

越南某电厂旋挖灌注桩桩头渗水实例分析

周匡营, 林伟斌*

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 结合工程实例, 针对旋挖灌注桩桩顶出现渗水的现象, 根据灌注桩的成桩工艺, 分析灌注桩桩顶渗水原因, 结合桩基检测结果, 评估渗水对桩身承载力及耐久性的影响, 提出了几种有效的处理方法, 成功解决了渗水问题, 并给出了预防桩顶渗水的措施, 可为同类工程提供较好的参考。

关键词: 旋挖灌注桩; 桩顶渗水

中图分类号: TU473.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)01-0141-04

Analysis on Water Leakage from the Top of Rotary Drilling Cast-in-situ Pile in a Thermal Power Plant in Vietnam

ZHOU Kuangying, LIN Weibin*

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: This paper illustrate engineering case, according to water leakage phenomenon from the top of cast-in-situ pile, combining the pile forming technique and the pile testing result to analyze the cause of water leakage from the top of cast-in-situ pile, assessing the influence of the pile bearing capacity and durability from the water leakage, proposed some treatment measure and preventive measure, and solve the problem successfully which can be a good reference for the other similar project.

Key words: cast-in-situ pile, water leakage

灌注桩在广东沿海电厂工程中广泛运用, 与其他桩型相比, 具有较好的岩土适应性, 除广泛适用粘土、砂土、粉土、软土、填土外, 特别适用于嵌岩桩、岩溶地区的桩基。施工成孔桩机可选性强, 可选冲击、冲抓成孔、旋转钻孔、长螺旋钻孔、旋挖钻孔等。由于灌注桩竖向承载力、抗弯及水平承载力高, 且在腐蚀环境中易于采用有效防腐措施。因此, 在大型发电厂中被广泛应用。灌注桩随着成孔机械的发展, 目前已普遍选用旋挖桩机成孔, 本工程灌注桩的成孔桩机就选用旋挖桩机。

不管成孔机械相同与否, 其灌注混凝土的工艺

基本上是一致的, 桩身采用水下灌注水下混凝土, 灌注水下混凝土的质量受导管至孔底距离, 第一灌注混凝土量, 导管理入混凝土深度, 导管提拔速度, 初凝时间控制, 超灌高度等影响, 若工艺控制不严, 桩身就比较容易容易出现蜂窝、麻面、夹泥、离析、塌孔、缩颈、桩顶渗水甚至冒水现象, 渗水现象经常在海边电厂的基桩砍桩头时发现, 例如珠海高栏港 2×390 MW 燃气电厂、横琴 2×390 WM 燃气电厂的灌注桩, 破桩头后都曾出现渗水现象。其它工业与民用建筑桩基以及海外工程, 例如越南海防电厂桩基^[5]等也常有实例报道。

1 工程概况

我院 EPC 越南某电厂(2×620 MW)工程, 其中烟囱基础位置的典型地质剖面图可见图 1 所示, 岩土层自上而下依次为①回填土、②砂夹淤泥层、④₁和④含粘性土中砂层、⑤₂强风化花岗岩闪长岩、⑤₃中风化闪长岩。基桩直径 $\phi 1.0$ m, 桩长约

收稿日期: 2016-02-01

作者简介: 周匡营(1977), 男, 广东汕头人, 工程项目经理, 双硕士, 主要从事海外工程 EPC 项目管理; (e-mail) zhoukuangying@gedi.com.cn。

* 通讯作者: 林伟斌(1982), 男, 福建龙岩人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电厂结构设计、地基处理设计(e-mail) linweibin@gedi.com.cn。

22.0 m，持力层为⑤₂强风化花岗闪长岩，施工采用旋挖成孔，C35混凝土灌注桩，基坑周边土层地下水位高程为+1.77 m，砍桩头面绝对标高为-1.1 m，即桩头面标高比水位低约2.87 m。烟囱桩基平面布置图如图2所示。

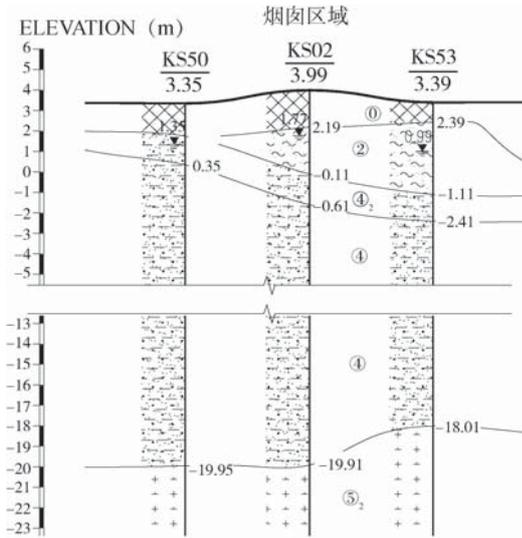


图1 典型地质剖面图

Fig. 1 Typical Geological Section

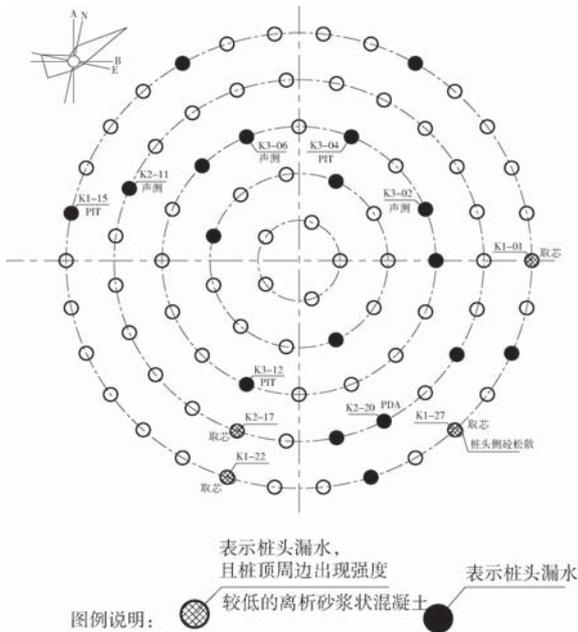


图2 烟囱桩基平面布置图

Fig. 2 Pile Plan Arrangement of Stack

2 烟囱基础灌注桩桩头渗水现象

85根桩中出现渗水的有22根，占总数25.9%，渗水状况较轻，渗出位置大部分在桩顶中部，即灌

注水下混凝土导管位置处，其中K1-01，K1-17，K1-22，K2-27桩头边缘混凝土保护层处出现强度较低的离析砂浆状混凝土，该处亦出现湿润水印。实际渗水水印情况如图3所示。

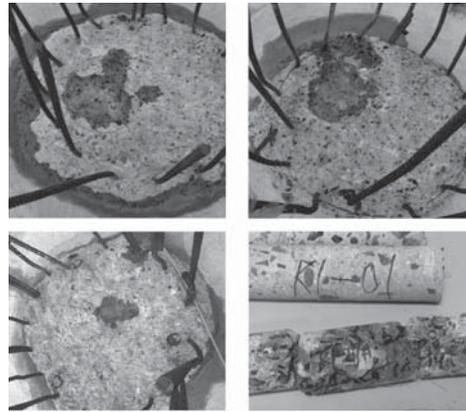


图3 桩顶渗水水印及取芯照片示意图

Fig. 3 Pile Top Water Leakage and Core Drilling

3 渗水现象成因

3.1 施工工艺自身缺陷

本工程为保证桩基质量，选用目前最先进的旋挖桩机成孔工艺，根据现场施工记录，采用的施工工艺与其它工程基本相同，且工人还是那个工人，机械还是那机械。但本工程在砍桩头后，就出现部分桩头渗水现象，其原因主要还是灌注桩自身工艺存在的缺陷，水下混凝土灌注过程中，导管提升速度全靠操作工人的感觉控制，导管提升太快，会在导管外边缘及串筒筒身范围内的混凝土搅动较大，且不均匀，致这部分混凝土不密实，出现微小缝隙，为桩身水分渗入桩身提供通道，桩头渗水位置与导管施工位置基本吻合，位于桩中部。

3.2 桩顶混凝土质量控制及渗水深度

桩头渗水深度主要在砍桩头顶面往下0.5~1.0 m左右，这一段桩体主要是桩身上部灌注压力最小，导管外混凝土面高于导管内混凝土面时，拔管速度控制稍不当，由桩底混凝土上升带来的浮浆、泥浆会内移填充导管，上拔时留出空间，致此部分混凝土比桩身其它部位质量较差，形成渗水主要竖向通道。

由于水下灌注混凝土快至桩顶时，桩身上部，特别是砍桩头面以下0.5~1.0 m范围，由于上部混凝土是最先灌注而被后续浇灌混凝土顶托上移，经

历浇筑时间最长, 混凝土夹带桩底泥沙、桩侧护壁掉落泥沙易渗入此段混凝土内, 使这部份桩身质量比桩身下部稍差, 较易形成微小的缝隙, 使桩侧水分通过这些裂缝渗往桩身中部(施工导管位置)再往上从桩头渗出。

3.3 水灰比的影响

水下混凝土与普通混凝土相比具有较高含水量, 其水分在凝结、硬化过程中被吸收而形成胶体并产生水化热, 在桩身顶部靠近地面处易产生内外温差, 温差就会在混凝土内部引起拉应力, 从而产生微小裂缝。

水下混凝土的水灰比未控制好, 水灰比越大, 水泥凝结硬化的时间越长, 自由水越多, 水与水泥分离的时间越长, 混凝土越容易泌水; 混凝土泌水会导致自由水在混凝土粗骨料、钢筋周围形成水囊, 随着水分的逐渐挥发形成空隙, 从而影响混凝土的致密性, 同时混凝土泌水及水泥与水的水化反应中会造成一定的不可逆的塑性收缩, 从而加大了桩顶渗水的可能性。

3.4 基坑内外水位差的影响

烟囱基坑开挖后砍桩头, 浇筑混凝土垫层, 实际上等于基坑封底, 垫层面绝对标高 -1.0 m, 地下水位标高, 水位差 2.77 m, 在坑底形成承压差, 压差使水分沿桩身中的微小裂缝进水, 再从桩身中部质量稍差的位置上升至桩头顶渗出。

4 渗水对承载力及耐久性的影响

4.1 渗水对承载力的影响

烟囱桩基按规范规定, 对预留混凝土试件进行强度试验, 混凝土试块强度均超过设计要求的 C35 要求, 试件渗透试验满足抗渗等级 P8 要求, 证明混凝土的配比满足设计要求。另外, 在 22 根渗水桩中选出 4 根作超声波和取芯测试, 5 根作 Pit 小应变试验, 1 根作 PDA 大应变试验, PIT 和 PDA 测试结果如图 4, 图 5 所示, 其桩身完整、承载力均满足设计要求。简言之, 国家规范要求检测的项目全部检测合格。这证明渗水未影响桩身完整性及承载力。

4.2 渗水对耐久性的影响

本工程地质报告对地下水的评估为: 地下水在强透水层或直接临水的情况下对混凝土有弱腐蚀性, 在弱透水层中对混凝土结构具微腐蚀性, 在长

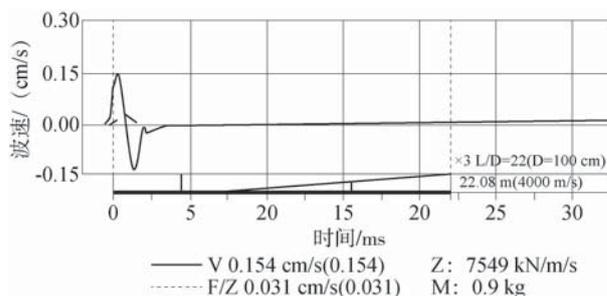
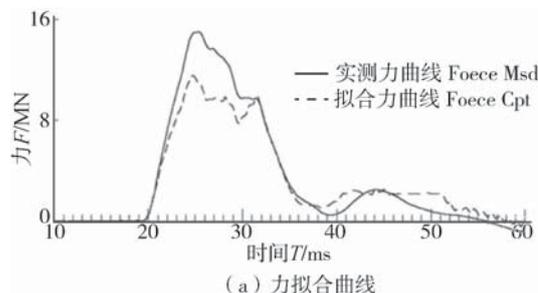
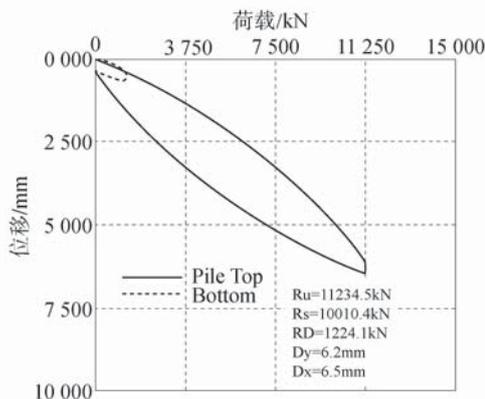


图 4 Pit 测试结果

Fig. 4 Pit Testing Result



(a) 力拟合曲线



(b) 荷载-位移曲线

图 5 PDA 测试结果

Fig. 5 PDA Testing Result

期浸水情况下对混凝土结构中钢筋有微腐蚀性。

根据腐蚀性评价, 钢筋保护层厚度按规定要求为 55 mm, 而本工程采用 100 mm; 按规定无须在混凝土中渗入防腐添加剂, 而本工程却添加抗硫酸盐添加剂 PP1(硅粉); 从桩的工作情况看, 桩全长均在地下水位以下, 在使用期内地下水会从桩身混凝土内微缝隙进入桩身内, 从而影响钢筋耐久性, 但只要地下水不能在混凝土中裂缝内流动, 其腐蚀作用就会非常有限, 其实由于水下混凝土的属性, 内存微小裂缝几乎是不可避免, 只要使地下水不能在桩内的微孔隙中流动, 腐蚀作用就不会发生, 其实混凝土内, 随着水化物水泥中的主要水化物的水

化进行过程,微小裂隙会被胶凝体自行阻断修复,以往灌注桩虽有渗水并未处理也未出现因此而受腐蚀的现象。本工程为了更加安全,将采取有效处治渗水措施。

5 处理措施

5.1 钻孔封堵法

1)对于存在轻微水印的桩头,太阳暴晒后,可大致找到出水点,在此钻一个 $\phi 20$ 孔,孔深约0.3 m小孔,观察渗水位置及评估渗水量,一般出水量很少,可用Sika Grout M350灌浆料进行封堵,经试验,本类渗水经灌浆封堵后,未再出现渗水现象。

2)对桩头渗水明显的桩,在渗水位置出水明显位置处,用小型抽芯机钻孔直至混凝土芯样密实处,(本工程一般300~500 mm即出现密实岩芯),当抽芯混凝土强度满足设计要求的,桩头采用Sika Dur界面剂涂刷后,采用灌浆材料Sika Grout M350封堵,若桩头有上部混凝土强度未达到设计要求,需凿去这部分桩头混凝土,采用Sika Dur界面剂涂刷后,再用高一等级混凝土进行重新浇灌。

5.2 涂刷丙乳砂浆法

防水层采用丙乳砂浆。防水层施工可先清除渗水基面以下0.5~1.0 m桩身侧表面泥沙,露出干净混凝土面层,再用丙乳砂浆打底,然后分层抹压丙乳砂浆,每层5 mm,抹2~3层。丙乳砂浆能充填混凝土中孔隙和裂缝,涂层具有良好的防水防腐(耐酸碱侵蚀)、抗氯离子渗透,能有效阻断从桩侧进入桩身的水平渗水通道,从而防止桩身头部渗水。

5.3 涂刷界面剂及外包混凝土法

对于桩头表面出现砂浆偏厚或混凝土疏松,把该部分凿除,对接合面用Sika Dur界面剂涂刷,再如图6所示,外包C40混凝土。

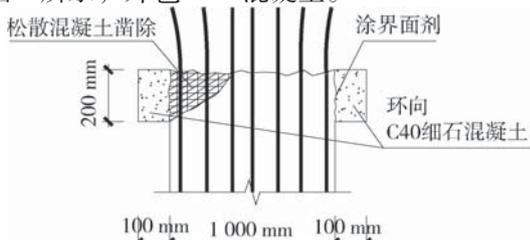


图6 桩头缺陷处理示意图

Fig. 6 Treatment Sketch of Pile Top Defect

5.4 截桩法

做截桩处理,将渗水的桩顶部分截去,截桩长度约0.3~0.5 m,表面凿毛湿润处理后,用提高一个等级的混凝土浇筑上来,此处理方法耗费较大,仅适用于桩顶渗水深度范围较小的桩基。

6 减少桩头渗水控制措施

1)每批次配制混凝土均应严格控制配合比,特别是粗骨料碎石及砂细骨料的质量指标,并确保水灰比不大于0.45。

2)混凝土要充分搅拌,搅拌时间不少于90 s,使混凝土搅拌充分均匀,增强混凝土致密性。

3)水下混凝土灌注过程中,严格控制导管的上下振捣及分段拆除,要求导管在灌注过程中,管外混凝土埋管不少于4 m,做到勤拆管,勤振捣,每次拆除导管时要求用吊车提起导管上下振捣5~10次,既要求保证导管振捣到位,桩身混凝土密实,也要防止振捣过度而致粗骨料下沉而出现离析。

4)控制配置水泥的砂的粒径、级配,选择好的砂子,砂子粒径过大或者级配不合理容易引起颗粒空隙增大,混凝土较容易出现泌水现象,粒径过小则比表面积过大,会影响混凝土的强度。

5)控制桩顶混凝土超灌高度保证不少于1.0 m,必要时可增至1.5 m。

7 结论

由于桩基水下混凝土浇灌工艺存在某些难以避免缺陷,工艺控制不严就会在混凝土桩身顶部产生微小缝隙,甚至小空洞等软弱结构面,形成导水通道,从而在桩头出现渗水,甚者冒水。因此应该严格控制水灰比、粒径等参数,严格控制施工过程,保证超灌高度,提高桩身混凝土的密实性,降低混凝土的总空隙率,从而降低桩顶渗水的概率。

一般轻度渗水,由于胶体的凝结密实起到修复作用,经一段时间后,就会自动停止渗水,轻微渗水无须处理,也不影响耐久性。渗水明显的,在出水点可钻孔后用灌浆材料封堵。对渗水较严重的应采取高压旋喷补强堵塞漏水通道,或者砍去渗水桩身,重新浇筑高一等级强度的混凝土置换。

(上转第131页 Continued on Page 131)

镁硫比是将加入浆液内的镁莫尔数除以烟气中 SO_2 的莫尔数比率。

因为浆液采取反复循环的方式与烟气反应, 系统可以在较低的镁硫比达到较高的脱硫效率, MgO 消耗量也相对降低。

6.6 脱硫副产物

脱硫副产物的数量取决于进入系统烟气的流量和烟气中二氧化硫的含量。如果烟气流量或烟气二氧化硫含量增加, 废水排放量也必须增加, 否则将有堵塞堆积及效率降低的风险。

7 结论

由于环保法规日趋严格, 加上总量管制的因素, 将来在环保单位和公众压力之下, 可能会要求电厂在将来增加他们的脱硫效率在 99% 以上, 来控制二氧化硫排放。目前, FGD 系统展现了二氧化硫在 98% ~ 99% 范围的脱硫效率。为了提高脱硫效率, 此脱硫工艺有许多地方可以进行改进: 增加多孔板层上的浆液接触的深度, 改进进口烟气的分布, 喷嘴结构及浆液喷淋的模式以增加接触面积, 改善工艺操作情况的监控。建议启用备用循环泵来增加 20 - 30% 的气液比以增加 SO_2 的脱除率。

参考文献:

- [1] 秦冉冉. 双碱法脱硫与镁法脱硫的比较分析[J]. 广东化工, 2013, 14(40): 86-87.
QIN Ranran. Comparative Study on the Double Alkali Desulfurization and Magnesium Desulfurization[J]. Guangdong Chemical Industry, 2014, 34(6): 47-50.
- [2] 徐瑞. 浅谈钙法、镁法脱硫方案的技术分析[J]. 科技与创新, 2014(10): 146-150.
TU Rui. Coal-fired Power Plant Flue Gas near "Zero" Emissions Technology Program Analysis[J]. Science and Technology & Innovation, 2014(10): 146-150.
- [3] 刘晓威, 王冰, 鞠鑫, 等. 火电厂大气污染物近“零”排放污染控制技术的示范应用[J]. 电力科技与环保, 2015, 31(6): 25-27.
LIU Xiaowei, WANG Bin, JU Xin, et al. Model Applied of Air Pollutants Near "Zero" Emissions Pollution Control in Coal-Fired Power Plant[J]. Electric Power Technology and Environmental Protection, 2015, 31(6): 25-27.
- [4] 陈文光, 邱谷川. 高效率氢氧化镁脱硫技术在大陆 PC 及 CFB 锅炉的应用[A]//中国电机工程学会热电专业委员会 2011 年度热电联产学术交流会议论文集[C]. 2011.

(责任编辑 郑文棠)

(下转接第 144 页 Continued from Page 144)

参考文献:

- [1] 刘金砺. 建筑桩基技术规范应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
LIU Jinli. Application Manual of Technical Code for Building Pile Foundation [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [2] JGJ 94—2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [3] 张凤英, 张发军. 钻孔灌注桩施工常见的质量缺陷及防治[J]. 青海交通科技, 2007(5): 15-20.
ZHANG Fengying, Zhang Fajun. Common Construction Quality Defect of Drilling Bored Pile and Prevention Measure [J]. Qinghai Communication Technology, 2007(5): 15-20.
- [4] 何既荣, 王书军. 钻孔灌注桩桩芯渗水的原因及预防处理措施[J]. 科技创新导报, 2007(33): 166.
HE Jirong, WANG Shujun. Cause and Prevention of the Water Leakage of the Drilling Bored Pile Core [J]. Science and Tech-

nology Innovation Herald, 2007(33): 166.

- [5] 蒋小刚. 灌注桩桩顶渗水原因分析及控制措施[J]. 中国高新技术企业, 2013(9): 73-74.
JIANG Xiaogang, Analysis of Water Leakage From Bored Pile Top and Control Measure [J]. China High-Tech Enterprises, 2013(9): 73-74.
- [6] 艾进荣. 钻孔灌注桩开挖后桩顶冒水原因分析及预防措施[J]. 西部探矿工程, 2009(11): 23-24.
AI Jinrong, Analysis of Water Emitting from Drilling Bored Pile Top After Excavation and Control Measure [J]. West-China Exploration Engineering, 2009(11): 23-24.
- [7] 王哲, 曹晓滨. 灌注桩桩身泌水的原因分析及控制[J]. 化学工程与设备, 2015(5): 114-116.
WANG Zhe, CAO Xiaobing, Analysis of Water Bleeding from Bored Pile and Control Measure [J]. Chemical Engineering & Equipment, 2015(5): 114-116.

(责任编辑 郑文棠)