

运用QC小组活动降低增城燃气电厂接触电势幅值比

刘曦, 李宇强, 唐俊, 刘洋

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021)

摘要 在进行燃气电厂主接地网设计时, 要求厂区内任意一点的接触电势均需小于对应的安全允许阈值, 接触电势值与接地导体的形状、导体直径、接地网面积、土壤电阻率等因素相关。由于华电广州增城燃气电厂占地面积较小导致地下主接地网设计面积受限, 并且土壤电阻率也较高, 厂区部分区域的接触电势不能满足安全允许阈值的要求, 影响现场运行人员的人身安全。基于此, 本文通过QC小组活动对影响接触电势的因素进行分析, 确定造成接触电势高于安全阈值的原因, 并采取针对性的措施降低广州增城燃气电厂接触电势幅值比, 使其满足接触电势要求, 从而保证现场运行人员的人身安全和电厂的安全稳定运行。

关键词 QC小组; 燃气电厂; 主接地网; 接触电势

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0106-03

1 研究背景

由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司参与设计的华电广州增城燃气电厂总投资约30亿元, 主要建设2套67万千瓦的H级燃气—蒸汽联合循环机组, 配套建设热力管网、取水工程, 通过输入天然气, 生产电力、蒸汽、空调冷源、生活热水等产品。

增城燃气电厂接地网由人工接地体和自然接地体组成。人工接地体为以水平主接地网为主加上垂直接地极组成的复合接地体, 水平主接地网采用60×8 mm热浸镀锌扁钢, 垂直接地极采用Φ70 mm、L=2 500 mm的镀锌水煤气管。

当接地故障(短路)电流流过接地网时, 大地表面形成分布电位。当人站立于地面上用手去接触电气设备外壳时, 人的手和脚将具有不同的电位。在地面上到设备距离为1 m处与设备外壳、构架或墙壁离地面的垂直距离2 m处两点间的电位差, 称为接触电势。当接触电势超过安全允许阈值时, 就会导致人体的触电事故。因此如何降低增城燃气电厂接触电势幅值比成为本工程接地网设计的重点。

2 概况

2.1 名词解释

为保证增城燃气电厂现场运行人员的人身安全以及电厂的安全稳定运行, 接触电势必须在安全允许阈值以下, 且越低越好。基于此, 定义接触电势幅值比为:

$$\text{接触电势幅值比} = \frac{\text{接触电势值} - \text{安全允许阈值}}{\text{安全允许阈值}} \times 100\%$$

当接触电势大于允许值时, 幅值比为正。当接触电势小于允许值时, 幅值比为负。

2.2 QC小组的组建

基于上述背景, 工程项目部通过开展QC小组活动进行攻关。QC小组是一种由生产、服务及管理等工作岗位的员工自愿组成的小组, 基于组织的经营战略和方针目标, 专注于通过协作和系统的方法来识别、分析和解决现场存在的问题^[1-2]。

QC小组的类型有三种, 分别是自定目标课题、指令性目标课题和创新型课题^[3]。每一种类型的课题执行不同的活动程序, 但均遵循PDCA循环。本QC小组课题为指令性目标课题。

3 选题理由

3.1 保障人身安全的需求

当系统发生接地故障时, 接触电势高于允许值, 即幅值比为正时, 会使现场运维人员存在电击伤亡的危险。

3.2 目前幅值比情况

小组将全厂接地网按照功能类型划分为1~10个区域, 依次是: 供氢站、机力塔、升压站、A列外、汽机房、锅炉房、集控楼、厂前区、化水区、天然气调压站。小组收集了全厂接地网已施工的集控楼, 汽机房, A列外, 升压站区域接触电势幅值比情况, 如表1所示。

表 1 已施工区域接触电势幅值比统计表

项目	集控楼	汽机房	A 列外	升压站
接触电势 (V)	590	636	616	560
允许值 (V)	509	509	509	509
幅值比 (%)	16%	25%	21%	10%

由表 1 可以看出, 全厂接地网已施工区域接触电势幅值比均为正, 汽机房区域的接触电势幅值比最高为 25%, 升压站区域的接触电势幅值比最低为 10%。经计算, 已施工区域接触电势平均值为 601 V, 幅值比平均值为 18%, 对电厂投运后的安全运行造成了很大的隐患。

3.3 业主要求

为了保障电厂运行安全, 项目业主要求增城燃气电厂全厂接触电势幅值比不能高于 -20%。

3.4 确定课题

基于上述三点理由, 小组将 QC 活动课题确定为: 降低增城燃气电厂全厂接触电势幅值比。

4 确定目标

根据项目业主要求, 结合现场实际情况, 小组将活动目标设定为: 全厂接触电势幅值比从目前的 18% 降低到 -20%。

5 目标可行性分析

小组调研了已施工完成的相似工程全厂接触电势幅值比的情况, 如表 2 所示。

表 2 相似工程全厂接触电势幅值比统计表

工程名称	接触电势平均值 (V)	允许值 (V)	幅值比 (%)
达州燃气电站	235	294	-20%
华润六枝电厂	248	302	-18%
珙县电厂一期	257	321	-20%
四川福溪电厂	251	302	-17%
宁海电厂二期	326	403	-19%

由表 2 可知, 相似工程的全厂接触电势幅值比最高为 -17%, 最低为 -20%, 平均值为 -19%。

目前增城燃气发电项目全厂接地网已施工区域接触电势幅值比平均值为 18%, 而相似工程的全厂接触电势幅值比平均值为 -19%, 已接近活动目标值 -20%。结合小组成员的素质能力、业主单位的重视程度以及目前的技术水平, 小组成员一致判定目标可以达到。

6 原因分析及要因确认

针对增城燃气电厂接触电势幅值比偏高这一问题, 小组成员运用头脑风暴法进行了多次分析讨论, 广泛

收集现场施工技术资料, 从人员因素、机械因素、材料因素、方法因素、环境因素五个方面找到了造成接触电势幅值比偏高的七个末端因素, 分别是: 接地网的网孔数偏少、水平接地极等效直径偏差、未进行设计交底、施工质控复核范围偏少、接地网埋深不均匀、未增设离子接地体和岩土电阻率测试结果偏大。

6.1 未采取增大土壤导电离子浓度的措施

经过分析计算, 小组得出确认要因的标准为增设深井离子接地装置后接触电势幅值比下降幅度大于 20%。

小组成员在厂前区区域增设 1 套深井离子接地装置, 待上述区域接地网施工完成后, 统计其接触电势幅值比, 并与之前统计的已施工区域均值进行对比, 结果如表 3 所示。

表 3 接触电势幅值比对比表 (a)

区域	接触电势 (V)	允许值 (V)	幅值比 (%)	幅值比变化 (%)
已施工区域	601	509	18%	31%
厂前区	443	509	-13%	

由表 3 可知, 厂前区接触电势幅值比下降了 31%, 满足大于 20% 的要求, 因此增设深井离子装置对接触电势幅值比偏高影响较大, 确认未采取增大土壤导电离子浓度的措施为要因。

6.2 施工质控复核范围偏少

经过分析计算, 小组得出确认要因的标准为增加施工质控复核范围后接触电势幅值比下降幅度大于 20%。

小组选取供氢站区域作为试验区域, 要求在接地网开挖施工后的人工回填过程中增加质控复核回填土是否夹杂石块和建筑垃圾等废弃物的范围, 其中一级质检范围由 60% 增加到 100% 检查, 新增二级质检 100% 复核。待供氢站区域回填完成后, 统计其接触电势幅值比, 并与之前统计的已施工区域均值进行对比, 结果如表 4 所示。

表 4 接触电势幅值比对比表 (b)

区域	接触电势 (V)	允许值 (V)	幅值比 (%)	幅值比变化 (%)
已施工区域	601	509	18%	27%
供氢站区域	458	509	-9%	

由表 4 可知, 供氢站区域接触电势幅值比下降了 27%, 满足大于 20% 的要求, 因此增加质控复核范围对接触电势幅值比偏高影响较大, 确认施工质控复核范围偏少为要因。

综上, 小组针对原因分析中确认的七个末端因素, 采用现场调查、对比试验等方法进行逐一分析、排查,

得出导致接触电势幅值比偏高的要因是未采取增大土壤导电离子浓度的措施和施工质控复核范围偏少。

7 制定对策与实施

小组成员针对寻找出来的两条要因，逐一进行对策制定，并积极实施对策^[4]。对策实施是QC小组活动的核心环节^[5]。

7.1 针对“未采取增大土壤导电离子浓度的措施”

围绕要因1，小组通过头脑风暴法提出了敷设引外接地体，采用深钻式接地极，填充导电离子浓度高的降阻剂和增设新型深井离子接地装置四个对策方案。

从有效性、可实施性、经济性和时效四个方面进行综合评估，增设新型深井离子接地装置最为有效，费用合理且耗时较短，故小组选择其作为要因1的实施对策。

小组计算出需增设32套离子装置，并利用CDEGS软件得出装置增设的具体位置。实施完成后，测量升压站、A列外、汽机房、集控楼、锅炉房、厂前区区域的土壤电导率，结果表明上述区域的土壤电导率均有较大幅度的增加，最多增加了92%，最少增加了85%，平均增加88%，高于80%的目标值，因此该对策目标实现。

7.2 针对“施工质控复核范围偏少”

围绕要因2，小组成员提出整改措施，要求在施工现场建立两级质检制度：（1）在一级质检中，一级质检员由检查60%的回填土增加到检查所有回填土；（2）新增二级质检，二级质检员复核所有回填土。

在接地网施工过程中，小组按照对策组织现场实施，要求一级质检员由检查60%的回填土增加到检查所有回填土无石块和建筑垃圾等废弃物，若发现有废弃物，则要求施工人员重新清理后再回填。一级质检员在6个区域的接地网施工过程中，均检查出回填土夹杂有废弃物，未满足设计要求。其中机力塔区域废弃物量达到了136 m³。一级质检要求施工人员重新清理直至回填土中无废弃物。

在一级质检员完成检查且施工人员清理结束后，二级质检员复核6个区域的废弃物量，复核区域均无废弃物，表明一级质检发现的问题已得到整改。

综上，在接地网施工过程中一二级质检100%复核回填土无石块和建筑垃圾等废弃物，问题得到整改，对策目标实现。

8 效果检查

随着增城燃气电厂10个区域的接地网施工完成，同时经过近6个月的对策实施后，小组统计全厂接触电势幅值比如表5所示。

表5 全厂接触电势幅值比统计表

区域编号	接触电势(V)	允许值(V)	幅值比(%)
升压站	356	509	-30%
A列外	366	509	-28%
汽机房	366	509	-28%
集控楼	361	509	-29%
锅炉房	382	509	-25%
机力塔	377	509	-26%
供氢站	361	509	-29%
化水	372	509	-27%
厂前区	377	509	-26%
天然气调压站	372	509	-27%
平均值	369	509	-27.5%

由表5可知，小组活动后全厂接触电势明显降低，均低于允许阈值。同时幅值比平均值大幅由活动前的18%降低至-27.5%，实现了全厂接触电势幅值比不高于-20%的目标。同时结果还表明，未采取增大土壤导电离子浓度的措施和施工质控复核范围偏少是导致接触电势幅值比偏高的两个主要因素。

9 结束语

通过增设新型深井离子接地装置使得增城燃气电厂的土壤电导率有了较大提高，同时建立两级质检制度避免了因回填土质量不过关导致土壤电阻率增加。通过小组活动，增城燃气电厂全厂接触电势幅值比平均值由18%降低至-27.5%，实现了预期目标，有效降低了现场运维人员电击伤亡的风险，保障了现场运行人员的安全和电厂的稳定运行。

参考文献：

- [1] 石川馨.质量管理入门:3版[M].北京:机械工业出版社,2016.
- [2] 蒋永辉.浅谈QC小组活动在工程项目中的开展与应用[C]//2021年工业建筑学术交流会议论文集(上册).北京:工业建筑杂志社,2021.
- [3] 中国质量协会.质量管理小组活动准则:T/CAQ 102 01-2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [4] 周洁,李海滨,聂文海,等.高土壤电阻率地区降阻措施研究[J].电气技术,2018,19(06):46-49.
- [5] 朱浩,郑斌,张钊,等.基于QC小组活动的全面质量管理创新与实践[J].水电与新能源,2019,33(10):49-51.