同步牵引发电机集电环改造*

符 琛,罗 轩,王宏伟

(包钢(集团)公司白云鄂博铁矿,内蒙古 包头 014080)

摘 要: 783 kW 同步牵引发电机集电环严重磨损到限,随时伴随着隐患扩大的风险,对设备安全平稳运行危害严重;为节约设备更新资金及检修成本投入,对 783 kW 同步牵引发电机集电环进行技术改造,力争实现集电环的自主修复并恢复到设计标准,极大延长设备运行寿命,降低生产成本,改善设备运行技术状况,确保设备经济平稳运行。

关键词: 同步牵引; 发电机; 集电环

中图分类号: TM922.72 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017) SO-0079-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.s1.021

Transformation for Collecting Ring of Synchronous Traction Generator

FU Chen, LUO Xuan, WANG Hong-wei

(*Baiyunebo Iron Mine of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014080, *Nei Monggol, China*)

Abstract: The collecting ring of 783kW synchronous traction generator is severe worn to limit, accompanied by risks of hidden danger expansion at any time, which is seriously harmful to the safety and smooth operation of equipment. In order to save renewal fund and maintenance cost of equipment, technological transformation for collecting ring of 783 kW synchronous traction generator is carried out to strive to achieve the self repair of collecting ring and restore to the design standard, greatly prolong the service life of equipment, reduce the production cost, improve the technical condition of equipment operation, and ensure the smooth operation of equipment economy.

Key words: synchronous traction; generator; collecting ring

包钢白云铁矿 108 t 运矿汽车已运行近 30 年,在 2008 年集中出现了 783 kW 同步牵引发电机定子绕组烧损故障,通过绕组嵌线技术工艺改进等措施,使目前电机消耗量维持在 15 台/a 左右,按目前编组情况,台均运行时间近 10 000 h,极大保障了运矿汽车的运行技术状态。近年 783 kW 同步牵引发电机暴露出的主要问题存在于集电环消耗加剧,造成集电环消耗加剧的主要原因在于电刷与集电环接触不良、电刷压力不均匀、电机机械振动大等因素导致集电环温升高、电气消耗加剧,按照维修技术方案,每次进厂检修都需要车削集电环和调整电刷,集电环大多都消耗到限,不能再保证设备安全经济运行[1]。因此对 783 kW 同步牵引发电机集电环进行技术改造,力争实现集电环的自主修复,一方面可恢复集电环的技术状态,另外系统排查解决可能危害集电环运行的不利因素,降低维修成本投入、提升设备运行技术状况。

1 使用情况

783 kW 同步牵引发电机是 108 t 电动轮自卸车

* 收稿日期: 2017-06-05

作者简介: 符 琛(1984-),男,河南省西峡县人,工程师,现从事矿山设备维护工作。

中国知网 https://www.cnki.net

主发电机，为卧式结构，单轴承支撑，机座动力端与柴油机体相联，转动部分与柴油机为半刚性联接。电机由定子、转子（包括集电环）、刷架等部件构成。

该电机顶部安装有辅助发电机和鼓风机，通过皮带轮与发电机连接；主发电机运行时由柴油机拖动，通过辅助发电机发电整流后提供的同步电机转子励磁电源切割定子三相绕组，产生 140 Hz 的交变感应电动势，经整流后供给直流牵引电动机电源，作为电动轮自卸车的动力输出。其布置结构图如图 1 所示。

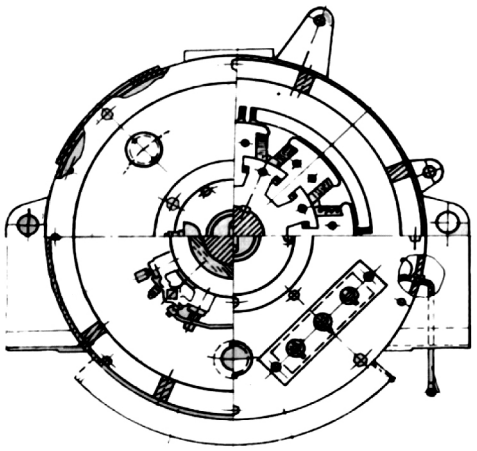


图 1 783 kW 同步牵引发电机结构布置图

白云铁矿 783 kW 同步牵引发电机 2015 年基本维持在 14 台编组，平均运行时间近万小时。2012 年至 2014 年 783 kW 同步牵引发电机累计进厂检修 52 台次，其中 2012 年检修 18 台次，2013 年和 2014 年均检修 17 台次。包括故障检修、大中修、正常维护等。

目前 783 kW 同步牵引发电机运行周转总量为 30 台，其中电修车间储存备品电机 15 台，15 台备品电机集电环消耗情况见表 1，783 kW 同步牵引发电机集电环检修限度见表 2。

由 783 kW 同步牵引发电机集电环磨损现状与集电环维修限度标准比对显示，由于 108 t 运矿汽车运年年长，主发电机 783 kW 同步牵引发电机转子集电环严重磨损到限，直径由 280 mm 磨损到平均 249 mm 左右，远低于集电环检修限值标准 265 mm。

因此通过调整刷架来保障集电环正常可靠运行不能无限采用，原因是①电刷装置的稳定性；②电刷与集电环的接触面积；③对电机电气性能的影响。对设备安全性、稳定性、经济性都危害较大，但更换费用单台须 3 万元，全部替换需要资金高达 90 万元，为此必须依靠自主研发攻关实现备件自给，彻底解决集电环严重磨损到限问题，以保障设备安全经济运行。

表 1 783 kW 同步牵引发电机集电环消耗情况统计 mm

集电环外径	246	268	265	247	270	248	245	250	245	220	218	260	268	252	240
集电环厚度	22	32	30	23	34	22	21	25	22	10	8	30	32	25	20

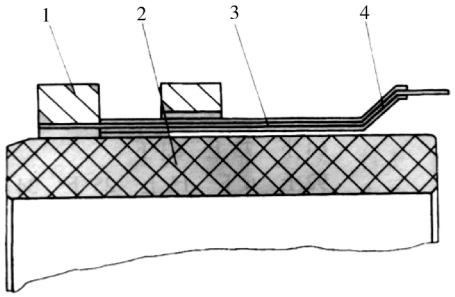
表 2 发电机集电环直径检修限度标准 mm

设计值	限度	允许值
Φ280	Φ265	0.5

2 故障分析

2.1 故障诊断与修理

电机集电环大致有两种结构，一种是压塑料式，一种是套筒式；783 kW 同步牵引发电机采用套筒式集电环，由玻璃钢套筒和两个滑环固定在一起组成，采用硅黄铜，主要用于转子励磁绕组的受电[2]。其结构见图 2。



1-铜环；2-套筒；3-绝缘层；4-接线片

图 2 套筒式集电环

集电环磨损加剧的原因主要包括以下方面：①集电环超限运行，通过调整刷杆位置处理，运行中刷杆的松动、刷簧的压力、电刷的研磨状况等，导致电刷与集电环接触不良；②电机运行振动较大，导致

中国知网 https://www.cnki.net

电刷与集电环接触不良;③集电环超限运行,电流密度过大;④电机转子进厂维修干燥及长时间运行,导致绝缘老化,造成的集电环松动。

集电环经长期工作,将因各种原因导致其工作表面出现斑点、条痕、凹痕、沟槽、印迹、磨伤,故障若不及时解决,轻则损伤集电环,重则损伤电机,必须及时进行修理。783 kW 同步牵引发电机允许磨损深度为 0.5 mm,需要精车加工;当集电环直径磨损至 265 mm 以下时,需要更换集电环。

2.2　故障原因

2.2.1　电机电流密度变大

783 kW 同步牵引发电机其相关技术参数如下:

额定功率　783 kVA

额定电压　458.2/687.3 V

额定电流　986.6/657.8 A

额定转速　2 100 r/min

额定频率　140 Hz

额定功率因数　0.95(滞后)

励磁方式　他励

冷却方式　管道强迫通风

绝缘等级　定子/转子 H/H

定额　小时工作制

励磁电流　234 A

励磁电压　56 V

783 kW 同步牵引发电机集电环通过调整电刷装置长年超限运行,导致集电环由设计值 280 mm 磨损至平均 249 mm,严重低于限值的 265 mm,集电环电流密度大、温升高,导致加剧消耗,同时引发电机转子励磁绕组电气故障增加。

2.2.2　集电环与电刷接触不良

电机通过调整电刷装置位置严重超限运行,该电机转速高达 2 100 r/min,励磁电流为 234 A,调整后刷杆装置的稳定性缺失,电刷研磨状况不良,刷簧压力受损等,使电刷与集电环产生点接触或线接触,不能保证电刷与集电环接触面积达到 80%以上,加剧了运行状况的劣化。

2.2.3　集电环绝缘老化造成的松动

集电环严重超限运行,电流密度大、温升高,加剧了集电环绝缘的老化,因层间绝缘漆老化和绝缘收缩等原因会造成集电环松动,在高转速、高电流密度的情况下,加剧集电环运行劣化。

2.2.4　电机机械故障增加

783 kW 同步牵引发电机进厂维修重点包括以下检查项目:①定转子绝缘检查;②集电环检查;③动平衡检查;④电刷装置检查;⑤轴承检查;⑥机座检查;⑦电机轴窜量检查;⑧负载试验。

按照运行维护标准,783 kW 同步牵引发电机每年都需进厂维修,尤其是集电环检查,当磨损超过 0.5 mm 时就需要精车加工,近年随集电环超限运行,磨损每次车削量通常在 2 mm 以上,已近 30 年。

2012 年—2014 年 783 kW 同步牵引发电机维修统计见表 3,其中大中修 5 次,定修 20 次。

表 3　故障维修项目统计　　次

项目	检查处理	检查处理	绕组维修	集电环 维修	电刷装置维修	轴承更换	机座维修
台次	5	20	8	4	2	13	12

2012 年—2014 年 783 kW 同步牵引发电机累计故障维修 27 台,故障 39 台次,其中机械故障占 64.1%;电刷装置、集电环故障占 15.4%;定、转子绕组故障占 20.5%;机械故障突出,加剧集电环消耗。

2.2.5　问题分析

集电环改造项目首要解决的问题是增加集电环厚度达到原始数据标准,考虑电机高速运行需要较高的稳定性,考虑电气消耗需要具备较好的电气性能,考虑机械振动等其它因素的影响需要整体排查质量隐患并加以解决。

3　技术改造

3.1　嵌套改造

783 kW 同步牵引发电机储备备品,其集电环磨损后外径尺寸在 220~270 mm 之间,但合格限值标准为 265 mm,充分考虑改造后集电环的稳定性,以及改造施工进度,2015 年计划对集电环直径250 mm 以下的集电环组织先期改造 10 台。

改造采取集电环嵌套方式,即将原磨损集电环依据其磨损程度,车削至嵌套技术要求及安装技术要求的装配尺寸;从非负荷端由后至前依次分别热

中国知网　https://www.cnki.net

装两个铜套;然后在集电环嵌套衔接部位等均3个位置采用铜螺栓进一步固定锁紧;经试验合格,完成技术改造。

3.1.1 车削加工技术标准如下

(1)备直径290 mm的黄铜料,用于嵌铜套的加工;

(2)嵌铜套外径280 mm;

(3)内径依据磨损量车削,由非负荷端,后铜套较前铜套直径加工尺寸大1~2 mm;

(4)原磨损集电环车削尺寸按照嵌铜套内径尺寸加工,同时必须保证+0.1~0.2 mm的嵌套公差;

(5)车削时,车刀要锋利,进刀量0.2 mm左右,表面线速度约2 m/s,车削后偏心度不超过0.03~0.05 mm,然后用00#砂纸进行抛光,使铜套表面粗糙度达到Ra3.2~Ra1.6。

3.1.2 装配技术要求

(1)嵌铜套与原集电环装配采取热装嵌套,铜套加热温度150 ℃左右;

(2)自非负荷端首先装配后铜套,嵌套完成后,在集电环嵌套衔接部位等均3个位置采用Φ6 mm铜螺栓固定锁紧;完成后安装前铜套,并采取相应紧固措施。

3.1.3 试验技术规范

(1)采用100 VMΩ表检测转子绝缘电阻,绝阻不低于20 MΩ;

(2)转子励磁绕组及集电环直流电阻范围0.17~0.176 Ω;

(3)转子励磁绕组及集电环耐压试验1 500 V,1 min;

(4)转子较动平衡,保证改造后配重达到要求标准;

(5)负载试验检测集电环温升低于145 ℃。

3.1.4 嵌套改造实施(如图3所示)



图3 嵌套改造前后对照

以集电环直径改造临界限值250 mm计算,改造后集电环直径达到280 mm,恢复原厂设计标准值。

3.2 机座同步改造

783 kW同步牵引发电机为卧式结构,单轴承支撑,机座动力端与柴油机体相联,转动部分与柴油机为半刚性联接,主发电机运行时由柴油机拖动。主发电机顶部安装有辅助发电机和鼓风机,通过皮带轮与主发电机连接。

2012年—2014年783 kW同步牵引发电机累计故障维修39台次,其中机械故障占64.1%;同时16/4 kW辅助发电机机械故障增加;各安装座孔已严重研磨,严重影响了783 kW同步牵引发电机机组的运行质量,加剧了集电环的磨损,因此须同步改造。

重点机械故障隐患部位维修分别见图4、图5、图6。

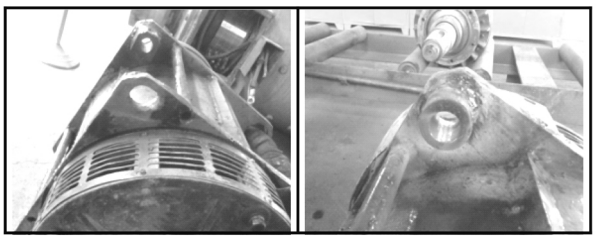


图4 辅助发电机装配座孔维修

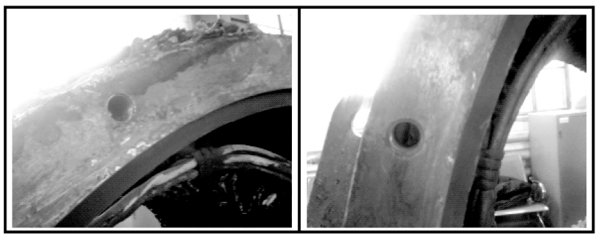


图5 783 kW主发电机负荷端螺孔磨损修复



图6 783 kW主发电机机座励磁机安装座孔修复效果

中国知网 https://www.cnki.net

3.3　专项检修方案

(1) 定转子绝缘检查。定子绕组绝缘电阻不低于 1 000 MΩ,转子绝缘电阻不低于 20 MΩ; 定子三相直流电阻平衡; 转子直阻符合标准值; 绝缘处理完成后,对定子进行真空浸漆处理。

(2) 集电环检查。检查集电环磨损情况,加工至光滑的圆柱表面,保证运行中集电环磨损均匀。

(3) 动平衡检查。电机转子动平衡试验,保证配重块质量达到标准,并焊接可靠牢固。

(4) 电刷装置检查。电刷装置紧固可靠,应全部更换,刷簧压力均匀,电刷与集电环接触面积不低于 80%; 刷握距集电环表面距离一致。

(5) 轴承检查。轴承清洗后检查轴承,不合格必须更换,保证润滑脂牌号,并适量润滑(大约占轴承室空间的 2/3)。

(6) 机座检查。重点检查轴承室有无磨损,机座装配孔是否有磨损。

(7) 电机轴窜量检查。电机轴窜量必须检查调整,达到用户单位提供的数据标准。

(8) 负载试验。电机负载试验全面检查电机运行电气及机械技术状况; 发电机输出经整流后,开路电压达到 900 V,短路电流 900 A; 各部温升符合技术标准。

4　结束语

783 kW 同步牵引发电机集电环改造后经过运行试验,运行效果完全符合预期要求,解决了生产实际问题,极大改善了设备运行技术状况,节约了设备更新资金及备件外购资金,创造了良好的经济效益,为白云铁矿降本增效工作积极贡献力量。

参　考　文　献

[1] 机械工程手册编辑委员会,电机工程手册编辑委员会.电机工程手册 [M].北京: 机械工业出版社. 1982.

[2] 赵家礼. 电机故障诊断处理手册 [M].北京: 机械工业出版社,2000.

《包钢科技》征稿启事及来稿要求

《包钢科技》是经国家科委和国家新闻出版总署批准,由内蒙古包钢钢联股份有限公司主办的科技类综合性刊物。本刊为全国公开发行,双月刊(每双月 25 日出版)。国内统一刊号 CN15-1210/TF,国际标准刊号 ISSN1009-5438。

几十年来《包钢科技》面向社会,从我国冶金工业及相关行业的新工艺、新设备、新产品和管理经验等各个方面,反映了我国科技创新和技术进步的动态和成果,为推动我国科技与经济的发展,发挥着重要作用。

为活跃学术气氛,促进科技信息交流,热忱欢迎广大科技工作者踊跃投稿。

1、征文范围及内容

《包钢科技》主要刊登冶金工业及相关行业的综合评述、生产实践、品种质量和试验研究、设备与自动化、建筑与施工和环境保护等文章。

2、来稿要求

(1) 来稿应内容真实,论点明确,数据准确可靠,文字精炼。文章题名不超过 20 个字、作者署名最多 3 人,注明全部作者所在单位的全称、所属省份、所在城市名及邮政编码。提供第一作者简介(包括出生年、性别、民族、籍贯、学位、职称职务、现从事的主要工作或研究方向)。

(2) 文章摘要应具有独立性和自明性,内容一般包括研究的目的、意义、主要方法,应是一篇完整的短文,字数 100~200 字。必须提供至少 3 个关键词。

(3) 正文层次标题采用三级标题(前言不编标题),一律用阿拉伯数字编号。如 1、1.1、1.1.1、(1)、(2)、(3) ……。

(4) 全文一般不超过 5 000 字,统一用 A_4 纸(正文按每页 43 行,每行 44 个五号宋体字)打印,图必须转换成 Word 格式(图宽: 通栏 13~16 cm,半栏 6.5~7.8 cm),图中文字用六号宋体; 表格采用三线表。图、表应具自明性,随文排,标出图题和表题,先见文字后见相应的图表(如: …见图×; …见表×)。

(5) 文中一律采用法定计量单位。物理量符号采用斜体。

(6) 参考文献应引用公开发表的文献,按顺序编码,用上标在文中标注。

(7) 请勿一稿多投。未录用稿件一律不退,请自留底稿。

(8) 投稿文责自负。来稿一并提供相关单位保密审查表。

3、来稿邮寄地址

地址: 内蒙古包头市昆区包钢厂区技术中心大楼

邮政编码: 014010; E-mail: bgkj2005@126.com; 联系电话: 0472-2186065; 传真: 0472-2183081

中国知网　https://www.cnki.net