

水泥基灌浆料在钢结构及设备安装中的应用

李艳辉 李云贵 何新维 梁鑫迪

河北华北石油工程建设有限公司 河北 任丘 062500

摘要:充分利用水泥基灌浆料大流动度、早期强度高、抗压强度高、无收缩、微膨胀等优良性能,本文以钢结构及设备安装工程为切入点,阐述了以水泥基灌浆料制作承压块代替小千斤顶、临时垫铁及调节顶丝的无垫铁安装技术,介绍了以水泥基灌浆料代替细石混凝土的螺栓锚固和二次灌浆方法,提高了施工效率,工程质量优良。

关键词:水泥基灌浆料;无垫铁安装;地脚螺栓锚固;二次灌浆

引言

随着我国国家的水泥基灌浆料产品技术的日趋成熟,水泥基灌浆料以其大流动度、早强高强、无收缩、微膨胀等优良性能,在工程建设领域的应用越来越普遍。本文以马来西亚某石油化工项目为例,从无垫铁安装、地脚螺栓锚固和二次灌浆等方面阐述了水泥基灌浆料在钢结构及设备安装工程中的应用技术,以达到提高施工效率和质量的目的^[1]。

1 材料要求

1.1 按流动度性能选用材料

水泥基灌浆料按照流动度分为四类:Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类和Ⅳ类。其中Ⅰ~Ⅲ类最大骨料粒径不超过4.75mm,Ⅳ类最大骨料粒径大于4.75mm且不超过25mm。用于设备地脚螺栓锚固,螺栓表面与孔壁的净间距不超过100mm时宜选用流动度Ⅰ~Ⅲ类的水泥基灌浆料;用于钢结构及设备基础二次灌浆,灌浆层厚度不超过100mm时宜选用流动度Ⅰ~Ⅱ类的水泥基灌浆料,灌浆层厚度不超过200mm时宜选用流动度Ⅰ~Ⅲ类的水泥基灌浆料。因此,在钢结构及设备安装中主要应用流动度Ⅰ~Ⅲ类的水泥基灌浆料,优先选用流动度Ⅰ~Ⅱ类的水泥基灌浆料。

1.2 Ⅰ~Ⅲ类水泥基灌浆料的主要性能指标

水泥基灌浆料的主要性能指标包括细度、流动度和抗压强度。细度要求最大骨料粒径不超过4.75mm。Ⅰ类水泥基灌浆料流动度以流锥流动度表示,初始值不大于35s,30min值不大于50s;Ⅱ类水泥基灌浆料流动度以截锥流动度表示,初始值不小于340mm,30min值不小于310mm;Ⅲ类水泥基灌浆料流动度以截锥流动度表示,初始值不小于290mm,30min值不小于260mm。其他性能指标包括泌水率、对钢筋的锈蚀作用和竖向膨胀率。泌水率要求为0。要求对钢筋无锈蚀作用。竖向膨胀率3h值要求在0.1%~3.5%之间,24h与3h膨胀率之差要求在0.02%~0.50%之间。

1.3 实例选用材料判定

本文实例选用的SikaGrout-220灌浆料,最大骨料粒径不超过3.3mm,流动度300mm,对应国内Ⅲ类水泥基灌浆料;抗压强度1d强度45MPa、3d强度60MPa、28d强度85MPa,基本对应国内A85强度等级水泥基灌浆料。其24小时泌水率为0,不含氯化物,对钢筋无锈蚀作用,24小时膨胀率0.63%,符合国内水泥基灌浆料的技术要求。

SikaGrout-220灌浆料初凝时间4小时20分钟,每次灌注厚度10~50mm。

因此,SikaGrout-220灌浆料适用于钢结构及设备安装中的无垫铁安装承压块制作、地脚螺栓锚固和基础表面的二次灌浆^[2]。

2 无垫铁安装技术

2.1 无垫铁安装方法的选择

无垫铁安装方法指钢结构或设备自身重量及各地脚螺栓的拧紧力均由二次灌浆层来承受的安装方法。本文实例中采用水泥基灌浆料制作承压块,代替传统无垫铁安装方法中使用的小千斤顶、临时垫铁或调整顶丝,来实现二次灌浆前的支撑和找平工作。

2.2 使用灌浆料承压块的优点

首先,制作灌浆料承压块的水泥基灌浆料材料非常普遍,容易获取,也充分利用了该材料早强高强的特性。其次,使用灌浆料承压块避免了使用小千斤顶和临时垫铁二次灌浆后的拆除和修复工作,避免了使用调整顶丝对设备底座进行的提前加工要求,操作上更加便捷易行。再次,使用灌浆料承压块,节约了小千斤顶和垫铁的工器具及材料费用,对于合理优化施工工序和节约工期具有积极作用。

2.3 灌浆料承压块制作方法

制作时,首先在既定位置将两部分模具对扣,并进行固定,然后严格按照灌浆料使用说明书中推荐的水料比分别计量灌浆料和水,在容器中混合并搅拌均匀后,

注入安装好的模具中，上表面达到安装标高。待灌浆料顶面安放小钢板不再下沉时，轻敲小钢板上表面使其嵌入灌浆料并达到安装标高。清除高出小钢板上表面的灌浆料，使灌浆料上表面与小钢板平齐。

待灌浆料初凝后，对承压块进行覆盖保湿养护。

2.4 灌浆料承压块受力面积及个数的设计计算

灌浆料承压块的受力面积和个数应满足钢结构（或设备）自身载荷加上地脚螺栓拧紧产生的载荷要求，可参照公式2.4.1进行设计计算。

$$nA \geq C \frac{(Q_1 + Q_2)}{R} \quad (\text{公式2.4.1})$$

式中

A—每个承压块的承压面积（mm²），可取承压块顶面小钢板面积；

Q₁—钢结构（或设备）加在承压块上的载荷（N），可取其自身重力；

Q₂—地脚螺栓拧紧时在承压块上产生的载荷（N）；

R—基础混凝土的抗压强度（MPa），可取混凝土设计强度；

n—承压块的个数；

C—安全系数，取1.5。

其中地脚螺栓拧紧时在承压块上产生的载荷，可参照公式2.4.2计算。

$$Q_2 = 0.785d^2 [\sigma]n_1 \quad (\text{公式2.4.2})$$

式中

d—地脚螺栓直径（mm）；

n₁—地脚螺栓数量；

[σ]—地脚螺栓材料的许用应力（MPa）；

实例中以最重的1榀钢架为例进行计算。钢架自重10.463t，共4个C40混凝土基础，每个基础设10M24 Q355B地脚螺栓，对于每个基础：

$$Q_1 = 10.463 \times 1000 \times 9.8/4 = 25634.4 \text{ (N)},$$

$$Q_2 = 0.785 \times 24^2 \times 172.5 \times 10 = 779976 \text{ (N)},$$

$$nA = 1.5 \times (25634.4 + 779976) / 40 = 30210.4 \text{ (mm}^2\text{)},$$

n和A关系如下表所示：

2.5 灌浆料承压块的布置方法

每个基础上承压块的承压面积及个数确定后，承压块按均衡受力原则对称布置。

钢结构立柱基础，设置1个承压块时安置在基础中心位置，对于有抗剪槽的基础，一般在抗剪槽两侧各布置1个承压块。设备基础，可参照垫铁的布置原则：每个地脚螺栓或地脚螺栓孔旁设置1个，相邻两个承压块之间间距不大于1m。

3 地脚螺栓锚固和二次灌浆

3.1 与传统细石混凝土灌浆材料的比较

水泥基灌浆料与传统的细石混凝土灌浆材料相比，施工便捷，质量可靠，两者应用方面的差异见表3.1。

表3.1 水泥基灌浆料与细石混凝土的应用差异

项目	灌浆材料	
	水泥基灌浆料	细石混凝土
所需材料	水泥基灌浆料、水	水泥、砂、石子、外加剂、水
配合比设计要求	成品，无需委托配合比设计	需委托专业的实验室进行配合比设计
搅拌设备	使用电动搅拌机在容器中拌制	混凝土搅拌机
拌制地点及运输要求	可在每处现场现拌现用，没有运输中的质量风险	受材料堆放场地限制，一般不能移动，运送细石混凝土时有坍塌度损失和泌水等质量风险
灌注振捣要求	流动性好，无需振捣	流动性较差，需要捣实
对后续工序的影响	早期强度高，可尽快进入下道工序	强度增长周期长，限制后续施工

3.2 准备工作

钢结构立柱或设备安装前，基础顶面需进行凿毛，剔除表面松动石子、软弱部位及浮浆，确保混凝土面能够与灌浆料有效结合。

灌浆前必须完成钢结构或设备的找平、找正及钢结构立柱的螺栓紧固工作^[3]。

螺栓孔孔壁应粗糙，应将孔内清理干净，不得有浮灰、油污等杂质。螺栓孔提前用水浸泡8~12h，灌浆前清除孔内积水，并清除地脚螺栓表面的油污和铁锈。

二次灌浆模板贴基础侧壁支设，支撑牢固，模板顶部应高出设备底座上表面至少50mm。模板与基础侧壁之间采用厚型双面胶密封，模板拼缝位置粘贴透明胶带密封，防止漏浆。为防止灌浆层顶面边缘开裂，边缘需向外切45°斜角，支模时可使用合适尺寸的倒角条钉在模板内侧相应位置上^[4]。

二次灌浆前，清扫基础表面，不得有松动的碎石、浮浆、浮灰、油污、蜡质等。灌浆前24h，基础混凝土表面应充分湿润。灌浆前1h，应清除积水。

3.3 灌浆料拌制

灌浆料拌制地点设在灌注现场附近。拌制时,应严格按照产品说明书推荐的水料比进行混合。

SikaGrout-220灌浆料产品使用说明书中,推荐的水料比为每25Kg灌浆料添加4L水。现场应准备台秤和量杯作为计量器具。该种灌浆料每袋质量25Kg,整袋使用时,仅使用量杯计量搅拌用水即可。产品说明书中推荐使用不超过500转/分钟的低速电动搅拌器作为搅拌工具^[5]。

将一次搅拌用水量的70-80%倒入干净的搅拌容器内,边往搅拌容器内倾倒称量好的灌浆料边搅拌。加完灌浆料后,再将剩余的水逐渐倒入,直到获得符合要求的稠度为止。搅拌时间一般为2-3分钟。

搅拌完成后,用铲刀轻轻搅拌一会儿,排出搅拌过程中混入的空气。搅拌好的灌浆料要求在10-15分钟之内灌注完毕。

3.4 地脚螺栓锚固

将拌和好的水泥基灌浆料灌入螺栓孔内,灌注过程中可根据需要调整螺栓的位置。灌浆过程中严禁振捣,可适当插捣,灌浆结束后不得再次调整螺栓。

螺栓孔内灌浆层上表面宜低于基础混凝土表面50mm^[6]。

灌注后,不得对灌浆料进行扰动。检测同条件养护试块强度不低于基础混凝土强度后,方可进行螺栓拧紧工作。

3.5 二次灌浆

水泥基灌浆料具有良好的流动度,具有自流平的效果,因此钢结构和设备基础的二次灌浆一般采用自重法灌浆。

二次灌浆时,应从灌浆模板一侧灌入,直至从另一侧溢出为止,不得从相对两侧同时灌注,以利于排出钢结构或设备底座与混凝土基础之间的空气,避免在底座底面下形成空鼓。灌浆应连续进行,并尽可能缩短灌浆时间。

当灌浆距离较长时,应视实际工程情况分段施工。在灌浆过程中严禁振捣,必要时可采用灌浆助推器沿浆体流动方向的底部推动灌浆材料,严禁从灌浆层的中、上部推动。

养护期间,应避免灌浆层受到振动和碰撞,防止损坏^[7]。

3.6 养护

灌浆完毕后,灌浆层裸露部分应及时喷洒养护剂或覆盖塑料薄膜,加盖湿草袋保持湿润。采用塑料薄膜覆盖时,灌浆层裸露表面应覆盖严密,保持塑料薄膜内有凝结水。灌浆料表面不便浇水时,可喷洒养护剂。灌浆料应保持处于湿润状态,养护时间不得少于7d^[8]。

4 结语

总而言之,通过使用水泥基灌浆料制作承压块进行无垫铁安装,使用灌浆料代替细石混凝土进行地脚螺栓锚固和二次灌浆,在钢结构及设备安装施工中形成流水节拍,在保证施工质量的同时加快了施工进度,在工程实例中取得了良好的效果。

参考文献

- [1]寇佳亮,于丹红,张浩博.高强度水泥基灌浆料基本力学性能正交试验研究[J].建筑结构,2021,49(2):64-69.
- [2]肖剑,丛欧,郝华庚,等.风电塔架混凝土新型模板的研究分析[J].建筑结构,2021,46(14):21-25.
- [3]陶成云,董淑慧,江守恒,等.基于温度-流变关系负温水泥基灌浆料使用温度限值研究[J].混凝土与水泥制品,2020(8):71-74.
- [4]李政达,王庆敏,刘立群,等.基于正交试验的硅粉-纳米SiO₂高强灌浆料性能研究[J].混凝土与水泥制品,2021(10):12-15.
- [5]陈涛.高性能水泥基灌浆料制备技术、力学性能与微观机理研究[D].广州:广州大学,2020.(18):118-119.
- [6]李天水.高性能水泥基灌浆料研制及性能研究[D].武汉:武汉理工大学,2021.(18):315-316.
- [7]张琪.温度变化对超早强灌浆料强度的影响及其加固应用[D].沈阳:沈阳建筑大学,2015..(21):226-227.
- [8]袁广林,李青,李庆涛,等.高性能水泥基灌浆料高温后抗压强度退化规律[J].建筑材料学报,2021,17(3):470-474.