



中华人民共和国国家标准

GB/T 46162—2025

潜水器用锂离子电池管理系统设计要求

Design requirement of lithium battery management system for submersible

2025-08-29 发布

2026-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 通用要求 2

6 功能、分类与组成..... 2

 6.1 功能 2

 6.2 分类 3

 6.3 组成 3

7 性能要求 3

 7.1 耐压性能 3

 7.2 状态参数测量精度 3

 7.3 电池故障诊断 4

 7.4 电气适应性能 4

8 接口要求 6

 8.1 供电接口 6

 8.2 信息接口 6

9 环境适应性要求 6

 9.1 高温要求 6

 9.2 低温要求 6

 9.3 盐雾要求 6

 9.4 湿热要求 7

 9.5 振动要求 7

 9.6 倾斜和摇摆要求 7

10 电磁兼容性能要求..... 8

 10.1 传导骚扰要求 8

 10.2 辐射骚扰要求 8

 10.3 电源线瞬态传导抗扰度要求 8

 10.4 信号线/控制线瞬态传导抗扰度要求 8

 10.5 电快速瞬态脉冲群抗扰度要求 8

 10.6 辐射抗扰度要求 8

 10.7 静电放电要求 8

11 电路设计要求 9

 11.1 主控电路 9

 11.2 从控电路 9

12 部件选型要求 9

 12.1 传感器 9

 12.2 配电元器件 9

 12.3 连接器、电缆 9

 12.4 电子元器件 9

13 安装布置要求 10

附录 A（规范性） 系统功能状态等级 11

 A.1 A 级 11

 A.2 B 级 11

 A.3 C 级 11

 A.4 D 级 11

 A.5 E 级 11

参考文献 12



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

本文件由全国潜水器标准化技术委员会(SAC/TC 306)提出并归口。

本文件起草单位：中国船舶科学研究中心、中国船舶集团有限公司第七一二研究所。

本文件主要起草人：郑鹏、胡震、何巍巍、叶聪、杨申申、张祥功、沈丹、余峰、宋德勇、张伟、周思思、王璇、王钊、刘博涵、陈晓阳。



潜水器用锂离子电池管理系统设计要求

1 范围

本文件规定了潜水器用锂离子电池管理系统设计要求,包括通用要求、功能分类与组成、性能要求、接口要求、环境适应性能要求、电磁兼容性能要求、电路设计要求、部件选型要求和安装布置要求。

本文件适用于潜水器用锂离子电池管理系统的设计,包括安装在压力补偿型电池舱的耐压型电池管理系统和安装在耐压舱的非耐压型电池管理系统。其他水下装备的锂离子电池管理系统参照执行。

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 4365—2024 电工术语 电磁兼容
- GB/T 13407 潜水器与水下装置术语
- GB/T 38661—2020 电动汽车用电池管理系统技术条件
- GB/T 40073—2021 潜水器金属耐压壳外压强度试验方法

3 术语和定义

GB/T 4365—2024、GB/T 13407、GB/T 38661—2020、GB/T 40073—2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

潜水器 submersible

各类水下运行器具的总称。

注:潜水器包括载人潜水器和无人潜水器,载人潜水器为携带乘员的潜水器,通常包括作业型载人潜水器、深潜救生艇、水下游览船、潜水钟、救生钟、单人常压潜水服和双功能潜水器等;无人潜水器为不携带乘员的潜水器通常包括遥控潜水器、自主式潜水器、水下滑翔器和拖航潜水器等。

[来源:GB/T 40073—2021,3.1]

3.2

电池管理系统 battery management system

监视电池的状态(温度、电压、荷电状态等),可以为电池提供通信、安全及管理控制,并提供与应用设备通信接口的系统。

3.3

荷电状态 state of charge

当前蓄电池中按照规定放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

[来源:GB/T 38661—2020,3.6]

3.4

最大工作压力 maximum working pressure

相对于最大工作深度时的水压力。

注：单位为兆帕(MPa)。

[来源:GB/T 40073—2021,3.7]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FS:满量程(Full Scale)

注：FS指电池管理系统最大可测量值的绝对值。

SOC:荷电状态(State of Charge)

5 通用要求

5.1 潜水器用锂离子电池管理系统应进行单体电压检测、单体温度检测、电流检测、SOC估算、充放电控制等,应配置有温度传感器、电流传感器、配电元器件等。

5.2 潜水器用锂离子电池管理系统应具备为锂离子电池组充电、放电等工况提供过充电、过放电、过电流、过温的保护功能,实时监控锂离子电池组状态。

5.3 潜水器用锂离子电池管理系统应具备与潜水器控制系统、充电机和放电机电进行信息交互的功能。

5.4 耐压型锂离子电池管理系统应进行冗余设计,采用热备份方式。

6 功能、分类与组成

6.1 功能

6.1.1 单体电压采集

潜水器用锂离子电池管理系统应具备单体电池电压采集功能,单体电压采集范围应满足相应锂电池类型要求,采集通道数量根据电池组总电压及锂电池类型确定,采集通道数量是4通道~72通道。

6.1.2 单体温度采集

潜水器用锂离子电池管理系统应具备单体温度采集功能,电池组常用的温度传感器为电阻型信号,单体温度采集范围应不低于-30℃~65℃,采集通道数量根据电池组规模及布置方式确定,采集通道数量是4通道~72通道。

6.1.3 电流采集

潜水器用锂离子电池管理系统应具备充电电流、放电电流检测功能,电池组常用电流传感器类型为电压型信号,电流采集范围应超过潜水器最大充放电电流值的1.5倍,采集通道数量不低于2通道。

6.1.4 充放电控制

潜水器用锂离子电池管理系统应具有充放电控制功能。电池管理系统接收外部上电信号,控制相应充放电通道开关闭合。充放电控制信号采集通道电压采集范围应不低于9V(DC)~32V(DC),输出通道的电压电流值根据潜水器实际需求确定。充放电控制通道数量是2通道~8通道。

6.1.5 故障诊断

潜水器用锂离子电池管理系统应进行故障诊断、故障记录信息以及故障处理,如故障码上报、实时

警示和故障保护等。

6.1.6 数据更新

潜水器用锂离子电池管理系统采集数据的更新周期应在规定时间内完成,在出现电流、电压、温度等报警信息后,电池管理系统应及时完成报警信息上传及做出相应处置措施。

6.2 分类

根据潜水器用锂离子电池管理系统安装的电池舱类型不同,分为耐压型锂离子电池管理系统和非耐压型锂离子电池管理系统。电池管理系统安装在压力补偿型电池舱,承受外部压力,定义为耐压型锂离子电池管理系统;电池管理系统安装在耐压型电池舱,工作在常压环境,定义为非耐压型锂电池管理系统。

6.3 组成

潜水器用锂离子电池管理系统通常由主控电路、从控电路、温度传感器、电流传感器、配电元器件、连接电缆、结构件等组成。

7 性能要求

7.1 耐压性能

耐压型锂离子电池管理系统整体应进行静水压力试验,最大耐压值应不低于潜水器最大工作压力值的 1.25 倍,加卸压速度应不小于潜水器规定的加卸压速度的 2 倍,压力循环次数不少于 2 次。静水压力试验过程中,功能状态要求应达到附录 A 中规定的 A 级。

7.2 状态参数测量精度

7.2.1 总电压

常压环境下,总电压检测精度应不低于 $\pm 1\%FS$;压力环境下,总电压检测精度应不低于 $\pm 2\%FS$ 。

注:常压环境指外界压力不超过 0.2 MPa,压力环境指外界压力超过 0.2 MPa,本注释适用于后文。

7.2.2 总电流

常压环境下,总电流检测精度应不低于 $\pm 3\%FS$;压力环境下,总电流检测精度应不低于 $\pm 5\%FS$ 。

7.2.3 单体电压

常压环境下,单体电压检测精度应不低于 $\pm 0.5\%FS$,且最大误差的绝对值应不大于 10 mV;压力环境下,单体电压检测精度应不低于 $\pm 1\%FS$,且最大误差的绝对值应不大于 20 mV。

7.2.4 温度

常压环境下,温度检测精度应不低于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;压力环境下,温度检测精度应不低于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.5 SOC 估算

常压环境下,SOC 估算的累积误差应不大于 5%;压力环境下,SOC 估算的累积误差应不大于 10%。

7.2.6 数据更新周期

潜水器用锂离子电池管理系统采集数据的更新周期应不大于 2 s。潜水器用锂离子电池组出现电

流、电压、温度等报警信息后,潜水器用锂离子电池管理系统应在 4 s 内完成报警信息上传及做出相应处置措施。

7.3 电池故障诊断

潜水器用锂离子电池管理系统对于电池系统进行故障诊断的基本项目和可扩展项目分别见表 1 和表 2。表 1 中所列的故障诊断项目为基本要求。根据潜水器的具体要求,潜水器用锂离子电池管理系统的具体诊断内容可以不限于表 1 和表 2 所列项目。

表 1 电池系统故障诊断基本项目

序号	故障状态 ^a	电池管理系统的故障诊断项目 ^b
1	电池温度大于温度设定值 1	电池温度高
2	单体电压大于电压设定值 1	单体电压高
3	单体电压小于电压设定值 2	单体电压低
4	单体一致性偏差大于设定条件	单体一致性偏差大
5	充电电流(功率)大于最大充电电流(功率)值	充电电流大
6	放电电流(功率)大于最大放电电流(功率)值	放电电流大
^a 电压、电流、温度的设定值由潜水器总体确定,并且不应超过电池组允许的最大工作限值。 ^b 潜水器总体可以自行规定故障项目的具体名称、故障等级划分以及相关故障条件的设定值。		

表 2 可扩展的故障诊断项目

序号	故障状态	电池管理系统的故障诊断项目
1	电池温度小于温度设定值 2	电池温度低
2	SOC 值大于 SOC 设定值 1	SOC 高
3	SOC 值小于 SOC 设定值 2	SOC 低
4	总电压小于总电压设定值 1	总电压低
5	总电压大于总电压设定值 2	总电压高
6	外部通信异常	外部通信故障
7	内部通信异常	内部通信故障
8	压力补偿信号 ^a	压力补偿量报警
^a 本项诊断项目只针对耐压型锂离子电池管理系统。		

7.4 电气适应性能

7.4.1 直流供电电压

潜水器用锂离子电池管理系统根据额定电压不同,按照表 3 对电池管理系统的有效输入端供电,并记录电压值。在表 3 给出的供电电压范围内,电池管理系统的功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

表 3 供电电压范围

系统额定电压 U/V	最低供电电压 $U_{\min}/V$	最高供电电压 $U_{\max}/V$
12	9	16
24	16	32

7.4.2 过电压

7.4.2.1 12 V 系统

在室温环境下,对电池管理系统施加 18 V(DC)电压,持续 60 min,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

注:室温环境指温度 20 ℃~25 ℃,湿度 40%~60%,本注释适用于后文。

7.4.2.2 24 V 系统

在室温环境下,对电池管理系统施加 36 V(DC)电压,持续 60 min,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

7.4.3 叠加交流电压

7.4.3.1 12 V 系统

在室温环境下,对电池管理系统施加最高供电电压 16 V(DC)、频率范围为 50 Hz~25 kHz 的叠加交流电压,扫频持续时间不少于 120 s,次数不少于 5 次,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

7.4.3.2 24 V 系统

在室温环境下,对电池管理系统施加最高供电电压 32 V(DC)、频率范围为 50 Hz~25 kHz 的叠加交流电压,扫频持续时间不少于 120 s,次数不少于 5 次,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

7.4.4 供电电压缓降和缓升

在室温环境下,对电池管理系统施加以 (0.5 ± 0.1) V/min 线性变化率或不大于 25 mV 步长的供电电压,从 $U_{\max}$ 降到 0 V,然后从 0 V 升到 $U_{\min}$,功能状态应达到附录 A 中规定的 D 级。

7.4.5 供电电压瞬时下降

在室温环境下,对电池管理系统施加图 1 或图 2 所示的电压瞬时下降值,其中上升和下降时间应不超过 10 ms,功能状态应达到附录 A 中规定的 B 级。

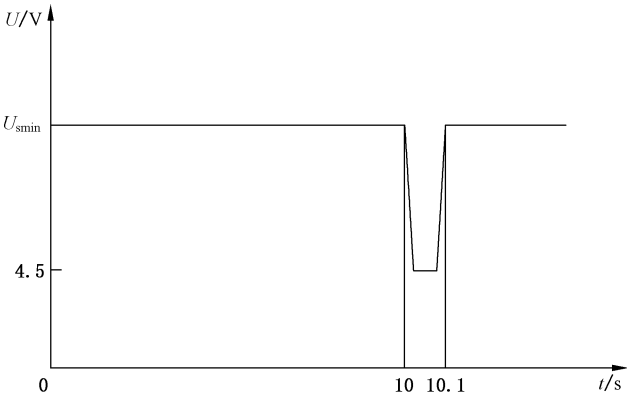


图 1 瞬时时间下降(12 V 系统)

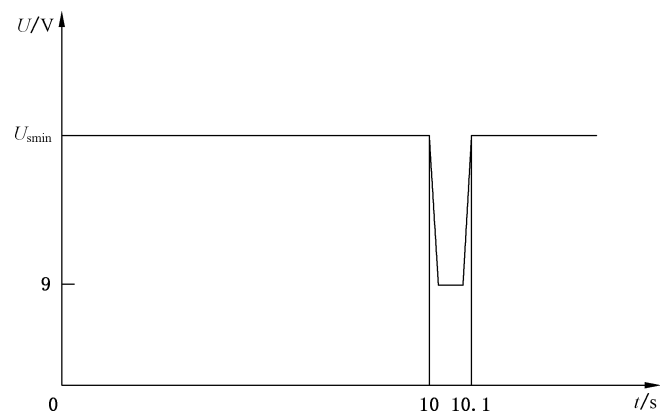


图 2 瞬时时间下降(24 V 系统)

7.4.6 绝缘性能

潜水器用锂离子电池管理系统电源通道及信号通道与外壳之间的绝缘电阻值应不小于 20 MΩ。

8 接口要求

8.1 供电接口

潜水器用锂离子电池管理系统供电接口宜采用 12 V(DC)或者 24 V(DC)。其中 12 V(DC)系统供电电压范围应为 9 V~16 V(DC);24 V(DC)系统供电电压范围应为 16 V~32 V(DC)。

8.2 信息接口

潜水器用锂离子电池管理系统与潜水器控制系统的通信方式宜采用 CAN 总线通信、RS485 通信、RS232 通信或网络通信;与充电机或放电机的通信方式宜采用 CAN 总线通信、RS485 通信、RS232 通信或网络通信。

9 环境适应性要求

9.1 高温要求

潜水器用锂离子电池管理系统在 55 ℃±2 ℃高温环境下,保持 16 h,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

9.2 低温要求

潜水器用锂离子电池管理系统在 -10 ℃±3 ℃低温环境下,保持 2 h,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

9.3 盐雾要求

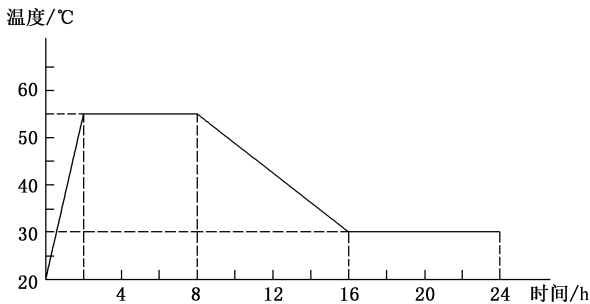
对潜水器用锂离子电池管理系统施加表 4 所示的盐雾条件,试验期间系统不通电运行,完成 2 个循环(每个循环喷雾 24 h+干燥 24 h)的试验后,放在正常大气条件下恢复 4 h~8 h 后,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

表 4 盐雾试验条件

试验温度		盐溶液				盐雾沉降率/(mL/80 cm ² ·h)
温度/℃	容差/℃	成分	浓度/%	容差/%	pH	
35	±2	NaCl	5	±1	6.5~7.2	1~3

9.4 湿热要求

潜水器用锂离子电池管理系统应按照图 3 所示的温度曲线开展至少 2 个循环(每个循环 12 h)的试验,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。



注：除了在温度下降期间相对湿度可以降至 85%外,在其他所有时间内相对湿度保持为 95%±5%。

图 3 交变湿热循环图

9.5 振动要求

对潜水器用锂离子电池管理系统施加表 5 所示的振动参数,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

表 5 振动分类

频率/Hz	位移幅值/mm	加速度/(m/s ²)
1~16	1	—
16~60	—	10

9.6 倾斜和摇摆要求

对潜水器用锂离子电池管理系统施加表 6 所示的倾斜和摇摆参数,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

表 6 倾斜和摇摆参数

倾斜、摇摆	角度/(°)	周期/s
纵倾	±10	—
横倾	±15	—
纵摇	±10	4~10
横摇	±45	3~14

10 电磁兼容性能要求

10.1 传导骚扰要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 18655—2025 的要求,如潜水器无特殊规定,传导骚扰限值应符合 GB/T 18655—2025 规定的等级 3 要求。

10.2 辐射骚扰要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 18655—2025 的要求,如潜水器无特殊规定,辐射骚扰限值应符合 GB/T 18655—2025 规定的等级 3 要求。

10.3 电源线瞬态传导抗扰度要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 21437.2—2021 的要求,试验严酷等级为Ⅲ级,如潜水器无特殊规定,功能状态应符合表 7 的规定。

表 7 电源线瞬态传导抗扰度性能要求

试验脉冲	1	2a	2b	3a	3b	4
系统功能状态	C	B	C	A	A	B

10.4 信号线/控制线瞬态传导抗扰度要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 21437.3—2021 的要求,试验严酷等级为Ⅲ级,如潜水器无特殊规定,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

10.5 电快速瞬态脉冲群抗扰度要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 17626.4—2018 的要求,试验等级为 3 级,脉冲重复频率为 5 kHz,如潜水器无特殊规定,功能状态应达到附录 A 中规定的 C 级。

10.6 辐射抗扰度要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 33014.2—2016 的要求,测试频率范围为 400 MHz~2 GHz,测试场强等级 30 V/m,如潜水器无特殊规定,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

10.7 静电放电要求

潜水器用锂离子电池管理系统参照 GB/T 19951—2019 中测试及布置相关要求,试验等级见表 8,如潜水器无特殊规定,功能状态应达到附录 A 中规定的 A 级。

表 8 放电电压等级

放电模式	直接接触放电	空气放电
放电电压(不通电) ^a	±6 kV	±15 kV
放电电压(通电)	±7 kV	±14 kV
^a 不通电测试的功能状态 A 为试验后进行判定。		

11 电路设计要求

11.1 主控电路

主控电路设计要求如下：

- a) 具备与潜水器控制系统实时通信功能；
- b) 具备与锂离子电池组充电机、放电机电实时通信功能；
- c) 具备与从控电路实时通信功能；
- d) 具备充放电电流检测功能；
- e) 具备充放电控制功能；
- f) 具备 SOC 控制功能；
- g) 具备电池故障诊断功能。

11.2 从控电路

从控电路设计要求如下：

- a) 具备与主控电路实时通信功能；
- b) 具备多路单体电压采集功能；
- c) 具备多路单体温度采集功能。

12 部件选型要求

12.1 传感器

传感器主要包括温度传感器和电流传感器，用在耐压型锂离子电池管理系统中的传感器应选用耐油耐压型。

温度传感器选用热电阻类传感器，要求体积小、反应灵敏、易于安装及采集，应选用 NTC 类温度传感器或 PT100/PT1000 温度传感器。

电流传感器选用电阻分流器、电流互感器或者霍尔电流传感器等类型，根据潜水器实际电流测量量程需求进行选型，应选用成熟度高、测试精度高的电流传感器型号。

12.2 配电元器件

配电元器件主要包括接触器和保险丝，用在耐压型锂离子电池管理系统中的配电元器件应选用耐油耐压型。

接触器选用直流接触器，充电接触器额定工作电流按照潜水器最大工作电流的 1.5 倍~2 倍进行选型，放电接触器额定工作电流按照最大充电电流的 1.5 倍~2 倍进行选型。

保险丝选用快熔断型一次性保险丝，额定电流按照最大通过电流的 1.5 倍进行选型，额定电压应超过最大工作电压。

12.3 连接器、电缆

连接器选用耐振动性能好、带锁紧扣、易于插拔的型号。动力电缆选用耐高温型电缆，信号电缆选用带屏蔽型电缆。用于耐压型锂离子电池管理系统的连接器和电缆应选用耐油耐压型。

12.4 电子元器件

用于耐压型锂离子电池管理系统的电子元器件，都应预先进行压力试验筛选。最大筛选压力值为

潜水器最大工作压力值的 1.25 倍,筛选次数不少于 2 次。

13 安装布置要求

潜水器用锂离子电池管理系统电路布置应采用分布式或者集中式安装布置方式。分布式安装布置是指从控电路与每个电池模块一起就近安装,然后每个从控电路通过数据线将数据传输到主控电路;集中式安装布置是指所有从控电路与主控电路一起安装,电池模块单体电压和单体温度的采集线连接到从控电路。

温度传感器安装位置应准确反映单体电池温度值,应采用螺丝固定或胶粘固定方式。

接触器、保险丝、电流传感器等配电元器件宜集中布置,便于进行接线和维护。



附 录 A
(规范性)
系统功能状态等级

A.1 A 级

试验中和试验后,装置/系统基本功能满足设计要求。

A.2 B 级

试验中装置/系统基本功能满足设计要求,但允许有一个或多个超出规定允差。试验后基本功能应自动恢复到规定限值。存储器功能应符合 A 级。

A.3 C 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求,但试验后基本功能能自动恢复到正常运行。

A.4 D 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到正常运行,需要对装置/系统通过简单操作重新激活。

A.5 E 级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到正常运行,需要对装置/系统进行修理或更换。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
 - [2] GB/T 18655—2025 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法
 - [3] GB/T 19951—2019 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法
 - [4] GB/T 21437.2—2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第2部分:沿电源线的电瞬态传导发射和抗扰性
 - [5] GB/T 21437.3—2021 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第3部分:对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性
 - [6] GB/T 33014.2—2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分:电波暗室法
-

