

ICS 13.100
R 54



中华人民共和国国家标准

GB 16636—1996

潜水员水下用电安全技术规范

Technical regulations for diver's safe
use of electricity under water

1996-12-04 发布

1997-08-01 实施

国家技术监督局 发布

前 言

本标准参考和借鉴了国际近海工程潜水承包商协会(英文缩写:AODC,现更名为:国际水下工程承包商协会,英文缩写:AUEC)《水下用电安全实用规程》的第1部分《水下电气应用》和第3部分《系统的设计》的有关内容,并结合我国潜水及水下工程的具体实际情况制定。

本标准对甲板减压舱(DDC)、应急转运系统、潜水钟、设闸式潜水器、水下工作舱、载人潜水器、遥控潜水器、脐带、蓄电池,以及水面配电设备等所用电气装置的设计、建造、安装和试验的规定,与现行国家船舶检验机构的有关规定相一致。

本标准的附录A、附录B都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国交通部提出。

本标准由交通部救捞与水下工程标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:交通部石油部海洋水下工程科学研究院。

本标准主要起草人:张国光、陆莲芳、荆岩林、谢长江、郑继昌、王献群、于伟宁。

中华人民共和国国家标准

潜水员水下用电安全技术规范

GB 16636—1996

Technical regulations for diver's safe
use of electricity under water

1 范围

本标准规定了与潜水员水下作业有关的各种水下电气设备,以及虽与水下作业无直接关系,但可能会对作业潜水员构成危害的各种水下电气结构、设施在用电安全方面的技术要求。

本标准适用于与潜水员有关的各种类型潜水系统、装备装具、水下作业设备和水下结构设施的用电安全。

2 定义

本标准采用下列定义。

2.1 水下用电安全 underwater safe use of electricity

指避免或防止各种可能由使用水下(或压力舱)电气装置所引起的对潜水员的危害(如:电击),以及因受热导致电气绝缘材料性能下降而产生有毒、易爆产物,或因加热表面、故障设备、开关装置等产生的电弧、火花点燃某些混合气体所造成的对潜水员的损害。

2.2 潜水系统、装备 diving system and equipment

指能在压力下输送潜水员进行潜水作业时所需要的整套系统、装置(包括:甲板减压舱、潜水钟、水下工作舱和人员转运舱等)和各种类型的潜水器,以及潜水员在潜水作业时必须穿戴、维系或佩挂的装具(如:潜水服、水下呼吸器、脐带和通讯设备等)。

2.3 潜水员应急转运系统 diver's emergent transfer system

指一种在应急情况下将潜水员送入水下或送出水面的系列装置,是潜水系统的主要装备之一。潜水员应急转运系统配备有供气、电气和视听监测等装置,可与甲板减压舱对口相接。

2.4 水下作业设备 underwater tool and equipment

指潜水员在水下作业时所使用的各种工具、器械和仪器。

2.5 水下结构设施 underwater structure and installation

指长期在水下工作的大型装置和结构物,如:外加电流阴极保护系统、海底油气生产系统、海底管道和 underwater 电缆等。

2.6 使用环境 operational environment

指水下用电设备正常使用时的周围环境限制,如:所处环境的压力、气体、温度、湿度,以及潜水员着装情况等。

2.7 人体安全电流 body safe current

指可以允许流过潜水员人体的最大安全电流。

2.8 水下安全距离 underwater safe distance

指当水中所出现的电压梯度不会危害潜水员时,潜水员距带电体的最小距离。

2.9 水下工作舱 underwater habitat

国家技术监督局1996-12-04批准

1997-08-01实施

指一种设置在作业区域附近、用来完成水下焊接等工作的舱室结构。在外界海水的压力下,工作舱室的内部有一个干式但气体适度的环境。

2.10 电热潜水服 electrical-heat diving suit

指通过电加热的方式,产生潜水员水下作业保暖所必需热量的潜水衣、裤、手套及帽子等。

2.11 手提设备 hand-held equipment

指潜水作业期间由潜水员手提携带的各种小型装置,如:摄像机、水下照明灯具、手持电动工具和无损探伤(NDT)装置等。

2.12 海底设备 seabed equipment

指在海底通过电力驱动为各种作业工具、设备提供动力的液压泵或动力源。

2.13 大功率设备 high power equipment

指海底油气开发中的海底井头控制装置和动力电缆,以及其他动力用电设备等。

3 使用环境

3.1 甲板减压舱(DDC)和应急转运系统

3.1.1 压力:0~5 MPa 之间,但一般在 0~2.5 MPa 范围内,且能以不同的速率变化。

3.1.2 环境:0~0.5 MPa 范围的压缩空气;或氧分压不大于 0.05 MPa 和氧浓度不大于 25% 的含氧混合气。

3.1.3 温度:饱和舱内为 25~35℃,空气舱内为 0~50℃。

3.1.4 湿度:舱内相对湿度在 50%~75% 的范围内,特殊情况下可短暂升至 100%。

3.1.5 潜水员着装:较薄的非电气保护服装。

3.2 潜水钟和设闸式潜水器

3.2.1 压力:在 0~5 MPa 之间,但一般在 0~2.5 MPa 范围内,且变化迅速。

3.2.2 环境:0~0.5 MPa 范围的压缩空气;或氧分压不大于 0.05 MPa 和氧浓度不大于 25% 的含氧混合气。

3.2.3 温度:内部为 25~35℃,特殊情况下可降至 10℃。外部在 0~30℃ 范围变化,但通常在 5~15℃ 之间。

3.2.4 湿度:设备内部的相对湿度较高,外部暴露于海水飞溅区,并可被海水淹没。

3.2.5 潜水员着装:较薄的非电气保护服装。

3.3 水下工作舱

3.3.1 压力:0~5 MPa 之间,但一般在 0~2.5 MPa 范围内。

3.3.2 环境:0~0.5 MPa 范围的压缩空气;或氧分压不大于 0.05 MPa 和氧浓度不大于 25% 的含氧混合气。

3.3.3 温度:内部温度在 5~40℃ 范围内变化,若在非常狭小的舱室内,特殊情况温度可升至 60℃。

3.3.4 湿度:可完全浸没在外界压力下的海水中。作业期间,相对湿度将在 70%~100% 的范围内变化。

3.3.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服、常规焊接服或耐热服。

3.4 电热潜水服

3.4.1 压力:外部压力取决于潜水员的下潜深度,范围在 0~5 MPa 之间,但一般在 0~2.5 MPa 的范围内,不会迅速变化。

3.4.2 环境:当潜水员进入或离开潜水钟时,环境是 0~0.5 MPa 的压缩空气;或氧分压不大于 0.05 MPa 和氧浓度不大于 25% 的含氧混合气。在水面支持潜水的情况下,潜水员进入或离开海洋表面时,是常压环境。

3.4.3 温度:取决于所处深度的水温,通常在 5~15℃ 的范围。

- 3.4.4 湿度:外界环境通常是海水。
- 3.4.5 潜水员着装:电热服的外面,穿着橡胶潜水服。
- 3.5 载人潜水器
- 3.5.1 压力:内部压力保留在常压环境。外部压力取决于作业的深度,有时可高达 10 MPa。
- 3.5.2 环境:氧分压不大于 0.05 MPa 和氧浓度不大于 25% 的含氧混合气。
- 3.5.3 温度:内部温度在 10~25℃ 范围,可短暂降至 2℃ 或升至 35℃。外部是所达深度的海水温度,即 0~30℃。
- 3.5.4 湿度:舱内,相对湿度较高;舱外,从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.5.5 潜水员着装:较薄的非电气保护服装。
- 3.6 遥控潜水器
- 3.6.1 压力:一旦完全入水,其外部压力就是周围水环境的压力,范围为 0~10 MPa,通常是 0~3 MPa。所承受的压力在潜水器下水或回收时,会迅速地变化。
- 3.6.2 环境:设备被完全浸没的海水中。
- 3.6.3 温度:水温从 0~30℃ 变化。
- 3.6.4 湿度:外部环境是海水。
- 3.6.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.7 脐带
- 3.7.1 压力:取决于所达水深的压力,其范围为 0~5 MPa,但一般是 0~2.5 MPa。
- 3.7.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
- 3.7.3 温度:浸没在海水中,温度为 0~30℃,特殊情况温度可低于 0℃ 或高达 50℃。
- 3.7.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.7.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.8 手提设备
- 3.8.1 压力:取决于所达水深的压力,其范围为 0~5 MPa,但一般是 0~2.5 MPa。压力变化迅速。
- 3.8.2 环境:大气、飞溅雾气或完全浸没在海水中,还可进入 0.5 MPa 压缩空气,或压力达 5 MPa 的氮氧混合气环境中。
- 3.8.3 温度:浸没在海水中,温度为 0~30℃,但一般是 5~15℃。
- 3.8.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.8.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.9 海底设备
- 3.9.1 压力:取决于所达水深的压力,其范围为 0~5 MPa,但一般是 0~2.5 MPa。
- 3.9.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
- 3.9.3 温度:浸没在海水中,温度为 0~30℃,但一般是 5~15℃。
- 3.9.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.9.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.10 湿式焊接与切割
- 3.10.1 压力:取决于所达水深的压力,其范围为 0~5 MPa,但一般是 0~2.5 MPa。
- 3.10.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
- 3.10.3 温度:浸没在海水中,温度为 0~30℃,但一般是 5~15℃。
- 3.10.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.10.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服或重装潜水服,头盔包裹薄橡胶或绝缘薄膜,佩戴橡胶手套。
- 3.11 外加电流装置
- 3.11.1 压力:取决于所处水深的压力,范围一般在 0~3 MPa。

- 3.11.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
- 3.11.3 温度:浸没在海水中,温度为 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$,但一般是 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。
- 3.11.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
- 3.11.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.12 大功率设备
 - 3.12.1 压力:取决于所处水深的压力,范围一般在 $0\sim 3\text{ MPa}$ 。
 - 3.12.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
 - 3.12.3 温度:浸没在海水中,温度为 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$,但一般是 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。
 - 3.12.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
 - 3.12.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.13 水面配电设备
 - 3.13.1 压力:常压环境。
 - 3.13.2 环境:从干燥、温暖的空调室内条件,直至暴露的船舶甲板(风、雨、海浪及振动)。
 - 3.13.3 温度:取决于所处环境的温度,一般在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围。
 - 3.13.4 湿度:从干燥的大气直至海水飞溅区。
 - 3.13.5 潜水员着装:一般服装或橡胶潜水服。
- 3.14 水下爆破装置
 - 3.14.1 压力:取决于所处水深的压力,其范围在 $0\sim 5\text{ MPa}$,但一般在 $0\sim 3\text{ MPa}$ 范围。
 - 3.14.2 环境:大气、飞溅雾气或海水。
 - 3.14.3 温度:浸没在海水中,温度为 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$,但一般是 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。
 - 3.14.4 湿度:从大气(飞溅或浸没区)至海水。
 - 3.14.5 潜水员着装:穿着橡胶潜水服。
- 3.15 蓄电池
 - 3.15.1 压力:常压环境。
 - 3.15.2 环境:完全水密。
 - 3.15.3 温度:取决于所处环境的温度,一般在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围。
 - 3.15.4 湿度:干燥。
 - 3.15.5 潜水员着装:普通服装或橡胶潜水服。
- 3.16 绝缘材料
 - 3.16.1 压力: $0\sim 5\text{ MPa}$ 之间,但一般在 $0\sim 2.5\text{ MPa}$ 范围内,且能以不同的速率变化。
 - 3.16.2 环境:从干燥、温暖的室内条件,直至暴露的船舶甲板(风、雨、海浪及振动)。
 - 3.16.3 温度:取决于所处环境的温度,一般在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围。
 - 3.16.4 湿度:从干燥的大气直至海水飞溅区。
 - 3.16.5 潜水员着装:普通服装或橡胶潜水服。

4 技术要求

4.1 甲板减压舱(DDC)和应急转运系统

4.1.1 甲板减压舱、应急转运系统所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船检机构的有关规定。

4.1.2 甲板减压舱和应急转运系统的用电电压,必须符合表1的规定。

表 1

条 件	人体安全电流 mA	电流路径阻抗 Ω	电压 ¹⁾ V	
			最大	额定
有自动跳闸装置的交流电 ²⁾	500	500	250	220
有自动跳闸装置的直流电	570	500	285	250
无自动跳闸装置的交流电	10	750	7.5	6
无自动跳闸装置的直流电	40	750	30	24

1) 电压(V)=人体安全电流(A)×电流路径阻抗(Ω)。其中,人体安全电流的计算,参见本标准的附录 A(提示的附录)。

2) 本标准规定自动跳闸装置的动作响应时间 ≤ 20 ms。

4.1.3 甲板减压舱和应急转运系统的电气系统不得采用其金属壳体作回路,电路中应设有能自动跳闸的保护装置来进行过载及短路保护。

4.1.4 甲板减压舱和应急转运系统的全部金属部件必须可靠接地,接地电阻值不大于 4Ω 。每一绝缘的配电系统应设有漏电检测或接地断路报警装置,绝缘电阻值不小于 $5 M\Omega$ 。

4.2 潜水钟和设闸式潜水器

4.2.1 潜水钟和设闸式潜水器所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.2.2 潜水钟和设闸式潜水器的用电电压,必须符合表 1 中给出的规定。

4.2.3 潜水钟和设闸式潜水器使用的自动跳闸装置,应能够由潜水监督在必要的安全检查之后重新调整。同时,这些装置还应配备可以在重新调整后由潜水监督操作的过载保护设备。

4.3 水下工作舱

4.3.1 水下工作舱所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.3.2 水下工作舱的用电电压,必须符合表 1 中给出的规定。

4.3.3 水下工作舱使用的交流电源,如来自无接地次极的隔离变压器,应该使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

4.3.4 水下工作舱使用的交流电源,如来自具有次极接地的隔离变压器,应该使用具有自动跳闸的保护装置,且限制其故障电流小于 $1 A$ 。

4.3.5 水下工作舱所使用的自动跳闸装置,应能够由潜水监督在必要的安全检查之后重新调整。同时,这些装置还应配备可以在重新调整后由潜水监督操作的过载保护设备。

4.4 电热潜水服

4.4.1 电热潜水服的电阻丝必须具有较高的疲劳强度,且结构牢靠,不易折断。绝缘及导电织物必须是不易燃、无毒性的材料。

4.4.2 电热潜水服的用电电压,必须符合表 2 中给出的规定。

4.4.3 电热潜水服的头盔或气体加热器,应完全封装在可靠接地的导电屏蔽物内。

表 2

条 件	人体安全电流 mA	电流路径阻抗 Ω	电压 ¹⁾ V	
			最大	额定
有自动跳闸装置的交流电 ²⁾	200	100	20	18
有自动跳闸装置的直流电	228	100	22.8	18
无自动跳闸装置的直流电	70	100	7	6

1) 电压(V)=人体安全电流(A)×电流路径阻抗(Ω)。其中,人体安全电流的计算,参见本标准的附录 A。
2) 本标准规定自动跳闸装置的动作响应时间 ≤ 20 ms。

4.5 载人潜水器

4.5.1 载人潜水器所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.5.2 载人潜水器中任何可能被内部乘员或外部潜水员触及的电气设备的用电电压,必须符合表 1 的规定。

4.5.3 载人潜水器的交流电源应通过隔离变压器供电,其电气系统应该装备可靠的接地报警装置。

4.6 遥控潜水器

4.6.1 遥控潜水器所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.6.2 遥控潜水器使用的交流电源,如来自无接地次极的隔离变压器,应该使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

4.6.3 遥控潜水器使用的交流电源,如来自具有次极接地的隔离变压器,应该使用具有自动跳闸的保护装置,且限制其故障电流小于 1 A。

4.6.4 遥控潜水器使用的自动跳闸装置,应能够由潜水监督在必要的安全检查之后重新调整。同时,这些装置还应配备可以在重新调整后由潜水监督操作的过载保护设备。

4.7 脐带

4.7.1 脐带所用电气装置的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.7.2 脐带电缆应具有足够的拉伸强度,同时应采取不使其承受拉伸载荷。

4.7.3 脐带外部可能被潜水员或有关人员触及的电气设备的电压,必须符合表 1 中给出的规定。

4.7.4 脐带电缆使用的交流电源,如来自无接地次极的隔离变压器,应该使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

4.7.5 脐带电缆使用的交流电源,如来自具有次极接地的隔离变压器,应该使用具有自动跳闸的保护装置,且限制其故障电流小于 1 A。

4.8 手提设备

4.8.1 潜水员手提设备应坚固耐用。

4.8.2 潜水员手提设备的用电电压,必须符合表 1 中给出的规定。

4.9 海底设备

4.9.1 海底设备使用的交流电源,如来自无接地次极的隔离变压器,应该使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

4.9.2 海底设备使用的交流电源,如来自具有次极接地的隔离变压器,应该使用具有自动跳闸的保护装置,且限制其故障电流小于 1 A。

4.9.3 在任何情况下,海底设备的导电结构或框架都应该可靠接地连接。接地连接导线的电阻值不大于 4 Ω ,且具有足够的机械强度。

4.10 湿式焊接与切割

4.10.1 湿式焊接与切割设备的用电电压,必须符合表 3 中给出的规定。

4.10.2 湿式焊接与切割,应用直流电焊机,通过整流器连接交流电源。接地线应安全紧密地接到被焊(切)件上,接地电阻值不大于 $4\ \Omega$ 。焊接或切割设备,应该放置在船舶或水面平台上。

4.10.3 湿式焊接与切割的焊接装置应无明火部件,即:浸没在水中的电源电缆应完全绝缘,绝缘电阻值不小于 $5\ M\Omega$ 。

4.10.4 焊接电缆应由两根完全绝缘的导线所构成,具有足够的横截面,并在满足作业要求及安全的前提下使电缆长度保持最短,以限制回路感应。电缆上的所有接头应完全被绝缘,电缆的排列不得紧靠在一起,应按间隔插孔,以减轻电感影响。并行连接的电缆应该以同样的导程,极性对角反相排列,以降低电感影响。

4.10.5 湿式焊接与切割的工件回路连接,应该使其尽可能地接近工作区域。

表 3

条 件	人体安全电流 mA	电流路径阻抗 Ω	电压 ¹⁾ V	
			最大	额定
无自动跳闸装置的直流电	40	750	30	24

1) 电压(V)=人体安全电流(A)×电流路径阻抗(Ω)。其中,人体安全电流的计算,参见本标准的附录 A。

4.11 外加电流装置

4.11.1 外加电流装置应该在离其适当的距离上设置隔离遮栏和/或安全标志,以避免潜水员误入潜在危害的区域。隔离遮栏和/或安全标志的安装距离的计算,可参照本标准附录 B(提示的附录)中的 B1。

4.11.2 外加电流装置的用电电压,必须符合表 3 中给出的规定。

4.11.3 如外加电流装置的直流供电电压不大于 $30\ V$,可不设隔离遮栏和安全标志。

4.12 大功率设备

4.12.1 大功率设备应该在离其适当的距离上设置隔离遮栏和/或安全标志,以避免潜水员误入潜在危害的区域。隔离遮栏和/或安全标志的安装距离的计算,可参照本标准附录 B 中的 B1。

4.12.2 大功率设备使用的交流电源,如来自无接地次极的隔离变压器,应该使用具有回路断路器的线绝缘监测器。

4.12.3 大功率设备使用的交流电源,如来自具有次极接地的隔离变压器,应该使用具有自动跳闸的保护装置,且限制其故障电流小于 $1\ A$ 。

4.13 水面配电设备

4.13.1 由潜水队控制,且为潜水员水下作业服务的水面配电设备(水面支持船或类似设施)的设计、建造、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.13.2 对于水下作业使用的所有电源,应该与船舶或设施的配电系统电气绝缘,比如使用隔离变压器或独立的发电机。

4.14 水下爆破

4.14.1 本标准仅涉及由电气方式引爆的水下爆破炸药或装置。

4.14.2 水下爆破使用的电气雷管,必须能够避免外来无线电频率发射装置的干扰,不致于被误引爆。

4.14.3 必须能防止施工环境中“杂散电流”使电雷管自动起爆的危险。

4.15 蓄电池

4.15.1 与潜水员水下作业有关的蓄电池的设计、选用、安装和试验,应符合现行国家船舶检验机构的有关规定。

4.15.2 初级电池(非再充电型)应提供足够的短路保护。

4.15.3 次级电池(可再充电型)应该在水面上适当的通风区域进行充电。如果固定设施上要求有可潜充电设施,则充电电压应该被限制在不大于起泡电压的等级之下。

4.15.4 为防止水进入蓄电池空间,可能产生的爆炸或毒性气体混合物,蓄电池舱应该完全水密,并进行必要的气密试验。

4.15.5 熔断器应该尽可能接近蓄电池,并固定、密封在蓄电池的隔层中,以避免因点燃隔层中可能存在的含氢气体而烧断熔断器。

4.16 绝缘材料

4.16.1 与潜水员水下作业有关、可能会与呼吸气体回路或一般工作设备相接触的电气绝缘材料,必须选择阻燃或滞燃的,且其引起失火、爆炸、电击和对人员散发的烟雾和毒性气体的潜在危害最低的绝缘材料。

4.16.2 有潜在毒性危害的电气设备,必须从含有呼吸气体的空间中分离开来,以降低可能出现的毒性危害。通过限制密封空间内电气设备的量,来减少潜在毒性绝缘材料的量。并在满足电气保护和电缆长度裕量的前提下,选择使潜在毒性量最低的绝缘材料厚度,尽可能地缩短电缆长度。

4.16.3 与潜水员、或呼吸气体回路相接触的舱室内部使用的电气元件,必须考虑采取专门的密封容器以承受工作压力,防止任何可能出现的毒性扩散。电线、电缆应该有机械保护。同时应该考虑高温、以及完全被水浸没,导致绝缘材料毒性蒸发所产生的危害。

4.16.4 额定电流、电压和可能承受的故障电流,均应选择使其正常工作温度在给定绝缘材料所接受的限制内。

附录 A
(提示的附录)
人体安全电流

A1 基本定义

本标准中的“人体安全电流”是指可以允许流过潜水员身体的最大安全电流,它不同于水下电气设备的故障电流。

A2 电击电流**A2.1 感知阈值 I_{GZ}**

$$I_{GZ}(50/60 \text{ Hz 交流}) = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_{GZ}(\text{直流}) = 2 \text{ mA}$$

A2.2 摆脱阈值 I_{BT}

$$I_{BT}(f < 50 \text{ Hz 交流}) = 9 + 31 \cdot 10^{-0.07f} \text{ mA}$$

$$I_{BT}(50 \text{ Hz 交流}) = 9 \text{ mA}$$

$$I_{BT}(f > 50 \text{ Hz 交流}) = 8.9 + 10^{-3} \cdot f \cdot \log f \text{ mA}$$

$$I_{BT}(\text{直流}) = 40 \text{ mA}$$

A2.3 最大电击电流 I_{AC} (交流电)、 I_{DC} (直流电)**A2.3.1 电击持续时间 t 为: $3.5 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}$ 和 $25 \text{ ms} < t < 10 \text{ s}$ 时**

$$I_{AC}(t) = 9(1 + 100/t) \text{ mA}$$

$$I_{DC}(t) = I_{AC}(t) \cdot \log t \text{ mA}$$

A2.3.2 电击持续时间 t 为: $10 \text{ ms} < t < 25 \text{ ms}$ 时

$$I_{AC}(t) = I_{AC} = 400 \text{ mA}$$

$$I_{DC}(t) = I_{DC} = 570 \text{ mA}$$

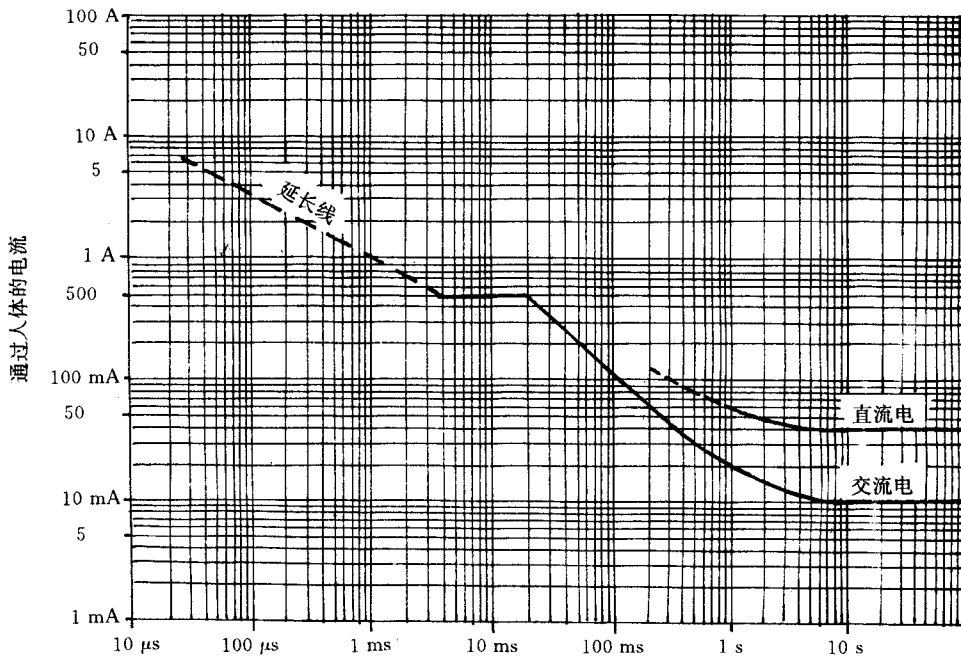
A2.3.3 电击持续时间 t 为: $t < 3.5 \text{ ms}$ 时

$$I_{AC}(t) = I_{DC}(t) = 5200/\sqrt{t} \text{ mA}$$

(上述数值,对于女性应降低 30%)

A3 安全电流**A3.1 安全电流曲线**

图 A1 给出的是电击持续时间与允许通过人体的电流之间的关系。



电击持续时间

图 A1 人体允许安全电流曲线

A3.2 电击持续时间

如果电击持续时间超过 10 s, 则应符合:

a) 使用外部设备时(即在潜水服之外的设备, 如: 潜水员在水下作业时所使用的各种工具、设备和仪器等), 电击电流应低于摆脱电流阈值 I_{BT} 。

b) 使用内部设备时(即在潜水服内的设备, 如: 潜水员电热服或其他型式的电加热器, 呼吸气加热, 以及生理、医学监测设备和仪器等), 电击电流应低于感知电流阈值 I_{GZ} 。

附录 B

(提示的附录)

有关计算公式

B1 水下安全距离

水下安全距离是指当水中所出现的电压梯度不会危害潜水员时, 潜水员距带电体的最小距离。水下安全距离的数值大小, 取决于故障电流 (I_o) 对人体安全电流 (I_b) 的比值(有关人体安全电流的情况, 参见本标准提示的附录 A)。

对于海水环境, 水下安全距离(单位: m)为:

$$RD = \left[1 + \frac{10^{-4} \cdot I_o}{I_b} \right]^{1/2} - 1$$

对于淡水环境, 水下安全距离(单位: m)为:

$$RD = \left[1 + \frac{I_o}{40 \cdot I_b} \right]^{1/2} - 1$$

具有电压限制的无脉动直流电源将会降低安全距离。如果水下电气设备由直流电源供电,且电压不超过 30 V,此时安全距离可视为零。

B2 最大安全电缆长度

最大安全电缆长度(单位:m),由如下公式给出:

$$L = \frac{I \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V \cdot C}$$

式中: L ——电缆长度,m;

I ——安全电流,mA;

f ——电源频率,Hz;

V ——电源电压,V;

C ——电缆电容,nF/m。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
潜 水 员 水 下 用 电 安 全 技 术 规 范
GB 16636—1996

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字
1997年6月第一版 1997年6月第一次印刷
印数 1—800

*

书号: 155066·1-13810 定价12.00元

*

标 目 310—39



GB 16636—1996