← 返回技术与经验

MATERIAL & PROCESS REVIEW • 电极丝选型专题

日铁SG（铃木金属）SP / SPZ 钢芯电极丝

用钢琴弦级的钢芯扛住放电高温，用黄铜与纯锌镀层管放电——钢芯复合丝为什么几乎全面替代了钨、钼电极丝

技术专题文章 | v1.0 | 2026-09-24

TL;DR • 核心结论

SP Wire 是日本钢线综合制造商铃木金属工业（已并入日铁住金集团，现由集团旗下日鉄SGワイヤ株式会社 Nippon Steel SG Wire 经营）生产的钢芯复合电极丝：钢琴琴弦级高碳钢做芯，外覆紫铜中间层与黄铜镀层，0.03–0.10 mm 直径档抗拉强度 2160 N/mm²、延伸率 1%、电导率 13% IACS、直径公差 +0 / −0.003 mm。SPZ 是同一钢芯外覆纯锌镀层的版本，切割速度可提升 30–80%，在油工作液机型上尤为明显。

它解决的是一个具体的矛盾：直径小于 0.10 mm 时黄铜丝高温强度塌陷、频繁断丝；改用钨、钼丝虽然强度够，却放电性能差、价格贵、还加速磨损导丝系统。钢芯复合丝把"强度"和"放电"分给两种材料各管一半——这正是它能替代钨钼的原因。

一句话：0.03–0.10 mm 这个"黄铜丝做不到、钨丝不划算"的区间，SP / SPZ 就是行业标准答案。



图 1 · SP Wire Φ0.05 mm / 5,000 m 原厂线轴上机实拍——线轴标签清楚印着 NIPPON STEEL SG WIRE CO., LTD. 与 MADE IN JAPAN（华盈现货实拍）

一、先厘清厂商：铃木金属、日铁住金、日鉄SGワイヤ是什么关系

市场上叫法很乱："铃木线""日铁线""SP 线""AP 线"经常混用。理一遍脉络：

- **铃木金属工业（Suzuki Metal Industry）**：日本老牌钢线综合制造商，主业是钢琴弦、吉他弦等琴弦级高碳钢丝，以及各类镀层钢线。钢芯电极丝正是从"造钢琴弦"的拉丝与镀层工艺里长出来的产品——SP 的官方产品代码 SWP-SP（Brass plated piano wire，黄铜镀层琴钢丝）至今仍挂在日铁 SG 的镀层线产品表里，用途一栏写的就是" mainly electrode wires for electric discharge processing"。
- **日铁住金（新日铁住金，现日本製鉄集团）**：铃木金属并入日铁住金集团，钢线业务归入集团旗下。

- **日鉄SGワイヤ株式会社（Nippon Steel SG Wire Co., Ltd.）**：集团内承接钢线业务的现主体，SP / SP-Zn 电极丝今天就是以这家公司的名义销售的——本文图 1 的线轴标签即为实证。

所以"日铁住金（铃木）生产的 SP 线"这个说法是准确的：技术源头与产品谱系来自铃木金属，现由日铁集团旗下的日鉄SGワイヤ制造销售。市面上为沙迪克代工的 AP Wire，同样出自这条产线体系。

二、SP 是什么：把"强度"和"放电"分给两种材料

2.1 三层复合结构

SP / SPZ 是复合丝，由内到外三层：

- **芯材：钢琴琴弦级高碳钢丝。**负责强度——尤其是高温下的强度。琴弦钢丝本来就是"抗拉强度"这个指标的行业标杆，日铁 SG 几十年的拉丝经验保证了超细直径下芯材的均匀与平直。
- **中间层：紫铜镀层。**负责导电与结合——铜的电导率远高于黄铜，先把电流 efficiently 送进来。
- **外层：黄铜（SP）或纯锌（SPZ）镀层。**负责放电——锌系镀层在放电通道里的汽化蚀除行为带来更高的切割速度与更好的表面质量。

这个分工就是钢芯丝的全部设计哲学：**黄铜丝的问题是没有"芯"，强度只能靠铜锌合金自己扛；钨丝的问题是全身都是"芯"，放电性能与成本都不友好。**钢芯复合丝在两者之间取了一个工程上的最优解。

2.2 可核实的规格

项目	SP Wire	SPZ Wire
制造商	日鉄SGワイヤ株式会社（Nippon Steel SG Wire，铃木金属体系）	
芯材	高碳钢（琴钢丝级）	琴钢丝
镀层	黄铜（外）+ 紫铜（中间层）	纯锌（外）+ 紫铜（中间层）
抗拉强度	2160 N/mm²	2100–2400 N/mm²

延伸率	1%	1%
电导率	13% IACS	13% IACS
直径公差	+0.000 / −0.003 mm	
直径档	0.03 / 0.04 / 0.05 / 0.06 / 0.07 / 0.08 / 0.10 mm	
盘长	5,000 / 10,000 / 20,000 / 40,000 m（P3 线轴，3 kg）	

注意两个和黄铜丝直觉相反的数字：**延伸率只有 1%**——这是低延伸设计，丝在张力下几乎不伸长，配合高抗拉换来极高的直线度与张力稳定性；**电导率 13% IACS**——比黄铜丝（约 20%）低，但钢芯丝的放电策略本来就不用"大电流快蚀除"，13% 够用。

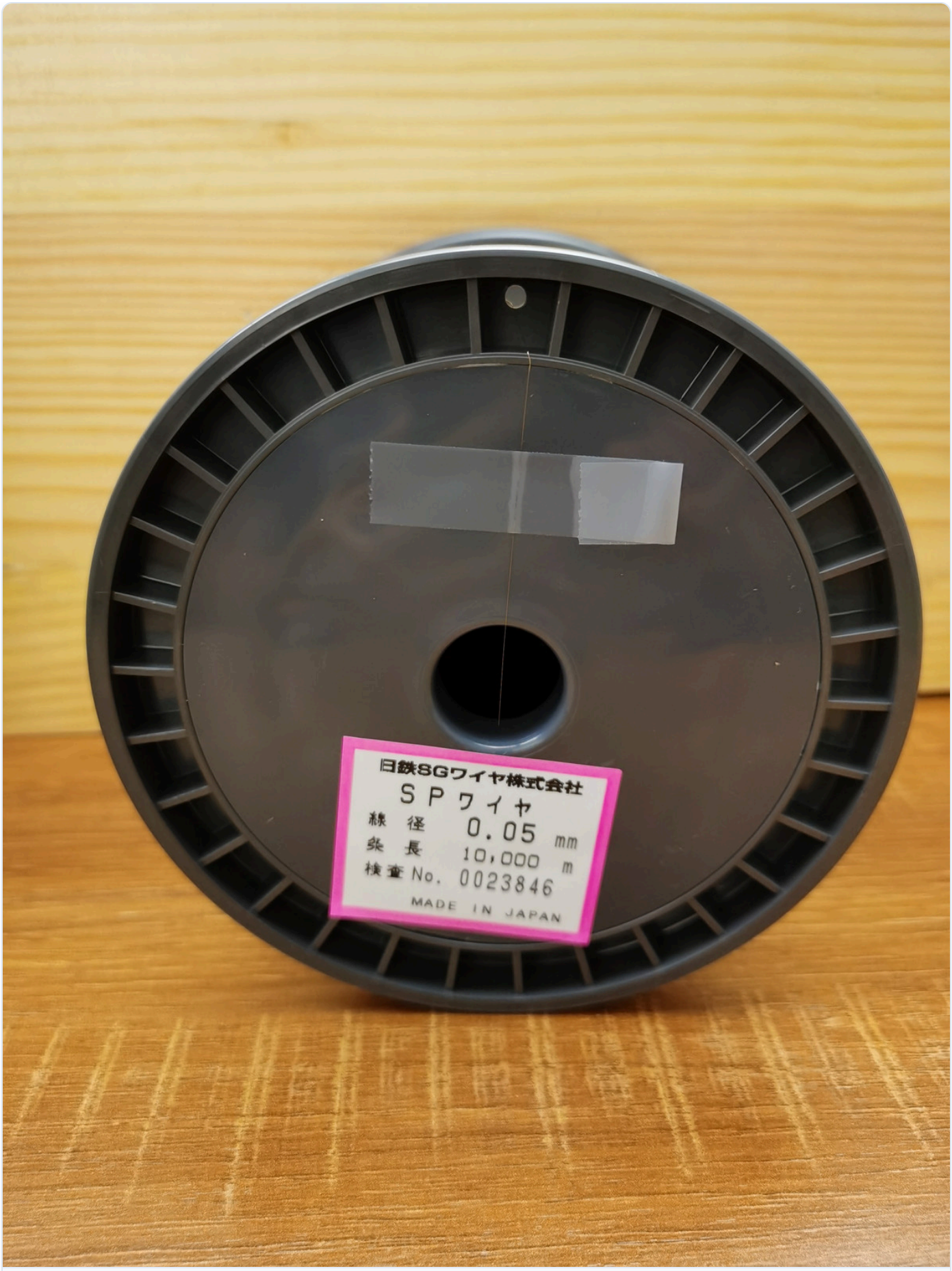


图 2 · SP Wire Φ0.05 mm / 10,000 m 原厂检查标签——MADE IN JAPAN，批号可溯（华盈现货实拍）

三、核心账目：高温下的强度差，才是分水岭

3.1 黄铜丝输在哪

慢走丝加工时，放电瞬间丝材局部被加热到数百度，加上放电爆炸力与冲液扰动，丝实际工作在"高温 + 高张力 + 振动"的恶劣状态。硬态黄铜丝常温抗拉约 900–1000 N/mm²，**问题不在常温，而在高温：铜锌合金的强度随温度上升迅速塌陷。**0.25 mm 的粗丝有足够的截面积冗余，塌一点也扛得住；但直径进到 0.10 mm 以下，截面积按平方缩水，高温强度塌陷直接表现为频繁断丝——这就是"小于 0.10 mm 黄铜丝无法使用"的物理原因。

3.2 钢芯的余量有多大

同样换算成"这根丝能拉住多少力"，差距一目了然：

丝型	丝径	抗拉强度	截面积	断裂载荷
硬态黄铜丝	0.10 mm	900–1000 N/mm²	7.85×10^{-3} mm²	7.1–7.9 N
硬态黄铜丝	0.05 mm	~1000 N/mm²（高温塌陷更剧）	1.96×10^{-3} mm²	~2 N（常温）；高温下更低
γ 相 / 镀层丝	0.05 mm	~2000 N/mm²	1.96×10^{-3} mm²	~3.9 N
钢芯 SP	0.05 mm	2160 N/mm²（钢芯高温保持率高）	1.96×10^{-3} mm²	~4.2 N，高温衰减远小于铜基丝
钨丝（对照）	0.05 mm	≥2800–3200 N/mm²	1.96×10^{-3} mm²	≥5.5 N

单看数字，钨丝最强。但选型看的不是常温断裂载荷，而是**"高温强度保持率 × 可承受张力 × 断丝率"的联合结果。**钢丝的高温强度保持率远高于铜基合金——琴弦钢丝本身就是靠"高温回火后仍保持高抗拉"吃饭的材料。SP 在 0.05 mm 档的实际可用张力余量与断丝表现，和它的常温数字一样稳定。

3.3 与钨丝的差距是"够用"与"过剩"的区别

钨丝强度确实更高，但钨丝的短板同样真实：单价高一个量级、无镀层导致粗切效率低、高硬度加快导丝咀与导电块磨损、脆性对操作容错要求高。0.03–0.10 mm 区间里，SP 提供的强度已经覆盖工艺需要——**多出来的那部分强度，在钨丝身上是以磨损导丝系统和高价为代价的。**这正是"SP 几乎全部替代了钨、钼电极丝"的经济逻辑。



图 3 · SP 电极丝整轴外观——VCI 防锈纸包装、灰色 P 型线轴（华盈现货实拍）



图 4 · SP Wire Φ0.05 mm / 5,000 m 原厂线轴与日鉄SGワイヤ株式会社出货标签——注意标签右下的实测值：实

测张力（T.S.）2299 N/MM²，高于 2160 N/mm² 的标称下限（华盈现货实拍）

四、SPZ：把外层换成纯锌，吃的是"镀层汽化"的红利

SPZ 与 SP 共用同一条钢芯产线，差别只在最外层：黄铜换成**纯锌**。

- **提速 30–80%**：锌的沸点（907 ℃）远低于铜锌合金的熔化区间，放电通道里锌的汽化爆炸更剧烈、蚀除效率更高。切割速度相对 SP 可提升 30–80%。
- **油工作液机型收益最大**：浸油式慢走丝（如沙迪克 AP 系列的油加工模式）放电能量利用率与锌镀层的匹配更好，提速幅度在这一类机型上尤为明显。
- **表面与变质层**：锌系镀层带来的另一组收益是工件表面积铜少、变质层更薄，对模具寿命友好。
- **取舍**：纯锌镀层更软，走丝速度上限、极细档的表面一致性上 SP 的黄铜镀层仍有自己的位置。速度优先选 SPZ，极限精度与稳定优先选 SP——这也是两条产品线并行至今的原因。



图 5 · SP-Zn Wire 整轴外观——蓝色 P 型线轴，与 SP 的灰轴一眼可辨（华盈现货实拍）



图 6 · SP-Zn Wire Φ0.07 mm / 10,000 m 出货标签——条码可溯，原厂检查记录随轴交付（华盈现货实拍）

五、对机床友好：不只是"自己不断"

钢芯丝的收益不只体现在断丝率上，还体现在整机的耗材经济学：

- **导丝咀、导电块磨损远低于钨丝**：钨丝的高硬度本质上是"拿模具磨电极丝"，而钢芯丝的表面是铜基镀层，硬度低得多。细丝加工里导丝咀本身就是易损高价件，SP 在这一项上的省耗是真实可观的。
- **高直线度 = 自动穿丝可靠**：1% 延伸率 + 琴弦级矫直工艺，丝的翘曲与圈径一致性远好于普通铜丝，自动穿丝（AWT）成功率直接受益。细丝无人化生产对这一项的依赖是刚性的。
- **40,000 m 大盘**：P5 大盘减少换丝停机，对批量冲压模加工的连续生产友好。

机床生态也印证了它的地位：**沙迪克 AP Wire 由日铁 SG 代工**；阿奇夏米尔的 Microcut 工艺包、夏米尔 ST 系列工艺均有对应 SP 的参数组；三菱等日系机床的细丝加工同样以 SP 为常规选择。换句话说，SP 是被机床厂参数库"官方收录"的那一支钢芯线——和 TWS 在极细钨丝里的地位完全对称。



图 7 · SP Wire Φ0.05 mm / 10,000 m 线轴细节——排线平整度直接影响走丝与穿丝稳定性（华盈现货实拍）

六、和钨丝是分工，不是替代

标题里说 SP"替代钨钼"，指的是 0.03–0.10 mm 这个区间内，钨钼丝失去了性价比根基。但分工的边界必须说清楚：

直径区间	0.03–0.10 mm	0.01–0.03 mm
主力丝种	钢芯复合丝（SP / SPZ）	钨丝（如住友 TWS 系列）
钢芯丝为什么退场	—	0.03 mm 以下钢芯丝的镀层厚度相对丝径占比失控，芯鞘界面失效与镀层均匀性风险上升，可批量供应的厂商屈指可数
钨丝为什么不上	单价高、粗切慢、导丝损耗大，强度过剩	高熔点、无镀层、强度与直线度是几何极限加工的唯一解

一个实用的判断：**0.05 mm 及以上，先试 SP / SPZ；0.03 mm 及以下，直接进钨丝体系。**两条产品线在 0.03 mm 附近交接，各有各的"物理上做不到"。

七、应用与选型速查

SP / SPZ 的主战场是"细丝 + 高精度 + 批量"三者同时成立的场景：

加工需求	推荐丝种	理由
引线框架冲压模（0.05–0.10 mm 级细缝）	SP / SPZ 0.05–0.10 mm	强度余量 + 断丝率 + 大盘连续加工
端子模、精密注塑模细筋位	SPZ 0.07–0.10 mm	速度优先，锌镀层提速 30–80%
光学部件、精密型腔精修	SP 0.04–0.05 mm	黄铜镀层稳定性与表面质量优先
浸油式机型（沙迪克 AP 系列等）	SPZ	油工作液下锌镀层收益最大
0.03 mm 极细加工	SP 0.03 mm 或钨丝	视张力窗口与精度要求，钨丝为极限方案

0.02 mm 以下	钨丝（TWS-20 / TWS-30）	钢芯体系无对应产品

八、使用注意

- **张力设定**：按丝径档对照机床工艺库设定，不要套用钨丝或黄铜丝的经验值。1% 延伸率意味着张力超调的容错比黄铜丝更小。
- **参数体系**：阿奇机上走 Microcut 工艺，夏米尔对应 ST 系列 TEC 工艺，沙迪克直接用原厂 AP 参数——钢芯丝与黄铜丝的放电参数不可互换。
- **防锈与储存**：钢芯的代价是耐蚀性弱于铜基合金。原厂 VCI 防锈纸包装不要提前拆封，仓储避免高湿环境；上机前检查丝表面有无锈点，锈蚀会直接在导丝咀与导电块上放大磨损。
- **换丝验证**：从黄铜/镀层丝切换到 SP / SPZ，需按机床厂对应工艺包重打参数试切，不可沿用原参数。

结语

SP / SPZ 的故事一句话可以说完：**把钢琴弦的强度和黄铜的放电装进同一根 0.05 mm 的丝里。**铃木金属几十年的琴弦级拉丝工艺做芯，日铁集团的体系背书做产线，沙迪克、阿奇、三菱的参数库做生态——三件事叠在一起，才有了"0.03–0.10 mm 区间行业标准答案"这个位置。

对使用者来说，选型判据同样简单：黄铜丝断丝做不到的精度区间，先看 SP / SPZ；钢芯丝也到不了的 0.02–0.03 mm 极限区间，进钨丝体系（参见本站《住友钨丝的独特性》与《高强度钨丝在光电领域慢走丝线切割中的应用》两篇）。

参考资料与说明

序号	资料	用于支撑的内容
1	日鉄SGワイヤ株式会社 SP Wire / SP-Zn Wire 产品目录（sgw.nipponsteel.com）	产品定位："以钢线综合制造商多年钢线制造技术为基础开发的超精密加工用电极线"，强度与真直度优于钨钼替代方案

2	Nippon Steel SG Wire 镀层钢线产品表（SWP-SP：Brass plated piano wire，Φ0.03–0.10 mm，用途主要为放电加工用电极线）	SP 与琴弦产品的谱系关系、直径覆盖范围
3	日铁 SG 镀铜钢芯电极丝 SP Wire 中文技术资料（国内代理渠道）	抗拉 2160 N/mm²、延伸率 1%、电导率 13% IACS、公差 +0/−0.003 mm、适用机型（沙迪克 AP、阿奇夏米尔 Microcut、夏米尔 ST 工艺）
4	华盈机械现货实拍（图 1–6）	线轴标签、包装形态、SPZ 蓝轴与出货标签

说明：SPZ 相对 SP 提速 30–80% 为厂家与渠道公开宣称的行业经验值，实际幅度因机型、工件厚度与工作液类型而异。断裂载荷为"抗拉强度 × 截面积"的常温计算值，用于说明量级差异。成本与选型表述为技术判断，不构成报价，采购请以当期报价为准。

华盈机械

专业为机械加工服务：线切割电极丝、过滤器、树脂、零配件一站式供应。

快速导航

关于我们
产品中心
技术与经验
联系我们

联系方式

地址：广东省东莞市长安镇长安丰盛路业盛商务办公中心8号8楼一座808室
电话：0769-81886823
邮箱：sales@huayingmach.com

关注我们

微信扫码添加「华盈机械」

© 2026 华盈机械科技有限公司 Huaying Machinery Technology Co., Ltd. · www.huayingmach.com