



T/CECS G:D85-08—2021

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路直流供电系统设计标准

Standards for Design of Highway DC Power Supply System

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路直流供电系统设计标准

Standards for Design of Highway DC Power Supply System

T/CECS G:D85-08—2021

主编单位:招商局重庆交通科研设计院有限公司

发布机构:中国工程建设标准化协会

实施日期:2022 年 05 月 01 日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

中国工程建设标准化协会

公 告

第 1030 号

关于发布《公路直流供电系统设计标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕031 号)的要求,由招商局重庆交通科研设计院有限公司等单位编制的《公路直流供电系统设计标准》,经协会公路分会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS G:D85-08—2021,自 2022 年 5 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇二一年十二月二十日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2017〕031 号)的要求,由招商局重庆交通科研设计院有限公司承担《公路直流供电系统设计标准》(以下简称“本标准”)的制定工作。

编写组基于国内相关研究成果,总结公路直流供电系统研究和实践经验,遵循“统筹规划,兼顾长远,注重实效,安全可靠,节约资源,绿色环保,指标合理”的原则,以规范公路直流供电系统设计为目的,完成了本标准的编制工作。

本标准分为 4 章和 1 个附录,主要内容包括:1 总则、2 术语、3 基本规定、4 系统组成,附录 A 公路直流供电接地系统。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利,本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制,适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件,使用本标准相关条文时,应对适用性及有效性进行验证。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理,由招商局重庆交通科研设计院有限公司负责具体技术内容的解释,在执行过程中如有意见或建议,请函告本标准日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路 8 号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn),或李茂华(地址:重庆市南岸区学府大道 33 号;邮编:400067;电话:023-62653261;传真:023-62653261;电子邮箱:limahua@cmhk.com),以便修订时研用。

主 编 单 位:招商局重庆交通科研设计院有限公司

参 编 单 位:浙江交投高速公路运营管理有限公司

浙江交投高速公路建设管理有限公司

浙江数智交院科技股份有限公司

中达电通股份有限公司

北京华盛森源技术有限公司

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

主 编:李茂华

主要参编人员:涂 耘 艾祖华 徐建达 刘松荣 傅红阳 刘 琦

金 烨 石胜华 孙星亮 陈建甬 董明建 崔优凯

杨继厅 李华斌 史玲娜 刘振和 赵卫斌 刘相华
刘贞毅 杨 波 彭 超 朱 湧 杨 杼 龙 光

主 审:孙芙灵

参与审查人员:蒋贵川 张特森 谈万钧 徐定成 何金畅 黄 森
杜义文 刘 亮

目 次

1 总则 1

2 术语 2

3 基本规定 3

4 系统组成 5

附录 A 公路直流供电接地系统 11

本标准用词用语说明 15

1 总则

1.0.1 为在公路直流供电系统设计中贯彻执行国家技术经济政策,指导公路直流供电系统设计,做到安全可靠、经济合理、技术先进、功能完善、维护方便,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改扩建公路工程中直流 1 500V 及 1 500V 以下直流供电系统设计。

1.0.3 公路直流供电系统应根据负荷性质、工程特点、供电条件、运行维护等因素,合理确定设计方案。

1.0.4 公路直流供电系统设计应采用符合国家现行有关标准规定的安全高效、节能环保、性能先进的电气产品。

1.0.5 公路直流供电系统除应符合本标准的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 公路直流供电系统 DC power supply system for highway

适用于公路机电设施的直流 1 500V 及 1 500V 以下电压等级的供电系统。

2.0.2 绝缘监测装置 insulation monitoring device

用于监测直流系统对地绝缘电阻,当绝缘电阻异常时,具有报警功能的电子装置。

2.0.3 系统标称电压 nominal voltage of a system

用以标志或识别系统电压的给定值。

2.0.4 单极直流系统 monopolar DC system

仅有一个极的直流系统。

2.0.5 双极直流系统 bipolar DC system

具有两个对地处于相反极性极的直流系统。

2.0.6 直流变换器 DC convertor

将一种直流电源变换成另一种具有不同输出特性的直流电源的设备。

2.0.7 整流 rectification

将电能从交流转换为直流的过程。

2.0.8 系统最高电压 highest voltage of a system

系统正常运行的任何时间,系统中任何一点上所出现的最高运行电压值。

注:瞬态过电压(如由开关操作引起的)及不正常的暂态电压变化均不包括在内。

2.0.9 系统最低电压 lowest voltage of a system

系统正常运行的任何时间,系统中任何一点上所出现的最低运行电压值。

注:瞬态过电压(如由开关操作引起的)及不正常的暂态电压变化均不包括在内。

3 基本规定

3.0.1 公路直流供电系统应包括整流装置、监控装置、配电装置、配电线路、接地系统和附属设施等,系统结构框图如图 3.0.1 所示。

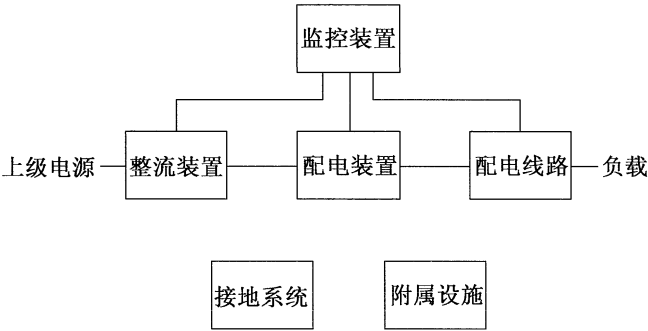


图 3.0.1 公路直流供电系统结构框图

条文说明

上级电源和负载不在本标准规定范围内。

3.0.2 公路直流供电系统的设计应满足上级电源和负载的接入需求,并留有合理裕量。

3.0.3 直流标称电压在 110 ~ 1 500V 范围内,直流供电系统的标称电压宜符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 直流供电系统的标称电压

优 选 值	备 选 值
单极性 1 500V 或 ±750V 双极性	
	1 000V
单极性 750V 或 ±375V 双极性	
	600V
	440V
	400V

续上表

优 选 值	备 选 值
	336V
单极性 240V	
	单极性 220V 或 $\pm 110V$ 双极性
	110V

条文说明

表 3.0.3 参照《中低压直流配电电压导则》(GB/T 35727—2017),并根据公路工程直流供电产品的需求特点,对个别参数进行了调整。早期直流系统中采用 270V 和 540V ($\pm 270V$) 系统比较多,但现在 270V 系统在通信系统内被 240V 系统统一, $\pm 270V$ 系统基本被弃用。在公路直流远供产品中,直流 800V 产品较多,直流 800V 产品可以按照 750V 标准进行统一。在公路直流照明系统中,直接采用通信直流 240V 标准产品较多,根据这个实际情况,在公路直流供电系统中,将 240V 由备选值更改为优选值。

3.0.4 系统标称电压的选择应考虑传输容量、传输距离、负荷性质、工程特点,根据不同的负荷和供电场景,选择合理的标称电压。在一个供配电系统内,可选择多种直流标称电压。直流配电传输容量宜符合表 3.0.4 的规定。

表 3.0.4 直流配电传输容量

标 称 电 压	传 输 容 量
1 500V/ $\pm 750V$	200 ~ 800kW
750V/ $\pm 375V$	80 ~ 300kW
240V	100kW 以下

条文说明

配电传输容量参考《直流配电电压》(TCEC 107—2016)。

3.0.5 公路直流供电系统最低电压应为系统标称电压的 80%,系统最高电压应为系统电压的 120%。

3.0.6 直流供电系统设备适用海拔不应超过 2 000m;当海拔超过 2 000m 时,应根据现行《特殊环境条件 高原用低压电器技术要求》(GB/T 20645)降额使用。

3.0.7 公路直流供电系统的供电设备应具有防正负极反接的功能。

4 系统组成

4.1 整流装置

4.1.1 公路直流供电系统整流装置宜采用桥式整流方式。

条文说明

桥式整流结构简单,成本低,采用合适的滤波后,直流电压品质能满足用电设备应用需求。

4.1.2 整流装置输出电压稳定精度应为 $\pm 0.5\%$ 。

4.1.3 整流装置的额定电流应不小于负荷计算电流的 1.2 倍,同时应满足负载中最大单台设备启动电流的需求。整流装置的容量应留有负荷发展裕度。

条文说明

参考 UPS 容量和其他整流装置的技术参数,确定整流装置额定电流应不小于负荷计算电流的 1.2 倍。

4.1.4 整流装置输入电流总谐波失真度宜符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 整流装置输入电流总谐波失真度要求

输入电流总谐波失真度	技 术 要 求
100% 负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 8\%$
50% 负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 10\%$
30% 负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 15\%$

4.1.5 整流装置应具备功率因数校正装置,输入功率因数宜符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 整流装置输入功率因数要求

输入功率因数	技 术 要 求
100% 负载率时输入功率因数	≥ 0.99
50% 负载率时输入功率因数	≥ 0.98
30% 负载率时输入功率因数	≥ 0.95

4.1.6 整流装置系统效率宜符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 整流装置系统效率要求

系 统 效 率	技 术 要 求
100% 负载率时系统效率	≥93%
50% 负载率时系统效率	≥92%
30% 负载率时系统效率	≥92%

4.1.7 整流装置保护应符合下列规定：

- 1 应具备输出过电压、欠电压保护功能。
- 2 应具备输出过电流、短路保护功能。
- 3 应具备过热保护功能。
- 4 应具备输入侧电网过电压、欠电压和断项保护功能。

4.1.8 整流装置宜采用模块化设计。

4.1.9 整流装置交流输入应与直流输出电气隔离。

4.2 监控装置

4.2.1 监控装置应具备下列功能：

- 1 应具有遥测、遥信、遥控的功能。
- 2 接地系统采用 IT 系统时,宜具有绝缘监测功能。

条文说明

遥测:整流装置交流输入电压、交流输入电流、直流输出电压和直流输出电流、整流装置温度状态;遥信:整流装置工作状态(开/关机,限流/不限流),整流装置故障/正常;遥控:开/关机。

4.2.2 监控装置的通信接口与协议应符合现行《公路机电系统设备通用技术要求及检测方法》(JT/T 817)的相关规定,并支持软件升级和历史数据下载。

4.2.3 监控装置故障或退出情况下,系统应能维持默认输出电压值,对负载正常供电。

条文说明

在系统无故障前提下,监控装置本身故障要求不影响系统正常工作。

4.2.4 具有绝缘监测功能的监控装置,应能实时监测并显示正负母线对地绝缘电阻。在系统发生接地故障或绝缘电阻下降到设定值时,应能显示接地极性并及时、可靠地发出报警信息。绝缘监测测量周期宜小于 $2s$ 。

4.2.5 绝缘监测报警范围宜符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 绝缘监测报警范围

直流系统标称电压(V)	绝缘监测报警范围(k Ω)
110	10 ~ 30
220	15 ~ 40
240	15 ~ 40
336	20 ~ 60
400	25 ~ 75
440	25 ~ 75
600	30 ~ 90
750	40 ~ 120
1 000	50 ~ 150
1 500	75 ~ 220

条文说明

绝缘监测报警范围选择需保证在绝缘损坏条件下人的安全,接触电流要满足位于《电流对人和家畜的效应 第 1 部分:通用部分》(GB/T 13870.1—2008) DC-2 区内的要求。

4.2.6 绝缘监测装置在报警范围内的监测精度应高于 $\pm 5\%$ 。

4.3 配电装置

4.3.1 公路直流供电系统配电装置所采用的熔断器、断路器额定电压应与直流系统标称电压相适应。

4.3.2 单极性直流系统中,直流断路器应同时切断回路的正、负极。

4.3.3 当熔断器和非选择型直流断路器构成上、下级过负荷保护时,熔断器宜装设在非选择型直流断路器上一级,熔断器额定电流应不小于直流断路器长延时脱扣器的整定电流值的 1.3 倍。

条文说明

为保证非选择型直流断路器在熔断器动作前可靠动作,选择熔断器额定电流不小于1.3倍直流断路器长延时脱扣器的整定电流值。

4.3.4 直流配电系统中,直流母线排、电缆、电线正极宜采用棕色,负极宜采用蓝色。

条文说明

参照《通信用240V直流供电系统》(YD/T 2378—2020)和《通信用336V直流供电系统》(YD/T 3089—2016)中正极采用棕色、负极采用蓝色的规定。

4.4 配电线路

4.4.1 电缆设计应符合现行《电力工程电缆设计标准》(GB 50217)的有关规定。

4.4.2 线缆最大电压降宜为系统标称电压的10%,允许最大电压降宜为标称电压的20%。

条文说明

经调研发现,大部分设备在80%额定电压时能正常工作。

4.4.3 按电压降计算导体截面积时,应按式(4.4.3-1)或式(4.4.3-2)计算确定:

$$S_{\text{cac}} = \rho \times 2L \times I_{\text{ca}} / \Delta U_{\text{p}} \quad (4.4.3-1)$$

$$S_{\text{cac}} = \rho \times 2L \times P / (U^2 \Delta u) \quad (4.4.3-2)$$

式中: S_{cac} ——导体计算截面(mm^2);

ρ ——所选导体电阻系数($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);

L ——线缆长度(m);

I_{ca} ——计算电流(A);

P ——计算功率(W);

U ——额定电压(V);

Δu ——回路电压损失百分数(%);

ΔU_{p} ——回路允许的最大电压降(V)。

条文说明

直流供配电线路存在电容,但没有电容电流,在计算电压降时,不考虑电容效应。

4.4.4 公路服务区、监控大厅等场所宜选用无卤绝缘电缆或电线。

条文说明

人员密集的服务区,以及作为公路指挥中心的监控大厅采用无卤绝缘电缆或电线有利于减少火灾蔓延,同时其燃烧产生的有害气体少、烟雾透视性好,有利于人员逃生和组织灭火。

4.4.5 配电线路的过电流保护应符合下列规定:

- 1 正、负极线路都应安装过流保护器进行保护。
- 2 配电线路采用的上、下级保护电器,其动作应具有选择性,各级保护电气之间应能协调配合。
- 3 各级配电(末级除外)应采用熔断器或直流断路器保护。
- 4 末级配电应采用直流断路器保护。

4.4.6 公路直流供电系统的裸母线严禁裸露在潮湿和多灰尘空气中,应进行封闭处理。裸露的直流正负极带电金属部分应增加物理隔离措施或防潮防水措施。

4.4.7 按电缆回路计算采购量应考虑配盘的影响,敷设时应避免中间接头;无法避免时中间接头应尽量选择 indoors、电缆沟等检修方便的场所;在室外做中间接头时宜设置人孔井或手孔井。应做好绝缘措施,并做好防水防潮处理。

4.4.8 直流配电线路在公路上敷设时,可采用架空、直埋和穿管敷设方式。应经科学经济比选后确定具体敷设方式。架空线设计应符合现行《10kV 及以下架空配电线路设计规范》(DL/T 5220)的有关规定。

4.4.9 桥梁上的电缆应采取防止振动、热伸缩,以及风力影响下金属套因长期应力疲劳导致断裂的措施,并应符合下列规定:

- 1 桥墩两端和伸缩缝处电缆应充分松弛;当桥梁中有挠角部位时,宜设置电缆伸缩弧。
- 2 经常受到振动影响的直线敷设电缆,应设置橡皮、沙袋等弹性衬垫。

4.5 接地系统

4.5.1 公路直流供电接地系统可分为 TN-S 系统、TN-C 系统、TN-C-S 系统、TT 系统和 IT 系统,见本标准附录 A。公路单极直流宜采用 IT 系统或 TT 系统,公路双极直流宜采用 TT 系统或 TN 系统。对电极防腐有较高要求时,单极直流宜采用正极接地。

条文说明

为提高系统的安全性,单极直流推荐选择 IT 系统或 TT 系统。双极直流供电系统一

般都有电压平衡器,推荐采用 TT 系统或 TN 系统。

4.5.2 整流装置接地应符合下列规定:

- 1 应按接地系统的要求接地,并做好明显标识。
- 2 整流装置设备外壳、机架应实施保护接地。

条文说明

整流装置应按接地系统的要求接地,对接地的电极做好明显的接地标识,对不能接地的电极做好不能接地的标识。

4.5.3 公路直流供电系统电气装置或设备的外露可导电部分的下列部分应接地:

- 1 整流设备的底座和外壳;
- 2 配电、控制和保护用的柜(箱)等的金属框架和金属箱体等;
- 3 电缆沟和地上各种电缆支架等;
- 4 电缆接线盒、终端盒的外壳,电力电缆的金属护套或屏蔽层,穿线的钢管和电缆桥架等。

4.6 附属设施

4.6.1 公路直流供电系统附属设施应包括雷电防护装置、直流变换器等。

4.6.2 雷电防护装置应符合现行《建筑物防雷设计规范》(GB 50057)、《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB 50343)、《高速公路机电系统防雷技术规范》(GB/T 37048)的有关规定。

4.6.3 直流变换器容量应满足负载用电需求。

附录 A 公路直流供电接地系统

A.0.1 公路直流供电接地系统根据《低压电气装置 第1部分:基本原则、一般特性评估和定义》(GB/T 16895.1—2008)分为 TN-S 系统、TN-C 系统、TN-C-S 系统、TT 系统和 IT 系统。

1 TN-S 系统:接地的极导体和保护导体是分开的,直流电源正极或负极接地。单极直流 TN-S 系统如图 A.0.1-1 所示,双极直流 TN-S 系统如图 A.0.1-2 所示。

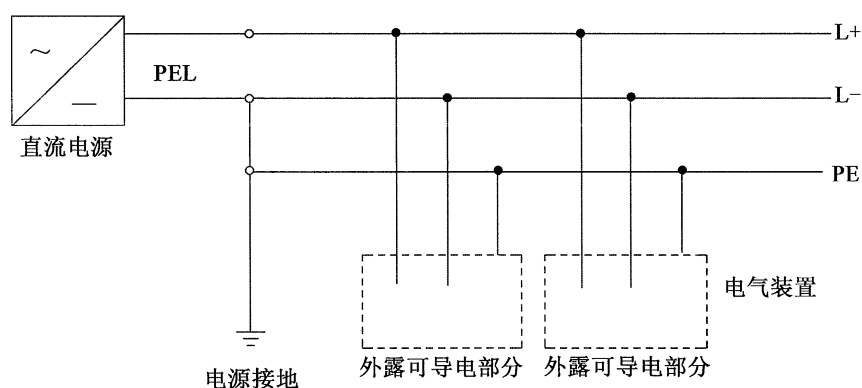


图 A.0.1-1 单极直流 TN-S 系统

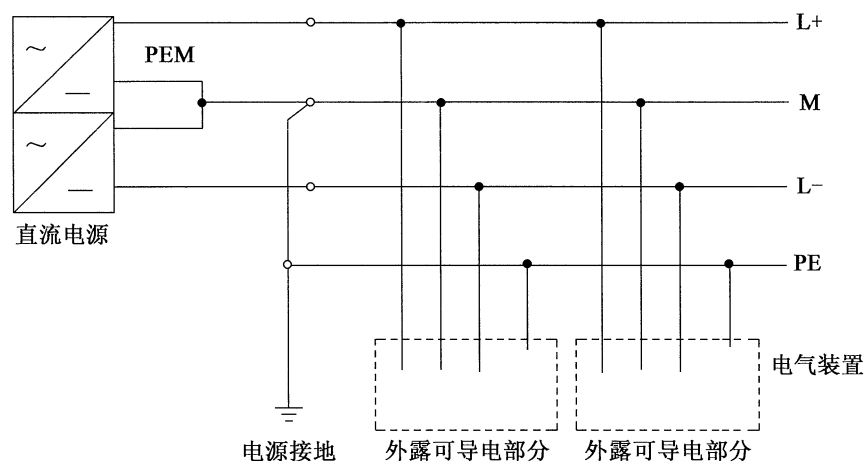


图 A.0.1-2 双极直流 TN-S 系统

2 TN-C 系统:接地的极导体和保护导体合并为 PEL 或 PEM 中,直流电源正极或负极接地。单极直流 TN-C 系统如图 A.0.1-3 所示,双极直流 TN-C 系统如图 A.0.1-4 所示。

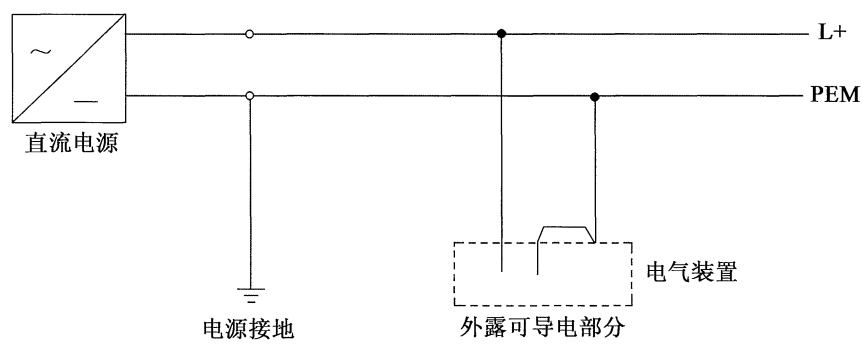


图 A.0.1-3 单极直流 TN-C 系统

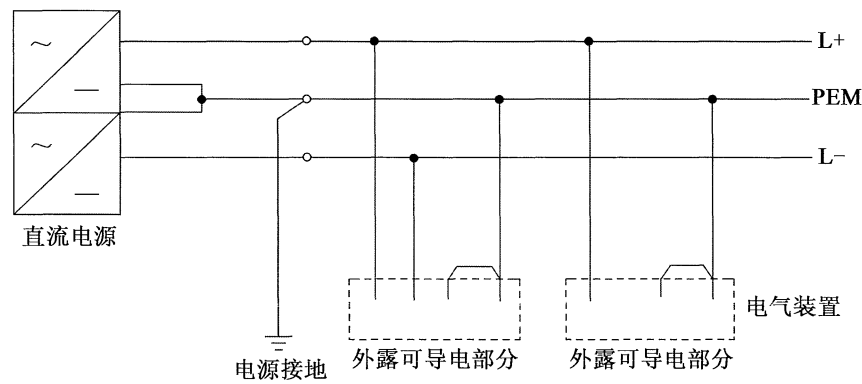


图 A.0.1-4 双极直流 TN-C 系统

3 TN-C-S 系统:接地的极导体和保护导体部分合并 PEL 或 PEM 中,直流电源正极或负极接地。单极直流 TN-C-S 系统如图 A.0.1-5 所示,双极直流 TN-C-S 系统如图 A.0.1-6所示。

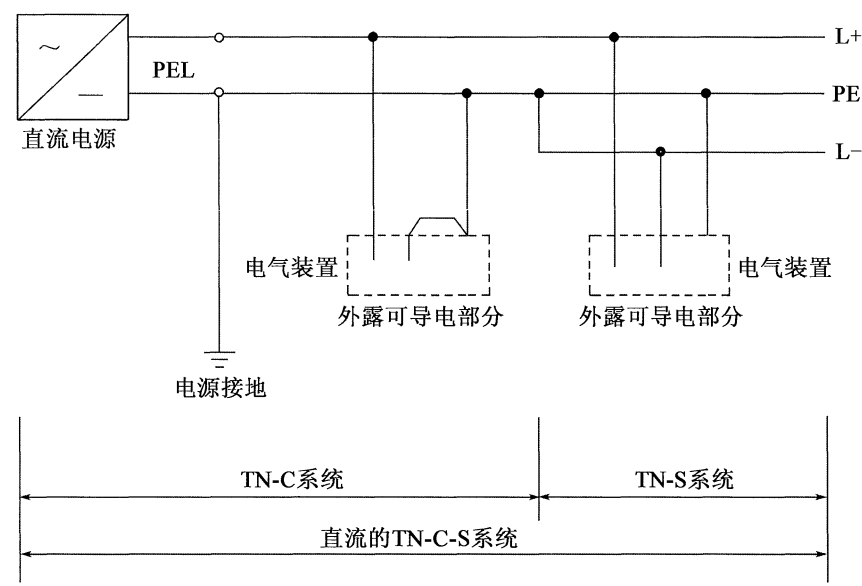


图 A.0.1-5 单极直流 TN-C-S 系统

4 TT 系统:直流电源有一点直接接地,电气设备的外露可导电部分通过保护线接至与直流电源接地点无关的接地极,直流电源正极或负极接地。单极直流 TT 系统如图 A.0.1-7所示,双极直流 TT 系统如图 A.0.1-8 所示。

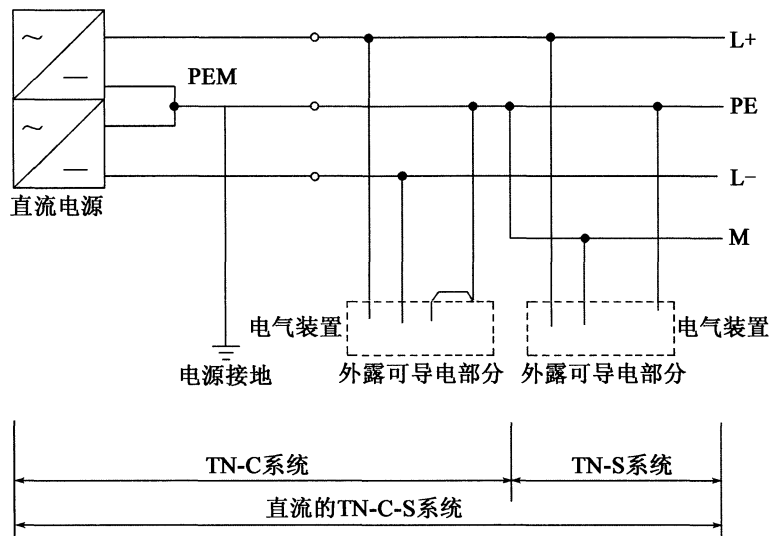


图 A.0.1-6 双极直流 TN-C-S 系统

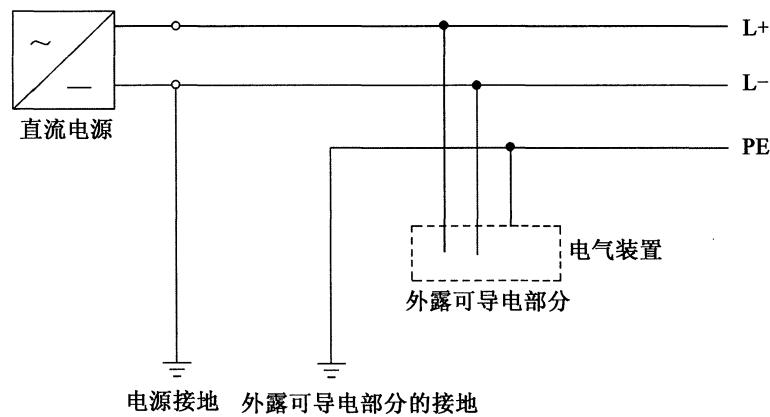


图 A.0.1-7 单极直流 TT 系统

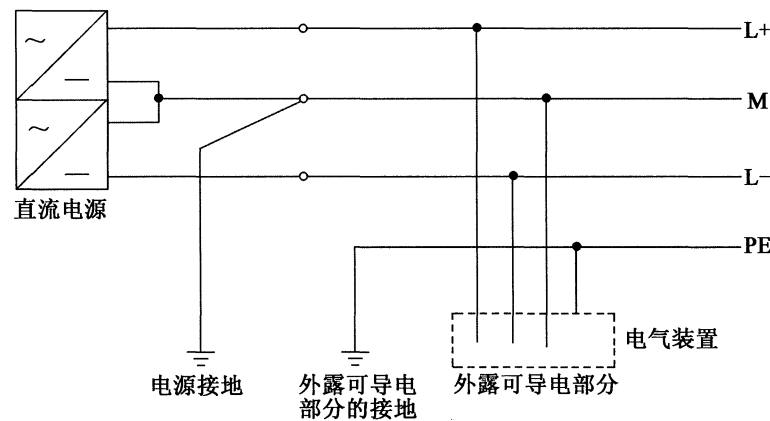


图 A.0.1-8 双极直流 TT 系统

5 IT 系统:直流电源不接地或经高阻抗接地,电气装置的外露可导电部分通过保护接地线与接地极连接。单极直流 IT 系统如图 A.0.1-9 所示,双极直流 IT 系统如图 A.0.1-10所示。

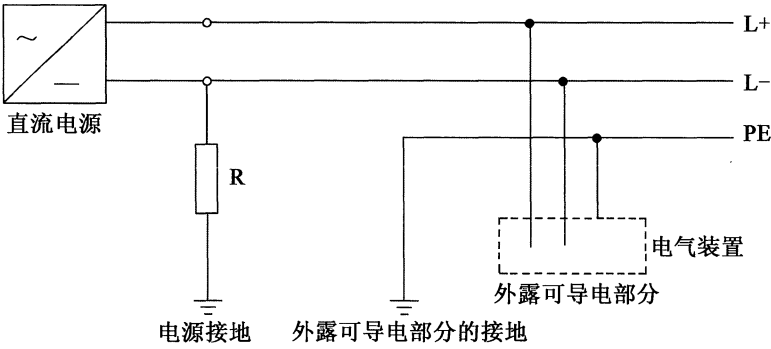


图 A.0.1-9 单极直流 IT 系统

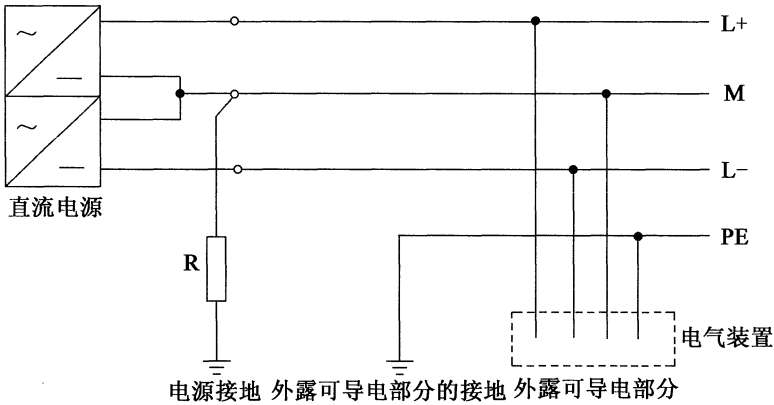


图 A.0.1-10 双极直流 IT 系统

本标准用词用语说明

1 本标准执行严格程度的用词,采用下列写法:

- 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,在正常情况下均应这样做的用词,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”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法:

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时,采用“除应符合本标准的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中,当引用的标准为国家标准和行业标准时,表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。
- 3) 当引用本标准中的其他规定时,表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按本标准第×.×.×条的有关规定执行”。