

# 岩溶地区基桩工程超前钻勘察及优化设计

孟宪中<sup>1</sup>, 肖家靖<sup>2</sup>, 胡先法<sup>1</sup>, 王凯河<sup>3</sup>, 庞茂顺<sup>3</sup>

(1. 江苏省地质矿产局第五地质大队, 江苏 徐州 221004; 2. 唐山华润热电有限公司, 河北 唐山 063004; 3. 华润电力(贺州)有限公司, 广西 贺州 542800)

**摘要:**地基处理在火电厂建设中是非常重要的一环,是电厂的基础性工作。而岩溶地区地质条件更为复杂,地基处理更显重要。对贺州电厂工程桩施工技术难点进行分析,针对施工中溶蚀带的岩溶地质情况结合岩溶地质裂隙发育,溶沟、溶槽、溶洞的错纵复杂,浅析岩溶地区基桩工程施工中技术难点及措施。

**关键词:**基桩工程;岩溶地区;超前钻;溶洞;充盈系数

**中图分类号:**TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)08-0047-03

**Advanced Drilling Exploration for Foundation Pile Engineering in Karst Region and the Optimization Design/**  
**MENG Xian-zhong<sup>1</sup>, XIAO Jia-jing<sup>2</sup>, HU Xian-fa<sup>1</sup>, WANG Kai-he<sup>3</sup>, PANG Mao-shun<sup>3</sup>** (1. No. 5 Geological Party, Jiangsu Bureau of Geology and Mineral Exploration, Xuzhou Jiangsu 221004, China; 2. Tangshan China Resources Thermal Power Co., Ltd., Tangshan Hebei 063004, China; 3. China Resources Power (Hezhou) Co., Ltd., Hezhou Guangxi 542800, China)

**Abstract:** Foundation treatment is one of the most important steps in the power plant construction, and is also a basic work, especially in the karst region, where the geological conditions are more complicated. Analysis is made on the technical problems in the engineering pile construction of Hezhou power plant, according to the karst geological conditions of the corrosion belt, combined with the karst fissures, karst ditches, grooves and caves, the construction technical difficulties and measures are briefly analyzed.

**Key words:** foundation pile engineering; karst region; advanced drilling; karst cave; filling coefficient

岩溶地区地基处理在火电厂建设中是非常重要的一环,地基处理的好坏,关系整个项目的成败。如何将岩溶地区复杂地质情况体现出来,给设计及施工人员作为施工的依据,值得我们探讨。本文以贺州电厂基桩工程为例,浅析岩溶地区基桩工程中超前钻勘察及基桩的优化设计,为以后岩溶地区的基桩施工提供参考。

## 1 工程概况

华润电力(贺州)有限公司一期工程位于广西东部的贺州市富川县莲山镇大深坝新村南面,贺州—富川公路西侧,距离东面正在建设的洛(阳)—湛(江)铁路线约 1.5 km,北距富川县约 12 km,南距贺州市约 41 km,交通较为便利。该电厂为新建项目,本期容量  $2 \times 1000$  MW,并留有扩建余地。

## 2 地质概况

厂址位于富川县莲山镇大深坝新村以南,西侧紧邻栗下塘村,其地貌成因为溶蚀构造类型,属碳酸

盐岩孤峰平原地貌,处于山地与平原过渡地带。通过岩溶发育点平面图(图 1)显示,贺州电厂在化水区域、1 号冷却塔东南角、炉后区域及煤场中部为岩溶强烈发育区(I),冷却塔北侧、主厂房、锅炉房及煤场西侧为岩溶中等发育区(II),其它区域为岩溶

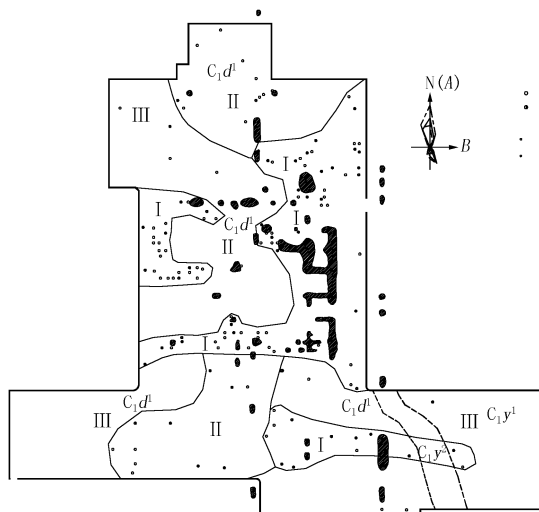


图 1 岩溶发育点平面图

收稿日期:2013-01-23; 修回日期:2013-06-10

作者简介:孟宪中(1980-),男(汉族),江苏沛县人,江苏省地质矿产局第五地质大队施工管理部副主任,土木工程专业,硕士,从事岩土工程的设计、施工和管理工作,江苏省徐州市金山桥经济开发区金水路 9 号。

弱~不发育区(Ⅲ)。

厂区岩体内节理裂隙发育,多充填白色方解石脉,局部地段勘探揭示方解石脉垂向厚度在数米之上,可溶性岩石厚度在 250~370 m 之间。勘探揭示岩溶发育较强烈,局部岩溶洞穴发育规模较大,基岩面起伏较大,隐伏石柱、石芽发育,同一标高上地基土不均匀特征突出。根据该工程的规模和特征,勘测确定本工程重要性等级为二级工程,确定场地复杂程度为二级场地,确定地基复杂程度为一级地基。

3 设计原则

根据终勘,上部土层不适合作为建(构)筑物天然地基持力层,且基岩面起伏较大,对荷载较大及沉降要求高的建(构)筑物的基础,设计主要构筑物采用钻(冲)孔灌注桩进行地基处理。

本工程采用 Ø1000 mm 与 Ø800 mm 桩搭配布置设计。Ø1000 mm 钻(冲)孔灌注桩单桩竖向承载力特征值为 7000 kN,水平承载力特征值为 450 kN,Ø800 mm 钻(冲)孔灌注桩单桩竖向承载力特征值为 4500 kN;水平承载力特征值为 160 kN。

设计要求工程桩超前钻每桩至少钻 1 个超前钻孔,对于比较复杂的地段和荷载大的建(构)筑物地段,当每桩施钻 1 个超前钻孔难以判定桩端以下 5~6 m 范围内岩体中的岩溶特征时,应增加超前孔的数量。桩长按桩全断面嵌入最下面的溶洞底部基岩至少 1.0 倍桩径施工。

4 超前钻施工

超前钻资料为工程施工的依据,对工程施工质量、进度及造价影响非常大,岩溶地区显得更为重要。

岩溶地区的地质情况,终勘资料能反映整个厂址的大致情况,但具体到每个点,是不能用终勘资料代表的,需进行一桩一孔的超前钻施工。以主厂房为例,“一桩一孔”超前钻资料与终勘资料均显示,主厂房总体趋势是固定端地质条件最复杂,扩建端地质条件其次,中部地质条件最好。但具体到每根桩,就存在很大区别,以主厂房固定端 BCT-01 承台的终勘点 A065 为例说明。

终勘点 A065 位于承台中心,工程桩设计为承台四角,5 个超前钻最大间距为 2100 mm,超前钻资料显示持力层相差非常大(见表 1)。可见岩溶地区地质条件复杂,不能用简单的终勘资料进行工程桩设计。

表 1 BCT-01 承台超前钻统计表

编号	入岩面 标高/m	溶洞 数量	溶洞总 深度/m	持力层岩 面标高/m	设计桩长 /m
A065	178.09	2	45.80	61.91	56.01
ZCF348	175.95	1	15.80	32.45	26.55
ZCF349	178.65	2	3.00	18.45	12.55
ZCF350	176.56	2	17.03	33.62	27.72
ZCF350-补	177.02	3	13.86	32.15	26.25
ZCF351	175.62	0	0.00	16.78	10.88
ZCF351-补	177.02	1	6.24	17.24	11.34

岩溶地区地质条件复杂,相邻桩之间很容易出现地质情况不一致之处。1 号锅炉 GL093 号孔,在直径为 1000 mm 的桩径内施工 4 根超前钻,超前钻资料显示相差非常大(见图 2)。按现有超前钻资料,093 桩岩面斜度大,且穿越岩体厚度大,局部点达 10 m 之厚。后根据设计院设计桩长进行施工,开孔时间为 2009 年 10 月 7 日,终孔时间为 2009 年 11 月 25 日,成桩时间为 50 天;混凝土理论方量为 32.47 m<sup>3</sup>,实际浇筑 175 m<sup>3</sup>,充盈系数为 5.39。

5 施工技术难点

5.1 溶洞多

从超前钻情况来看,主要施工区域溶洞率高。1 号锅炉房基桩工程设计为 164 根,“一桩一孔”之外的补钻数为 56 个,其中 21 根桩有溶洞,溶洞率为 8.6%,超前钻显示 16 个孔有 2 m 以上高度或串状溶洞;2 号锅炉房基桩工程设计为 211 根,“一桩一孔”之外的补钻数为 22 个,其中 78 根桩有溶洞,溶洞率为 33.5%,51 个孔有 2 m 以上高度或串状溶洞;1 号冷却塔基桩工程设计为 304 根,其中“一桩一孔”之外的补钻数为 78 个,118 根桩有溶洞,溶洞率为 38.8%,超前钻显示 76 个孔有串溶洞;2 号冷却塔基桩工程共完成超前钻 324 个,其中“一桩一孔”之外的补钻数为 20 个,67 根桩有溶洞,溶洞率为 23.5%,超前钻显示 52 个孔有 2 m 以上高度或串状溶洞。

5.2 混凝土充盈系数大

1 号锅炉混凝土充盈系数为 2.22;2 号锅炉混凝土充盈系数为 2.48;1 号冷却塔混凝土充盈系数为 2.44;2 号冷却塔混凝土充盈系数为 2.12;主厂房混凝土充盈系数为 2.04。前面提到的 1 号锅炉 GL093 孔,混凝土理论方量为 32.47 m<sup>3</sup>,实际浇筑 175 m<sup>3</sup>,充盈系数为 5.39。

5.3 嵌岩厚

设计要求桩端全断面嵌岩为 1 倍桩径。因地质

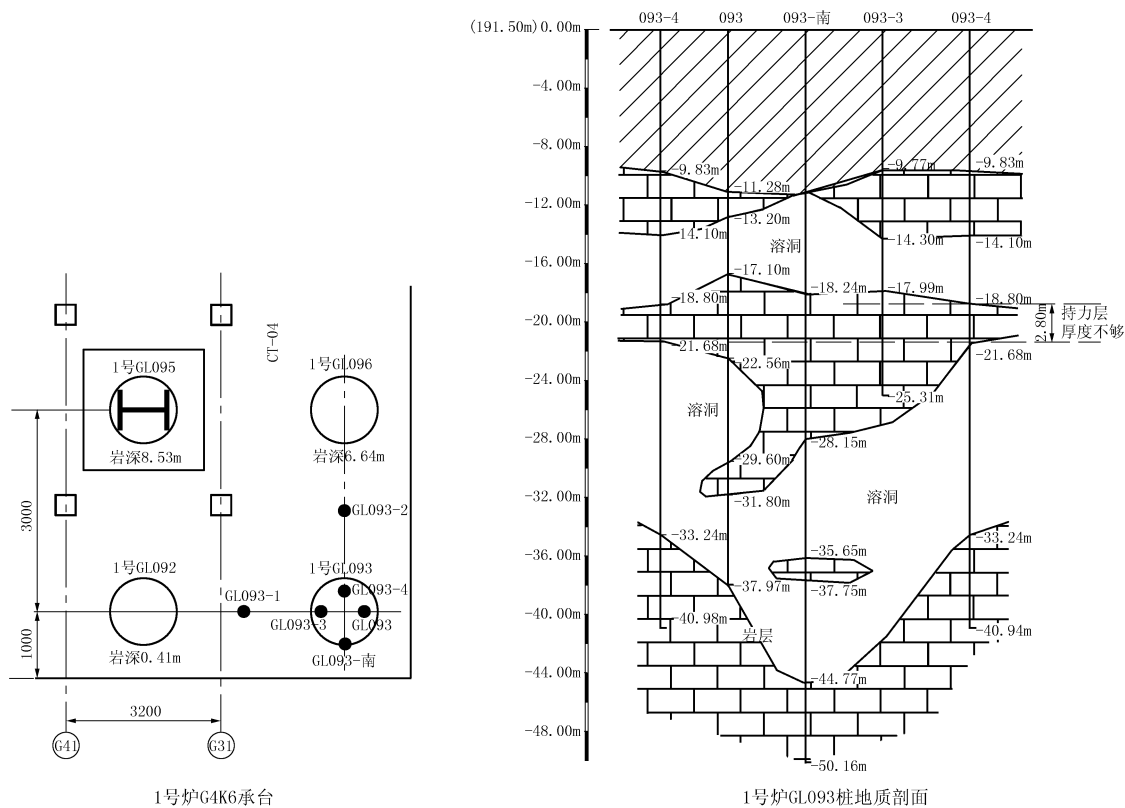


图 2 1 号锅炉 093 号桩超前钻资料

条件复杂, 施工过程中存在斜岩或溶洞, 增加嵌岩工作量。通过基桩工程技术统计可以看出(表 2), 嵌岩量差值为 3890.2 m, 溶洞为 1552.6 m。

表 2 基桩工程技术统计							
单位工程	桩直径 /mm	招标根数	招标桩长 A/m	设计桩长 B/m	总桩长差 /m	嵌岩超长 /m	溶洞总长 /m
1 号水塔	1000	304	15.50	15.755	-77.5	1198.7	632.2
1 号 A 排	1000	25	7.00	6.697	7.6	30.4	2.1
1 号汽机	1000	75	7.00	5.929	80.3	497.4	97
1 号除 BCD	1000	239	7.00	7.892	-213.2	397.8	137.9
1 号联络平台	1000	109	7.00	7.841	-91.7	13.7	28.7
2 号 A 排	1000	27	7.00	10.399	-91.8	37.9	8.3
2 号联络平台	1000	97	7.00	11.83	-468.5	36.7	56.8
2 号汽机	1000	80	7.00	5.492	120.6	166	20.7
2 号除 BCD	1000	218	10.00	6.827	691.7	218.8	91.2
烟囱	800	121	9.00	5.67	402.9	222.8	32.3
2 号锅炉房	1000	129	10.30	10.3	0	215.9	202.1
2 号水塔	1000	304	12.20	12.2	0	853.2	243.3
1 号炉渣仓	800	8	7.00	6.74	2.1	0.9	0
合计					362.5	3890.2	1552.6

对于岩溶地区, 地质条件复杂, 不可预见性非常多, 仅以终勘资料估算的桩长进行固定总价签订合同, 风险非常大。

5.4 塌孔及漏浆

贺州厂址下伏岩体为可溶石灰岩, 局部发育有

溶蚀裂隙和洞穴, 为地下水的活动提供了空间, 场地平整使地下水水位发生了改变, 雨季地下水位抬高, 地下水波动幅度增大, 最高水位接近地表, 最低水位于岩体中, 这样为空洞(土洞)的加速形成提供了动力条件, 基桩施工改变了地下水的流动状态, 使原来流速小的地段流速加大, 加剧了土洞的形成, 当土洞大到一定程度时, 其顶板便会在自重作用下、尤其是叠加雨季过后地下水快速下降期空洞(土洞)中的负压作用而垮塌、形成塌陷。岩溶地区, 水系是相通的, 在岩面处均会出现不同程度的漏浆, 溶洞串通处漏浆更为严重。

6 设计优化

烟囱原设计中心点坐标为  $A = 1420.75$ ,  $B = 1690.00$ , 设计为 126 根桩。按设计要求共完成超前钻 143 个, 补钻为 17 个, 补孔率为 13.5%。超前钻资料显示烟囱 40 根桩有溶洞, 溶洞率为 31.7%, 其中 30 个孔有 2 m 以上高度或串状溶洞, 平均桩长为 11 m。施工的 25 根桩充盈系数为 2.22, 共用时 45 天, 施工难度非常大。后进行优化设计, 烟囱需后移 25 m。移位后的烟囱, 超前钻资料显示烟囱 23 根桩有溶洞, 溶洞率为 18.3%, 其中 5 个孔有 2 m 以上

(下转第 53 页)

所测80根CFG桩中判别Ⅰ类桩54根,占所测桩数的67.5%;Ⅱ类桩25根,占所测桩数的31.3%;Ⅲ类桩1根,占所测桩数的1.3%;无Ⅳ类桩。所测42根钻孔压浆桩中判别Ⅰ类桩14根,占所测桩数33.3%;Ⅱ类桩9根,占所测桩数的21.4%;Ⅲ类桩19根,占所测桩数的45.3%;无Ⅳ类桩。通过对桩头的清理,对部分桩体钻探取心作抗压强度试验,可以判断:Ⅲ类桩中除1根桩身完整性差,其余为桩体上部混凝土疏松。对于桩头疏松段较短的桩,清除疏松部分混凝土,采用C20混凝土接桩。对于桩身完整性较差及疏松段较长的桩作废桩处理,采用锚杆静压桩进行加固处理。

2007年10月该楼房已建成并交付使用至今,据沉降观测资料,目前该楼房沉降稳定,未出现不均匀沉降现象,使用良好。

## 6 结语

实践证明,钻孔压浆桩基础在本地区多层、小高层建筑工程中比较适用。但是,随着襄阳市城区基本建设突飞猛进,城市建设用地日趋紧张,高层、超高层建筑越来越多,对单桩竖向承载力要求也越来越高。钻孔压浆桩桩径、桩长选择余地小,单桩竖向承载力低,单价高,在高层、超高层建筑工程的使用中有较大局限性。而钻孔灌注桩的桩径、桩长选择余地大,采用钻孔灌注桩后压浆施工工艺,单桩竖向承载力大为提高,随着旋挖钻机的普及,成桩速度大

为提高。钻孔灌注桩已成为本地区高层、超高层建筑及大型构筑物基础的首选桩型。

任何桩型都有其应用局限。即使非常安全、经济、适用工法或工艺,如果施工中违反相关规范规程、不进行质量控制、偷工减料,都有可能成为“豆腐渣”工程。

桩基施工中必须先试桩,确定合理的设计参数和科学的施工工艺,才能进行工程桩的施工。施工中必须严格遵守相关施工规范规程,注意了解地质条件的变化情况,与勘察、设计条件有较大出入时,必须及时会商处理。

## 参考文献:

- [1] 宋慎春,武环,贾庆军. 钻孔压浆桩在齐齐哈尔地区应用前景及有关问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(5):14-15.
- [2] 黄生根,张希浩,曹辉. 地基处理与基坑支护工程[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.58-64.
- [3] 欧阳继胜,鲁志雄,丁长洲,等. CFG桩复合地基在某小区的应用研究[J]. 资源环境与工程,2010,(1):52-54.
- [4] GB 50007-2002,建筑地基基础设计规范[S].
- [5] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [6] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
- [7] JGJ 106-2003,建筑基桩检测技术规范[S].

致谢:中南勘察基础工程公司提供本工程岩土工程勘察报告,襄阳市建设工程质量检测站提供静载荷试验报告,中国地质大学(武汉)工程学院黄生根教授对本文编写提供了指导,在此一并致谢。

## (上接第49页)

高度或串状溶洞,平均桩长为5.67 m,整个施工工期为92天,施工难度相对简单,仅桩长减少节省施工费用为67万。

## 7 结语

岩溶地区地基处理有很大的难度和复杂性,利用超前钻(施工勘察)将复杂地质情况体现出来,在成桩之前采用钻探方法查其基岩情况,给设计及施工人员提供参考,根据不同的地质条件因地制宜地设计和选择施工方法,从而有效地进行设计优化及成本控制。

## 参考文献:

- [1] 邵东风. 华润电力(贺州)有限公司一期工程岩土工程勘察报告(厂区部分)[Z]. 湖北武汉:中南电力设计院,2008.
- [2] 刘江. 华润电力(贺州)有限公司一期工程综合试桩报告[Z]. 湖北武汉:中南电力设计院,2008.
- [3] 朱学稳. 桂林岩溶地貌与洞穴研究[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [4] 郭纯青. 岩溶地区地下水与环境的特殊性研究[Z]. 北京:地质出版社,2009.
- [5] 周安全,周湘. 岩溶地区冲(钻)孔桩施工常见事故防治及其对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):48-54.
- [6] 熊绍所,成润军. 岩溶地区钻(冲)孔灌注桩施工的难点及其技术对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):73-75,79.
- [7] 杨宗仁,史学伟. 沪—蓉高速铁路跨越汉江特大桥桩孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):47-50.