

铁路应用 —

电磁兼容性

3.2 部分 机车车辆 —— 电气设备

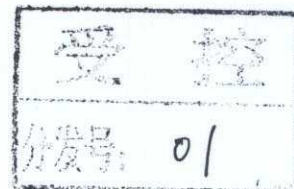
Railway application -

Electromagnetic compatibility

Part 3.2 Rolling stock — Apparatus

BCP 外来文件
EXTERNAL DOCUMENT FOR BCP

受控章
CONTROLLED



目 次

前言

1 范围.....

2 引用标准.....

3 定义.....

4 性能评定.....

5 试验条件.....

6 应用范围.....

7 发射试验和限值.....

8 抗扰度试验和限值.....

附录 A （提示的附录）.....

附录 B （提示的附录）.....

前言

本欧洲标准是技术委员会 CENELEC TC 9X (铁路电气和电子设备) 根据 TC 9X 的决定起草的, 由 SC 9XB 备案。

2000 年 4 月 1 日, 草案提交正式表决, 并由 CENELEC 作为 EN50121-3-2 通过。

下述日期固定:

EN 的实施以国家级发布的最新日期 (dop) 2001-04-01

解决国家标准和 EN 之间矛盾的最新日期 (dow) 2003-04-01

欧洲标准应该与 EN50121-1: 2000 一起使用。

欧洲标准系列 EN50121 的 3.2 部分, 在通用标题“铁路设备——电磁兼容”下出版, 该系列标准包括:

第 1 部分 概述

第 2 部分 整个铁路系统对外界的发射

第 3.1 部分 机车车辆——列车和整车

第 3.2 部分 机车车辆——电气设备

第 4 部分 信号和通信设备的发射和抗扰度

第 5 部分 固定电源装置和设备的发射和抗扰度

名为“标准的附录”是标准正文的一部分。名为“提示的附录”仅作一般信息提供。在本标准中, 附录 A 和 B 是提示的附录。

3.2 部分 机车车辆——电气设备

Railway application – Electromagnetic compatibility

Part 3.2 Rolling stock - Apparatus

1 范围

本标准适用于铁路机车车辆的电气和电子设备的 EMC 发射和抗扰度方面。

考虑的频率范围是从直流到 400 GHz。目前, 尚未定义频率高于 1GHz 的试验。

试验的应用应取决于具体的设备、其结构、端口、技术及其工作条件。

本标准考虑到了铁路机车车辆的内部环境和铁路的外部环境, 以及其他装备对设备的干扰, 例如手提式无线电发报机。

如果一端口发送或接收的目的是进行射频通信, 则本标准中射频频率的发射和抗扰度限值并不适用。

本标准不适用于启动或停止设备时的瞬态发射。

本标准的目的是制定与传导和辐射骚扰有关的电磁发射和抗扰度试验的限值和试验方法。

这些限值和试验代表基本的电磁兼容要求。

选定发射要求, 以确保在铁路机车车辆上正常工作的设备产生的骚扰不超过妨碍其他设备正常工作的水平。

同样, 选定抗扰度要求, 以确保机车车辆设备有一个适当的抗干扰水平。

这些水平不包括那种在所有位置发生的可能性都非常小的极端情况。超出本标准的特殊要求需特别指出。

规定了每个考虑到的端口的要求。

这些专门的条款是对 EN50121-1 中通用条款的补充。

2 引用标准

本标准引用了来自其他出版物的注明或未注明日期的参考文献和条款。这些标准的参考文献在文中合适的地方进行了陈述, 出版物在文后列出。对于注明日期的参考文献, 任何这些出版物后来所作的修正或修改只在本标准引用了修正或修改时才适用于本标准。对于未注明日期的参考文献, 所参照出版物的最新版本适用。

EN50121-1	铁路设备——电磁兼容性——第 1 部分: 概述
EN50121-3-1	铁路设备——电磁兼容性——第 3.1 部分: 机车车辆——列车和整车
IEC 60571	铁路设备——用于机车车辆的电子装置
GB 4824-1996	工业、科学和医疗射频设备射频骚扰特性的限值和测量方法 (CISPR 11, 修订本)
GB 9254-1998	信息技术设备——射频骚扰特性限值和测量方法 (CISPR 22, 修订本)
GB/T 17626.2	电磁兼容性 (EMC) 第 4 部分: 试验和测量技术——第 2 节: 静电放电抗扰度试验 (IEC 61000-4-2)
GB/T 17626.3	电磁兼容性 (EMC) 第 4 部分: 试验和测量技术——第 3 节: 射频电磁场辐射抗扰度试验 (IEC 61000-4-3, 修订本)

- GB/T 17626.4 电磁兼容性 (EMC) 第 4 部分: 试验和测量技术——第 4 节: 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 (IEC 61000-4-4)
- GB/T 17626.6 电磁兼容性 (EMC) 第 4 部分: 试验和测量技术——第 6 节: 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验 (IEC 61000-4-6)
- GB/T 6113.1-1995 无线电骚扰和抗扰度测量设备和方法规范 第 1 部分: 无线电骚扰和抗扰度测量设备

3 定义

出于本标准的目的, 下列定义适用:

3.1

机车车辆电气设备 (rolling stock apparatus): 固有功能是安装在机车车辆上的成品, 也有可能作为单独的工业设备出售市场。

3.2

端口 (port): 指定设备与外部电磁环境的特定接口, 如: 交流电源端口, 直流电源端口, I/O (输入/输出) 端口。

3.3

机箱端口 (enclosure port): 设备的物理边界, 电磁场通过该边界辐射或照射
机车车辆设备端口的主要分类见图 1。

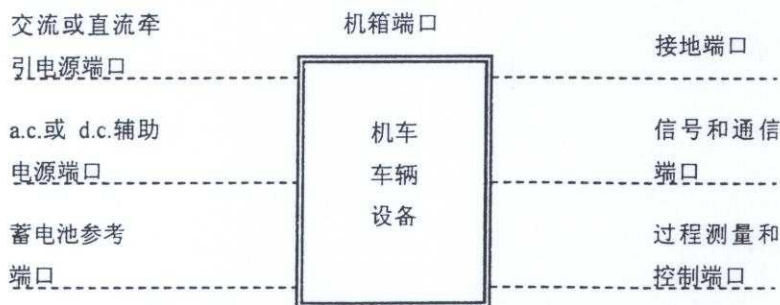


图 1: 端口主要分类

机车车辆及其端口的不同类型见附录 A。

4 性能评定

本标准范围内的设备的多样性和差异性使得很难为抗扰度试验结果的评价制定一个精确的判定准则。

本标准定义的试验不应导致设备处于危险或不安全的状态。

EMC 试验过程中的或 EMC 试验引起的功能性描述以及性能判定准则的定义, 应由制造商按 EN50121-1 中定义的标准 A、B、C 提供, 并在试验报告中注明。

注: 最低性能判定准则需由制造商和用户协商决定。

5 试验条件

设备的每项功能都进行测试有时是不可能的。试验应在由制造商认定的典型运行工况下进行, 应在经研究认为与正常应用工况一致的频带上能产生最大的发射或对噪声的最大敏感度下进行。制造商应在试验计划中定义试验工况。

如果设备是系统的一部分，或可以连接到辅助设备，那么按照 GB 9254-1998，设备应在连接了测试端口所必要的辅助设备的最小系统配置情况下试验。

系统配置和运行模式应在试验计划中指明，试验过程中的实际状况应在试验报告中准确说明。

如果设备有大量类似的端口或带许多类似连接的端口，那么应选择足量的端口，以模拟实际的运行条件，确保涵盖所有不同类型的终端（也就是说除非另有规定，至少 4 个或 20% 的部件）。

除非在基础标准中另有说明，试验应在设备规定的工作范围内以额定的电源电压进行。

6 应用范围

应对设备有关端口进行本标准中规定的测量。

对于一些专门设备，可以从其电气性能、连接及用途来考虑其试验，因而有些试验没有必要（例如感应电机、变压器等.....）。这种情况下应把不进行试验的决定在试验报告中予以记录。

除非另有规定，EMC 试验应是型式试验。

7 发射试验和限值

本标准涵盖的设备发射试验和限值是按每个端口给出的。

车辆内单个设备的发射限值只有作为单项提供给最终用户的设备项，或从供应、车辆工程学单独投入市场是必须遵循的。

对于系统集成的判定，这些发射限值可以适用于不作为单项提供的设备项。

对每种骚扰类型，测量应在定义清晰和可重复的条件下进行。

试验说明、试验方法和试验设置在表 1—6 列出的基础标准给出。

这些基础标准的内容在此不作重复，但本标准给出了实际应用时必要的修改和附加信息。

注：对“基础标准”的参考仅限于标准中叙述的试验、试验方法和试验设置的那些部分。

表 1: a. c. 牵引电源端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
高压连接，输入侧滤波器前 (图 A.1, A.2 和 A.3 的端口 3)		信号和通信频率	见 EN50121-3-1	
		9 kHz-30 MHz	见注 1	见注 2
注 1: 无射频传导限值要求。设备与其他周围设备安装在一起时必须满足 EN50121-3-1 关于列车的辐射发射限值的要求。				
注 2: 希望但不可能应用传导射频限值。没有切实可行的试验方法，而且不可能定义传导发射和辐射发射之间的关系。				

表 2: d. c. 牵引电源端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
高压连接，输入侧滤波器前 (图 A.4 的端口 3)		信号和通信频率	见 EN50121-3-1	
		9 kHz-30 MHz	见下注	见下注

附录 B (提示的附录)

9 kHz-30 MHz 范围内功率变流器产生的传导骚扰

B.1 范围

本规程关注通过或不通过主线路滤波器与主牵引 D.C. 电源端口 (电网或导轨) 连接的开关模式功率转换装置。

B.2 测量方法

测量应使用 CISPR 16 建议方法进行, 应作下列调整:

- 9kHz-150 kHz 范围内, 带宽 200 Hz 6 dB;
- 150kHz-30 MHz 范围内, 带宽 9 kHz 6 dB;
- 准峰值检测, 每个频率范围正确衡量。

应注意主电流可能引起饱和, 这有可能影响探测器的传输特性。应确保从探测器到测量装置正确的阻抗匹配。

B.3 试验步骤

图 B.1 给出了试验的组织方式, 以及适当的建议。

负载的共模阻抗和接地情况应尽可能地接近变流器的输入、输出实际条件。

应对每个测量点和认为可能提供最大骚扰电流的每种工作条件的水平进行测量。

B.4 限值

无射频传导限制值的要求。和其它环境装置安装在一起的设备必须满足 EN50121-3-1 的发射骚扰限值, 试验用来限制设备的发射。

注 1: 目前, 对 9 kHz-30 MHz 之间牵引电源的传导发射还没有一致的方法或限值。限制连接到牵引电源的设备的传导发射可以防止电源系统的过度辐射发射。附录 B 提出了一种测量传导发射的方法。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 无射频传导限值要求。设备与其他周围设备安装在在一起时必须满足 TB/T ××××-3-1 关于列车的辐射发射限值的要求。

表 3: a. c. 或 d. c. 辅助电源端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
a.c. 或 d.c. 辅助电源 (图 A.1、A.2 和 A.4 的端口 9)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2、3、4
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2、3、4

注 1: 目前, 对 9 kHz-150kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 使用由 GB 4824-1996 定义的方法。目前, 现有的传导发射 (GB 4824-1996) 的测量方法对耦合网络的电压和电流等级方面有限制。另外, 测量电压的方法用来测试高压电源系统存在安全问题。限制与外部电缆系统连接设备的传导发射可以防止过度的辐射发射。

注 3: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

注 4: 该条款不适用于与其它特定的、兼容端口相连接的电源端口。

表 4: 蓄电池参考端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
蓄 电 池 电 源 (图 A.1~A.5 的端口 10)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2

注 1: 目前, 对 9 kHz-150kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度的辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

表 5: 信号和通信, 过程测量和控制端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
电子电源 交流正弦或直流 (图 5 的端口 16)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2

注 1: 目前对 9 kHz-150kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

表 6: 机箱端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
-----	------	------	-----	-----

机箱	GB 4824 -1996	30MHz-230MHz	在距离 10m 处测得 40 dB μ V/m 准峰值	见注
		230MHz-1GHz	在距离 10m 处测得 47 dB μ V/m 准峰值	见注
注 1: 在 3 m 处测量, 限值增加 10dB。				
注 2: 超过 50 kVA 的牵引变流器和辅助变流器不应单独测试, 但车辆作为一个整体测试时应根据 EN50121-3-1。				

8: 抗扰度试验和限值

本标准涵盖的抗扰度试验和限值是按每个端口给出的。

要确保整个车辆的抗扰度, 限值应适用设备所有相关项。

试验应在定义明确和可重复的方式下进行。

试验应逐个单独进行, 试验顺序随意。

试验说明、试验程序、试验方法和试验设置在表 7-9 所指的基础标准中给出。

基础标准在此不作重复, 本标准给出了实际应用所需的修改或附加信息。

表 7: 蓄电池参考端口 (除能源外), a. c. 辅助电源输入端口 (额定电压不大于 400 V_{rms})

环境现象	基础标准	严格性	性能指标	备注
7.1 电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	2kV 5/50 ns Tr/Th 5 kHz 重复频率	A	见注 1
7.2 浪涌	IEC 60571	1.8 kV 波形 5/50 μ s 源阻抗: 100 Ω	B	
7.3 射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 V _{rms} (载波电压) 150 kHz-80 MHz 1 kHz, 80% AM 源阻抗: 150 Ω	A	见注 2
7.4 电压暂降、短时中断和电压变化	IEC 60571	参见 IEC 60571	A	
注 1: 直接耦合, 正负极化				
注 2: 应用于电缆直接通过车体时 (如: 列车通讯), 使用 10V _{rms} 的严格性。				

表 8: 信号和通信, 过程测量和控制端口

环境现象	基础标准	严格性	性能指标	备注
8.1 电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	2kV 50ns Tr/Th 5 kHz 重复频率	A	见注 1
8.2 射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 V _{rms} (载波电压) 150 kHz-80 MHz 1 kHz, 80% AM 源阻抗: 150 Ω	A	见注 2
注 1: 电容耦合, 正负极化				
注 2: 应用于电缆直接通过车体时 (如: 列车通讯), 使用 10V _{rms} 的严格性。				

表 9: 机箱端口

环境现象	基础标准	严格性	性能指标	备注
9.1 射频电磁场辐射	GB/T 17626.3	10 V/m (载波的 rms 值) 80 MHz-1 GHz	A	见注 1、3

		1 kHz, 80% AM		
9.2 静电放电	GB/T 17626.2	6kV 接触放电 8kV 空气放电	B	见注 2

注 1: 对于放置在列车车厢、司机室或机车车辆外部的设备 (车顶), 应该使用 20V/m 的严格性, 使得移动发报机得到更广泛应用。

注 2: 只适用于乘客和开发人员 (除维修人员外) 可以接近的设备。

注 3: 对于大型设备 (如牵引变流器、辅助变流器) 要在整个装置上进行电磁场辐射的抗扰度试验并不总是可行的。在这种情况下, 制造商应测试敏感子系统 (如控制电子)。试验报告应证明选择或不选择子系统以及任何所作假设的正确性 (例如由于壳屏蔽而降低试验场)。

附录 A (提示的附录)

设备和端口举例

本附录的目的是提供不同类型的机车车辆设备及其端口的范例。表 A.1 给出了可作为单独的工业装置进入市场的设备范例。但是这些设备还有可能构成一较大设备的子系统(如辅助变流器的电子控制装置)。在这种情况下,标准的规定只适用进入市场的设备。标准中的端口定义为设备与外部环境的接口。表中的矩阵表示特定设备是否与发射、抗扰度有关。提供这种说明是为了本标准的用户利益,但并不是决定性的。是为了让标准的用户在决定是否应用某试验时作出必要的技术判断。

下图阐明了最基本的端口,显示了不同布局的范例。

图 A.1 适用于 a.c.牵引传动的 a.c.馈电机车,并在网侧应用了噪声滤波器。

图 A.2 显示了另一套 a.c./a.c.系统,变流器侧装有功率因数补偿滤波器,系统还有 d.c.或三相辅助列车电源。

图 A.3 显示了一套更方便的系统, a.c.输入,相控变流器馈电给 d.c.牵引电机。

图 A.4 是一套 a.c.牵引传动的 d.c.馈电系统。

图 A.5 显示了变流器和控制电子的一些辅助端口。

当然,许多不同的系统布局都是可能的。

表 A.1: 设备典型范例

设 备	试验要求
牵引变流器	发射和抗扰度
主断路器	无试验要求
牵引变压器	无试验要求
牵引电机	无试验要求
辅助变流器	发射和抗扰度
D.C.辅助电源(蓄电池)	发射和抗扰度
电子控制系统	发射和抗扰度
信号和通信设备	发射和抗扰度
电子人机接口设备	发射和抗扰度
环境调节设备	发射和抗扰度
乘客信息设备	发射和抗扰度
门控制	发射和抗扰度
列车运行辅助设备	发射和抗扰度
乘客服务辅助设备	发射和抗扰度
列车管理系统	发射和抗扰度
电子电源	发射和抗扰度
制动控制系统	发射和抗扰度

表 A-1 中,规定了专门端口(设备接口)应用的试验。表 A.2 列出了这些端口采用的一些更典型的陈述,以及可能有这种端口的设备类型。后图给出了这些端口的范例(13、14 除外)。

表 A.2 典型端口描述

图中端口号	典型端口名	典型设备
	<u>a.c.牵引电源端口</u>	
1	受电弓线路终端	主断路器
3	高压连接端（滤波器前）	滤波器
4	滤波器—变压器连接端高压侧	滤波器
5	列车单相电源线	辅助变流器
6	变压器—变流器连接端	驱动变流器
7	牵引电机电缆	牵引电机
8	变压器辅助电源线圈	DC 辅助电源
	<u>d.c.牵引电源端口</u>	
2	D.C.传导输入端	主断路器
3	高压连接端（滤波器前）	滤波器
6	滤波器—变流器连接端	驱动变流器
7	牵引电机电缆	牵引电机
	<u>a.c.辅助端口</u>	
9	A.C.辅助电源	环境调节设备
	<u>d.c.辅助端口</u>	
9	D.C.辅助电源	
	<u>蓄电池参考端口</u>	
10	蓄电池电源	电子电源
11	列车控制总线（蓄电池常规电压）	列车管理系统
19	继电器逻辑输入/输出	电子控制系统
	<u>信号和通信端口</u>	
12	车辆内数据总线	电子控制系统
13	列车内数据总线	列车管理系统
14	乘客娱乐网络	乘客娱乐设备
15	触发控制线	电子控制系统
17, 18	传感器/变送器信号（数字或模拟）	电子控制系统
20	通信接口（维护）	电子控制系统
	<u>过程测量和控制端口</u>	
16	内部电子电源	电子控制系统
18	传感器/变送器信号（模拟）	电子控制系统
	<u>机箱端口</u>	
21	设备外壳	所有设备
	<u>接地端口</u>	
22	接地连接	所有设备

注 1: 目前, 对 9 kHz-30 MHz 之间牵引电源的传导发射还没有一致的方法或限值。限制连接到牵引电源的设备的传导发射可以防止电源系统的过度辐射发射。附录 B 提出了一种测量传导发射的方法。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 无射频传导限值要求。设备与其他周围设备安装在一起时必须满足 EN50121-3-1 关于列车的辐射发射限值的要求。

表 3: a. c. 或 d. c. 辅助电源端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
a.c. 或 d.c. 辅助电源 (图 A.1、A.2 和 A.4 的端口 9)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2、3、4
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2、3、4

注 1: 目前, 对 9 kHz-150 kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 使用由 GB 4824-1996 定义的方法。目前, 现有的传导发射 (GB 4824-1996) 的测量方法对耦合网络的电压和电流等级方面有限制。另外, 测量电压的方法用来测试高压电源系统存在安全问题。限制与外部电缆系统连接设备的传导发射可以防止过度的辐射发射。

注 3: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

注 4: 该条款不适用于与其它特定的、兼容端口相连接的电源端口。

表 4: 蓄电池参考端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
蓄 电 池 电 源 (图 A.1~A.5 的端口 10)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2

注 1: 目前, 对 9 kHz-150 kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度的辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

表 5: 信号和通信, 过程测量和控制端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
电子电源 交流正弦或直流 (图 5 的端口 16)	GB 4824 -1996	9 kHz-150 kHz	无传导骚扰限值要求	见注 1
		150 kHz-500 kHz	99 dB μ V 准峰值	见注 2
		500 kHz-30 MHz	93 dB μ V 准峰值	见注 2

注 1: 目前对 9 kHz-150 kHz 之间的传导骚扰没有限值。限制设备的传导发射可以防止过度辐射发射。制造商和用户可以在该技术以及传导和辐射发射之间的关系上积累经验, 以期将来改进本标准。

注 2: 该条款指的是工业限制值, 但要考虑到它们已用于定义保护无线电和电视, 因为设备不同, 铁路设备的限值提高了 20dB, 是可能存在问题的更典型情况。

表 6: 机箱端口

端 口	基础标准	频率范围	限 值	备 注
-----	------	------	-----	-----

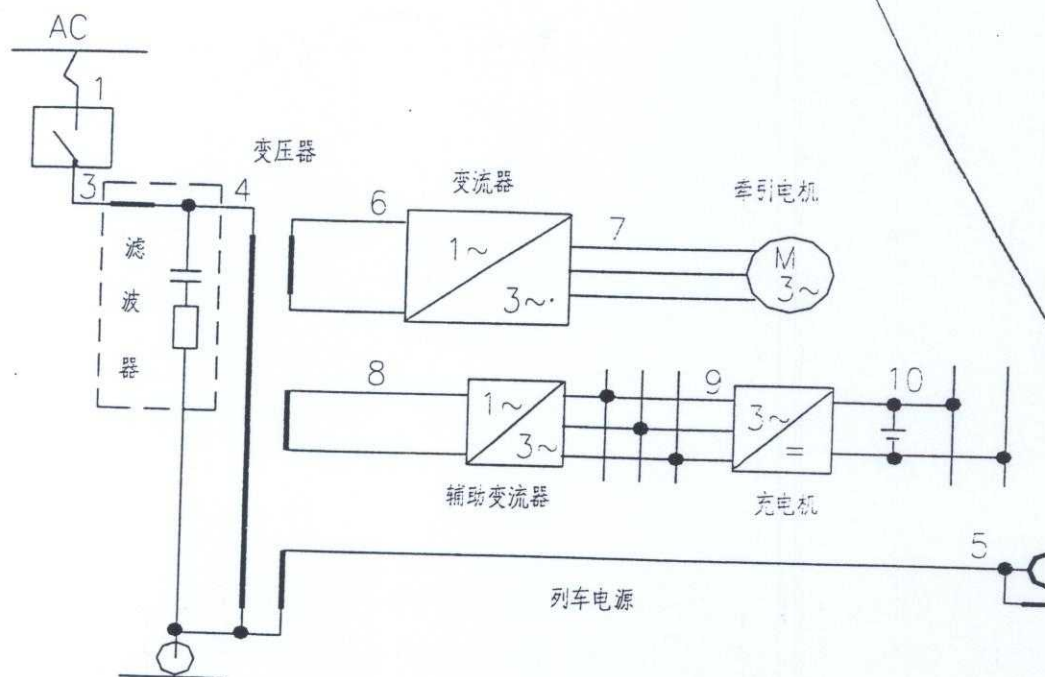


图 A.1: 进线段有噪声计量滤波器和交流传动系统的交流机车

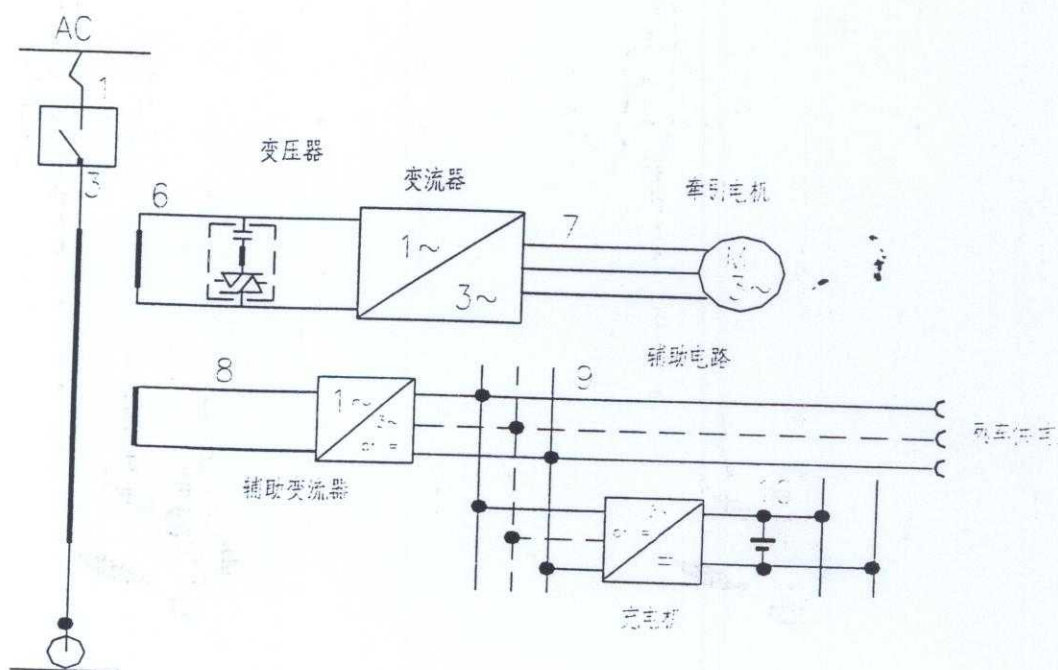


图 A.2: 具有直流或三相交流辅助变流器和列车电源及变流器端
装功率因数校正滤波器的 A.C./A.C. 系统

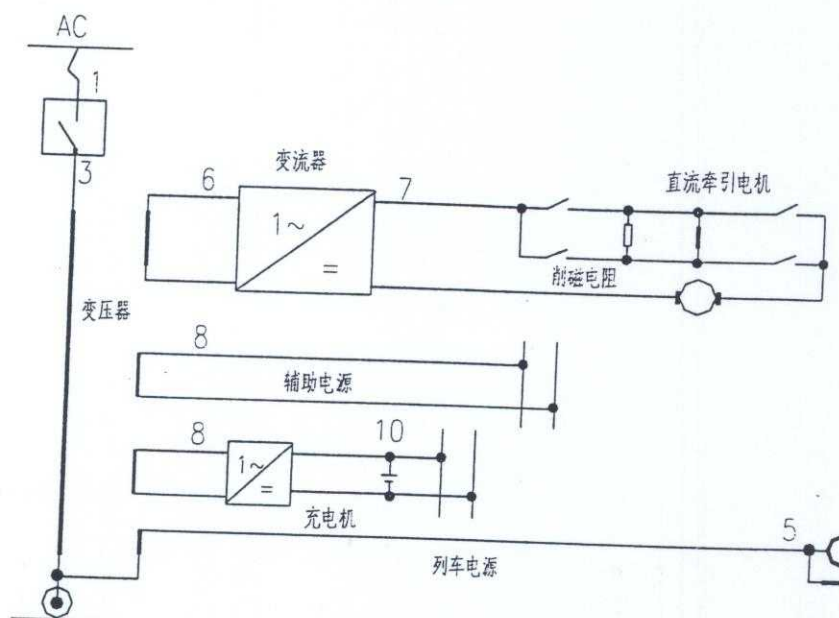


图 A.3: 由相控变流器供电的带有交流输入和直流牵引电机的典型系统

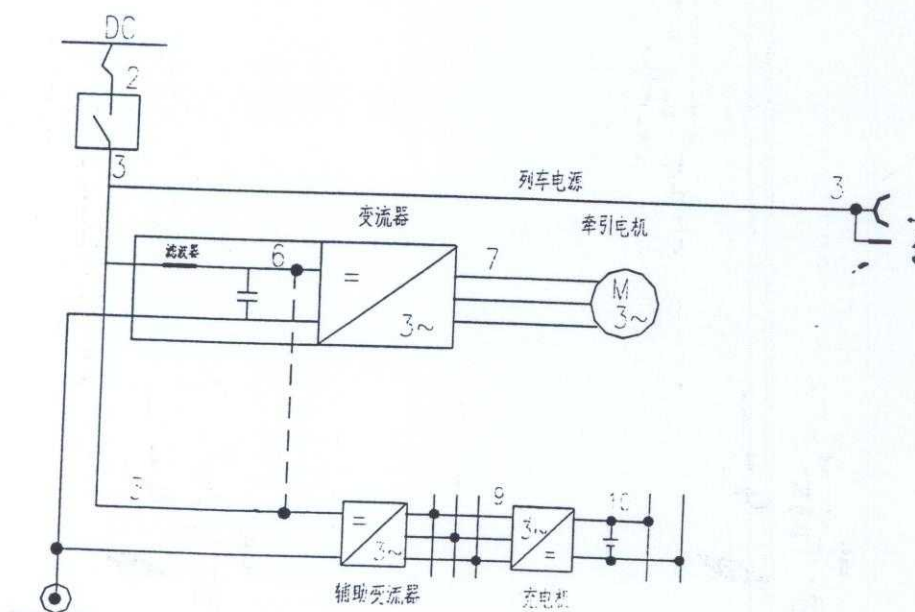


图 A.4: 直流供电交流驱动的系统

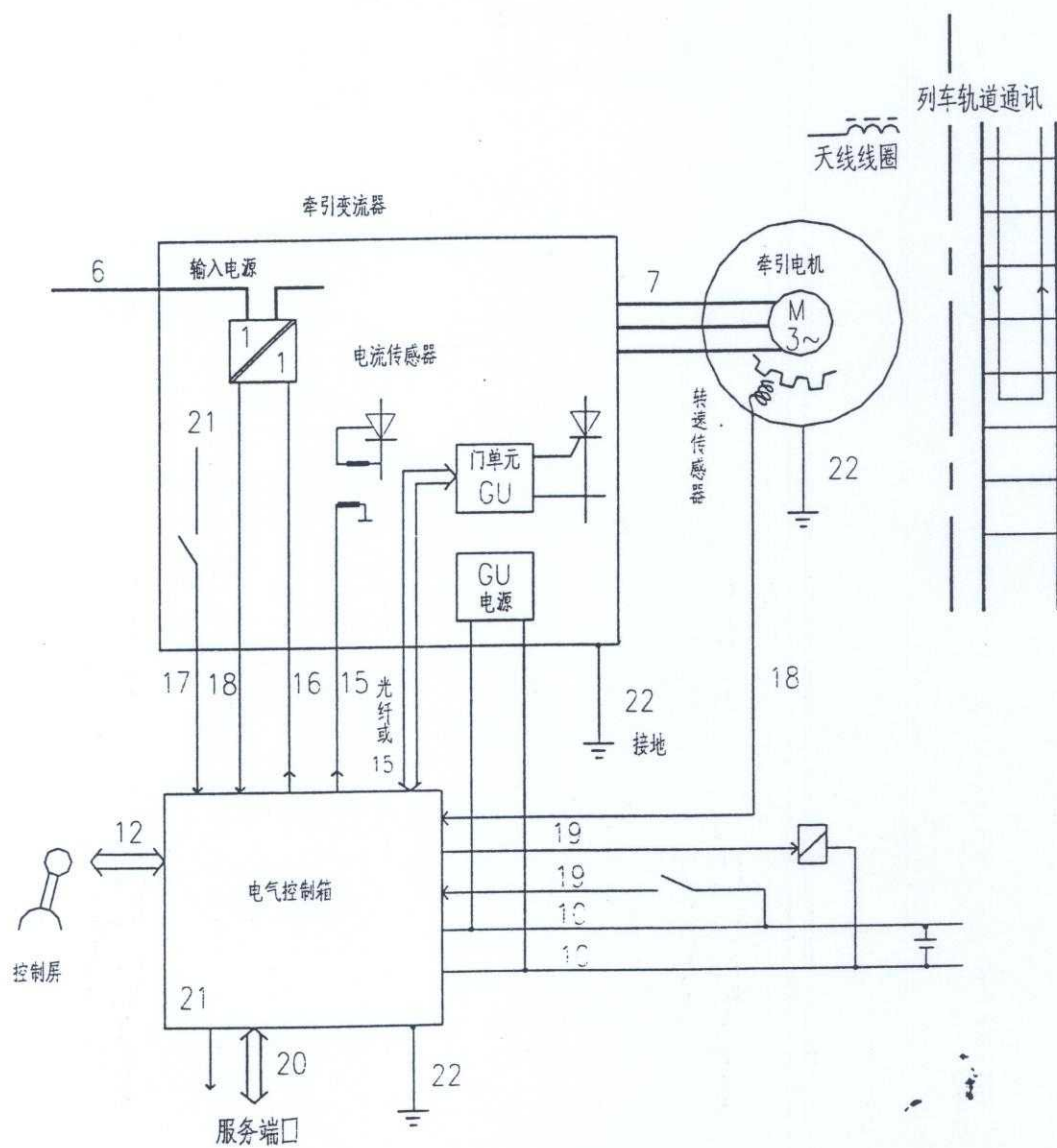


图 A.5:变流器和电子控制装置的辅助端口