

测速发电机

精准可靠 迎难而上

登山铁路和滑雪缆车驱动装置的测速发电机（也叫转速计）暴露在各种恶劣环境之下。然而，它们又必须可靠地完成高精度速度测量。正因如此，设备制造商们都非常青睐堡盟的重载解决方案。那么，测速发电机需要具备哪些性能，才能承受雪山上的恶劣工况呢？

文 | 堡盟集团



更多精彩请扫描二维码

多年来，奥地利蒂罗尔阿尔卑斯山（Tyrolean Alps）的缆车每天都会将数百人送至海拔 2964 m 的楚格峰（Zugspitze）峰顶。在两台 500 kW 的电机牵引下，缆车以 10 m/s 的速度行进，整趟旅程耗时约 7.5 min。在驾驶室，操作人员对电机进行控制：减速、空挡、前进、倒车、加速和刹车，这些操作都需要具备高精度和高可靠性的速度控制系统来保障，毕竟乘客的舒适性和安全性是第一位的。

然而，登山铁路的组件暴露在各种恶劣的环境条件下：风霜雨雪长年肆虐，冬季寒冷，盛夏高温。这正是堡盟模拟量重载测速发电机 TDP 0.2 LT 的用武之地，这是一款特别坚固的高精度转速计。那么，“重载”究竟意味着什么呢？

全方位的性能保障

重载技术意味着“坚固耐用”。然而，对于堡盟而言，“重载”不仅代表着厚壁外壳和防腐蚀保护，它还代表了全方位的性能保障。重载产品能够长年可靠运行，不让用户失望，这一点对于登山铁路应用来说必不可少。为此，测速发



图 1 堡盟测速发电机即便在极高的负载和恶劣的环境条件下也具有很长的使用寿命，且无需维护

电机必须满足一些特定指标。

对于很多用户来说，坚固性排在需求的首位，登山铁路驱动装置中的测速发电机必须能够长年抵御冲击、振动以及作用在转轴上的其他载荷，同时保持正常运行。毕竟产品更换成本高昂，这并不是因为测速发电机本身有多贵，而是因为它们安装在难以触及的位置，并

且在更换期间需要关闭系统。首先，坚固的外壳、结实的壳壁必不可少，因此 TDP 0.2 LT 采用了压铸铝外壳和不锈钢轴设计。同时，测试发电机的内部结构必须具有抗冲击和抗振性，所以 TDP 0.2 LT 采用了两端式轴承设计，可承受高径向和轴向负载。

重载测速发电机的密封性必须足以



图2 堡盟测速发电机采用 LongLife® 专利换向环，其表面嵌入了银轨，可以满足苛刻的要求



图3 堡盟重载测速发电机凭借坚固的两端式轴承设计从同类产品中脱颖而出，这种设计可确保极高的承载能力和超长的使用寿命

抵御灰尘、污垢和湿气的侵袭，因此其重载外壳必须密封良好，特别是在轴和电气接口等关键位置。此外，还需要采用合适的材料和涂层，以保护测试发电机不受盐水或化学品的腐蚀。

测速发电机内部没有电子元件，因而能够有效地防止电磁场的有害影响。因此，铺设在其周边的非屏蔽电缆不会对其造成任何干扰。此外，由于轴承内部的电势差形成的轴电流可能会引燃轴承润滑油，导致轴承损坏。因此，重载测速发电机的内部带有电绝缘层，能够有效防范这类有害影响。

最后一点同样非常重要，高精度也是这些“重量级”选手最难能可贵的重要特性之一。测速发电机必须随时提供可靠的信号，以确保精确的驱动控制与调节。基于转速信息，控制器可以识别任何可能的驱动速度偏差并及时干预。登山铁路等重型机械中的重载测速发电机的精度绝不能输给小型转速计。而经过实践检验，TDP 0.2 LT 具有极高的精度和可靠性，常规转速为 1000 rpm 时，输出信号为 60 V；在最高转速 10000 rpm 时，输出信号甚至可以达到 600 V。

确保高精度输出电压

过去，测速发电机通常采用铜换向环和石墨电刷组合，不过这种方法过时

已久。换向环表面的铜氧化物会造成不规则的过渡电阻，从而在转速计输出电压中形成高纹波，这样就无法进行精确的低速检测。然而，滑动性能良好的石墨可确保电刷拥有较长的使用寿命。铜换向环和银石墨电刷组合更适合低速检测，因为电刷中的银颗粒会转移到换向环表面，形成高导电性的“铜绿”。不过，这种解决方案对于油脂或含硫和含盐空气等恶劣环境很敏感。这种情况下就无法形成导电铜绿，那么在整个转速范围内就会丧失“良好的传输性能”。此外，含金属颗粒的电刷直接在铜表面滑行，使换向环更易磨损。

堡盟转速计采用的 LongLife® 环技术于 1987 年获得专利，该技术结合了上述两种方案的优势，同时规避了二者的缺点。通过一道特殊工艺，根据转速计的类型，堡盟将一根或两根大尺寸银轨嵌入换向环表面。由于转速计电流相对较低，银轨可以非常细。TDP 0.2 LT 甚至拥有两根银轨，即便在恶劣工况下也能始终确保低接触电阻。TDP 0.2 LT 还能实现 60 mV/min^{-1} 的电压常数，转速检测范围从低于 $0.08 \sim 10000 \text{ rpm}$ ，能同时监控机械和电气极限转速，动态范围达 1:12 5000。除了 LongLife 换向环，堡盟对电刷也进行了专门改造，确保电刷的使用寿命甚至可以超过滚珠轴承，而且无需维护。

LongLife® 换向环在滑雪缆车上的应用

滑雪缆车每年都要将数百万滑雪爱好者送上山顶，因此它们对驱动控制的要求同样苛刻。为了确保乘客安全，制造商需要使用实践应用中久经考验的测速发电机，即便在霜冻、降雪和寒风等恶劣天气下也能保证设备可靠运行。为了实现平稳启动和行驶速度可调，滑雪缆车现在也广泛采用转速可控的驱动装置。几十年来，缆车制造商都非常青睐堡盟的模拟量测速发电机，如 GMP 1.0。这款测速发电机通过升压转换器和链轮驱动直接连接至低速绞盘，从而将电机变速箱的最低转速同控制回路隔离开，即便在苛刻的环境条件下也能产生足够的速度信号。GMP 1.0 的换向环表面还嵌入了两根银轨，可始终保证低接触电阻，从而扩大转速检测范围，并确保良好的测量信号传输性能。凭借坚固的设计和标准温度补偿，测速发电机非常适合在雪山恶劣的环境下使用。

经过半个多世纪的经验积累，堡盟重载测速发电机及编码器产品组合日臻完善：它们精确可靠、坚固耐用，从小个子到大块头，应有尽有。它们支持所有相关的模拟量和数字量接口，并凭借在恶劣环境条件下的出色表现脱颖而出。登山铁路和滑雪缆车等应用案例清楚地证明：对于要求苛刻的用户来说，堡盟重载测速发电机堪称最理想的选择。 **MM**