

浅谈变电站构架结构选型与优化

成嘉楠

国网江苏省电力有限公司南通供电分公司

摘要:近些年来我国的社会经济呈现出了良好的发展态势,在这样的背景下,电力工业在推动我国国民经济发展过程中所表现的作用得到了进一步凸显。针对变电站来说,其在电网系统中占据非常重要的地位,现阶段变电站的建设水平在逐渐提高。而改户外变电构架是变电站的重要组成部分,在近些年也得到了优化与创新,目前构架的结构形式更加具有多样性。基于此,本文主要围绕变电站构架结构选型和优化进行分析和探讨,以期为相关工作开展提供参考。

关键词:变电站; 构架结构; 选型与优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.069

引言:社会经济的高速发展促使电力行业应用技术获得了长足的进步。对于电网系统的组成结构来说,变电站是其中非常重要的一部分。变电站建设水平会对电网运行稳定性与可靠性产生直接性影响。尤其是智能电网在变电站结构中的融合与渗透,促使电网运行效能出现了整体上的转变。实践工作中,做好变电站构架选型是具有关键性的一项工作。对此,针对变电站构架结构选型与优化进行深入探索具有非常重要的现实意义。

一、变电站构架结构类型分析

(一) 焊接钢管人字柱结构

该结构是现阶段变电站构架结构应用非常常见的一种类型。针对焊接钢管人字柱结构来说,其加强了直缝焊接钢管人字形结构的使用,其中的梁主要使用的是格构结构,断面的形状是三角形,与此同时在梁柱连接方面采用的是铰接方式^[1]。该结构的受力特征主要表现在垂直负荷相对较小,水平负荷逐渐增加。在实际针对该结构开展设计过程中应该围绕结构的抗倾覆性方面进行综合性考虑。另外,法兰盘基础与柱底部法兰盘是此种类型变电站构架结构的重要组成部分。

(二) 高强度钢管梁柱结构

该结构主要使用的是多边形高强钢管,所使用的钢材型号通常是Q460。在梁柱连接方面一般会采用刚接方式。高强度钢管梁柱结构的关键性构型结构涉及了梁翼缘、腹板以及柱,此方面主要采用的是熔透焊接方式。其中的梁翼缘与柱之间的焊接加强了混合节点的使用,或者和腹板以及柱之间加强全栓接节点的使用。工字形梁与柱两者作为高强度钢管梁柱结构的细部构造,此方面主要采用了刚性连接。此外,其中的工字型柱一箱型柱作为高强度钢管梁柱结构的关键构造,主要在带悬梁段与框架连接过程中发挥相应作用。

(三) 格构式杆塔结构

该结构是当前阶段使用的一种比较先进的送电线路构架。该结构在材料使用方面,核心材料是钢管,通过

对格构高强度角钢的使用来实现钢塔杆塔的进一步增强。对于变电站架构结构中的送电铁塔来说,格构式铁塔以及钢管杆在其中占据非常重要的地位。该部分能够在负荷承载方面发挥非常重要的作用。当前世界各国对于变电站的使用,都会广泛应用上述设计方式,格构式杆塔结构在实际中的应用具有较强可靠性,可以有效满足多种不同电压等级送电线路稳定可靠运行需求^[2]。然而该机构在发挥其优势的同时,也存在相应不足,比如其在占地面积方面有着较为严格的要求,若使用地区的土地资源比较珍贵,那么格构式杆塔结构的应用便会存在较为明显的局限性。尤其是在电压等级相对较高的铁塔中应用,因为在征地方面需要投入较多成本,因此在该结构在一些地区的使用不具有适用性。送电线路的设计应该围绕土地资源的节约方面进行综合性考虑,从而保证变电站构架结构类型选择的适宜性。

(四) 钢筋砼环形杆结构

实践工作中所使用的混凝土钢筋构架,主要能够划分成两种类型,分别是一般的钢筋混凝土构架与预应力混凝土构架^[3]。现阶段所使用构架截面的形状多种多样,常见为正方形、八角形,在特殊情况下还会使用环形或者工字性截面。在这当中的筋砼环形杆结构应用相对较为广泛。在构架使用过程中,其高度通常会控制在5—15米范围之内,与此同时,对钢筋砼环形杆结构进行划分,还能够将其分成形杆与等径杆两个方面。这两种杆在实际中的应用,通常会将自然条件以及实际使用方式作为依据,以此来为钢筋砼环形杆的应用价值提供保障。就现阶段的实践应用结果来看,钢筋砼环形钢结构构架工艺的使用相对较为落后,主要是因为此种类型的构架在使用过程中缺乏足够的可靠性,目前在变电站构架结构的设计和应用方面,通常不考虑该结构。

二、变电站构架结构优化要点

(一) 做好工艺布置

实际所开展的变电站构架选型工作,在设计条件方面所开展的工艺布置工作主要将国家所出台的相关变电站结构设计技术规程标准作为依据。为了保证实际工作开展质量,应对设计类型以及跨距等内容有一个深入的了解与把握,并且在工作开展期间所使用相关配电装置应该进行全面核查,包括线路受力情况、地线受力情况以及主变进线等,都是工艺布置过程中非常具有关键性的元素^[4]。在进行工艺布置的设计优化时,应该在优化构架功能方面给予足够重视,采取合理可行处理措施使其功能性得到整体提升,对于结构布局,应该保证所使用方式方法的简洁程度,针对此方面展开准确可靠计算工作,这对于提高施工开展效率来说意义重大。

(二) 荷载效应以及组合形式

在实际进行构件选型优化设计时，应针对结构风荷载情况进行深入分析和考虑，并且掌握和明确温度作用、地震作用等情况。根据相关规范标准能够了解到，如果两侧位置所设计的刚性支撑排架的总长度在100米以上，那么针对温度影响方面进行专门考虑是非常有必要的。对于地震作用方面。应充分结合动峰值加速度进行分析。通过相应的工程施工实践操作之后能够了解到，VII度区所登记变电站构架结构如果不超过500kV，那么便能够有效避免地震作用的影响。在此过程中涉及了电气应用现拉力方面的计算，此环节工作应结合结构实际状况进行考虑。

（三）空间模型计算分析

变电站构架结构的使用方面应该对其受力特征有一个充分的了解与把握，在此基础上基于受力情况对导线引力以及风力进行综合性考虑，结合空间具体情况，接下来开展构架建模工作，实践工作中主要通过该方式的应用来对各部位杆件内力进行计算。当前阶段在工程开展过程中通常会使用现代化先进软件，例如STAADPro空间有限元计算软件，该软件具有较强的适用性^[5]，可以在多种工况下发挥显著作用。

（四）安全周期以及成本分析

针对变电站构架结构进行的优化，安全周期以及成本方面的分析是其中非常重要的内容，不断实际中选用了哪一种变电站构架结构，都应该针对所选择方案开展全面的寿命周期成本分析工作，还需要围绕工程施工可行性以及科学性进行考虑。在进行构架结构设计优化过程中，还应该注意加工、运输以及市场采购需求等内容进行考虑，在一般情况下应最大程度减少所使用材料类型，主要目的是能够一定程度减少备料方面的工作量，并且也可以有效避免一些不利因素对加工安装的影响。在构架选型方面，应该针对材料、自然以及施工等因素进行综合性考虑。

三、变电站构架结构实践设计优化分析

（一）设计使用条件

荷载效应和组合。首先，温度作用。根据国家所出台的相关规范标准，如果实际中变电站构架结构两侧位置所设置的刚性支撑连续排架的长度在150米以上，或者连续钢架的长度在100米以上，那么便需要在设计过程中围绕温度效应进行综合性考虑。此次所开展的工程设计，其构架长度在75米之内，并且针对站址的气温进行调查分析，可以断定该地区温差数值相对较小，因此在设计过程中不对温度方面的影响进行深入考虑；其次，地震作用。该工程采用的是VI度抗震设防，通过分析计算之后，了解到工程动峰值加速度0.05g。在变电站构架结构的选用方式，使用的是细长结构，柔度相对较大，自重较轻，拥有比较好的抗震性能。通过进行多个工程项目的实践分析之后能够了解到，该地区5不超过500kV等级的构架并不会受到地震因素产生的影响以及限制，因此同样不对地震作用进行深入考虑；再次，覆冰荷载^[6]。在开展电气专业导线拉力计算过程中，便对导线覆冰方面的情况进行了专门考虑，通过最

终的计算结果可以发现，在结构覆冰方面可以按照10毫米进行分析；最后，荷载效应组合。我国所出台的相关规范标准中说明了220kV构架结构的安全等级为二级，结构重要性系数取1.0。在进行变电站构架结构设计时应注重对各工况下容易出现的不利于受力情况进行专门考虑，同时还应该结合远景容易出现的变化进行分析，在实践工作中，应分别采用承载力极限状态以及正常情况下的使用极限状况开展荷载效应组合方面的相关操作。首先，在承载力极限状态荷载效应组合方面，此种组合方式在结构构件以及连接节点稳定性的校验方面应用具有较强的适应性，同时也可以保证强度测试效果。使用该条件开展组合操作过程中，应对基本组合与偶然组合两个方面情况进行深入分析和考虑。此次所开展的工程设计中，针对管母单独进行支架的设置，在这样的情况下，如果出现了短路所引发的偶然点动力情况，那么能够有效避免对构架产生过于严重的影响，因此在具体设计中仅围绕荷载效应基本组合方面进行深入考虑。其次，对于正常使用极限状态荷载效应组合来说，其可以在结构构件平时的变形以及裂缝等情况的校验方面应用发挥重要作用。如果按照该组合形式，那么实际中应该加强荷载效应标准组合的应用。



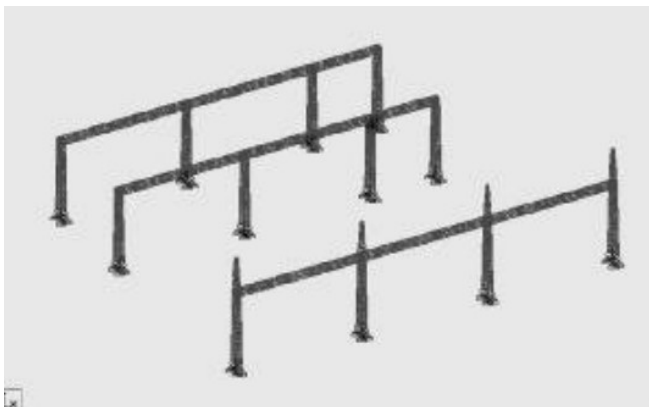
（图一）220kV变电站构架

（二）空间模型计算

针对变电站构架的受力而言，其主要承载的是水平荷载，其次是导线和地线的张力，最后为风力。在我国科学技术快速发展背景下，有限元分析计算软件得到了大力推广和应用，其在变电站架构构造的设计方面融合渗透程度越来越高，相关设计单位在实践工作中对于该软件的使用，可以更为高效地开展建模工作，在此基础上对构架各部位杆件内力进行精准计算，实现构件所使用材料的进一步细化，在这样的情况下，通常能够提高各构件应力利用效率，这对于保证变电站构架结构设计在经济性与可靠性来说是非常有利的。

焊接钢管结构。在该工程设计中加强了STAADpro的

使用，以此来针对伤感书结构形式分别开展相应的建模计算工作。在设计中，对钢管人字柱结构梁和柱的连接方面采用的是铰接方式，在这样的情况下，梁不会对柱段间弯矩分配产生过多影响。为了有效提高模型输入的简易程度，在减少杆件使用数量的同时，促使计算效率得到进一步提高，对钢梁采用等重等刚度原则，使用单根杆件输入进行替代。模型的使用作用主要表现在对柱内力以及支座反力的分析方面，另外的钢梁不与其他参数的计算中，采用单独计算方式。在各个人字柱的一个根边柱上进行端撑杆的设计。钢梁两端主要采用的是铰接设计，端撑杆的顶侧位置采用的是销钉和钢柱柱头进行连接，其转动不受约束。在带端撑的构架柱上进行两道横向支撑的设计，采用此种设计方式的目的是实现端撑杆计算长度的减小，一般会加强截面相对较小角钢的应用，同样采用了铰接方式。对于架构受力来说，其与普通的工业和民用建筑之间通常存在相应差异。在实践工作中对于STAADpro的使用，其并不能够自动化生成架构荷载，与此同时也不能够自主完成正确的荷载组合。在这样的情况下，基于导线荷载、覆冰荷载等工况开展的荷载组合，都会加强手工输入方式的使用。在内力计算和后处理方面，在实际工作中针对结构荷载及组合开展了相应的计算分析工作，以此便能够获取杆件基于各工况和组合的内力值情况，与此同时也可以准确了解每一个节点的位移值以及支座反力情况。在此环节工作开展过程中，做好规范检验和选材优化工作也是非常必要的。针对此方面工作使用了SSDD钢结构设计以及相应的绘图软件。此软件在实际中的应用能够根据相关规范标准对杆件不同状态的强度以及稳定性表现进行检验。因为构架和普通的工业和民用建筑相比存在相应差异，因此对于杆件的一些设计参数，比如长度、截面塑性情况的参数计算，通常需要采用人工方式做好相应的归类工作，采用人工手动进行其中检验参数的设置，同时将其规划到相应类型的杆件中，在此基础上使用软件来开展验算工作。



(图二) 格构式梁柱结构空间模型

格构式梁柱结构。梁柱作为结构的重要组成部分，对其采用了刚接连接方式，钢梁加强了四边形断面的使用，其跨度一共是25米，结合以往的实践工作经验进行初步判断，在高跨比方面按照1/25取值具有较强的经济

性与合理性。在此次开展的工程中，钢梁截面的高度和宽度都控制为1米。钢柱加强变截面结构的使用能够实现用钢量的大幅度节约，这对于提高经济性来说是非常有利的。柱顶和钢梁连接位置使用的截面尺寸控制为1厘米*1厘米，宽度和钢梁的宽度控制为相同，目的是能够为梁柱的连接提供便利。因为该结构梁柱采用刚接方式，若把钢梁模拟成单杆，实现输入的简化，那么不仅应该在重量方面进行深入考虑，还需要保证刚度和格构式钢梁之间是同等的，与此同时使用模型对于连接点的模拟也存在较大难度。若按照实际杆件进行输入，那么杆件的使用数量便会大幅度增加，与此同时其输入工作量也会增加。要想为力学分析最终结果的准确性提供保障，那么梁柱使用的全部主材以及辅材都应该根据实际情况进行建模，并且在整个过程中避免使用简化输入方式。在进行相关约束条件设置过程中，柱脚位置的支座采用的是铰接方式，由于角钢不具有良好的抗弯性，如对其采取刚接设置，那么很有可能会导致主材弯矩进一步增加，这便会对角钢性能的提高造成限制。另外，因为格构式梁柱结构构件的数量相对较多，对其开展的连接工作存在较强的复杂性，SSDD软件的使用并不能够保障各杆件支撑条件、计算长度等参数判断的精准性，在这样的情况下，若采用手工方式对每个杆件相关参数进行定义，那么一定会大幅度增加输入工作量，所以该方法不具有可行性。为了实现该问题的解决，针对结构在采取STAAD软件开展内力计算的前提下，针对其中类似的构件开展相应的统计以及合并工作，最终在检验方面加强了手工校核方式的应用。

结束语

总而言之，实际所开展的变电站构架选型优化工作，应该结合地区相关环境因素进行综合性考虑，基于多角度出发，加强综合考量方法的应用，掌握该工作开展的要点，促使构架使用的精准性，为变电站的高效运行提供强有力的支撑。

参考文献

[1]李彩红, 谭逸超, 谢丹, 郑耀斌. 浅谈变电站构架的选型与优化[J]. 科技风, 2019 (06): 190.
 [2]谢忠强. 浅谈变电站构架结构选型与优化[J]. 通讯世界, 2017 (19): 124-125.
 [3]陈浩, 方晴, 陈颢元, 许俊. 500 kV变电站格构式变电构架最优根开研究[J]. 钢结构, 2017, 32 (06): 87-89+120.
 [4]高文超, 谢丹. 220kV变电站构架结构优化选型[J]. 山东工业技术, 2016 (17): 160.
 [5]李国文, 窦杰, 张大长. 220kV人字柱变电构架-格构横梁结构选型分析[J]. 江苏电机工程, 2016, 35 (02): 65-68.
 [6]杨庆陶, 马晓爽. 变电站构架结构选型分析[J]. 山西建筑, 2016, 42 (06): 59-60.
 作者简介: 成嘉楠 (1985.11.20), 男, 汉族, 江苏南通人, 本科, 国网江苏省电力有限公司南通供电公司, 工程师, 研究方向: 电网建设-钢结构变电站。