

基于锂离子电池储能技术的便携式钻机研制与应用

谭春亮¹, 渠洪杰¹, 彭新明², 卢倩¹, 张沁瑞², 岳永东¹, 苏兴涛¹, 祝强¹

(1.北京探矿工程研究所,北京 100083; 2.北京市地质勘察技术院,北京 100120)

摘要:锂离子电池作为现代文明中重要的能量载体被广泛且大量地使用。浅层钻探是一种重要的浅表层调查取样手段,将锂离子电池储能技术应用于便携式钻机的研发,可解决山区、林草区等特殊地貌区防火期内调查取样的难题,实现浅钻调查零碳排,助力绿色勘查发展;本文重点介绍了锂电池电动钻机的技术参数、特点及试验情况,该机型具有体积小、重量轻、无噪音、无污染,主要钻进参数可显示、可调控,钻进数据可采集、可存储等特点,锂离子电池储能技术在便携式钻机中的应用为浅钻装备数字化、信息化和智能化发展奠定了基础。

关键词:电化学储能技术;锂离子电池;便携式钻机;绿色勘查;土壤地质环境监测

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0361-05

Development and application of portable drilling rig based on Lithium-ion battery energy storage technology

TAN Chunliang¹, QU Hongjie¹, PENG Xinming², LU Qian¹,

ZHANG Qinrui², YUE Yongdong¹, SU Xingtao¹, ZHU Qiang¹

(1.Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China;

2.Beijing Institute of Geo-exploration Technology, Beijing 100120, China)

Abstract: Lithium-ion batteries are widely used as an important energy carrier in modern civilization. Shallow drilling is an important sampling method for shallow investigation, and the application of lithium-ion battery energy storage technology to the development of portable drilling rig can solve the problem of survey and sampling over the fire restriction period in special landscapes such as mountain areas, forests, grass areas, and realize shallow drilling survey with zero carbon emission and help green exploration. This paper mainly introduces the parameters, characteristics and test of the lithium battery driven drill. The new type of drilling rig has the characteristics of light weight, compactness, no noise and no pollution; drilling parameters can be displayed and regulated; and drilling data can be collected and stored, etc. The application of lithium-ion battery energy storage technology in portable drilling rig has laid a foundation for the development of smart shallow drilling equipment.

Key words: electrochemical energy storage technology; Lithium-ion battery; portable drilling rig; green exploration; monitoring of soil geological environment

0 引言

新时代地质调查围绕“全力支持能源、矿产、水和其他战略资源安全保障,精心服务生态文明建设和自然资源管理中心工作”的基本定位^[1],在地球系统科学理论的指导下,陆续开展了土地质量调查与评价、生

态环境调查与修复、国土空间调查与评价、海岸带综合地质调查等地表基质调查工作,其研究内容主要集中在浅表地层,因此,能否对浅表层实现精准、原位无污染取样,对后续开展环境、气候、生物、水等新时代地质调查关键要素研究至关重要^[2]。与此同时,绿色

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.060

作者简介:谭春亮,男,汉族,1979年生,高级工程师,探矿工程专业,主要从事钻探设备研发、浅层钻探技术研究等工作,北京市海淀区学院路29号探工楼206室,bjtan1979@163.com。

引用格式:谭春亮,渠洪杰,彭新明,等.基于锂离子电池储能技术的便携式钻机研制与应用[J].钻探工程,2021,48(S1):361-365.

TAN Chunliang, QU Hongjie, PENG Xinming, et al. Development and application of portable drilling rig based on Lithium-ion battery energy storage technology[J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):361-365.

勘查作为地勘行业积极融入生态文明建设的具体实践,相关部委、地方及行业相继出台了促进绿色勘查发展的系列指导性文件:2015年8月青海省有色地勘局创建了“多彩模式”^[3];2016年5月中国地质矿产经济学会发布“绿色勘查行动宣言”^[4];2017年5月国土资源部等六部门联合印发《关于加快建设绿色矿山的实施意见》(国土资规[2017]4号)^[5];2018年9月中国矿业联合会发布《绿色勘查指南》团体标准^[6];2019年12月,自然资源部发布《绿色地质勘查规范(征求意见稿)》等^[7]。地质调查新领域、新要求和新目标要求探索出新的技术方法体系,浅层钻探作为一种重要的浅表层调查技术手段,既要全面支撑服务生态文明建设,又要满足绿色勘查新要求、安全生产新规定,因此,浅层钻探技术装备体系急需创新升级^[8-9]。

本文由浅钻调查过程中遇到的实际问题出发,研究制定技术解决方案,采用锂离子电池组替代传统燃油动力驱动钻机,并开展配套技术方法的研究与试验。试验表明,新设备和新技术能够满足浅表层地质调查取样需求,解决林草等地区防火期内无法施工的难题,符合绿色地质勘查发展要求。

1 浅钻调查存在的问题

以背包钻机为代表的便携式取样钻机,以其携带方便、操作灵活、钻孔快捷等特点,在难进入地区地质调查取样中发挥过重要作用^[10],但是,随着生态文明建设向纵深发展,对安全生产、绿色勘查等要求不断提高,浅钻调查取样新问题逐步显现:

(1)现有便携式钻机不能满足特殊地貌区调查取样需求。山区、林草区等特殊地质地貌区是新时代地质调查的重点工作区,要求防火期内禁用燃油动力,现有技术设备不能满足生产需求;在高原地区,随着海拔的增加,大气压力降低,进入汽油发动机气缸内的空气量相应减少,导致缸内燃烧恶化、功率下降、燃油消耗率升高等问题,从而影响到浅层调查质量与效率。国内外资料表明,海拔每升高1000 m,汽油发动机功率下降8%~13%^[11]。

(2)现有便携式钻机不能满足安全生产新规定。现有便携式钻机主要采用汽油机驱动。国家对零散汽油采购限制日臻严格,对以流动作业为主要特征的浅钻调查工作影响较大;且野外零散汽油存储、携带等均存在较大安全隐患,不符合安全生产新规定。

(3)现有便携式钻机不符合绿色发展新要求。现有便携式钻机的主机与动力源采用一体化设计,存在操控性差、故障率高等系列问题;同时,尾气排放、噪声污染等工作环境和人身健康均产生不良影响等,不符合新时代绿色发展新要求。

2 电池储能技术发展

电化学储能技术至今已有200多年历史。1800年,意大利人伏打(Volt)发明了人类历史上第一套电源装置;1836年,丹尼尔电池问世;1859年,法国科学家普朗特(Plante)发明世界第一只可充电的铅酸电池;1868年,法国勒兰社(Leclanche)发明锌锰干电池;1899年,瑞典发明家Waldmar Jungner发明镍镉电池;1976年,Stanford Ovshinsky发明了镍氢电池^[12];1990年,锂离子电池问世,以其电压高、能量密度大、循环性能好等优点,被广泛应用于移动智能终端、小型电动设备、电网储能以及电动汽车等领域^[13];进入21世纪,锂金属电池由于具有比锂离子电池更高的能量密度和功率密度而成为下一代电池技术发展的希望^[14]。

通过几种不同电池技术的体积和质量能量密度比较(见图1),可知:同等体积下,锂离子电池储能能力是铅酸电池的3倍,镍镉电池的2倍,镍氢电池的1.5倍^[15]。

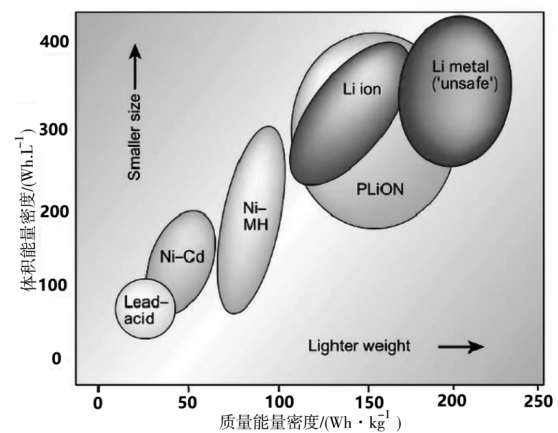


图1 不同蓄电池能量密度对比

《中国制造2025》中制定的我国生产的锂离子电池能量密度的目标是2025年达到400 Wh/kg,2030年达到500 Wh/kg^[16]。2021年4月30日,中国汽车动力电池产业创新联盟2021年年度会议,国家

动力电池创新中心成功开发出单体能量密度 350 Wh/kg 的电池技术原型^[17], 锂电池储能技术发展日新月异。

锂离子电池由正极材料、负极材料、电解液和隔膜 4 大部分组成。锂离子在正极材料与负极材料之间可逆脱嵌, 充电时, 锂离子从正极材料中脱出, 穿

过隔膜, 嵌入负极材料, 形成正极贫锂、负极富锂的高能量态, 电能转化为化学能, 实现能量的存储; 放电时则与之相反, 锂离子从负极脱出, 通过隔膜, 再嵌入正极材料, 对应于化学能到电能的转化, 实现对外做功^[18], 工作原理如图 2 所示。

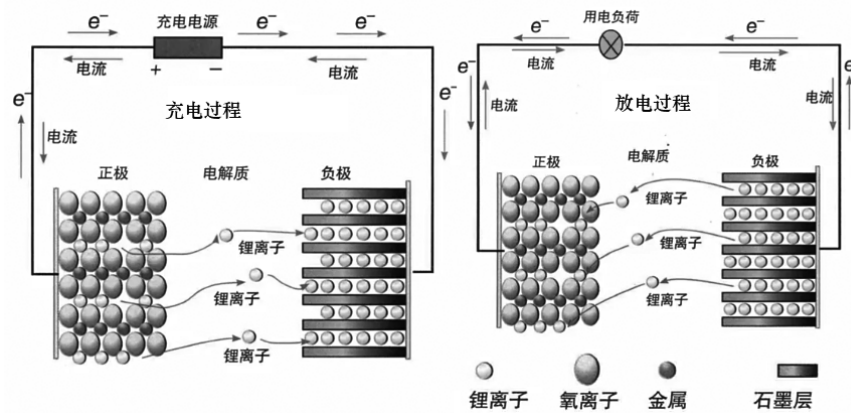


图2 锂离子电池充/放电过程

锂离子电池的能量 E 等于平均工作电压 V_{ab} 与质量(体积)比容量 Q_{max} 的乘积, 通过提高平均工作电压或者提高材料的质量(体积)比容量, 可提高电池的能量密度。

3 锂电池储能技术在浅钻技术升级中的应用

3.1 钻机研究方案

围绕山区、林草等特殊地质地貌区调查取样需求, 结合便携式钻机能耗低、单孔工作时间短等特

点, 在跟踪掌握锂电池储能技术发展的基础上, 制定钻机研究方案, 分别从动力、结构、控制及工艺等方面进行创新升级。具体内容如表 1 所示。

3.2 主要技术参数

按照不同的地质调查取样需求, 分别研制了低速、高速两类机型, 实现松散层取样和硬岩取心, 在满足预定功能前提下, 力求结构简单、操作便捷、运行可靠, 主要参数如表 2 所示。

表1 便携式钻机技术升级方案

项目名称	研究现状	技术方案
动力	以二冲程或四冲程汽油机驱动为主, 不能满足防火要求, 存在零散汽油采购难、携带风险大等问题	以电代油, 采用锂离子电池驱动, 实现浅钻调查零碳排
结构	主机与动力一体化设计, 存在操控性差、可靠性差、噪音大、故障率高等问题	主机与动力源分体设计, 操作舒适、噪音低、可靠性高
控制	浅钻调查凭经验, 全程无数据, 存在钻进参数难调节、钻孔质量难保障等问题	主要钻机参数可显示、可调节, 钻进数据可采集、可存储等
工艺	浅钻工艺研究不足, 取样器具比较单一, 解决地质问题能力不够	分类制定钻探技术解决方案, 满足多元的地质调查取样需求

3.3 钻机结构形式

钻机结构包括锂电池组、主机和控制器 3 个部分。主机由直流电机、减速器、手持架、调速器等部

件组成, 锂电池组与控制器模块化组装, 形成钻机的动力控制单元(见图 3、图 4)。

利用 PWM 技术控制直流电机转速; 利用直流

表2 钻机主要技术参数

参数名称	钻进能力/m	钻孔直径/mm	转速/(r·min ⁻¹)	扭矩/(N·m)	功率/kW	主机质量/kg
低速	5	60	0~120	50	0.75	7.5
高速	10	40	0~800	12	1	6.5

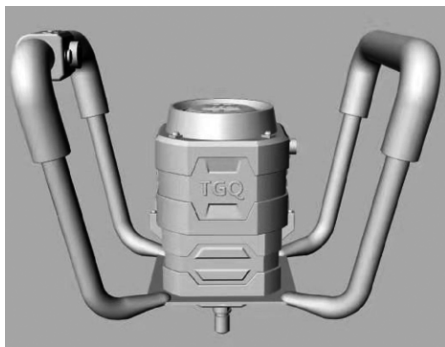


图3 主机结构

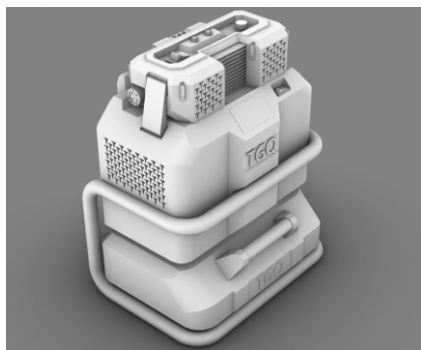


图4 操控部分

电压和直流电流传感器采集电机电流与电压信号到PLC,通过PLC实现对多路电流与电压信号的采集、计算和存储等,利用功率与转速的关联性,控制钻机输出扭矩,通过显示屏显示电量、功率、转速和扭矩等主要钻进参数。

3.4 试验情况

北京市在疏解非首都核心功能绿色转型发展过程中,面临着诸多土壤环境问题^[19]。为全面掌握土壤地质环境背景、质量状况及其变化规律,了解各类污染源对土壤地质环境的影响程度及其变化趋势,2011年开始筹建北京市土壤地质环境监测网,2015年正式运行,2019年全市监测点达到2712个,为构建全市监测网络体系提供基础数据支撑。野外样品采集是土壤监测方法体系中的首要环节,直接影响对环境质量的评价^[20]。长期以来,存在传统铁锹、洛阳铲、槽型钻等人工取样精度差、效率低、解决问题能力不足,现有便携式钻机不能满足山区等重点

工作区防火要求,散装汽油采购难、储存与携带风险大等诸多难题。

2020年4月,采用锂离子电池组驱动的便携式钻机在北京市怀柔区琉璃庙和老公营、房山区良乡和周口店等多类景观区、多种地层类型的监测点进行试验。试验效果:土壤等松散层钻进效率1~2 m/min,取心率≥98%(见图5);硬岩层钻进效率2~3 m/h,取心率≥95%(见图6)。



图5 松散层取心效果



图6 硬岩层取心效果

4 结论

(1)试验证明:采用锂离子电池组替代传统燃油动力驱动钻机,能够满足浅表层钻探调查取样需求,整机质量与背包钻机相当,携带方便、操控简单、运行可靠。

(2)新型便携式钻机采用分体式结构设计,主机与动力源分离,具有无噪音、无污染、零碳排、安全可靠等技术优势,符合地质装备绿色化发展要求。

(3)新型便携式钻机实现了钻进参数可显示、可调控;钻进数据可采集、可存储等功能,为后续浅钻装备向数字化、信息化和智能化方向发展奠定基础。

(4)锂电池储能技术发展日新月异,浅表层调查钻探设备具有能耗低、单孔作业时间短等特征,是锂电池技术应用于地质装备领域的最佳结合点,也是新时代地质调查装备体系发展方向之一。

参考文献:

- [1] 姚震,杜子图.关于新时代地质调查工作的战略思考[J].地质通报,2018,37(11):2120-2124.
- [2] 何远信,夏柏如,赵尔信.环境科学钻探取样技术研究[J].现代地质,2005(3):471-474.
- [3] 罗长海,李福军,马德庆,等.青海省绿色勘查工作开展情况及成效分析——以多彩整装勘查区为例[J].地质找矿论丛,2019,34(3):471-477.
- [4] 绿色勘查行动宣言[EB/OL].[2016-05-11]. <http://society.canre.org.cn/info/1045/1564.htm>.
- [5] 国土资源部有关负责人解读《关于加快建设绿色矿山的实施意见》[J].国土资源,2017(6):28-29.
- [6] 绿色勘查指南[EB/OL].[2018-09-29]. <http://www.chinamin-ing.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=170&id=27096>.
- [7] 关于征求《绿色地质勘查规范(征求意见稿)》意见的函[EB/OL].[2019-12-12]. http://gi.mnr.gov.cn/201912/t20191213_2489397.html.
- [8] 马骋,伊娜,张福良.绿色勘查行业标准编制有关问题探讨[J].中国国土资源经济,2020,33(2):34-38.
- [9] 张福良,薛迎喜,马骋,等.绿色勘查——新时代地质找矿新模式[J].中国国土资源经济,2018,31(8):11-15.
- [10] 冉灵杰,宋殿兰,卢猛.TGQ背包式取样钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(6):49-51,55.
- [11] 刘轶浩,吕建新,张冕.高原环境下的特种车辆发动机改进研究[J].内燃机与配件,2015(8):4-6.
- [12] 黄彦瑜.锂电池发展简史[J].物理,2007(8):643-651.
- [13] 陈剑宇.三维多孔铜集流体的制备及稳定金属锂负极的研究[D].南京:南京邮电大学,2019.
- [14] 张学强,赵辰孜,黄佳琦,等.下一代锂电池在能源化学工程方面的研究进展[J].工程,2018,4(6):191-225.
- [15] Tarascon J, Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries[J]. Nature, 2001,414(6861):359-367.
- [16] Hao H, Cheng X, Liu Z, et al. China's traction battery technology roadmap: Targets, impacts and concerns [J]. Energy Policy, 2017,108:355-358.
- [17] 中国汽车动力电池产业创新联盟2021年度会议在京召开[EB/OL].[2019-12-12]. http://www.miit.gov.cn/jgsj/zbyz/qcgy/art/2021/art_537ef21114114d0ba2091684f52cdac5.html.
- [18] 唐仲丰.锂离子电池高镍三元正极材料的合成、表征与改性研究[D].合肥:中国科学技术大学,2018.
- [19] 田媛,郭希娟,刘效兰.北京市不同功能区土壤重金属污染探究[J].环境科学与技术,2010,33(S2):83-86.
- [20] 马学利.北京市土壤地质环境监测工作的实践与思考[J].城市地质,2021,16(1):32-39.