

钢结构格构式柱的结构设计计算

伍成义

重庆市辰光工程管理有限公司 四川 绵阳 621700

摘要：钢结构格构式柱的设计需精确计算荷载、作用力及稳定性。以某动力厂煤气管线更换工程为例，考虑管道重量、支架间距及高度，采用Q235钢材设计支架，通过计算荷载（51KN）与摩擦力（7.65KN），并验算几何截面及稳定性，确保设计满足强度和稳定性要求。设计中需关注分肢局部稳定性、缀条刚度和稳定性，采用相应公式进行详细验算，避免工程事故。总之，钢结构格构式柱设计需全面考虑强度与稳定性，确保结构安全。

关键词：钢结构格构式柱；结构设计；计算

引言：随着建筑技术的不断进步，钢结构因其轻质高强、抗震性好及施工便捷等优势，在大型工程中得到广泛应用。格构式柱作为钢结构中的关键承重构件，其结构设计计算尤为重要。本文旨在深入探讨钢结构格构式柱的设计原理、计算方法及稳定性分析，通过精确的计算与合理的结构设计，确保结构安全、经济、高效，为类似工程提供参考与借鉴。

1 钢结构格构式柱概述

1.1 格构式柱的定义与分类

（1）格构柱的基本概念。格构柱是一种采用型钢或钢板焊接而成的格构式钢结构柱子，它通过组合多根杆件形成复杂的空间框架，以提高结构的整体稳定性和承载能力。格构柱的设计巧妙地将材料面积向距离惯性轴较远的地方布置，这样可以在保证相同轴向抗力条件下，显著增强构件的抗弯性能，同时节省材料使用。

（2）格构柱的分类。格构柱根据其缀材形式的不同，主要分为两大类：缀条柱和缀板柱。缀条柱是通过在主要肢件之间设置横向的缀条来连接，形成稳定的格构体系。缀板柱则是使用较大的缀板作为连接件，这些缀板不仅起到连接作用，还能有效抵抗侧向力，提升整体稳定性。此外，格构柱还可根据截面形状分为方形、矩形、圆形等不同类型，以适应不同的建筑需求和结构形式。

1.2 格构式柱的优点与应用

（1）节约材料，提高承载能力。格构柱通过将材料分布在距离惯性轴较远的位置，充分发挥了材料的力学性能，使得在同等承载要求下，所需材料更少，达到了节约资源的目的。同时，格构柱的复杂结构也增强了其承载能力，能够满足各种重型建筑的需求。（2）抗震性能好，适应多种工况。格构柱独特的结构形式赋予了其良好的抗震性能。在地震等极端工况下，格构柱能够通过其多肢结构和缀材的约束作用，有效吸收和分散地震

能量，减轻结构损坏程度。因此，格构柱在地震多发地区的建筑中应用广泛。（3）广泛应用于厂房、高层建筑等。由于格构柱具有上述诸多优点，它在建筑领域中得到了广泛应用。无论是大跨度的工业厂房、高耸的高层建筑，还是复杂的公共建筑和桥梁工程，都可以看到格构柱的身影。格构柱以其强大的承载能力和良好的稳定性，为各种建筑提供了可靠的结构支撑。

2 钢结构格构式柱的组成与受力分析

2.1 格构柱的组成部分

（1）肢件。格构柱的主体部分由多根肢件构成，常见的肢件包括槽钢、工字钢等。这些肢件不仅是结构的主要承载部件，还决定了格构柱的基本形状和尺寸。肢件的截面选择和尺寸设计需根据结构受力要求进行详细计算，以确保其承载能力和稳定性。（2）缀材。缀材作为连接肢件的关键元素，对格构柱的整体稳定性起着至关重要的作用。缀材主要分为缀条和缀板两种形式。缀条一般通过焊接或螺栓连接在肢件之间，形成稳定的横向支撑。而缀板则是一块较大的钢板，它不仅可以连接肢件，还能有效抵抗侧向力，增加格构柱的刚度。（3）连接节点。连接节点是肢件与缀材之间的重要连接部位，其性能直接影响格构柱的整体受力性能和安全性。常见的连接方式包括焊接连接和螺栓连接。焊接连接具有较高的连接强度和刚度，但施工难度大，对焊接质量要求高。螺栓连接则便于施工和检查，但连接强度和刚度相对较低，需根据具体情况选择适当的连接方式。

2.2 受力分析

（1）轴心受压、受弯分析。格构柱在承受轴向压力时，其整体变形主要表现为压缩。此时，肢件和缀材共同承担压力，通过连接节点的传递作用，实现整体受力的平衡。在受弯情况下，格构柱则会产生弯曲变形，此时需考虑肢件和缀材的弯曲刚度以及它们之间的相互作用

用。(2)整体稳定性与分肢稳定性。格构柱的稳定性分析是设计中的重要环节。整体稳定性是指整个格构柱在受压或受弯时抵抗失稳的能力;而分肢稳定性则是指单个肢件在局部受力作用下的稳定性。两者均需进行详细的计算和分析,以确保结构的安全可靠^[1]。(3)剪切力与弯矩的传递。在格构柱中,剪切力和弯矩的传递是通过肢件、缀材和连接节点共同完成的。剪切力主要由缀材承担,通过连接节点传递给肢件;而弯矩则通过肢件和缀材的共同作用进行传递和分配。在设计过程中,需充分考虑这些力的传递路径和分布特点,以确保结构受力的合理性和有效性。

3 钢结构格构式柱的设计计算

3.1 尺寸设计

在设计钢结构格构式柱时,尺寸设计是至关重要的一步,它直接关系到结构的承载能力和经济性。(1)确定柱子高度与截面尺寸。首先,需要根据建筑物的总高度、楼层分布以及使用功能等因素,合理确定格构柱的高度。在此基础上,结合结构受力分析,确定格构柱的截面尺寸。截面尺寸的选择需综合考虑材料的力学性能、加工工艺以及施工便捷性等因素。对于格构柱而言,由于其特殊的结构形式,截面尺寸往往由多个肢件和缀材共同组成,因此需特别注意各部分的协调与配合。(2)考虑荷载大小、抗震需求等因素。在确定格构柱尺寸时,还需充分考虑其所承受的荷载大小、荷载类型以及抗震需求等因素。根据建筑物的使用性质和所处地区的地震烈度等条件,合理确定结构的荷载组合和抗震设防标准。在此基础上,通过力学计算和分析,确定格构柱所需的承载能力,并据此调整和优化截面尺寸设计。

3.2 钢筋计算

对于钢结构格构式柱而言,虽然其主要由钢材构成,但在某些部位(如连接节点、加强区域等)仍需使用钢筋以增强其受力性能。(1)纵向钢筋与横向钢筋的计算。在需要进行钢筋加强的部位,首先需根据结构的受力特点和钢筋的力学性能,确定所需的钢筋数量和布置方式。对于纵向钢筋而言,其主要作用是承担轴向拉力和部分剪力;而横向钢筋则主要用于增强构件的抗剪能力和整体稳定性。在计算过程中,需考虑钢筋的屈服强度、截面面积以及布置间距等因素,确保钢筋的受力合理且满足设计要求。(2)箍筋的布置与截面积计算。箍筋作为连接纵向钢筋和横向钢筋的关键部件,对于提高构件的抗剪性能和延性具有重要意义。在设计过程中,需根据构件的截面形状、尺寸以及受力特点等因素,合理确定箍筋的布置形式和间距。同时,还需根据

箍筋的材质和规格等参数,计算其截面积并验算其承载力是否满足要求^[2]。(3)钢筋出框厚度与间距的确定。在布置钢筋时,还需特别注意钢筋的出框厚度和间距。出框厚度是指钢筋伸出构件边缘的距离,它直接影响到钢筋的锚固长度和受力性能。而间距则是指相邻钢筋之间的距离,它决定了钢筋的分布密度和受力均匀性。在设计过程中,需根据构件的截面尺寸、钢筋规格以及受力要求等因素,合理确定钢筋的出框厚度和间距,确保钢筋的布置既经济又合理。

3.3 极限承载力计算

极限承载力计算是钢结构格构式柱设计中的重要环节之一,它直接关系到结构的安全性和可靠性。(1)杆件弹塑性分析。在进行极限承载力计算时,首先需对格构柱的杆件进行弹塑性分析。由于钢材在受力过程中会发生塑性变形和屈服等现象,因此需采用弹塑性理论对杆件进行受力分析。通过分析杆件的应力-应变关系、屈服强度以及极限强度等参数,确定杆件在不同受力状态下的受力性能和破坏模式。(2)等效塑性铰处理与强度杆件理论应用。在格构柱中,由于缀材和肢件的相互作用以及节点的连接方式等因素的影响,往往会在某些部位形成等效塑性铰。这些塑性铰的出现会改变结构的受力性能并影响其极限承载力。因此,在设计过程中需采用等效塑性铰处理方法对结构进行简化和分析,并应用强度杆件理论对杆件的受力性能进行进一步的研究和计算。通过这些方法的应用,可以更准确地评估格构柱的极限承载力和安全性能。(3)安全性评估。在完成极限承载力计算后,还需对格构柱的安全性进行评估。评估内容主要包括结构的稳定性、承载能力以及抗震性能等方面。通过对比计算结果与设计要求以及相关规范标准的要求,判断结构是否满足安全性要求。如存在不足或隐患,则需及时采取相应措施进行调整和优化设计以确保结构的安全可靠。同时,还需对设计过程中的各个环节进行审查和校核以确保设计的合理性和准确性^[3]。

4 钢结构格构式柱的具体计算步骤与实例分析

4.1 设计步骤概述

(1)选择截面形式与钢号。首先,根据工程需求确定格构式柱的截面形式和钢号。常见的格构式柱截面有双轴对称或单轴对称的型钢或钢板,如双槽钢、H型钢等。钢号的选择应基于材料的力学性能要求,如屈服强度、抗拉强度等,同时考虑经济性和可加工性。(2)估算截面尺寸与计算长度。估算格构式柱的截面尺寸和计算长度是设计的重要环节。截面尺寸需满足强度、刚度和稳定性要求,同时考虑经济性和加工制作的可能性。

计算长度则根据构件的支撑条件和受力特点确定,通常包括平面内和平面外的计算长度。(3)计算内力,包括轴力、剪力、弯矩。内力计算是结构设计的基础。轴力由上部结构传递的荷载产生,剪力和弯矩则与结构的受力状态及边界条件有关。通过内力计算,可以确定构件的受力状态,为后续的强度和稳定性验算提供依据。

4.2 强度计算

(1)绕实轴与虚轴的稳定性验算。格构式柱的稳定性直接关系到其承载能力和使用安全。围绕实轴(一般为截面的强轴)的弯曲稳定性计算与实腹式构件相同,可以忽略剪切变形的影响。而围绕虚轴(一般为截面的弱轴)的弯曲稳定性计算则需考虑剪切变形的影响。通过计算整体稳定临界力,并满足相应的稳定性验算公式,确保构件在受力过程中不会发生屈曲破坏。

(2)局部稳定计算(如板件稳定)。格构式柱的分肢通常由轧制型钢构成,其翼缘和腹板需满足局部稳定要求。局部稳定计算主要关注板件的宽厚比和高厚比等参数,以确保在受力过程中不会发生局部屈曲。

4.3 刚度与整体稳定性验算

(1)换算长细比与稳定性系数的计算。为了更准确地评估格构式柱的整体稳定性,需计算其换算长细比和稳定性系数。换算长细比考虑了构件的边界条件和截面形式对稳定性的影响,通过换算长细比可以求得构件的稳定性系数。稳定性系数是评估构件稳定性的重要参数,其值越大说明构件的稳定性越好。(2)横向支撑的设置与要求。为了提高格构式柱的整体稳定性,有时需要设置横向支撑。横向支撑的设置应根据构件的受力特点和边界条件进行,确保既能有效提高整体稳定性,又不影响其他构件的受力性能。在设计过程中,需明确横向支撑的设置位置、数量以及连接方式等要求。

4.4 实例计算

(1)某工程双槽钢格构式柱的具体计算。以某工程

双槽钢格构式柱为例,柱高6m,两端铰接,柱顶轴力设计值1450kN,采用Q235B钢材。首先,按实轴(y轴)的稳定条件确定分肢截面尺寸,初选218b槽钢,并验算绕实轴稳定性。然后,按绕虚轴(x轴)的稳定条件确定分肢间距,并验算虚轴稳定性。(2)分肢截面尺寸、间距的确定。分肢截面尺寸和间距的确定需综合考虑强度、刚度和稳定性要求。通过试算和验算,确定合理的分肢截面尺寸和间距,以满足设计要求。(3)缀板设计与焊缝计算。缀板的设计需满足刚度和强度要求。首先,初选缀板尺寸,并验算其刚度是否满足要求。然后,计算缀板承受的剪力和弯矩,并进行焊缝设计。焊缝的设计应满足强度要求,并考虑施工方便性。通过合理的缀板设计和焊缝计算,可以确保格构式柱的整体稳定性和承载能力。

结束语

综上所述,钢结构格构式柱的结构设计计算是一个系统性、综合性的工程任务,它要求我们不仅熟练掌握力学理论,还需灵活应用现代计算技术,确保设计的科学性和实用性。通过本文的探讨,我们对格构式柱的受力特性、计算要点及稳定性分析有了更深刻的理解。展望未来,随着材料科学与计算技术的不断进步,钢结构格构式柱的设计将更加精准、高效,为构建更加安全、经济、美观的建筑空间贡献力量。

参考文献

- [1]李晋华,李慧超,黄向光等.钢结构格构式柱抗侧扭性能试验研究[J].工程力学,2019,(11):97-98.
- [2]李明红,李蓉,苏娟等.高强钢构造体系下格构式柱抗弯性能试验研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,(07):68-70.
- [3]许三明,王勉强,吴贤征.钢格构式柱抗剪承载力的有限元计算[J].工程力学,2020,(12):110-111.