

大型车载 移动变电站

DAXING CHEZAI
YIDONG BIANDIANZHAN

包红旗 编著 张春城 审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

大型车载 移动变电站

包红旗 编著 张春城 审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了电力行业中一种新型大型成套电力设备——车载移动变电站，全面系统地详细阐述了车载移动变电站的设计理念和基本理论、使用范围及条件、设计方法、制造工艺、安全技术与组织措施、整体设备的出厂检验、运输与固定安装方法、运行前的检查验收与技术措施、设备运行后期维护、故障诊断与防范措施以及现场实施相关过程中配套附属设施安装等内容，并通过案例详述了车载移动变电站的设计布局及工艺过程。

本书是从事变电站设计、安装、运行人员以及制造厂工艺技术人员技术指导书籍，可供从事能源、铁路、水利、石油等建筑施工单位电力专业技术人员作为技术学习、培训书籍，亦可作为相关院校师生的技术参考书籍。

图书在版编目（C I P）数据

大型车载移动变电站 / 包红旗编著. -- 北京：中国水利水电出版社，2013.5
ISBN 978-7-5170-0903-0

I. ①大… II. ①包… III. ①移动变电所 IV. ①TM633

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第109742号

书 名	大型车载移动变电站
作 者	包红旗 编著 张春城 审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.75印张 492千字
版 次	2013年5月第1版 2013年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	69.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

近年来，车载移动变电站在北美及欧洲供电系统中得到了广泛应用。在我国，随着国内国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，社会各界对供电质量和不间断供电的要求日益强烈，需要电力企业进一步提高供电可靠性、减少停电时间，对车载移动变电站的需求也逐渐显现。

车载移动变电站属于电力系统中的特殊变电站，是一种有效的应急供电设备，主要由平板拖车、抗震型高压侧组合电器、抗震型低高度变压器、抗震型中开关系统以及相适应的自动化控制保护系统等构成，具备运输方便、灵活可靠等特点，能在数小时内投入运行，可在事故、抢修和自然灾害等情况下，迅速替代常规变电站，发挥应急供电的作用。

中电新源公司董事长包红旗先生根据其多年研究和生产制造 35kV、66kV、110kV 车载移动变电站的经验，主编了《大型车载移动变电站》一书。该书结合当前车载移动变电站的先进设计理念，系统地阐述了车载移动变电站的理论基础、关键技术以及制造工艺，介绍了出厂试验、现场安装调试、运行与维护、故障处理与排除等工程实用技术，同时也展望了其未来发展方向及需要研究的关键技术。相信该书的出版，将进一步推动车载移动变电站的研制和推广使用，并对类似领域变电站的整体制造技术发展，起到积极的促进作用。



2013 年 4 月

车载移动变电站主要由五个模块组成,包括复合式组合电器 HGIS 模块、主变压器模块、变电箱式综合自动化室模块、中压配电室模块、设备运输车模块。各模块采用整体预制式结构,实现各种功能单元工厂模块化制作,并在预制过程中完成各模块内部连接和调试。

研究和普及车载移动变电站对国民经济事业的发展具有重要意义:

(1) 车载移动变电站是“电力系统突发事件应急预案”的重要组成部分。当发生重大自然灾害,考虑启动应急抢救预案时,首要的任务就是保障电力供应。众所周知,在紧急情况下,车载移动变电站比常规变电站的建设更加快捷,在自然灾害、突发设备事故等紧急状况下能迅速替代某一常规变电站并恢复供电,在高负荷季节投入运行可以克服该区域供电容量的不足,在电力需求高速增长或超出预先电力建设规划的地区作为临时变电站投入运行,以缓解电力供应的紧张局面。

(2) 车载移动变电站具有非常好的灵活性。车载移动变电站整体性好,运行安全可靠,使用灵活,在野外各种恶劣环境下,只要有电源的合适地点,就可以将其拖到现场,在极少工作量的情况下,在极短的时间里,完成变电站的连接组建,车载移动变电站具有非常好的灵活性。

(3) 组建车载移动变电站具有非常好的快速性。车载移动变电站正常的设备连接所需要的时间仅有数小时。由于所有的设备均经过预组装、预联调、预发电等,且已完成出厂试验。因此,在实际现场的工作量可以简单地理解为电气设备的重复连接。

(4) 车载移动变电站具有极其重要的特殊应急意义。为保证应急抢险等重要工作的顺利展开,临时性的常规变电站在时间以及规模上是无法办到的,而集中程度过高的其他方式在技术无法完整地实现。在特殊时期,车载移动变电站承担了特殊的应急作用;同时,车载移动变电站具有极其重要的战略意义。

《大型车载移动变电站》一书广泛适用于广大电力研究院所、设计专业、电力行业用户、设备制造商等相关读者参考,同时也可作为专业院校参考书籍使用。这里特别感谢赵建国先生为本书写序,张春城先生为审阅人,谢谢

他们对本书编写出版的支持；此外，邵华平、李国君、代军民、包晓平、容建伟、张闪等也参与了本书的编写过程，在此一并表示感谢。

如有存在疏漏之处，敬请广大读者与专家批评指正。

包红旗

2013年4月

目 录

CONTENTS

序言

前言

第一章 车载移动变电站的使用范围及条件	1
第一节 车载移动变电站使用范围	1
第二节 车载移动变电站对使用环境的要求	3
第三节 主要技术参数	5
第四节 主要电气设备选型	6
第五节 辅助设备的选型	8
第二章 车载移动变电站的设计	12
第一节 车载移动变电站总体技术要求	12
第二节 车载移动变电站高压电器的技术要求	19
第三节 车载移动式变压器技术设计	26
第四节 车载移动变电站用中压组合电器	36
第五节 中压固定柜及其配电装置	39
第六节 车载移动变电站电气设备连接的技术	44
第七节 车载移动变电站自动化监控系统	48
第八节 车载移动变电站站用电源及辅助系统的技术要求	56
第九节 车载移动变电站防雷接地的技术	64
第十节 车载移动变电站用半挂车	66
第十一节 车载移动变电站机械设计有关计算	75
第三章 车载移动变电站的制造	83
第一节 HGIS工艺技术要求	83
第二节 变压器的工艺技术要求	88
第三节 配电及自动化箱体制造	98
第四节 配电及自动化箱体环境适应分析	101
第五节 HGIS专用户外式自动化终端汇控柜	107
第六节 蓄电池恒温箱(柜)	109
第七节 焊接	111
第八节 二次系统及低压电气系统的工艺	111
第九节 半挂车工艺技术要求	116

第四章 移动变电站生产工艺流程控制	120
第一节 移动式变电站生产工艺流程控制	120
第二节 移动式变电站设备生产与组装工艺	126
第五章 车载移动变电站安全措施	154
第一节 安全技术措施	154
第二节 安全组织措施	158
第三节 安全防火措施	158
第六章 车载移动变电站设备出厂检验	160
第一节 车载移动变电站出厂检验基本要求	160
第二节 一次设备出厂检验	161
第三节 二次设备出厂检验	174
第四节 车载移动变电站出厂发货时的安全防护	191
第五节 半挂车出厂检验	191
第七章 车载移动变电站运输与固定安装	192
第一节 车载移动变电站的运输	192
第二节 车载移动变电站的固定安装技术要求	195
第三节 运行状态的地震和风力对设备稳定的计算	196
第四节 车载移动变电站车辆行驶时的稳定性计算	197
第八章 车载移动变电站运行前的检查	200
第一节 现场验收标准	200
第二节 变压器现场验收	200
第三节 开关现场验收	201
第四节 辅助设备的现场验收	203
第五节 接地系统的现场验收	205
第六节 接引线路的现场验收	208
第九章 车载移动变电站设备运行维护说明	210
第一节 车载移动变电站 HGIS 组合电器使用与维护说明	210
第二节 车载移动变电站变压器运行维护说明	231
第三节 车载式移动变电站中压开关运行维护说明	236
第四节 HGIS 户外式自动化终端汇控柜的温控柜使用	242
第五节 车载移动变电站半挂车的维护说明	246
第十章 车载移动变电站的故障诊断与防范措施	262
第一节 车载移动变电站变压器的故障诊断与检修	262
第二节 车载移动变电站开关电气故障诊断	270
第三节 车载移动变电站接地装置故障诊断与防护措施	277
第四节 车载移动变电站防雷保护措施	277

第五节	车载移动变电站内二次回路故障诊断和处理	279
第六节	车载移动变电站自动化系统故障诊断与处理	282
第七节	车载移动变电站半挂车的常见故障诊断及处理	287
第十一章	车载移动变电站相关附属设施	288
第一节	车载移动变电站的接地网	288
第二节	车载移动值班控制室	298
第三节	移动变电站引线塔	302
附录	典型车载移动式变电站方案	312
参考文献		320

第一章

车载移动变电站的使用范围及条件

第一节 车载移动变电站使用范围

一、概述

随着国民经济的高速发展，电力需求进一步扩大，对变电站的供电可靠性要求越来越高，原有的变电站也正面临着更新及技术改造，怎样解决对原有变电站进行不间断供电的同时，实施整个变电站改造成为了新的课题。

变电站带电改造过渡施工，不同于新建变电站和变电站的停电改造，其变电站更新改造所涉及的一次设备改造率一般会达到100%，所有二次设备都可能全部更换，存在工作量大、施工难度高、施工周期长等问题，具体表现在：

(1) 安全保证难度大。由于变电站处于电网供电过程中重要环节，变电站很少实现越区供电，所以在施工过程中，作业面周围很多设备都处于带电运行状态。变电站整体设备结构复杂，设备繁多，站内场地狭小，带电设备较多，极易发生人身和设备事故。平常施工中的一个微小疏忽，就会影响供电安全，造成事故。

(2) 施工难度大。大多数变电站已进行多次小范围改造，变动较大，变电站原有设计与设备的实际接线有很大的出入。尤其是二次设备问题最严重，每次设备改造时都要进行施工过渡。要保证设备的安全运行，就会增加施工的难度。

(3) 施工周期长。变电站带电改造工程由于种种原因，从正式展开施工到全站改造完成，投入开通送电；更换控制、保护盘；改造和拆除既有110kV和10kV断路器、110kV隔离开关、电流互感器、保护装置、主变压器；既有高压室设备全部退出改造。这样的工作量以正常进度需要一年左右的时间才可以完成。

车载移动变电站的使用将会大大缩短变电站停电改造时间，如果使用得当还可以完成避免给用户停电。

二、使用范围

车载移动变电站属电力系统特殊变电站的制造技术领域，根据需要，车载移动变电站由两个以上车载设备组成，其中包括高压车载变电设备、中压车载成套设备、车载电容器设备、车载自动化通信设备、移动值班车等，主要由半挂车或平板拖车、抗震型高压组合电器、抗震型低高度变压器、抗震型中压开关系统、综合自动化控制保护系统、站用电源系统、通信系统等互连接构成。两车间由一、二次电缆连接，采用模块化结构，具有集成度高、性能可靠、占地面积小、移动方便、施工安装快捷等特点。当场地尺寸或通道的转弯半径限制了拖车的长度时，也可将高压车分解为高压组合电器车和变压器车，中压车



可以分解为自动化控制通信系统车和中压开关成套设备车。

移动变电站整体结构设计紧凑，机动性强，短时间内即可投入运行，且供电可靠度高，操作灵活，组装简单方便，各组件亦可单独运行和移动运输。半挂拖车平时处于机动待运状态，接到出发命令即可出动，到达指定目的地数小时内即能投入电网运行。特别能满足高压电网供电系统在变电站技术改造、设备检修、工地临时供电、事故抢修以及自然灾害情况下的供电需要。

车载变电站适用于变电站各种带电改造过渡施工，可以提高运行安全水平，保障不间断供电运行，缩短施工周期，简化现场工作复杂程度，提高工作效率和施工质量，加快电网升级改造提供了很好的现场解决方案。使用车载变电站施工过渡带电改造的具体施工方案及范围主要有以下几类。

1. 末端变电站整体设备更新造

末端变电站通常为两台以上主变压器供电，主变容量一般为 $10\sim 50\text{MVA}$ ，中压 10kV 侧为单母线分段。变电站的 $110\text{kV}/72.5\text{kV}$ 电源进线系统接线采用“单母线分段”接线方式。移动变电站是一个完整独立的“线路变压器组”系统，通常配有 $5\sim 8$ 回 10kV 出线，可以在短时间内代替原来变电站一半的设备运行，使得变电站整体技术改造工作可以分两步完成。

2. 单独的主变压器系统改造

主变压器系统改造就是更新或者增大原来主变压器的容量。在改造过程中，可以单独使用一台高压车载成套设备，在原位更换新的主变压器。在更换新的主变压器的施工过程中，还要考虑届时如果另一台主变在出现故障时，还能有一定的备用容量，及时恢复大部分中压配电送电，确保 10kV 系统供电正常。

3. 馈线系统改造

以往的变电站的馈线改造中，特别是高压室的扩建，均采用停电或限电，或者转移供电负荷的方式进行施工，施工周期往往较长。目前我们采用移动中压成套车载设备对馈线改造采用了一种全新的过渡方案，完成在既有变电站的馈线不停电的条件下的技术改造。

4. 全站停电改造

为满足变电站施工过渡时期的供电安全，保障变电站的不间断供电，主接线应满足在两台主变压器交替运行时，不需要长时间的倒换作业和调试。所以采用两台车载移动变电站进行过渡的方案。

如若 $110/10\text{kV}$ 系统，可利用两台 110kV 车载移动变电站车代替既有两个主变压器间隔，两个中压移动车代替两个高压室运行。一台移动高压室接一台主变，采取一进两出的主接线形式。将每台移动中压车进线中压电缆直接敷设在对应的高压车载变电站的低压侧辅助母线上。待移动中压车母线带电（空载）后，将移动中压室馈线电缆与馈线隔离开关相连接，将串联补偿装置接入负载运行，既有高压室设备退出运行。以上工作完成后，才可以对既有高压室设备、室外 10kV 馈线侧改造施工。

5. 重要变电站的事故应急处理

对于重要的变电站，在停电实施技术改造时，应当将中压车载变电站的其中一个出线开关作为两个中压室之间的联络开关使用，并且设置自动电源投切系统，当高压车载变电



站停电时，自动将中压车载系统切换到另一个电源系统。在有条件的地方还可以使用第二个备用高压车载变电站，当主系统出现问题时及时投入备用高压车载变电站成套系统。

6. 大容量变压器停电工作的处理

对于大容量变压器停电工作时，可以设法用两个高压车载车并联使用的处理方法以提高变电站总体容量。届时要考虑变压器容量、阻抗和分接开关位置引起的变压器环流的影响，防止变压器不均匀负荷带来的变压器过载问题。

三、注意事项

使用车载变电站对变电站带电改造过渡施工过程中，应注意以下方面：

(1) 在变电站带电改造过渡施工中，要有可行性的施工方案，运行人员和施工负责人都应提前阅读车载变电站使用手册和说明书，对可能发生的问题要有预案。

(2) 要加强施工单位与运行单位的协调合作，明确作业区和设备运行区域的现场管理，实行作业简洁化、标准化，保证运行安全。

(3) 要注意施工节奏，不能与整个施工部署脱节。例如进行主变系统改造时，要将两个主变系统区分开，然后依次改造；改造中要将新的控制、保护系统与旧的控制、保护系统并接，不能取消备用。

(4) 现场施工工人需具备处理运行设备和施工中各种问题的能力。

使用地区处于以下不利的环境时，需要用户提出：

(1) 靠近负荷中心。

(2) 不利于架空和电缆线路的引入和引出。

(3) 交通运输不方便。

(4) 周围环境明显污秽，如空气污秽时，所址宜设在受污染源影响最小处。

(5) 具有特殊的地质、地形和地貌条件。应避开断层、滑坡、塌陷区、溶洞地带、山区风口和有危岩或易发生滚石的场所，否则应征得有关部门的同意。

第二节 车载移动变电站对使用环境的要求

一、正常使用自然环境

除非另有规定，车载移动变电站高压电气设备及其操动机构和辅助设备和控制设备，应在其额定特性中列出的正常使用条件下使用。

1. 温度

周围空气温度不超过 40°C ，且在 24h 内测得的温度平均值不超过 35°C 。最低周围空气温度对“—10 户外”级为 -10°C ，对“—25 户外”级为 -25°C ，同时应当考虑高达 $1000\text{W}/\text{m}^2$ （晴天中午）以上的阳光辐射的影响。

2. 海拔

海拔不超过 1000m。

3. 污秽等级

周围空气尽量避免受到尘埃、烟、腐蚀性气体、蒸汽或盐雾的污染。污秽等级不得超



过 GB/T 26218.1—2010《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则》中的Ⅲ级。

4. 覆冰

覆冰对1级不超过1mm，对10级不超过10mm，对20级不超过20mm。

5. 风速

风速不超过25m/s。

6. 湿度

(1) 在24h内测得的相对湿度的平均值不超过95%。

(2) 在24h内测得的水蒸气压力的平均值不超过2.2kPa。

(3) 月相对湿度平均值不超过90%。

(4) 月水蒸气压力平均值不超过1.8kPa。

7. 凝露

因结构上的原因使绝缘件表面温度低于露点温度，以致出现表面凝露现象，导致绝缘击穿或金属件腐蚀。此类情况一般发生在高湿度期间温度急骤下降时。为避免这类情况发生应当采取以下措施：

(1) 在高湿度期间使用加热器避免绝缘表面温度急骤下降，通常这类措施在室内柜式开关设备中使用。

(2) 增加绝缘爬距和间隙距离。

二、特殊使用自然环境

如果实际使用条件和正常使用条件不同，移动变电站高压电器设备和控制设备，应该尽可能地按用户提出的特殊要求来设计，或者应和用户达成适当的协议。移动变电站产品当在特殊条件下使用时，这时用户的要求应当参照以下的标准等级。

1. 海拔

对于安装在海拔高于1000m处的设备，外绝缘在标准参考大气条件下的绝缘水平应该将使用场所要求的绝缘耐受电压乘以系数 K_a 来决定。

(1) 在任一海拔处，内绝缘的绝缘特性是相同的，不需要采取特别的措施。关于外绝缘和内绝缘，见 GB/T 311.2—2002《绝缘配合 第2部分：高压输变电设备的绝缘配合使用导则》。

(2) 对于低压辅助设备和控制设备，如果海拔低于2000m，不需要采取特别的措施。对于更高的海拔，见 GB/T 16935.1—2008《低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验》。

2. 污秽

对于安装在污秽空气中的设备，污秽等级应规定为 GB/T 26218.1—2010 中的Ⅳ级——严重污秽。

3. 温度

对于安装在周围空气温度明显地超出正常使用条件处的设备，优先选用的最低和最高温度的范围规定为：对“—40 户外”级为—40℃。“—50 户外”级为—50℃。应当考虑温度的急骤变化；对酷热气候，40℃以上，不超过+50℃。



4. 湿度

在暖湿风频繁出现的部分地区，温度的骤变会导致凝露，甚至在户内也会这样。在湿热气候环境中的户内条件下，在 24h 内测得的相对湿度的平均值能达到 98%。

5. 风速

风速不超过 34m/s（相应于圆柱表面上的 700Pa）。

三、对环境保护应采取的措施

(1) 防止变压器、电容器、互感器设备中的绝缘油从车载移动变电站中漏出并将火灾的危险降至最小。

(2) 由缺陷、异常使用条件或误操作造成的故障会引发各种电弧。这种偶然事故发生的概率很小，但也不能完全忽视；如有人员在场，这种事故可能会造成伤害，但其概率更小；应为人员提供最高等级的切实可行的保护。目标是避免这样的电弧或限制其持续时间和后果。

第三节 主要技术参数

一、电压等级

根据国内市场需求，车载移动变电站高压侧通常为 35~110kV，特殊情况不应大于 252kV。

高压额定电压的标准值为：145kV、126kV、72.5kV、40.5kV；

中低压通常为：55kV、40.5kV、27.5kV、20kV、10kV、6kV、0.4kV；

220kV 等级的车载移动变电站运输车辆需要特别设计，主要解决超高的问题。

二、总体尺寸要求

设备的尺寸大小一般与使用环境、场合有关系。在野外，可以选用长、宽、高分别为 17m、3m、4.5m 的半挂拖车；在市区中，可以选用长宽高分别为 9m、2.3m、3.5m 的半挂拖车，便于转弯和停放。

三、总体重量上限要求

总体重量上限取决于车载移动变电站使用范围内的运输环境限制，因此需方需要事先咨询当地交通管理部门，充分了解公路运输情况，以给出运输上限要求。

四、中、低压出线回路数

中、低压出线回路数是车载移动变电站需求的重要参数，在某种程度决定车载移动变电站的组成形式。一般情况下中压出线在 3 路出线以下，工程移动车载变电站可以不需要再设置一台中压配电车，可以将高压组合电器、变压器、中压开关以及保护控制、直流电源等安装在同一半挂车上，野外工程用移动变电站多使用这种设计方案。10kV 5 回及以上出线一般需要单独的中压配电车，电力系统使用的应急移动变电站大多使用高压电器、主变压器、中压配电车分别独立的方式以减小车体运输的转弯半径。

五、常用主要参数指标

各类设备还需要参考以下指标，见表 1-1。



表 1-1

车载移动变电站常用主要参数指标

序号	项 目	设备参数参考选择
1	变压容量 (MVA)	31.5、20、15、10、6
2	高压侧电压 (kV)	145、126、72.5、40.5
3	中低压侧电压 (kV)	55、40.5、27.5、20、10、6、0.4
4	中压出线回路数	3 回、6 回、8 回、10 回、12 回
5	车辆宽度 (m)	3、2.7、2.5、2.3
6	车辆长度 (m)	17、15、13、9
7	车辆高度 (m)	4.5、4.3、4.0、3.5
8	单车总重量 (t)	55、50、40、30、20
9	自动化水平	模块化变电站、智能化变电站、数字化变电站
10	行驶公路	一级、二级、三级、四级公路
11	主要使用目的	紧急救援、变电站技改、临时用户、野外施工
12	计费方式	高压计费、低压计费、网内核算、对侧计费
13	调度通信方式	光纤、载波、有线、扩频、专用无线、公用无线
14	值班方式	无人 (远控)、集控 (近控)、在家值班、有人值班
15	站用取得方式	本站高压侧、本站中压侧、旧内低压、市电 380V、市电 220V
16	环境温度摄氏 (°C)	-50~22, -40~22, -20~32, 0~38, 5~43, 5~50
17	最高环境湿度	30%、40%、60%、85%
18	最高海拔 (m)	500、1500、3500、5500
19	噪音极限 (dB)	80、75、65、55
20	运行管理	电力行业、铁路供电、委托代管、企业自管
21	同地运行最长时间	3 个月、6 个月、1 年以上、3 年以下

第四节 主要电气设备选型

电器设备的选型原则：①抗震性能高；②站用空间尺寸小；③重量轻；④绝缘裕度大。

一、主变压器选型

(1) 变压器容量通常为 10MVA、16MVA、20MVA、31.5MVA 的车载移动变电站受到运输重量方面限制，一般情况下只能局部使用，不能远途备用。

(2) 在靠近居民小区的地点，通常我们需要考虑使用低噪声变压器；对于受运输条件的限制必须设法减小重量时，可能要考虑使用强迫油循环冷却方式。

(3) 对于边远地区可能要考虑有载调压变压器，电力潮流变化大、电压偏移大，经计算普通变压器不能满足电力系统和用户对电压质量的要求时，可采用有载调压变压器。但无疑会进一步增加变压器的总体重量。因此除非在不得已的情况下，否则不推荐在车载移动变电站中使用有载调压变压器。



(4) 对于有大容量需求的车载移动变电站, 首先推荐使用两台移动变压器并联使用, 比如使用两台 20MVA 移动变压器代替一台 40MVA 移动变压器, 这样可以解决不必要的麻烦。

(5) 当两台移动主变压器的并联使用时, 一台停运时, 另一台的容量不应小于 60% 的全部负荷, 并应保证用户的一、二级负荷。

(6) 具有三种电压的车载移动变电站, 其主变压器各侧线圈的功率均达到该变压器容量的 15% 以上, 主变压器宜采用三线圈变压器。

(7) 当需限制变电所 6~10kV 线路的短路电流时, 采用高阻抗变压器。

(8) 为了提高运行可靠性, 在选用变压器时尽量选用全绝缘变压器。

二、开关电器的选型与布置

(1) 选择常规综合自动化车载移动变电站与选择数字化车载移动变电站的区别: 常规综合自动化车载移动变电站: 一次设备上需留安放电压互感器、电流互感器的位置, 可能会增加隔离开关设备。数字化车载移动变电站: 电子式互感器不占位置 (内部安装), 无需隔离开关设备。

(2) 电器开关的类型的选择。车载式移动变电站不推荐使用高压 GIS、高压 AIS、中压 C-GIS 和小车中置柜, 主要原因是他们都存在抗震性能差的问题。因此推荐高压开关设备使用 HGIS, 中压设备使用 HGIS 和有抗震措施的固定中压柜。

(3) 主变容量会影响接线形式。主变容量过大就会要使用独立半挂车, 在必要时将变压器分相组成三台变压器半挂车。此时高压开关和中压开关之间就会产生连接架空或电缆线, 如果距离过长还可能需增设母线桥架、避雷器等设备。因此, 一般情况下建议 110kV 变压器容量最大选择 20MVA, 如需要增大容量可以多次并联使用。

(4) 中压出线数量增加会影响整体型移动变电站上其他辅助中压设备的布置, 如站用变压器、电容器、自动化保护设备等。中压出线数多余 8 路时, 可以考虑使用两台中压车并联使用, 之间使用电缆或架空母线连接。

(5) 在小规模的车载移动变电站中使用大容量电压互感器代替站用变压器的方案在实践中证明是可行的, 目的也是减小设备站用空间和整车总量。经常使用的是 3kVA 或 5kVA 的电压互感器。如果低压二次负载过大时必须使用单独的站用电源。

(6) 高、中压外接线路的引出、引入形式也对主接线产生影响。中压引出线一般应采用电缆引出到架空线上, 但高压引入推荐架空电缆或者使用 AIS 空气绝缘电缆头搭接到高压车的 HGIS 设备上, 这样有利于设备检修、试验。

(7) 对于工程用移动变电站, 高压终端塔和移动变电站之间, 需要设临时柱上型隔离开关, 目的在于方便移动变电站的接入电网和退出运行。比如随电网停电时间提前接入一组隔离开关, 移动变电站何时接入可以不再申请输电线路停电。同样, 在移动变电站退出运行时, 也不必安排高压输电线路的停电。

(8) 配电开关装置的防震措施。开关设备和配电装置是供电系统中必不可少的电气设备, 运输行驶过程的振动对其中任一设备的破坏, 都有可能使得供电系统不能正常运行。过渡振动, 会引起设备的连接松动, 操动机构发生搓动而无法灵活地实现分、合闸的操作; 瓷绝缘子断裂使配电装置的结构变形, 结点拉脱; 从而损坏开关设备和配电装置, 短期内难修复, 造成停电。过渡振动, 还会造成母线变形, 对于母线, 应尽量采用软母线;



若采用硬母线，则要考虑伸缩接头。

(9) 隔离开关与相应的断路器和接地开关之间，应装设闭锁装置。箱体内的配电装置，应装设防止误入带电间隔的设施。闭锁联锁回路的电源，应与继电保护、控制信号回路的电源分开。

三、无功补偿电容器选型

(1) 无功补偿电容器一般只设计用于野外工程用车载变电站中，主要考虑无功负荷对电压的影响。根据环境条件、设备技术参数，采用独立集装箱设置方式或者在中压开关室内的布置。

(2) 由于无功补偿电容器容量一般为变压器容量的 $10\% \sim 30\%$ ，因此体积较大，一般情况下必须单独组成无功补偿电容器移动车。

(3) 对于三绕组变压器组成的移动变电站，一般选用最低电压侧接入电容器。

(4) 对应电容器装置的开关控制、保护等设备一般应安装在中压移动车上，如安装在电容器移动车上必须考虑自动化设备的密封和调温措施。

四、二次系统选型

(1) 直流操作电源。车载移动变电站的操作电源，宜采用成套的小容量镉镍电池装置。蓄电池组的容量，应满足下列要求：

1) 当全站停电时，野外工程用移动变电站的直流操作电源应达到 2h 的放电容量。

2) 当全站停电时，电力系统应急移动变电站直流操作电源应达到 1h 的放电容量。

(2) 继电保护和自动装置。车载移动变电站继电保护和自动装置的设计，应符合 GB 50062—2008《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》的要求。

(3) 电测量仪表装置。车载移动变电站电测量仪表装置的设计，应符合 GB 50063—2008《电力装置的电测量仪表装置设计规范》的要求。

(4) 有人值班的车载移动变电站，宜装设能重复动作、延时自动解除或手动解除音响的中央事故信号和预告信号装置。无人值班的车载移动变电站，可装设当远动装置停用时转为变电所就地控制的简单的事故信号和预告信号。断路器的控制回路，应有监视信号。

五、电气设备应满足运行、巡视的要求

车载移动变电站应布置合理，方便工作人员的使用、检查和维护。在半挂车下面可以清晰地看到以下信号和位置：

(1) 变压器的油温、油位、分节开关位置。

(2) 组合电器的断路器、隔离开关、接地开关的位置，以及气压表刻度。

(3) 避雷器的计数器的读数。

第五节 辅助设备的选型

一、车载移动变电站半挂车选型

在满足工作和安全需要的前提下，保证各部件布置合理，操作简单方便，界面清楚易懂，标识齐全明确，整车美观流畅。