	DD	制定中
11	干热岩测井规范	DD	制定中

3 发展趋势

随着我国地质调查的转型发展,目前已经形成的地球物理标准体系不能完全适应当下我国地质调查的需求,面对目前多元化的服务领域,以及更复杂

的地质问题,地球物理技术行业标准的制定需要拓展“新领域”,开拓“新思路”。

3.1 地球物理勘查技术行业标准与技术应用转型发展相适应

21 世纪 40 年代到 60 年代初是全面建设小康社会的关键历史时期,也是我国地质调查工作大转

折、大发展的重要时期。我们应顺应内外部形势变化大趋势,依托高新技术、多学科综合研究,探索和解决人类所面临的一系列重大地球科学难题。地质调查工作驱动机制由供给驱动型逐步转变为需求驱动型,与之配套的地质调查社会化服务的领域需要不断拓宽^[3]。在这种背景下,地球物理勘查工作正面临业务转型发展的挑战,即主要服务领域由原来的地质矿产、能源、水资源为主,向灾害地质、工程地质、环境地质等多领域转变。仅就在地质灾害调查方面而言,虽然目前地球物理勘查技术还很少被直接应用于滑坡勘查,但地球物理勘查技术在该领域展现出较大发展空间。我国是一个地质灾害频发的国家,在各类型地质灾害中,滑坡分布范围较广,造成的损失也明显高于其他地质灾害。仅 2008 年“5·12”汶川地震就触发 15 000 多处滑坡、崩塌、泥石流,导致大约 2 万人死亡,地质灾害隐患点达 10 000 余处^[4]。灾区滑坡快速、有效的排查防治关键在于获取滑坡体的结构特征。传统采用的钻探、土工试验等常规方法,存在所获得的滑坡信息量较少、成本高及工作效率较低等不足。近几年,运用综合地球物理勘查方法,查明地质灾害问题成为主流趋势^[5-6]。国外高分辨率的地质雷达在滑坡体上的应用很普遍,验证手段也很丰富。探地雷达与电阻率法、激发极化法、地震法(反射法、折射法)、面波谱分析法、电磁法和地面激光扫描等方法的应用及相互验证能更有效地提高探测结果的可靠性^[7],国内在该领域与国外存在较大差距,需要加大地球物理勘查技术在滑坡领域的应用研究。因此,随着地球物理技术应用领域的拓展,地球物理技术标准的适应性应随之进行调整。

3.2 综合地球物理勘查技术标准需求趋势明显上升

总体看,目前地质调查中地球物理技术标准以单方法技术应用为主,综合性标准相对较少;现行标准注重方法应用的通用性,在不同应用领域适应性方面偏弱。例如,在海陆过渡地带滩涂区开展地球物理调查,面临交通不便、盐分含量高、受潮汐时间约束仪器设备布设及数据采集效率低等不利因素^[8],照搬陆域地球物理技术在滩涂区工作难以取得满意的勘查成果,现行的浅层地震、瞬变电磁法、大地电磁测深等技术标准多适合在陆地开展工作。所以应综合研究滩涂区浅层地震、海上单道(多道)地震、张量可控源大地电磁法、瞬变电磁法、微动测量、浅地层剖面等多种地球物理方法的适应性,确定适合滩涂区工作的合理技术方法组合和技术参数,研究仪器设备、数据采集、数据处理及安全

保障措施等与陆域差异化的要求,形成适应滩涂区地球物理工作要求的标准文件,解决单方法标准适应性弱的问题。当前面临的多是较复杂地质问题,由于所要解决的地质问题的复杂性与多样性,以及各种地球物理方法所能解决地质问题的有限性,不得不采用多种地球物理技术方法进行综合研究、综合解释,有效减少地球物理勘查异常解释中的多解性问题,提高勘查的准确性和精度,为此制定综合性地球物理技术标准将成为今后地球物理技术标准化工作的发展方向。

3.3 依据方法技术进步,及时制修订行业标准

面向资源、环境、地下空间、地质灾害等多应用领域,通过创新研发与改进完善并重的发展途径,逐步形成对多领域支撑能力强的地球物理技术体系和与之配套的标准体系。评估地质调查中地球物理技术应用现状和技术应用效果,确定地球物理技术标准制修订工作的必要性。不合时宜的过时标准应及时进行修订,对于尚无行业标准的新技术方法,应把握标准化对象的最佳时机。总之,在综合评估技术应用现状和地质勘查任务需求的基础上,保持技术标准和发展的协调一致,确保地球物理技术标准的先进性、有效性和适宜性,为地球物理技术在更多领域发挥高新技术优势作用提供标准保障。

4 结论与展望

标准来源于实践活动,其产生的基础是科学研究和技术进步的成果,是实践经验的高度总结。受行业标准化委员会委托,在中国地质调查局统一部署下,通过多年持续开展地球物理技术标准制修订工作,已经逐步形成了较为完善的地质调查地球物理技术标准体系,有效提升了地球物理勘查技术标准的先进性、有效性和适宜性,发挥了标准的引领作用,同时基本满足了地质调查工作对地球物理技术标准的需求。随着地质调查地球物理技术从以矿产、能源、地下水等勘查为主,转向、深部、环境、地下空间探测、地质灾害调查等多个应用领域,地球物理勘查技术标准应注重方法应用领域适应性、综合地球物理方法解决复杂地质问题的效果以及新方法新技术的应用效果。

展望未来,地球物理技术标准制修订应始终与技术发展密不可分,以需求为导向,以技术方法应用成果为基础,不断建立与完善地球物理勘查技术标准体系。其发展趋势,一是跟踪技术应用领域拓展和业务转型发展动向,及时制定或修订地球物理技

术标准,满足多要素多领域勘查工作的需要;二是地质勘查工作对综合性技术标准的需求加大,有效方法技术组合将是综合性地球物理勘查技术标准的重要内容,传统的标准编写思路受到限制,形成新的标准编写思路是必然趋势;三是关注新方法新技术发展动态,抓住标准制定最佳时机,为新方法新技术推广提供标准保障。

参考文献 (References) :

[1] 袁桂琴,杨少平,孙跃. 我国地球物理勘查技术标准体系研究与建立[J]. 地质与勘探,2015,51(4):748-756.
Yuan G Q, Yang S P, Sun Y. Study and establishment of standard systems of geophysical prospecting techniques in China [J]. Geology and Exploration,2015,51(4):748-756.

[2] 袁桂琴,杨少平,米宏泽,等. 物探化探技术标准体系研究有关问题的探讨[J]. 物探与化探,2015,39(6):1267-1270.
Yuan G Q, Yang S P, Mi H Z, et al. Discussion of related problems of standard system for geophysical and geochemical technique [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39 (6) : 1267 - 1270.

[3] 张润丽. 中国地质调查科学发展途径与战略研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2014:1-10.
Zhang R L. Scientific development approach and strategy research of geological survey in China[D]. Beijing:China University of Geosciences(Beijing), 2014:1-10.

[4] 殷跃平. 汶川八级地震地质灾害研究[J]. 工程地质学报,2008,16(4):433-444.
Yin Y P. Researches on the geo-hazards triggered by Wenchuan earthquake,Sichuan [J]. Journal of Engineering Geology,2008,16 (4) : 433 - 444.

[5] 何永波,李德庆,杨振宇,等. 综合物探方法在滑坡地质勘探中的应用研究[J]. CT理论与应用研究,2015,24(1):11-20.
He Y P, Li D Q, Yang Z Y, et al. The application of integrated geophysical method in the landslide exploration [J]. Computerized Tomography Theory and Applications,2015,24(1):11-20.

[6] 李富,周洪福,葛华. 不同类型滑坡体的高密度电阻率法勘察电性特征[J]. 物探与化探,2019,43(1):215-221.
Li F, Zhou H F, Ge H. Electrical characteristics of different types of landslide bodies investigated by high-density electrical method [J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(1):215-221.

[7] 徐兴倩,苏立君,梁双庆. 地球物理方法探测滑坡体结构特征研究现状综述[J]. 地球物理学进展,2015,30(3):1449-1458.
Xu X Q, Su L J, Liang S Q. A review of geophysical detection methods of landslide structure characteristics [J]. Progress in Geophysics,2015,30(3):1449-1458.

[8] 岳航羽,张保卫,王凯,等. 一种适用于沿海滩涂区的浅层高精度地震探测技术[J]. 物探与化探,2019,43(6):1225-1235.
Yue H Y, Zhang B W, Wang K, et al. A technology applied to shallow high-precision seismic detection in coastal tidal flats [J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(6):1225-1235.

[9] 申文金,兰井志. 循环经济:国土资源标准化战略研究的新理念[J]. 中国国土资源经济,2014,27(7):32-34.
Shen W J, Lan J Z. Circular economies in the new notion with regard to strategic research of standardization of land and resources [J]. Natural Resource Economics of China,2014,27(7):32-34.

[10] 牟乐,谭凌波. 技术标准实施效果的作用机制研究[J]. 生产力研究,2018(8):15-18.
Mu L, Tan L P. Research of implementation effect of technical standards effect [J]. Productivity Research, 2018(8):15-18.

[11] 郭济环. 技术标准与专利融合的动因分析[J]. 中国标准化,2011(11):32-35.
Guo J H. Dynamics analysis of standards and patents integration [J]. Chinese Standardization, 2011(11):32-35.

[12] 吕擎峰,卜思敏,王生新,等. 综合物探法在滑坡稳定性评价中的应用研究[J]. 岩土工程学报,2015,37(s1):142-147.
Lyu Q F, Bu S M, Wang S X, et al. Application of comprehensive geophysical prospecting method in stability evaluation of landslide [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering,2015,37(s1):142-147.

Current status and development trend of geophysical technical standards for geological surveys

ZHANG Zhen-Yu^{1,2,3}, YUAN Gui-Qin^{1,2,3}, SUN Yue^{1,2,3}, WANG Zhi-Feng^{1,2,3}

(1. State Research Center of Modern Geological Exploration Engineering Technology, Langfang 065000, China; 2. Key Laboratory of Geophysical Electromagnetic Detection Technology of Ministry of Natural Resources, Langfang 065000, China; 3. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: Over the past nearly 30 years, geophysical technical standards for geological surveys have successively experienced zero standards, sparse standards, and standard series. As a result, a series of standard systems of gravity, magnetic, electrical, seismic, and radioactive prospecting have been gradually established, which play an important role in establishing standardized work procedures and promoting new methods and techniques in the field of geophysical techniques for geological surveys in China. However, with the transformation and development of geological surveys in China, the current standard systems of geophysical prospecting are yet to meet the requirements of geological surveys at present. The paper summarizes the development status of geophysical standards for geological surveys in China and explores the research direction and development trend of the standardization of geophysical techniques according to the need for geophysical methods and technologies in the transformation and development of geological surveys in China.

Key words: geological prospecting; geophysical exploration technology; technical standard; setting and revising standard

(本文编辑:叶佩)