

白皮书

音频简介

声学、扬声器和音频术语

九月 2024

目录

1	引言	3
2	音频频率	3
2.1	可听频率	3
2.2	采样频率	3
2.3	频率和波长	3
3	声学与房间尺寸	3
3.1	回声	3
3.2	房间大小的影响	4
3.3	中性室内声学的专业解决方案	4
4	声音测量	4
4.1	人类对声音的感知和响度单位 (方)	5
4.2	瓦特	5
4.3	分贝	6
4.4	声压级	6
5	动态范围、压缩和响度	7
6	扬声器	8
6.1	响应的极坐标图示	8
6.2	扬声器灵敏度	8
6.3	内置数字信号处理器	9
6.4	扬声器类型	9
6.5	扬声器布置	14
6.6	AXIS Site Designer (安讯士现场设计师)	15

1 引言

我们在某个房间内所能体验到的音频质量受到很多因素的影响，例如音频信号处理、扬声器及其组件的质量以及扬声器的摆放位置。房间本身的特性，如反射、吸收和扩散，也有着重大影响。如果您去过音乐厅，您可能会注意到天花板和墙壁都经过改装，以便优化音频体验。

本文档概述了基本音频术语和影响室内音频质量的房间特性。它还介绍了不同扬声器类型的背景及其在音频安装中的理想摆放位置。

2 音频频率

2.1 可听频率

理论上，人耳能感知20 Hz至20 kHz的频率，这个20 kHz的上限会随着年龄的增长而降低，但高频仍能通过泛音为低频音频增添“特色”。人类的语音有很多和声，因此较为复杂，分散在85 Hz左右（人类男性最低音）到8 kHz左右（人类女性泛音）之间。在电话中，常见的频率范围是300 Hz至3.4 kHz，虽然它让声音可以听见，但音频不会像在整个频率范围内录制的声音一样清晰。

2.2 采样频率

采样频率是模拟输入音频每秒拍摄的音频“快照”数量，目的是以数字化的方式重构音频。在音频文件和CD中，44.1 kHz是一种常用的采样频率，即每秒拾取44,100个样本。采样频率必须至少为应重构的最高输入音频频率的两倍。

2.3 频率和波长

频率（ f ，单位Hz）和波长（ λ ，希腊字母lambda，单位m）之间存在着简单的反比关系：

$$\lambda = v/f$$

波长等于声速（空气中 $v=340$ m/s）除以频率。要在波长与频率之间快速切换，还可以使用一些在线工具。举几个音频波长的例子：20 Hz的频率对应于约17 m (56 ft) 的波长，而20 kHz的较高频率对应于约1.7 cm (0.7 in) 的较短波长。显然，我们能感知到的音频波长范围很广。

3 声学与房间尺寸

3.1 回声

在空旷的房间内，声音中将有回音和/或延迟。当然，这是因为，平整表面都是反射音频波的理想之处。添加织物和非均匀表面（如沙发、窗帘和地毯）会降低回音，但声音的响度也会因为吸收而变得稍低一些。

在到达我们的耳朵之前，声波经常会反射多次。已知声音在空气中传播的速度为340 m/s (1020 ft/s)，我们可以计算出回声所传播的距离。例如，如果我们在起初的声音发出后0.25 s听到回声，那么声音的传播距离大约为85 m (0.25 s × 340 m/s)，或255 ft。每次反射后，音频会衰减一点，直到我们不再听到为止。

3.2 房间大小的影响

房间大小对音频体验有很大影响。对于波长为17米（56英尺）以下的最低低音，在小房间内，人耳可以听到的声波会在波完全形成之前在墙壁上发生反射。这种情况可产生共振和相关的驻波，导致一些频率放大（音量更高），而另一些频率衰减（音量更低）。如要在不失真的前提下听到低音，我们需要一个相当大的房间。

共振对音频质量体验的影响随着音量的增加而增大。音量越大，反射声对声源声的干扰就越大。

在小房间内，对于低频，房间主导声音，而对于高频，则扬声器主导声音。对于小房间来说，房间过渡频率通常在300 Hz左右。在这个频率上，音频可以从波状表现转变为射线状表现。

3.3 中性室内声学的专业解决方案

为了减少大房间或空房间内令人讨厌的回声，可以在天花板和/或墙壁上安装隔音板。这些隔音板由吸音材料制作，并在空间（如购物中心、礼堂、办公室和会议室）中创造更多中性的音效。然而，使用窗帘或其他室内织物也可以达到类似的效果。

隔音板通常非常适用于高于300 Hz的频率，而随着频率降低，吸音能力也逐渐降低。



Figure 1. 窗帘和其他织物可显著提高室内音效。

4 声音测量

本节介绍人类对声音的感知、对声音的不同测量方法以及这些方法之间的关系。

4.1 人类对声音的感知和响度单位（方）

尽管人耳对20 Hz至20 kHz之间的频率都敏感，但灵敏度也会因频率而异。因此，特定功率的声音会被视为在不同频率具有不同的响度。响度单位“方”考虑到了这种灵敏度，例如，50方的正弦音在各种频率下的响度都被认为同样高。

下面的图2显示了等响度曲线。一条线表示必须使用的声级，使声音能够在所有频率下都被感知为同一音量。不同的线表示不同的方值。

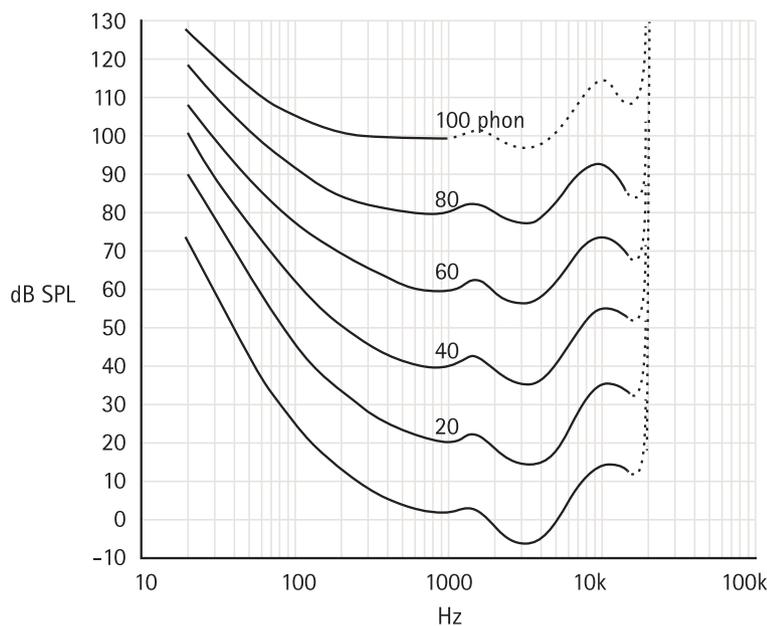


Figure 2. 不同频率下所需的声压级，使声音在所有频率下都被视为同等响度。这些曲线起初来自ISO标准ISO 226:2003。

从曲线上可以明显看出，在较低的频率下，声级必须大幅度提高，这样才能让人感觉到与较高频率时一样响亮。这是因为，人耳对较低的频率较不敏感。曲线的最小值约为2–5 kHz，这意味着这是一个人耳更敏感的频率范围，在此范围内人耳能够很好地解读对话。这也是人类语音的频率范围。

4.2 瓦特

功率单位瓦特(W)常用于各电气元件（如灯泡、笔记本电脑充电器和扬声器）。然而，该单位也可用在其他地方，在音频术语中，我们有多种功率，如瞬时功率、平均功率、RMS（均方根）功率和峰值功率。

功放可以被制造成能够在非常短的时间内提供300 W的功率，例如，在听到鼓声、爆炸声或其他短暂响亮的瞬时音频时，提供此功率。这意味着瞬时功率将从非常低急剧增加到非常高。但是，同一功放只能在50 W的条件下连续使用，因为连续使用会产生更多的热量，这会影响电子元件和功放的性能。

人耳不会认为10 W的声音比5 W的声音响两倍。事实上，声功率要高出10倍(50 W)，人耳才能感觉到声音大了一倍。这就是引入分贝的原因。

4.3 分贝

因为声音以非线性的方式被感知，所以应使用非线性单位分贝 (dB) 进行测量和描述。声功率的加倍（以W为单位）等于3 dB的增加，响度的加倍等于10 dB的增加。图3显示了常见的声源及其功率级 (dB)。

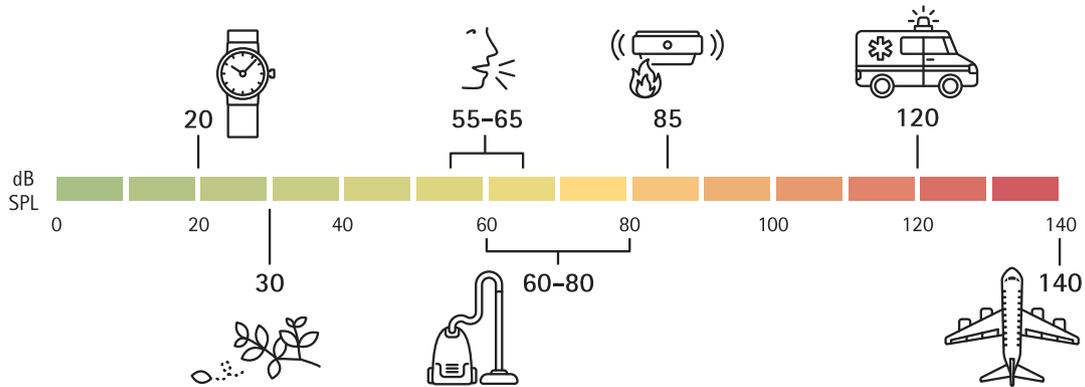


Figure 3. 常见音源的近似声级（以分贝为单位）。

如第4.1节所述，用加权dBA标度给出的声压级已根据人耳对声音的频率感知进行了补偿。例如，在使用非加权dB标度的情况下，100 Hz频率下的100 dB声级的响度等同于1 kHz频率下的80 dB声级，而100 dBA在所有频率下的响度都相同。

分贝单元通常是指响度的相对变化。绝对值应使用dB SPL表示。0 dB SPL是人耳能够感知的最柔软的声音。

4.4 声压级

声压级 (SPL) 是指在指定时间内测量到的瞬时声压的 RMS 值，单位为dB。SPL并不是响度的恒定平均值，而是短峰值的平均值。

如果没有其他说明，则视为扬声器的给定SPL值是在1 m距离处针对1kHz音调测得。

音频源的声压级会随着与声源距离的增加而降低。如图4所示，假设距离声源1 m处的声压级为0 dB，那么与声源之间的距离每加一倍，声压级就会降低6 dB。但是，如要更详细地了解某个扬声器的声级，我们需要查看其响应的极坐标图示，如第6.1节所述。

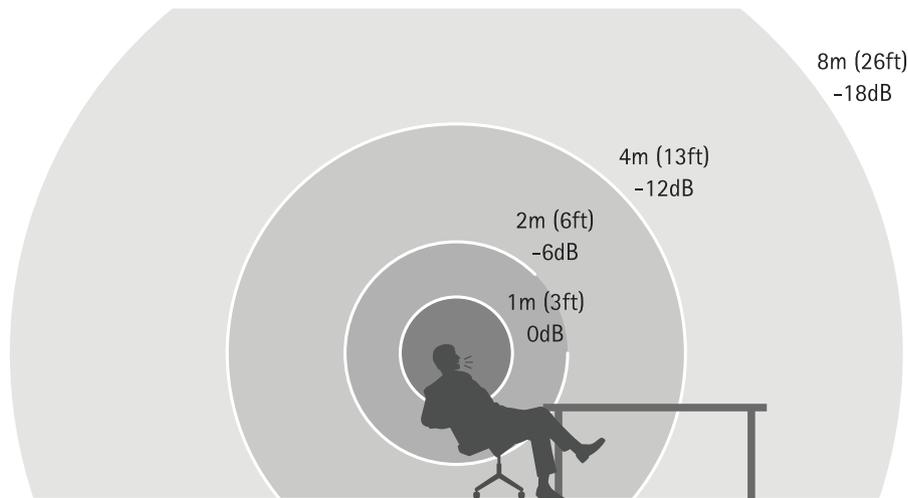


Figure 4. 音频源的声压级随着与声源距离每加一倍而降低6 dB。

5 动态范围、压缩和响度

录音的动态范围较大，也就是说，最安静的部分和最响亮的部分之间差异较大。



Figure 5. 大动态范围录像的可视化，无压缩。

最安静的部分声音变大，而声音大的部分要么保持不变，要么声音变小。波峰和波谷之间的差异较小，这让我们觉得这段录音的音量较大。从图6中可以看出，动态范围有所减小。



Figure 6. 上述相同录音的可视化，现在是压缩后的效果。

动态范围的压缩通常适用于餐厅、零售和类似公共环境的音频系统，在这些环境中，需要以相对较低的音量播放背景音乐。除了使音量更稳定外，压缩还可使音频的较安静部分比环境噪音更容易听到。

6 扬声器

扬声器可根据其用途采用不同的物理形状。传播音频的组件，即扬声器驱动器，通常是锥形的，但如果要重构高频率，也可以采用其他形状。某些扬声器的声音方向非常窄，能够在—个方向上实现高声压。某些其他扬声器则被制作成尽可能大范围地传播声音。扬声器重构音频信号的能力取决于音频信号的频率。

6.1 响应的极坐标图示

图8中的极坐标图显示了由（位于图中央的）普通示例扬声器发出的不同频率的不同传播方式。其中显示，较低频率可以传播到较宽的范围（甚至是扬声器后面的180度处），但较高的频率方向性更强。

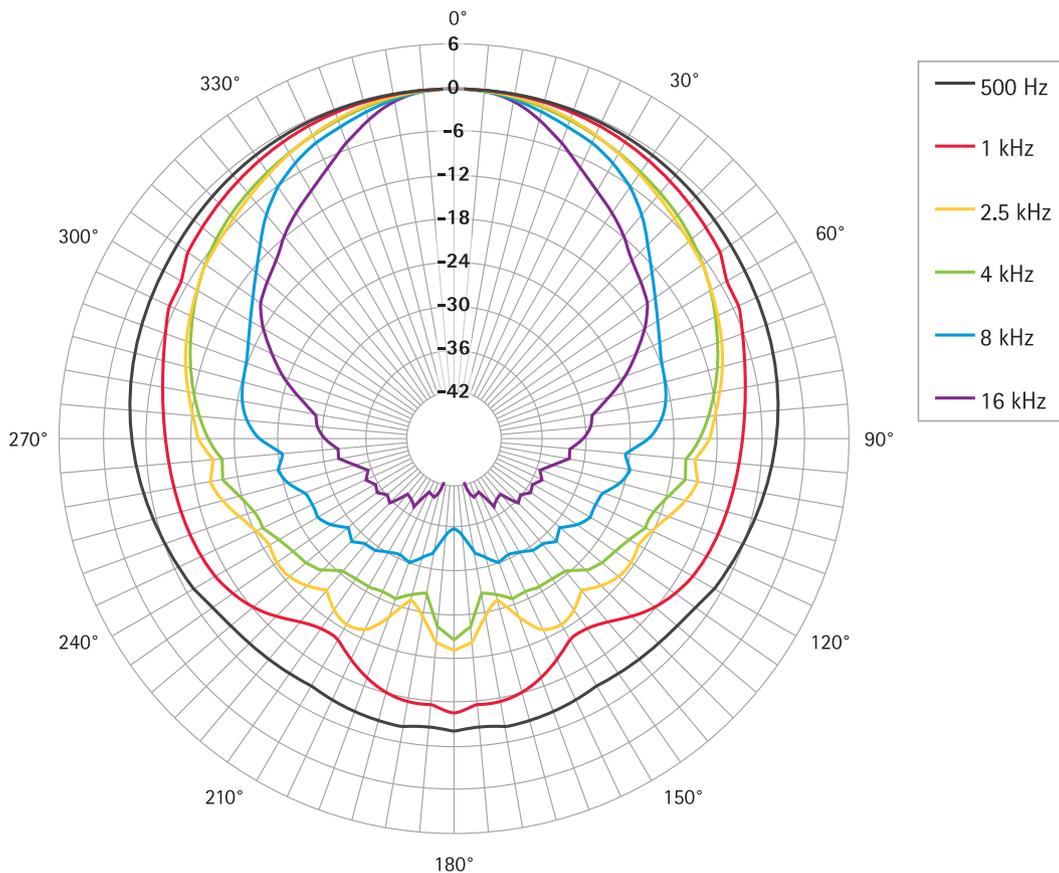


Figure 7. 极坐标图，显示了从位于图中心的普通示例扬声器发起的频率传播。较低频率可以传播到较宽的范围（甚至是扬声器后面的180度处），但较高的频率方向性更强。

6.2 扬声器灵敏度

扬声器灵敏度是当被输入一定的功率时，其再现声音的能力。灵敏度的确定方式通常是，输入1 W的音频信号（通常为1 kHz），然后在1 m距离处测量声压级（单位：dB SPL）。扬声器的常见灵敏度值约为85–92 dB SPL。灵敏度越高，扬声器在输入一定功率时发出的声音就越大。

对于模拟扬声器，扬声器的灵敏度通常是扬声器的质量指标。较低的灵敏度意味着，磁体不太强大，并且/或者线圈更小、更便宜。因此，就音频质量而言，10英寸的扬声器不一定比8英寸的扬声器更好。

不过，对于数字扬声器而言，功放被集成到扬声器中。测量扬声器的灵敏度对于确定扬声器的质量并不重要。

6.3 内置数字信号处理器

大多数安讯士扬声器都拥有集成式功放和数字信号处理器 (DSP)，可实现预先配置的音质。这些可以保证：任何人都可以使用这些扬声器，无需音频专家，亦能获得良好音效。DSP可分析和处理音频信号，提高语音清晰度。

安讯士扬声器内置有DSP，可过滤背景噪声，平衡音频频率，提高音质。它还能压缩音频信号的动态范围。音频信号的音量通常会有波峰和波谷，动态范围控制可以平衡这些波峰和波谷，以确保声音以理想的音量播放给听众。

DSP可补偿人耳在低音量时不易察觉的安静声音。它能提高此类声音的频率，保证听者不会错过任何声音。此外，它还能以数字方式处理、存储音频，以及将音频从声源传输到扬声器。这样既能改善音质，又能保持信号强度，确保扬声器拥有理想的音质表现。背景音乐和语音的声音模式已预定义，因此您不必手动控制音质。

6.4 扬声器类型

外形、声压和安装方式不尽相同，例如，某些扬声器类型适合在嘈杂的室外区域清晰地播放通知，而某些在较小的空间中效果更好。



Figure 8. 安讯士扬声器。

6.4.1 高保真扬声器

在高保真设备中，“2路”或“3路”扬声器很常见。这些扬声器使用多个不同的扬声器驱动器，以便准确地再现介于20 Hz至20 kHz之间的尽可能多的频率。一个驱动器可能负

负责重现500 Hz以下的声音，第二个驱动器负责重现500 Hz至9 kHz的频率，第三个驱动器负责重现9 kHz以上的频率。这些边界频率被称为“分频频率”。高保真扬声器设计用于以高响度非常准确地重现音频。

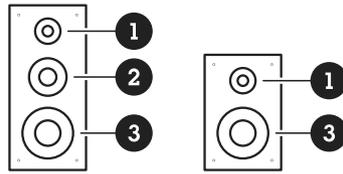


Figure 9. 高保真扬声器高音驱动器 (1)、中音启动器 (2) 和低音启动器 (3)。

6.4.2 号角扬声器

号角扬声器的用途与高保真扬声器不同，不应覆盖较大的频率范围。其目的反而是将人耳最敏感的频率的响度最大化，以便扬声器能够尽可能清晰地传达信息（例如人声或警报声）。号角可将声音导向一个方向，从而进一步增强声压。



Figure 10. 网络号筒扬声器

6.4.3 多功能扬声器

多功能扬声器易于集成，属于一体化解决方案，您可以用它来播放实时或预先录制的语音消息，以提供安全说明或吓退入侵者。您还可以使用多功能扬声器来播放背景音乐。安讯士产品阵容中包含多种多功能扬声器：

6.4.3.1 箱式扬声器

安讯士箱式网络扬声器可提供中等声压级。它可在大多数室内区域使用，但在非常嘈杂的环境中就不那么理想了。它还可用于半室外，这意味着它可以安装在保护其远离大雨的顶架之下。箱式扬声器可水平或垂直安装在墙上、天花板上或用悬挂套件安装。



Figure 11. 箱式扬声器

6.4.3.2 吸顶式扬声器

安讯士吸顶式网络扬声器提供中等声压级，应在噪音较少的室内或室外区域（如医院、零售店或办公楼）中使用。它可安装在吊顶内，与周边环境融为一体，隐蔽性良好。



Figure 12. 吸顶式扬声器

6.4.3.3 悬挂式扬声器

安讯士悬挂式网络扬声器为中等声压级，适用于吊顶较高、噪音较小的室内区域。它有两种尺寸，电缆长度可以调整，因此能够适配大多数吊顶。



Figure 13. 悬挂式扬声器。

6.4.3.4 微型扬声器

安讯士微型网络扬声器提供低声压级，应在较安静的室内区域使用。它小巧而隐蔽，适合在小空间或走廊中使用，可以贴装在墙面或吊顶上。它具有较宽的音频覆盖范围，这意味着您需要的扬声器更少。微型扬声器具有用于移动侦测的内置PIR传感器，可对其进行设置，以便扬声器在有人靠近时能够自动播放音频消息。



Figure 14. 微型扬声器

6.4.3.5 投音机

安讯士网络投音机声压级高，声音自然、浑厚。这意味着既能够尽可能清晰地传达信息，又能够让背景音乐保持理想声效。投音机可用于室外安装或嘈杂的室内区域，可以安装在

立柱、墙壁或吊顶上。它可以安装在容易触及、破坏风险较高的地方——投音机具有防暴功能，而且还采用了时尚简约的设计，很容易融入环境。



Figure 15. 投音机。

6.5 扬声器布置

扬声器的布置方式多种多样。一般的原则是，尽可能始终使声音沿着房间直线投射。也就是说，如果房间为长方形，则尽量在短的一边墙面上布置扬声器，让声音沿着长的一边墙面投射。这样可使声音到达墙壁并发生反射之前传播的更远。但是，不建议在拐角布置扬声器，因为这样会不均匀地放大低音。

6.5.1 成组安装

如果优先进行简单和低成本的安装，则可以选择扬声器成组安装。这将尽量减少布线，但可能无法实现良好的声音传播。

6.5.2 壁挂安装

如果房间尺寸允许，而您不介意额外的布线，壁挂安装解决方案可能会使声音更好地扩散。在与成组安装示例中的扬声器数量相同的情况下，安装可能如下图所示。但是，如果房间很大，则扬声器的覆盖范围可能过小。

6.5.3 吸顶安装

如果房间有吊顶，或者可以安装内置吸顶式扬声器，那么吸顶安装可能是一种隐蔽性更好的解决方案。然而，这种布置对天花板高度非常敏感。天花板越低，覆盖特定区域所需的扬声器越多。

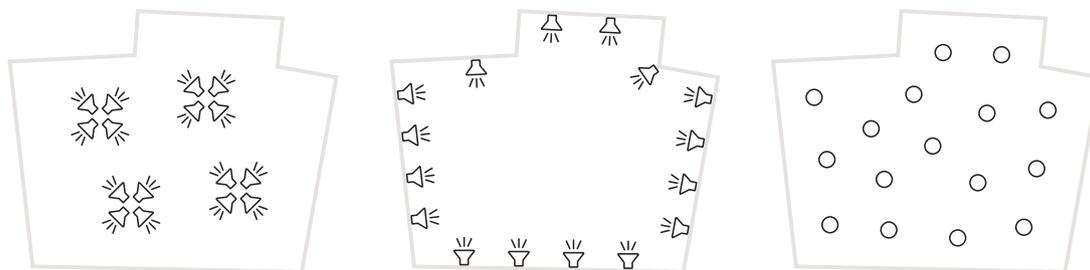


Figure 16. 扬声器的成组安装、壁挂安装和吸顶安装。

6.6 AXIS Site Designer (安讯士现场设计师)

AXIS Site Designer (<https://sitedesigner.axis.com>) 是一款非常实用的在线工具，用于规划和设计音频安装（以及视频安装），包括根据现场条件选择使用哪些扬声器、需要多少扬声器、扬声器的理想摆放位置等。

关于 Axis Communications

Axis 通过打造解决方案，不断提供改善以提高安全性和业务绩效。作为网络技术公司和行业领导者，Axis 提供视频监控解决方案，访问控制、对讲以及音频系统的相关产品和服务。并通过智能分析应用实现增强，通过高品质培训提供支持。

Axis 在 50 多个国家/地区拥有约 4,000 名敬业的员工 并与全球的技术和系统集成合作伙伴合作 为客户带来解决方案。Axis 成立于 1984 年，总部在瑞典隆德