

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T XXXXX—XXXX

钢铁企业电能质量优化要求与方法

Requirement and method for power quality optimization of iron and steel enterprises

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国科学院合肥物质科学研究院、德龙钢铁有限公司、安徽欣创节能环保科技股份有限公司、安徽大学、辽宁荣信兴业电力技术有限公司、新风光电子科技股份有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、天津荣程联合钢铁集团有限公司、唐山市玉田金州实业有限公司、北京仟亿达科技有限公司、冶金工业规划研究院、北京科技大学。

本文件主要起草人：吴亚楠、胡振云、刘长青、史君杰、朱明星、孙贤大、尹鹏飞、潘玉桐、阮如金、郑两斌、李俊、卢晶、刘华锋、何培育、霍咚梅、王涵、李航、宁晓钧。

本文件为首次发布。

钢铁企业电能质量优化要求与方法

1 范围

本文件规定了钢铁企业电能质量优化要求与方法的术语和定义、一般要求、优化整体要求、规划设计阶段优化、工程实施阶段优化、生产运行阶段优化等。

本文件适用于钢铁企业供电系统的电能质量治理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 755 旋转电机定额和性能
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 $\leq 16\text{A}$ ）
- GB 17625.2 电磁兼容 限值 对每相额定电流 $\leq 16\text{A}$ 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的变化、电压波动和闪烁的限制
- GB/Z 17625.3 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限值
- GB/Z 17625.4 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中畸变负荷发射限值的评估
- GB/Z 17625.5 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中波动负荷发射限值的评估
- GB/Z 17625.6 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16A 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制
- GB/T 17625.7 电磁兼容 限值 对额定电流 $\leq 75\text{A}$ 且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制
- GB/T 17625.8 电磁兼容 限值 对每相输入电流大于 16A 小于等于 75A 连接到公用低压系统的设备产生的谐波电流限制
- GB/Z 17625.14 电磁兼容 限值 骚扰装置接入低压电力系统的谐波、间谐波、电压波动和不平衡的发射限值评估
- GB/Z 17625.15 电磁兼容 限值 低压电网中分布式发电系统低频电磁抗扰度和发射要求的评估
- GB/T 17626.30 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法
- GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求
- GB/T 19964 光伏发电站接入电力系统技术规定
- GB/T 20297 静止无功补偿装置（SVC）现场试验
- GB/T 20298 静止无功补偿装置（SVC）功能特性
- GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB/Z 24847 1000kV交流系统电压和无功电力技术导则
- GB/T 26868 高压滤波装置设计与应用导则

GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定
GB/T 30137 电能质量 电压暂降与短时中断
GB/T 32507 电能质量 术语
GB/T 50865 光伏发电接入配电网设计规范
GB/T 50866 光伏电站接入电力系统设计规范
DL/T 1010.1 高压静止无功补偿装置 第1部分 系统设计
DL/T 1010.3 高压静止无功补偿装置 第3部分 控制系统
DL/T 1040 电网运行准则
DL/T 1198 电力系统电能质量管理规定
DL/T 1215.1 链式静止同步补偿器 第1部分：功能规范导则
DL/T 1215.3 链式静止同步补偿器 第3部分：控制保护监测系统
DL/T 1216 低压静止无功发生装置技术规范
DL/T 1226 固态切换开关技术规范
DL/T 1229 动态电压恢复器技术规范
DL/T 1344 干扰性用户接入电力系统技术规范
DL/T 1724 电能质量评估技术导则 电压波动和闪变
DL/T 1773 电力系统电压和无功电力技术导则
DL/T 1796 低压有源电力滤波器技术规范
NB/T 41007 交流电弧炉供电技术导则
NB/T 41010 交流电弧炉供电技术导则 电能质量控制

3 术语和定义

GB/T 12325、GB/T 12326、GB/T 14549、GB/T 15543、GB/T 15945、GB/T 20298、GB/T 24337、GB/T 30137、GB/T 32507和DL/T 1215.1界定的术语和定义适用于本文件。

4 一般要求

4.1 基本要求

4.1.1 钢铁企业电能质量优化的目的是保障钢铁企业供配电系统及用电设备的安全、稳定和经济运行，适用于钢铁企业新建或者改扩建，贯穿于全过程。

4.1.2 钢铁企业电能质量优化内容应包括但不限于以下方面：电源配置、配用电设备选型、电能质量控制设备适配以及电能质量评估等。

4.2 电源配置

4.2.1 主电源取自电力系统，应综合考虑用户负荷容量、类型、电能质量干扰发射特性及系统网架结构、供电可靠性指标和背景电能质量水平等，合理选择电源接入点。

4.2.2 拥有自备电厂、新能源光伏电站的钢铁企业，应依据装机容量、负载容量、无功需求、地理分布及电能质量预评估结果进行电源配置，并接入相应电压等级。

4.2.3 供电电源改变时，需重新评估对钢铁企业电能质量的影响。

4.3 配用电设备选型

4.3.1 变压器、电缆以及断路器等配电设备选型应考虑电能质量因素。

4.3.2 冲击负荷的电能质量干扰发射特性应作为选型重要依据，如电弧炉、轧机等。

4.4 电能质量控制设备适配

4.4.1 在新建或改扩建时应考虑电能质量控制设备的治理目标、选型、安装等内容，可参照 DL/T 1198。

4.4.2 治理设备的选择应从可靠性、安全性、电磁兼容性、有效性、经济性以及灵活性等多方面综合考虑，并在建设施工与生产运行阶段进行验收和监测。

4.4.3 在用电设备、系统运行方式以及其它治理设备发生改变时，需评估其对现有电能质量治理设备的影响。

4.5 电能质量评估

4.5.1 在项目规划设计阶段应进行电能质量预评估；在工程实施阶段应对关键考核点以及治理设备效果进行验收评估；在生产运行阶段应进行电能质量监测评估。

4.5.2 监测评估可通过电能质量在线监测和专项测试手段实现。电能质量在线监测终端应与项目主体工程同步设计、施工和投运；若无在线监测系统，每年至少应开展一次电能质量专项测试。

4.5.3 当评估对象负荷和电源运行方式发生改变时，应重新进行评估。

4.5.4 电能质量测试用仪器仪表，其功能和性能应符合 GB/T 19862、GB/T 17626.30 的技术要求。

5 优化整体要求

5.1 优化指标

评价钢铁企业电能质量优化指标应包括如下方面：

- a) 频率偏差；
- b) 电压偏差；
- c) 谐波与间谐波；
- d) 电压波动与闪变；
- e) 三相电压不平衡；
- f) 电压暂降与短时中断。

5.2 电气连接点分类

应依托电网和钢铁企业资产归属，将供电网的各电气连接点划分为以下3种类型，同一连接点的优化和考核要求应相一致。

- a) 第一类连接点：钢铁企业与公用电网间的公共连接点；
- b) 第二类连接点：钢铁企业内部中高压供配电系统的连接点；
- c) 第三类连接点：钢铁企业内部低压设备的连接点。

5.3 第一类连接点优化目标要求

第一类连接点电能质量优化目标应满足电能质量国标要求，具体见表1。

表1 钢铁企业第一类连接点电能质量优化目标

优化内容	优化目标要求
频率偏差	GB/T 15945
电压偏差	GB/T 12325
谐波	GB/T 14549
电压波动与闪变	GB/T 12326
三相电压不平衡	GB/T 15543
间谐波	GB/T 24337
电压暂降与短时中断	GB/T30137

5.4 第二类连接点优化目标要求

第二类连接点电能质量优化目标可参照以下要求执行。

- a) 参照第一类连接点要求；
- b) 可按电磁兼容标准要求，但应保证第一类连接点满足电能质量标准要求；
- c) 可基于安全性和经济性进行自定义，但应保证第一类连接点满足电能质量国标要求；
- d) 对于电机类负荷，电压偏差宜控制在-3%~+2%之间，负序电压宜控制在1%以内；
- e) 对于电弧炉等专线供电的电热负荷，电压波动与闪变可放宽为公用电网标准限值的2倍左右；
- f) 对于含光伏或变流器等设备接入系统的谐波优化目标可参照 GB/T 37408。

表2 钢铁企业第二类连接点电能质量优化目标

优化内容	优化目标要求
频率偏差	GB/T 15945
电压偏差	GB/T 12325
谐波	GB/T 14549 GB/Z 17625.4
电压波动与闪变	GB/T 12326 GB/Z 17625.5
三相电压不平衡	GB/T 15543
间谐波	GB/T 24337
电压暂降与短时中断	GB/T30137

5.5 第三类连接点优化目标要求

第三类宜参考对应的电磁兼容标准进行约束，相关电磁兼容标准包括但不限于：GB 17625.1、GB 17625.2、GB/Z 17625.3、GB/Z 17625.6、GB/T 17625.7、GB/T 17625.8、GB/Z 17625.14、GB/Z 17625.15。

6 规划设计阶段优化

6.1 规划设计要求

6.1.1 新建和改扩建项目需进行接入电网规划，规划设计时应考虑项目对公共连接点电能质量的影响，依据相关标准确定电能质量考核指标。钢铁企业典型电能质量干扰源参见附录 A。

6.1.2 项目规划设计阶段，应按照“分级评估”原则进行电能质量预评估。评估报告或意见与项目资料一起提交电能质量监管部门评审并备案。

6.1.3 电能质量监测、控制措施应与主体工程同步设计。

6.1.4 电能质量控制措施工程设计、审核资料报监管部门备案。

6.2 频率偏差优化规范

6.2.1 在新建、改扩建变电站工程的设计中，低频减负荷设计应与系统设计同时完成，应合理、足量地设计和实施低频减负荷方案。

6.2.2 钢铁企业自发电机组在设计选型时应具有必要的频率异常运行能力，指标应符合 DL/T 1040 的要求；钢铁企业分布式光伏电站的频率指标应符合 GB/T 19964 和 GB/T 29319 的要求；

6.2.3 在规划设计阶段时，应考虑冲击负荷对临近发电机组频率的影响。

6.3 电压偏差优化规范

6.3.1 电压偏差优化应以“分（电压）层、分（供电）区，就地平衡”为原则，保证在高峰和低谷负荷时电压偏差均能满足要求；

6.3.2 应结合钢铁供配电系统规划设计，对容性和感性无功补偿容量、分组及选型，调压设备的容量及选型，无功电压控制系统的选型及控制策略等进行合理规划与设计，以满足调压要求；

6.3.3 厂内光伏电站规划设计应符合 GB/T 50865 和 GB/T 50866 关于电压等级和接入电网方案、无功补偿、电能质量等要求。

6.3.4 变电站规划设计时应应对主变压器一次侧功率因数、母线电压等进行模拟计算与分析。

6.3.5 各电压等级变电站的电压无功控制设备宜采用自动投切或动态调节方式。

6.3.6 各电压等级电网无功功率平衡与补偿、变压器调压方式及调压范围的选择应符合 DL/T 1773 和 GB/Z 24847 的要求。

6.3.7 在配电系统规划设计时，应按照用电设备电压偏差允许值的要求和地区电网电压偏差的具体情况，确定电压允许值。当缺乏详细计算资料时，线路电压降允许值可参考表 3。

表 3 线路电压降允许值

名称	允许电压降 (%)
从配电变压器二次侧母线算起的低压线路	5
从配电变压器二次侧母线算起的供给有照明负荷的低压线路	3~5
从 110 (35) kV/10 (20 或 6) kV 变压器二次侧	5

6.4 谐波及间谐波优化规范

6.4.1 在对大容量非线性电力设备接入电网进行规划设计时，可按照 DL/T 1344 的规定进行（间）谐波预评估。当预评估报告确认公共连接点的（间）谐波电压或非线性设施注入电网的谐波电流超过 GB/T 14549 或 GB/T 24337 的限值要求时，应采取相应的（间）谐波抑制措施。

6.4.2 高压滤波装置设计应综合考虑供配电系统参数、用电设备及电能质量控制设备谐波发生量等多方面因素，具体设计应按 GB/T 26868 进行。

6.4.3 对于钢铁企业典型电能质量干扰源，可参考 NB/T 41007 和 NB/T 41010 进行供配电设计和电能质量控制方案设计。

6.4.4 对于大容量变流器，宜采用多重化技术，减小变流器的谐波发生量。

6.5 电压波动和闪变优化规范

6.5.1 在对大容量冲击负荷接入电网进行规划设计时，可按照 DL/T 1344 的规定进行电压波动和闪变预评估。公共连接点电压波动率和闪变值的预评估结果超过 GB/T 12326 限值要求时，应采取相应的电压波动和闪变限制措施。

6.5.2 规划设计阶段，应开展电弧炉、轧机、大容量电机等引起电压波动的计算。闪变的叠加和传递可参考 DL/T 1724 进行。

6.5.3 限制电压波动和闪变的主要方法包括：

- a) 采用短路容量较大、电压等级较高的专线或专用变压器供电；
- b) 大容量冲击负荷与对电压波动和闪变敏感的负荷，应分别由不同的变压器供电；
- c) 炼钢电弧炉和铁合金电炉的电极功率自动调节装置可采用性能良好的电极调节器或采用专用的控制器控制。铁合金电炉可采用在线电极自动程序压放系统。
- d) 多台冲击负荷同时使用时，应合理分配组合运行阶段。
- e) 采用静止无功补偿或发生装置，静止无功补偿装置基本功能和特性应符合 GB/T 20298 的要求，方案设计可参考 DL/T 1010.1 和 DL/T 1010.3，静止无功发生器可参考 DL/T 1215.1 和 DL/T 1215.3 进行方案设计。

6.6 三相电压不平衡优化规范

6.6.1 在对大容量三相不平衡负荷接入电网进行规划设计时，可按照 DL/T 1344 的规定进行三相电压不平衡预评估。当预评估报告确认公共连接点的三相电压不平衡度超过 GB/T 15543 要求时，应采取相应的三相电压不平衡改善措施。

6.6.2 规划设计阶段，应开展电弧炉和电渣炉等引起三相电压不平衡度的计算。

6.6.3 注入同步发电机的负序电流应满足 GB 755 的规定。

6.6.4 改善三相电压不平衡的主要方法包括：

- a) 不平衡负荷应合理分布于三相；
- b) 对于低压配电系统，线路电流大于 60A 时，宜采用 220/380V 三相四线制供电；
- c) 不平衡负荷应分散接入不同的供电点，减少集中连接造成的三相电压严重不平衡；
- d) 对于大容量不平衡负荷宜采用单独变压器供电或接入更高电压等级供电；
- e) 对于大型感应加热炉，宜设计采用三相-两相兼有降压和换相功能的平衡变压器供电；
- f) 对于大容量三相严重不平衡负荷，应设计安装分相控制的静止无功补偿装置或具备不平衡补偿功能的静止无功发生装置。

6.7 电压暂降与短时中断优化规范

6.7.1 规划设计阶段应根据 GB/T 30137 所列推荐指标，评估电压暂降和短时中断对敏感用户或设备的影响程度，在此基础上合理选择接入点。

6.7.2 对电压暂降和短时中断问题采取的措施宜从供电部门、钢铁企业与设备厂商等多方面来考虑。

6.7.3 应综合考虑接入点电压暂降和短时中断水平，进行电压暂降和短时中断敏感用电设备的选型。

6.7.4 治理电压暂降和短时中断的主要方法包括：

- a) 可改变供配电方式，如在敏感负荷附近增设供电电源、采用母线分段或多设配电站的方法来限制同一供电母线上的馈线数以缩小故障的影响范围等；
- b) 宜采取电缆、架空线外加绝缘、架设附加的屏蔽导线、提高绝缘水平等减少故障次数；

- c) 宜选用有限流作用的熔断器和快速故障限流器、高速固态切换开关、快速电流断路器，并通过缩小继电保护分级区域的方法缩短故障清除时间；
- d) 宜选择合适的电动机启动方式，以确保电动机启动时造成的电压降在运行的范围之内；
- e) 宜采用不间断电源、储能型动态电压恢复器以及静止无功发生器等。

7 工程实施阶段优化

7.1 工程实施要求

- 7.1.1 电能质量监测、控制措施应与主体工程同步施工，并在主体设备通电前完成空载调试；
- 7.1.2 实施方应制定正确合理的调试方案，由业主方负责审核确认，报监管部门备案；
- 7.1.3 电能质量监测、控制设备调试应考虑对供配电系统和用电设备的影响；
- 7.1.4 工程应进行验收评估，验收合格后方可并网运行；验收不合格者，应整改后重新进行评估。

7.2 电能质量设备工程调试

电能质量设备调试宜按下列文件进行：

- a) 静止无功补偿装置参照 GB/T 20297；
- b) 静止无功发生器参照 DL/T 1216；
- c) 高压滤波装置参照 GB/T 26868；
- d) 有源电力滤波器参照 DL/T 1796；
- e) 低压静止无功发生装置参照 DL/T 1216；
- f) 动态电压恢复器参照 DL/T 1229；
- g) 固态切换开关参照 DL/T 1226；
- h) 电能质量监测设备参照 GB/T 19862。

7.3 评估流程

- 7.3.1 根据评估任务的来源和目的确定评估对象与范围。
- 7.3.2 收集与评估对象相关的电力系统和设备资料，确定监测评估点和评估指标限值。
- 7.3.3 分析评估对象的运行方式、设备工况、生产工艺特点等，制定监测方案。
- 7.3.4 根据需要按相关国家标准要求确定合适的测量条件、测量时间和测量取值，获取实测数据。测量宜在电力系统正常运行的最小方式（或较小方式）、评估对象正常工作状态下进行，并保证监测时段包含评估对象的最大扰动工作周期。
- 7.3.5 对实测数据进行处理与统计，将分析结果与相应指标限值作比对，并根据实际情况按需分析背景和用户所产生的待评估指标值，形成评估结论。
- 7.3.6 评估结果超出限值时，应提出改善建议。

8 生产运行阶段优化

8.1 设备运行要求

- 8.1.1 应监测变压器、电缆、高压互感器以及断路器等运行状态，发现异常及时排除。

8.1.2 对于装设的各种电能质量控制设备，应按用电设备和电网变化情况及时调整，防止危害系统和设备运行的安全。

8.1.3 应对电能质量设备及时进行运维管理，定期统计设备完好率。

8.2 监测评估要求与方法

8.2.1 在生产运行阶段应进行电能质量监测，并定期进行电能质量评估，监测评估时长需契合评估对象运行特性，一般可分为以下三种：

- a) 长期监测评估：监测时间以月计，具体时长根据需要确定；
- b) 中期监测评估：监测时间以日计，具体时长应不低于 7d；
- c) 短期监测评估：监测时间以小时计，具体时长宜为 24h~168h。

8.2.2 中长期的监测评估推荐采用在线监测方式；短期监测建议采用专项测试方式。

8.2.3 监测评估前应收集与评估对象相关的电力系统和设备资料。

8.2.4 监测宜在电力系统正常运行的最小方式（或较小方式）、评估对象正常工作状态下进行，并保证监测时段包含评估对象最大电能质量扰动的工作周期。

8.2.5 监测点的考核要求应根据优化目标确定，并将监测结果与之对比，形成评估结论。

8.2.6 超出优化目标的电能质量技术指标，应提出相应的改进措施或建议。

8.3 电能质量事故防控

电能质量事故防控措施应包括：

- a)对依据电能质量事故原因分析结论形成的防控措施进行电能原量评估和审查，确认其合理有效；
- b)电能质量事故防控措施实施后应进行全工况电能质量指标测试，各项电能质量指标应满足 GB/T 15945、GB/T 12325、GB/T 12326、GB/T 14549、GB/T 15543、GB/T 24337 的要求。

附录 A

(资料性)

钢铁企业典型电能质量干扰源

A.1 钢铁企业典型电能质量干扰源见表 A.1。

表 A.1 钢铁企业典型电能质量干扰源

名称	主要关注的电能质量指标
交流电弧炉	谐波、间谐波、电压波动和闪变、三相电压不平衡
直流电弧炉、精炼炉	谐波、电压波动和闪变
电解设备	谐波
电热炉	谐波、三相电压不平衡
感应炉（工频、中频、高频）	谐波、电压波动和闪变
电焊机	谐波、闪变
电铲、升降机、门吊等	谐波、闪变
整流器（可控硅）	谐波、电压波动和闪变
交直交变频器（可关断电力电子元件）	谐波
空压机、制氧机、风机、水泵	电压暂降、电压波动和闪变
轧机	谐波、电压波动和闪变