

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB/T 10112—2005
J 453—2005

P

铁路光伏发电系统技术规范

Technical code for railway photovoltaic
power generating systems

2005-04-25 发布

2005-04-25 实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

铁路光伏发电系统技术规范

**Technical code for railway photovoltaic
power generating systems**

TB/T 10112—2005

J 453—2005

主编单位：铁道第一勘察设计院

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：2005年4月25日

关于发布《铁路路基设计规范》等7项 铁路工程建设标准的通知

铁建设〔2005〕66号

《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)、《铁路轨道设计规范》(TB 10082—2005)、《铁路运输通信设计规范》(TB 10006—2005)、《铁路电力牵引供电设计规范》(TB 10009—2005)、《铁路光伏发电系统技术规范》(TB/T 10112—2005)、《铁路无人值守机房环境远程监控系统工程设计规范》(TB/T 10034—2005)、《铁路工程建设项目水土保持方案技术标准》(TB 10503—2005)等7项铁路工程建设标准,经审查现予发布,自发布之日起施行。原发《铁路路基设计规范》(TB 10001—99)、《铁路通信设计规范》(TB 10006—99)、《铁路电力牵引供电设计规范》(TB 10009—98)、《铁路信号硅太阳能电池供电系统技术规范》(TB/T 10112—94)同时废止。

以上标准由铁道部建设管理司负责解释,由铁路工程技术标准所、中国铁道出版社组织出版发行。

中华人民共和国铁道部
二〇〇五年四月二十五日

前 言

本规范是根据铁道部《关于印发〈2001年铁路工程建设规范、定额、标准设计编制计划〉的通知》(铁建设函〔2001〕72号)的要求,在《铁路信号硅太阳能电池供电系统技术规范》(TB 10112—94)的基础上修订而成的。

本规范修订过程中认真总结了我国铁路光伏发电系统建设的经验,借鉴了国内外有关标准的规定,在广泛征求意见的基础上,经反复审查定稿。

工程技术人员必须按照“以人为本、服务运输、强本简末、系统优化、着眼发展”的铁路建设理念,结合工程具体情况,因地制宜,充分发挥主观能动性,积极采用安全、可靠、先进、成熟、经济、适用的新技术,不能生搬硬套标准。勘察设计单位执行(或采用)单项或局部标准,并不免除设计单位及设计人员对整体工程和系统功能质量问题应承担的法律责任。

本规范共分8章,主要内容包括:总则、基本规定、光伏发电系统组成及设备配置、控制屏、监控系统、设备布置及安装、防雷与接地、光伏发电系统工程施工质量验收等,另有3个附录。

本次修订的主要内容如下:

1. 扩大了适用范围,不仅适用信号、通信专业,其他专业的铁路设备采用与通信、信号相似的供电系统也可参照本规范执行。
2. 补充了系统组成、控制屏及监控系统等内容。
3. 增加了工程施工质量验收内容。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

在执行本规范过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见及有关资料寄交铁道第一勘察设计院（甘肃省兰州市和政路75号，邮政编码：730000），并抄送铁道部经济规划研究院（北京市海淀区羊坊店路甲8号，邮政编码：100038），供今后修订时参考。

本规范由铁道部建设管理司负责解释。

本规范主编单位：铁道第一勘察设计院。

本规范主要起草人：马章、逯宗田、王立人。

目 次

1 总 则	1
2 基本规定	2
3 光伏发电系统组成及设备配置	3
4 控 制 屏	5
4.1 一般要求	5
4.2 光伏电压稳定装置	6
4.3 逆变装置	7
5 监控系统	9
6 设备布置及安装	11
7 防雷与接地	12
8 光伏发电系统工程施工质量验收	13
8.1 一般规定	13
8.2 主控项目	13
8.3 一般项目	14
附录 A 光伏发电系统方阵功率计算	15
附录 B 蓄电池组的容量计算	19
附录 C 光伏发电系统检验批、分项工程质量验收记录	20
本规范用词说明	22
《铁路光伏发电系统技术规范》条文说明	23

1 总 则

1.0.1 为统一铁路光伏发电系统（以下简称“光伏发电系统”）设计、工程施工质量验收的技术标准，做到技术先进、经济合理、安全适用、使用方便，制订本规范。

1.0.2 本规范适用于铁路信号、通信设备以光伏发电作为主供或与其他能源组成互补供电系统的设计、工程施工、质量验收，其他专业铁路设备采用与其相似的供电系统也可参照执行。

1.0.3 光伏发电系统设计应根据所在地的光照、外电源条件、环境条件、工程近期建设与远期发展等因素，进行多方案技术经济比较后确定。

1.0.4 铁路光伏发电系统应能保证设备、人身的安全，满足设备对供电要求。

1.0.5 铁路光伏发电系统应采用技术成熟、安全可靠、通过质量认证的设备，并积极采用新技术、新材料、新工艺。

1.0.6 铁路光伏发电系统的设计及工程施工质量验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 基本规定

2.0.1 采用光伏发电系统的地区年日照时数不宜小于 2000 h。

2.0.2 光伏发电系统宜集中设置。

用电设备所需的直流电源在电压等级相符时可直接供给，不相符时应经过变换器变换后供给。

用电设备所需的交流电源应经过逆变器变换后供给。

2.0.3 光伏发电系统应符合下列要求：

1 正常供电时，昼夜（24 h）应连续供电。

2 检修停电时，不应影响设备的用电要求。

3 在保证蓄电池向负荷不间断供电的前提下，其他组成部件平均每月停电不应大于 1 次，每次时间不应大于 0.5 h。

2.0.4 系统配置应符合下列要求：

1 光伏发电系统作为主电源使用时，其方阵、蓄电池组及逆变器的容量应按近期最大负荷功率配置，控制屏内其他装置应按远期最大负荷功率配置。

2 光伏发电系统与其他能源系统组成互补供电系统时，其他能源系统及其配套的整流设备容量应按负荷电流和蓄电池 10 h 率充电电流之和确定，当蓄电池 10 h 率充电电流远大于负荷用电电流时，整流设备的总容量应按负荷电流和蓄电池 20 h 率充电电流之和确定。

3 光伏发电系统组成及设备配置

3.0.1 光伏发电系统应由光伏子系统的方阵、蓄电池组、控制屏等组成（图 3.0.1）。

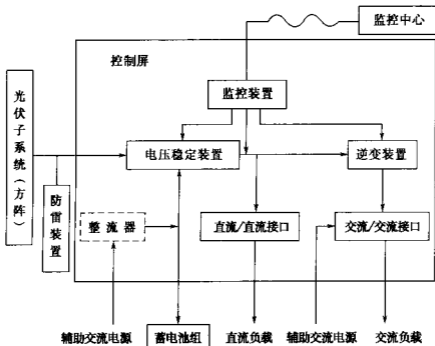


图 3.0.1 光伏发电系统组成框图

3.0.2 蓄电池组应选用工作温度范围宽、少维护、寿命长的碱性镉镍蓄电池、阀控式密封铅酸蓄电池或其他新型蓄电池。

3.0.3 蓄电池组宜按一组配置。当容量较大需按两组配置并联使用时，两组蓄电池组应由同型号、同容量、同制造厂的同批产品组成。

3.0.4 在一个区段内有若干站址使用光伏发电系统时，宜配置移动式充电设备。

3.0.5 方阵及蓄电池组的正常工作环境条件应符合国家有关标准或行业标准，并符合安装使用地点的环境要求。

3.0.6 方阵功率应根据负荷的用电功率、额定工作电压、工作电流、用电时间、日平均用电量、安装地点的气象资料和地理位置、蓄电池的类型及特性等参数，按附录 A 计算确定。

3.0.7 蓄电池组容量应根据负荷的用电功率、额定工作电压、工作电流、用电时间、日平均用电量、连续无日照天数、蓄电池组的类型及电特性等参数，按附录 B 计算确定。

4 控制屏

4.1 一般要求

4.1.1 控制屏主要由光伏电压稳定装置、逆变装置、监控装置、交直流输出等部分组成。

4.1.2 控制屏应能在下列条件下正常工作：

- 1 环境温度： $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 相对湿度： $\leq 90\%$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)。

3 海拔高度： $\leq 1\,000\text{ m}$ ；当海拔高度超过此值时，应按《半导体电力变流器标准》(GB/T 3859.2) 规定降容使用。

4 周围介质中无导电性尘埃，无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸气。

4.1.3 根据光伏发电系统的容量，可选择额定输入直流电压为 24 V、48 V、110 V 及 220 V 的控制屏。

4.1.4 控制屏应有下列表示和报警功能：

- 1 方阵开路电压、短路电流表示。
- 2 交直流输出电源工作表示及故障报警。
- 3 光伏电压稳定装置工作表示及故障报警。
- 4 监控装置工作表示及故障报警。
- 5 逆变装置工作表示及故障报警。

4.1.5 控制屏输出的交流电源应对地绝缘。

4.1.6 控制屏向通信设备供给直流电源时，应符合《铁路通信电源设计规范》(TB 10072) 第 4.0.4 条规定。

4.1.7 控制屏电磁兼容性应符合有关规定。

4.1.8 控制屏在温度为 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 45% ~ 80% 的气候条件下，整机输入、输出端子对地的正常绝缘电阻值不应

小于 25 M Ω 。

4.1.9 在大气压力不小于 84 kPa 时，整机的输入、输出端子对地电气绝缘强度应符合以下规定：

1 电压不大于 60 V 的电路，应能承受交流正弦波 50 Hz 有效值 500 V 的试验电压，历时 1 min，应无击穿或闪络现象。

2 电压 60 V 以上，且不大于 220 V 的电路，应能承受交流正弦波 50 Hz 有效值 1000 V 的试验电压，历时 1 min，应无击穿或闪络现象。

3 电压 220 V 以上，且不大于 380 V 的电路，应能承受交流正弦波 50 Hz 有效值 1200 V 的试验电压，历时 1 min，应无击穿或闪络现象。若升高试验电压 25%，历时 1s，应无击穿或闪络现象。

4.1.10 控制屏内保安系统应采用断路器，并应根据不同负荷合理选择其容量。

4.1.11 控制屏应具有方阵子系统、蓄电池组、直流负载以及交流负载等接口。

4.1.12 控制屏的输入接口和输出分路应设有防雷、防浪涌等保护装置。

4.1.13 与其他能源系统互补使用的光伏发电系统的控制屏，应能接入 1 路辅助直流电源和 1 路辅助交流电源。

4.1.14 控制屏直流输出供电回路压降不应大于系统额定电压的 1%。

4.2 光伏电压稳定装置

4.2.1 光伏电压稳定装置按其调压方式可分为逐级投入式和变换稳压式。一般情况下，宜采用逐级投入式。

4.2.2 逐级投入式光伏电压稳定装置应能可靠地输出相对稳定的直流电压，并应满足蓄电池充电、直流负荷的直接供电、直流变换器及逆变器的要求。

4.2.3 变换稳压式光伏电压稳定装置采用的直流稳压变换器，

除应符合《通信用直流—直流变换设备》(YD/T 637—1993)第4章的要求外,尚应满足下列要求:

1 在方阵输出直流电压变化范围内应能可靠工作。

2 应具备对蓄电池进行充电和浮充转换功能,输出的直流电压应符合第4.3.2条的规定。

3 应能接受监控装置的均衡/浮充转换控制和对输出电压的控制。

4 应能将运行参数、工作状态及告警信号送至监控装置。

4.2.4 对逐级投入式光伏发电系统,保留子阵的容量应按负荷电流与蓄电池补充充电电流之和计算确定,使其在日照最好的条件下发出的电流不会对蓄电池过充电。其余子阵的容量可按投入的先后顺序和日照曲线从小到大分级确定。

4.2.5 变换稳压式光伏发电系统电压稳定装置应两台并联运行并均分负载,当其中一台故障时,另一台应能承担全部负载。

4.2.6 光伏电压稳定装置宜采用自然冷却方式。

4.3 逆变装置

4.3.1 逆变装置应设两套(同一型号),主备运行两套装置应能自动切换,并具有手动切换功能。切换时间不应大于0.15s。当交流负荷功率较大时,可单设逆变屏。

4.3.2 逆变装置的输入直流电压额定值及其允许范围应符合表4.3.2的规定。

表 4.3.2 逆变装置输入直流电压允许范围 (V)

直流电压额定值等级	输入直流电压允许范围
24	21.6~28.8
48	43.2~57.6
110	99~132
220	198~264

4.3.3 逆变装置应满足以下要求：

1 单相逆变装置交流输出电压额定值为 220 V，稳定精度为 $\pm 3\%$ 。

2 三相逆变装置交流输出电压额定值为 380 V（线电压），稳定精度为 $\pm 3\%$ 。

3 逆变装置的容量宜为交流负载功率的 1.5 倍，当负载功率变化时，逆变装置的容量不应小于交流负载的最大功率。

4 当输入电压与负载电流（电阻性负载）在允许的变化范围内时，输出频率的精度应不大于 $\pm 0.5\text{ Hz}$ 。

5 当输入电压与负载电流（电阻性负载）为额定值时，逆变装置整机效率应大于 80%。

6 当输入电压为额定值、负载电流（电阻性负载）为额定值的 150% 时，允许持续时间不应小于 10 s。

7 断开负载后，逆变设备自耗电的电流值不应超过额定功率条件下电流的 3%。

8 应具有输入欠压保护、极性接反保护，输出过电流保护、欠压保护、电压过高保护等性能。

9 逆变设备应具有集中监控接口。

4.3.4 逆变装置宜采用自然冷却方式。

5 监控系统

5.0.1 监控系统应由监控中心设备、光伏发电系统监控装置以及监控网络构成。

5.0.2 在一个铁路区段内，当设有多个光伏发电系统时，宜设置监控系统。监控中心宜设在电务段或其他适当地点。有条件时，可纳入信号或通信等其他电源监控系统。

5.0.3 监控中心与监控装置之间的通信，宜采用专线方式为主用方式、拨号方式为备用方式。当与电话网连接时，所用调制解调器速率应大于 9 600 bit/s。

5.0.4 监控装置和被监控对象之间应有良好的电气隔离，确保不因其工作或故障而影响被监控对象的正常工作。

5.0.5 监控装置应具有以下功能：

- 1 具备应急手动控制优先功能。
- 2 对光伏发电系统的工作参数进行监测和显示。
- 3 对光伏发电系统的工作状态进行检测，并有声光提示。
- 4 具有对温度、湿度、烟雾、门禁等环境信息的监测接口。
- 5 支持监控中心对光伏发电系统进行遥测、遥信，有条件

时可进行遥控。

5.0.6 监控中心应具有以下功能：

- 1 遥测功能：

监控中心应能通过监测装置对光伏发电系统的方阵输出电压、输出电流，电压稳定装置输出电压、输出电流，蓄电池组电压、充放电电流、单体电压、电池温度，交流负载电压、电流，直流负载电压、电流及其他有关环境信息的参数等进行监测，并具有记录、打印功能。

2 遥信功能：

监控中心应能通过监控装置对光伏发电系统的输出电压过高、过低，交流输出故障，熔断器故障，电压稳定装置的充电/浮充状态和故障状态进行显示，并能根据故障的影响程度给予不同的提示。

3 遥控功能：

对逐级投入式发电系统光伏方阵的投入、切除进行控制；

对变换稳压式发电系统直流稳压变换器的均衡/浮充转换进行控制。

互补系统中其他能源系统的投入和切除及条件具备时对环境进行远程监控。

6 设备布置及安装

6.0.1 方阵的设置位置和安装应符合下列要求：

1 宜靠近负荷中心设置。

2 应能充分接受阳光、不受其他建筑物遮挡的开阔场所。
当方阵按南北分排安装时，应避免互相遮挡阳光。

3 应设置在方便维护且非工作人员不易靠近、触及的场所。

4 可安装在地面或屋顶面。安装在屋顶面的方阵，两侧应留有维护空间。

5 应安装在金属架上，各金属构件、连接螺栓、螺母应有牢固的防锈镀层。组件应排列整齐，并留有不小于 30 mm 的空隙。

6 方阵台架应有足够的机械强度及抗风能力。在高地震地区，方阵基础及台架设计应符合《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 的规定。

7 方阵应面向正南安装。对于较小容量方阵，可采用台架倾角可调方式，其倾角调节范围不应小于 $\pm 15^\circ$ ，并按春分以后的倾角为当地纬度减 $11^\circ 45'$ ，秋分以后的倾角为当地纬度加 $11^\circ 45'$ 调整。

对于一次安装后倾角不再调整的方阵，其台架安装倾角宜为当地纬度。

6.0.2 控制屏（包括逆变屏）正面主要走道净距不应小于 1.5 m，与其他设备之间的净距不应小于 1.5 m，与墙（背面与侧面）净距不应小于 1.2 m。当蓄电池组采用柜式安装时，电池柜可与控制屏（包括逆变屏）同列安装。

6.0.3 严禁将酸性蓄电池与碱性蓄电池同室安装使用。

7 防雷与接地

7.0.1 方阵设于地面时，可不设防雷装置；若方阵设于房顶，其周围无高大建筑物时，应在方阵上部加装避雷装置，金属台架应接地。重雷击地区必须采取防雷措施。

7.0.2 方阵引入至室内的馈线路应采取防雷措施。

7.0.3 防雷要求应符合《铁路通信电源设计规范》(TB 10072—2000) 第 8 章的规定。防雷接地体单独设置时，接地体电阻值不应大于 10Ω ；当防雷接地体与其他接地体合设时，接地体电阻值不应大于 4Ω 。

8 光伏发电系统工程施工质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 光伏发电系统应为电力专业变、配电所单位工程中的一项分项工程，其检验批可按一套系统为一个检验批划分。

8.1.2 检验批应由施工单位自检合格后报监理单位，由监理工程师组织施工单位专职质量检查员等进行验收。监理单位应对全部主控项目进行检查，对一般项目的检查内容和数量可根据具体情况确定。检验批质量验收记录应按附录 C 表 C—1 填写。

8.1.3 分项工程应由监理工程师组织施工单位分项工程技术负责人等进行验收，并按附录 C 表 C—2 填写记录。

8.2 主控项目

8.2.1 光伏发电系统运达现场的各单元包装箱应完整无损，箱内配件型号规格满足产品技术规定并符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、测量检查。

8.2.2 光伏发电系统的规格、型号及安装位置应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、测量检查。

8.2.3 光伏发电系统所有组件和方阵的支架应安装牢固，可靠接地。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、测试检查；监理单位观察、见证测试。

8.2.4 光伏发电系统的逆变装置容量应符合设计及高压环境的

要求。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察、测量检查。

8.2.5 光伏发电系统应能实现设计规定的监控功能。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：施工单位观察、操作检查；监理单位见证试验。

8.3 一般项目

8.3.1 光伏发电系统方阵应排列整齐，各模块之间应保持不小于 30 mm 的间隙。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察检查。

8.3.2 光伏发电系统与基础构件间的连接固定牢靠，除地脚螺栓外，所有紧固件应为热镀锌制品。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察检查。

8.3.3 光伏发电系统的抗风加固措施应符合设计要求。

检验数量：施工单位全部检查。

检验方法：观察检查。

附录 A 光伏发电系统方阵功率计算

A.0.1 方阵功率计算应具备下列主要资料：

- 1 太阳辐射总量、直射辐射量、散射辐射量的年、月平均值。
- 2 年、月平均气温，极端气温及夏季大于 27℃ 的温度平均值。
- 3 最长连续无日照天数。
- 4 最大风速。
- 5 风、雹、雨、雪、雾等特殊气候资料。

A.0.2 光伏方阵并联组件数 (N_p) 可按下列公式计算：

$$N_p = \frac{I_{ms}}{I_m} \quad (\text{A.0.2—1})$$

式中 I_{ms} ——方阵的额定电流 (A)；

I_m ——组件的额定电流 (A)。

方阵的额定电流 (I_{ms}) 可按下式计算：

$$I_{ms} = \frac{Q_L \cdot F_c}{T_m} \quad (\text{A.0.2—2})$$

式中 Q_L ——负载日平均用电量 (A·h)；

F_c ——发电量的余量系数 (一般取 1.3~1.4)；

T_m ——方阵表面接收的日平均辐射量换算后的峰值小时，并可按下列公式计算：

$$T_m = 0.00278 Q_t \quad (\text{A.0.2—3})$$

Q_t ——方阵表面接收的日平均辐射量 [$\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$]，并可按下列公式计算：

$$Q_t = Q_m / \text{每月的天数} \quad (\text{A.0.2—4})$$

Q_m ——方阵表面太阳月辐射量；

0.00278——单位的换算系数。

A.0.3 光伏方阵串联组件数 (N_s) 可按下式计算:

$$N_s = \frac{V_s}{V_m} \quad (\text{A.0.3—1})$$

式中 V_s ——方阵的额定电压 (V);

V_m ——组件的额定电压 (V)。

方阵的额定电压 (V_s) 可按下式计算:

$$V_s = V_F + V_t + V_d + V_x \quad (\text{A.0.3—2})$$

式中 V_F ——蓄电池组浮充电压 (V), 并可按下式计算:

$$V_F = n \cdot V_f \quad (\text{A.0.3—3})$$

V_f ——单个蓄电池浮充电压 (碱性电池 1.5~1.55 V, 酸性电池 2.35~2.4 V);

n ——蓄电池块数, 并可按下式计算:

$$n = \frac{V_h + V_{XL}}{V_b} \quad (\text{A.0.3—4})$$

V_h ——负载额定电压 (V);

V_b ——单个蓄电池额定电压 (碱性电池 1.2 V, 酸性电池 2.0 V);

V_{XL} ——蓄电池至负载间的线路压降 (V);

V_t ——光伏电池工作温度变化引起的方阵输出电压变化值 (一般工程计算中可忽略不计), 并可按下式计算:

$$V_t = (T_m - 27) \cdot N_s \cdot \beta_c \quad (\text{A.0.3—5})$$

T_m ——夏季高于 27℃ 时的平均气温 (℃);

β_c ——方阵组件的电压温度系数;

V_d ——防反充二极管的正向压降 (可取 0.7~1.0 V);

V_x ——方阵至蓄电池组的线路压降 (V)。

A.0.4 方阵输出功率可按下式计算:

$$\begin{aligned}
 P_s &= N_p \cdot N_s \cdot P_m \\
 &= N_p \cdot N_s \cdot V_m \cdot I_m \\
 &= V_s \cdot I_{ms}
 \end{aligned}
 \tag{A.0.4}$$

式中 P_m ——组件额定功率 (W)。

A.0.5 方阵表面太阳月辐射量 (Q_m) 可按式计算:

$$Q_m = R_b \cdot Q_b + R_d \cdot Q_d + (Q_b + Q_d) R_p \tag{A.0.5}$$

式中 Q_m ——倾斜面上太阳月辐射总量 [$J/(cm^2 \cdot 月)$];

Q_b ——水平面上太阳直射辐射量 [$J/(cm^2 \cdot 月)$](气象局查找);

Q_d ——水平面上太阳散射辐射量 [$J/(cm^2 \cdot 月)$](气象局查找);

R_b ——直射辐射修正系数, 可按表 A.0.5—1 查取;

R_d ——散射辐射修正系数, 假定散射辐射条件为天空各向同性时, $R_d = (1 + \cos \alpha) / 2$, 其中 α 为光伏方阵倾角, 当安装点纬度等于 α 时, 其 R_d 值可按表 A.0.5—2 查取;

R_p ——反射散射修正系数 (为简化计算, 此部分辐射量的修正可忽略不计)。

表 A.0.5—1 直射辐射修正系数 (R_b)

月份 \ 纬度	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°
1	3.39	2.56	2.18	1.91	1.67	1.47	1.23
2	2.42	2.01	1.83	1.62	1.46	1.35	1.22
3	1.71	1.51	1.43	1.32	1.24	1.17	1.08
4	1.23	1.18	1.12	1.08	1.04	1.02	0.98
5	0.98	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.88
6	0.87	0.84	0.87	0.86	0.85	0.88	0.86
7	0.92	0.87	0.90	0.89	0.89	0.90	0.87

续表 A.0.5—1

月份 \ 纬度	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°
8	1.12	1.04	1.04	1.01	0.99	0.98	0.94
9	1.51	1.35	1.30	1.22	1.16	1.11	1.04
10	2.16	1.84	1.66	1.51	1.38	1.29	1.17
11	3.07	2.39	2.09	1.84	1.61	1.44	1.28
12	3.95	2.80	2.35	1.95	1.76	1.53	1.32

注：若纬度为上表中间值时，可用插入法确定 R_b 。

表 A.0.5—2 散射辐射修正系数 (R_d)

纬度	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°
R_d	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.97

注：若纬度为上表中间值，可按式 $R_d = (1 + \cos\alpha)/2$ 计算， α 为方阵倾角（设计中一般取当地纬度）。

附录 B 蓄电池组的容量计算

B.0.1 蓄电池组的容量计算与选定应按下列步骤进行：

1 根据光伏发电系统安装地点连续无日照天数，可按下式初选蓄电池组容量 B_c ：

$$B_c = Q_L \cdot N_{\max} / K_F \quad (\text{B.0.1—1})$$

式中 Q_L ——日平均用电量；

N_{\max} ——最长的连续无日照天数；

K_F ——放电深度(%)，镉镍碱性蓄电池不宜大于 70%，
铅酸蓄电池不宜大于 50%。

2 由 B_c 值选用标准规格蓄电池组容量 B_Q (A·h)。

3 根据各月的峰值小时数 T_m 可按下式计算全年各月的方阵的充电量 AH_s ：

$$AH_s = T_m \cdot I_{ms} \cdot \text{每月天数} \quad (\text{B.0.1—2})$$

4 按下式计算负载各月用电量 AH_f ：

$$AH_f = Q_L \cdot \text{每月天数} \quad (\text{B.0.1—3})$$

5 按下式计算全年各月的供需电量之差值 ΔAH ：

$$\Delta AH = AH_s - AH_f \quad (\text{B.0.1—4})$$

6 若连续多月 ΔAH 为负值 (即 $AH_s < AH_f$)，应满足下式：

$$\left| \sum (-\Delta AH) \right| \leq B_Q \cdot K_F \quad (\text{B.0.1—5})$$

若不满足上式，应增加方阵并联组件数 N_p 或蓄电池组容量 B_Q ，重新核算，直至满足上式。

附录 C 光伏发电系统检验批、 分项工程质量验收记录

表 C-1 光伏发电系统检验批质量验收记录

单位工程名称																						
分部工程名称																						
分项工程名称		验收部位																				
施工单位		项目负责人																				
施工质量验收标准名称及编号																						
施工质量验收标准的规定		施工单位检查评定记录						监理单位验收记录														
主控项目	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
一般项目	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
施工单位检查评定结果	专职质量检查员 分项工程技术负责人 分项工程负责人																					
监理单位验收结论	监理工程师 年 月 日																					

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(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”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

《铁路光伏发电系统技术规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.3 由于采用光伏发电技术建设投资比较高，故在总体方案设计时应综合考虑外供交流电源、所用地区的气象条件等因素，使所设计的系统具有较高的性能造价比。

近期为交付运营后 10 年，远期为交付运营后 20 年。

1.0.6 本规范编写中，参考了国家及相关行业的标准，主要有《通信用太阳能供电组合电源》(YD/T 1073—2000)、《太阳光伏电源系统安装工程施工及验收技术规范》(CECS 8596)、《地面用光伏发电系统概述和导则》(GB/T 18479—2001) 等，设计工作中，除采用本标准外，尚可执行上述有关标准。

2.0.1 据气象资料介绍，在我国，年日照时数超过 3 000 h 的地区属于太阳能资源丰富地区，介于 2 400 h 与 3 000 h 之间的地区属于太阳能资源较丰富地区，介于 1 600 h 与 2 400 h 之间的地区属于太阳能资源可利用区。因此本规范选择 2 000 h 及以上。

2.0.2 在新建铁路信号设计中，车站联锁、轨道电路、机车信号等作为保证行车安全的基本措施一次设计建设，相应与之配套的电源功率明显增加；现行各种信号标准图都是以集中供电为基础设计；实践表明，铁路信号用光伏发电系统采取集中方式后，其可靠性及可维护性都得到很大提高。

在通信设计中，包括通信站、车站通信机械室的设备都是采

用集中供电的。因此铁路光伏发电系统宜集中设置。

2.0.3 本条主要是根据信号设备和通信设备基本的供电要求而规定的。

3.0.5 方阵及其组件的使用要求、检验验收有相应的国家标准可以执行；蓄电池组的使用要求、检验验收，信息产业部制定了有关行业标准可以执行；同时，在特殊地区产品必须适应安装使用地点的特殊环境要求。

3.0.6~3.0.7 关于光伏发电系统中方阵功率以及蓄电池组容量的计算，因涉及诸多因素和参数的取值，特别是系统设置地点的太阳辐射的观测资料难以收集和统计，故目前还没有一个普遍认同的计算方法。据了解，仅编制成计算机程序的计算方法就有数十种之多。而且各光伏发电系统的供货厂家大都有自己的一套计算程序。其各种参数的取值来自于各自收集的资料。本规范附录 A 和 B 给出了一个有效而实用的计算方法，在工程实践时，可用这种方法计算出的结果与供货厂家采用他们的计算程序得出的结果进行比较，进一步优化系统配置。

4.1.2 本条引用的《半导体电力变流器标准》(GB/T 3859.2)的有关内容为：

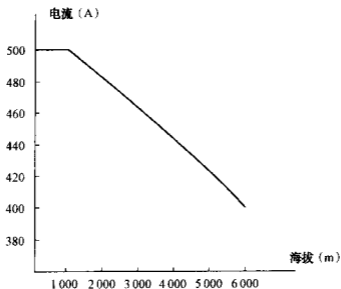
变流器在高海拔地区使用时电流容量的修正（参考件）

当电力半导体器件、堆和装置在高于 1000m 的地区使用时，由于空气稀薄影响了散热条件，半导体器体、堆和装置的电流容量将低于规定值，说明图 4.1.2 给出了电流容量随海拔高度而变化的关系曲线。在此假定冷却媒质温度保持不变。

海拔的升高还将使环境温度随之降低，根据我国气候特点，海拔每升高 100m 环境温度下降 0.5℃。因此在对用于高海拔地区的变流器进行电流容量修正时，应同时考虑电流容量随海拔升高而下降的不利因素和环境温度降低的有利因素。

4.1.6 《铁路通信电源设计规范》(TB 10072—2000) 第 4.0.4 条的规定为：

直流电源基础电压为 -48 V ，其他种类的直流电源电压应通过直流—直流变换器获得。 -48 V 基础电压的电压波动范围、杂音电压应符合说明表 4.1.6 的规定。



说明图 4.1.2

说明表 4.1.6 基础电压的电压波动范围、杂音电压

额定电压 (V)	通信设备受电端子上电压波动范围 (V)	电 源 杂 音 电 压						
		衡重杂音 (mV)	峰—峰值杂音		宽带杂音 (有效值)		离散杂音 (有效值)	
			频段 (MHz)	指标 (mV)	频段 (kHz)	指标 (mV)	频段 (kHz)	指标 (mV)
-48	-40 ~ -57	≤2	0~20	≤200	3.4~150	≤100	3.4~150	≤5
							150~200	≤3
					150~30 000	≤30	200~500	≤2
							150~30 000	≤1

4.1.7 本条中的“有关规定”是指根据《铁路信号站内联锁设计规范》(TB10071—2000) 第 10.2.9 条条说明“……车站使用微电子设备，尤其是涉及行车安全的设备，亦应根据国际标准、国家标准或铁道行业标准进行测试”。并应符合《铁道信号

电气设备电磁兼容性试验及其限值》(TB/T 3073—2003)的要求。

4.1.9 本条引用《15 kV·A 铁路信号电源屏》(TB/T 2315—1992)第 4.21 条、第 4.22 条。

由于直流电压额定值在 500 V 及以上时,设备的绝缘电阻、绝缘耐压等参数必须专门确定,加之铁路光伏发电系统的电压很少有超过 500 V 的,所以本规范未考虑电压额定值在 500 V 及以上情况。

4.1.14 直流输出供电回路指蓄电池与逆变器输入之间、蓄电池与直流负载输入之间的回路。

4.2.1

(1) 逐级投入式光伏电压稳定装置是通过控制多组光伏方阵逐级投入或切除实现稳压,并对蓄电池过充过放进行保护。

(2) 变换稳压式光伏电压稳定装置是通过直流—交流—直流稳压变换器实现稳压,并对蓄电池过充过放进行保护。

4.2.3

1 对于变换稳压式光伏发电系统的电压稳定装置,方阵输出直流电压变化范围比较大,例如蓄电池额定值为 48 V 的光伏发电系统,方阵输出直流电压有可能在 54~82 V 范围内变化。

4.2.4 对于逐级投入式光伏发电系统,电压稳定装置的原理是保留子阵的输出电流处于长期向蓄电池浮充电状态,其他几个子阵的输出电流则处于有条件向蓄电池充电状态,日照强度较强时,这几个子阵的输出被短路。为此,需要电压稳定装置具有防浪涌功能,使其电压稳定装置输出不超过 57.6 V 的电压(对 48 V 蓄电池组)。

4.2.5 对变换稳压式光伏发电系统,所有并联子阵的输出汇集一起经变换稳定装置调压后向蓄电池充电和向负载供电。为了提高其可靠性,应采用两台(或多台)电压稳压装置并联均流的方式。此时,每台电压稳压装置的功率选择应满足系统输出功率的

需要。

4.3.1 切换时间 0.15 s 是根据《铁路信号站内联锁设计规范》(TB10071—2000)第 9.0.1 条要求规定。一般当逆变器功率超过 $1\text{ kV}\cdot\text{A}$ 时,其体积相应较大,考虑到散热等因素,宜单设逆变屏。

5.0.3 此条引自《铁路通信电源设计规范》(TB 10072—2000)第 7.0.6 条的规定。

6.0.1 关于光伏方阵安装的最佳倾角的选择问题,学术界一直没有统一的认识,有的认为倾角以设置地点的纬度为中心值,按季节进行调整或采用符合当地纬度的固定方式;有的认为倾角应是当地纬度加 15° ,以便提高冬季的输出;有的认为应通过建立天空散射各向异性模型来计算倾角,等等,本规范采用了第一种倾角选择方式。在特殊情况下(如光伏发电系统功率很大时或计算过程中需要的光辐射的有关资料能收集到或有条件测试时),可参照有关文献进行计算选择。