

中华人民共和国行业标准

仪表供电设计规定

Design Code for Instrument Power Supply System

HG/T 20509 - 2000

主编单位:中国成达化学工程公司

批准部门:国家石油和化学工业局

实施日期:二〇〇一年六月一日

全国化工工程建设标准编辑中心

(原化工部工程建设标准编辑中心)

2001 北京

1 总 则

1.0.1 本规定适用于化工装置测量和控制仪表的供电设计，不适用于仪表修理车间的供电设计。

1.0.2 相关标准如下：

| | |
|--------------|---------------------|
| HG/T 20664 | 《化工企业供电设计技术规定》 |
| HG/T 20636.4 | 《自控专业与电气专业的设计分工》 |
| GB 50058 | 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》 |
| GB 50174 | 《电子计算机房设计规范》 |

在执行本规定时，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 仪表供电范围、负荷等级与电源类型

2.1 供电范围

2.1.1 仪表及自动化装置的供电,包括:

- 1 常规仪表系统;
- 2 DCS、PLC 和监控计算机等系统;
- 3 自动分析仪表;
- 4 安全联锁系统(Safety Interlock System 简称 SIS);
- 5 工业电视系统。

2.1.2 仪表辅助设施的供电,包括:

- 1 仪表盘(柜)内照明;
- 2 仪表及测量管线电伴热系统。

2.1.3 其它自动化监控系统的供电。

2.2 负荷等级

2.2.1 按《化工企业供电设计技术规定》(HG/T 20664)划分用电负荷等级的规定,仪表用电负荷可分为两个等级,即有特殊供电要求的负荷和三级负荷。

注:《化工企业供电设计技术规定》(HG/T 20664)按用电负荷在化工连续生产过程中的重要性和对供电可靠性、连续性的要求,将用电负荷划分为四个级别的负荷,即一级负荷、二级负荷、三级负荷以及有特殊供电要求的负荷。

2.2.2 在大多数情况下,仪表用电负荷属于有特殊供电要求的负荷。这类负荷在电源中断后会打乱生产过程,造成设备损坏和人身伤害事故,并造成经济损失,需要设置紧急电源。

2.2.3 在少数情况下,仪表用电负荷属于三级负荷。这类负荷在电源中断后不会打乱生产过程,不会造成设备损坏和经济损失,不需设置紧急电源。

2.3 电源类型

- 2.3.1 仪表工作电源按仪表用电负荷的需要可分为不间断电源和普通电源。
- 2.3.2 仪表用电负荷属于有特殊供电要求的负荷时，仪表工作电源应采用不间断电源。
- 2.3.3 仪表用电负荷属于三级负荷时，仪表工作电源可采用普通电源。

3 仪表电源质量与容量

3.1 电源质量

3.1.1 普通电源质量指标如下:

1 交流电源

电压: $220\text{V} \pm 10\%$;

频率: $50 \pm 1\text{Hz}$;

波形失真率: 小于 10%。

2 直流电源(直流电源箱或直流稳压电源提供)

电压: $24 \pm 1\text{V}$;

纹波电压: 小于 5%;

交流分量(有效值): 小于 100mV。

3 电源瞬断时间应小于用电设备的允许电源瞬断时间;

4 电压瞬间跌落: 小于 20%。

3.1.2 不间断电源质量指标如下:

1 交流电源

电压: $220\text{V} \pm 5\%$;

频率: $50 \pm 0.5\text{Hz}$;

波形失真率: 小于 5%。

2 直流电源

电压: $24 \pm 0.3\text{V}$;

纹波电压: 小于 0.2%;

交流分量(有效值): 小于 40mV。

3 允许电源瞬断时间: $\leq 3\text{ms}$;

4 电压瞬间跌落: 小于 10%。

3.2 电源容量

3.2.1 仪表电源容量应按仪表耗电量总和的 1.2 ~ 1.5 倍计算。

3.2.2 用于 DCS、PLC、SIS 等系统的不间断电源容量可按各系统用电量总和的 1.2 ~ 1.25 倍计算,如果考虑备用,则按 1.5 倍计算。

4 仪表电源的配置

4.1 电源配置原则

4.1.1 仪表电源质量应高于仪表、自动化装置对电源质量的要求,即电源的电压、交流电源的频率与波形失真、直流电源的纹波电压、电源瞬断时间、电源瞬间跌落等指标应优于用电仪表的要求。

4.1.2 对电源有特殊要求的仪表,应配备专用电源设备,其供电质量指标应满足用电仪表的要求。

4.2 普通电源

4.2.1 在下列几种情况下仪表电源可采用普通电源:

- 1 无高温高压、无爆炸危险的小生产装置及公用工程系统;
- 2 采用气动仪表且未设置信号联锁系统的生产装置;
- 3 一般的分析监视系统。

4.2.2 仪表电源采用普通电源时,电气供电可采用单回路或双回路供电。

4.3 不间断电源

4.3.1 在下列几种情况下仪表电源宜采用不间断电源:

- 1 大、中型化工生产装置、重要公用工程系统及辅助生产装置;
- 2 高温高压、有爆炸危险的生产装置;
- 3 设置较多、较复杂信号联锁系统的生产装置;
- 4 采用DCS、PLC、ESD等执行监控的生产装置;
- 5 大型压缩机、泵的监控系统。

4.3.2 仪表电源采用不间断电源时,电气供电应采用静止型不间断电源装置(UPS)。

4.4 两种电源的同时配置

4.4.1 对于某些工程项目,为了降低 UPS 的容量,仪表电源可按不同要求分别采用不间断电源和普通电源。

4.4.2 当两种电源同时采用时,不能将两种电源并联运行。

5 供电系统设计与设计条件

5.1 供电系统的设计原则

5.1.1 供电系统设计应按本规定 2、3、4 章的条款制订先进合理、安全可靠的供电设计方案。

5.1.2 供电系统设计应满足下列一般要求：

- 1 同一控制系统应采用同一电源供电；
- 2 当采用 DCS 时,变送器宜由 DCS 供电；
- 3 采用交流供电时,应考虑仪表系统启动时的冲击状态保护措施。
- 4 仪表电源系统应有电气保护和正确的接地。

5.1.3 重要安全连锁系统的供电应满足下列要求：

- 1 重要安全连锁系统的电源单元,应考虑冗余措施；
- 2 电磁阀电源电压宜采用 24V 直流电或 220V 交流电,且应考虑以下要求：

重要安全连锁系统的直流电磁阀宜由冗余配置的直流稳压电源供电或由直流 UPS 供电。电源容量应按额定工作电流的 1.5 ~ 2 倍考虑；

重要安全连锁系统的交流电磁阀宜由交流 UPS 供电。电磁阀正常带电时,电源容量可按额定功耗的 1.5 ~ 2 倍考虑；电磁阀正常不带电时,电源容量可按额定功耗的 2 ~ 5 倍考虑。

3 可燃气体和有毒气体检测系统,在停电后仍需持续一段时间监测时,宜采用 UPS 供电。

5.2 普通电源供电系统

5.2.1 按用电仪表的电源类型、电压等级设计供电系统,供电系统可按需要采取三级或二级供电。

5.2.2 在三级供电系统中设置总配电箱、分配电箱、仪表开关板；在二级供电系统中设置总配电箱、分配电箱。

5.2.3 保护电器的设置,应符合下列规定：

- 1 总配电箱设输入总断路器和输出分断路器;
 - 2 分配电箱输入端设总开关,不设熔断器,输出端设输出开关及熔断器,直流电只对正极设熔断器;
 - 3 仪表开关板不设输入总开关、熔断器,对交流电输出端分别设双刀开关,并对相线加熔断器;对直流电输出端正极设单刀开关、熔断器,但当负极浮空时,输出端应采用双刀开关。
- 5.2.4 各种开关和保护电器的保护特性应符合 7.2 节的规定。
- 5.2.5 属于三级负荷的现场仪表的供电,如果单独供电有困难时,可由现场邻近低压动力配电箱(盘)供电。
- 5.2.6 直流 24V 电源宜按用电负荷规模选用直流电源箱。
- 5.2.7 电气专业提供的每一路仪表电源,不论是单回路供电还是双回路供电,送至控制室的每一路供电线路只能是一个回路。
- 5.2.8 各仪表盘内的仪表开关板,宜留有至少 10% 备用回路,各分配电箱宜留有至少 20% 备用回路。

5.3 不间断电源供电系统

- 5.3.1 不间断电源对 DCS、PLC、SIS 和监控计算机等系统供电时,可采用二级供电方式,即设置总配电箱和分配电箱。
- 5.3.2 不间断电源由电气专业提供时,总配电箱可由电气专业负责一级配电设计,自控专业提交设计条件。总配电箱可安装在控制室。
- 5.3.3 UPS 由 DCS 供货厂商成套提供时,自控专业负责总配电箱和分配电箱设计,总配电箱和分配电箱可合用一个配电柜(盘)。
- 5.3.4 保护电器的设置,应符合下列规定:
- 1 总配电箱设输入总断路器和输出分断路器;
 - 2 分配电箱设输出断路器,输入端不设保护电器。
- 5.3.5 各种开关和保护电器的保护特性应符合 7.2 节的要求。
- 5.3.6 分配电箱宜留有至少 20% 的备用回路。

5.4 电源设计条件

- 5.4.1 按《自控专业与电气专业的设计分工》(HG/T 20636.4) 的规定,仪表总电源

(包括普通电源总电源和不间断电源总电源)由电气专业负责设计,自控专业提条件。当不间断电源装置随仪表系统成套供货时,电气专业只负责提供输入电源。

5.4.2 自控专业向电气专业提交的仪表电源设计条件应包括如下内容:

1 仪表用电总量(kVA);

其中 普通电源(kVA)

不间断电源(kVA)

2 电压等级及允许波动范围;

3 电源频率及允许波动范围;

4 普通电源是否采用双回路供电;

5 不间断电源的供电回路数;

6 不间断电源蓄电池备用时间(分);

7 电源瞬断时间要求;

8 现场仪表单独供电电源;

9 现场仪表及管线的伴热电源。

5.4.3 除随机大容量 UPS 及电动执行机构可能需要电气专业提供交流 380V 电源外,一般情况下,电气专业提供的普通总电源和不间断总电源不宜采用交流 380V 供电。

6 电源装置的选用

6.1 交流不间断电源装置(UPS)

6.1.1 当 UPS 由自动化装置(如 DCS)成套供货时,自控专业负责 UPS 的选型设计。

6.1.2 10kVA 以上的大容量 UPS,宜单独设电源间;10kVA 及 10kVA 以下的小容量 UPS,可安装在控制室机柜间内。

6.1.3 UPS 的技术指标应符合下列要求:

1 输入参数

输入电压 三相 $380V \pm 15\%$ 或单相 $220V \pm 15\%$

输入频率 $50 \pm 2.5\text{Hz}$

2 输出参数应符合 3.1.2 条的规定;

3 过载能力大于或等于 150% (在 5s 之内)。

6.1.4 20kVA 以下的供电宜采用单相输出。

6.1.5 后备电池的选择应符合下列规定:

1 后备供电时间(即不间断供电时间):15 ~ 30min;

2 充电性能:2 小时充电至额定容量的 80%;

3 宜采用密封免维护铅酸电池,也可采用镉镍电池。

6.1.6 UPS 应具有故障报警及保护功能。

6.1.7 UPS 应具有变压稳压环节。

6.1.8 UPS 应具有下列维护旁路功能:

1 维护旁路应自变压稳压环节后引导,或维护旁路单独设稳压变压器;

2 维护旁路应具有与内部主电路同步的功能;

3 维护旁路与内部主电路的切换时间应小于或等于允许电源瞬断时间。

4 UPS 的平均无故障工作时间 (MTBF) 不应小于 55000h(带自动旁路时不小于 150000h)。

6.2 直流稳压电源及直流不间断电源装置

6.2.1 当仪表和自动化系统需要直流电源供电时, 自控专业负责直流稳压电源及直流不间断电源装置的选型设计。

6.2.2 直流稳压电源及直流不间断电源装置的技术指标, 应符合下列规定:

1 输入参数

输入电压 三相 $380V \pm 15\%$ 或单相 $220V \pm 15\%$

输入频率 $50 \pm 2.5\text{Hz}$

2 输出参数应符合 3.1.2 条的规定;

3 各种因素的影响应符合下列规定:

(1) 环境温度变化对输出的影响: 小于 $1.0\% / 10^\circ\text{C}$;

(2) 机械振动对输出的影响: 小于 1.0% ;

(3) 输入电源瞬断(100ms)对输出的影响: 小于 1.0% ;

(4) 输入电源瞬时过压对输出的影响: 小于 0.5% ;

(5) 接地对输出的影响: 小于 0.5% ;

(6) 负载变化对输出的影响: 小于 1.0% 。

4 长期漂移: 小于 1.0% 。

5 平均无故障工作时间(MTBF)大于 16000h。

6.2.3 具有输出电压上下限报警及输出电流过电流报警功能。

6.2.4 具有输出过电流或负载短路时的自动保护功能, 当负载恢复正常后, 能自动恢复。

6.2.5 并联运行的直流稳压电源的容量配置及冗余, 应符合下列要求:

1 采用并联叠加方式配置容量, 其总容量应大于或等于仪表系统直流电源的计算容量;

2 采用 $n:1$ 的冗余方式。

6.2.6 直流 UPS 的技术指标应符合下列要求:

1 后备电池性能同交流 UPS 的后备电池;

2 直流 UPS 应能满足直流稳压电源的全部性能指标;

3 具有状态监测和自诊断功能;

4 具有状态报警及保护功能。

7 供电器材的选择

7.1 电器选择的一般原则

7.1.1 选用电器应满足如下正常工作条件的要求:

- 1 电器的额定电压和额定频率,应符合所在网络的额定电压和额定频率;
- 2 电器的额定电流应大于所在回路的最大连续负荷计算电流。
- 3 保护电器应满足电路保护特性要求,见 7.2.3 条。

7.1.2 断开短路电流的电器应具有短路时良好的分断能力。

7.1.3 外壳防护等级应满足环境条件的要求。

7.2 熔断器、断路器的选择

7.2.1 供电线路中各类开关容量可按正常工作电流的 2~2.5 倍选用。

7.2.2 熔断器及低压断路器的选择,应符合下列规定。

- 1 熔断器熔体及断路器中过电流脱扣器的容量应按线路工作(计算)电流确定:
正常工作情况下熔断器及脱扣器的额定电压应大于或等于线路的额定电压;
熔体的额定电流及脱扣器整定电流,应接近但不小于负荷的额定工作(计算)的电流总和,且应小于线路的允许载流量。
- 2 熔断器额定电流应小于该回路上电源开关的额定电流;
- 3 熔断器熔体的额定电流及断路器过电流脱扣器的整定电流应同时满足正常工作电流和起动尖峰电流两个条件的要求;
- 4 多级配电系统中,干线上熔体的额定电流应大于支线熔体的额定电流至少两级;
- 5 多级配电系统中支线上采用断路器时,干线上的断路器动作延时时间应大于支线上断路器的动作延时时间。

7.3 器材的安装

7.3.1 供电箱应安装在环境条件良好的室内,如必须安装在室外时,应尽量避免环境恶劣的场所,并采用适合该场所环境条件的供电箱。

7.3.2 供电线路中的电器设备、安装附件,应满足现场的防爆、防护、环境温度及抗干扰的要求。

8 供电系统的配线

8.1 线路敷设

- 8.1.1 电源线的长期允许载流量不应小于线路上游熔断器的额定电流或低压断路器内延时脱扣器整定电流的 1.25 倍。
- 8.1.2 电源线不应在易受机械损伤、有腐蚀介质排放、潮湿或热物体绝热层处敷设；当无法避免时应采取保护措施。
- 8.1.3 交流电源线应与其它信号导线分开敷设，当无法分开时应采取金属隔离或屏蔽措施。
- 8.1.4 直流电源线的总干线和分干线应与仪表信号导线屏蔽隔离。
- 8.1.5 控制室内的电源线配线应选用聚氯乙烯绝缘铜芯线。
- 8.1.6 交流电源线宜采用三芯绝缘线，分别为相线、零线和地线（仪表盘内仪表配线除外）。

8.2 线路压降

- 8.2.1 配电线路上的电压降不应影响用电设备所需的供电电压。
- 8.2.2 交流电源线上的电压降，应符合以下规定：
 - 1 电气供电点至仪表总供电箱或 UPS 的电压降应小于 2.0V；
 - 2 UPS 电源间应紧靠控制室，从 UPS 至仪表总供电箱的电压降应小于 2.0V；
 - 3 控制室内从仪表总供电箱至仪表设备电压降应小于 2.0V；
 - 4 从仪表总供电箱至控制室外仪表设备电压降应小于 2.0V。
- 8.2.3 控制室内直流电源(24V)线上的电压降，应符合以下规定：
 - 1 直流电源设备至供电箱电压降应小于 0.24V；
 - 2 供电箱(从总供电箱算起)至仪表设备的电压降应小于 0.24V。

8.3 电源线截面积

8.3.1 从总供电箱至分供电箱的电源线截面积不小于 2.5mm^2 ;

8.3.2 从分供电箱至盘上仪表的电源线截面积不小于 1.0mm^2 ;

8.3.3 控制室供电箱至现场仪表的电源线截面积不小于 1.5mm^2 。

当供电箱至现场仪表的距离较远时,为使线路压降在允许的范围内,要通过计算来确定电源线截面积。

8.3.4 从供电箱至 DCS 及计算机系统各设备的电源线截面积,应按制造厂提供的耗电量计算选择。

8.3.5 特殊仪表(如分析仪等)的电源线截面积,应按制造厂提供的耗电量计算选择。

8.3.6 供电系统接地配线的截面积,应符合下列规定:

1 仪表盘内供电箱接地线截面积不小于 2.5mm^2 ; 回路级的仪表开关接地线截面积为: $1.0 \sim 1.5\text{mm}^2$;

2 分供电箱接地线截面积不小于 6mm^2 ;

3 总供电箱及容量小于 100A 的直流稳压电源设备的接地线截面积不小于 25mm^2 。

本规定用词说明

本规定条文中要求执行严格程度不同的用词,说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的用词

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

仪表供电设计规定

HG/T 20509 - 2000

条文说明

2 仪表供电范围、负荷等级与电源类型

2.1.1 当自控专业不负责工业电视系统的设计时, 自控专业也就不负责工业电视系统的供电设计。

2.2.1 《化工企业供电设计技术规定》(HG/T 20664)划分用电负荷等级的条件。

一级负荷:

当企业正常工作电源突然中断时, 企业的连续生产被打乱, 使重大设备损坏, 恢复供电后, 需长时间才能恢复生产, 使重大产品报废, 重要原料生产的产品大量报废, 而使重点企业造成重大经济损失的负荷。

二级负荷:

当企业正常工作电源突然中断时, 企业的连续生产过程被打乱, 使主要设备损坏, 恢复供电后, 需较长时间才能恢复生产, 产品大量报废, 大量减产, 使重点企业造成较大经济损失的负荷。

三级负荷:

所有不属于一级、二级负荷(包括有特殊供电要求的负荷)者, 均为三级负荷。

有特殊供电要求的负荷:

当企业正常工作电源因故障突然中断或因火灾而人为切断正常工作电源时, 为保证安全停产, 避免发生爆炸及火灾漫延、中毒及人身伤亡等事故, 或一旦发生这类事故时, 能及时处理事故, 防止事故扩大, 为抢救及撤离人员, 而必须保证供电的负荷。

3 仪表电源质量与容量

3.1.1

2 纹波电压含量是电压的总交流分量(峰-峰值)与电压平均值之比的百分数,即

$$\text{纹波电压} = \frac{\text{总交流分量(峰-峰值)}}{\text{电压平均值}} \times 100\%$$

3 电源瞬断时间指开关切换过程的瞬间中断供电时间,电源的允许瞬断时间取决于用电设备的最大允许中断时间。一般情况下,仪表及控制系统的允许电源瞬断时间是:

- (1)普通电动仪表:直流 $\leq 10\text{ms}$,交流 $\leq 100\text{ms}$;
- (2)重要报警及安全联锁系统(继电器类或 PLC): $\leq 3\text{ms}$;
- (3)计算机控制系统(包括 DCS): $\leq 3\text{ms}$;
- (4)智能式电动仪表:直流 $\leq 5\text{ms}$,交流 $\leq 10\text{ms}$;
- (5)其它电子仪表回路及电磁阀: $\leq 5\text{ms}$ 。

4 电压瞬间跌落是指电源切换过程引起的电压瞬间跌落,一般仪表系统要求供电电压瞬间跌落应小于 27%,DCS 系统要求应小于 10%。

3.1.2 不间断电源一般用于 DCS(包括其它过程控制计算机)和重要装置监控系统的供电,而不间断电源的电源质量指标一般都高于 DCS 的电源质量要求。故本规定不再编写 DCS 的电源质量指标。

3.2 电源输出电力的额定容量,直流电以“A”表示,交流电以“kVA”表示。

5 供电系统设计与设计条件

5.1.2 第 4 款的两点说明:

第一点说明是,对于仪表系统启动时冲击状态的保护措施有以下几条:

(a) 电力系统提供的仪表电源容量应能满足仪表系统启动负荷尖峰的要求。

(b) UPS 装置应具有抗瞬间过载的能力;或采用限流电路对起动电流进行限制,过载结束后自动恢复。

(c) 仪表系统顺次接通。

(d) 配电线路上的保护电器选用应充分考虑到冲击状态因素。

第二点说明是,仪表电源装置防雷击,一般有如下两种方法:

(a) 在室外电缆引入侧(供电侧)加装避雷器,当电缆受雷击时,进入电缆的线间冲击电压可直接经避雷器进入大地,而不能进入仪表电源中。

(b) 选用带有避雷器的电源设备。

5.4.2 自控专业向电气专业提交仪表电源设计条件时,也可按《自控专业工程设计用典型条件表》(HG/T 20639.2)中“仪表电源设计条件表”的格式提交条件,但要附加上本规定正文 5.4.2 条的有关要求。

7 供电器材的选择

7.2.2 低压断路器中过电流脱扣器的选择,还应考虑以下要求:

(a) 瞬时动作的过电流脱扣器整定电流应躲过配电线路中的负荷尖峰电流,一般按大于或等于线路中负荷尖峰电流的 1.2 倍取值。

(b) 配电用断路器的短延时过电流脱扣器的整定电流,应避开配电线路中短时间出现的负荷峰电流,一般按大于或等于线路中负荷尖峰电流的 1.2 倍取值。短延时主要用于保证保护装置动作的选择性,短延时断开时间分为 0.5s(0.2s)、0.4s 和 0.6s 三种。

(c) 配电用断路器的长延时过电流脱扣器的整定电流,应大于线路计算电流;一般按大于线路计算电流的 1.1 倍取值。

(d) 起动尖峰电流(或负荷尖峰电流) I_p 的计算公式:

$$I_p = I_{q1} + I_{q(n-1)} \quad (7-1)$$

式中 I_p ——起动尖峰电流;

I_{q1} ——线路中起动电流最大的一台设备的全起动电流 A,其值为该设备起动电流的 1.7 倍;

$I_{q(n-1)}$ ——除 I_{q1} 以外的线路计算电流。

8 供电系统的配线

8.3.3 导线截面的计算选择方法:

(a) 求导线最大工作电流 I

交变线路:
$$I = \frac{\text{用电负载(峰值)} \quad (\text{VA})}{\Delta V_{\text{允}}} \quad (\text{A}) \quad (8-1)$$

直流线路: $I = \text{总的计算用电量} (\text{A})$

注: $\Delta V_{\text{允}}$ ——线路允许压降(见 8.2.2 条)。

(b) 求导线允许电阻 $R_{\text{允}}$ 及导线单位长度的允许电阻 $r_{\text{允}}$

$$R_{\text{允}} = \frac{\Delta V_{\text{允}}}{I} \quad (\Omega) \quad (8-2)$$

$$r_{\text{允}} = \frac{R_{\text{允}}}{2L} \quad (8-3)$$

式中 L —— 导线敷设距离(m);

$r_{\text{允}}$ —— 导线单位长度的允许电阻(Ω/m)。

(c) 根据所采用导线的电阻率(电阻系数) ρ ,计算导线的截面积。导线截面积的计算公式为:

$$S = \frac{\rho}{r_{\text{选}}} \quad (8-4)$$

式中 S —— 导线截面积(mm^2);

ρ —— 导线材料的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$ 或 $\Omega \cdot \text{m}^2/\text{m}$)。

将计算的 S 值向粗导线的截面积级别圆整,即可确定采用导线的截面积。