

ICS 号
中国标准文献分类号

中国工程建设标准化协会标准

T/CECS XXXXX-2019

公路直流供电系统设计标准

Criterion of DC Power Supply system Design for Highway

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工程建设标准化协会 发布

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于征求 2017 年第二批工程建设协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路[2017]71 号）的要求，标准编制组经广泛调研，认真总结经验，参考国内外相关标准，本着“统筹规划，兼顾长远，注重实效，指标合理，节约资源，绿色环保，安全实施”的原则，编制本标准。

本标准共分六章，主要内容有：总则、术语和定义、一般规定、系统构成、导体的选择和敷设、施工技术要求。

本标准由中国工程建设标准化协会负责管理，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。执行过程中如有意见或建议，请反馈至招商局重庆交通科研设计院有限公司（地址：重庆市南岸区学府大道 33 号；邮政编码：400067），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

本标准参编单位：浙江省交通规划设计院、浙江金丽温高速公路有限公司、中达电通股份有限公司、北京华盛森源技术有限公司

本标准主要起草人：李茂华、涂耘、艾祖华、刘松荣、董明建、崔优凯、李华斌、刘琦、史玲娜、刘振和、赵卫斌、刘相华、刘贞毅、杨波、彭超、谢耀华、王少飞、朱湧、杨杼、王小军

本标准主要审查人：孙笑灵

目 次

目 次.....	1
1 总 则.....	1
2 术语和定义.....	2
3 一般规定.....	3
4 系统组成.....	6
5 导体的选择及敷设.....	13
6 施工技术要求.....	15
用词说明.....	16
引用标准名录.....	17

征求意见稿

1 总 则

1.0.1 为使低压直流供电设计中，做到保障人身和财产安全、节约能源、技术先进、功能完善、经济合理和供电可靠，制订本规范。

1.0.2 本标准适用于新建、改建和扩建公路工程中直流 1500V 及以下直流供电系统设计。城市道路直流供电系统设计可参照使用。

1.0.3 公路直流供电系统应根据工程特点、负荷性质、用电容量、环境、供电条件、节约电能、安装、运行和维护要求等因素，合理选用设备和确定设计方案。

1.0.4 公路直流供电系统规模应考虑远期发展的可能性，设计应采用符合国家现行有关标准的高效节能、环保、安全、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外，尚应符合国家及行业现有有关标准、规范及规程的规定。

2 术语和定义

2.0.1 直流供电 Dc power supply

将直流电输送至负载的供电方式。

2.0.2 悬浮方式 Suspension way

输出的直流电压对地处于悬浮状态的传输方式。

2.0.3 绝缘监测 Insulation monitoring

用于监测直流系统绝缘降低或接地，具有报警功能的电子装置。

2.0.4 系统最高电压 Highest voltage of a system

系统正常运行过程中，在任一点出现的最高电压。不包括系统的暂时状态和异常电压。

2.0.5 系统最低电压 Lowest voltage of a system

系统正常运行过程中，在任一点出现的最低电压。不包括系统的暂时状态和异常电压。

3 一般规定

3.0.1 公路供电系统可以包含直流集中式供电和交直流混合式供电两种方式。

条文解释：目前公路负荷中，部分负荷仅能使用交流电源，提出公路直流供电系统可以与交流供电并存。

3.0.2 在下列情况下，应在保证供电安全、可靠、经济的前提下选择供电方式：

（1）供电范围内负载全是直流负载，宜采用集中式直流供电方式；

（2）供电范围内既有直流负载又有交流负载，宜采用交直流混合式供电方式。

3.0.3 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，并留有发展裕度。

3.0.4 根据不同的负荷类型，选择合适的系统标称电压。在一个变电所内，允许多种直流标称电压并存。

条文解释：由于公路负荷和供电距离的不同，选择不同的标称电压，有利于提高系统的经济性，比如供电距离远，则需选择标称电压较高；选择电压等级较低，有利于系统的安全性，同时可降低成本。

3.0.5 直流标称电压在 110V 至 1500V 范围内，直流供电系统的标称电压宜从表 1 中选取。

表 1：低压直流供电系统的标称电压

优选值	备选值
单极性 1500V 或者 $\pm 750V$ 双极性	
	1000V
单极性 750V 或者 $\pm 375V$ 双极性	
	600V
	440V
	400V

	336V
240V	
单极性 220V 或者 $\pm 110V$ 双极性	
	110V

条文解释：本表参照《GB/T 35727-2017 中低压直流配电电压导则》，公路供电系统标称电压应与国标一致。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， $\pm 270V$ 系统基本被放弃。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，直流 240V 产品较多，根据这个实际情况，将 240V 由备选值更改为优选值。

3.0.6 根据直流配电传输容量，选择适合的标称电压。直流配电传输容量参考推荐表见表 2。

表 2：直流配电传输容量

电压等级	传输容量	适用范围
1500V/ $\pm 750V$	200~800kW	适用于特长隧道、特大桥梁、路段路灯等供电半径大的场合。
750V/ $\pm 375V$	80~300kW	适用于特长隧道、长隧道、特大桥梁、大桥、互通立交、路段路灯等供电半径较大的场合。
240V	30~100kW	适用于中长隧道、大中桥梁、互通立交、路段路灯等供电半径较大的场合。
220V/ $\pm 110V$	20~70kW	适用于收费站、服务区、管理站等场区和中小隧道、中小桥梁、互通立交、路段路灯等供电半径较小的场合。

条文解释：配电传输容量参考《直流配电电压 TCEC 107-2016》。从公路负荷特点提供适用范围供设计人员参考。

3.0.7 系统电压范围为系统标称电压的 80%~120%，受电设备电压范围为系统标称电压的 75%~120%。

条文解释：负载绝大部分都是开关电源设备，具有宽电压输入功能，因此可适当降低电系统压上下限要求。在《GB/T 10411-2005 城市轨道交通直流牵引供

电系统》中，系统电压范围为 66.7%~120%；在《DLT 5044-2014 电力工程直流电源系统设计技术规程》中，系统电压范围为 87.5%~112.5%；在《YDT 3089-2016 通信用 336V 直流供电系统》中，系统电压范围约为 80%~120%；在《YD/T 2378-2011 通信用 240V 直流供电系统》中，系统电压范围约为 80%~120%。受电设备电压范围需要比系统电压范围更大，参照相关设备要求，受电设备电压范围设置为标志电压 75%~120%。

3.0.8 直流供电系统设备适用海拔高度要求不超过 2000m；当海拔高度超过 2000m 时，应根据设备要求降额使用设备容量。

条文解释：当海拔高于 2000m 时，空气冷却（自然对流或强迫冷却）效率降低，设备温升增加，因此设备需要降额使用设备容量。由于各个设备的原理不同，降额处理的方法也不相同，设备降额方法应根据设备本身确定。

4 系统组成

4.1 一般规定

4.1.1 公路直流供电系统应包含整流装置、监控装置和配套设施等。

条文解释：目前，我国供电网和配电网基本采用交流系统，公路直流供电的直流电源仍需要从交流系统整流得到。

4.1.2 公路直流供电系统宜采用正负极均不接地系统。双极性直流供电系统宜采用 TT 或 TN 系统接地。

条文解释：为提高系统的安全性，在低压直流系统接地保护相关规范和实践都研究较少的情况下，参照通信直流供电和轨道直流供电系统的接地情况，推荐选择系统安全性相对较高的正负极均不接地的供电方式。双极性直流供电系统一般都有电压平衡器，直流 TT、TN 系统均比相应的交流系统具有更高的电气安全性能。直流 IT 系统保护设备难以监测，仅在特殊场合使用。

4.1.3 公路直流供电系统的用电设备应具有防正负极反接保护功能。

条文解释：直流用电设备如果没有正负极反接保护功能，大部分设备都会直接损坏。防正负极反接保护功能可以采用接口防反接保护和电气防反接保护方式。

4.2 整流装置

4.2.1 公路直流供电系统整流装置宜优先采用桥式整流方式。

条文解释：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应用用电设备应用需求。

4.2.2 整流装置输出电压应满足系统标称电压的 80%~120%。

条文解释：整流装置输出电压范围应与系统运行电压范围一致。

4.2.3 整流装置的额定容量应不小于计算负荷容量的 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。

条文解释：参考 UPS 容量和其他整流装置的技术参数，确定整流装置额定容

量应不小于计算负荷容量的1.2倍。

4.2.4 整流装置输入电流总谐波失真度应满足表3的要求。

表3：输入电流总谐波失真度

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	$\leq 15\%$

4.2.5 整流装置必须具备有功率因素校正装置，输入功率因数应满足表4的要求。。

表4：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

4.2.6 整流装置系统效率应满足表5的要求。

表5 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	$\geq 93\%$
50%负载率时系统效率	$\geq 92\%$
30%负载率时系统效率	$\geq 92\%$

4.2.7 整流装置直流输出端在0MHz~20MHz频带内的峰-峰值杂音电压应不大于输出电压标称值的0.5%。

条文解释：整流装置的杂音电压会给用电设备带来干扰和噪声，因此需对整流装置的峰-峰值杂音电压进行限制。在公路供配电系统负荷中，通信系统-48V电源需再做一次转换，因此电话衡重杂音在本规范中不做限定。根据《JTG_F80-2-2004_公路工程质量检验评定标准_第二册_机电工程》，-48V通信电源杂音电压要求：(0~300Hz) $\leq 100\text{mV}$ ；(3.4~150kHz) $\leq 100\text{mV}$ ；(0.15~30MHz) $\leq 30\text{mV}$ 。《YDT 1058-2015 通信用高频开关电源系统》对电源设备要求为：0MHz~20MHz频带内的峰-峰值电压应不大于输出电压标称值的0.5%。经过

调研，现有质量优良的直流设备已能达到该杂音指标要求。

4.2.8 整流设备接地要求：

- (1) 整流设备输出正、负极均不应接地；
- (2) 整流设备应有明显标识输出正、负极不应接地；
- (3) 整流装置交流输入应与直流输出电气隔离；
- (4) 整流装置输出应与地、机架、外壳电气隔离；
- (5) 整流装置设备外壳、机架应实施保护接地。

4.2.9 整流设备保护要求：

(1) 交流输入过、欠电压保护。交流输入电压值过高或过低，可能会影响系统稳定性时，系统可以自动关机保护；当输入交流电压正常后，系统应能自动恢复工作。交流输入电压的波动范围应为其额定值的 85%~110%。

(2) 三相交流输入缺项保护。

(3) 输出过压、欠压保护。当整流装置输出电压值达到设定的过、欠电压设定值时，应能自动告警。过电压时，应能自动关机保护，故障排除后，需手动才能恢复工作。欠压时，系统应能自动保护，故障消除后，应自动恢复。

(4) 输出电流限制或输出功率限制功能。当整流装置输出电流达到限定值时，系统以限流值输出。

4.2.10 为方便维护，整流装置宜采用模块化设计，并能实现热插拔。

4.2.11 为保障重要负载的供电可靠性，整流装置可以整合蓄电池和其他配套装置。

4.3 监控装置

4.3.1 监控装置主要功能包括：

- (1) 实时监控系统工作状态；

- (2) 实时采集系统运行参数;
- (3) 能够接受指令对电源系统进行控制;
- (4) 实时对系统进行绝缘监测。

4.3.2 监测装置接口及协议

监测设备具有 RS232、RS485 或以太网等标准通信接口，通信协议应符合 YD/T1363.3《通信局(站)电源、空调及环境集中监控管理系统 第3部分：前端智能设备协议》的要求或高速公路机电管理平台的协议要求。

条文解释：在高速公路缺乏统一协议要求的情况下，可以先参照电信设备要求，按照统一协议执行。

4.3.3 监控装置监控内容

(1) 整流装置监控内容

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。

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，整流装置温度状态。

遥控：开/关机。

(2) 直流配电部分监控内容

遥测：输出电压，总负载电流，主要回路电流值。

遥信：输出电压过压/欠压，熔丝/开关状态。

(3) 绝缘监测装置应能实时监测并显示直流系统母线电压、正负母线对地绝缘电阻；

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

条文解释：在系统无故障前提下，监控装置本身故障应不影响系统正常工作。

4.3.5 监控装置应具有外部数据接口，支持软件升级和历史数据下载。

4.3.6 监控装置应具有告警记录存储功能，告警信息记录不低于 500 条，断电后告警信息应可以继续保存，保存时间不应低于 90 天。

4.3.7 绝缘监测装置应具备通信功能。系统发生接地故障或绝缘电阻下降到设定值，应能显示接地极性并及时、可靠地发出报警信息。绝缘状况测量周期不大于 2s。

4.3.8 绝缘监测报警范围宜满足表 6 的要求。绝缘电阻预警值宜选择报警值的 2 倍。

表 6：绝缘监测报警范围表

直流系统标称电压 (V)	绝缘电阻报警范围 (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
1000	50~150
1500	75~220

条文解释：绝缘监测报警范围选择应保证在绝缘损坏下人的安全，接触电流低于《GB/T13870.1-2008 电流对人和家畜的效应 第 1 部分 通用部分》DC-2 区以内的要求。同时参照《DLT 1392-2014 直流电源系统绝缘监测装置技术条件》、《YD/T 2378-2011 通信用 240V 直流供电系统》和《YDT 3089-2016 通信用 336V 直流供电系统》确定绝缘电阻报警范围。

4.3.9 绝缘监测装置在预警范围内的监测精度应高于 $\pm 5\%$ ，其它范围精度应不低于 $\pm 20\%$ 。

条文解释：绝缘监测装置应有合理的精度要求。参照《DLT 1392-2014 直流

电源系统绝缘监测装置技术条件》、《YD/T 2378-2011 通信用 240V 直流供电系统》和《YDT 3089-2016 通信用 336V 直流供电系统》，参照现有产品标准。

4.4 配套设施

4.4.1 公路直流供电系统配套设施包括必要的防雷器、线路保护装置、配电设施等。

4.4.2 公路直流供电系统所采用的防雷器、断路器额定电压必须与直流系统标称电压相适应。

4.4.3 配电装置的过电流保护：

- (1) 直流系统正负极各级配电都应安装过流保护器进行保护；
- (2) 直流输出各级配电应满足级差配合要求；
- (3) 直流输出各级配电（末级除外）应采用熔断器或直流断路器保护；
- (4) 直流输出末级配电应采用直流断路器保护；
- (5) 系统所采用的直流断路器或熔断器额定电压都应系统与系统电压相适应。

4.4.4 直流断路器应选择同时切断回路的正、负极。

条文解释：由于是不接地系统，同时切断正、负极更利于安全。

4.4.5 当熔断器和直流断路器构成上下级保护时，熔断器宜装设在直流断路器上一级，其额定电流应不小于直流断路器额定电流的 3 倍或 3 倍以上。

4.4.6 直流供电系统防雷器的设置，应符合《GB50057 建筑物防雷设计规范》、《GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范》的要求。

条文解释：直流供电系统的防雷器设置要求，应和交流系统保持一致。

4.4.7 直流配电系统中，直流母线排或电缆正极应采用棕色或红色，负极应采用蓝色或黑色，中线采用紫色。

条文解释：直流系统中母线颜色应保持统一。在《YD/T 2378-2011 通信用

240V 直流供电系统》和《YDT 3089-2016 通信用 336V 直流供电系统 》中，正极采用棕色，负极采用蓝色，但普遍认知正极为红色，负极为黑色。

征求意见稿

5 导体的选择及敷设

5.0.1 电缆设计应符合国家标准《电力工程电缆设计规范》（GB 50217）的有关规定。

5.0.2 直流供电系统推荐采用铜材质导体。

条文解释：直流供电系统中，必须考虑电化学腐蚀效应，选择铜材更利于抗腐蚀。

5.0.3 导体截面的选择应考虑导体承受温度、导体敷设方式、环境条件和电压降，同时应满足导体热稳定及机械强度的要求。

5.0.4 直流系统中最大电压降一般情况下为直流标称电压的 10%，对于远离变电所，难以满足上述要求的情况下可允许为直流标称电压的 20%。但必须保证用电设备处的电压范围为系统标称电压的 75%~120%

条文解释：由于用电设备都是开关电源，具有宽电压输入能力，同时考虑公路负荷一般供电需要较远的供电距离，因此放宽对电压降的要求。在《YD5210-2014 240V 直流供电系统工程技术规范》中，压降标准为 12V（5%），在《DLT 5044-2014 电力工程直流电源系统设计技术规程》中，压降标准为 3%~6.5%（集中辐射供电方式）。

5.0.5 按照电压降计算截面积时，应按公式（5.0.5）计算确定：

$$S_{cac} = \rho \times 2L \times I_{ca} / \Delta U_p \quad (5.0.5)$$

式中：Scac——电缆计算截面(mm²)；

L—— 电缆长度(m)；

ΔU_p —— 回路允许的最大电压降 (V)；

I_{ca} ——计算电流(A)；

ρ ——电阻系数，铜导体 $\rho = 0.0184 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ ；

5.0.6 公路直流供电系统的母线严禁裸露在潮湿和多灰尘空气中，宜做封闭处理。电缆端头、电缆接头金属带电部分严禁裸露在潮湿和多灰尘空气中，做好防水工作。裸露的直流正负极带电金属部分应采用增加物理隔离措施或增加导体间距。

条文说明：直流系统存在电化学腐蚀效应，必须做相关应对措施。

5.0.7 用于应急回路的直流电缆应选择耐火电缆，重要配电室内电缆宜优先选择耐火电缆，人员密集配电室、监控大厅等宜选用低烟无卤阻燃电缆。

条文说明：对于在火灾发生时需要紧急供电的场所或供电回路应采用耐火电缆，以确保供电可靠性。人员密集的配电室以及作为公路指挥中心的监控大厅采用低烟无卤阻燃电缆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。

5.0.8 电缆敷设方式的选择应考虑防外力破坏、防火、防潮、防腐、防小动物等。对可能有机机械损伤的地方应采用套管或铠装电缆敷设，户外敷设电缆宜套管敷设。进出建筑物的电缆宜采用防火、防水封堵。

5.0.9 -15°C 以下低温环境，应按低温条件和绝缘类型要求，选用耐寒橡皮绝缘电缆。低温环境不宜用聚氯乙烯绝缘电缆。

条文说明：低压电缆的聚氯乙烯绝缘混合料（PVC/A）的耐受最低温度为 -15°C 。

5.0.10 宜按电缆回路分别计算采购量，并考虑分盘的影响，敷设时尽量避免中间接头。对于无法避免的中间接头应采用加强绝缘措施，并做好防水防潮处理。中间接头尽量选择在室内、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。

5.0.11 电缆绝缘类型的选择，应符合下列规定：

（1）在使用电压、工作电流及其特征和环境条件下，电缆绝缘特性不应小于常规预期使用寿命。

（2）应根据运行可靠性、施工和维护的简便性、允许最高工作温度和造价的综合经济性等因素选择。

6 施工技术要求

6.0.1 设备的安装与验收应按已批准的设计文件或相关规范执行。

6.0.2 采用的设备及器材，应符合国家现行技术标准的规定，设备应有铭牌。

6.0.3 设备搬运和安装时应采取防震、防潮、防止框架变形和漆面受损等安全措施，必要时可将装置性设备和易损元件拆下单独包装运输。当产品有特殊要求时，尚应符合产品技术文件的规定。

6.0.4 盘、柜应存放在室内或能避雨、雪、风、沙的干燥场所。对有特殊保管要求的装置性设备和电气元件，应按规定保管。

6.0.5 设备到达现场后，应在规定期限内作验收检查，并应符合下列要求：

(1) 包装和密封应良好。

(2) 技术文件应齐全，并有装箱清单。

(3) 按装箱清单检查清点，规格、型号，应符合设计要求；附件、备件应齐全。

(4) 做外观检查。

6.0.6 施工中的安全技术措施，应符合国家现行有关安全技术标准及产品技术文件的规定。

(1) 系统直流母排处宜套上热缩套管，并在醒目处设置警告标志，系统中的直流输出端应有“不能接地”的明显标识。

(2) 设备内裸露的带电部件，应设置适当的外壳、防护挡板、防护门、增加绝缘包裹等措施。

6.0.7 在充分利用变电所空间的前提下，应考虑直流供配电设备安装、维护、扩容的需要，并预留合理的操作空间和设备进出通道。

用词说明

1 本细则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“除应符合本细则的规定外，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”。

引用标准名录

- GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50053 20kV 及以下变电所设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- GB/T 35727 中低压直流配电电压导则
- GB/T 34581 光伏系统用直流断路器通用技术要求
- GB/T 19826 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求
- GB/T 18216 交流 1000V 和直流 1500V 以下低压配电系统电气安全 防护措施的试验、测量或监控设备
- GB/T 17478 低压直流电源设备的性能特性
- GB/T 10411 城市轨道交通直流牵引供电系统
- DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程
- DL/T 1909 -48V 电力通信直流电源系统技术规范
- DL/T 1392 直流电源系统绝缘监测装置技术条件
- NB/T 42049 3kV 及以下直流系统用无间隙金属氧化物避雷器
- NB/T 42107 高压直流断路器
- T/CEC 107 直流配电电压
- T/CEC 151 并网型交直流混合微电网运行与控制技术规范
- YD/T 3089 通信用 336V 直流供电系统
- YD/T 2378 通信用 240V 直流供电系统
- YD 5210 240V 直流供电系统工程技术规范