应用 DPS和 RTK技术进行电厂大比例尺地形图测量

刘瑾瑜，常增亮
(山东电力工程咨询院，山东 济南 250013)

摘 要：在内蒙古某电厂 1∶2000地形图测量中，采用了 DPS和 RTK技术进行大比例尺地形图测量，外控作业应用了区域网和全野外布点法相结合的方式；地质、水文专业应用厂区三维立体模型进行剖面数据的采集工作，实现了航测数据多专业的共同应用。

关键词：像控点；平高控制网；线划图 .
中图分类号：P2 **文献标识码**：B **文章编号**：1671-9913（2006）01-0029-04

Application of DPS & RTK to Large Scale Map Surveying of Power Plant

LIU Jin-yu, CHANG Zeng-liang
(Shandong Electric Power Engineering & Consulting Institute, Jinan 250013, China)

Abstract: In the map surveying of the power plant area in Neimenggu province the technology of DPS&RTK are used for this item and synthesizer ways of the extexnt ways whole open-country ways for extra images control network; three-dimensional solid model are used for trigonal datas 'gathering by exploring and hydrometeorological professionals; realizing extensive applying about aerophotography surveying data.

Key words: images contral points; surveying control network about height & plane; vector line drawing.

内蒙古某电厂地处内蒙古南部山区准葛尔旗境内，毗邻黄河，地势起伏较大，冲沟、深沟、黄土梁为主要地形，交通不便，勘测工期 1个月。为在短时间内，完成 2个厂区、2个灰场面积共 14个平方公里，比例尺为 1∶2000的地形图测量，通过优化外控作业方案、更新调绘和检核方式等技术手段，应用全数字摄影测量系统等新技术进行大比例尺地形图测量。

1 工作思路

本工程地处内蒙古南部山区，测区内冲沟颇多，地形地貌极其破碎，测区面积比较大，工程测量比较困难，适合于采用全数字摄影测量系统成图。根据本工程特点，航测面积 14km^2，航测比例尺为 1∶8000，成图比例尺 1∶2000，共布设了 3条航线见图 1。

按照《1∶500，1∶1000，1∶2000地形图航空摄影测量外业规范》（GB7931-87）的布设规定，区域网布点满足平面点位精度要求；考虑到电厂工程对高程精度应达到 1/5等高距（本工程为 0.4m）要求，高于区域网布

* 收稿日期：2005-12-30
作者简介：刘瑾瑜（1964-），男，陕西人，高级工程师，山东科技大学在职研究生。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

点的 0.7m高程中误差的要求，本工程采用全野外布点法加密像控点，即采用以区域网布点法为基础，按照全野外布点法适当加密像控点。

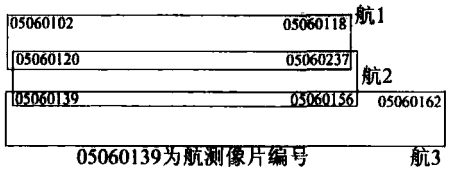


图 1 测区航线布置图

按照规范 GB7931-87对像控点平面测量的精度要求为不应超过地物点平面位置中误差的 1/5；本工程对地物点的平面位置中误差规定为 0.6m，既应达到 0.12m的精度要求。对像控点高程测量的精度要求为不应超过基本等高距的 1/10；本工程地形地貌以丘陵为主，基本等高距设定为 2m，既应达到 0.2m的精度要求。考虑到测区以应用 GPS快速静态测量方法建立起 D级平面控制网和四等 GPS高程控制网，而 Leica1230GPS-RTK标称作业精度，平面为 1cm +1ppm、高程精度为 3cm +1ppm；应用各控制点 WGS84和 1980年西安坐标换算关系，采用 GPS-RTK作业方式能满足像控点平高测量精度要求。

内业处理采用自动空三加密和 DPS (数字摄影测量系统）成图作业方法。

航测成图后的检测采用测量电力线杆和重要特征地物点进行比对的方式进行。工作流程见图 2。

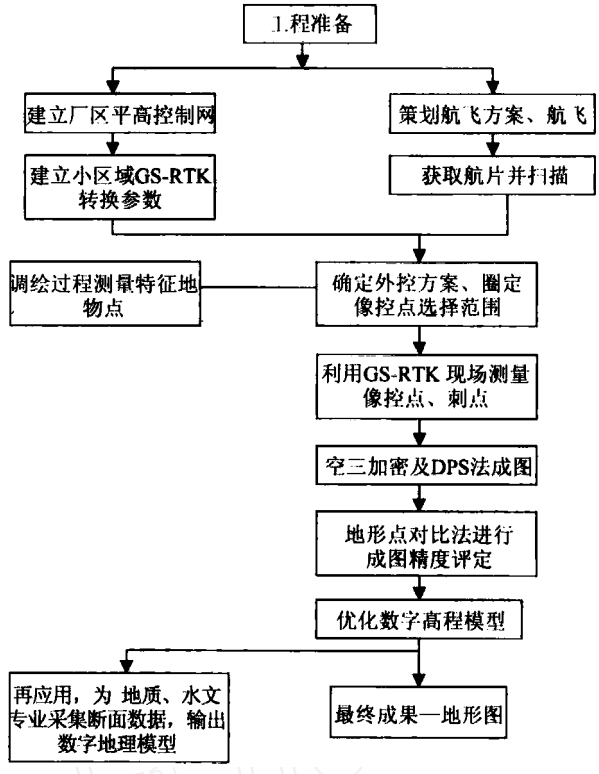


图 2 工作流程图

3 工作过程

3.1 厂区平高控制网的建立

根据《火力发电厂工程测量技术规程》(DL/T5001-2004）技术要求，平高控制方案为：平面控制测量按 GPS D级网精度作业，高程控制精度为四等 GPS高程。为方便作业和利于控制点的保存，采用平高控制桩共桩布点；布设成由 28个点组成的 GPS D级网。GPS作业过程严格满足《全球定位系统 (GPS）作业规范》(GB/T18314-2001）中 D级网作业要求，平面控制计算采用 Leica 公司 GPS测量数据后处理软件《LGO》，基线解算及无约束平差均优于 GPS D级网精度要求。

在进行约束平差作业时，按照《火力发电厂工程测量技术规程》(DL/T5001-2004）规定：对于厂区平面控制网的坐标系统，应满足测区内投影长度变形值不大于 2.5cm/km的要求。由于在偏离测区中央子午线和高于大地水准面处均存在投影变形，因此在利用 GPS建立厂区控制网进行约束平差前必须对基准控制点进行投影基准变换，才能保证度变形值不大于 2.5cm/km的要求。

由相关资料可知，当测点离中央子午线距离达到 45km时，由于高斯投影产生变形达到 2.5cm/km，应当进行投影变形改正；当测区平均高程达到 150m时，由于高程面归算产生即达到 2.5cm/km，应当进行投影变形改正。而本测区中心地理位置为：北纬 39° 32′、东经 114° 13′；平均高程为 1450m (1956年黄海高程系）。可知本工程测区位于 3°带投影中心附近，由于高斯投影产生变形较小，可以忽略不计；而平均高程为 1250m，因此只需进行高程面归算变形改正计算。

为方便工程计算，平面控制网采用了“一

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

点一方位 ”的起算方式，即将两基准控制点归算至高程基准面 1450m，获取两新坐标值；然后以一点为固定值，以方位不变和 WGS84水平值计算另一基准点的新坐标；再进行 GPS网三维约束平差。最后经全站仪现场检测比较精度见表 1。

表 1 投影变形消除之后的坐标反算距离与红外距离对照

起点	终点	坐标反算距离	红外测量距离	差值	相对误差
D9	D1	434.256	434.218	-0.008	1/54300
D9	D4	427.148	427.152	0.004	1/106700
D9	D5	376.289	376.292	0.003	1/125400
D9	D8	503.267	503.261	-0.006	1/83900
D9	D2	376.548	376.552	0.004	1/94100
D9	D3	316.264	316.265	0.001	1/1767000
D9	D6	467.256	467.255	-0.001	1/389000
D9	D7	386.924	386.924	0	

由表 1可以看出，经过投影变形改正后，其平面控制点精度基本满足规范要求。

高程控制网的建立采用 WGS84大地高差和距离为权进行高程控制，即仅联测到一个已知高程点时，将联测点作为起算高程点，用平面网平差所得的坐标反算出网中各边长，并利用各边的 WGS84大地高差，以距离定权，按常规高程网平差。最后经全站仪按四等三角高程精度现场检测比较，见表 2。

表 2 四等三角高差值和四等 GPS高差值比较

起点号	终点号	四等三角高差值 /m	四等 GPS高差值 /m	较差 /M
D1	D2	1563.209	1563.237	0.028
D2	D3	1573.473	1573.515	0.042
D3	D5	1586.038	1586.098	0.060
D4	D6	1537.872	1537.982	0.090
D5	D7	1527.619	1527.655	0.036

由表 2可以看出，其高程控制点精度满足规范要求。

3.2 确定外控方案和布设像控点

考虑到本工程对地形点高程精度的要求，采用了全野外及区域网布点相结合布点方案。本工程共有 3条航线，单条航线最多有 14条基线，在满足 《1∶500，1∶1000，1∶2000地形图航空摄影测量外业规范》 （GB7931-87）第 2.4.2条关于应用区域网方法布设像控点方案（1∶2000地形图）的前提下，共布设了 14个平高控制点，布设方案如图 3，遵循的布点原则是：测区外围均匀布设、每 3～4条基线布设 1对平高点、旁向重叠重合处布点、突出及拐角处加密布点；起点和终点处像控点应在二度重叠区，上下边缘处像控点应在三度重叠区，内部像控点应尽量选在六度重叠区内，最少应保证在四度重叠区内。平高点位置的选择满足规范中对方位线和像片边缘的要求，主要选在交通方便、现场易判比、区分较直观的地方，本工程一般以房角、地角为主。

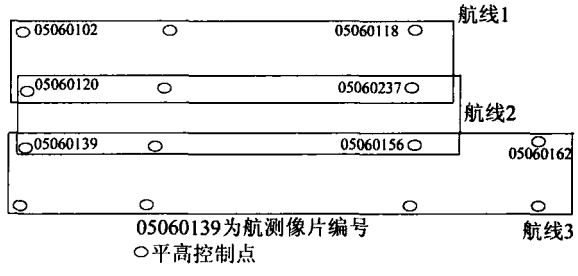


图 3 像控点布设略图

3.3 RTK作业和现场选点的调整

采用 GPS-RTK作业方式现场测量像控点；转换参数的求取方式为：在已建立的厂区控制网基础上，选取测区四周的控制点和中心点，以 GPS快速静态测量的 WGS84坐标和控制点成果按仿射变换法求定七参数。

经现场检测，以 GPS-RTK校测其他控制点，最大较差为：△X = 15mm；△Y = 9mm；△Z = 25mm，证明转换参数求定方法准确。

为防止粗差问题的发生，作业过程中采用分两次初始化后分次测量像控点，即每一像控点都有无相关联的两个坐标值，其较差最大值为：△X = 9mm；△Y = 6mm；△Z = 12mm。

比较结果表明 RTK作业过程正确。

为防止刺点位置错误问题的产生，一是现场比对多种判定条件，如相对关系、植被覆盖、明显地物等完全相符的情况下再进行刺点；二

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

是在作业过程中有选择性地多测量一些地物地貌点，如像控点邻近地势变换明显处、道路交叉中心等，可作为后续空三加密成果准确性的检核条件或出现错误时的补救方法。

3.4 测量特征地物地貌点

按前面所分析，由于工期的要求和成图检核的需要，在现场调绘的同时，采用 RTK方式对 80处主要特征点进行了实际测量。

在实际应用中，这些特征点一方面起到了成图检核的作用；另一方面，应用这些特征点在完成空三后，作为控制点去拟合完善数字地面模型，提高其精度。

3.5 空三加密及测图

内业处理采用 DPS（数字摄影测量系统）成图作业方法。选用中国四维测绘科技公司的自动空中三角测量程序 pbba进行空三加密。限差设定值同《1∶500，1∶1000，1∶2000地形图航空摄影测量内外业规范》（GB7930-87）中关于内定向、绝对定向的限差要求；将合格的空三加密成果导入 JX4数字测量系统下经内定向、相对定向、绝对定向、核线生成建立起各像对立体模型，然后采用 JX4在各像对立体模型下结合调绘成果直接生成线划图、锁定等高线值法勾绘等高线，其中注意对等高线的勾绘应结合实际地形特征和地貌合理取舍，最后结合外业调绘特征点进行比较与修改。

3.6 检核比较和精度判定

检核采用判定图面值与测量值较差满足限差要求的方式。

按特征点位坐标差值和特征地物间距离两种比对方式，共均匀选取比对点 24个，统计信息见表 3。

表 3 统计信息

分布点数	点位较差中误差区间 /m	平面限差要求 /m	高程较差误差区间 /m	高程限差要求 /m
16	0 < 0.5	3.3	< 0.7	2.8
8	0.8 < δ < 1.5		0.7 < δ < 1.4	
0	> 3.3		> 2.8	

比对边长值 12处，其最大相对误差为 1/1500。

精度判定：由以上检核结果可以得出利用 DPS和 RTK技术进行的 1∶2000地形图测量完全满足成图精度要求。

3.7 三维模型的再应用

由于地形条件的限制，地质、水文专业的断面测量工作现场很难进行，即使能作业精度也难以保证。借助送电线路平断面成图的作业经验，应用优化后的数字地面高程模型和正射影像图，利用 TL测量软件对地质、水文专业选择的断面进行测绘，效果明显。既方便直观又保证了作业精度；可以满足三维设计数字地理模型的基本要求；同时减少了勘测专业外业量，为航测数据多专业的应用提供了一个新的方向。

4 结论

（1）在地形复杂地区，采用 DPS和 RTK技术进行厂区大比例尺地形图测量，可以提高效率降低劳动强度，为三维设计提供三维设计数字地理模型。若能将管线测量一同进行工作将会取得更好的效果。

（2）大比例尺航测地形图内外业规范是建立在解析法成图基础上的，其作业标准在全数字摄影测量模式下的松紧程度不一致，因此在进行作业时应根据实际测区合理选择作业方式和方案。

（3）应用 GPS-RTK进行小区域范围内像控点测量能满足要求，但应注意起始校核条件和作业过程中的二次测量问题，防止粗差问题的出现及给后续作业带来困难。

（4）在调绘过程中利用 GPS-RTK测量特征地物点进行成图精度检核的方式在理论上是可行的，在实践中方便易行且可以节省成本，值得以后工程借鉴。

参考文献：

[1] 刘基余，李征航 . 全球定位系统原理及其应用 [M] . 北京：测绘出版社，1995.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net