

# 高速铁路接触网的研究

## Research on Contact Networks of Rapid Transit Railway

柴红旗 Chai Hongqi

(中铁电气化局集团三公司 郑州 450015)

(China Railway Electrification Bureau Group Third Company Zhengzhou 450015 China)

**摘要:** 高速铁路是当今世界铁路发展的潮流, 随着经济技术的发展和交通运输的激烈竞争, 高速铁路以其独特的优点被许多国家作为大力研制和重点发展的目标。高速铁路和客运专线接触网是高速铁路牵引供电系统和铁路客运专线的主体和关键。论文在以讨论和辨证高速铁路接触网的弓网关系上, 进行了深入的研究, 同时也总结了抑制普通铁路接触网发展的主要原因。对比性的将普通接触网与高速接触网进行了阐述, 具有针对性的概括与研究。

**Abstract:** Rapid transit railway is the trend of world railway development. With the economic and technological development and the serious competition of communications and transportation, many countries take rapid transit railway as the objective of research and development. Contact networks of rapid transit railway and railway line for passenger traffic is the main body and key of rapid transit railway tractive power supply system and railway line for passenger traffic. Based on the discussion of relationship between pantograph and catenary, this article conducts a deep research, and summarizes the main factors of limiting general railway contact networks, expounds general contact networks and rapid railway contact networks comparatively, and makes a summarization and research with purpose.

**关键词:** 高速铁路; 接触网; 牵引供电系统

**Key words:** rapid transit railway; contact networks; tractive power supply system

中图分类号: U22

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2011)19-0045-02

### 1 接触网简介

接触网是沿铁路线上空架设的向电力机车供电的特殊形式的输电线路。其由支柱与基础、支持装置、定位装置、接触悬挂等四个部分组成。我国普通接触网的电压等级为 25KV, 供电系统采用工频单相交流制。

### 2 制约普通铁路接触网运行的重要因素

接触网担负着把从牵引变电所获得的电能直接输送给电力机

车使用的重要任务。由于接触网是露天设置, 没有备用, 线路上的负荷又是随着电力机车的运行而沿接触线移动和变化的。因此接触网的质量和将直接影响着电气化铁道的运输能力。

2.1 普通接触网在恶劣的气候或环境条件下运行时, 不能保证电力机车正常取流或影响取流质量。接触网的线索弛度、线索张力、悬挂弹性、零部件的机械松紧度及空间位置、设备的绝缘强度、线索的载流能力、弓线间的磨损关系等都会随气象条件的变化而变化。突然的恶劣气候变化会严重影响电力机车正常取流或影响取流质量, 还可能造成重大行车事故。

作者简介: 柴红旗(1977-), 男, 河南郑州人, 工程师, 研究方向为电气化铁路。

要全部实现难度大。现场施工工艺方式有两种: 一是气压平衡式加药, 通过向安装在井口的与套管连通的固定加药罐内定期加药, 利用药剂的自身重力连续加药; 二是利用高压气源作为动力对结垢井定期加防垢剂。现场施工工艺简单, 整个施工过程不需要停产。对于挤注加药工艺方式, 我们选择具有代表性的井(不同产状)进行防垢剂产出浓度监测(结果见表 4)。图 3、4 为部分井防垢剂产出浓度随时间变化曲线。

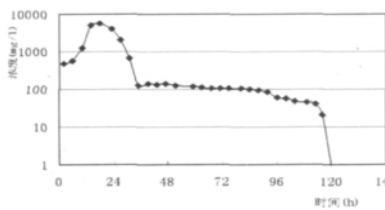


图 3 宝 1225 井防垢剂检测曲线

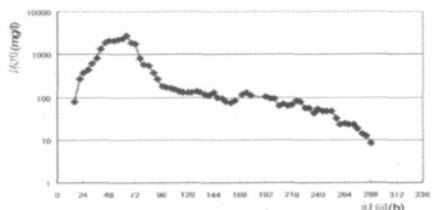


图 4 宝 111 井防垢剂监测曲线

果好于挤注加药的效果。

3.2.2 工艺法防垢 ①适当上提泵挂, 降低井下工具结垢的程度。在井筒中随着深度的增加, 井液的温度逐渐降低, 碳酸钙的溶解度逐渐增大, 因此, 在不影响产量的前提下, 把泵下到结垢最严重的井段以上, 选择合理的油井生产压差, 确定合适的下泵深度, 降低泵进液口的温度, 可以有效降低井下工具结垢的程度, 减少垢堵、断脱等井下故障的发生。目前已对 3 口结垢严重的油井泵挂分别上提 300~500 米, 措施后检泵周期由 223 天延长到 501 天, 取得了比较好的防垢效果。②优选泵型, 减少因结垢造成的泵卡故障。目前, 宝浪油田油井选用的泵型主要是杆式泵, 杆式泵柱塞和泵工作筒之间的配合间隙比较小, 容易造成柱塞被卡死在工作筒内的情况。管式泵的柱塞和工作筒之间的配合间隙较大, 柱塞上面带有防砂槽, 可以减少柱塞遇卡的机会。目前已对 3 口结垢严重的油井使用管式泵生产, 平均检泵周期由原来的 206 天延长到 441 天。

### 4 结论与建议

①油井防垢是宝浪油田中、高含水阶段油井日常维护的一项重要内容, 油井防垢效果的好坏直接影响到油井的正常生产和采油速率的提高。②目前宝浪油田实施的化学防垢、工艺防垢都取得了较好的防垢效果, 有效的延长了油井的免修期。③在药剂剂型确定的前提下, 化学防垢的加药方式、加药周期、加药量的确定对防垢效果有着直接的影响。④目前宝浪油田的生产压差比较大, 井底流压比较低, 是否会造成高含水井射孔井段, 井筒附近油层结垢或射孔炮眼内结垢, 造成近井地层附近或出油通道堵塞, 有待进一步研究分析。

表 4 示踪剂存在时间与油井生产动态表

井号	示踪剂存在时间(h)	示踪剂存在期间平均产状			气锚(m)	气锚与动液面距离(m)
		产液(m³/d)	含水(%)	动液面(m)		
B1211	432	5.1	52	1857	1953	96
B2413	389	2.5	88	1940	2044	104
T303	600	2.9	67	1809	1957	148
B111	288	6.2	92	1745	1972	227
B6-8	282	3.8	84	1524	2029	505
T4327	240	2.7	86	1946	1976	30
B1225	116	13.8	61	1200	1958	758

从防垢剂产出浓度检测结果看, 产液量为影响油套环空液体置换周期的主要影响因素, 同时也受动液面与气锚之间距离的影响。高液量井(B1225)防垢剂存在时间短, 只有 5 天, 对于日产液量并低于 6m³ 的井不管生产状态如何, 防垢剂存在时间均在 10 天以上。防垢周期优化结果为: 对于日产液量 10m³ 以上的井建议采用连续滴加方式防垢, 对于日产液量 10m³ 以下的井可根据动液面与气锚之间的距离确定, 其距离小于 50m 时防垢周期确定为 10 天, 当其距离大于 50m 时防垢周期定为 15 天。

③化学防垢效果评价。两种化学防垢工艺措施都起到延长油井免修期作用, 气压平衡式连续加药的 13 口井油井免修期由 242 天延长到 453 天以上, 进行挤注加药的 18 口井油井免修期由 220 天延长到 351 天以上, 其中 15 口挤注加药油井在进行加药周期优化后, 免修期由 220 天延长到 400 天以上。总体上气压平衡式加药效

2.2 普通铁路接触网不具有良好的电气与机械特性,弓网关系要求接触网必须具有稳定的空间结构、稳定的动态特性、足够高的波动速度。

2.3 普通接触网的负荷特性较弱。随着铁路运输能力的增加,普通接触网很难承担电力机车牵引负荷。负荷变化使接触网经常承受较大冲击,因而也不能保证接触网正常运行,接触网必须具备较强的过负荷能力。负荷不确定性对接触网的寿命和安全造成较大的负面影响,也成为制约普通接触网的工作的一大关键问题。

2.4 普通接触网设备结构过于简单,在外界温度变化时,由于接触线热胀冷缩的物理特性,其张力和弛度变化很大,容易导致接触线弹性不均匀,不利于电力机车的取流运行,在事故情况下,需要对较长的线路进行停电,也不便于抢修和迅速恢复送电。

总的来说,要求接触网无论在任何条件下,都能保证良好地供给电力机车电能,保证电力机车在电路上平稳安全运行,以上因素正成为了普通铁路接触网运行中不可忽视的因素。

### 3 我国高速电气化铁路接触网的成熟技术

高速铁路接触网能保证良好地供给电力机车电能,保证电力机车在电路上安全、高速运行,以下是目前我国高速电气化铁路接触网的一些比较成熟的技术总结。

3.1 我国已经拥有高速弓网关系的计算机仿真模拟软件,高速电气化铁道的一个重要课题就是解决接触网和受电弓的参数配合,以保证高速的受流质量。该系统能在设计或试验之前就能确定最佳方案,节省大量人力、物力、财力,缩短最佳方案的确定周期,能排除空气流、轨道、线材缺陷、工程误差等在试验中造成的假象。

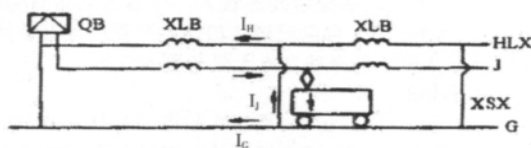
3.2 七种关键器件结构的研制:①轻型铝合金定位装置。定位器的性能是影响受流质量的关键。该定位器采用了铝合金材质,按照正常受电弓的动态包络线,并考虑裕度确定杆部外形。其性能指标:最大工作荷重 1.5kN,重 2.4 千克,满足弓网关系提出的受电弓安全通过值,耐振动次数不小于 2000000 次(振幅 20 毫米,频率 3~5Hz)。②高速绝缘锚段关节。性能指标:非工作支抬高量 500 毫米,接触线寿命 20 年以上,通过计算机仿真模拟,在各种不同参数下的锚段关节进行模拟,接触网可满足运行要求。③高速新型线岔,根据观测,受电弓倒角 70 毫米处是接触线平均嵌入点,这是交叉线岔事故频繁的原因。为此我国铁路工程师成功研制了无交叉线岔结构。④消除电火花耐腐蚀吊弦。采用整体吊弦,无论在任何温度下施工,采用按照平均温度计算制作的整体吊弦施工,保证导线高度符合设计值,满足高速运行弓网受流质量要求。⑤轻型可靠横向电连接。由于供电的要求每隔 200 米安装一组横向电连接,其轻量化对改善受流质量具有重要作用。⑥调整方便、精度高、稳定性好的水平腕臂支撑结构。新研制的腕臂结构克服了传统斜腕臂由于套管铰环位置变化引起其他位置参数变化的缺点。⑦我国高速铁路接触网主要采用弹性链形悬挂和简单链形悬挂等模式。(图 1)



图 1

3.3 我国高速铁路接触网采用的供电方式研究 目前我国高速铁路接触网的供电方式通常有:BT(吸流变压器)、AT(自耦变压器)及同轴电力电缆三种方式。

3.3.1 BT 方式:BT 器是一种变化是 1:1 的变压器,它的原边在接触网  $T_x$  内串接,副边在特设的回流线(N)内串接,每两台 BT 中间都有一根吸上线的安设,外接回流线和钢轨。(图 2)

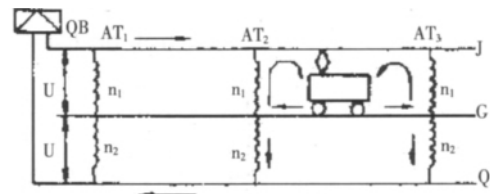


QB—牵引变电所;XLB—吸流变压器;G—钢轨;HLX—回流线;J—接触线;XSX—吸上线; $I_1$ —接触网中的机车电流; $I_2$ —回流线中返回的电流; $I_3$ —钢轨中的电流

图 2

3.3.2 AT 方式:若列车以 350km/h 的速度运行,追踪间隔是 3min,最大供电臂长度为 30m,列车对数为 2 对,使用 AT 供电方式,通过仿真计算,牵引变电所单相结线牵引变压器安装容量通常为 2\*120MVA,供电臂末端最低电压通常为 20374V,可以满足电力机

车受电弓最低 20kV 的工作电压的要求。这时的牵引变电所能够达到 50~60km 的间距。



QB—牵引变电所;AT—自耦变压器;J—接触线;G—钢轨;Q—正馈线;U—牵引网电压

图 3

3.3.3 同轴电力电缆方式:该方式是新型的防干扰供电方式,在电气化铁路穿越的大城市或者在有比较高的净空要求的隧道、桥梁等特殊地段比较适用。同轴电力电缆的埋设沿着铁路,电缆的内导体充当馈电线并连接到接触网,电缆的外导体充当回流线连接钢轨。每隔约 5~10km 的距离分为一个电缆供电分段。该方式的供电特性与抗干扰效果较好,可是需沿线埋设同轴电缆,需很高的工程造价。

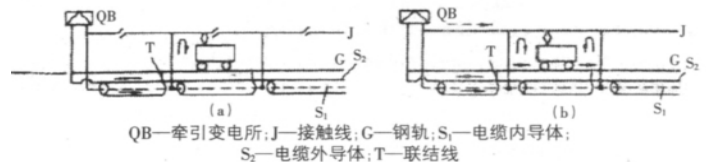


图 4

3.3.4 我国高速铁路接触网还采用带回流线的直接供电方式:若列车以 200km/h 的速度运行,使用带回流线的直接供电方式,最大供电臂长度为 25km,客车追踪以 4min 运行,供电臂运行最大列车数为 2 对。根据计算,牵引变电所单相结线牵引变压器安装容量为 2\*40MVA,供电臂末端最低电压水平为 20667V,满足电力机车受电弓上最低工作电压 20kV 的要求。这时的牵引变电所能够达到 40~50km 的间距。若列车以 250km/h 速度运行,使用带回流线的直接供电方式,最大供电臂长度为 25km,客车追踪以 5min 运行,供电臂运行最大列车数为 2 对。根据计算,牵引变电所单相结线牵引变压器安装容量为 2\*63MVA,供电臂末端最低电压水平为 20185V,这时牵引变电所能够达到 40~50km 的间距。若列车以 300km/h 的速度运行,使用带回流线的直接供电方式,最大供电臂长度为 25km,客车追踪以 6min 运行,供电臂运行最大列车数为 1。根据计算,牵引变电所单相结线牵引变压器安装容量为 2\*50MVA,供电臂末端最低电压水平为 20392V。这时牵引变电所能够达到 40~50km 的间距。

3.4 弓网受流性能比较 对于设计技术,弹性链形与简单链形并没有本质的区别,弹性链形的设计技术关键就是怎样使弹性吊索的长度与张力和承力索与接触线的张力相匹配,从而使悬挂点处接触网静态弹性和跨距中部接近。我们可利用计算机仿真模拟来确定弹性吊索的长度与张力,从而大大提高了工作效率。对于施工技术,与简单链形悬挂相比弹性链形悬挂多了弹性吊索的安装调整这一工序,其它施工项目的施工方法与工艺大体相同。简单链形接触网吊弦长度仅和本跨的接触网参数(跨距长度、结构高度)有关,和相邻跨的接触网参数无关。所以,吊弦长度的计算与安装调整相对简单,现场或是工厂预制的整体吊弦能够一次安装到位,这样可以较少的耗费工时。此外,在现场施工过程中,三种线索不论哪个线索张力有了偏差,力系的平衡都会受到影响。

通过对两种不同悬挂类型技术的比较,我国已经可以灵活将简单链形悬挂和弹性链形悬挂应用到不同的客运专线当中,以适应国民经济发展需要。

### 4 高速接触网相关结论

高速电气化铁路与普通铁路相比较,其最大的特点就是要运输量大、运营速度快、安全可靠。因此高速铁路接触网有着与普通接触网截然不同的概念,接触网和受电弓的安全可靠和经济高效运行,将是制约世界各国铁路发展的最大话题。随着我国高速电气化铁道及客运专线的建设,对接触网相关技术提出了更高的要求。只有妥善解决好高速列车受电弓在与接触网滑行中的各种问题,高速铁路才可以有更大的发展。