

DB51

四川省地方标准

DB51/T 3228—2024

交通基础设施施工设备换电技术规范

2024-12-18发布

2025-01-18实施

四川省市场监督管理局 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 3

5 设施设备 3

 5.1 电动施工设备电池系统 3

 5.2 换电电池系统 4

 5.3 电动施工设备换电底托 5

 5.4 换电控制器 5

 5.5 换电场站系统 6

 5.6 电池仓储系统及搬运设备 6

6 换电技术要求 6

 6.1 换电流程关系 6

 6.2 交互及管理 7

 6.3 设备识别 7

 6.4 换电电池系统更换 7

7 换电作业流程及要求 8

 7.1 换电场站 8

 7.2 移动式换电装备 9

 7.3 手动应急换电 10

8 安全技术要求 12

 8.1 通用安全要求 12

 8.2 设备安全要求 12

 8.3 场站安全要求 12

 8.4 消防要求 13

前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川省交通运输厅提出、归口、解释并组织实施。

本文件起草单位：蜀道投资集团有限责任公司、四川路桥建设集团股份有限公司、四川智能建造科技股份有限公司、四川蜀道清洁能源集团有限公司、四川省标准化研究院、深圳市比亚迪锂电池有限公司、西南交通大学、广西柳工机械股份有限公司、山推工程机械股份有限公司、山东临工工程机械有限公司、中国铁建重工集团股份有限公司、上海玖行能源科技有限公司、北京天顺长城液压科技有限公司、四川大学、四川英杰新能源有限公司、中创新航科技集团股份有限公司。

本文件主要起草人：张正红、张胜、蒋永林、杨如刚、周凤岗、黄兵、孙立成、廖知勇、张敏、范宇轩、孙周、姜之未、周俊、冷顺多、赖庆、刘东、王俊淇、郭世杰、童羨遥、周雄华、张海涛、赵明、吴韦林、姜雨田、武占刚、龚文忠、朱翔宇、付雨、彭华备、王铮、侯超华、杨玲、陈腾、张圣、田召、魏小洋、田钰广、何正友、胡海涛、樊小强、赵明辉、崔宝辉、庄重、杨淑媛、陈玉林、孙飞泷、蒋杰、敖志勇、吴先钢、赖和翔、黄浚峰。

交通基础设施施工设备换电技术规范

1 范围

本文件规定了交通基础设施施工场景下，电动施工设备换电系统技术、换电作业、换电安全管理等要求。

本文件适用于动力电池类型为锂电池的后背换电式电动施工设备(电动装载机、电动挖掘机、电动自卸车)的换电工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3098.6 紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 4208-2017 外壳防护等级 (IP 代码)

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求第1部分：通用要求

GB 5226.6 机械电气安全机械电气设备第6部分：建设机械技术条件

GB/T 8554 电子和通信设备用变压器和电感器测量方法及试验程序

GB/T 27930-2023 非车载传导式充电机与电动汽车之间的数字通信协议

GB/T 29772 电动汽车电池更换站通用技术要求

GB/T 31486 电动汽车用动力蓄电池电性能要求及试验方法

GB/T 33341 电动汽车快换电池箱架通用技术要求

GB/T 34657.1 电动汽车传导充电互操作性测试规范第1部分：供电设备

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 40032 电动汽车换电安全要求

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50084 自动喷水灭火系统设计规范

GB 50116 火灾自动报警系统设计规范

GB/T 51077 电动汽车电池更换站设计规范

JTG/T 2340-2020 公路工程节能规范

NB/T 33006 电动汽车电池箱更换设备通用技术要求

QC/T 1201.1-2023 纯电动商用车车载换电系统互换性第1部分：换电电气接口

QC/T 1201.2-2023 纯电动商用车车载换电系统互换性第2部分：换电冷却接口

QC/T 1201.3-2023 纯电动商用车车载换电系统互换性第3部分：换电机构

QC/T 1201.4-2023 纯电动商用车车载换电系统互换性第4部分：换电电池系统

SAE J1939-2023 商用车控制系统局域网CAN通信协议 (Serial Control And Communications Heavy-Duty Vehicle Network-Top-Level Document)

ISO 11898-1:2024 道路车辆-控制器局域网(CAN) 第1部分:数据链路层和物理层信号(Road vehicles —Controller area network(CAN)—Part 1:Data link layer and physical coding sublayer)

ISO 11898-2:2024 道路车辆-控制器局域网(CAN) 第2部分:高速接入单元(Road vehicles —Controller area network(CAN)—Part 2:High-speed physical medium attachment (PMA)sublayer)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电池单体 battery cell

将化学能与电能进行相互转化的基本单元装置。

注:通常包括正负电极、隔膜、电解质、外壳和端子,并被设计成可充电。也称作电芯。

[来源:GB/T 44254-2024,3.2.1.3.1,有修改]

3.2

电池系统 battery system

由一个或一个以上电池包(按照串联、并联或者串并联方式组合)及相应附件(电池管理系统、高压电路、低压电路、热管理组件、机械装置等)构成的能量存储装置。

[来源:GB/T 44254-2024,3.2.1.3.8,有修改]

3.3

电动施工设备 electric construction equipment

驱动能量完全由电能提供、由电机驱动的工程施工设备。

3.4

换电式电动施工设备 battery swap electric construction equipment

运行能量全部或部分由可更换的机载可充电储能系统提供的电动施工设备。

[来源:GB/T 44254-2024,3.1.3,有修改]

3.5

换电 battery swap

通过专用装置或其他(人工)辅助进行更换电池系统以实现电能补充的方式。

[来源:GB/T 40032-2021,3.1,有修改]

3.6

换电电池系统 battery swap system

车辆在换电过程中,整体更换的动力电池系统。

注:换电电池系统包括电池包、电池管理系统、换电接口和换电机构,也包括用于承载和保护电池包的支架和外框架,可在非车载状态下进行充放电。

[来源:QC/T 1201.4-2023,3.1,有修改]

3.7

电池更换站 battery swap station

为电动施工设备提供电池更换服务的场所。

注:又称换电场站。

[来源:GB/T 29317-2021,3.1.2.1,有修改]

3.8

换电装备 battery swap equipment

换电场站中/移动式换电装备对换电电池系统进行更换的电池更换装备。

3.9

移动式换电装备 mobile swap equipment

具备自驱移动能力的电池更换装备。

注：移动换电装备能够自驱前往电动施工设备进行全过程的换电作业，一般包括驱动机构、换电机构、检测机构等。

3.10

设备端换电系统 equipment-side battery swap system

电动施工设备端上与换电操作或换电功能相关的部件所组成的系统。

[来源：GB/T 40032-2021,3.5,有修改]

3.11

热管理系统 thermal management system

通过与站控、BMS交互，实现对换电电池系统进行自动制冷或加热的系统。

注：一般包括水泵、风扇、压缩机、制冷装置，也可包括加热装置等。

3.12

定位结构 positioning structure

位于换电电池系统的底部区域，用于换电电池系统在换电底托安装时进行粗定位与精定位，实现换电电池系统与换电底托间的正确与快速配合，以及换电电池系统在换电底托上的固定。

3.13

换电锁止机构 battery swap locking mechanism

具有锁止和解锁功能的换电机构，用于实现电池系统在换电底托上的安装，能够实现换电电池系统的快速锁止和解锁。

注：换电底托对换电电池系统的固定形式一般为压紧式、螺纹锁紧式，以及锁钩固定式，其中执行机构包含气动、液压、电机、机械锁止等方式，具有自动或手动解锁及二次锁止功能，保证换电电池系统与车辆底托连接可靠以及换电系统的安全运行。

4 基本要求

4.1 换电场站应包含必要的设施和系统，如电池更换系统、电池箱存储系统、充电系统、供配电系统、安防系统和监控系统等，以确保正常运营的可靠性和安全性。

4.2 单次换电时长不宜大于6min。

4.3 换电电场站及电动施工设备最高工作海拔高度应不高于3000m。

4.4 电动施工设备节能规范应符合JTG/T 2340 的相关要求。

5 设施设备

5.1 电动施工设备电池系统

5.1.1 在非强制外力影响(外部火烧、机械冲击与碰撞等)下应不冒烟、不起火、不爆炸，安全要求应符合GB 38031的相关要求。

5.1.2 应配置电池状态监测和管理控制系统，并提供电池系统和其他车辆控制器通讯的电子装置。

5.1.3 放电容量应符合以下要求：

- 不低于额定容量；
- 不超过额定容量的110%；

——所有对象初始容量极差不大于初始容量平均值的7%。

5.1.4 循环次数达到500次时放电容量不应低于初始容量的92%, 达到1200次时放电容量不应低于初始容量的80%。

5.1.5 以上要求的试验方法应符合GB/T31486 的相关要求。

5.2 换电电池系统

5.2.1 换电电池系统的正常工作条件：-30℃~55℃环境温度，5%~95%环境湿度。

5.2.2 换电电池系统的电气、通信、热管理等功能应具有互操作性。

5.2.3 换电电池系统应安全合理布置高压线束、低压线束、冷却管路等应安全合理布置。

5.2.4 换电电池系统的安装与固定应牢固可靠。

5.2.5 换电电池系统的外壳防护等级应满足GB/T 4208-2017的 IP67（双用）要求。

5.2.6 换电电气接口应符合QCT 1201.2的相关要求；换电冷却接口应符合QC/T 1201.2的相关要求。

5.2.7 换电电池系统体在整车上的布置形式参见图1。

5.2.8 换电电池系统外廓尺寸参见表1、示意图参见图2。



图1 换电电池系统布置形式和连接示意图

表1 换电电池系统外廓尺寸范围

单位：mm

名称	符号	数值
换电电池系统的长度	L1	≤2500
换电电池系统的宽度	W1	≤850
换电电池系统的高度	H1	1400~2230
抓举机构区高度	H2	≥145
锁止机构区高度	H3	≥300

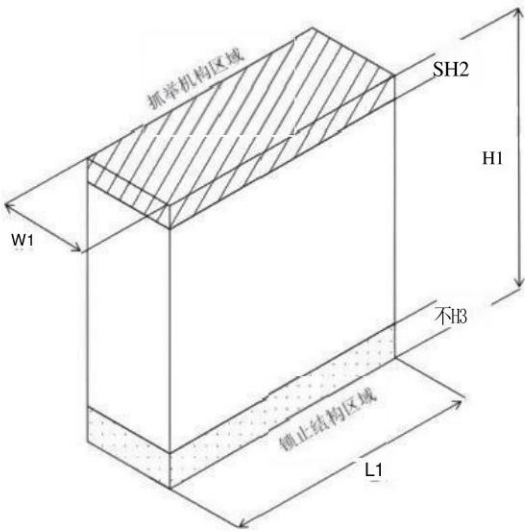


图2 吊装式换电电池系统外廓尺寸示意图

5.3 换电底托

- 5.3.1 底托锁止机构正常工作条件：-30℃~50℃温度环境，5%~95%环境湿度。
- 5.3.2 底托锁止机构、定位机构表面不应有毛刺、异物、飞边及类似尖锐边缘。
- 5.3.3 底托锁止机构应具备锁止状态监测功能，应能实时监测和反馈锁止功能状态信号。
- 5.3.4 底托锁止机构应同时具备自动和手动锁止和解锁功能。当自动锁止和解锁功能失效时，可依靠手动操作完成锁止和解锁功能。
- 5.3.5 底托锁止机构宜采用多点均匀分布式布置，以提高对换电电池系统固定的可靠性。
- 5.3.6 底托锁止机构中螺纹紧固件的技术要求应符合GB/T 3098.6的相关要求。
- 5.3.7 定位机构应至少包含粗定位（一级定位）及精定位（二级定位）两级及以上的定位机构。

5.4 换电控制器

5.4.1 功能要求

- 换电控制器需具备以下功能：
- 具备换电插销锁止/解锁双状态检测功能；
 - 具备换电连接器状态检测功能；
 - 具备换电锁止控制功能；
 - 具备设备端与站端之间的通信功能；

- 具备网关路由协议转换功能；
- 具备换电电池系统到位检测功能；
- 具备异常情况下的应急处理机制机制，如自动切断电源、紧急解锁等。

5.4.2 通讯要求

5.4.2.1 换电控制器应同时满足以下通信要求：

- 换电控制器与设备端之间采用CAN 通信方式；
- 非设备端充电机与换电电池系统之间采用CAN 通信方式；
- 换电控制器与换电场站之间、换电控制器与移动换电装备之间采用WIFI 通信方式且通信协议应统一，整机数据采用4G/5G 通信方式上传至云平台。

5.4.2.2 换电控制器与车端通信采用 CAN 通信方式，其物理层应遵循 ISO 11898-1:2024、ISO 11898-2:2024、和SAE J1939-11:2016的相关要求；换电控制器的收发器应符合ISO 11898-2:2024的 相关要求；数据链路层应使用CAN 扩展帧的29位标识符，并遵循SAE J1939-21:2010的相关要求；非设备端充电机与电池包之间的通信协议应符合GB/T 27930-2023的相关要求。

5.5 换电场站

5.5.1 换电场站内设备应符合GB/T 29772、GB/T 51077和 NB/T 33006的相关要求。

5.5.2 换电设备应能抓取QC/T 1201.3所规定的抓取接口，且宜兼容其他抓取接口的电池系统。

5.5.3 换电设备应能进行换电电池系统的加锁和解锁，并具备加锁到位和解锁到位检测功能，确保可靠的加/解锁。

5.6 电池仓储系统及搬运设备

5.6.1 电池仓储系统箱架应符合GB/T 33341的相关要求。

5.6.2 电池仓储系统箱架的结构尺寸应与换电电池系统相匹配。

5.6.3 电池仓储系统应满足以下要求：

- 能承受电池系统的载荷，长期使用后不应发生明显变形；
- 具备烟雾检测功能；
- 具有限位及导向功能；
- 具备防腐蚀、防锈功能；
- 具备检测电池系统存储状态的功能。

5.6.4 电池系统长期存放时SOC 宜处于30%~65%，高低压插件应做好绝缘、防尘防护。

5.6.5 电池系统储存的环境温度宜在-20℃~45℃，环境湿度宜低于85%RH。

5.6.6 搬运设备应满足以下要求：

- 能承载电池重量载荷，正常使用条件下不应发生明显形变或失效；
- 具备电池到位检测功能，在插拔电池连接器前应对电池到位状态或接插件位置进行确认；
- 具有行程极限保护功能；
- 具备快速转运隔离异常电池功能。

5.6.7 搬动系统各设备的各动作之间应能够安全互锁，防止误操作情况下电池坠落。

6 换电技术要求

6.1 换电流程关系

设备换电控制器与设备端、换电场站或移动式换电装备之间的流程关系如图3所示。

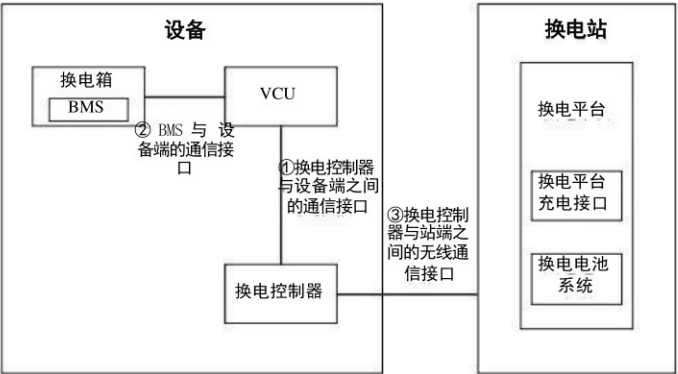


图3 换电控制器与设备端、换电场站之间流程关系图

6.2 交互及管理

6.2.1 应采用统一的技术要求、标志等。

6.2.2 在车端方面，换电控制器控制锁止执行单元，实时采集上传换电插座的温度状态，实时检测上传换电锁止机构解闭锁状态和故障状态，并通过CAN通信方式上报给整车网络。

6.2.3 在站端方面，换电控制器可以通过无线通信WIFI、4G/5G等方式与换电场站进行数据交换，接收换电场站下发的控制指令，向换电场站上报当前车辆状态；宜支持远程升级和远程诊断。

6.2.4 换电控制器与换电场站之间传输过程中的数据是可加密的，加密数据应具有完整性、准确性和不可否认性。

6.3 设备识别

6.3.1 换电场站、移动式换电设备应对设备信息（设备数字编码、ID号等）进行有效快速识别并校验。

6.3.2 设备信息识别系统的功能可使用视频触发，或非视频外部触发（包括RFID、激光、微波、WIFI等）识别设备身份信息。

6.3.3 设备信息识别系统的引导装置包括信号灯、图像引导装置或语音引导装置，也可同时具备二者或多种，用于对设备换电执行进行信息引导提示。

6.3.4 电动施工设备站内入场引导服务应包括出入口提示、换电区域提示、换电设备停放到位提示和设备限速提示等。

6.3.5 电动施工设备入场时引导服务应使其停放到位，满足换电条件。

6.4 换电电池系统更换

6.4.1 以吊装方式进行换电的换电系统，吊装系统应具备同步功能、吊具到位检测功能、换电电池系统到位检测功能等，确保系统吊装高度一致吊装过程安全可靠。

6.4.2 吊装系统与车辆及换电电池系统直接接触的操作机构部分应采用导向结构。导向结构的导向范围在XY方向上都宜达到±50mm确保吊具动作过程中精确匹配换电电池系统姿态，避免碰撞导致损坏。换电电池系统吊装机构应设置限速，防止惯性过大导致损坏。

6.4.3 吊具在连接并固定换电电池系统时，宜采用双侧各两点连接的四点连接方式；吊具中的连接装置宜采用钩锁形式。

6.4.4 换电电池系统更换设备应具备换电电池系统固定到位检测功能，确保满足解锁/加锁的需求。

6.4.5 换电电池系统更换设备宜具备定位失效检测和告警功能，防止换电电池系统和设备端对接异常

导致损坏。

7 换电作业流程及要求

7.1 换电场站

7.1.1 作业流程

换电场站作业流程见图4。

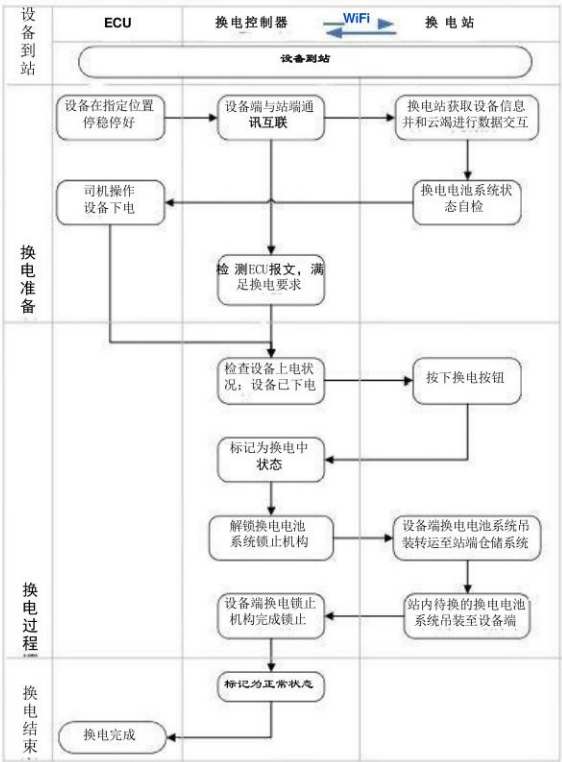


图4 换电场站作业流程图

7.1.2 作业要求

7.1.2.1 设备、站端鉴权识别

电动设备在进入换电场站前，需完成站端和设备端的互相识别、交互握手。

7.1.2.2 设备进站定位

电动设备进入换电场站时应当遵循引导服务，停泊在可换电区域，车身位置与换电电池系统位置若存在偏差，通过换电设备自动调整方式、人工调整设备姿态等方式，对设备位置进行纠偏及校正。

7.1.2.3 换电电池系统定位

定位换电电池系统时，宜采用激光测距线扫描方案，如激光雷达或点激光线扫描等；或采用视觉定位方案。

7.1.2.4 换电电池系统解锁

换电电池系统解锁应当设备初定位完成后，换电场站应通过定位装置精确识别到站内需换电电池系统位置，经再次确认是否可以换电后，通过信号控制锁止机构，使设备端换电电池系统与设备底托解锁。

7.1.2.5 换电电池系统转运

解锁并完成换电电池系统吊装后，转运系统应及时将设备端换电电池系统转运到换电场站电池仓储系统进行存放与充电，随后将站内换电电池系统从换电场站内转运安装到电动设备上(根据场站设计需要，转运及安装过程可同步进行)，此过程不宜超过180秒。

7.1.2.6 设备端换电电池系统锁止

换电机构应检测换电电池系统状态，确认到位后设备端换电底托才可进行锁止动作。

7.1.2.7 设备状态自检

换电电池系统加锁完成后，设备应对换电电池系统锁止状态、换电连接器状态、液冷快换连接器状态、通讯状态等进行自检，确认各项状态正常。

7.2 移动式换电装备

7.2.1 作业流程

移动式换电装备作业流程见图5。

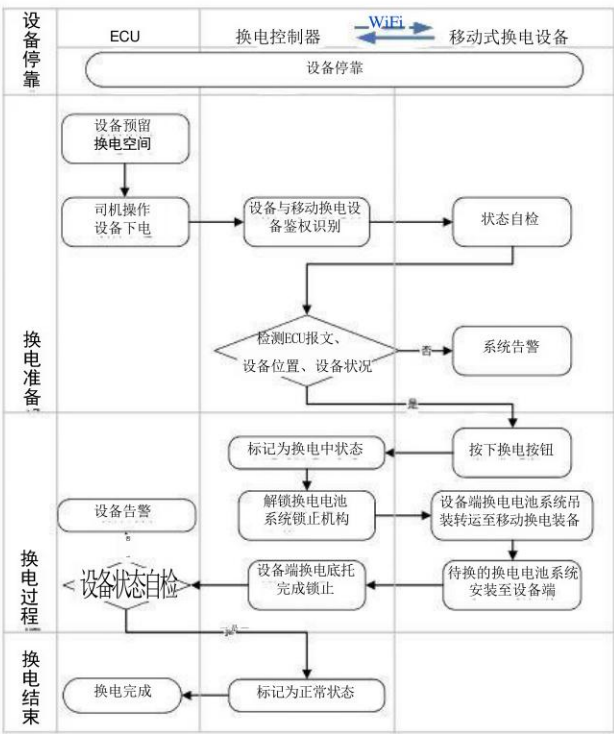


图5 移动式换电装备作业流程图

7.2.2 作业要求

7.2.2.1 设备、站端鉴权识别

开始换电前，移动式换电装备与电动施工设备之间应互相识别、交互握手。

7.2.2.2 设备换电定位

工作人员应遵循便捷、安全的原则在施工现场选择换电区域，电动施工设备需预留出移动式换电装备停车位置。若移动式换电装备与换电电池系统位置存在偏差，则需通过换电设备自动调整方式、人工调整设备姿态等方式，对换电电池系统抓取机构位置进行纠偏及校正。

7.2.2.3 换电电池系统解锁

设备初定位完成后，换电电池系统抓取机构应通过定位装置精确识别到待换电电池系统位置，经现场工作人员确认是否可以换电后，控制锁止机构使设备端换电电池系统与底托解锁。

7.2.2.4 换电电池系统转运

解锁完成后，经现场工作人员确认后，将设备端换电电池系统转运到移动式换电装备电池仓储系统进行存放与充电，随后，将电池仓储系统内待换电电池系统转运并安装到车辆上。

7.2.2.5 设备端换电电池系统锁止

换电机构应检测换电电池系统状态，确认到位后进行锁止动作。

7.2.2.6 设备状态自检

换电电池系统加锁完成后，电动施工设备应对电池系统锁止状态、换电连接器状态、液冷快换连接器状态、通讯状态等进行自检，确认各项状态正常。

7.3 手动应急换电

7.3.1 作业流程

手动应急换电作业流程见图6。

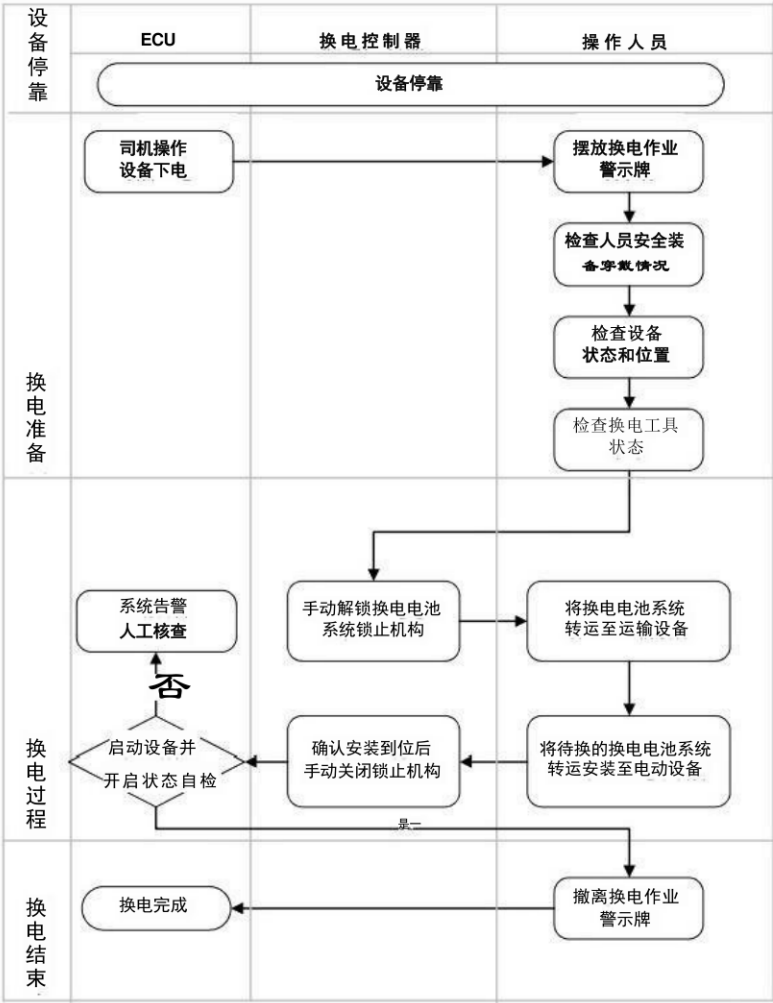


图6 手动应急换电作业流程图

7.3.2 作业要求

7.3.2.1 准备工作

工作人员应确认待换电的电动施工设备及其状态，确保所有作业人员的安全装备穿戴适当、所有必要的工具和设备(如吊装设备、叉车等)准备就绪。

7.3.2.2 设备下电

在进行换电操作前，应切断电动设备高压电源，以防止触电事故发生。

7.3.2.3 换电电池系统解锁

做好安全检查及下电操作后，需手动解锁换电电池系统锁止机构，使设备端换电电池系统与设备底托解锁。

7.3.2.4 换电电池系统转运

解锁完成后，使用吊装或叉车等转运设备将换电电池系统转运到运输设备上，随后将待换的换电电池系统从运输设备转运、安装到电动施工设备上。

7.3.2.5 设备端换电电池系统锁止

现场工作人员应确认安装到位后手动闭锁设备端换电底托锁止机构。

7.3.2.6 设备状态自检

换电电池系统加锁完成后，应对换电电池系统锁止状态、换电连接器状态、液冷快换连接器状态、通讯状态等进行自检，确认各项状态正常。

8 安全技术要求

8.1 通用安全要求

8.1.1 电动施工设备严禁带料换电。

8.1.2 换电操作测试参考GB/T 34657.1的相关要求。

8.1.3 在换电前应进行漏电检测，在充电过程中，应能显示待机状态、充电状态、故障或告警状态等，并具备短路保护、过流保护、过热保护、过充保护功能。

8.1.4 所有换电相关运动机构应具有行程、极限保护功能，包括软件限位和硬件限位装置，确保运动机构在安全范围内动作，防止因超出位置极限造成危害。

8.1.5 换电系统应获取电池单体的SOC、最高与最低温度、总电压、电流、绝缘电阻、电芯电压数据以及各种警告与保护状态信息，并上传至监控系统，满足监控静态数据和动态数据要求。

8.2 设备安全要求

8.2.1 换电设备在换电过程中应该有明确的信号和指示灯。

8.2.2 换电设备应与电池转运系统连锁，防止连接器的带电插拔。

8.2.3 电动施工设备换电安全要求应符合GB/T 40032.2的相关要求。

8.2.4 换电过程的参数，如SOC、电压、电流、温度、绝缘电阻等宜通过屏幕显示，便于现场操作人员或维护人员检查确认电池系统相关信息。

8.2.5 设备端换电系统不应出现导致换电失效的变形、开裂等结构损坏。

8.2.6 换电机构不应出现导致换电失效的松动、变形、开裂、脱落等损坏。

8.2.7 换电接口分离后电压不应超过36V，不应出现连接失效等故障。

8.2.8 充电设备的电路控制系统应符合GB 5226.6的相关要求。

8.2.9 启动充电前，应确保电池端连接器与充电架上连接器可靠连接，检测有异常的连接时，应立即停止充电。

8.3 场站安全要求

8.3.1 换电场站系统应具备断电保护功能。

8.3.2 换电场站防震设计应满足GB 50011的相关要求。

8.3.3 换电场站内所有采用扭转锁固方式的电机均应具备扭力上限保护功能。

8.3.4 人体易接触的外露运动部件如齿轮、链条、带传动等应设置防护装置，往复运动机构应有极限位置的保护装置。

8.3.5 对进入工作区人员存在风险的区域，应在工作区外设置安全警告提示和必要的防护措施。

8.3.6 所有外露导电部分应按GB5226.6的相关要求连接到保护联结电路上。接地端子或接地触点与接地金属部件之间的连接，应具有低电阻值。

8.3.7 电气设备的所有电路导线与保护连接电路之间应进行耐电压试验，试验要求应符合GB/T8554 和

GB 4793.1的相关规定。

8.4 消防要求

8.4.1 换电场站建筑设计防火规范应符合GB 50016的相关要求。

8.4.2 换电场站火灾自动报警规范应符合GB 50116的相关要求。

8.4.3 换电场站自动喷水灭火系统设计应符合GB 50084的相关要求。

8.4.4 换电场站消防设施的配置应满足GB/T 51077和GB/T 29772的相关要求。

8.4.5 应建立消防档案、台账记录及全面巡视管理机制，并定期对消防设施、器材进行检查、维修及更换。

8.4.6 应做好消防安全应急预案，定期组织人员进行消防培训和应急演练。