

塑造智慧变革

2018年海克斯康新产品新技术发布暨用户大会

HxGN Local Beijing 2018

2018年9月10日-12日 北京·国家会议中心

徕卡测量设备在华龙一号建造 过程中的应用

姚保民，中核集团测量专家

2018年09月11日

尊敬的各位领导、各位来宾： 大家好！

我是来自世界首堆、国家自主三代核电技术华龙一号的施工现场，中核集团公司、中核二四公司的测量专家姚保民。



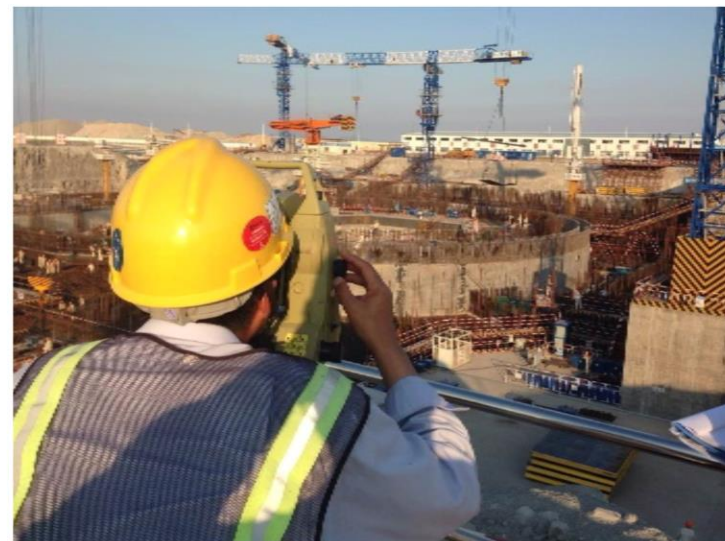
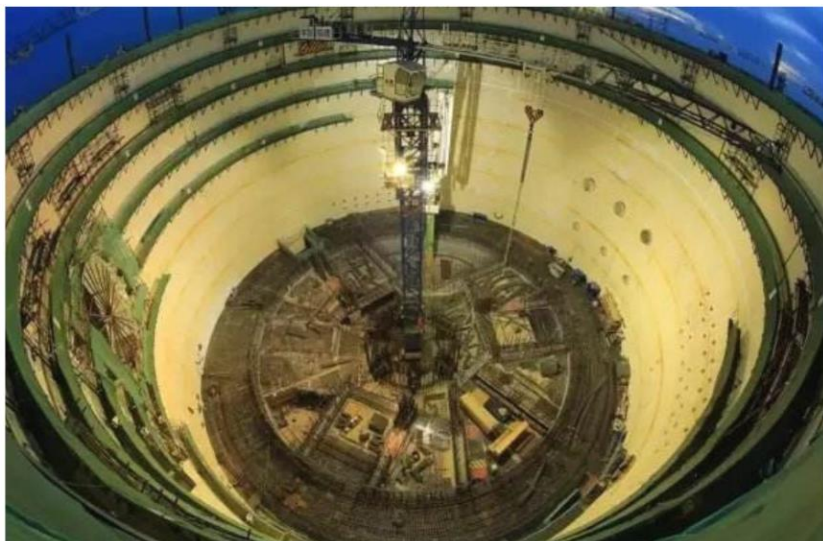
我所在的中国核工业二四建设有限公司成立于1958年，是我国十大军工集团之一的中国核工业建设集团公司骨干成员单位。是国内唯一一家承建过各种核反应堆和所有实验、科研堆型的核建企业；为共和国“两弹一艇”的成功研制和我国国防科技工业及国民经济建设作出了历史性贡献，为我国核电建设和人类清洁能源事业发展立下了新的功绩，是我国核事业、国防事业、经济建设的国家队和主力军。

创新发展

中核二四具有施工总承包和核工程、民用核压设备安装、房屋建筑、电力、市政、机电设备安装等数十项资质；获得以“鲁班奖”为代表的省级以上奖项200余项。

在中核二四悠久辉煌的工程施工历史中，离不开工程测量人员的辛勤身影，亦离不开徕卡测量设备的高精、高效、稳定的支持。

勇当国任



作为一名工程测量老兵，作为国家自主三代核电“华龙一号”的直接参与者，我下面就以“华龙一号”施工过程中涉及的测量技术给大家以分享。

核电施工测量工作，主要涉及精密控制测量、精密物项安装测量、常规施工测量、钢结构施工测量、跟踪测量、变形监测、地形地貌测量、土石方测量、竣工测量等多类测量工作。在“华龙一号”核电施工测量工作中，由于徕卡测量设备的先进、高效、高精度、高稳定性等特点，成为了核电施工中首选测量设备品牌。

目前，我所在中核二四福清核电项目部采用了全系徕卡设备开展测量工作。徕卡测量设备，助推国家三代示范堆华龙一号顺利施工。





一流堆型、一流公司、一流设备、一流中国核电。

目录



一、厂区精密控制测量



二、核电施工测量



三、精密安装测量



四、钢结构施工测量



五、跟踪测量



六、地形地貌测量



七、变形监测



八、特殊性测量工作

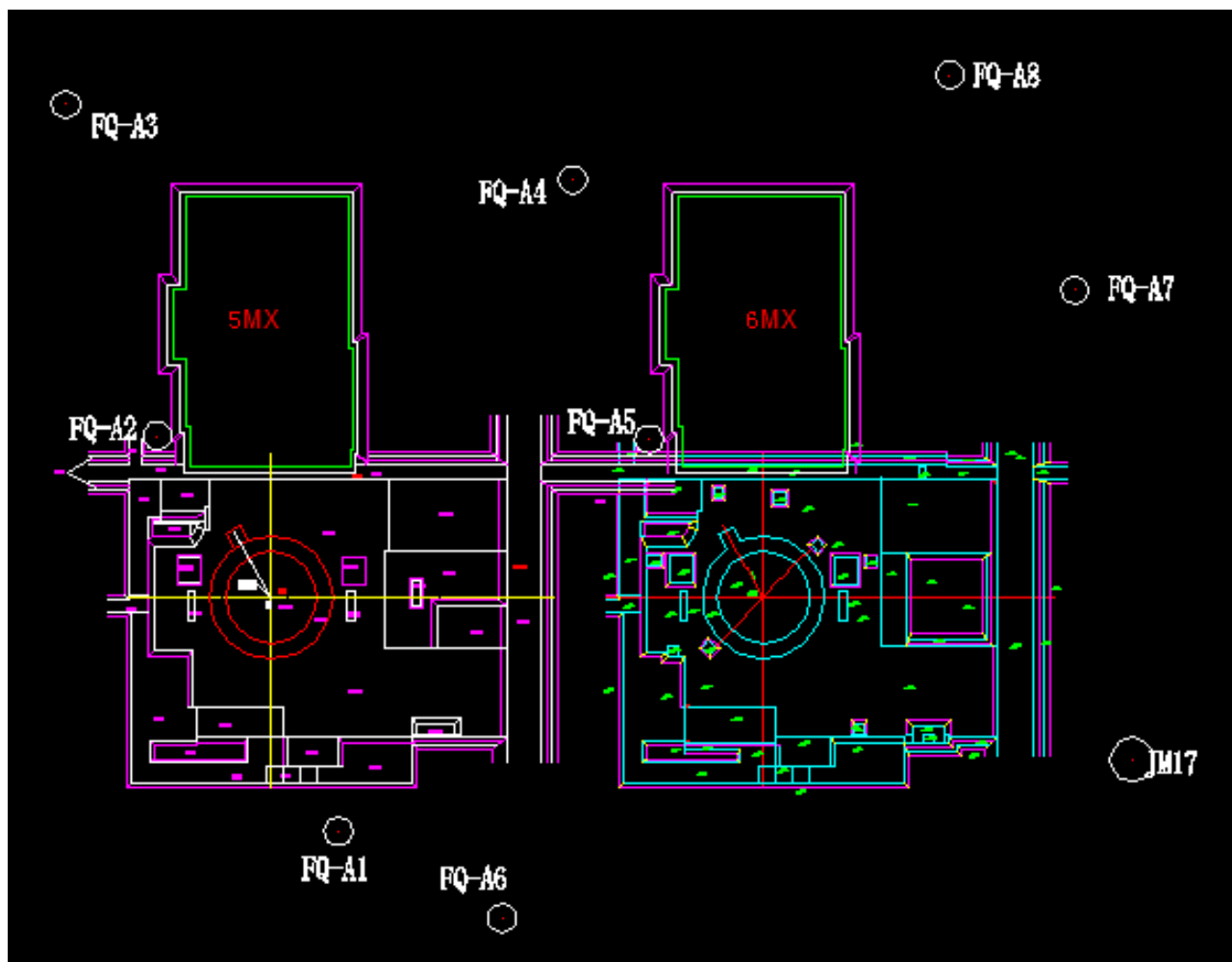


九、结束语



海克斯康
HEXAGON

一、厂区精密控制网测量



华龙一号双堆建设厂区次级控制网示意图。



坐标中误差为2.0mm，测边相对中误差 $\leq 1/150000$ 。要求复测周期为初期三个月，后续六个月，采用边角网四测回观测。施测精度高，单次施测工作量大。

核电厂区次级控制网是核电施工的根本性控制网，一般由6~10个观测桩组成。次级控制网平均边长为200m，规范要求精度为测角中误差 $\leq 1.8''$ ，三角形最大角度闭合差为 $7.0''$ ，相邻点相对点位中误差为2.0mm，



为保证次级控制网测量精度，保证现场核心控制网精度，在此选用了徕卡最新出品的TS60全站仪。0.5"级的仪器，0.6mm+1ppm测距精度，陶瓷马达，0.5"级ATR测角精度+内置边角测量程序，让次级控制网施测工作变得简易、快捷，通过边角测量程序+计算机自动平差程序，可快速完成厂区次级控制网控制测量工作。在使用TS60开展现场控制测量工作中，控制网一次合格率接近百分之百。





TS系列仪器厂区高精度控制网施测

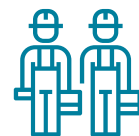
核电厂区次级控制网高程点是核电所有厂房高程控制的起算基准，各高程点相对精度是保证现场各厂房竖向对接精度的核心。1mm的高差中误差、<25m的视线长度等显示着次级控制网高程控制测量是一项耗时、耗心、高精度、高要求的工作。





在原始的光学测量工作中，次级控制网高程控制测量对测量人员技能水平要求高，耗时长，过程出现问题概率高。目前，华龙一号次级控制网高程控制测量均采用徕卡DNA03电子水准仪，0.3mm/KM的测量精度，高效稳定的测量体验，大大提高了现场施测精度，降低了测量人员要求，次级控制网水准测量人员耗费降低百分之四十，耗时降低百分之五十。完美适配了核电高程控制测量工作。





二、核电施工测量



华龙一号双堆施工占地面积约360000平方米，涵盖了反应堆厂房、汽轮机厂房等近七十余个子项。核电施工测量具有区域范围大，要求精度高，任务繁重、工艺间歇短、现场制约因素多等特点。福清核电紧邻海边，气候咸湿空气含有一定腐蚀性。这些特点要求核电测量设备需要具有稳定、适应力强、密闭性好、高效等特性。



二、核电施工测量



经过多年核电施工经验及现场验证，徕卡测量设备具备了以上种种特点。已购置10年，现在依旧正常使用的TCR1201系列全站仪、NA2+GPM3光学水准仪以及棱镜基座等配件，在稳定性、适用性及耐久性等为徕卡设备在核电施工测量工作中赢得了充分信任。便捷准确的免棱镜模式、反射片模式及红外激光等功能，在核电施工纷繁复杂、各种限制因素的环境中取得了充分应用，避免了多类因素限制。



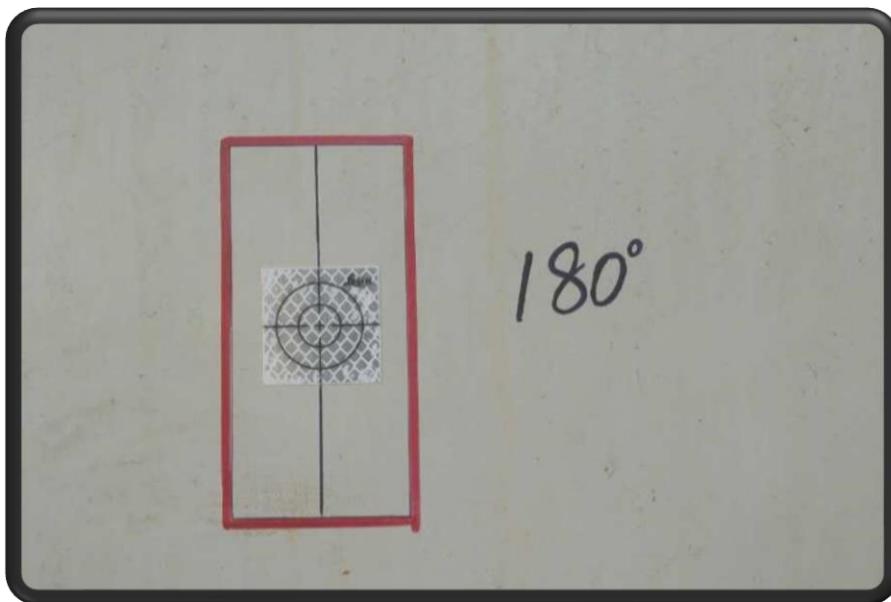
核建施工测量之反应堆厂房

核电土建施工过程中，核岛反应堆厂房是土建施工重点难点。且受限于核岛反应堆厂房特殊的结构布置形式，无法在楼板进行厂房内部控制网布置工作，且封闭状态无法采用厂区控制网。根据反应堆筒体结构形式，中核二四测量人员根据筒体结构形式创造性的设计了方位角后方交会设站法。即在反应堆厂房未封闭前将以堆芯为原点的 0° 、 90° 、 180° 、 270° 方向线标记至反应堆厂房筒体内层处。后续均采用此四个方向进行堆芯点交会及定向工作，以此方向线后方交会法建立反应堆厂房内部测量控制系统。关于核电反应堆厂房的测量控制的施工工法，已获得四川省省级工法荣誉。





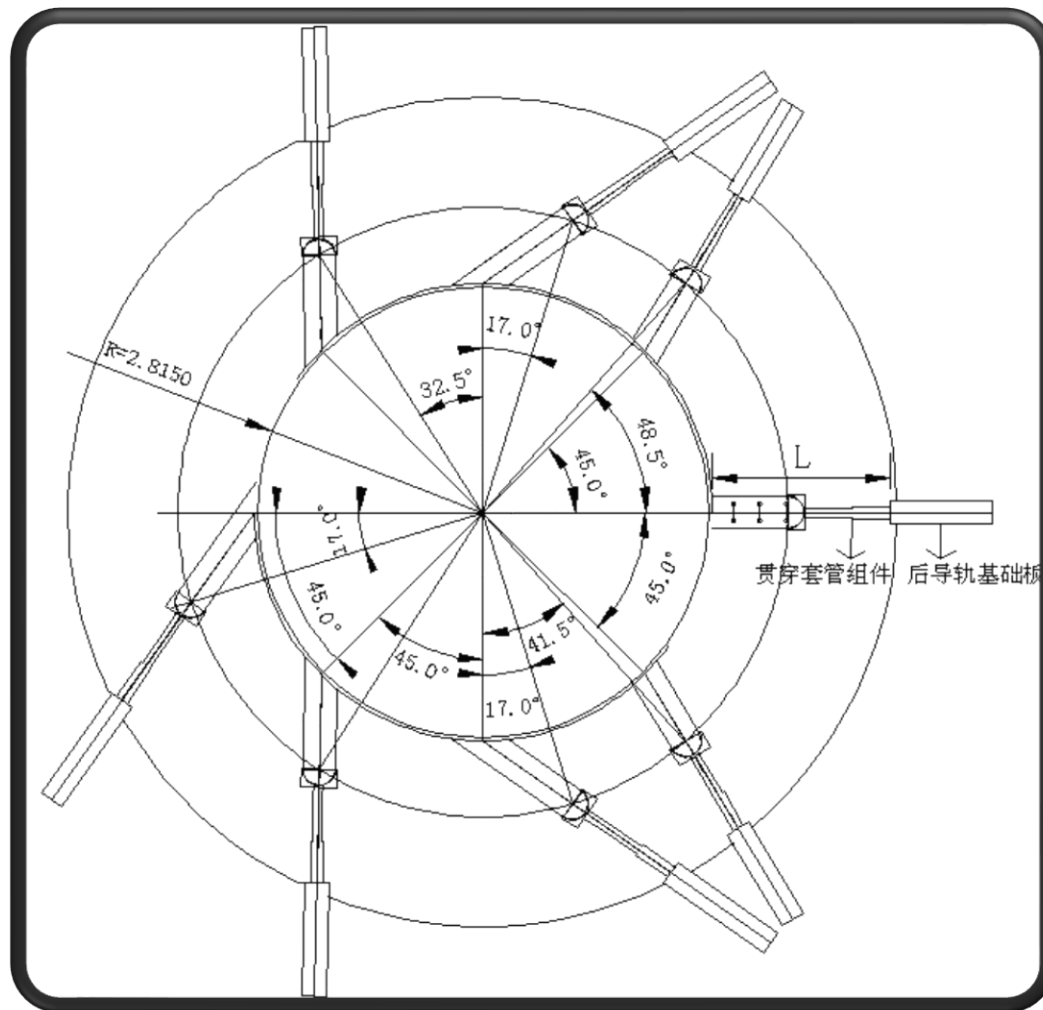
在开展反应堆厂房内部测量控制系统布置过程中，需要利用竖向墙体立面空间进行基准点布置。此时需要充分利用徕卡全站仪的反射片工作模式及免棱镜工作特性。在核电施工测量工作中，徕卡测量设备以其全面、多能、多场景工作模式的特点，使得核建测量人员可以更多维度考虑现场问题，规避制约因素，降低施工成本，解决现场问题。





三、核电精密安装测量

华龙一号施工测量工作中的一项重点、难点工作为精密物项安装测量。以堆外核测定位装置中的后导轨基础板与贯穿套管组件安装为例,需要后导轨基础板与贯穿套管组件中心线、相对位置尺寸、水平度均在极小的设计误差范围内保持一致。

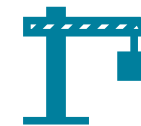




堆外核测定位装置安装误差设计要求

后导轨基础板		贯穿套管组件	
标高误差	$\pm 5\text{mm}$	两套管中心线标高误差	$\pm 3\text{mm}$
平整度误差	$< 1\text{mm}$	两套管中心线调整至水平误差	误差 $< 0.8\text{mm}$
中心线角度拟合偏差	小于 $2'$	中心线角度拟合偏差	小于 $2'$
图纸中贯穿套管组件支撑板到堆外核测测量位置的尺寸L误差			$\pm 3\text{mm}$
支座：主要用于贯穿组件下部支撑，按照普通埋件误差标准：平面位置 $\pm 20\text{mm}$ ，标高 $\pm 5\text{mm}$			

堆外核测定位装置以其极高的相对精度要求，成为了反应堆厂房甲供预埋件安装工作的重难点。为顺利完成该安装测量工作，测量、施工技术人员、监理及设计人员就该项工作进行了充分探讨并制定了专项工艺方案。在定人、定基准、定检查点外，对测量设备亦提出了高测量精度、高测量稳定性以及稳定的配件配备要求。



根据各仪器性能及相关历史经验，在该项工作中最终选用了TS50及NA2+GPM3作为本次安装测量设备，配件方面选用了全套经检校过的徕卡原装配件。该设备选型方案得到了监理及CNPE的一致认可。





四、钢结构施工测量

- 1、穹顶拼装测量
- 2、钢衬里拼装测量
- 3、钢结构柱安装测量

核电 钢结构 施工测量

- 4、行车梁安装测量
- 5、不锈钢施工测量
- 6、其他钢结构施工



1、工艺间歇短，进度要求高，测量工作繁重。

2、施工制约因素多，外部验收工作频繁。

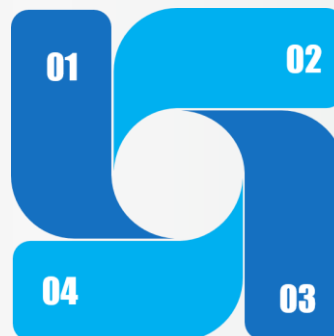
3、作业安全风险较大，作业环境光线较差。

4、测量工作穿插至整个钢结构施工，工作成果对工期影响明显。

次钢及钢结构框架



- 1、钢结构子项施工测量，定位、垂直度、平整度检测；
- 2、焊后轴线检测、轨道平整度测量。



- 1、后贴法不锈钢覆面施工，包含有埋件平整度检测、背肋定位、基准线测量等工作；
- 2、以埋件平整度、封闭区间定位工作为主。

测量设备的选择及应用



TCR1201



- 1、轻便、反应快捷，非常适合在环境复杂的穹顶拼装场地。
- 2、非常好用的免棱镜模式及红外激光，非常适合穹顶物项定位测量工作。

NA2+GPM3



- 1、稳定可靠，环境冗余度高，光学性能优异；
- 2、螺旋设计符合人体工程，降低劳动强度。

TS60



- 1、0.5"测角精度及0.6mm测距精度，完美解决短边微型控制网角度闭合差易超限问题；
- 2、超大屏幕，数据清晰明了。



五、跟踪测量

1、穹顶吊装跟踪测量
2、模块吊装跟踪测量
3、钢结构柱安装监测

核电跟踪测量特点

4、塔吊标准节跟踪
5、地脚螺栓跟踪测量
6、其他跟踪测量



1、吊装跟测测距较远，在跟踪过程中目标搜寻难度较大；

2、吊装过程要求数据汇报及时性高，准确度高；

3、塔吊标准节及结构柱安装对垂直度及平整度要求跟高。

4、精密设备的地脚螺栓要求精度非常高，对设备稳定性要求高。



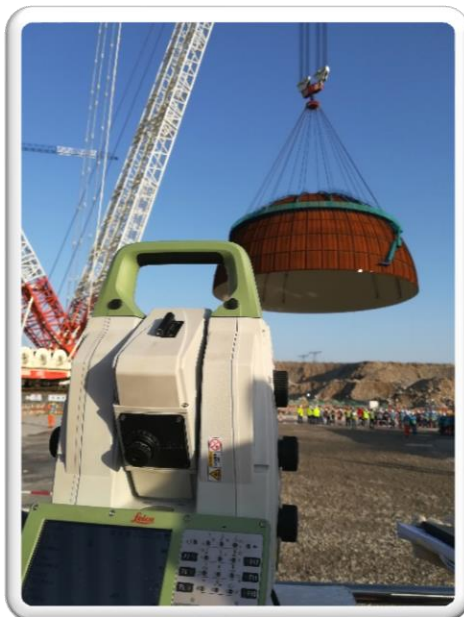
1、穹顶、模块跟踪测量

穹顶吊装是核电施工的里程碑节点，是土建主线转安装主线的标志，亦是核电重大专项实施方案。穹顶吊装跟踪测量有以下要求：

1、穹顶吊装过程需要及时获取穹顶起吊高度及位置；

2、需要极快速的获取吊车行走路线地基变化数值；

3、测距较远，对快速搜索棱镜提出了很高要求；



测量设备的选择及应用



TS16



- 1、非常好用的棱镜超级搜索模式，快速跟踪到棱镜；
- 2、棱镜自动跟踪测量模式，可实时获取实测数据，快速汇报。

DNA03



- 1、快速稳定便捷直接获取监测点位高程，获取吊车行走地基变形数据；
- 2、平面清晰、特别适合户外工作环境。

徕卡原装棱镜



- 1、坚固可靠，完美适配全站仪；
- 2、反射清晰，在较远距离亦可快捷观测。

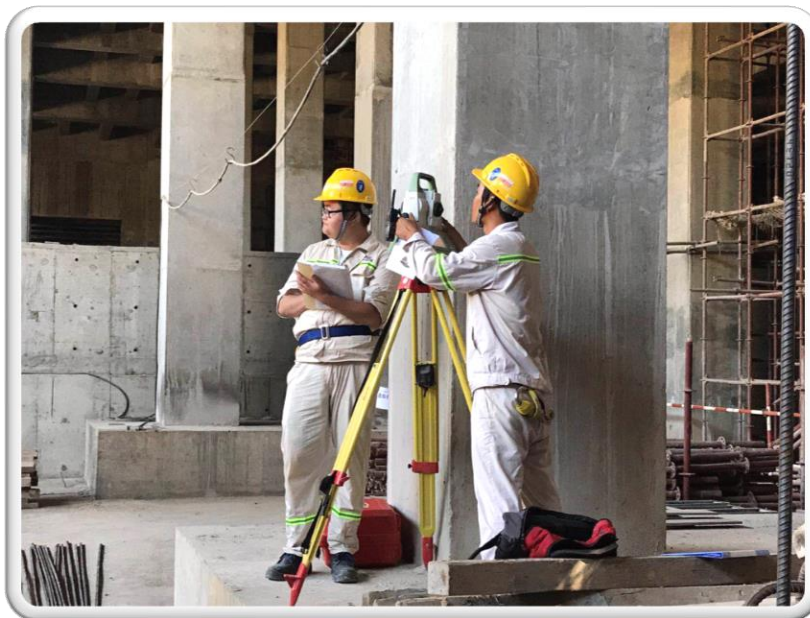


2、地脚螺栓跟踪测量

地脚螺栓是核电土建施工中重要的预埋物项，精度直接关系到后续设备的能否顺利安装。为控制精度，需要在混凝土浇筑过程对螺栓进行跟踪测量。浇筑过程跟踪测量有以下要求：

- 1、相对精度要求高，数据测量稳定性要求高；
- 2、需要对现场环境进行实施记录以完成报验工作；
- 3、耗时较长，需要有足够的电量完成监测工作；

1、耗时较短监测工作
选用TS系列仪器，以
其测量稳定性、便捷性、
高效性满足现场施工需
求；



2、耗时长监测工作选
用TS60系列仪器，以
其大电池容量、便捷的
影像记录满足监测施工
需求；



六、地形地貌测量



核电 地形地貌 测量

- 1、临时管线示意图现场测绘；
- 2、土方堆场地形图测绘及土方工程量计算；
- 3、核电厂区场平规划图测绘；
- 4、基坑回填及边坡面积测量。



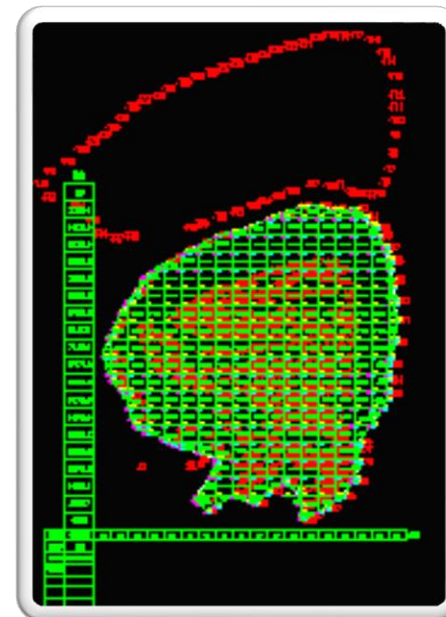
1、核电地形地貌要点

土石方堆场需要定期更新工程量以及及时获取土方存储量，及时完成基坑开挖后地形测量以完成验槽及后续回填工程量计算。定期更新现场堆场设计，以及及时为场平工程师提供基础数据。

1、土石方堆场测量任务量大，无法布置长期；

2、土方回填地形测量工作中为保证计算精度，要求需将无法上人边坡地形数据实测；

3、场平规划布置图定期更新，对人力耗费较大，厂区信息信号较差；



测量设备的选择及应用



TS16



- 1、可结合GPS组成超站仪快捷设站开展工作；
- 2、快捷的免棱镜模式，直接对边坡进行观测，安全可靠快捷；
- 3、更为便捷的数据传输系统。



GS15



- 1、信号稳定，结合福建CORS参考站系统，完成快捷地形测量工作；
- 2、双电池配置，满足长时间地形测量工作需求。
- 3、人工耗费低，测点可靠

七、变形监测测量

核电
变形监测
测量



1、基坑开挖后边坡监测测量；

2、厂房沉降观测；

3、预应力张拉实验变形监测；

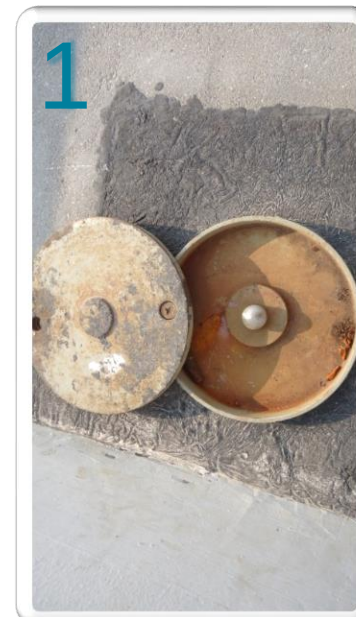
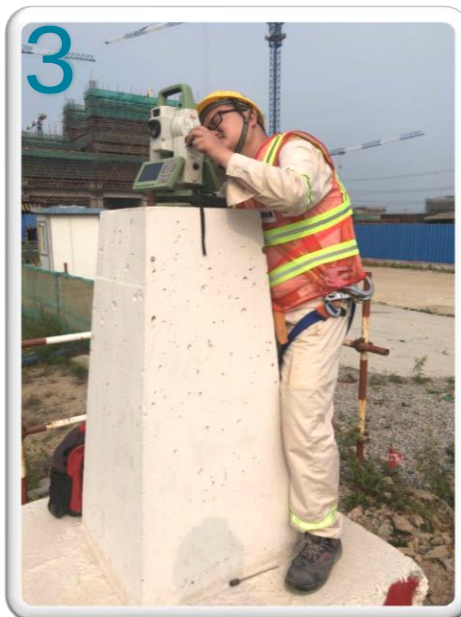
4、围堰土石坝变形监测。



1、核电变形监测要点

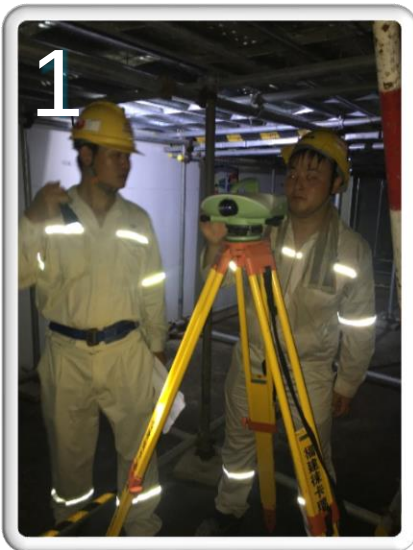
核电变形监测以其种类多，涉及区域广，精度高，任务量大的特点成为核电测量工作的重要组成。核电施工变形监测根据各项变形监测任务的不同具有以下特点：

- 1、核岛区厂房点位分布在筏基，沉降观测任务量大，精度高难度高；
- 2、穹顶预应力张拉变形监测距离远，精度控制较难，观测数据直接反应新工艺性能；
- 3、土石坝及基坑边坡变形监测周期短，任务量重，涉及位移及沉降两项；

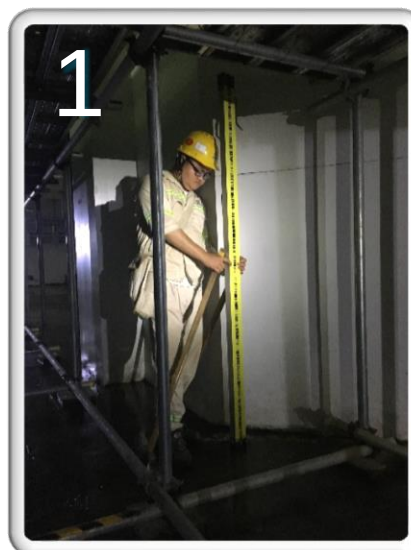




1、核电变形监测要点



- 1、核岛区域厂房沉降观测工作位于筏板上，空间封闭，受限条件多。
- 2、核岛区沉降观测每一观测周期耗时约20个工作日，人工消耗量大。
- 3、厂房沉降观测等级为一级，观测对人员技能水平要求很高。



- 1、穹顶预应力张拉变形监测直接反应了新型倒U型预应力张拉工艺的适用性，为新工艺验证的重要指标；
- 2、受限现场条件，张拉变形监测需长距离观测，对仪器施测稳定性要求非常严格难。

等级	高程中误差 (mm)	点位中误差 (mm)
一级	0.5	3.0

变形监测设备的选择



TS60



- 1、准确便捷的ATR自动瞄准功能，大幅降低了远距离观测人眼误差；
- 2、稳定可靠及精确的大气改正，提供了稳定有效的变形数据。

DNA03



- 1、较传统光学仪器人员需求降低百分之四十，节省人工；
- 2、精度高，对操作人员技能水平要求一般，推广效果好；
- 3、可现在自动平差，及时获取外业观测质量。

NA2+GPM3



- 1、适用性强，特别适合狭隘空间及钢尺悬挂应用；
- 2、与DNA03想结合，完美覆盖了核电现场各项沉降工作。



八、特殊性测量工作

核电测量
其他工作
任务



- 1、工程新工艺新设备的测量验证；
- 2、BIM建筑信息模型技术的现场应用；
- 3、测绘信息化工作研究及推动；
- 4、特殊测绘工作的研究及解决方案的制定及参与行业标准的编审。

特殊性工作特点



- 1、需要全面立体的综合性工程测量知识；
- 2、需要有优秀的合作团队；



- 3、需要更为专业及深度的设备厂商合作；
- 4、需要业内更为先进的设备进行标准验证；



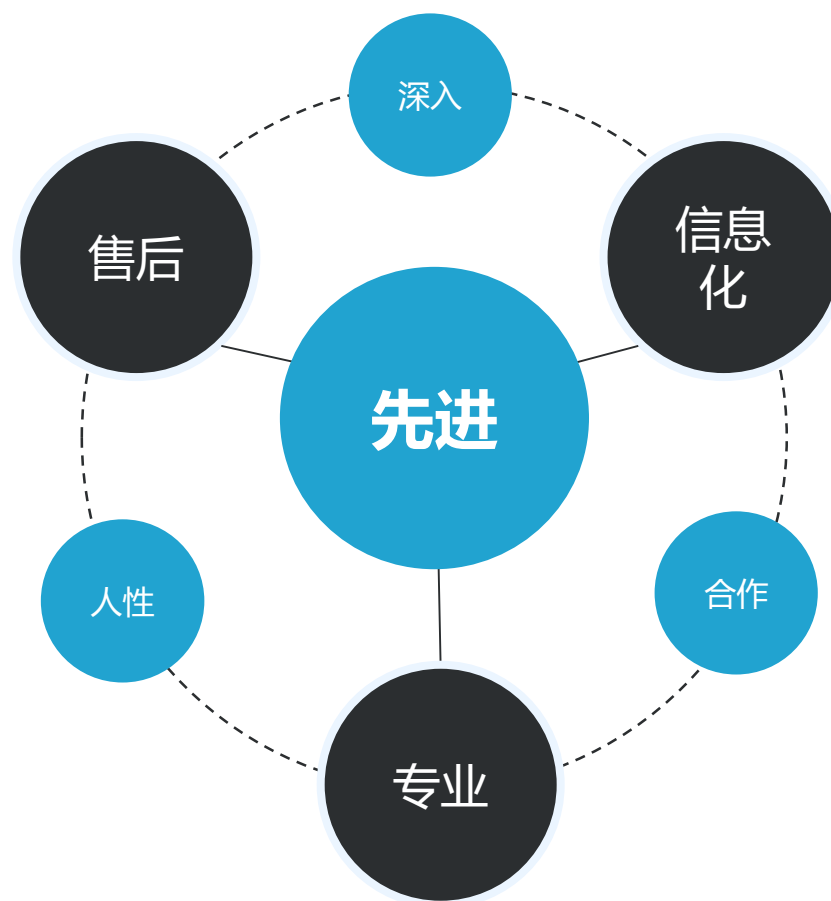
- 5、需要设备供应商对BIM技术有较深入的研究；
- 6、需要设备有完善的信息传输系统；



- 7、需要人员有优异的测量构配件的设计及应用意识；
- 8、部分工作需特殊构配件的定制；



设备商选择



1、徕卡公司拥有业内公认的先进设备

2、徕卡公司拥有专业的测绘方案技术团队

3、与徕卡公司有长期良好的合作关系

4、完善快捷优秀**定制化**的售后服务体系

5、徕卡在测绘信息化领域有深入研究

6、拥有对特殊需求制定解决方案的能力

选择徕卡的充足理由



测量前沿技术的讲解



核电施工测量个性化解决方案



徕卡售后对
在用设备现场检校

徕卡公司优质、周到、快捷、个性化的售前售后服务，为华龙一号的建造提供了充足动力

九、结束语

华龙一号高效、快捷的施工，离不开核电测量人员的
辛勤工作；

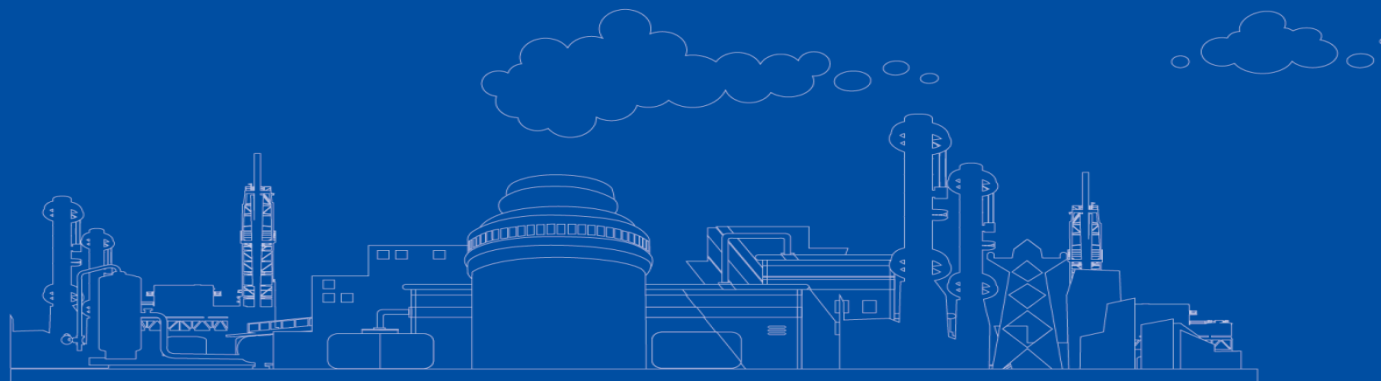
各项测量工作的高效有序开展，离不开徕卡设备耐久、
高效、稳定的表现；

华龙一号各项新型测量技术的应用，得到了徕卡技术
团队的鼎力支持；

世界一流核电堆型、一流工程承包商、一流测量团队
一流测量设备，共同助推中国核电迈向卓越。



中国核工业二四建设有限公司
China Nuclear Industry 24 Construction CO., LTD.



—— 谢 谢 ——





如果您对此篇PPT感兴趣，请扫描二维码
