

宝峰 500kV 变电站电气设计特点

陶俊培, 余波

(西南电力设计院, 四川 成都 610021)

摘要: 对高海拔、高烈度地震地区宝峰变电站 500kV 配电装置布置、500 kV 电气设备绝缘配合、母线型式选择、接地设计等特点进行了详细介绍。

关键词: 高海拔; 高烈度地震区; 500kV 变电站; 电气设计

Abstract: Switchgear arrangement, 500 kV electric equipment insulation coordination, bus-bar type selection as well as earthing design feature of Bao-feng 500kV substation situated in the high altitude and high intensity earthquake region are introduced in detail.

Key words: high altitude; high intensity earthquake region; 500 kV substation; electrical design

中图分类号: TM63 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2008)04-0070-03

1 工程概况

宝峰 500 kV 变电站是国家重点建设工程——大朝山水电站的配套工程, 是云南省的第二座 500 kV 变电站, 是云南省超高压电网中的枢纽变电站, 站址位于昆明市晋宁县宝峰乡清水河村, 也是西南地区第一个 500 kV 配电装置采用剪刀开关钳夹悬吊铝管母线的工程, 建成时是国内海拔最高的采用户外敞开式设备的 500 kV 变电站 (海拔 2 100 m), 且位于高烈度地震区 (8 度)。

1.1 建设规模

主变压器: 本期装设 2 组 750 MVA, 最终为 3 组 750 MVA;

500 kV 出线: 本期 3 回, 最终 8 回;

220 kV 出线: 本期 10 回, 最终 14 回;

高压并联电抗器: 本期 $2 \times 120 \text{ Mvar}$

35kV 无功补偿: 并联电容器: 本期 $6 \times 40 \text{ Mvar}$

最终 $8 \times 40 \text{ Mvar}$

并联电抗器: 本期 $2 \times 45 \text{ Mvar}$

最终 $6 \times 45 \text{ Mvar}$

1.2 电气主接线

500 kV 采用一个半断路器接线, 远期 8 线 3 变, 按 5 个完整串规划, 3 号主变按接母线考虑; 本期 3 线 2 变, 采用 2 个完整串和 1 个非完整串。500 kV 母线设避雷器, 线路和变压器出口不设隔离开关。

220 kV 按双母线双分段带旁路母线接线规划, 初期为双母线单分段, 设 1 台专用旁路断路器, 4 组母线电压互感器, 主变按不接入旁路母线考虑。

主变 35 kV 侧采用单母线接线, 装设总回路断路器。

1.3 主设备选型

主要电气设备均采用亚洲开发银行贷款进行国际招标采购, 主设备供应厂家如下:

主变压器: 常州东芝变压器厂

500 kV 高压并联电抗器: 西安变压器厂

500 kV 罐式断路器: 日本三菱公司

500 kV 隔离开关: 平顶山高压开关厂

500 kV 电容式电压互感器: 无锡日新

500 kV 避雷器: 抚顺电瓷厂

微机监控系统: 南瑞公司

500 kV 线路保护: 美国 GE 公司和南瑞公司

2 主要设计特点

2.1 500 kV 配电装置布置特点

500 kV 配电装置采用三列式布置, 剪刀开关钳夹悬吊铝管母线布置方案, 主变压器进线和出线互相垂直, 采用低构架横穿斜拉进串方式, 断路器采用落地罐式断路器, 该布置的优点如下:

(1) 减少了 500 kV 配电装置的纵向尺寸, 布置紧凑, 节约占地面积;

- (2) 设备抗震性能优良;
- (3) 布置与接线相对应, 连线清晰;
- (4) 主变进线构架采用低构架横穿方式, 简化了构架;
- (5) 两组母线布置在两侧, 母线距离远, 停电检修时感应电压小。

由于 500 kV 配电装置场地坡度较大, 若整个场地取一个统一的基准 ± 0.00 m 点, 会使得低场地处与高场地处的支柱高差约 3 m 左右, 高差过大, 设计是采用沿 500 kV 配电装置间隔纵向确定多个绝对标高基准点; 故一方面为保证悬吊管母线挂点标高一致、设备支柱顶标高一致, 另一方面支柱高差不致过大, 采用了沿间隔纵向确定多个绝对标高基准点, 很好地解决了上述问题。

2.2 高海拔条件下 500 kV 电气设备的绝缘配合

宝峰 500 kV 变电站海拔高度为 2100 m, 对合理确定 500 kV 电气设备的绝缘配合提出了很高要求。为此设计院进行了深入研究, 提出了绝缘配合参数; 绝缘配合中所需系统内过电压数据, 根据云南电力集团公司委托武高所完成的《大昆 500 kV 输变电工程系统内过电压研究》报告中有关数据进行配合计算。

避雷器配置: 每回线路入口装设一组线路型避雷器 (444 kV), 每组主变附近装设一组变电站型避雷器 (420 kV), 每组母线上也装设一组变电站型避雷器 (420 kV)。避雷器参数如表 1。

表 1 避雷器参数

| 安装位置 | 避雷器额定电压 kV (有效值) | 最大操作冲击残压 (30/60 μ s, 2/3 kA) kV (峰值) | 最大雷电冲击残压 (8/20 μ s, 10/20 kA) kV (峰值) |
|------|------------------|--|---|
| 母线侧 | 420 | 827/855 | 950/1015 |
| 线路侧 | 444 | 875/930 | 995/1050 |

绝缘配合后确定的 500 kV 电气设备内绝缘水平如表 2。

表 2 电气设备内绝缘水平

| 名称 | 雷电冲击 (峰值) kV | | 操作冲击 kV (峰值) | 1min工频 kV (有效值) |
|-------------|--------------|------|--------------|-----------------|
| | 耐受电压 | 全波截波 | | |
| 500 kV 电气设备 | 1550 | 1675 | 1175 | 680 |

电气设备外绝缘强度主要受气压、气温和绝对湿度等气象条件的影响, 电气外绝缘的放电电压随气压和绝对湿度的下降而降低, 随气温的下降而增加; 随

着海拔高度的增加, 气压、气温和绝对湿度均下降, 其对外绝缘强度的综合影响是使放电电压下降, 500 kV 设备外绝缘强度随海拔的升高而降低, 需按海拔修正系数进行修正补偿。本工程按多种高海拔修正计算方法 (国标、行标以及 IEC 标准的修改正方法) 比较后确定的 500 kV 级海拔修正系数如表 3。

表 3 海拔修正系数

| | 相一地 |
|------|-------|
| 雷电冲击 | 1.247 |
| 操作冲击 | 1.164 |
| 工频 | 1.16 |

按 500 kV 电气设备内绝缘水平及海拔修正系数确定的 500 kV 电气设备外绝缘水平如表 4。

表 4 电气设备外绝缘水平

| 名称 | 雷电冲击 (峰值) kV | 操作冲击 kV (峰值) | 1min工频 kV (有效值) |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 500 kV 电气设备 | 1800 | 1300 | 790 |

根据研究宝峰侧 500 kV 线路断路器不装合闸电阻, 根据武高所内过电压研究报告, 500 kV 中性点和小电抗绝缘水平按 66 kV 电压等级选取。

宝峰 500 kV 变电站内外绝缘水平合理适中, 避免了因设备绝缘水平过高增加投资。

2.3 采用 500 kV 落地罐式断路器提高抗震能力及减少占地面积

宝峰 500 kV 变电站位于高烈度地震区 (8 度), 对设备的抗震能力要求较高, 同时 500 kV 场地坡度较大, 缩小间隔纵向尺寸对于减少占地面积、减小土建土石方量具有较好的作用。针对以上情况, 对“瓷柱式断路器 + 独立电流互感器”方案、“落地罐式断路器 + 配置套管型电流互感器 (BCTS)”方案、“复合电器”方案进行了详细的技术经济比较, 从技术可靠、节省投资的角度推荐采用“落地罐式断路器 + 配置套管型电流互感器 (BCTS)”方案并获得电规总院审查通过。经国际招标, 日本三菱公司中标并提供该公司生产的 500 kV SFMT 型 SF₆ 落地罐式断路器: 双断口结构, 配气动操作机构。该开关重心较低, 承受地震的能力强 (可适用 8 度及以上地震区), 电流互感器配置在高压套管升高座内, 较常规“瓷柱式开关 + 独立 TA”方案减少占地面积 10% 左右, 自投产以

来,运行良好。

2.4 500 kV 悬吊管母线的成功应用

合理确定了母线型式。针对悬吊管母线方案和软母线方案进行技术经济比较,悬吊管母线主要具备如下优点:

(1) 悬吊管母线在电气特性上具有载流量大、电晕起始放电电压高、无线电干扰电压低、电晕损失小等优点,在机械特性上具有对构架水平拉力小的优点,可使构架结构简单,节省钢材和投资,同时没有软导线的非同期摇摆问题;

(2) 同时,对悬吊管母线和支撑管母线进行比较,悬吊管母线具有抗震性能好,特别适用于 8 度及以上的高烈度地震区域,同时抗微风振动性能好、且便于加强绝缘及更换绝缘子;

(3) 悬吊管母线拉力较小,节约构架投资;

(4) 悬吊管母线管径尺寸对构架拉力影响较小,有利于母线扩容。

经过上述比较,采用了悬吊管型母线的设计方案。针对悬吊管母线的挠度、静应力计算、悬挂绝缘子串结构型式的选择、悬挂尺寸的确定开展细部工作,最终选择铝镁合金管(可氩弧焊对接、加补强衬管)、斜挂双 V 型绝缘子串的结构型式。该结构型式在各种工况下的水平和垂直偏移均较小,都能满足母线下单柱垂直折臂式隔离开关钳夹范围。现场实际安装效果较好,能满足母线隔离开关对管母线的可靠钳夹,多串母线安装后整齐美观。

2.5 高土壤电阻率接地优化设计

所区实测的土壤电阻率推荐值高达 $1500\Omega \cdot m$,年平均雷暴日为 77 天,属多雷区;因此,要将全所的

接地电阻、接触电势差、跨步电势差降低到规程允许值难度很大。经利用接地程序计算优化接地网的布置,最终采用了不等间距接地网格方式,在改善所区电位梯度分布的同时减少了钢材的用量。垂直接地极采用 3 m 垂直接地极和 30 m 长垂直接地极两种;3 m 垂直接地极布置在所区内避雷针、设备接地和主控楼附近,以降低冲击接地电阻;30 m 长垂直接地极布置在所区周围及所区内地下水较集中的地方,降低接地电阻。同时,在设计上综合考虑了利用深井取水管、线路出线避雷线、水平接地体周围换土、外引所区附近泉眼、加人工降阻材料等综合治理措施。接地网施工的原则是边施工边测量,逐项采取措施直至满足要求。现场施工的实际情况是未采取人工降阻材料前,全所的接地电阻、接触电势差、跨步电势差已满足规程要求。

3 结束语

宝峰 500 kV 变电站是投产时国内海拔最高的采用户外敞开式设备的 500 kV 变电站,且位于 8 度地震区,电气专业在配电装置布置、设备绝缘配合、设备选择、母线型式选择、接地设计等方面进行了大量优化,使工程的可靠性和经济性明显提高。该工程投产后,剪刀开关配悬吊铝管母线、500 kV 高抗中性点绝缘等级采用 66 kV、高海拔地区的外绝缘水平修正方法以及高土壤电阻率变电站接地处理措施方法等新技术均在西南地区的 500 kV 变电站中得到了推广应用,对 500 kV 变电站设计起到了一定的指导作用。

(收稿日期:2008-06-15)

(上接第 29 页)

命一般为 200 h 冲旋机破碎板的使用寿命为 1 年。

综合比较上述五种制粉设备的数据,在 CFB 锅炉下使用的石灰石破碎系统主机,可以在锤击磨和冲旋式制粉机组中选择。

4 关于石灰石入料的选择

石灰石的原料情况同样会影响石灰石破碎机的出力,通过对来料的调查石灰石原料应控制以下几方面的指标。

4.1 石灰石的含钙量。

作为炉内脱硫希望含钙量越高越好,但是往往含钙量高的石灰石都形成年代较长难破碎,一般取含钙量在 95% 左右的石灰石即可。

4.2 石灰石的抗压硬度

石灰石的抗压硬度直接关系到石灰石的破碎,一般要求来料在 50 MPa 以下。

4.3 石灰石的含硅量

石灰石中含有 SiO_2 提高了石灰石的耐磨性,同时 SiO_2 进入炉膛会同碳酸钙反应消耗碳酸钙,降低脱硫效率。故含硅量一般要控制在 2% 以下。

总之 CFB 锅炉石灰石破碎是锅炉脱硫的关键,各厂认真总结提高石灰石破碎的能力保证机组的环保排放。

(收稿日期:2008-05-10)