

Discussion on the Artistic Features and Multiple Connotations of Early Architecture and Statues in Dunhuang Grottoes

Zijian Zhao

Centre of Buddhist Studies, The University of Hong Kong, Hongkong, 999077, China

Abstract

Grotto art is one of the most important artistic expressions in Buddhist art, it is a comprehensive art that integrates architectural art, statue art and mural art. Dunhuang Grottoes group is one of the four largest grottoes groups in China, and it is also the largest and most abundant grottoes group in the world. This paper selects the early architectural art and statue art of the Dunhuang Grottoes as the research object with describing its artistic characteristics. Furthermore, this paper also attempts to explore the connotation of the multicultural art of the Dunhuang Grottoes based on factors such as the geographical location and historical background of the Dunhuang Grottoes, and ask an expert.

Keywords

Dunhuang Grottoes; Buddhist art; architecture and statues

论敦煌石窟早期建筑与造像的艺术特色及其多元化内涵

赵子健

香港大学佛学研究中心, 中国·香港 999077

摘要

石窟艺术是佛教艺术中最重要的艺术表现形式之一,它是集建筑艺术、造像艺术及壁画艺术为一身的综合艺术体。敦煌石窟是中国四大石窟之一,同时也是世界上现存规模最大、内容最丰富的石窟群。论文选取敦煌石窟早期建筑艺术和造像艺术为研究对象,描述其艺术特色,并试图从敦煌石窟的地理位置与历史背景等因素出发探究敦煌石窟多元文化艺术之内涵,以求教于方家。

关键词

敦煌石窟; 佛教艺术; 建筑与造像

1 引言

石窟艺术是佛教艺术中最重要的艺术表现形式之一,它是集建筑艺术、造像艺术及壁画艺术为一身的综合艺术体。敦煌石窟是中国四大石窟之一,同时也是世界上现存规模最大、内容最丰富的石窟群。据唐代《重修莫高窟佛龕碑》可以判断出敦煌石窟开凿于前秦建元二年(公元366年),经历了一千多年,现存造像三千余身,是重要的佛教艺术宝库之一。“敦煌石窟艺术是中国的国宝,也是世界文化遗产,它的规模之大、历时之长、内容之丰富、技术之精湛、保存之完好都是举世罕见的^[1]。”论文选取敦煌石窟早期建筑艺术和造像艺术为研究对象,描述其艺术特色,并试图从敦煌石窟的地理位置与历史背景等因素出发探究敦煌石窟多元文化艺术之内涵,以求教于方家。

2 敦煌石窟的特殊地理环境与多元历史文化

石窟是在山崖之上开凿出的佛教活动的重要场所。早

期佛教中,坐禅入定是佛教信徒的主要功课之一,这也是离苦得乐的必由之路。故而石窟的开凿需要远离城镇的喧闹,一般选择建在人迹罕至的清静之地。如此僧人们便可以专心礼佛而免受俗世的打扰。然而石窟之所在也不能距城镇太过遥远,因为僧人们不仅要向俗世宣扬佛法,更离不开俗世的供养。所以,这不仅要求石窟与城镇的距离适中,还要求石窟靠近交通要道,如此不仅方便僧人传播佛法,更方便于信众前往石窟参拜及供养。敦煌石窟位于丝绸之路的交通要道,地理位置有着独特的地位。“丝绸之路在西域分为两路:南路由凉州出关,经过敦煌,穿过沙漠到达鄯善,沿天山南路到达于阗,往西北进入莎车;北路从敦煌之北往西北方向进入伊吾,经库车焉耆进入龟兹,到达疏勒^[2]。”由此可见,敦煌是中国与西域、西亚、北非及欧洲交流的咽喉要道。汉武帝建立了河西四郡之后,完成了西域地区的有效统治。经过汉武帝之后多年的发展,敦煌地区引进了先进的农业发展措施,很快发展成为经济重镇。加之敦煌地处偏僻的中国西

北地区，远离中原，这很好地避免了诸如“八王之乱”之类的战争灾难。正如陈寅恪先生形容十六国时期的河西地区：“秩序安定，经济丰饶，既为中州人士避难之地，复是流民迁徙之区……”^[3]

敦煌不仅保持了本地区的政治稳定，还不断地吸引了大规模的移民，在促进地区经济繁荣的同时，也为文化艺术的兴盛奠定了基础。敦煌地区向西北是玉门关，向南则是阳关，成为各国客商、使团及僧人东来西去的必经之地。他们为敦煌带来了天竺文化、波斯文化、罗马文化、阿拉伯文化及中原文化等东西方各种不同的思想、文化及艺术风格。加之敦煌地区原有的匈奴、乌孙、月氏等游牧民族文化，敦煌地区成为多元经济文化交融的大都会，是名副其实的“文明十字路口”^[4]。印度佛教的石窟艺术经中亚到西域，沿着丝绸之路吸收了不同的文化养分，在敦煌表现出了多元的文化特征，并逐步形成了具有敦煌特色的艺术风格。

东汉以后，战乱迭起，社会矛盾加剧，政治形势十分复杂。此时的百姓长期生活在战乱之中，渴望脱离苦海，急需一种精神力量的支撑。同时，统治者也需要新的思想武器巩固自身的政权。佛教顺应了社会需求，努力与本土儒家、道家融合，从而得到了更大规模的传播与发展。由于得天独厚的地理环境和文化背景，河西地区的佛教发展迅速，尤其是敦煌地区。公元四世纪初，十六国时期的敦煌政治稳定、经济繁荣。很多文人学者和能工巧匠为了躲避战乱在敦煌地区定居，他们在传承汉晋传统文化的同时加以创新，形成了以敦煌为中心的五凉文化。这个时候的佛教重新释读教义，广泛宣传儒家倡导的忠孝观，已经成为河西地区重要的文化形态。敦煌石窟佛教艺术就是在这种历史文化背景中，借助独特的地理环境和多元文化发展起来的。

印度佛教艺术在传播的过程中，不断地与优秀艺术风格融合，派生出了多种具有独特影响力的佛教艺术流派。贵霜王朝时期，佛教造像艺术与希腊雕塑艺术融合，形成了犍陀罗艺术风格。随着佛教的东传，犍陀罗艺术风格由大月氏人带到了西域。公元3世纪，位于昆仑山北麓的于阗，艺术家们将本土特色及中原艺术风格融合进了印度秣菟罗艺术风格和犍陀罗艺术风格，形成了独具一格的于阗佛教艺术。于阗佛教艺术沿着丝绸之路北道传至西域大国——龟兹，并进一步融合了龟兹传统形成了龟兹佛教石窟艺术，这对后来的敦煌石窟的建筑形制影响巨大。

总的来看，敦煌处于多元结构的文化场域之中，更容易吸纳异质文化融合进入母体文化结构并形成新的多元文化内涵。这种文化的包容性和多元性一定程度上促进了敦煌石窟艺术的传播和发展。

3 敦煌石窟早期建筑的艺术特色

敦煌石窟的早期一般是指前秦、北凉、北魏、西魏、北周几个历史时期。敦煌早期的石窟建筑形制是以印度传统

建筑风格及西域建筑风格为主，夹杂着中国传统建筑风格的融合体。这段时期的洞窟形制主要以中心塔柱式窟为主，除此之外还有少量的涅盘窟、大佛窟及毗克罗式窟（禅窟）。“现在国内外学者基本上认为现存于莫高窟南区的第268、272、275窟开凿时间最早^[5]。”学界认为这三个洞窟的开凿时间早于北凉时期，有学者认为可以追溯到前秦时期，一般称之为“北凉三窟”（见图1）。



图1 莫高窟第268、272、275窟（北凉三窟）

北凉三窟处于莫高窟的中部并且互为比邻，然而在建筑形制上又各不相同。第268窟是一个平顶小窟，平面作长方形，它由信道式主窟和两侧的两个附属洞窟组成。西壁正中开一尖眉圆券形浅龕，内塑交脚弥勒佛像一尊，坐于方形台基之上。这个洞窟形制大小很不规范，是属于探索阶段的模仿性洞窟。第272窟紧邻第268窟的北侧，窟平面为方形，窟顶近似穹窿样式。西壁开一圆拱形大龕，内塑结坐佛像一尊于方形台基之上。这种近似覆斗形洞窟明显受到中原传统殿堂形制的影响，也称之为殿堂式洞窟。第275窟处于第272窟的北侧，窟平面为长方形。窟顶呈纵向人字坡状，并浮塑有典型中原木质结构建筑特点的脊枋和椽子。正壁塑交脚弥勒菩萨一尊于方形台基之上，两侧各塑一狮。南北两壁上部开并列对称阙形龕及圆拱形龕各四个，龕内分别塑有交脚弥勒菩萨或思维菩萨一尊。北凉三窟在建筑形制上主要继承了厚的西域艺术风格，也表现出受中原艺术的影响之大。

北魏时期的石窟建筑既保留了印度及西域艺术成分，同时也明显表现了中原艺术元素，形成了中西交融的多元艺术风格。前文提及龟兹石窟艺术对敦煌石窟的建筑形制影响巨大。印度支提窟是一种比较复杂的石窟形制，这种窟型传到龟兹后，经过本地艺术家的改造，变成了一种具有龟兹艺术特色的中心塔柱式石窟。这种窟型考虑到了龟兹的地质情况，在保留了拱形顶的基础上改造成了一个长方形的拜殿，并用链接窟顶与地面的方柱替代了原始形制中的舍利塔。“这种窟型参考了古时印度支提窟佛寺的凿窟形式的同时，又考虑到了龟兹地方松沙质结构不适宜营建高大洞窟，而创造的一种特有佛窟^[6]。”敦煌石窟继承了龟兹石窟的简明完整，弃去了印度支提窟的一圈石柱。敦煌石窟中的中心塔柱式窟具有汉代木构多层方形塔的特点，窟顶与底部链接，故而称之为“中心塔柱式窟”。敦煌石窟的窟顶后部为平顶，前部为人字坡形，明显模仿了中原建筑形制。

中心塔柱式窟可分为前后两个部分，前部由人字坡形窟顶和南北壁前部及东壁构成，是一个供信徒礼拜佛像的空间。石窟后部是由平顶、中心塔柱、南北壁后部以及西壁构成的信道式空间，可供信徒绕行礼佛。中心塔柱的顶部与底部是和整个建筑连为一体的，柱身四面开龕塑像，面对东壁的一面开一大龕，其余三面开两层小龕。有些洞窟的南北两壁也有开龕。佛龕主要包括两种形式，第一种是“尖眉圆券龕”，此类龕楣为火焰型，左右各立一柱承接楣脚。这种类型具有典型的西域艺术特色；另一种是“阙形龕”，龕楣是中原风格的屋檐，两侧立石柱支撑屋檐，佛龕内部呈方体。这种类型具有典型的中原艺术特色。中心塔柱式窟是北魏时期的代表，这种窟型在之后的西魏、北周以及隋唐时期慢慢减少，直至基本消失。“形式是内容的外在表现。石窟建筑不同的样式，不仅以建筑语汇表述了佛教的发展进程，也表现了一种文化形态向另一种文化形态的转换^[7]。”敦煌早期石窟建筑中也有三处毗克罗式窟（禅窟）。这种窟型会在

南北壁及西壁开凿三个一米见方的小洞窟，用于僧人打坐参禅。这种类型的石窟在印度石窟中很常见，属于完全的模仿。

第285窟（见图2）是西魏时期建成的洞窟，这个石窟的形制已经完全的中国化了。此窟分为前室和主室，主室为覆斗帐形。覆斗形顶由中心藻井和四面斜坡构成，仿若帝王华盖。有学者认为，石窟当中的前室可能来自于中国汉代以来传统的崖墓形式^[8]。



图2 莫高窟第285窟（后室）

敦煌早期石窟建筑表现了多元化的艺术风貌，形制上基本遵循对称、和谐、统一的审美原则，表现了整体洞窟的神秘与庄严。

4 敦煌石窟早期造像的艺术特色

敦煌石窟的造像几乎都是敷彩泥塑，最早可以追溯到北凉时期。现存造像三千余身，其中有三百多件属于敦煌石窟早期。敦煌石窟早期造像大体可分为圆雕和浮雕两种类型。圆雕是一种可供观者多方位欣赏的三维立体雕塑。但由于石窟造像艺术的独特性，造像需背靠龕壁，观者无法从四周欣赏。主要题材是体积较大的佛、菩萨、天王等。浮雕是一种附属在一个平面的雕塑，属于一种附属性的影塑，主要用压缩的方式依靠透视等因素表现其三维立体感。主要题材包括飞天像、千佛像、伎乐天、供养人像以及饕餮、龙头等大量装饰图案。敦煌石窟早期造像主要体现了协调安定的艺术风格，很少表现动态的形象，营造了一种静谧的宗教氛围。这与俗世的嘈杂喧闹形成鲜明对比，给予观者来自于佛教世界的无声的抚慰。

敦煌石窟早期造像艺术风格有较为明显的西域特征，但相较于克孜尔和龟兹等地的造像也有一定的特色。服饰上，贴体薄衣、璎珞、项圈及臂钏等依然承袭印度秣菟罗艺术元素。面部表情上，虽然保留了高挺的鼻梁，然而在眉眼间的细微之处已经完全脱离外来模式。形体上，出现了双脚交叉的形象，这是北方少数民族生活习惯的艺术化表达。雕刻材质上，敦煌地区有别于其他地区，以泥塑为主要表现形

式，也因此形成了多种新的创作方式。

从北凉三窟可以发现，北凉时期的造像内容主要是佛和菩萨，包括禅定像、思维像、说法像等。第275窟西壁主龕中的交脚弥勒菩萨像是现存敦煌石窟早期最大的弥勒塑像。弥勒菩萨头戴三圆环式宝冠，正面圆环中浮雕坐佛一尊。菩萨体形高大，比例匀称，面容敦厚，细眉大眼，鼻梁直挺，小嘴薄唇，脖颈粗壮。菩萨上身袒露，披肩绕肘部自然下垂，颈部佩戴宝石项圈，胸前挂短款璎珞，手臂装饰臂钏，下身穿薄款贴身裙子。菩萨双手作说法状，足踏莲花，交脚端坐于方形台基之上。这尊菩萨像的服饰是典型的印度秣菟罗艺术风格，但是在眉骨、眼窝、眼睑等细节和体态上略带中国化的艺术特点。

敦煌石窟早期造像主要以弥勒佛或弥勒菩萨为主像。为了表现弥勒佛或弥勒菩萨主宰兜率天宫，一般塑于窟内主壁佛龕之中，亦有塑于南北壁的上层龕中。第257窟（见图3）是弥勒像最多的洞窟。此窟建于北魏时期，正壁龕内塑有一尊大型弥勒菩萨像，交脚端坐于方台，两旁立双狮。南北两侧壁龕中各塑有一组小型弥勒菩萨和思维菩萨。



图3 莫高窟第257窟

北魏和西魏时期的敦煌石窟造像艺术更进一步完成了与中原文化艺术的结合。北魏孝文帝推行汉化改革并且崇佛重禅，中原地区的汉族服饰风靡北方地区，南朝秀骨清像的造像艺术风格也开始影响人们的审美趣味。由于统治者的支持，这一时期的佛教造像艺术得到空前的发展。在北魏宗室东阳王元荣主政敦煌期间（公元535—556年前后），敦煌石窟秀骨清像的造像风格蔚然成风。佛教造像面容上，瘦脸细颈、细眉小眼、薄唇小嘴、神情疏朗。身形上，清瘦苗条、比例匀称。服饰上，内衬交领襦，胸前束带，外披对襟式袈裟，表现出了褒衣博带的南朝艺术风格。这也成为逐渐成为当时社会主流的审美风尚。

这种瘦骨清像、褒衣博带的造像风格，在西魏时期表现得更加淋漓尽致。西魏时期的第285窟中（见图4），

西壁开有一大两小三个佛龕。中间大龕内塑有坐佛一尊，身着宽大通肩式袈裟。左右两侧小龕内塑有禅僧像，身着百衲衣，面貌清瘦，身体扁平。又如第432窟（见图5）中心塔柱北向面的右侧胁侍菩萨，神情疏朗，体形苗条。身着交叉天衣，束腰带，大冠高履，表现出典型的南朝士大夫的潇洒形象。



图4 莫高窟第285窟——西壁南侧比丘禅定像

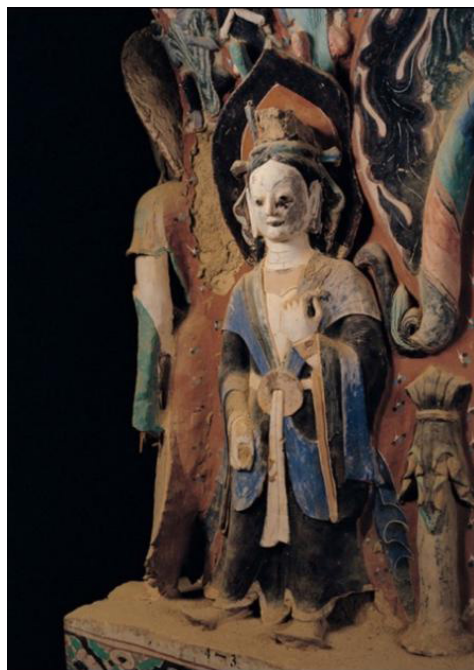


图5 莫高窟432窟——中心塔柱北向面右胁侍菩萨

北魏和西魏时期的敦煌石窟造像艺术受中原艺术文化的影响巨大，在保留部分西域艺术元素的基础上大量使用中原特色，使之更加贴近世俗生活，表现出了多元的文化艺术风格。“这一时期敦煌石窟艺术在分别来自中原、西域和敦煌本土文化的相互作用下“文化大碰撞”所带来的艺术的伟大成就与急剧的变化^[9]。”

北周时期，敦煌在令狐家族、韦氏家族等名门望族主政期间，政治稳定、经济繁荣，丝绸之路畅通无阻。这也为敦煌石窟造像艺术创造了大发展大繁荣的社会环境，造像艺术上融汇多元艺术风格的“敦煌风格”逐步形成。

北周时期的第438窟(见图6)，西壁龕中塑有坐佛一尊。脸形饱满，身着土红色袈裟，袈裟纹路的雕刻手法显示出“曹衣出水”的风格，表现出自然下垂的薄纱质感。



图6 莫高窟第438窟(西壁)

总体来说，这一时期的造像大多长方脸型，面容饱满，神气减少而人气增加，贴近世俗百姓相貌。体型上，身形矮壮，头较长而腿略短，已经初步显露出隋唐时期的造像风格。

5 结论

总之，敦煌石窟的特殊地理环境和历史背景为印度佛教石窟艺术的发展提供了多元化的文化艺术场域。同时敦煌石窟早期的建筑艺术和造像艺术的发展与当时的政治状况、经济水平及文化程度密不可分。安定的政治环境促进了经济的繁荣发展，经济的繁荣发展是文化艺术兴盛的坚实基础。敦煌早期石窟建筑及造像艺术融合了多元的文化艺术形式，并逐步形成了更具中原特色的敦煌艺术风格。

参考文献

- [1] 段文杰.敦煌石窟艺术的特点[J].敦煌研究,1995(2):3-7.
- [2] 任继愈.中国佛教史(卷一)[M].北京:中国社会科学出版社,1981.
- [3] 陈寅恪.隋唐制度渊源略论稿[M].上海:上海古籍出版社,1982.
- [4] 李进新.新疆宗教演变史[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2003.
- [5] 赖永海,王月清.中国佛教艺术史[M].南京:南京大学出版社,2017.
- [6] 李遇春.试论敦煌石窟艺术和新疆石窟艺术的历史关系[A].林保,关友惠.中国敦煌学百年文库(艺术卷二)[M].兰州:甘肃文化出版社,1999.
- [7] 姜婕.试论敦煌石窟艺术的空间构成[J].敦煌研究,1999(4):173.
- [8] 马德.敦煌莫高窟史研究[M].兰州:甘肃教育出版社,1996.
- [9] 郑炳林,沙武田.敦煌石窟艺术概论[M].兰州:甘肃文化出版社,2005.

Application of UAV Tilt Photogrammetry and 3D Modeling Technology in Building Completion Measurement

Keming Wang

Qinghai Nonferrous Second Geological Survey, Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract

With the continuous progress and development of modern technology in China, the use of tilt photogrammetry technology has become a new trend in the field of surveying and mapping in geological exploration industry. At the same time, in the process of drawing the 3D model of the city and all aspects of the building, the use of UAV tilt photogrammetry and 3D modeling technology can effectively improve the working efficiency and measurement accuracy, and provide help for the sustainable development of the building completion survey process in China. This paper expounds the technology and flow of tilt photogrammetry, and analyzes the application of UAV in building completion survey.

Keywords

tilt photography; 3D scene; building completion survey

无人机倾斜摄影测量及三维建模技术在建筑物竣工测量中的应用

王克明

青海省有色第二地质勘查院, 中国 · 青海 西宁 810000

摘要

随着中国现代化技术的不断进步和发展, 在地质勘探行业测绘领域中, 使用倾斜摄影测量技术已经成为一种新的趋势。同时, 在对当前城市以及建筑各方面进行三维模型绘制的过程中, 利用无人机倾斜摄影测量及三维建模技术, 能够有效提高工作效率和测量精度, 为中国建筑物竣工测量过程的持续发展提供助力。论文阐述了倾斜摄影测量技术和流程, 并对无人机在建筑竣工测量方面的应用进行分析。

关键词

倾斜摄影; 三维实景; 建筑物竣工测量

1 引言

随着中国现代化城市发展的节奏, 城市管理和发展规划不仅是现代化城市建设的重要基础和前提, 同时利用各种高科技手段诸如无人机倾斜摄影测量技术, 对竣工验收实施监督测量也成为相关部门加强城市管理的重要手段之一。不仅具有极强的精准性和可参考性, 同时也有相应的法律效应。倾斜摄影测量技术是在统一飞行平台搭建多台传感器, 并利用垂直和倾斜等多个方面来进行采集影响, 这项技术可以利用多个镜头来获取相应的数据信息, 并形成较好的三维地理模型。

2 倾斜摄影测量简介

近年来, 无人机倾斜摄影测量技术在中国逐渐普及开来, 该技术是利用无人机进行拍摄, 通过对城市地面信息进行采集和处理, 并形成三维建模的一种技术手段。和传统摄影相比, 既不会受到方位和地形的限制, 也能够进行全方位

的图像采集, 倾斜摄影平台不仅能够对需要采集信息的目标进行前、后、左、右等多个方位的图像拍摄, 甚至还可以通过倾斜摄影一次, 成像 5 张, 进行拍照的瞬间同时将相应信息完成采集, 并在数据库内形成相应坐标。这种同时保存数据和照片的方式, 对于未来三维模型的建立, 有着至关重要的影响。

3 技术流程

通常来讲, 当进行摄影测量在外部环境进行作业的过程中, 需要对相应的测量目标进行预测, 主要是内容对建筑物的一些信息采集和管线布置进行相应测量并利用全站仪和实时动态测量的技术, 利用相机对目标进行定位处理, 从而形成控点基础, 之后再利用相应软件形成三维建模数据。这种测量模式, 对数据质量检查的要求较高, 同时全部地理信息都需要经过数据库技术进行处理, 一旦遇到测量面积相对较大, 建筑数量更多, 地形复杂的情况, 该技术无法进行

全面细致的分析，就需要利用到无人机航空倾斜摄影技术配合三维建模技术，来突破传统竣工测量方式，将信息处理和三维建模同步化，提高测量质量和效率。

4 倾斜摄影测量成果在建筑物竣工测量方面的应用

4.1 测量情况

本次项目采取的地方为城镇，在城市的东方多为路面，南面约为大道，而且在北面还有一个较大的运动场馆，区域面积大约为 42 万平方米，其中各类建筑总和约为 280 栋，在各区域分布较为均匀。下图为利用测区范围航拍照片（见图 1）。

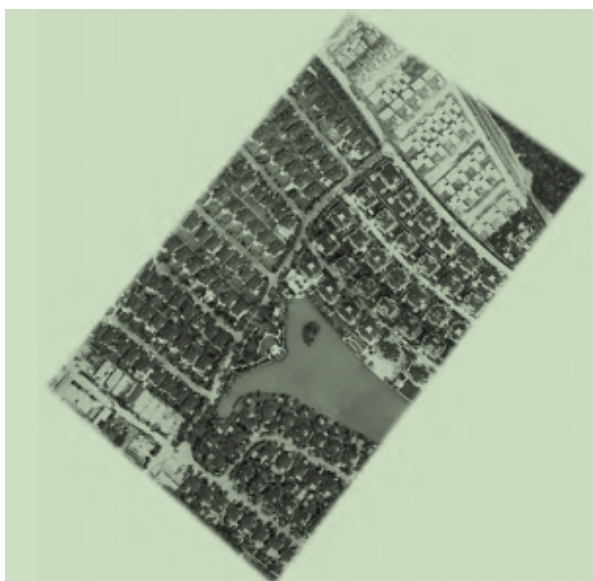


图 1 航摄效果图

4.2 航摄数据的来源

通常来讲，目前中国倾斜测量过程中所使用的无人机，需要利用到 GPS 卫星定位系统，计算工序来提高镜头摄影的清晰度和准确度。通常在无人机上具备 5 个镜头，会分别对应目标的垂直方向，前方后方和左右两侧，不仅需要技术人员能够将每个镜头进行精准调试，同时还需要能够尽可能扩大其摄像范围，保证分辨率，进行全方位信息采集和感知，利用 POS 来实现数据共享，如表 1 所示为相关技术的参数内容。

表 1 相关技术的参数内容

焦距/mm	像元尺寸/um	航高/m	航空重叠度	旁向重叠度
10.5	2.4	200	80%	64%

4.3 空三测量

通过基准站移速率构建相应倾斜摄影测量成果数据信息库，并利用计算工序对其精准定位，这样不仅能够加强对地理位置细节的处理，同时也能够实现卫星定位的数据融合，从而提高信息精度。同时结合相机的摄像参数进行拟定，能够形成良好的数据基础，利用三维建模软件进行还原可以完成数字摄影、三角测量、空山测量等技术的融合，通过对各个坐标形成严密的数学模型，再利用相应原理加强地面控制，减少误差。或者也可以利用光速定点技术，通过可靠的定向点来进行加密控制。

4.4 室内立体测绘图

通常来讲，如果需要被倾斜摄影测量的目标没有其他状况，就可以简单地利用无人机影像和相关数据进行处理，形成相应的立体测绘图，进行数据采集工作，直接将加密的内容输入到工作站中，再利用数字内容进行一体化处理和三维建模。通过立体测绘图调整相应影像内容与航测立体图进行对比，图 2 为传统立绘测量图的实景图内容。



图 2 传统立绘测量图的实景图内容

4.5 三维实景竣工测图

三维实景竣工测图是一种全新的技术应用,是通过多个视角对目标建筑进行全方位测量,以提高精准度为目的,通过高速获取地理信息和建筑信息的方式,来进行三维实景测图。目前这一技术还没有其他相应要求,不需要测绘人员佩戴过多设备,和传统测量方式相比,既节省了人力工作量,同时也能够有效节约大量资源,达到节能减排这一目的,符合当前中国的设计理念。

4.6 数据成果

通过数据采集技术进行测量并且获取相应数据,这一方式不仅能够有效结合传统竣工测量,无人机技术和三维建模技术,在实际操作过程中能够获取大量的有效信息。既包括对目标区域的地理位置信息,同时也能够快速采集相应建筑信息,并通过三维建模技术进行立体展现。甚至数字高程模型、文档对象模型都是当前勘测的主要内容和对象,它可以一同地工作下来,实现多个方面。其中,图3为建筑物最终竣工图。



图3 建筑物最终竣工图

5 无人机倾斜摄影测量在规范方面的应用

为了更好地完成城市规划工作,中国很多地方部门和领导都对工作内容作出的相应要求,各部门不仅需要积极配合创新规划方式,同时还需要加强各类先进技术的学习和使用。其中三维建模技术,三维数据处理技术,无人机倾斜摄影测量技术对于相关部门的规划工作有着积极的意义,能有效提高其工作效率。

5.1 快速获取城市模型

无人机倾斜摄影测量技术在快速获取城市模型工作方面有着极为突出的表现,利用三维规划系统的相应功能,如

果相关部门想要针对某一区域进行三维模型的建立,可以直接利用无人机倾斜测量技术进行测量。不仅可以设定完成的时间,同时也可以设定其信息采集的精度和类型。如果需要采集的地区地理范围较广,也可以利用大型设备进行拍摄,在极短的时间内完成工作,或者利用多个小型无人机进行协同拍摄,同时上传数据,也能够有效提高工作效率,进而保证其内容的完整性。

5.2 辅助规划内容

利用无人机倾斜摄影测量结合三维建模技术能够完成辅助规划内容,通过编辑和调整三维建模的相关内容,不仅可以了解城市建筑规划当中的真实信息和真实内容,辅助相关部门对各类工程项目进行审批,同时也能够根据模型进行光照、总面积、建筑分布情况,建筑具体情况等信息的处理,帮助相关的人员,对相应城市规划需求进行深入了解,设有定相应解决策略。

5.3 竣工核实

另外,随着中国现代化城市建设的脚步,各类大型建筑,高层建筑,也变得更加普及,这些建筑结构上呈现出来复杂化的趋势,同时也为竣工测量带来了更大的技术难度。为了能够有效在这一环节节约人力、物力,同时提高竣工信息采集的准确性,就需要能够利用无人机倾斜摄影测量技术,对需要进行竣工测量的建筑拍照,并结合三维模型的建立采集显示信息。在此过程中不仅能够节省大量的操作时间,同时也可以避免由于人工信息采集所导致的数据误差,对于提高工作效率和准确性有着积极作用。另外,相应的工作人员可以通过对比来找到更适合当前区域的处理方案,同时还能找到传统测量存在的不足之处,进而进行有效的处理。

5.4 辅助规划监察

目前中国城市化建设当中,遇到的普遍问题是如何针对城市空间有限,房价飞速上涨的问题,通过无人机倾斜摄影测量技术,城市情况进行准确拍摄和分析,部分违法违规的建筑拆除,对老旧建筑进行翻新改造,不仅能够提高城市土地利用面积,为中国城市建设现代化提供有力保障,还能够避免人工巡查方式带来的信息误差。例如,时间的上问题、人为因素的某个问题,都会影响正常的巡查工作。为此,应当利用无人机测量技术对区域进行实时监控,在人力的资源投入上相对较少,而且不需要过多的资金使用,还不用耗费大量的时间,同时还能避免较多其他因素的影响。只需要利用测绘技术生成相应的三维模型和摄影,再利用相应的方法对当地的情况进行分析,从而做好该地域的管理工作,提高检察工作效率。

5.5 方案的选择与对比

选择规划的方案时,需要根据地区的环境条件以及需求来注重选择,中国相关部门对这方面内容有相应的规定指标,需要根据相应的指标来进行规划。利用无人机倾斜摄影测量技术能够将相应的三维模型展示出来,而且还可以根据

其规划内容形成较好的效果图,相应的规划人员通过规划效果图能够更好地找到调整点,并且通过效果图能够找到较好的设计方向,从而将规划内的建筑进行调整。

6 结语

综上所述,无人机倾斜摄影技术能够实现多镜头摄影,同时进行多角度的信息采集,结合后台数据库以及三维建模技术,在中国城市规划发展,建筑竣工测量等方面都有着极为突出的表现。为此,我们应该大力发展该项技术,将相关技术不断完善,并将这项技术扩展到更多的领域当中,从而推动中国的整体发展。

参考文献

- [1] 吴国荣,李甫群,彭军文,等.无人机倾斜摄影测量在城市建筑物竣工测量中的应用[J].城市勘测,2019(4):112-116.
- [2] 陈航,陈琦.无人机倾斜摄影测量在城市规划中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2018(8):3.
- [3] 董娇娇,王琳.无人机摄影测量及在城市规划中的应用[J].中外建筑,2017(8):103-107.
- [4] 卢银宏,郝本明,李俊.基于ContextCapture的无人机倾斜摄影测量数据的三维建模[J].江西建材,2019(10):63+65.
- [5] 唐运秀,吴正杰.CATIA建模概念及在水利工程地质建模中的应用[J].江西建材,2019(10):64-65.
- [6] 罗峰,黄振妥.基于无人机倾斜摄影测量技术的大区域房屋测量——以广州市金融城西区房屋现状摸查测量为例[J].工程勘察,2019,47(3):55-58.
- [7] 路海涛.无人机倾斜摄影测量在王家坝闸信息化管理中的应用[J].科技视界,2018(24):213-214+203.

Analysis of Foundation Treatment and Seismic Construction Technology in UHV Substation Civil Engineering

Junruo Sun

Shanghai Electric Power Construction Engineering Co.,Ltd., Shanghai, 201907, China

Abstract

The paper analyzes and elaborates on the foundation treatment methods and seismic construction technology of UHV substation civil engineering, in order to provide a theoretical reference for the insiders.

Keywords

UHV substation; civil engineering; foundation treatment; seismic construction technology

特高压变电站土建工程地基处理及抗震施工技术探析

孙俊若

上海电力建筑工程有限公司, 中国·上海 201907

摘要

论文对特高压变电站土建工程地基处理方法以及抗震施工技术进行分析、阐述, 以期能够为业内人士提供理论参考。

关键词

特高压变电站; 土建工程; 地基处理; 抗震施工技术

1 引言

特高压变电站设备有着重量重、高度高、体积大、结构复杂等特点, 并且设备将大多相互连接、相互影响, 在发生地震以后, 极易出现连锁损伤情况。因此, 在进行特高压变电站建设过程中, 其对土建工程的地基处理及抗震施工技术将会有着更好的实际要求。此外, 对特高压变电站土建工程地基处理及抗震施工技术进行分析阐述, 将有着极为重要的现实意义。

2 特高压变电站土建工程地基处理方法

2.1 地基预应力法

在实际应用过程中, 预应力法需要施工单位结合工程项目的实际情况进行分析计算, 确定施工中使用的锚桩、锚杆位置及数量, 或者是采用基础单侧或双侧分级施加特定载荷等方式来改变地基的载荷能力。其中, 基础单侧或者双侧分级施加特定载荷的方式需要施工单位分多次来施加特定载荷, 直到地基的实际承载力能够满足抗震设计需求为止^[1]。

2.2 深层搅拌法

所谓深层搅拌法, 就是通过水泥沙、石灰等建筑用固化剂材料, 利用大型深层搅拌机对各种材料进行搅拌, 确保固化剂能够与地基的深沉土层达成均匀混合, 提高土层的实际承载能力。该种地基处理方法主要适用于软土区域的地基处理过程, 尤其适用于厚度大的饱和性软黏土区域的地基处理施工过程中。

2.3 浆液灌注加固法

浆液灌注加固法也是特高压变电站土建地基处理过程中常用的地基处理方式。在实际应用过程中, 施工单位将会通过钻机在施工区域适合的位置钻孔, 在钻孔达到合适的深度以后, 将有着较高灌注压力的浓浆液注入土层中, 浆液在凝固以后将会有效提高土层的承载能力以及抗拉强度, 并对土层中的水分产生置换效果, 降低水分对土层承载能力所造成的影响。现有的浆液灌注加固法结合采用的加压方式及原理的不同, 其又可以分为气压灌注法、液压灌注法、电动化学灌注法等。在实际应用过程中, 施工单位可以结合工程项目的实际情况, 选择并使用不同的灌浆方法和灌浆材料,

但无论是采用何种灌浆方法和灌浆材料,都需要确保特高压变电站土建工程地基处理能够达到整个工程的设计承载力需求。

3 特高压变电站土建工程抗震施工技术要点

3.1 预埋件质量

预埋件质量水平将会直接影响整个特高压变电站土建工程的抗震能力,所以必须要进行严格保障。为此,施工单位在完成预埋件的现场制作并运输到现场以后,监理单位应联合业主方、施工方、设备厂家以及物资单位共同对预埋件进行质量验收,并在验收过程中确定预埋件的实际质量、数量、规格、平整度是否符合工程项目的实际需求,若是发现有不符项目要求的预埋件应及时通知施工单位进行更换处理。

3.2 预埋件安装

由于特高压变电站的设备数量比较多,占地范围比较大,所以需求安装的预埋件数量通常也比较多,为能够有效提高预埋件的安装效果,需要在预埋件安装过程中采用角钢支架固定法,通过螺栓来精确调整预埋件的轴线、标高及平整度,在完成实际调整以后,要确保预埋件的轴线偏差在2mm以内,顶面高差在1mm以内,相邻预埋件平整度偏差控制在2mm以内,预埋件整体性偏差不应大于5mm。

3.2.1 预埋件定位控制

为有效控制预埋件的安装精度,需要在预埋件安装前确定预埋件的安装位置。首先需要通过角钢来设立稳定的轴线固定架,再通过钢丝来放出预埋件的实际轴线,通过墨线弹出预埋件的中心线,最后通过辅助线来移动预埋件的安装位置,并在确定后利用角钢来将预埋件进行轴向固定。

3.2.2 预埋件平整度及标高控制

在完成预埋件的安装、定位以及平整度控制以后,监理单位需要联合业主方、施工方、设计方以及厂家共同对预埋件的安装情况进行验收。在完成验收以后施工单位便可以

进行混凝土建筑施工工作。在混凝土建筑工程达到预埋件下方20cm处位置的时候,施工单位应停止施工,并重复确定预埋件的平整度。若是预埋件的平整度未出现问题,则可以将预埋件的螺杆和螺母进行电焊加固,再将混凝土浇筑到规定标高,完成预埋件的整体安装工作。

3.3 隔振器螺栓孔保护

施工过程中,隔振器需要进行临时保护,确保隔振器不会受到损伤。在混凝土浇筑以前,隔振器套筒上部螺栓孔需要拧入临时保护螺栓,并利用防水胶带进行密封,套筒下部螺栓则需要拧入锚杆。此过程的主要目的是防止混凝土浇筑过程中浆液流入螺栓孔中。在基础模板拆除以后,施工单位还需要对所有隔振器螺栓孔进行清理,并在清理完成后重新拧上临时保护螺栓。

3.4 电气设备底座与土建基础连接

通常来说,特高压变电站工程的主变压器基础部分都是采用的平板式筏形基础,且上部设置隔振系统,隔振系统下设置连接板,此连接板在实际安装过程中将会与预埋件相互连接,连接方式大多采用螺栓连接。隔振系统的上部连接板将会与隔振钢梁相连,连接方式同样为螺栓连接。而对于户外敞开式支柱类设备的抗震处理,主要通过减震器来完成。在安装过程中,设备的减震器由减震器支架和减震螺栓共同组成,具体安装数量则需要根据设备的大小及重量等因素来确定。

4 结语

综上所述,由于特高压变电站土建工程的特殊性,其在施工过程中还需要对地基及设备进行抗震处理,确保特高压变电站在安装完成后具有良好的抗震能力,降低运行过程中地震对变电站所造成的损伤及影响,保障中国供电的稳定性及安全性。

参考文献

- [1] 张鸣,程剑,慕德凯,等.特高压变电站建筑物基于性能的抗震设计研究[J].山东电力技术,2017(9):62-64.

Research on Prospecting Technology of Foundation Pit in Geotechnical Engineering

Peng Liu Ningbo Zhao

Shandong Zhicheng Geographic Information Technology Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255000, China

Abstract

Geotechnical engineering is an important part of construction engineering, but because of the large concealment of geotechnical engineering, it is necessary to carry out detailed investigation of foundation pit before construction. This paper focuses on the concrete analysis of the techniques used in excavation survey in geotechnical engineering, hoping to provide constructive advice for the relevant practitioners.

Keywords

geotechnical engineering; foundation pit; survey

岩土工程中基坑勘察技术研究

刘鹏 赵宁波

山东志诚地理信息技术有限公司, 中国 · 山东 淄博 255000

摘要

岩土工程是建筑工程的重要组成部分,但是由于岩土工程有很大的隐蔽性,所以在施工前需要基坑进行详细的勘察。论文着重对岩土工程中基坑勘察所应用的技术做具体的分析阐述,期望为相关的从业人员提供建设性的意见。

关键词

岩土工程; 基坑; 勘察

1 引言

基坑勘察可以为后期的基坑施工提供重要的数据信息支持,是确保工程施工质量的重要前提,从岩土工程施工特征可以看出,岩土工程不同于其他的工程施工,具有很高的隐蔽性,基坑勘察和支护施工容易出现各种施工问题。因此,为了进一步提升岩土工程施工方案的合理性和科学性,有必要对基坑勘察技术进行深入详细的探究。

2 勘探孔

目前,岩土工程中基坑勘察中所应用的勘探孔技术根据功能不同主要分为控制性孔和一般性孔两种,这两种勘探孔技术在实际的应用中需要根据岩土工程的变化而变化。总的来说,一般性孔的数量是控制性孔的两倍多,在使用上呈现交叉出现的布置。随着岩土工程的发展,目前岩土工程基坑勘察中的技术除了一般性孔和控制性孔外,还形成了静力触探孔和取土标贯孔两种新型的勘探孔技术。但是严格来看,静力触探孔仍然属于一般性勘探孔,在勘探时主要通过

基坑开挖、基坑取样和成分分析等工作来确定勘探孔的位置。取土标贯孔是一种属于控制性孔的勘探孔技术,可以有效地保证勘探孔的精度,施工时首先要对岩土工程中的土质情况进行明确,然后需要在基坑勘察部位进行标注打孔。如表 1 所示,这是国家相关规定中对于勘探孔深度的具体要求。

表 1 勘探孔深度要求

岩土工程等级	一般性勘探孔 /m	控制性勘探孔 /m
一级 (重要)	≥15	≥30
二级 (一般工程)	10-15	15-30
三级 (次要工程)	6-10	10-20

3 钻孔取样和原位测试

钻孔取样和原位测试是当前岩土工程基坑勘察中常用的手段,主要应用于基坑开挖范围内分布的淤泥质土、砂性土、人工填土及下卧基岩等岩土体中,一系列的测试可以有效地提升岩土工程基坑勘察数据的准确性。在实际的勘察工

作中，需要注意以下几点内容：

①勘察人员可以根据岩土工程基坑结构特点和相关的规范合理确定基坑钻孔数量，保证基坑钻孔深度符合要求，妥善调整基坑钻孔深度。

②一旦发现岩土工程基坑施工区域的地层变化较大，则表明施工区域的岩土层物理性质较差。所以，为了进一步明确岩土性质，勘察人员要适当的增加钻孔深度，并将所获得的岩土层样本送至实验室展开进一步的测试分析。

4 抽水试验

地下水勘察也是岩土工程基坑勘察中的重要内容，通过抽水试验可以对地下水的具体成分进行全面的分析，进而明确地下水的腐蚀性和盐碱度等性质，预先做好相应的防水和防腐工作，这对于岩土工程稳定性和安全性有重要的意义。此外，通过抽水试验可以掌握地下水的变化规律，帮助勘察人员做好相应的疏导工作，避免岩土工程地基不均匀沉降情况的出现。所以必须给予抽水试验足够的重视。

抽水试验的具体流程是：

①做好抽水试验的准备工作。勘察人员可以根据岩土工程基坑面积的大小，设置 2~3 个不同的抽水试验对象，方便数据对比。一般来说，要最少设置两组，两组试验均设置相同的抽水孔和检测孔，同时还可以在检测孔上布置一根观测线，保证可以对试验数据进行直观的分析^[1]。勘察人员确保准备工作无误后就可以进行抽水试验。

②抽水试验的步骤：第一，勘察人员在抽水试验开始前要对水位进行标注和记录，保证每组抽水试验的静水位起点一致，也就是静水位检测；第二，勘察人员要进行动水位检测和出水量计算。在此操作过程中，勘察人员要将水位记录时间控制为每 30s/次，直至水位稳定或者变化不明显方

可停止记录，为了保证水位测量数据的准确性，可以进行反复的抽水试验，求出平均值；只有需要做的是对测量到的数据信息进行系统的分析和计算，绘制图标，将抽水试验结果直观地展示出来，为岩土工程施工方案的制定提供数据支持。

5 提升岩土工程基坑勘察水平的策略

随着城市化进程的不断加快，岩土工程施工数量在不断地增加，对基坑勘察技术的要求也越来越高，为了进一步提升岩土工程施工质量和安全，勘察单位要结合基坑结构特征，选择适宜的勘察技术进行基坑勘察。建筑企业要不断完善勘察体制，加强勘察人员的技术培训，同时引进专业的技术人才，提升基坑勘察人员的专业技能。对于当前不规范的基坑勘察现象，国家有关部门要制定科学有效的市场监管体系，确保岩土工程基坑勘察数据真实准确。除此之外，岩土工程基坑勘察从业人员要始终坚持创新意识和创新精神，对现有的基坑勘察技术进行创新和完善，获取更多精准的勘察数据信息，提升岩土工程基坑勘察质量，减少基坑支护施工事故的发生。

6 结语

综上所述，目前岩土工程基坑勘察中所使用的勘察技术主要有勘探孔、钻孔取样和原位测试及抽水试验三种，基坑勘察技术的应用对保证岩土工程施工质量有重要的意义。所以施工企业要给予足够的重视，加大监控力度和创新力度，保证岩土工程的顺利开展。

参考文献

- [1] 向佐伟.某基坑工程岩土工程勘察技术探讨[J].资源信息与工程,2019,34(4):77-78.

Analysis on the Difference between Geotechnical Engineering and Hydroelectric Engineering Geological Survey

Ling Zhang

East China Survey and Design Institute (Fujian) Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract

In the process of engineering project construction, geological survey is the key work in the preparation stage of engineering project construction. The main detailed exploration of the geological environment around the construction target of construction target, which provides support for better mastering the surrounding geological information and providing support for the effective construction of engineering projects. In the construction process of each project, the relevant departments need to carry out exploration according to the actual situation of the project. The emphasis of geological survey in civil engineering and hydropower engineering is different, and the technicians must pay attention to it, this paper mainly analyzes the difference between civil engineering and hydropower engineering.

Keywords

civil construction; geotechnical engineering; hydropower engineering; geological survey

工民建岩土工程与水电工程地质勘察的差异分析

张铃

华东勘测设计院(福建)有限公司, 中国·福建福州 350000

摘要

在工程项目建设过程中,地质勘察是工程项目建设准备阶段的关键工作,工程建设主要详细勘探工程建设目标周边的地质环境,为更好地掌握周围的地质信息提供支持,为工程项目建设的有效进行提供支持。在各项工程项目建设过程中,相关部门需要根据工程项目的实际情况进行勘探。工民建岩土工程和水电工程的地质勘察的着重点有所不同,技术人员必须予以重视,论文主要针对工民建岩土工程与水电工程地质勘察的差异进行了分析。

关键词

工民建; 岩土工程; 水电工程; 地质勘察

1 引言

地质勘察工作是工程项目建设中的基础工程、重点工程,技术人员需要针对工程项目现场实际情况进行勘探,深入分析施工现场的实际情况,确保工程项目的顺利进行。工民建工程、水电工程是建筑行业发展的关键工程,两者的地质勘察存在很大差异,相关部门必须予以重视。基于此,论文结合工程实例介绍了工民建岩土工程与水电工程地质勘察的相关内容,并针对两者的差异性进行了分析。

2 工程实例

某拟建工程场地长约 49m, 宽约 14m, 属于框架结构, 独基和条基基础底部荷载约 210kPa, 住宅楼地上 22 层, 地下 1 层, 长约 68m, 宽约 15m, 属于剪力墙结构, 梁筏基础底部荷载约 380kPa。在地质勘察工作中, 技术人员需要

针对项目范围内地形、地貌情况进行勘察, 明确场地岩土层类型、深度、分布和特性, 还需要评价地基的稳定性、均匀性和承载力, 以及地下水埋藏情况、地下水位变化情况等各项准备工作。通过分析施工现场岩土工程条件, 持力层具有一定的湿陷性, 各个单体建筑不能使用天然地基, 需要做好地基处理工作^[1]。

第一, 在主楼地基处理中, 技术人员需要引进换土垫层、CFG 桩复合地基, 改填 1m 左右的素土, 消除场地黄土的湿陷性, 还可以采用水泥粉煤灰碎石桩, 提升地基土承载力。

第二, 通过分析勘察作业地层、原位测试结果, 以及工程项目地质条件、地基湿陷、地基环境和施工工期的影响, 商业楼地基处理采用整片换土垫层法, 基础底部最小厚度约 2.4m, 使用 3 : 7 的灰土作为换填土, 承载力特征值控制在 180kPa 以上, 压实系数在 0.95 以上。此外, 在地基处理中, 需要在工程桩施工中先试桩, 明确复合地基承载力特征值、场地湿陷性, 并根据试桩结果制定地基处理方案。

【作者简介】张铃(1983-), 男, 中国四川平昌人, 工程师, 从事工程地质研究。

3 工民建岩土工程与水电工程地质勘察的相关内容

3.1 工民建岩土工程地质勘察的内容

在工民建项目建设中,岩土工程勘察直接关系到后期施工效率,其主要内容如下:

第一,针对施工场地的稳定性进行评价,技术人员需要做好施工场地勘察工作,明确工程项目现场的地质条件和安全隐患,并做好详细记录,为工程设计工作的有效性提供支持。

第二,分析工程土体分布、地下水情况。技术人员需要收集重点数据,确保测量工作的严谨性,保证技术参数真实、可靠。

第三,分析工程安全影响因素,并制定相应的措施进行优化。在实际操作中,还要明确岩土工程安全隐患,根据其影响力确定应急预案,这样在遇到问题时可以采取相应的措施进行优化。

第四,针对岩土工程实际情况进行评价,初步确定工程方案,还要明确加固方式,将改良方案进一步具体化。

第五,评价工程的安全性。将评价结论作为事故调查指明方向,及时地解决各项问题。

第六,长期预测。预测工作涉及项目建设阶段、后期使用情况,主要是在工程施工、竣工后出现地质沉降、建筑变形问题时及时解决。

3.2 水电工程地质勘察的内容

水电工程勘察主要是充分了解地质、地层、水文等实际情况的过程,技术人员需要掌握更多的专业知识,不仅要了解地质内容,还需要深入研究测绘技术。技术人员应针对项目地质情况进行勘测,获取更多的测绘数据,为工程建设提供数据支持。水电工程勘察工作对技术要求比较高,导致实际勘察工作中遇到很多难题,且工程项目质量极易受地质环境的影像,在地质条件恶劣的情况下,水文地质会对工程质量带来一定的影响。因此,技术人员需要深入分析工程周边的水文情况,尤其是地下水埋藏情况,明确水文地质勘察重点,如设置调查指标体系,明确地下水类型、地下水位变化情况,掌握工程选址区域的水文地质条件^[2]。

此外,在涉及基坑的水电工程项目中,技术人员还要做好抽水试验、压水试验,调查土层渗透情况,分析地下水中的突涌、流沙等问题,根据这些问题制定相应的施工方案。

4 工民建岩土工程与水电工程地质勘察的差异

4.1 勘察标准不同

工民建岩土工程勘察标准的特点主要体现在以下方面:

第一,适用范围广。这一标准适用于工业建筑、民用建筑、市政建筑中。

第二,标准涉及多方面内容,如勘察、设计、施工、验收等各个阶段。

第三,相关研究所、设计院等专业水平高的部门负责,

勘察标准的内容都与混凝土相关。

水电工程共有41项地质标准,达到国家标准的共有9项,其主要如下:

第一,在新时期的发展中,中国水电工程建设发展比较迅速,现已与国际市场接轨,尤其是三峡水利枢纽工程等大型工程建设,对地质、岩土提出了更加严格的要求,在确保大坝、地下围岩稳定性的基础上进行创新研究。为了提升岩土工程标准质量和水平,水电部门需要总结实践经验,学习更多的先进技术。

第二,标准、技术应用持续时间长。在水电工程长期建设中,土工合成材料得到了广泛应用,在现代技术的影响下,行业标准日益规范,相关标准在试验中的应用属于勘察阶段基础性原位测试。

第三,岩土分类、室内试验标准系统的权威性比较高,为编制行业章程提供了指导。

4.2 勘察范围方法不同

土建工程系统和岩土数量比较多,但岩土地质条件只有一个关键点,难度相对较小。但是,水电工程普遍建设在峡谷区域,涉及多方面内容,如大坝、水电站、输水管道、泄水闸等。在水电工程建设中,工程地质问题是其中的关键问题,常见的工程地质问题是不良地质、水土流失、承载力、地下水、沉降等,技术人员往往会选择钻井方式进行实地勘探,很少选择地球物理勘探技术。

4.3 勘察报告不同

水电工程地质勘察报告和土建岩土工程勘察报告存在很大差异。相关管理部门在全国各个地区进行地质勘察工作中,都需要做出书面报告,而工程勘察报告是充分审查后得到的报告。目前,各个地区建立了规范、标准的制度,针对区域岩土实际情况进行了详细记录,并录入相关软件中,形成了半机械化的生产态势。但是,水电工程地质勘察报告的编写依据不够完善,缺乏相关规章制度作为支持,未建立标准的编写格式。不同工程区域有地质条件有所不同,且差异往往很大^[3]。除此之外,土建岩土工程勘察报告比较规范化,在技术经验上对水电工程地质勘察起着决定作用。

5 结语

综上所述,在现代化工程项目建设中,相关部门需要认识到工民建岩土工程与水电工程地质勘察的差异,加强对地质勘察工作的重视,为后续工程项目建设的有序进行提供支持,促进建筑行业的进一步发展。

参考文献

- [1] 李秋凡,李辉.工民建岩土工程与水电工程地质勘察的不同着重点[J].低碳世界,2018(12):116-117.
- [2] 王若娴.水利水电工程地质勘察与建筑岩土勘察之别[J].城市建设理论研究:电子版,2016,1(16):34-35.
- [3] 王进良.工程地质勘察中水文地质问题的重要性分析[J].工程建设与设计,2017(24):124-125.

Discussion on the Architectural Design of the Turbine Building of a Nuclear Power Project Phase I (Ap1000)

Zhaohui Huang

East China Electric Power Design Institute Co.,Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Shanghai, 200063, China

Abstract

A nuclear power project phase I (AP1000) has many “world No.1”. It is so many “first”, put forward unprecedented challenges to the design of the turbine building. This paper introduces the composition of each part of the turbine building, and analyses the problems of the turbine building, such as traffic evacuation, fire prevention, waterproof, lighting, ventilation, corrosion prevention. The characteristics of turbine building design are further discussed. The energy saving of turbine building and the design method and process of the building facade are also analyzed. The completion and production of the Nuclear Power Project Phase I have accumulated valuable experience and provided reference for subsequent projects.

Keywords: turbine building; energy saving; elevation design

浅谈某核电一期（AP1000）汽机房建筑设计

黄朝晖

中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司，中国·上海 200063

摘要

某核电一期（AP1000）项目拥有众多“世界第一”，这些“第一”，对汽机房的设计提出了前所未有的挑战。论文介绍了汽机房各部分的组成，分析了汽机房交通疏散、防火、防水、采光、通风、防腐等问题，对汽机房设计的特点做进一步论述，对汽机房的节能以及汽机房建筑立面设计方法和过程等也作了重点剖析。该核电一期的建成和投产，为后续工程积累了宝贵的经验，提供了借鉴。

关键词

汽机房；节能；立面设计

1 引言

某核电厂一期工程地处东部沿海，为滨海厂址。该核电厂为中国引进的第三代先进压水堆技术（AP1000），其最大特点是采用非能动安全系统，该非能动安全系统在保证安全、可靠的前提下，可确保提供安全、清洁和经济的能源。

该工程是国家首个核电自主化依托项目。其中一号机组为全球首台 AP1000 核电机组。该工程拥有诸多的全球第一，如全球率先采用模块化施工方法建设的核电站、全球第一台采用第一跨概念并实施的核电站等。正因为如此多的“第一”，对设计提出了空前的挑战。

2 汽轮发电机厂房布置概述

汽轮发电机厂房（以下简称汽机房）根据国家核电自主化发展相关技术路线、中国已建核电站常规岛主厂房及大

型火电主厂房建造的主要经验，结合了厂址具体特点，针对汽机房工艺布置要求，按照该核电厂相关审查会议纪要的要求，开展汽机房建筑设计。

汽机房包括第一跨、披屋、管道间、竖井等建构筑物。

由于核电机组的蒸汽参数低，流量大，凝汽器的热交换负荷大，相应的循环水流量也很大。为充分利用循环水系统的虹吸，降低循环水泵的扬程，提高机组的经济性，汽机房采取半地下室设计。

汽机房运转层为大平台结构，该层布置有汽轮发电机组。

汽机房屋盖选用双坡钢屋架结构，钢屋架上布置钢筋混凝土屋面。

3 汽机房建筑设计的主要内容

3.1 汽机房防火等级及防火构造

汽机房的火灾危险性分类及其最低防火等级按 GB 50745—2012《核电厂常规岛设计防火规范》表 3.0.1 的规定

【作者简介】黄朝晖（1968-），男，中国上海人，本科，高级工程师，从事电力工程建筑设计研究。

为丁类二级。

汽机房楼梯、通道、出入口布置均满足上述规范的要求。

3.2 汽机房交通疏散及生活设施

汽机房结合人员、货物进出的需要，在±0.000m设置相应的出入口。汽机房四周的靠外墙处，设有通往各层的封闭楼梯间，其中有二部通至汽机房屋面。在T.1轴的T.E轴柱侧设置一台电梯，以方便运行人员巡视和设备检修时备品备件的运输。

汽机房设有大型电动卷帘门，供大型设备安装及检修时进出使用。除氧间底层、夹层和运转层靠近柱侧设有全厂贯通的运行和检修维护通道。运转层大平台为汽轮发电机组的检修场地。

鉴于主要仪表控制系统均设在主控制室，汽机房内只有少量操作人员，故设有男女卫生间等设施。厂房内各楼层设有水源和污水池，以利于地面冲洗。

3.3 汽机房采光、通风、防排水、防腐蚀设计

采光以天然采光为主，人工照明为辅的原则，汽机房运转层采用低侧窗和屋面平天窗的混合采光。汽机房局部及第一跨各层因受工艺布置所限以人工照明为主。

汽机房的通风采用机械进风及局部自然进风，以汽轮发电机厂房屋顶通风机机械排风为主的通风方式。

经常有冲洗要求的楼地面以及地下沟道均采用有足够坡度的有组织排水。

3.4 汽机房建筑装修

汽机房外围护材料，采用压型钢板，局部涂料的方案，压型钢板考虑防重度盐雾要求，保证在使用期内色彩不会褪色或剥落。

建筑装饰设计符合GB50222《建筑内部装修设计防火规范》的相关规定。

墙体：汽机房局部外墙及内墙采用混凝土多孔砖、轻质隔墙等。

门窗：汽机房采用彩色静电喷涂铝合金窗及钢板门、防火门、卷帘门等。

楼地面：汽机房楼地面采用环氧耐磨地坪涂料、玻化地砖、防滑同质地砖等。有防腐要求的地面采用耐酸磁砖地面及花岗岩等。

内墙面：采用内墙涂料，有防污染和检修要求的房间均做墙裙。

吊顶：建筑室内吊顶采用轻钢龙骨，吊顶板材采用矿棉板、金属吊顶板、纸面石膏板等。

建筑物室内主要设备的颜色，如桁车、汽轮机以及主要管道等均按规定设置了相应的色彩标号。

4 汽机房建筑设计的几个关注点

4.1 汽机房节能设计

节能降耗是当今社会发展的主要趋势，作为清洁能源代表的核电厂，必须高度重视节能问题。

4.1.1 墙体节能

建筑的墙体节能，首先是因地制宜地采用当地墙体材料。

汽机房根据结构特点，使用了相应的内外维护材料。±0.000m层及以下各层均采用了混凝土多孔砖墙体，这种材料不仅在保温、隔热、防火、防水等方面具有突出的优势，也是最为经济的材料。汽机房的其余部分内墙则配合钢结构的特点，为减轻荷重，采用了满足规范要求的轻质墙体。汽机房外墙1.000m以上采用单层彩色压型钢板维护。

4.1.2 屋面节能

屋面面积庞大，是节能设计中一个不可忽视的内容。汽机房屋面保温隔热材料选择密度小，自重轻的保温(隔热)层，对于防水层以下的部分，选择了细石混凝土保护层及钢筋混凝土屋面层等吸水率较小的材料，保证良好的节能效果。

4.1.3 门窗节能

门窗在采光、通风等方面发挥重要作用，也是建筑节能设计的一个关键点。在门窗设计中，采用合理的窗墙比，强调门窗具有良好的抗风压性能、气密性、水密性等，保证门窗设计的质量，提升节能效果。

4.1.4 通风采光节能

汽机房通过设置通风竖井，并在竖井上部设置进风百页的通风方式，节约能源。

建筑采光设计时考虑到运转层需大面积采光，在屋面布置了方形采光窗，是一种有效的节能手段。该设计符合“建筑设计应充分利用天然采光，大跨度或大进深的厂房采光设计时，宜采用顶部天窗采光或采光管采光系统等采光装置”及“一类工业建筑屋顶透光部分的面积与屋顶总面积之比不应大于0.15”的要求^[1]。

4.2 汽机房立面设计

汽机房紧邻核辅助厂房、核岛等，设计时不仅要考虑汽机房本身主次立面，还要考虑与核岛及环境协调一致，要从核电站整体出发，综合考虑核岛和核辅助厂房等建筑因素。设计考虑采用不对称平衡的设计手法，采用两种色彩互相穿插及“点线面”组合的方法，结合当地自然与文化特点，经过多次与业主等各方探讨及方案比选，才形成一个体型丰富、清新大方的核电站建筑整体形象，见图1。

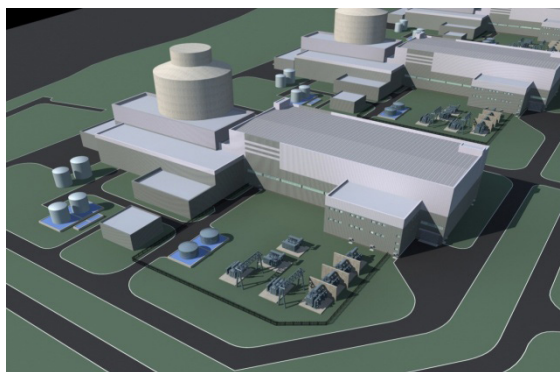


图1 汽轮发电机厂房透视图

4.2.1 文化性与地域性

作为一个滨海电厂项目，其厂址具有独特的自然地理和气候条件，同时在厂址区域也存在着与之相对应的历史和传统文化，如当地民居等。这些自然人文元素的存在，必然对电厂建筑设计形式、外观风貌等产生一定的影响。所以尊重当地的历史文化传统，从历史文化中汲取灵感，关注并研究当地自然条件，体现对人们精神世界的关注，是设计走向成功的关键。

当地民居崇尚自然，强调自然界与人的生命和谐的思想，呈现出朴实的精神和文化意味。立面设计过程中，汲取当地民居“简约朴实，因地制宜”等外观及精神内涵的设计理念及方法，充分体现在汽机房的立面设计中。

4.2.2 门窗等立面构图设计

汽机房运转层，是布置汽机及检修设备的空间，为汽机房的主要功能空间，其体积庞大，需大量的采光，设计时尽可能多地开设了大型通长水平带形窗。根据除氧平台的层高，也开设了水平带形窗，基本满足了汽机房运转层的采光需要，提供了良好的工作环境。

除了上述大型空间外，披屋、第一跨、管道间等则根据房间的体型、功能、窗墙比等要求，设置了点式方窗。在满足采光需要的同时，也是对大型水平带形窗的对比与烘托，使得汽机厂房的外立面更为突出重点，使“点、线、面”的立面丰富而有序。

如图2所示，由于大量点窗在局部的紧密排列，形成一些相对独立的视觉焦点。让整个汽机厂房的立面在不规则形体中仍然显得非常有序，这正如当代美国建筑大师霍尔所

言：“设计的核心是体现秩序的美感——设计构成，不只是一个华丽的皮囊，而是有血有肉的，它的骨骼就是设计的根本。每个设计抽象出来的都是一些元素的构成。”



图2 汽机房立面方案

4.2.3 色彩

根据滨海厂址的自然环境，建筑外墙选用低明度的浅蓝灰色及灰白色彩钢板，远远望去，与“海天一色”的现场环境十分契合。

浅蓝灰色及灰白色互为图底关系，通过对浅蓝灰色带在位置、方向、形状上的变化，设计对整个汽机厂房立面进行适当的分割。汽机厂房立面色彩并不对称，但当人们远眺整个核电站时，却呈现出了体型丰富、色彩简洁、整体协调、独具一格的形象特征。

4.2.4 建筑屋面

考虑到运转层采光需要，设置了屋面采光窗。阳光通过屋面采光窗照射到运转层，有效地补充了汽机厂房的采光需要。随着光照变化，室内的光影也随之发生改变，从而产生一种令人愉悦的心理感受。

5 结论

某核电一期（AP1000）全球首堆的建成投产，为后续工程积累了宝贵的经验，也提供了许多有价值的借鉴。随着建筑工业的飞速发展，建筑设计手段、施工技术及建筑材料不断进步，相信一定会助推中国核电技术的进一步发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部.GB 51245—2017 工业建筑节能设计统一标准[S].北京:中国计划出版社,2017.

Discussion on Settlement Observation of High-rise Buildings

Guoping Chen

Beijing Shougang International Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100043, China

Abstract

In order to promote the continuous development of urbanization process and alleviate the contradiction between supply and demand of land resources, more and more cities take high-rise buildings and structures as the optimal solution in the process of planning and construction, and actively promote the construction of high-rise buildings and structures to meet the demand for space use in the process of urban development.

keywords

high rise building; construction structure; settlement observation; method discussion

高层建构物沉降观测的探讨

陈国平

北京首钢国际工程技术有限公司, 中国 · 北京 100043

摘要

为推进城市化进程的持续开展, 缓解土地资源的供需矛盾, 越来越多的城市在规划、建设的过程中, 将高层建构物作为最优化的解决方案, 积极推进高层建构物项目的施工, 旨在满足城市发展过程中对于空间的使用需求。

关键词

高层建筑; 构建结构; 沉降观测; 方法探讨

1 引言

根据相关统计数据, 2018 年全球新增高层建构物数量超过 143 座, 同比增长 4.1%。高层建构物的修建无疑在很大程度上解决了城市发展过程中空间不足的问题, 保障了城市的发展潜力, 扩大了区域影响力。与传统的减阻结构不同, 高层建构物体量巨大, 在施工建设的过程中, 容易引发结构性沉降的问题, 使得建筑结构的整体稳定性、安全性难以达到预期, 削弱了高层建构物的实用性。基于此, 论文以高层建构物沉降观测作为研究对象, 系统探讨沉降发生原因以及观测方法, 旨在打造完善的沉降观测体系, 为后续相关规划施工活动的开展提供参考。

2 高层建构物沉降原因概述

对高层建构物沉降发生原因的客观分析以及总体概括, 使得项目相关人员准确把握高层建构物沉降规律, 明确高层建构物沉降观测工作开展要点以及误差处理方法, 确保各项工作开展的针对性与指向性。

2.1 高层建构物沉降原因

从过往经验来看, 高层建构物沉降原因主要与建筑物自身属性以及施工区域的自然环境有关。具体来看, 高层

建构物自重较大, 对于施工区域地层的产生的压力较大, 在施工过程中, 如果没有对地面所受荷载进行必要的处理, 势必造成高层建构物受力分布不均匀, 荷载的差异使得高层建构物水平方向的受力均衡状态被打破, 进而诱发沉降情况的发生^[1]。高层建构物周围施工区域的地质、水文情况, 都会诱发沉降问题的发生。因此现阶段在进行高层建构物沉降现象应对的过程中, 施工企业及其相关工作人员需要采取必要的手段, 针对沉降问题的诱发原因, 进行针对性的处理与应对。

2.2 高层建构物沉降特点

根据相关划分标准, 高层建构物沉降可以划分为动态沉降以及静态沉降两大类。动态沉降的出现, 主要是由于高层建构物在外部作用力的影响下引发的^[2]。静态沉降的出现, 则主要是由于恒载的变化, 使得高层建构物所处区域出现形变, 进而诱发沉降现象的发生。无论是动态沉降还是静态沉降, 其在发展的过程中, 均表现出从缓慢沉降到快速沉降到缓慢沉降的态势。对这一沉降规律的把握, 对于后续观测方法的确定以及观测误差的缩小有着巨大的指导作用, 确保了观测工作的准确性。

3 高层建构筑物沉降观测方法

高层建构筑物在进行沉降处理的过程中，需要依托现有的技术手段，总结分析已有的工作经验，持续做好高层建构筑物沉降观测方法的整合工作，强化观测效果与观测能力，理顺高层建构筑物沉降观测流程。

3.1 高层建构筑物沉降观测要点

高层建构筑物在进行沉降观测的过程中，为提升沉降观测的精度，工作人员需要在实际观测工作开展的过程中，对观测时间、观测位置等要点进行明确，通过这种方式，提升高层建构筑物沉降观测方法应用的有效性。具体来看，在沉降贯彻时间控制过程中，工作人员需要根据技术规范要求，按时开展首次沉降观测活动，以保证获取最为准确的原始数据^[3]。在沉降复测过程中，沉降观测时间节点的需要与工程施工进展联系起来，确保按时开展，避免出现漏测或者补测的情况。考虑到高层建构筑物体量巨大，为了能够准确地反映出高层建构筑物沉降情况，工作人员需要认真做好观测点的筛选工作，降低沉降观测难度，保证观测的效果。根据过往经验，高层建构筑物沉降观测点通常需要保持纵向与横向上的对称，并且相邻的两个沉降观测点之间的空间距离需要保持在15~30m之间，并且所有的沉降观测点都需要均匀分布在高层建构筑物的周围，最大程度地避免沉降观测点分布不均匀、不科学所引发的沉降观测结果不准确的情况发生。

3.2 高层建构筑物沉降观测方法

高层建构筑物沉降观测方法应用过程中，工作人员需要立足于沉降发生原因、主要特征，在高层建构筑物沉降观测要点的指导下，制定相应的沉降观测方案。具体来看，工作人员需要建立起水准控制网，在高层建构筑物的周围，确立其水准基准点。水准基准点的选择要严格按照技术规范，根据工程的设计要求，确定水准基准点的位置、数量。在确定环节，工作人员需要结合实际，使用精密水准仪进行观测。确定后对水准基准点的空间方位做好复核工作，提升水准基准点设置的准确性、有效性，打造完备的水准控制网^[4]。在沉降观点布设环节，工作人员应当结合高层建构筑物沉降规律，结合施工区域的实际情况，在相应的位置设定一定数量的沉降观测点。在完成上述工作后，工作人员使用S1级别的精密水准仪，对每个沉降观测点，连续进行两次观测，并对观测数据进行平均取值，保证沉降观测数据的准确性。高层建构筑物沉降观测工作开展过程中，需要严格按照预先制定的观测线路、观测时间以及观测方法开展沉降观测工作，以此来提升高层建构筑物沉降观测结果的准确性，为后续高层建构筑物沉降观测误差处理以及规划施工活动的开展提供了较为准确的数据支撑。

4 高层建构筑物沉降观测误差处理方法

高层建构筑物沉降观测环节，受到多种因素的影响，在部分情境下，会出现沉降观测结果误差较大的情况，为避免这一问题的发生，提升沉降观测结果的准确性，工作人员应当结合现有的技术手段，认真做好高层建构筑物沉降观测误差的处理工作。

4.1 高层建构筑物沉降观测系统误差处理方法

高层建构筑物在沉降观测误差处理环节，工作人员需要明确，自身在完成观测仪器的校正后，仪器设备在长时间的使用过程中，受到多种因素的影响，使得其望远镜的准轴与水准管轴的位置关系发生变化，出现不平衡的情况，进而诱发系统误差的出现。从过往经验来看，这种系统误差的大小往往与仪器的参数有着密切的联系，为消除观测系统误差，不断提升高层建构筑物沉降观测数据的准确性，工作人员在误差处理环节，需要根据高层建构筑物沉降观测工作的要求，在一个观测周期内，将两根水准尺进行交替使用，通过这种方式，有效消除观测误差，从而保证高层建构筑物沉降观测结果的准确性。

4.2 高层建构筑物沉降观测误差处理方法

工作人员在使用仪器设备进行高层建构筑物沉降观测过程中，由于生理结构的影响，在沉降观测数据读取的过程中，会出现读数误差的出现，影响整个沉降观测结果的准确性。基于这种认知，在进行高层建构筑物沉降观测误差处理环节，需要注重对视觉误差的减弱，读取沉降观测数据的过程中，需要严格按照相关标准，对物镜进行对光处理，通过对光将视觉误差控制在允许的范围之内，排除外界环境以及生理结构对于高层建构筑物沉降观测的影响。

5 高层建构筑物沉降观测案例分析

高层建构筑物沉降观测涉及内容多样，为提升观测效率，降低观测误差，工作人员需要认真总结分析高层建构筑物沉降观测的相关案例，在案例分析环节，总结经验，明确思路，为沉降观测方法的实践以及观测误差的排除提供借鉴。

以某18层现代化商务楼为例，在对其进行沉降观测的过程中，工作人员在沉降观测要点的支持下，结合该商务楼的实际情况，确定一定的数量的沉降观测点，其分布情况如图1所示。

在做好上述沉降观测点分布位置的确定工作后，工作人员从实际出发，将建筑物完成两层施工作为一个观测周期，实现对高层建构筑物沉降情况的持续性检测，避免监测数据的丢失或者重复。同时，考虑到相关施工建设活动的要求，工作人员在开展沉降检测工作的过程中，需要做好仪器

设备的选用工作,使用S1精度的测量仪器设备,通过这仪器设备精度的控制,增强沉降检测的科学性与准确性。对于检测工作中出的系统误差、观测误差按照要求进行处理。

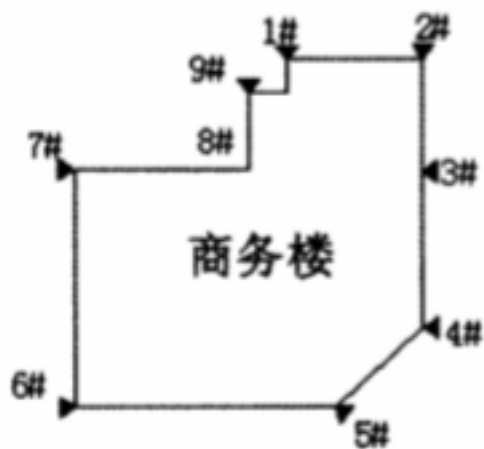


图1 某商务楼沉降观测点分布图

6 结语

沉降观测作为高层构筑物施工体系的重要组成部分,对于施工项目的整体成效、使用寿命有着最为直接的影响,为保证沉降观测工作的顺利开展,准确把握沉降规律,实现沉降数据的准确获取以及科学应用,推动高层构筑物规划、施工活动的有序开展,最大程度地规避建筑结构发生沉降,延长建筑使用寿命,为区域经济发展提供必要的活动场所与空间。

参考文献

- [1] 先涛.高层建筑施工沉降观测技术研究[J].建筑工程与设计,2018(10):87-88.
- [2] 李久飞,陆永红,梁贞.高层建筑沉降监测技术研究与应用[J].建材与装饰,2019(4):52-53.
- [3] 潘钰琪.高层建筑沉降观测精度的影响因素探讨[J].建筑与装饰,2019(7):105-106.
- [4] 易远钦.浅谈沉降测量技术方法[J].建筑工程技术与设计,2018(10):26-27.

HVDC Converter Substation Control and Protection System Design and Reserch

Xing Yin Zhipeng Zhang Chaoyun Guo

Power China Hebei Electric Power Design & Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract

This paper first puts forward the technical requirements for the control and protection system of HVDC project; secondly, it describes the hierarchical structure of the control and protection system of HVDC Converter substation, including system monitoring and control layer, control protection layer and field I/O layer, and discusses the functional requirements and configuration scheme of each layer.

Keywords

HVDC converter substation; control and protection; HVDC project

高压柔性直流换流站控制保护系统的设计与研究

尹星 张志鹏 郭朝云

中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司, 中国 · 河北 石家庄 050031

摘要

论文首先对高压柔性直流输电工程控制保护系统提出技术要求; 然后阐述柔性直流换流站控制保护系统的分层结构, 分别为系统监视与控制层、控制保护层、现场I/O层, 并对各层的功能要求、配置方案进行论述。

关键词

柔性换流站; 控制保护; 高压直流输电工程

1 概述

基于电压源换流器的高压直流输电, 是一种以电压源换流器、自关断器件和脉宽调制 (PWM) 技术为基础的新型输电技术, 该输电技术具有可向无源网络供电、不会出现换相失败、换流站间无需通信以及易于构成多端直流系统等优点。

2 技术要求

柔性直流电网控制保护系统是整个直流电网的核心, 负责整个电网的潮流控制、运行方式、故障保护等方面, 相比传统直流输电工程, 其特殊技术需求如下。

2.1 协调控制

柔性直流电网中的换流站通过直流线路网络状连接, 在提高供电可靠性的同时, 使柔性直流电网的运行方式复杂多变。柔性直流电网的控制保护系统为了维持柔性直流电网的稳定运行, 需要对柔性直流电网中的换流器的运行特性、控制模式等进行协调, 由于直流电网中惯性环节较少, 要求控制系统的反应速度远高于交流电网, 同时随着终端的增加, 柔性直流电网的协调控制会更加复杂。这些新情况对柔性直流电网中多换流站协调控制提出更高要求。

2.2 接入新能源孤岛及弱交流系统的电压、频率控制

电压和频率是交流系统稳定的重要特征, 当新能源孤岛系统接入柔性直流电网时, 换流站应向孤岛系统提供稳定的交流电压; 当弱交流系统接入柔性直流电网时, 换流站应具备有功和无功功率的紧急支撑能力。若换流站采用双极接线方案, 除了需考虑换流站与交流系统间的协调控制外, 还需要考虑两个极间换流器的协调控制。

2.3 故障识别和超高速线路保护

在直流线路故障发生后, 直流线路保护需要能够在故障电流上升至功率半导体器件关断能力限制值前切断电流, 并且只隔离故障区域而不影响正常区域的运行。直流电网线路故障传播非常迅速, 需要迅速隔离故障后才能尽快恢复。具有网络状结构的直流电网的故障线路判别的难度较大, 但作为成功隔离故障的必要条件, 首先需要选择可靠、灵敏的直流线路保护原理和算法, 实现架空线路故障准确识别和故障选线。

2.4 直流线路故障快速恢复控制

柔性直流电网采用的架空线发生雷击等瞬时性故障的概率较高, 在直流电网线路保护动作实现故障隔离后架空线瞬时性故障可恢复, 需要在短时间实现线路瞬时、永久故

障两种故障的快速区分,重新恢复发生瞬时性故障线路的运行。直流线路故障快速恢复控制过程涉及换流器和直流断路器的控制过程。由于高压大容量柔性直流系统采用网络化接线方式,系统在重启动恢复过程中,各个换流器之间、柔性直流电网控制保护系统与直流断路器控制系统应协调配合,以实现直流线路在不同故障下的高效隔离,尽可能降低恢复过程中电压或功率波动引起的换流器或直流断路器的过应力。

2.5 保护分区

直流线路保护并不是孤立存在的,直流线路保护需要与柔性直流电网中的其他保护相互配合才能实现柔性直流电网的安全可靠运行。这就需要对柔性直流电网进行保护区和保护层次的合理划分,并确定直流线路保护在直流电网保护中的保护区和保护层次。

3 分层结构设计

系统采用模块化、分层分布式、开放式结构,由系统监视与控制层、控制保护层、现场 I/O 层组成,并通过冗余计算机网络将不同控制层的控制保护设备统一连接。系统按双重化和互为备用的原则配置,分层控制,硬件积木化、软件模块化,并具有良好的开放性和兼容性,满足换流站对监控系统的可靠性、实用性、安全性和可扩充性的要求,同时具有与站内其他智能化设备接口及处理的能力。

3.1 系统监视与控制层

系统监视与控制层是运行人员进行操作和系统监视的 SCADA 系统,属于运行人员控制系统,按照操作地点可分为远方调度中心通信层、集控中心层与站内运行人员控制系统。

3.2 控制保护层

控制保护层设备实现交直流系统的控制和保护功能。其中直流控制保护采用了整体设计,包含了多端系统级、换流站级和换流器级控制保护功能,并集成在一台主机之内。另外,控制保护层设备还包括交流站控系统(包括站用电控制和辅助系统接口)、联接变压器保护设备等。

3.3 现场 I/O 层

现场 I/O 层,主要由分布式 I/O 单元以及有关测控装置构成。作为控制保护层设备与交直流一次系统、换流站辅助系统、站用电设备、阀冷控制保护的接口。现场 I/O 层负责和一次阀单元设备通讯,以及通过现场 I/O 层设备完成对一次开关刀闸设备状态和系统运行信息的采集处理、顺序事件记录、信息上传、控制命令的输出以及就地连锁控制等功能。

4 保护控制系统方案设计及设备配置

4.1 系统监视与控制层

换流站运行人员控制系统,主要包括站冗余 LAN 网、冗余主时钟系统、2 台 SCADA 服务器、1 台工程师服务器、2 台运行人员工作站和 1 台文档管理工作站。

监控系统通过站 LAN 网与直流控制保护系统、交流站控系统连接,实现对控制保护系统监视和控制,并配置 2 台运动工作站实现与远方调度的数据网通讯。

换流站控制系统整体结构图见图 1。

4.2 系统监视与控制层

4.2.1 保护功能

根据被保护的物体特点、运行维护以及确认故障范围的需要将保护区划分如图 2。

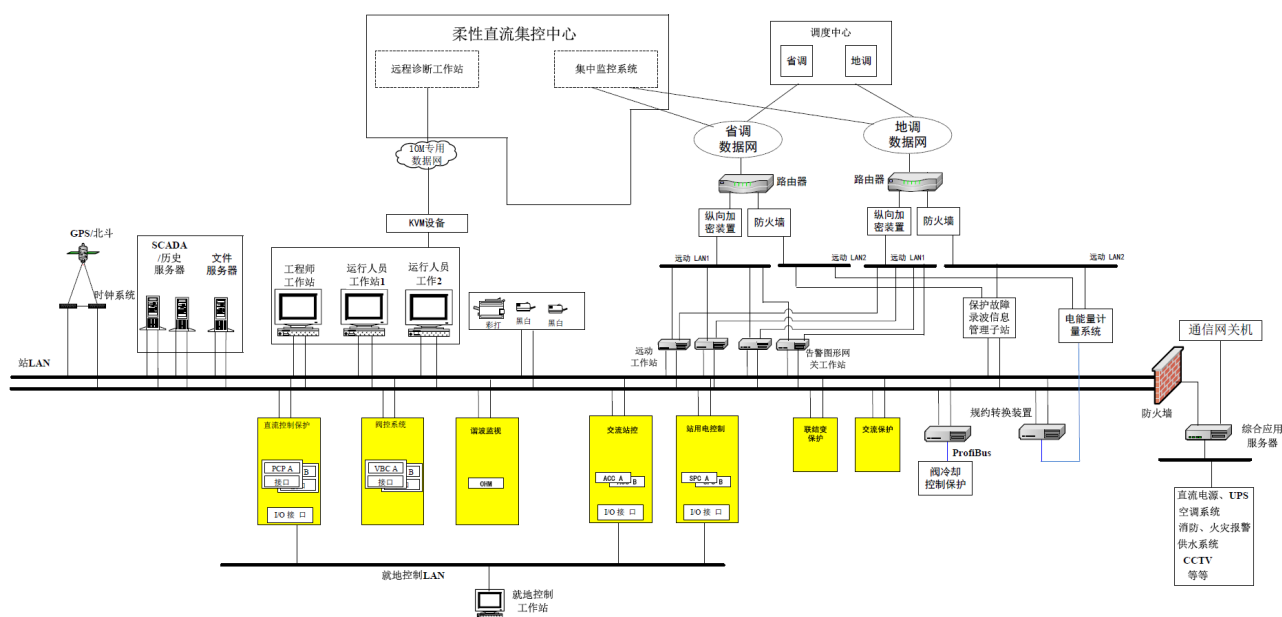


图 1 换流站控制系统整体结构图

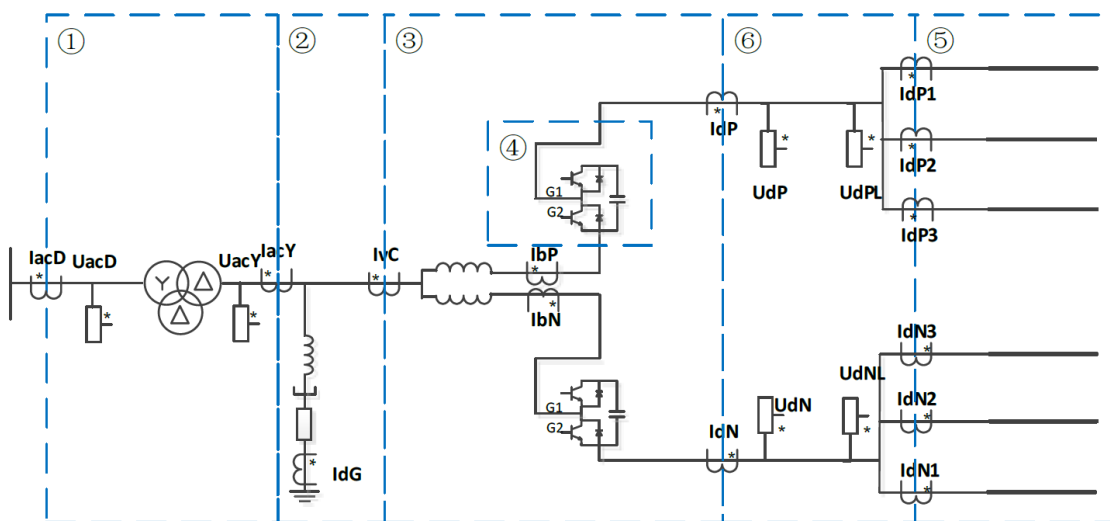


图2 分区保护示意图

柔性直流输电系统的保护根据一次设备和柔性直流的特点划分的区域为：换流变压器保护区①；站内交流连接母线区②，包括接地装置；换流器区③，包括阀和子模块保护④；直流线路区⑤，对于汇总站或串联站包括直流母线区⑥。

其中，①区由换流变保护实现，②③⑤⑥区在直流保护中实现，④区在阀保护中实现。

4.2.2 保护配置

① 联结变保护。

针对联结变保护，每个站需3台换流变电量保护装置、3台非电量保护装置和2台三取二保护装置。

② 直流保护配置。

直流保护为完全双重化配置，包括阀、子模块保护和直流保护。阀、子模块保护主要为单个子模块和单个阀臂的故障提供保护，按照区域划分，该模块为阀厂家配套提供。直流保护包括阀侧交流连接线保护、换流阀保护、直流线路保护和直流母线保护，为直流控制保护配套。

4.3 现场 I/O 层

I/O 层设备主要由分布式 I/O 单元及测控装置构成。作为控制保护层设备与交直流一次系统和换流站辅助系统的接口，现场 I/O 层设备完成对一次设备状态和系统运行信息的采集处理、顺序事件记录、信息上传、控制命令的输出以及就地连锁控制等功能。

4.3.1 I/O 与控制系统接口

控制保护层设备与现场终端 I/O 屏柜的接口是通过现场控制 LAN 网实现，其接口信号包含模拟量和开关量。

① 模拟量。

包括联接变压器网侧、阀侧电压、阀侧电流和桥臂电流等，非电量包括温度、水温等。

② 开关量。

开关量信号包括断路器、隔离刀闸以及接地刀闸的控制命令和位置信号、阀冷系统的遥控信号和状态返回信号、

交流保护动作信号及运行监视信号等。

4.3.2 直流测量系统接口

随着技术的发展，采用光供电的电子式 CT、PT 率先在高压直流输电系统中得到广泛应用。作为测量设备，其与控制保护设备的接口方式为数字方式。多端柔性直流工程中，直流测量系统与控制保护的接口均采用 IEC60044-8 国际通用标准协议，通过光纤进行传输。

4.3.3 阀控系统接口

柔性直流控制保护和阀控单元（换流阀厂家供货）均按照 A/B 套冗余配置，且 A 套控制保护与 A 套阀控系统直连，B 套控制保护与 B 套阀控系统直连。控制保护系统与阀控系统的接口均采用 IEC60044-8 国际通用标准协议。

5 结语

柔性直流输电是构建智能电网的重要装备，与传统方式相比，柔性直流输电在孤岛供电、城市配电网的增容改造、交流系统互联、大规模风电场并网等方面具有较强的技术优势，是改变大电网发展格局的战略选择。因此，研究多端柔性换流站控制保护系统的设计方案具有重要现实意义。

参考文献

- [1] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程通用设计, ±800kV 换流站及接地极分册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [2] 王志新, 李响, 刘文晋. 海上风电柔性直流输电变流器研究[J]. 电网与清洁能源, 2008, 2(24): 33-37.
- [3] 胡航海, 李敬茹, 杨卫红, 等. 柔性直流输电技术的发展与展望[J]. 电力建设, 2012, 5(32): 62-66.
- [4] 刘菁. 柔性直流输电技术在风电场并网中的应用探讨[J]. 上海电力, 2009(2): 125-128.
- [5] 赵国梁, 吴涛. HVDC 技术的发展应用情况综述[J]. 华北电力技术, 2006(8): 28-31.

Research on Digital Design of Intelligent Substation Based on Graph and Mould

Fan Yang Xiaolin Hao

Yantai Dongyuan Transmission & Transformation Engineering Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264000, China

Abstract

With the development of the smart grid, the structure and technical of the secondary system of the smart substation have changed dramatically. The latest communication and information processing technology separate the physical layer and the logical layer, and the information in the logical layer is transmitted through optical cable, which makes it invisible. At present, the core problems of intelligent station design are that the design process is not systematic, and the design documents do not correspond to the engineering documents. The paper proposes effective solutions to these problems.

Keywords

intelligent; substation; digital design

智能变电站图模一体数字化设计的研究

杨帆 郝晓琳

烟台东源送变电工程有限责任公司, 中国 · 山东 烟台 264000

摘要

随着智能电网的发展, 智能变电站二次系统的结构和技术形态发生了革命性变化。最新的通信技术和信息处理技术, 使物理层和逻辑层分离, 逻辑层信息通过光缆传输导致其不可见。目前, 智能站设计出现的核心问题主要为设计过程不系统、设计文件与实际现场文件不对应等。论文针对这些问题提出有效的解决方案。

关键词

智能; 变电站; 数字化设计

1 引言

论文针对智能变电站建设过程中暴露出的设计、调试、运维问题, 开展设计理念和方法的创新, 创造性的提出基于 AutoCAD 图模一体数字化设计的解决方案, 并按照全寿命周期管理理念, 扩展 SCD 解耦与比对功能模块, 理顺设计、调试、运维环节的前后配合关系, 使智能变电站全寿命周期各个阶段的工作流程优化合理, 提高工作效率和规范化水平。

2 智能变电站设计现状概述

目前, 智能变电站设计还是常规 CAD 图纸设计, 其对应虚端子采用 Excel 表格手动方式来示意其连接。设计单位要负责完成一、二次系统设计及 SCD 模型文件的配置工作。在此过程中暴露出多方面问题:

①同样数据需多次输入, 重复劳动且易出错。

②设计院提供图纸时, 不直接涉及 SCL 模型文件的配置, 而二次集成商对变电站的二次、保护、远动等未必有全

面、系统的认识, 大大增加变电站建模出现错误的可能性。

③集成商在系统建模时需要多种规则协调统一, 不利于标准化作业。

④厂商配置工具和系统配置工具缺乏通用性, 改扩建时对原有配置的继承性差, 限制改扩建的灵活性。

这些在设计、调试、运维过程中面临的问题, 是智能变电站建设过程中亟待解决的。设计作为工程项目的首要环节, 成为解决问题的重中之重。

3 智能变电站设计解决方案

3.1 电气一次系统建模

基于系统中定义的标准图元进行一次主接线图的绘制, 绘制过程中系统自动完成模型创建并记录到数据库中, 作为保护配置和集成 SSD 文件的重要依据, 即对电气一次设备完成模型化。

3.2 数字化设计方案

二次系统是智能变电站的关键核心, 本文采用“基于

AutoCAD图模一体化的智能变电站”的方法设计二次系统，相比常规变电站，智能变电站二次系统主要发生这些变化：智能变电站中，信号通过网络在智能装置之间传输，电缆或光缆最多只能反映通信上的物理连接关系，不描述真实的功能互操作、互通关系。智能装置仅作为通用平台，硬件装置不再反映功能的配置，必须考虑开发厂家每一个软件的型号和版本。各功能的部署情况以及通信关系必须通过配置文件进行描述和承载，这也是智能变电站建设各环节共同关心的核心信息。

针对智能变电站二次系统的变化，设计单位必须推动理念和方法创新，形成既兼容常用 AutoCAD 平台环境，又能生成智能变电站全站配置文件、指导现场调试及后期运维的设计方法。

3.3 改扩建工程的 SCD 解耦与比对功能扩展

当前设计模式下，设计单位负责虚回路，集成商完成由虚回路报表到 SCD 的转化。调试过程中，SCD 文件将频繁变更。调试中回路的错误，不能直接反馈给设计人员。

改扩建工程中，设计单位不一定是原设计单位。另外，设计单位手中的虚回路不是最终版本。这就造成改扩建工程虚回路设计收资难、甚至无法设计。因此，论文研究的数字化设计方法含 SCD 解耦与比对功能。设计单位可通过收资现场运行的 SCD 文件，运用软件将 SCD 的解耦反演，通过 SCD 文件还原出系统模型。

3.3.1 SCD 反演模块的实现

反演可以依据 SCD 文件更新设计方案，让设计单位的过程层回路设计模型与最终版本的 SCD 文件保持高度一致。

3.3.2 SCD 文件比对模块功能实现

该功能应能提供清晰的比对信息展示，主要功能包含如下几点：

①配置文件的不同版本并实现不同版本文件的可视

浏览。

②实现不同版本的变电站配置文件的差异比较。

③智能分析、可视智能装置的虚端子变化、虚连接变化图表。

④智能分析、可视智能装置的通信参数、保护参数变化图表。

3.4 数字化设计效果

本方案使设计阶段分担了之前调试阶段不得不做的工作，提高了调试效率。针对目前智能变电站二次系统调试力量有限而设计力量充足，本方案优化了工作职责分配，以应对大规模建设的到来。

4 结论

论文针对智能变电站目前暴露出的设计、调试和运维等方面的问题，提出基于 AutoCAD 图模一体化的电气一次主接线及电气二次回路设计解决方案。以统一的数据库为基础，通过唯一标识进行关联，确保二次回路设计与模型文件的一致。利用图形化方式，创建变电站内的智能装置实例，同时描绘出一二次设备关联关系、智能装置实例之间的信息交换关系，形成虚回路匹配。最终在二次设计系统中，绘制网络通信图、绘制交换机接线图、绘制功能互操作图、自动生成虚端子排图、绘制虚端子连接图等，并且保证移交成果在数字化移交系统中无缝展示，实现电网工程数字化管理。同时，对数字化设计方法进行了功能扩展研究。SCD 解耦与比对功能的扩展，为下一步解决智能变电改扩建相关工作，提供了解决办法。

参考文献

- [1] 刘娟.基于数字化技术的变电站设备智能一体化方案的研究[J].科技风,2018(35):5.
- [2] 陆以夫,陈娟.基于可视化成品移交的图模一体集成设计方法探讨[J].广西电力,2012,35(6):88-90.

Research on Application of Double High Pressure Spinning Pile in the Reinforcement of Super Deep Diaphragm Wall Joint

Shaohua Zhou

Mingda Ocean Engineering Co., Ltd., Beijing, 100013, China

Abstract

This paper takes pile foundation retaining engineering project as an example, analyzes the application of double high pressure jet grouting pile in the joint sealing reinforcement of ultra deep diaphragm wall, hoping to play a certain reference significance.

Keywords

jet grouting pile; underground; continuous wall; joint; reinforcement

双高压旋喷桩在超深地下连续墙接缝止水加固中的运用研究

周少华

明达海洋工程有限公司, 中国·北京 100013

摘要

论文以桩基围护工程项目为例, 分析双高压旋喷桩在超深地下连续墙接缝止水加固中的运用, 希望可以起到一定借鉴意义。

关键词

旋喷桩; 地下; 连续墙; 接缝; 加固

1 引言

地下连续墙是针对地下深基坑工程进行加固、截水防渗、挡土挡砂等建筑的维护结构, 通过对其结构质量提升可以有效提升地下深基坑工程质量, 确保地下深基坑安全与稳固。双高压旋喷桩属于地下连续墙施工技术之一, 应用此技术可以有效避免墙缝渗水等问题, 加固地下连续墙, 提升基坑工程质量, 为当前超深地下连续墙接缝止水加固中应用较为广泛的技术。

2 工程案例

2.1 工程实例

综合开发桩基围护工程项目, 占地总面积为 32400m², 基坑深度 23.70m, 基坑面积 21000m², 基坑开挖深 23.41m, 基坑最深为(电梯井坑) 25.75m。施工现场土质主要以粉土、黏性土及粉砂为主, 水稳定(微承压)水位埋深 2.65m 左右。施工现场附近有建筑物群, 根据该工程在施工中需要对博物馆等历史建筑影响, 因此施工中防渗、稳固最为重要。

2.2 双高压旋喷桩设计

本工程采用地下连续墙距离桩心 300mm、桩间搭接

500mm、桩间距 1100mm、桩径 1.6m、深度 49.5m 的双高压旋喷桩, 500~600kg/m³ 水泥掺量(双高压旋喷桩), 28d 加固体无侧限抗压强度在 0.8MPa 以上。该工程施工中还包括一处车站施工, 为了全面规避基坑连续墙渗水等问题, 在连续墙与车站接触位置增设准 1000×500mm 旋喷桩 3 根, 按照“品”字形布置, 具体设计如图 1 所示。此段利用三重管双高压旋喷法施工, 施工中控制旋喷桩 28d 加固体无侧限抗压强度在 1.5MPa 以上。

3 双高压旋喷桩工艺

3.1 技术原理

双高压旋喷桩施工工艺基本原理为高压水泥浆(旋喷桩)喷射流冲击破坏基坑中地下连续墙窝泥、夹泥等部分, 通过离心力、冲击力、重力等作用力于夹泥, 使得浆液与夹泥搅拌混合, 形成全新的更加稳固的结构体, 以实现超深地下连续墙加固作业。除了通过众多作用力形成新的稳固结构外, 还可以利用射流挤压将夹砂、夹泥置换, 确保水或浆液从引孔冒出, 形成新的水泥浆固或者水泥土固结体, 阻断地下连续墙夹泥水流通道, 有效规避渗漏问题出现, 提升基坑工程整体质量^[1]。

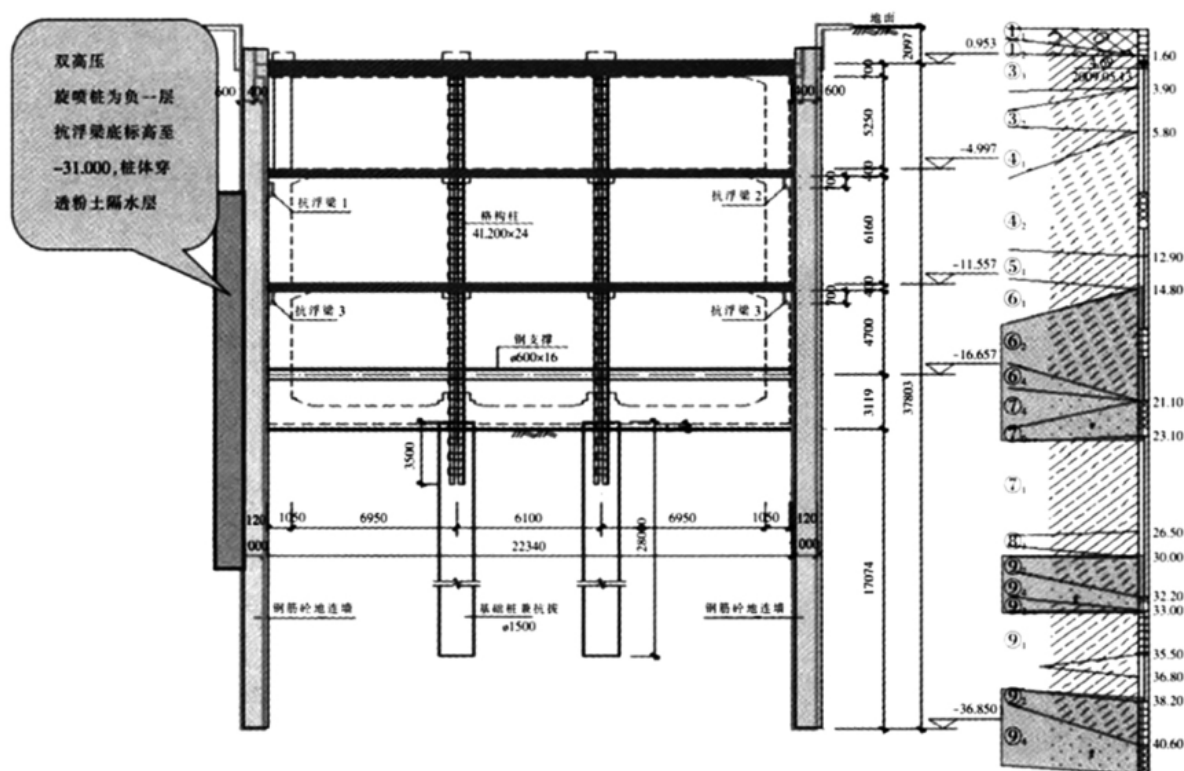


图1 “品”字形三重管双高压旋喷桩示意图

3.2 双高压旋喷桩工艺流程

为了高质量地提升超深地下连续墙双高压旋喷桩施工质量,施工企业根据该工程实际情况制定双高压旋喷桩施工工艺流程:施工前准备阶段→地下连续墙接缝渗水点确认→对渗水点进行测量、定位、处理→双高压旋喷桩所需操作平台搭建施工→钻机就位→引孔处理作业→旋喷桩机准备→浆液拌制处理→旋喷施工。不同施工程序需要注意工艺要点不同,施工企业需要结合工程实际情况,控制好每一道施工工序,确保整个双高压旋喷桩施工质量,有效避免地下连续墙接缝渗水问题出现,提升基坑质量^[2]。

相关技术人员根据该工程与工艺实际情况,制定如下技术方案:超深地下连续墙接缝渗水点勘测作业。施工企业组织相应技术小组,采用喷涂混凝土(细石)方式对地下连续墙(已经暴露)墙面进行平整处理,以确保侧墙满足侧墙防水平整度与刚度需求,并针对连续墙墙面质量等进行检测,避免裂缝及起皮等情况。墙面平整处理完毕后,地下连续墙接缝通过混凝土剥落与干固后湿润情况,准确判断地下连续墙接缝是否存在渗水等问题,一旦发现接缝存在渗水情况,准确定位渗水点具体位置、渗水程度等。本工程施工过程中,相关技术人员经过平整处理检测后发现,连续墙接缝渗漏问题主要集中在超深连续墙接缝(槽段)等位置。于双高压旋喷桩布孔原则。技术人员对超深地下连续墙接缝进

行调查完毕后,准确定位渗水位置的具体区域,并综合考虑深口区段具体情况设计布置旋喷孔。以连续墙接缝渗漏中心点为基点进行旋喷孔设计,根据工程实际情况设计2~3个旋喷孔,旋喷孔主要安置在靠近基坑外侧或者地连墙中心,并对整个旋喷孔施工环节进行动态管理,根据地下连续墙变化适当调整孔位置,确保地下连续墙接缝防渗处理精准性。根据该工程要求与标准,选择C30混凝土,控制成孔间距150~200mm,孔径110mm。

4 确定工程机械及施工参数

根据该工程加固深度、地质情况、桩体垂直度、桩径大小要求等情况,在工程施工开始前,先进行成桩施工测试,以便于为之后双高压旋喷桩具体参数限值进行测量与设计,待测试桩成桩3d后进行桩头开挖作业,测量测试桩具体桩直径,与设计要求基本一致,无质量问题^[3]。依次确定施工参数,如表1所示。双高压旋喷桩施工设备包括高压柱塞泵3DS-Z、旋喷钻机GP-16型、空压机VFY-618型、地质钻机XY-2型、泥浆泵、浆搅拌机(水泥)等。施工采用3m长钢管,可精密螺纹连接平直度高的高强度钢管,以保证整体施工质量。施工中3根同轴圆管组成外径89mm喷射管,中间管输送水泥浆(高压),利用2层环状空间输送压缩空气与高压清水。

表 1 双高压旋喷桩施工参数

名称	项目	参数值
注浆管提升	提升速度/(cm/min)	6~8(摆喷18~24)
	旋转速度/(r/min)	6~8
浆液	流量/min ⁻¹	80
	压力/MPa	20
	水灰比	1:1
压缩空气	流量/(m ³ /min)	3.0
	压力/MPa	0.8
高压水	流量/min ⁻¹	75
	压力/MPa	30

注：注浆材料为 P.O42.5 水泥，用量为 550kg/m³。

5 施工管理要点

根据该工程实际情况，为进一步保障施工质量制定相应施工管控方案，针对该工程施工中各管理要点进行高质量管理。淤施工前全面分析超深地下连续墙具体情况。施工人员在旋喷桩施工之前需要对连续墙钢筋的具体位置情况进行调查，设置孔位尽可能避免钢筋（连续墙），保障地下连续墙接缝旋喷桩作业不会对连续墙实际施工造成影响。在施工过程中，旋喷桩机与钻机准备好，对机械设备垂直度进行测量，避免旋喷孔作业过程中机械设备出现移动和倾斜，垂直度偏差需要控制在依 50mm 范围内，于操作平台检查。待施工操作平台搭建完毕后，需要对搭设平直、牢固等情况进行检查，确保钻机等设备在操作平台上不会出现安全事故等，确保施工安全，于旋喷桩机施工控制。在施工中施工人员需要严格按照技术要求进行施工，待喷射注浆管到达预定深度后需要先送高压浆液后进行压缩空气输送，两项操作时间间隔为 30s，施工中压力缓慢增加。若由于停电、机械故

障等情况旋喷作业停止，再次恢复旋喷时需要先进行复喷，复喷长度需要控制在 50cm 以上。

6 结语

综上所述，双高压旋喷桩在超深地下连续墙接缝止水加固中的运用可以有效增强地下连续墙稳固性，保障基坑施工质量，对于提升整体基坑工程综合效益具有重要意义。施工企业在超深地下连续墙接缝止水加固中应用双高压旋喷桩工艺时，一定要结合工程实际情况，设计相应施工方案，全面确保施工质量。

参考文献

- [1] 倪黎明.超深地下连续墙橡胶止水带接头(GXJ)施工工艺浅谈[J].建筑工程技术与设计,2018(15):1890-1891.
- [2] 杨益.地下连续墙接头止水技术综述及工程实践[J].山西建筑,2019,45(8):76-78.
- [3] 陈富.高压旋喷桩防渗墙钻孔注水和压水试验检测对比研究[J].水运工程,2019(10):197-203.