คู่มือแนะนำ
การบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ

กลุ่มวิชาการมาตรฐานแผนที่
สำนักจัดการแผนที่และสารบบที่ดิน
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

คำนำ

เครื่องมือสำรวจที่ใช้ปฏิบัติงานมีมากมายหลายประเภท เช่น เครื่องมือวัดระยะ (โซ่, เครื่องวัดระยะอิเล็คโทรนิค) เข็มทิศ กล้องระดับ กล้องวัดมุม (Theodolite) กล้องสำรวจแบบประมวลผล (Total Station) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เครื่องคำนวณ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือเขียนแบบ (Scale ปากกาวงหมุด) เป็นต้น และปัจจุบันยังไม่มีเอกสารที่จะแนะนำในการบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ ให้คงทนถาวร ยืดอายุการใช้งาน ไม่ให้เสื่อมสภาพได้ง่ายและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจรังวัดด้วย

สำนักจัดการแผนที่และสารบบที่ดิน โดย กลุ่มวิชาการมาตรฐานแผนที่ จึงได้จัดทำ “คู่มือแนะนำการบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ” ที่เป็นเครื่องมือหลักๆ ของการปฏิบัติงานสำรวจรังวัดและจัดทำแผนที่ขึ้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้ดูแลรักษาเครื่องมือในเบื้องต้น และผู้บังคับบัญชาได้เห็นชอบให้เผยแพร่เพื่อใช้ปฏิบัติงานแล้ว

คณะผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือแนะนำการบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ ที่จัดทำขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมแซมเครื่องมือไปในตัวด้วย

คณะผู้จัดทำ
กลุ่มวิชาการมาตรฐานแผนที่
สำนักจัดการแผนที่และสารบบที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของการบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ	1-1
1.2 การตรวจสอบเครื่องมือ	1-1
1.3 วิธีการใช้และเก็บรักษาเครื่องมือสำรวจ	1-1
1.4 คุณสมบัติประจำตัวของนักสำรวจที่ดี	1-4
บทที่ 2 กล้อง Theodolites	
2.1 ชนิดของกล้อง Theodolites	2-1
2.2 อุปกรณ์พิเศษที่ใช้ประกอบกล้อง Theodolites	2-3
2.3 ส่วนประกอบของกล้อง Theodolites	2-5
2.4 ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้อง Theodolites	2-6
2.5 การตรวจสอบและการปรับแก้เบื้องต้น	2-7
2.6 การป้องกันทั่วๆไป	2-8
2.7 การบำรุงรักษากล้อง THEODOLITE	2-8
2.8 ข้อควรระวังในการใช้กล้อง THEODOLITE	2-8
บทที่ 3 กล้องสำรวจแบบประมวลผล (Total Station)	
3.1 ส่วนประกอบหลักของกล้องสำรวจประมวลผล	3-1
3.2 การตรวจสอบและการปรับแก้เบื้องต้นกล้องประมวลผลรวม	3-3
3.3 การป้องกันทั่วไป	3-4
3.4 การบำรุงรักษา	3-5
3.5 ข้อควรระวังในการใช้กล้องสำรวจแบบประมวลผล	3-5
3.6 การใช้แบตเตอรี่	3-6
3.7 ข้อควรปฏิบัติขณะปฏิบัติงาน	3-6
บทที่ 4 กล้องระดับ	
4.1 คำนิยามต่างๆที่ใช้ในงานระดับ	4-1
4.2 ชนิดของกล้องระดับ	4-3
4.3 ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้องระดับ	4-4
4.4 ส่วนประกอบของกล้องระดับ	4-5
4.5 อุปกรณ์ / เครื่องมือในการทำระดับ	4-6
4.6 วิธีการตั้งกล้องระดับ	4-7
4.7 การปรับแก้กล้องระดับ	4-8

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ระบบดาวเทียม GPS

5.1 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS 5-1
5.2 ชนิดของเครื่องรับ GPS 5-3
5.3 วิธีการหาตำแหน่งบนพื้นโลกของดาวเทียม 5-5
5.4 การทำงานรังวัด GPS แบบสัมพัทธ์ 5-6
5.5 ประโยชน์ของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม 5-8
5.6 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS 5-9
5.7 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการใช้งาน 5-10
5.8 การใช้งานและการดูแลรักษา 5-10
5.9 ระบบดาวเทียมในปัจจุบัน 5-11

บทที่ 6 เครื่องวัดระยะ

6.1 ชนิดของเครื่องวัดระยะ 6-1
6.2 เทปวัดระยะ 6-2
6.2.1 การแก้ระยะของเทป 6-2
6.2.2 ความผิดที่เกิดขึ้นในการวัดระยะด้วยเทป 6-5
6.2.3 การใช้งานและการดูแลรักษาเทปวัดระยะ 6-5
6.3 เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ 6-6
6.3.1 ชนิดของเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ 6-6
6.3.2 การใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ 6-6

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของการบำรุงรักษาเครื่องมือสำรวจ

ในการสำรวจรังวัด เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลถือว่าเป็นสิ่งจาเป็นอย่างยิ่งที่นักสำรวจต้องตระหนักและระลึกอยู่เสมอว่า “เครื่องมือสำรวจเป็นหัวใจของการสำรวจ” แม้ว่าจะเป็นนักสำรวจที่เก่งกาจเชี่ยวชาญแค่ไหน แต่ถ้าขาดเครื่องมือที่จะใช้เก็บรวบรวมข้อมูล หรือถึงจะมีเครื่องมือแต่เครื่องมือเหล่านั้นไม่สมบูรณ์ ไม่พร้อมที่จะใช้งาน มีความคลาดเคลื่อนในการรังวัดการทางานสำรวจนั้นๆจะไม่ประสบผลสำเร็จลงได้ นอกจากนั้นเครื่องมือสำรวจยังเป็นเครื่องมือเฉพาะอาชีพ มีราคาสูง ไม่ใช่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด ถ้าเกิดการชารุด เสียหาย หรือสูญหายย่อมก่อให้เกิดปัญหาอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานในสนาม ดังนั้นการนำเครื่องมือสำรวจออกไปใช้งานอย่างระมัดระวัง ถนอม บำรุง ดูแล เก็บรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุด มีอายุการใช้งานที่ยาวนานจะทำให้เกิดการคุ้มค่าต่อการลงทุน

1.2 การตรวจสอบเครื่องมือ

เครื่องมือและอุปกรณ์การทำแผนที่ เมื่อใช้ไปนานๆ จะต้องมีการตรวจสอบเพื่อทดสอบคุณภาพ และความคงทน การตรวจสอบควรกำหนดให้มีเป็นครั้งคราวตามความเหมาะสมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ดังนี้

(1) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นยังมีคุณภาพดี ได้มาตรฐานใช้ปฏิบัติงานได้ต่อไปหรือไม่

(2) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นผิดไปจากมาตรฐานเดิมหรือไม่ จะได้แก้ไขให้ถูกต้องตามเดิม

(3) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นเก่าหรือล้าสมัย เพื่อจะได้หาของใหม่เปลี่ยนแทน

(4) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบการชำรุด และจัดการซ่อมแซม

1.3 วิธีการใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือสำรวจ

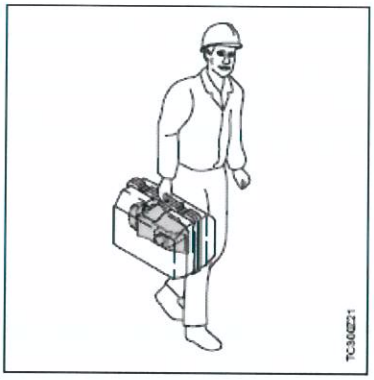
วิธีการใช้และการเก็บรักษาเครื่องมือสำรวจสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

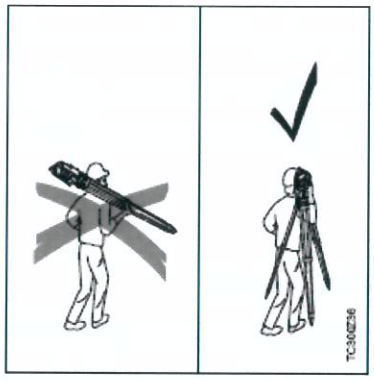
(1) การยก การถือหรือการเคลื่อนย้ายเครื่องมือ ควรกระทำด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเอาเครื่องมือออกจากกล่อง หรือหีบห่อที่ใช้บรรจุ เพราะเครื่องมือไม่มีเกราะป้องกันอันตราย และต้องปิดเก็บกล่องเครื่องมือให้สนิททันทีเพื่อป้องกันความชื้น หรือสิ่งไม่พึงประสงค์เข้าไปในกล่องเครื่องมืออันจะทาให้เครื่องมือเกิดความเสียหาย เพราะเครื่องมืออาจสัมผัสกับความชื้นภายนอกได้

(2) การขนย้ายเครื่องมือ เวลาจะขนย้ายเครื่องมือจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ต้องรัดขาตั้งให้เรียบร้อย ในกรณีที่ไม่ถอดเครื่องมือออกจากขาตั้งต้องยึดตัวเครื่องมือให้แน่น รัดขาตั้ง แล้วยกขาตั้งแบกขึ้นใส่บ่าให้ตัวเครื่องมืออยู่ข้างหน้าคนแบก ใช้มือข้างหนึ่งจับประคองเครื่องมือ

ไว้ แต่ถ้าเคลื่อนย้ายไม่ไกลมากนัก อาจใช้มือจับขาตั้งเอาแขนรัดขาตั้งแนบเข้าข้างลาตัวบริเวณใต้รักแร้ส่วนอีกมือจับประคองเครื่องมือหันไปข้างหน้าเอาไว้ในขณะขนย้าย

(3) การกำหนดจุดตั้งเครื่องมือ ไม่ตั้งเครื่องมือในจุด หรือบริเวณที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย แต่ถ้ามีความจำเป็นจริง ๆ จะต้องคอยยืนเฝ้าเครื่องมืออย่างใกล้ชิดตลอดเวลา และกางร่มเอาไว้เพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจน เช่นบนทางเดิน บนถนน หรือในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างต่าง ๆ โดยเลือกตั้งเครื่องมือในบริเวณที่มีดินแข็งพอที่จะรับน้ำหนักได้ ไม่ควรตั้งบนพื้นหิน คอนกรีต หรือพื้นที่เป็นดินเลน ยกเว้นมีฐานรองรับบังคับขาตั้งเครื่องมือไว้





(4) การตั้งขาเครื่องมือ ไม่ควรตั้งขาเครื่องมือกว้าง หรือแคบจนเกินไป อันเป็นสาเหตุให้เครื่องมือทรุดหรือล้มได้ในขณะปฏิบัติงาน การปักขาตั้งเครื่องมือต้องกดขาตั้งลงพื้นไปตามแนวความลาดของขาตั้งโดยออกแรงพอประมาณ ไม่กดขาตั้งลงพื้นไปในแนวดิ่งจะทำให้ขาตั้งหักได้

(5) การยืนในการปฏิบัติงาน ไม่ยืนคร่อมขาตั้งเครื่องมือ ต้องยืนอยู่ตรงบริเวณช่องว่างระหว่างขาตั้งเครื่องมือเท่านั้น ไม่ยืนเกาะขาตั้งหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องมือโดยที่ไม่จำเป็น ให้จับหรือแตะต้องเฉพาะส่วนที่จะใช้งานเท่านั้น

(6) การหมุนปรับตั้งขณะใช้งานเครื่องมือ ไม่หมุนหรือคลายสกรู เพื่อปรับตั้งส่วนต่าง ๆของขาตั้งในขณะปฏิบัติงานอยู่ให้แน่นจนเกินไปจะทำให้คลายสกรูลำบากหรือคลายไม่ออกเป็นเหตุทำให้เกลียวเสีย ในการหมุนปรับตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือจะต้องหมุนปรับด้วยความระมัดระวังเป็นที่สุด โดยยึดถือหลักที่ว่า “หมุนปรับตั้งด้วยความระวังหนักแน่นแต่นิ่มนวล”

(7) การใช้กล้องระดับหรือกล้องวัดมุม เมื่อเลิกใช้งานแล้วต้องตรวจดูสภาพของกล้องให้อยู่ในสภาพเดิม และชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ อยู่ในตำแหน่งปกติพร้อมที่จะใช้งานได้ทันทีในครั้งต่อไปโดยในขณะที่มีหมอก ไอน้ำ หรือมีละอองฝนห้ามนำกล้องออกจากกล่องโดย

เด็ดขาด เพราะจะทาให้ความชื้นเข้าไปเกาะภายในเลนส์และจานองศา ทาให้เกิดสนิมและเป็นราเกาะอยู่ภายในไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป

(8) การบำรุงรักษาเครื่องมือ เมื่อเลิกใช้งานแล้วต้องทำความสะอาดเครื่องมือทุกครั้งให้อยู่ในสภาพสะอาด เรียบร้อยไม่ให้เปรอะเปื้อนดิน โคลน หรือเปียกน้ำ ต้องเช็ดทำความสะอาดให้แห้งสนิท มีการหยอดน้ำมันหล่อลื่นเฉพาะเครื่องมือนั้น ๆ ในบางชิ้นส่วนของเครื่องมือเพื่อป้องกันสนิมและเชื้อรา

(9) การเช็ดเลนส์ ให้ใช้แปรงขนอ่อนปัดฝุ่นทำความสะอาดแล้วใช้ผ้าสาหรับเช็ดเลนส์โดยเฉพาะทำความสะอาดเลนส์ก่อนเก็บเครื่องมือเข้ากล่องหรือหีบห่อ ห้ามใช้มือหรือผ้าที่ไม่สะอาดเช็ดเลนส์โดยเด็ดขาด

(10) การเก็บเครื่องมือ ต้องเก็บเครื่องมือในห้องหรือสถานที่ที่ไม่มีความชื้นภายในอากาศมาก ควรเก็บในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะเป็นการดีที่สุด และควรเปิดกล่องหรือหีบห่อเพื่อผึ่งแดดเป็นบางครั้งในกรณีที่เก็บเครื่องมือเป็นเวลานาน ๆ โดยที่ไม่ได้เปิดออกมาใช้งาน

1.4 คุณสมบัติประจำตัวของนักสำรวจที่ดี

งานสำรวจรังวัดไม่สามารถทำงานคนเดียวได้ ต้องทางานกันเป็นทีมเป็นกลุ่ม พบปะอยู่ร่วมกันกับคนหมู่มาก มีการเจรจาชี้แจงให้ ข้อมูลด้วยเหตุด้วยผล การเป็นนักสำรวจจึงมิใช่แค่ประกอบอาชีพในงานสำรวจเพื่อหาเงินมาเลี้ยงชีพเท่านั้น แต่ต้องร่วมกับกลุ่มบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องในการประกอบอาชีพทางด้านนี้ ที่จะต้องร่วมกันแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน ดังนั้นการมีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ที่ได้พบเห็นมาจึงไม่เพียงพอที่จะเป็นนักสำรวจที่ดีได้ สิ่งสำคัญและจาเป็นอย่างยิ่งคือต้องมีคุณลักษะหรือคุณสมบัติประจำตัวสำหรับนักสำรวจควบคู่ไปด้วย ซึ่งนักสำรวจที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) เป็นผู้มีมนุษย์สัมพันธ์ จะต้องกระทำตัวให้เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม เป็นคนที่มีคุณค่าต่อผู้อื่นเสมอ พูดจาสุภาพมีสัมมาคารวะ รับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ช่วยเหลือผู้อื่น

(2) เป็นผู้มีวินัย ตรงต่อเวลา มีความเที่ยงตรงในตนเองและส่วนรวม ยึดถือความยุติธรรมประจำใจ ประพฤติตนถูกต้องตามระเบียบของสังคม มีศีลธรรมอันดีงาม

(3) เป็นผู้รับผิดชอบ ตั้งใจทำงาน ทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย มีมาตรฐาน ไม่ประมาทสะเพร่า ปฏิบัติงานตามหน้าที่ตนเอง ทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนดและมีความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น

(4) เป็นผู้มีความอดทนอดกลั้น มีสติ สามารถควบคุมอารมณ์ตนเองได้ดี เป็นคนสุขุมรอบครอบ ควบคุมกิริยามารยาทในสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ได้ เป็นคนมีอารมณ์ดีอยู่เสมอ

(5) เป็นผู้มีความเชื่อมั่นในตัวเอง กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล พูดความจริงยอมรับความเป็นจริงไม่นำผลงานของคนอื่นมาแอบอ้างเป็นของตนเอง

บทที่ 2
กล้องวัดมุม Theodolites

กล้องวัดมุมในสมัยก่อนจะแบ่งเป็นกล้อง Transit และ Theodolite ซึ่งจะใช้ในการสำรวจทำแผนที่ สามารถวัดมุมราบและมุมสูง การวัดระยะราบ และระยะดิ่งหรือความต่างระดับ ใช้ในการวางแนวทางต่างๆ ตลอดจนการทำระดับอย่างหยาบๆ

การแยกชนิดของกล้องวัดมุม เป็นกล้อง Transit และ Theodolite นั้นจะไม่เป็น เพียงแต่เป็นการรู้กันในกลุ่มช่างสำรวจว่าอันไหนเป็นกล้อง Transit และ Theodolite

ในยุโรปเมื่อก่อนเรียกเครื่องมือวัดมุมว่า Transiting Theodolite คำว่า Transiting หมายความว่า กล้องสามารถกระดกกลับได้ คือกระดกส่องหน้าและส่องหลังได้ แต่ชาวยุโรปเรียก Transiting Theodolite ว่า Theodolite ในขณะเดียวกันชาวอเมริกันเรียกว่า Transit

เมื่อนานเข้าก็เกิดความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดขึ้นแต่หลักการออกแบบเหมือนกัน ในสมัยก่อน กล้องจะเป็นระบบ Vernier จานองศาจะเป็นโลหะและมี Vernier ช่วยในการอ่าน และกล้อง Transit จะมีหลอดระดับติดอยู่กับ Telescope

ในปี 1922 Carl Zeiss Jena ได้ประดิษฐ์กล้อง Optical Theodolite ขึ้นเป็นครั้งแรก เพราะก่อนหน้านั้นไม่มีการประดิษฐ์จานองศาที่ใช้แก้วและได้พบระบบ Micrometer ในยุโรป

2.1 ชนิดของกล้อง Theodolite

1. VERNIER THEODOLITE หรือ REPEATING THEODOLITE

หมายถึง กล้องที่ใช้ Vernier ในการอ่านองศา ส่วนมากจะเป็นกล้อง Transit และ Theodolite จานองศามักจะเป็นโลหะ จะมีเป็นแก้วบางแต่ก็น้อย บางทีเรียกกล้องชนิดนี้ว่า Double axis Theodolite ถ้ามีหลอดระดับติดกับตัวกล้องเราก็เรียกว่ากล้อง Transit

VERNIER THEODOLITE

2. OPTICAL READING THEODOLITE

บางทีเรียกว่า Single axis theodolite เพราะไม่มีจานล่างจานบน แต่บางชนิดก็มี กล้องชนิดนี้ให้ความละเอียดมาก จานองศาจะเป็นแก้ว และมี Prism , Lens ต่างๆ มากมายในตัวกล้อง การอ่านองศาจะมีหลายระบบ เช่น

- DIRECT READING THEODOLITE หรือ SCALE READING THEODOLITE ทั้งนี้เพราะว่า การอ่านองศาอ่านจากองศาเพียงหน้าเดียว และขีดองศาก็ทำหน้าที่เป็น Index ซึ่งตัดกับ Glass scale ซึ่งทำหน้าที่เป็น Vernier สำหรับอ่านเศษขององศา

- SINGLE READING OPTICAL MICROMETER THEODOLITE หรือเรียกสั้นๆว่า Micrometer theodolite กล้องชนิดนี้ Optical scale จะเคลื่อนที่ และการอ่านเศษองศาจะใช้ Parallel sided glass block หรือ Plane parallel plate ซึ่งเราเรียกว่า Optical micrometer เพื่อเปลี่ยนแนวของแสงที่ผ่านจานองศามา

- DOUBLE READING OPTICAL MICROMETER THEODOLITE กล้องชนิดนี้ค่ามุมจะได้จากการเฉลี่ยจากจานองศาทั้งสองด้านซึ่งอยู่ตรงข้ามกัน โดยใช้ Prism ที่เป็นแท่งอยู่ข้างล่างจานองศาเป็นตัวสะท้อน ซึ่งเป็น Double image เพราะฉะนั้นเราจะเห็นค่าต่างกัน 180 องศา ตัวเลขตัวบนจะหัวกลับ กล้องชนิดนี้จึงวัดมุมได้ละเอียดมากถึง 1 second

OPTICAL READING THEODOLITE

3. DIGITAL THEODOLITE หรือ ELECTRONIC THEODOLITE

กล้องชนิดนี้จะมีทั้งจานองศาราบและจานองศาดิ่ง แต่ตัวองศาจะเป็นรหัสแถบ จานองศาจึงเรียกว่า Code disks หรือ Glass encoder disk ลักษณะของรหัสแถบจะมีแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิต การทำงานของระบบการอ่านจะใช้ระบบ Electro-optical system ค่าองศาจะอ่านได้ทุกระบบที่มีอยู่ เช่น 400 gon , 360^{o} sexagesimal , 360^{o} decimal , 6400 mil

DIGITAL THEODOLITE

2.2 อุปกรณ์พิเศษที่ใช้ประกอบกล้อง THEODOLITE

อุปกรณ์พิเศษนี้จะมีคล้ายๆกัน สำหรับกล้องแต่ละแบบ จะแตกต่างกันเพียงขนาดซึ่งทำให้สวมกันไม่ได้ เวลาใช้ต้องดูรหัสว่าอุปกรณ์พิเศษหมายเลขนี้ใช้กับกล้อง Model ไหน เป็นต้น โดยอุปกรณ์ต่างๆมีดังนี้

1. เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (EDM) ในปัจจุบันนี้สามารถติดตั้งเครื่องวัดะยะกับกล้อง Theodolite ได้ จึงทำให้ขณะที่วัดมุมสามารถวัดระยะได้ด้วย ทำให้การปฏิบัติงานทำได้เร็วขึ้น

กล้องวัดมุม และ EDM

2. ชุดแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทำงานในเวลากลางคืน การปฏิบัติงานในเวลากลางคืนจะต้องใช้เป้า (Target) ที่สามารถติดชุดแบตเตอรี่ได้เช่นเดียวกับกล้อง

3. เข็มทิศ เข็มทิศที่ใช้ติดกับกล้องจะมี 2 ชนิด คือ เข็มทิศหลอด (Tubular compass) และเข็มทิศตลับ (Circular compass) จะใช้ในการหา Azimuth ของด้านต่างๆ ของวงรอบ หรือเส้นรังวัด

4. ระดับของตัวกล้อง (Telescope level) ระดับที่ติดกับตัว Telescope นี้จะเป็น Tilting level จะใช้ในการทำระดับอย่างหยาบๆ การตั้งระดับจะใช้ควงสัมผัสทางดิ่ง (Vertical Drive screw) ความละเอียดของแนวเล็งประมาณ $\pm 2''$

5. กล้องเล็งหัวหมุด (Telescope roof plummet) เป็นกล้องที่ใช้ติดที่เดียวกันกับที่ติดระดับ การติดกล้องเล็งหัวหมุดนี้ก็เพื่อจะตั้งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งหัวหมุด แต่เนื่องจากว่าหมุดอยู่บนเพดาน การตั้งจึงจำเป็นต้องตั้ง Telescope ให้อยู่ในแนวราบเสียก่อน

6. Objective pentaprism ใช้สวมทาง Objective เพื่อหักเหแนวเล็งของกล้องให้เท่ากับ 90° ใช้สำหรับการถ่าย Azimuth ลงปล่องอุโมงค์ หรือถ่าย Azimuth ขึ้นข้างบน

7. Solar prism เป็น Prism ที่ใช้สวมทาง Objective ของกล้อง ใช้ในการส่องดวงอาทิตย์เพื่อหาทิศเหนือจริงทางดาราศาสตร์ หรือหาค่า Latitude การใช้ Solar prism จะไม่เป็นอันตรายต่อสายตา ดวงอาทิตย์ที่เมองห็นจะเป็นรูปดอกจันทร์ 4 แฉก

8. Eyepiece prism เป็น Prism ที่ใช้สวมทาง Eyepiece ของกล้องเพื่ออ่านมุมสูง ที่สามารถส่องได้ถึง 65° Prism จะมี Filter ด้วย

9. Diagonal eyepiece เป็น Eyepiece ที่ใช้สวมแทน Eyepiece ของกล้องและช่องอ่านองศา ทำให้สามารถวัดมุม Zenith ค่าน้อยๆ ได้ หรือวัดค่ามุมสูงได้มาก

10. Eyepiece Filters เป็น Filter ใช้สวมทับ Eyepiece ของตัวกล้อง ใช้ในการส่องวัตถุที่มีแสงจ้าหรือส่องดวงอาทิตย์ในกรณีที่ไม่มี Solar prism

11. Laser eyepiece ใช้สวมแทน Eyepiece ของกล้อง ซึ่งแสง Laser จะเป็นจุดสีแดงเล็กๆ อยู่ระหว่างจุดตัดของสายใยราบและสายใยดิ่งของกล้อง ซึ่งทำให้ลำแสงอยู่ในแนว Line of sight ใช้ในการวางแนวอุโมงค์เหมืองแร่ และงานก่อสร้างอื่นๆ

12. Autocollimation eyepiece , Diagonal Autocollimation eyepiece , Autocollimation prism , Autocollimation mirror ทั้งหมดนี้ใช้ประกอบทาง Eyepiece ของกล้อง ใช้ในงานวางแนวและวัดมุม Deflection เล็กๆ โดยเฉพาะในโรงงาน ห้องทดลอง และในงานติดตั้งเครื่องจักร

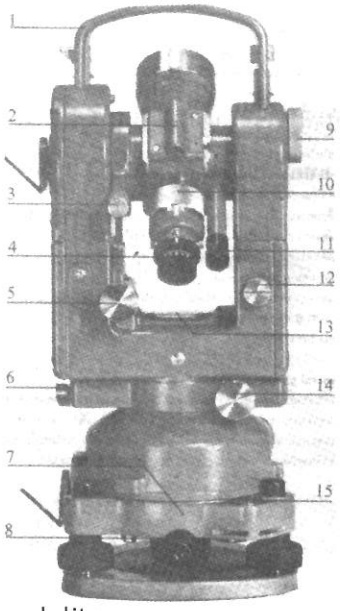
13. Parallel plate micrometer ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร เช่น การเบี่ยงเบนของระดับเครื่องจักรจากแนว Line of sight และ Micrometer นี้สามารถติดตั้งได้ทั้งแนวตั้งและแนวราบ อ่านได้ละเอียดขีดละ 0.2 มม.

14. เลนส์ช่วย (Auxiliary lenses) เป็นเลนส์ที่ใช้สวมทาง Objective เพื่อให้ระยะ Focus สั้นเข้า ซึ่งทำให้ส่องได้ใกล้ เลนส์นี้จะมีหลายแบบ ซึ่งจะมีตั้งแต่ 0.50-1.72 ม.

15. Eyepiece พิเศษ (Optical eyepieces) ที่เลือกใช้ตามสภาพที่ต่างจาก Standard eyepiece เช่น ใช้ในห้องทดลอง ใช้ในการหาเป้า เพราะกำลังขยายน้อย จะทำให้เห็นทัศนียภาพมาก เมื่อเห็นเป้าแล้วจึงเปลี่ยนเป็น Eyepiece ที่ใช้กำลังขยายมากๆ

16. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เป้า ขาตั้งกล้อง

2.3 ส่วนประกอบของกล้อง Theodolite



ส่วนประกอบของกล้อง Theodolite

1. หูหิ้ว สามารถถอดออกได้เพื่อติดตั้งเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (EDM)
2. กล้องเล็งเป้า (Gunsight)
3. ควงบังคับทางดิ่ง (Clamping screw for vertical circle)
4. เลนส์ตากล้อง (Eyepiece of telescope)
5. ควงสัมผัสทางดิ่ง (Vertical drive screw หรือ Tangent screw)
6. Clamp
7. แท่นกล้อง (Tribach)
8. กล้องส่องหัวหมุด (Optical plummet)
9. ควงปรับไมโครมิเตอร์ (Knob for coincidence setting หรือ Micrometer setting knob)
10. แหวนปรับความชัดของภาพ (Ring for focusing telescope)
11. ตากล้องอ่านองศา (Eyepiece for reading microscope)
12. ควงเปลี่ยนการอ่านองศา (Inverter knob) ใช้เปลี่ยนองศาราบเป็นดิ่งหรือดิ่งเป็นราบ
13. ระดับฟองยาว (Tubular level หรือ Spilt level หรือ Plate level)
14. ควงสัมผัสทางราบ (Horizontal drive screw)
15. ระดับฟองกลม (Circular level)
16. Foot screw (ควงสามเส้า) ใช้ตั้งระดับเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Leveling screw
17. ควงตั้งองศา (Circle orientation knob)
18. Reflector กระจกสะท้อนแสง

2.4 ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้อง Theodolite

สำหรับกล้องวัดมุมที่ถูกต้องจะต้องมีลักษณะดังนี้

1. สายใยดิ่งจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนราบของกล้อง จะทำให้จุดต่างๆ บนสายใยดิ่งสามารถใช้ในการวัดมุมราบได้อย่างถูกต้อง หรือทำให้วางแนวได้อย่างถูกต้อง

2. แกนของระดับล่าง (Plate level) จะต้องตั้งได้ฉากกับแกนดิ่ง ทั้งนี้เพื่อว่าเมื่อกล้องได้ระดับแล้ว แกนดิ่งของกล้องจะอยู่ในแนวดิ่งจริงๆ นั่นคือมุมราบจะถูกวัดอยู่ใน Horizontal plane และมุมดิ่งจะถูกวัดโดยปราศจาก Index error เนื่องจากการเอียงของแกนดิ่ง

3. แนวเล็ง (Line of sight) จะต้องตั้งได้ฉากกับแกนราบที่จุดตัดกับแกนดิ่งและแกนกล้อง แกนกล้องจะต้องเป็นแกนเดียวกับแนวเล็ง ซึ่งถ้าเป็นอย่างนี้แล้ว ถ้าหมุนตัวกล้องรอบๆ แกนราบ แนวเล็งจะอยู่ในลักษณะที่เป็น Plane เมื่อเราปรับโฟกัส ไม่ว่าส่องที่หมายใกล้หรือไกล จุดที่หมายนั้นจะอยู่บน Plane ของแนวเล็ง ซึ่งจะผ่านแนวแกนดิ่ง

4. แกนราบจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนดิ่ง ดังนั้นเมื่อกระดกกล้องแนวเล็งจะอยู่ในพื้นดิ่ง (Vertical plane)

5. แกนของหลอดระดับตัวบนจะต้องขนานกับแกนกล้องในกรณีที่ต้องการหาค่าระดับ หรือเพื่อให้การวัดมุมสูงได้ถูกต้อง ปราศจาก Index error

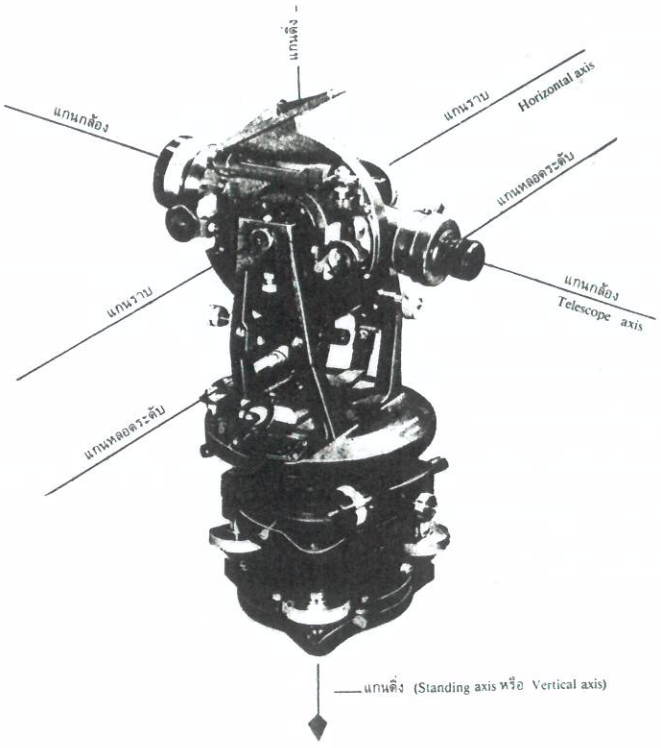
6. ในกรณีที่ระดับดิ่งได้ระดับ แนวกล้องอยู่ในแนวระดับ Vernier ของกล้องจะต้องได้ศูนย์พอดี เพื่อให้การวัดมุมสูงได้ถูกต้อง ไม่มีความคลาดเคลื่อนจาก Vernier

7. แกนกล้องจะต้องตั้งได้ฉากกับแกนราบ

8. จุดตัดของสายใยราบและสายใยดิ่งจะต้องอยู่กึ่งกลางของ Field of view ที่มองเห็นใน Eyepiece

9. ในกรณีที่กล้องใช้ Striding level เพื่อแก้การเอียงของแกนราบ แกนของ Striding level จะต้องขนานกับแกนราบของกล้อง และถ้าสมมุติว่าหมุนกล้องได้แนวเล็งจะต้องอยู่ใน Vertical plane

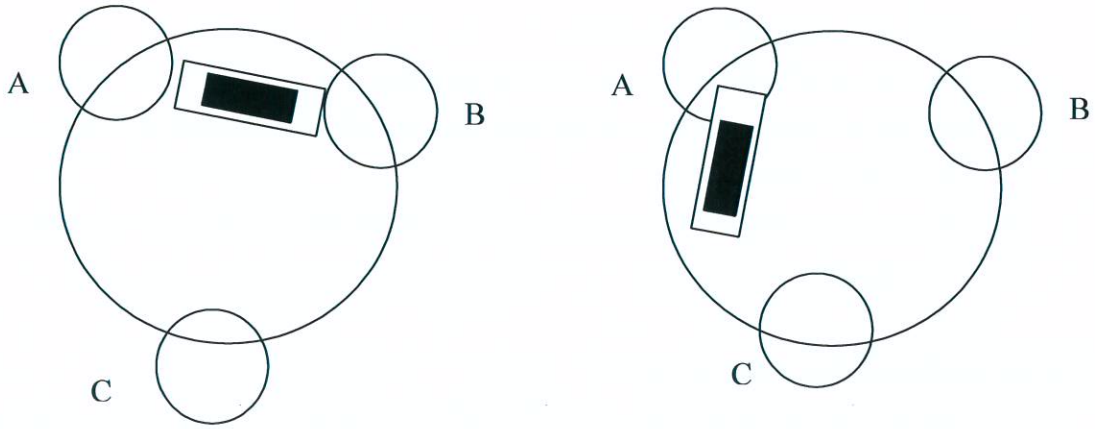
10. ในกล้องที่มี Optical plummet หรือกล้องเล็งหัวหมุด แนวเล็งในทางดิ่งจะต้องอยู่ในแนวดิ่ง (Plumb line)



2.5 การตรวจสอบและการปรับแก้เบื้องต้น

1.) การตรวจสอบและปรับแก้หลอดระดับฟองยาว

1. วางแผ่นระดับ plat level ในมุมที่ถูกต้องในแนวเดียวกับ leveling screw A และ screw B ให้ปรับ leveling screw เพื่อให้ฟองระดับน้ำได้จุดศูนย์กลาง
2. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา เพื่อที่จะปรับตำแหน่งแผ่นฐานให้อยู่เหนือ C และปรับ C เพื่อที่จะให้ฟองระดับน้ำได้ศูนย์กลาง
3. หมุนเครื่องเล็งไป 180 องศา เพื่อที่จะให้แผ่นฐานอยู่เหนือ C ให้ปรับ A และ เพื่อที่จะขจัดการเคลื่อนออกจากตำแหน่งเดิมออกครึ่งหนึ่ง
4. หมุน plate level adjusting screw ด้วย adjusting pin เพื่อที่จะให้ฟองระดับน้ำได้จุดศูนย์กลางพอดี
5. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา ให้กลับไปอยู่ที่ตำแหน่งเดิมครั้งแรก ถ้าระดับฟองน้ำยังคงออกจากศูนย์กลางให้ทำการปรับ C อีกครั้ง
6. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา ไปที่ตำแหน่งในข้อ 2 ถ้าฟองระดับน้ำยังคงออกจากจุดศูนย์กลางให้ทำตามในขั้นตอนในข้อ 3 – 5 จนกระทั่งฟองระดับน้ำอยู่ศูนย์กลางพอดี



2.) การปรับระดับฟองกลม

ทำการปรับหลังจากทำการปรับแผ่นฐาน plate level แล้ว ถ้าฟองระดับน้ำยังคงออกจากจุดศูนย์กลางให้หมุน circular level adjusting screws เบาๆ ด้วย adjusting pin จนกระทั่งฟองระดับน้ำได้ศูนย์กลาง

3.) การปรับ optical plummet

1. เมื่อตั้งกล้องได้ระดับแล้วจุดที่จะทำการสำรวจปรากฏที่จุดกึ่งกลางระหว่างเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง ให้คลาย horizontal motion clamp screw ออก หมุนกล้อง ไป 180° และมองดูที่จุดที่ต้องการสำรวจอีกที จุดที่ต้องการสำรวจควรจะปรากฏที่ศูนย์กลางของเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง
2. ถ้าจุดที่ต้องการสำรวจไม่ได้ศูนย์กลาง
   a) แก้ไขความผิดพลาดครึ่งหนึ่งด้วย four adjusting capatan screw ของ optical plummet และแก้ไขส่วนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งด้วยการหมุนเคลื่อนกล้อง

b) หมุนตำแหน่งของกล้องและทำการปรับอีกทีเพื่อทำให้แน่ใจว่าจุดที่ต้องการสำรวจจะอยู่ที่ศูนย์กลางของเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าการปรับข้างใดๆ ไม่สามารถทำให้ปัญหาที่เกิดหมดไปได้ แสดงว่าต้องส่งกล้องไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการเช็ค

2.6 การป้องกันทั่วๆไป

(1) ต้องใส่กล้องไว้ในกล่องเสมอเมื่อต้องการนำกล้องออกไปใช้งาน หรือในระหว่างการเดินทางกล่องที่ใส่กล้อง จะป้องกันแรงกระแทกที่เกิดกับกล้อง

(2) เมื่อนำกล้องออกจากกล่องพลาสติกให้จับ standard ของกล้องให้แน่น และดึงกล้องออกมา

(3) ห้ามวางกล้องบนพื้นเพราะเศษผงหรือทรายที่ติดอยู่ใต้ฐานกล้องจะทำให้ส่วนบนของขาตั้ง 3 ขา และ centring screw ถูกทำลายได้เมื่อนำกล้องไปติดตั้ง

(4) ห้ามถือกล้องด้วยการจับ standard ของกล้องทั้งสองข้างให้จับ standard หนึ่งข้างด้วยมือข้างหนึ่งและใช้มืออีกข้างหนึ่งรองใต้กล้อง

(5) เมื่อต้องทิ้งกล้องที่ทำการติดตั้งบนขาตั้งไว้แล้ว ให้ปิดเลนส์ของกล้องด้วยฝาครอบเลนส์และคลุมกล้องด้วยผ้าคลุมกล้อง

(6) ห้ามทิ้งกล้องตากฝนหรือตากแดดจัด

(7) เมื่อนำกล้องไปเก็บให้ทำตามรูปที่แสดงไว้ในกล่องกล้อง

(8) เพื่อป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์ของกล้องในขณะขนย้ายให้นำอุปกรณ์เหล่านั้นเก็บไว้ในที่เก็บไว้ในที่เก็บเสมอ

(9) ใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ไม่เป็นกรดหรือด่างที่ทำลายพลาสติกหรือใช้น้ำเปล่า ทำความสะอาดกล่องพลาสติก

2.7 การบำรุงรักษากล้อง THEODOLITE

(1) กล้องสำรวจอาจถูกทำลายได้ด้วยความชื้น ดังนั้นถ้ามีฝนตกลงมาในขณะการสำรวจให้เช็ดกล้องให้แห้ง

(2) ต้องทำความสะอาดกล้องทุกครั้งก่อนที่จะเก็บลงกล่อง โดยใช้แปลงสำหรับปัดเลนส์โดยเฉพาะปัดที่เลนส์และเป่าลมหายใจไปที่เลนส์และเช็ดออกให้สะอาดด้วยผ้านุ่มๆ ที่สะอาดหรือกระดาษทิชชู

(3) หลังจากการใช้งานให้ตรวจสอบที่ขาตั้งสามขาว่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของขาตั้งศูนย์หายหรือไม่

(4) ให้ติดต่อกับผู้ขายทันทีถ้า

I. ถ้ามีผลึกหรือเชื้อราเกิดขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่งภายในเทเลสโคป

II. ถ้ามีสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก เช่น เศษผงฝุ่นอุดตันในเส้นใยกล้องหรือในส่วนที่ถอดออกได้ของกล้อง

2.8 ข้อควรระวังในการใช้กล้อง THEODOLITE

(1) ห้ามวางกล้องลงบนพื้นดิน

(2) ในขณะที่ปฏิบัติงาน ควรกางร่มบังแสงแดดหรือละอองฝนให้กับกล้อง

(3) ห้ามเคลื่อนย้ายกล้องในขณะที่ติดตั้งอยู่บนขาตั้งกล้อง

(4) ขณะที่ถือกล้องควรถือด้วยความระมัดระวัง และหลีกเลี่ยงในการที่จะทำให้เกิดการ

กระทบกระเทือนหรือสั่นอย่างรุนแรง

(5) เมื่ออยู่ในระหว่างการใช้งานและผู้ปฏิบัติต้องออกไปจากกล้อง ควรใช้ถุงไวนิค (เป็นอุปกรณ์ที่มาพร้อมกับกล้อง) คลุมกล้องไว้

(6) การวางกล้องลงในกล่องควรวางตามแบบที่กำหนด

(7) ก่อนทำการปิดกล่องกล้อง ต้องแน่ใจว่าไม่มีความชื้นอยู่ภายใน เพราะความชื้นจะเป็นตัวทำให้กล้องเสียหายได้

(8) คลายควงยึดทั้งทางราบและทางดิ่งเมื่อบรรจุอยู่ในกล่อง

บทที่ 3
กล้องสำรวจแบบประมวลผล (Total Station)

กล้องสำรวจแบบประมวลผล (Total Station) เป็นกล้องชนิดกล้องวัดมุมดิจิตอลประกอบเครื่องวัดระยะในตัว แกนแนวเล็งของกล้องวัดมุมดิจิตอลและแกนลำแสงของเครื่องวัดระยะทางจึงอยู่บนแกนเดียวกัน การทำงานสำรวจด้วยกล้องสำรวจประมวลผล จะช่วยให้การสำรวจ มีประสิทธิภาพและสามารถ ลดเวลาการทำงานลงได้ เพราะสามารถตรวจสอบข้อมูลและทราบข้อผิดพลาดได้ในสนาม ทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างครบถ้วน อีกทั้งยังเป็นการเก็บข้อมูลระบบดิจิตอล ทำให้สามารถโอนถ่ายข้อมูลระหว่าง กล้องสำรวจประมวลผลกับคอมพิวเตอร์ได้

ตัวอย่างกล้องประมวลผลรวม (Total Station)

3.1 ส่วนประกอบหลักของกล้องสำรวจประมวลผล

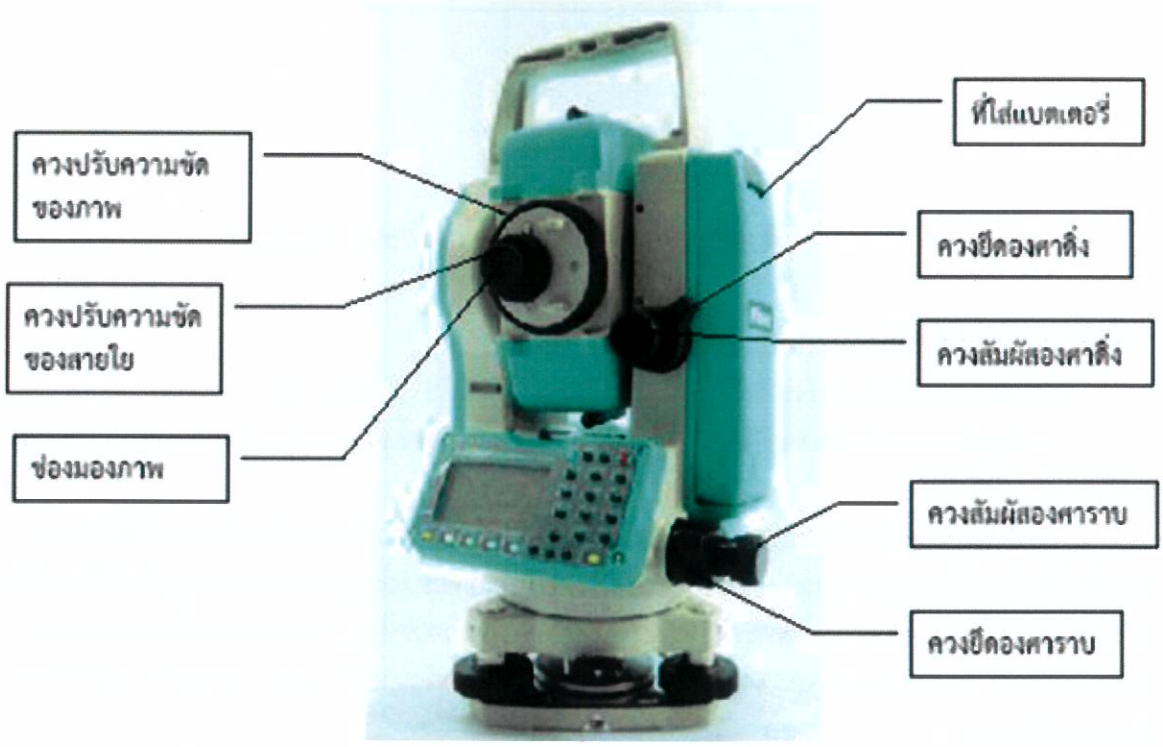
ส่วนประกอบหลักของกล้องสำรวจประมวลผล แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของการวัดมุมแบบดิจิตอล(Angle Measuring Device) สามารถอ่านค่ามุมราบและมุมดิ่ง ได้ละเอียดถึง 1 ฟิลิปดา

2. ส่วนของเครื่องวัดระยะทาง (EDM Unit) เป็นแบบอิเลกทรอนิกส์ชนิดคลื่นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยใช้แสงอินฟราเรด เป็นคลื่นวัดระยะทาง วิธีการส่งคลื่นแสงอินฟราเรดไปยังเป้าเล็งปริซึมสะท้อนแสง ให้สะท้อนกลับมายังเครื่องวัดระยะซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณของคลื่นที่ส่งออกไปแล้วสะท้อนกลับมา ความต่างPhase ของสัญญาณดังกล่าวถูกนำมาคำนวณหาระยะเวลาของการเดินทางของสัญญาณที่กำหนด

3. ส่วนของแผงควบคุมการทำงาน (Onboard Microprocessor) เป็นที่ตั้งหน้าจอและปุ่มการใช้งานต่างๆ และแป้นตัวอักษร แป้นตัวเลข สำหรับการป้อนข้อมูล

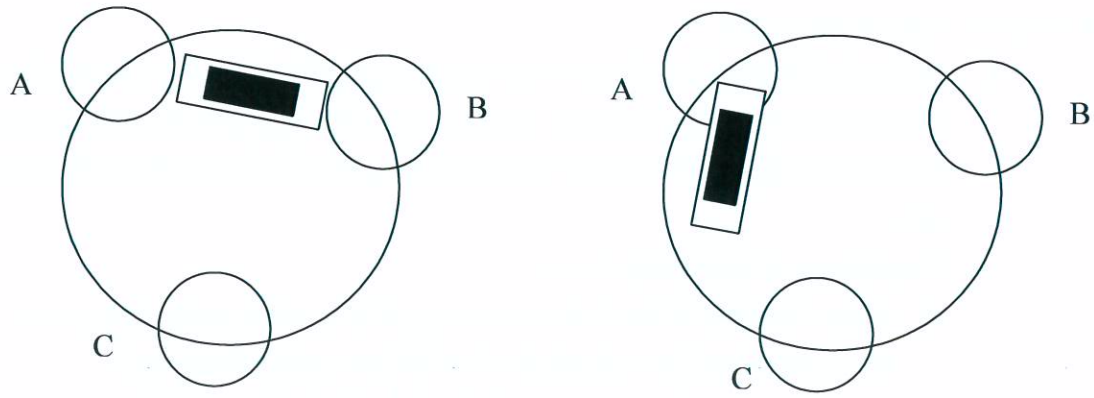
ส่วนประกอบของกล้องประมวลผลรวม



3.2 การตรวจสอบและการปรับแก้เบื้องต้นกล้องประมวลผลรวม (Total Station)

1.) การตรวจสอบและปรับแก้หลอดระดับฟองยาว

1. วางแผ่นระดับฟองยาว (plat level) ในมุมที่ถูกต้องในแนวเดียวกับควงสามเส้า A (leveling screw A) และ ควงสามเส้า B (leveling screw B) ให้ปรับควงสามเส้า (leveling screw) เพื่อให้ฟองระดับน้ำได้จุดศูนย์กลาง
2. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา เพื่อที่จะปรับตำแหน่งแผ่นฐานให้อยู่เหนือ C และปรับ C เพื่อที่จะให้ฟองระดับน้ำได้ศูนย์กลาง
3. หมุนเครื่องเล็งไป 180 องศา เพื่อที่จะให้แผ่นฐานอยู่เหนือ C ให้ปรับ A และ เพื่อที่จะขจัดการเคลื่อนออกจากตำแหน่งเดิมออกครึ่งหนึ่ง
4. หมุนสกรูปรับแก้หลอดระดับฟองยาว (plate level adjusting screw) ด้วยที่ปรับสกรู (adjusting pin) เพื่อที่จะให้ฟองระดับน้ำได้จุดศูนย์กลางพอดี
5. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา ให้กลับไปอยู่ที่ตำแหน่งเดิมครั้งแรก ถ้าระดับฟองน้ำยังคงออกจากศูนย์กลางให้ทำการปรับ C อีกครั้ง
6. หมุนเครื่องเล็งไป 90 องศา ไปที่ตำแหน่งในข้อ 2 ถ้าฟองระดับน้ำยังคงออกจากจุดศูนย์กลางให้ทำตามในขั้นตอนในข้อ 3 – 5 จนกระทั่งฟองระดับน้ำอยู่ศูนย์กลางพอดี



2.) การปรับระดับฟองกลม

ทำการปรับหลังจากทำการปรับแผ่นฐาน plate level แล้ว ถ้าฟองระดับน้ำยังคงออกจากจุดศูนย์กลางให้หมุนสกรูปรับแก้ระดับฟองกลม (circular level adjusting screws) เบาๆ ด้วยที่ปรับสกรู (adjusting pin) จนกระทั่งฟองระดับน้ำได้ศูนย์กลาง

3.) การตรวจสอบค่ามุมราบ

จุดประสงค์ของการปรับ ก็คือ ต้องการให้จานองศาดิ่งอยู่ที่ 90° เมื่อแนวเล็งอยู่ในแนวราบ และฟองระดับตัวบนอยู่กึ่งกลางความผิดจะทราบได้เมื่อการส่องมุมสูงด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวาไม่เท่ากัน หรือถ้าเป็นกล้องที่มีศูนย์องศาอยู่ที่จุด Zenith ค่ามุมของหน้าซ้ายและหน้าขวารวมกันจะเท่ากับ 360° พอดีถ้ากล้องถูกต้อง

วิธีการปรับแก้

1. ระยะจากกล้องไปยัง Staff ประมาณ 50 เมตร ตั้งกล้อง ตั้งระดับล่างแล้วตั้งระดับให้ได้ระดับ (ยกเว้นระดับอัตโนมัติ)

2. ใช้ควงสัมผัสทางดิ่ง (Vertical tangent screw) ตั้งจานองศาให้ได้ 90° แล้วก็อ่านค่า Staff จดค่าไว้ Staff ที่ใช้ควรจะเป็น Staff ที่มีขาตั้ง เช่น Invar staff

3. กลับกล้องเป็นกล้องหน้าขวา ตั้งระดับดิ่งใหม่ แล้วตั้งองศา 270° โดยใช้ควงสัมผัสทางดิ่ง (Vertical tangent screw) อ่านค่า Staff ได้เท่าเดิม แสดงว่ากล้องถูกต้อง

4. ถ้าได้ไม่เท่ากันแสดงว่ามีความผิด การแก้เฉลี่ยค่า Staff ทั้งสองแล้ว แล้วใช้ Tangent screw ปรับให้สายใยราบตัดค่า Staff ที่คำนวณได้ ปรับควงตั้งระดับดิ่งให้องศาได้ 270° หรือ 90° ตอนนี้ระดับจะเสียไป

5. ปรับแก้สกรูปรับหลอดระดับให้ได้ระดับก็เป็นอันว่าปรับแก้เรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบอีกครั้ง ถ้ายังผิดอยู่ก็ปรับแก้เหมือนเดิม

หมายเหตุ ในการส่องจะไม่ส่อง Staff ก็ได้ แต่จะส่งมุมสูงไปยังจุดหรือสานส่อฟ้าก็ได้ การส่องจะได้มุมสูงหน้าซ้าย และมุมสูงหน้าขวา เช่น มุมหน้าซ้ายได้ค่า 79° 30′ มุมหน้าขวาได้ 360° 20′ แสดงว่ามีความผิด = 20′ การแก้มุมจะนำไปลบทั้งหน้าซ้ายและหน้าขวา คือ 79° 30′ - $\frac{20'}{2}$ = 79° 20′ และ 280° 50′ - $\frac{20'}{2}$ = 280° 40′ หมุนควงตั้งระดับตัวบน ให้อ่านองศาให้ได้ 280° 40′ ตอนนี้ระดับจะเสียไปปรับแก้สกรูหลอดระดับให้ได้ระดับก็เป็นอันว่าการปรับแก้สิ้นสุดลง ควรจะตรวจสอบอีกครั้ง

4.) การปรับ optical plummet

1. เมื่อตั้งกล้องได้ระดับแล้วจุดที่จะทำการสำรวจปรากฏที่จุดกึ่งกลางระหว่างเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง ให้คลาย horizontal motion clamp screw ออก หมุนกล้อง ไป 180° และมองดูที่จุดที่ต้องการสำรวจอีกที จุดที่ต้องการสำรวจควรจะปรากฏที่ศูนย์กลางของเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง
2. ถ้าจุดที่ต้องการสำรวจไม่ได้ศูนย์กลาง
   a) แก้ไขความผิดพลาดครึ่งหนึ่งด้วย four adjusting capatan screw ของ optical plummet และแก้ไขส่วนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งด้วยการหมุนเคลื่อนกล้อง
   b) หมุนตำแหน่งของกล้องและทำการปรับอีกทีเพื่อทำให้แน่ใจว่าจุดที่ต้องการสำรวจจะอยู่ที่ศูนย์กลางของเส้นสองเส้นของสายใยกล้อง

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าการปรับข้างใดๆ ไม่สามารถทำให้ปัญหาที่เกิดหมดไปได้ แสดงว่าต้องส่งกล้องไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการเช็ค

3.3 การป้องกันทั่วๆไป

(1) ต้องใส่กล้องไว้ในกล่องเสมอเมื่อต้องการนำกล้องออกไปใช้งาน หรือในระหว่างการเดินทางกล่องที่ใส่กล้อง จะป้องกันแรงกระแทกที่เกิดกับกล้อง

(2) เมื่อนำกล้องออกจากกล่องพลาสติกให้จับหูหิ้วกล้องให้แน่น และดึงกล้องออกมา

(3) ห้ามวางกล้องบนพื้นเพราะเศษผงหรือทรายที่ติดอยู่ใต้ฐานกล้องจะทำให้ส่วนบนของขาตั้ง 3 ขา และ centring screw ถูกทำลายได้เมื่อนำกล้องไปติดตั้ง

(4) ห้ามถือกล้องด้วยการจับหูหิ้วกล้องของกล้องทั้งสองข้างให้จับหูหิ้วกล้องหนึ่งข้างด้วยมือข้างหนึ่งและใช้มืออีกข้างหนึ่งรองใต้กล้อง

(5) เมื่อต้องทิ้งกล้องที่ทำการติดตั้งบนขาตั้งไว้แล้วไป ให้ปิดเลนส์ของกล้องด้วยฝาครอบเลนส์และคลุมกล้องด้วยผ้าคลุมกล้อง

(6) ห้ามทิ้งกล้องตากฝนหรือตากแดดจัด

(7) เมื่อนำกล้องไปเก็บให้ทำตามรูปที่แสดงไว้ในกล่องกล้อง

(8) เพื่อป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์ของกล้องในขณะขนย้ายให้นำอุปกรณ์เหล่านั้นเก็บไว้ในที่เก็บไว้ในที่เก็บเสมอ

(9) ใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ไม่เป็นกรดหรือด่างที่ทำลายพลาสติกหรือใช้น้ำเปล่า ทำความสะอาดกล่องพลาสติก

3.4 การบำรุงรักษา

(1) กล้องสำรวจอาจถูกทำลายได้ด้วยความชื้น ดังนั้นถ้ามีฝนตกลงมาในขณะการสำรวจให้เช็ดกล้องให้แห้ง

(2) ต้องทำความสะอาดกล้องทุกครั้งก่อนที่จะเก็บลงกล่องทุกครั้ง โดยใช้แปลงสำหรับปัดเลนส์และเป่าลมหายใจไปที่เลนส์และเช็ดออกให้สะอาดด้วยผ้านุ่มๆ ที่สะอาด

(3) หลังจากการใช้งานให้เช็คที่ขาสามขาว่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของขาตั้งศูนย์หายหรือไม่

(4) ให้ติดต่อกับผู้ขายทันทีถ้า

I. ถ้ามีผลึกหรือเชื้อราเกิดขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่งภายในเทเลสโคป

II. ถ้ามีสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก เช่น เศษผงฝุ่นอุดตันในเส้นใยกล้องหรือในส่วนที่ถอดออกได้ของกล้อง

3.5 ข้อควรระวังในการใช้กล้องสำรวจแบบประมวลผล

(1) ห้ามวางกล้องลงบนพื้นดิน

(2) ห้ามส่องกล้องตรงไปยังดวงอาทิตย์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจรของเครื่องวัดระยะ

(3) ในขณะที่ทำงานใช้ร่มบังแสงแดดหรือละอองฝน

(4) ห้ามเคลื่อนย้ายกล้องในขณะที่ติดตั้งอยู่บนขาตั้งกล้อง

(5) ขณะที่ถือกล้องควรถือด้วยความระมัดระวัง และหลีกเลี่ยงในการที่จะทำให้เกิดการกระทบกระเทือนหรือสั่นอย่างรุนแรง

(6) เมื่ออยู่ในระหว่างการใช้งานและผู้ปฏิบัติต้องออกไปจากกล้อง ควรใช้ถุงไวนิค (เป็นอุปกรณ์ที่มาพร้อมกับกล้อง) คลุมกล้องไว้

(7) ปิดสวิทช์ทุกครั้งที่จะทำการย้ายกล้อง หรือ ถอดแบตเตอรี่

(8) ก่อนที่จะนำกล้องเก็บลงไปในกล่องควรถอดแบตเตอรี่ออกก่อน

(9) การวางกล้องลงในกล่องควรวางตามแบบที่กำหนด

(10) ก่อนทำการปิดกล่องกล้อง ต้องแน่ใจว่าไม่มีความชื้นอยู่ภายใน เพราะความชื้นจะเป็นตัวทำให้กล้องเสียหายได้

(11) คลายควงยึดทั้งทางราบและทางดิ่งเมื่อบรรจุอยู่ในกล่อง

3.6 การใช้แบตเตอรี่

ข้อควรระวัง ! ควรนำแบตเตอรี่ชาร์จไฟให้เต็มก่อนนำมาใช้โดยก่อนที่จะนำแบตเตอรี่ไปชาร์จควรใช้จนแบตเตอรี่หมด และก่อนที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ควรปิดสวิทช์ก่อน

3.7 ข้อควรปฏิบัติขณะปฏิบัติงาน

กล้องประมวลผลรวม เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดมุมและระยะ มีความละเอียดสูง ฉะนั้นการใช้ให้ปฏิบัติดังนี้

(1) การใช้ควงยึดและควงสัมผัสต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในการทำงานของกล้องให้ใช้ด้วยความประณีตที่สุด การใช้ควงยึดจานดิ่ง (Vertical Clamp) และ ควงยึดจานราบ (Horizontal Clamp) ให้หมุนควงเพียงยึดตัวกล้องให้อยู่ เพื่อจะใช้ควงสัมผัส (Vertical tangent Screw , Horizontal tangent Screw) ในทางแนวดิ่งและแนวราบเท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องหมุนควงยึดให้แน่นจนเกินไป และในขณะที่มิได้คลายควงยึด ห้ามหมุนกล้องทั้งแนวดิ่งและแนวราบ เว้นแต่ ใช้ควงสัมผัส การใช้ควงสัมผัสของกล้องธิโอโดไลท์ ให้ใช้อย่างประณีตที่สุด เมื่อหมุนสุดเกลียวแล้วห้ามมิให้หมุนฝืนต่อไปอีก เพราะอาจทำให้ชำรุดติดขัดได้

(2) การวัดมุมในบริเวณหมู่บ้าน หรือที่ป่า ที่เขา การตั้งกล้องให้หลีกเลี่ยงห่างจากฝูงสัตว์ หรือห่างจากสัตว์เลี้ยงให้เกินระยะที่ผูกไว้พอสมควร ในบริเวณใกล้เขาหรือใต้ต้นไม้หรือห้วยลำธาร หรืออยู่บริเวณปูชนีย์สถานที่เก่า ให้ระวังอันตรายอันอาจเกิดแก่เครื่องมือ เช่น ก้อนหิน หรือสะเก็ดหิน หรือกิ่งไม้ผุ หรือสิ่งใดอาจตกลงมาถูกให้ได้รับความเสียหาย หรือบริเวณห้วยน้ำลำธาร หรือที่มีพื้นเป็นทราย ห้ามมิให้ตั้งทิ้งไว้ ให้เก็บเข้าหีบกล้องในเวลาหยุดพัก ในบริเวณที่รก หรือมีสิ่งกีดขวาง ให้ถางพื้นที่ให้สะดวกแก่การตั้งกล้องฯ เพื่อป้องกันอันตรายอันอาจจะทำให้กล้องฯ ล้มได้

(3) การวัดมุมตามถนน ตรอก ซอย ที่มีคนมากและการสัญจรไปมาพลุกพล่าน ให้ปักธงหรือปักหลักขาวแดง หรือเครื่องหมายอย่างหนึ่งอย่างใดให้ปรากฏเห็นได้ชัดเจนไม่ต่ำกว่า 10 เมตร และถ้ามีกรณีจำเป็นต่อการรังวัดอาจจะขอให้เจ้าพนักงานจราจร ช่วยปิดกั้นอำนวยความสะดวก เพื่อความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานด้วยก็ได้

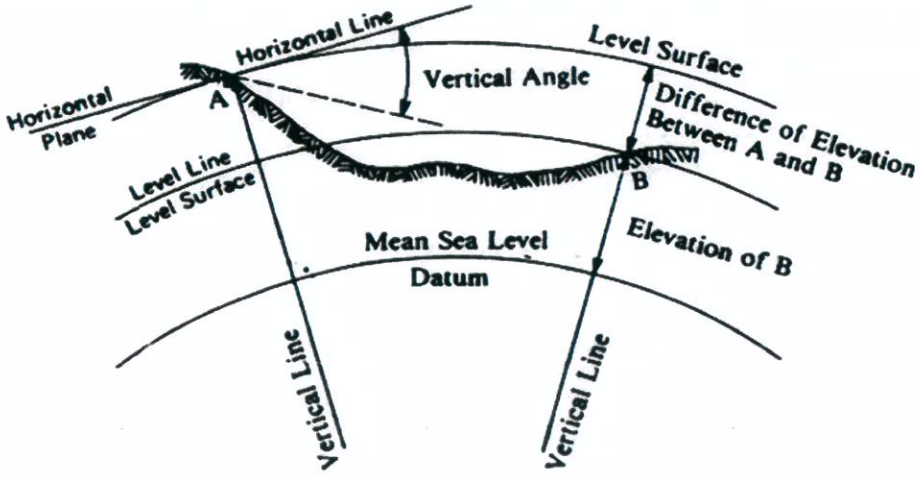
(4) ให้มีคนงานเฝ้ารักษาตลอดเวลาตั้งกล้องทำการรังวัด และคอยกางร่มป้องกันมิให้กล้องถูกแสงแดดหรือละอองฝน ถ้ากล้องถูกละอองฝนให้ใช้ผ้าสะอาดซับละอองฝนให้แห้งก่อนเก็บกล้องเข้ากล่อง

บทที่ 4

กล้องระดับ

กล้องระดับเป็นอุปกรณ์ในการสำรวจอย่างหนึ่ง ซึ่งใช้ในการหาค่าความสูงต่างของจุดต่าง ๆ ที่เราต้องการทราบค่าและสามารถที่จะนำไปคำนวณค่าระดับของจุดนั้นจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งกล้องระดับมีหลายชนิดและหลายลักษณะ เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของงานและเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ฉะนั้นผู้ใช้จะต้องใช้ให้ถูกกับงานและอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของชั้นงานด้วย

4.1 คำนิยามต่าง ๆ ที่ใช้ในงานระดับ



(1) ค่าระดับ (Elevation) ค่าระดับของจุดที่ผิวโลก เป็นค่าที่นับในแนวดิ่ง ที่อยู่บนพื้นหรืออยู่ใต้พื้นระดับ หรือโค้งของพื้นระดับ ซึ่งทุก ๆ จุดบนพื้นระดับจะตั้งกับแนวดิ่ง

(2) พื้นระดับ (Level Surface) เป็นพื้นระดับที่โค้งขนานไปกับผิวทรงกลมของโลกอาจจะเป็นพื้นจริงหรือระดับสมมติก็ได้ พื้นระดับใช้ในการอ้างอิงค่าระดับของจุดต่าง ๆ

(3) พื้นหลักฐานการระดับ (Datum) หมายถึง พื้นระดับขั้นพื้นฐานที่ได้จากการสมมติ หรือได้จากการวัดระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level =MSL หรือ ร.ท.ก.) ค่าระดับน้ำทะเลปานกลางมีค่าเท่ากับศูนย์ (0)

(4) เส้นระดับ (Level Line) เป็นเส้นระดับที่อยู่ในพื้นระดับ จุดทุกจุดบนเส้นระดับจะมีค่าระดับเท่ากัน เส้นดิ่งจะเป็นเส้นปกติของเส้นระดับ

(5) ระนาบราบ (Horizontal Plane) เป็นระนาบราบที่สัมผัสกับพื้นระดับ และจะตั้งได้ฉากกับทิศทางของแรงดึงดูดของโลก ซึ่งเราถือว่าเป็นแนวดิ่ง (Plumb Line)

(6) แนวราบหรือเส้นราบ (Horizontal Line) เป็นเส้นใด ๆ ที่อยู่ในระนาบ และจะเป็นเส้นที่สัมผัสกับเส้นระดับ (Level Line) เส้นนี้จะเป็นแนวตรง

(7) แนวดิ่งหรือเส้นดิ่ง (Vertical Line) เป็นเส้นดิ่งที่จุดใด ๆ จะเป็นเส้นปกติของเส้นระดับและจะตั้งฉากกับแนวราบเส้นดิ่งเป็นแนวทิศทางการดึงดูดของโลก เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Plumb Line คือแนวของลูกดิ่งนั่นเอง

(8) ระนาบดิ่ง (Vertical Plane) เป็นระนาบที่บรรจุแนวดิ่งที่อยู่ในระนาบเดียวกัน

(9) เส้นพื้นฐานการระดับ (Datum Line) เป็นแนวเส้นที่อยู่ในพื้นหลักฐานการระดับ ถ้าเป็นระนาบของพื้นฐานการระดับ เรียกว่า Datum Surface

(10)มุมสูง (Vertical Angle) เป็นง่ามมุมที่เกิดขึ้นระหว่างระนาบราบและระนาบเอียงตัดกัน มุมสูงจะนำไปคำนวณค่าระดับ

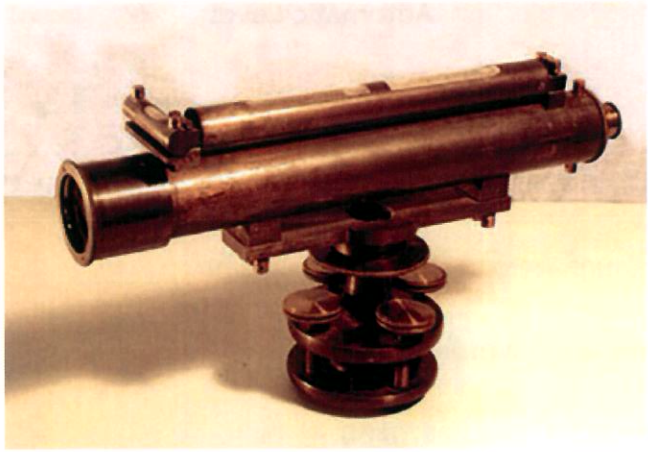
4.2 ชนิดของกล้องระดับ

แบ่งเป็น 3 กลุ่ม

(1) **Dumpy level** กล้องไม่มีควงสัมผัสทางดิ่ง หรือ Tilting screw ตัวกล้องติดตาย ตัวกล้องหมุนได้เฉพาะรอบแกนดิ่งเท่านั้น หลอดระดับมีทั้งฟองกลม และยาว ไม่เหมาะสมในปัจจุบันแล้ว

(2) **Tilting level** เป็นกล้องที่มีระดับเขาควาย มีควงสัมผัสทางดิ่ง สามารถกระดกได้โดย Tilting screw

(3) **Automatic level** สามารถปรับระดับให้อยู่ในแนวราบได้อัตโนมัติ มีระบบ Compensators



Dumpy Level

Tilting Level

Automatic Level

4.3 ลักษณะอันพึงประสงค์ของกล้องระดับ

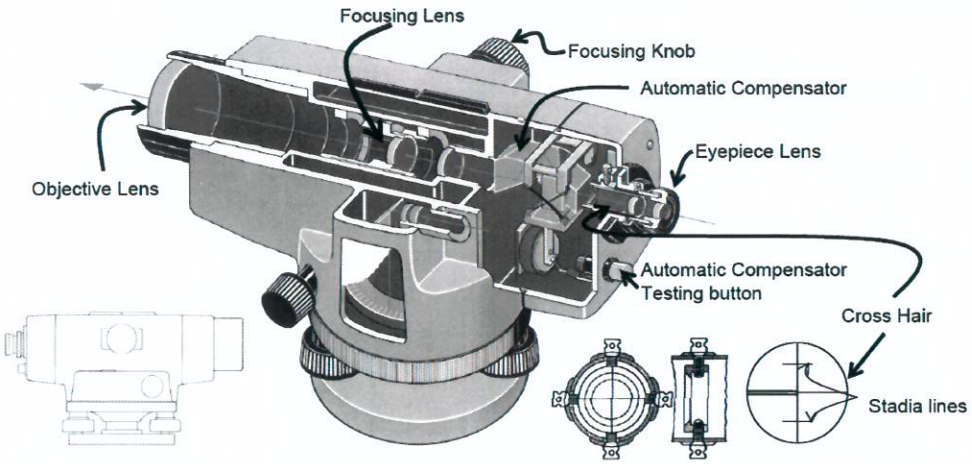
(1) แนวเล็งและแกนกล้องจะต้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

(2) แกนกล้องต้องตั้งฉากกับแกนดิ่ง

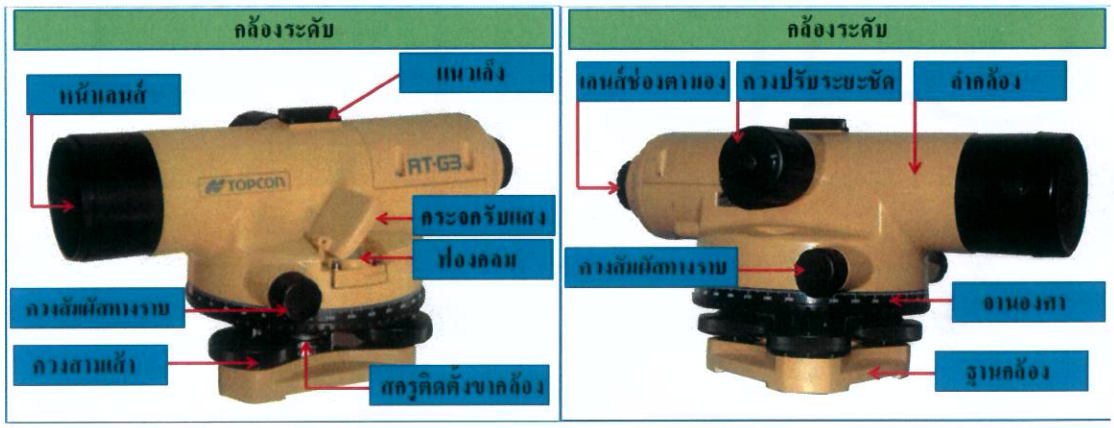
(3) แกนกล้องต้องขนานกับแกนหลอดระดับ

(4) แกนหลอดระดับจะต้องอยู่ในแนวราบ (Horizontal Line)

4.4 ส่วนประกอบของกล้องระดับ



- Objective Lens เลนส์ปากกล้อง ทำหน้าที่ดึงภาพเข้ามาในตัวกล้อง
- Focusing Lens เลนส์ปรับความชัดของภาพ
- Focusing Knob ใช้ปรับภาพให้ชัดเจน
- Eyepiece Lens เลนส์ตากล้อง
- Cross Hair สายใย
- Stadia Lines ย่านสเตเดีย



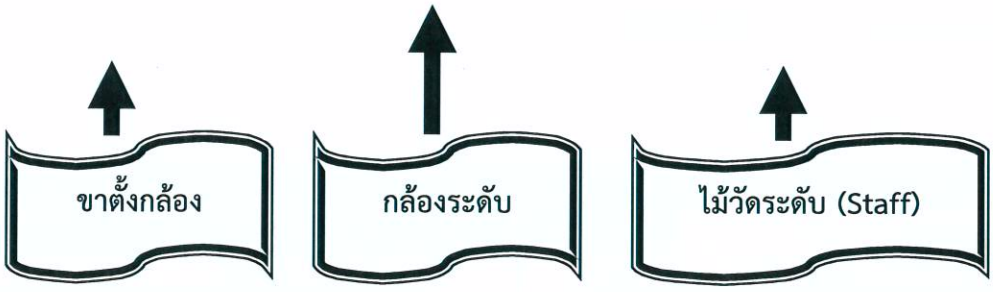
4.5 อุปกรณ์/เครื่องมือในการทำระดับ

ประกอบด้วย

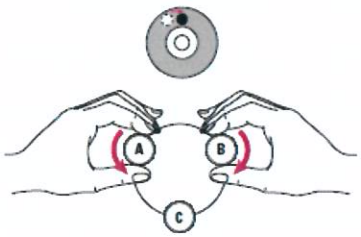
(1) กล้องระดับ

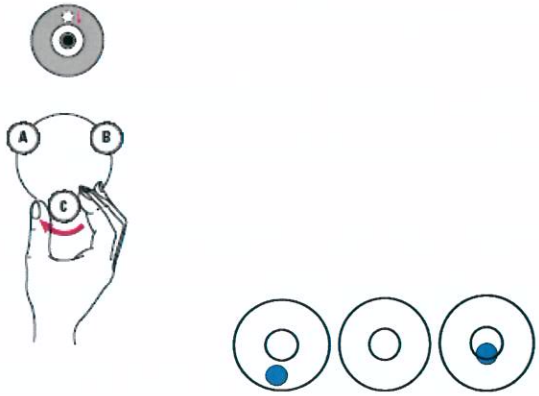
(2) ขาตั้งกล้อง

(3) ไม้วัดระดับ (Staff)



4.6 วิธีการตั้งกล้องระดับ





(1) ประกอบตัวกล้องกับขากล้องให้เรียบร้อยหมุนควงยึดตัวกล้องให้ตึงมือพอประมาณอย่าแน่นจนเกินไป

(2) กางขากล้องออก ปรับความสูงของกล้องให้อยู่ในระดับอกของผู้สำรวจ จากนั้นเล็งที่ฐานของกล้องให้อยู่ในแนวระนาบขนานกับพื้นโลกแล้วจึงเหยียบขากล้องให้แน่นทั้งสามขา

(3) ปรับฟองกลมโดยหมุนควงสามเส้าเป็นคู่กรณีหมุนออกให้หมุนออกพร้อมกัน ถ้าหมุนเข้าก็ให้หมุนเข้าพร้อมกัน จากนั้นก็หมุนปรับควงที่เหลืออีกหนึ่งตัวเพื่อให้ฟองกลมเข้ามาอยู่ตรงกลางพอดี เป็นอันว่ากล้องระดับพร้อมที่จะทำงานแล้ว

หมายเหตุ : วิธีการตั้งกล้องดังกล่าวในที่นี้หมายถึงการตั้งกล้องระดับอัตโนมัติเท่านั้น

4.7 การปรับแก้กล้องระดับ

ในการปรับแก้กล้องระดับ จะใช้การปรับแก้ Collimation Error ของกล้องระดับ คือ ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากแนวแกนกล้อง (Telescope Axis) ไม่ขนานกับแกนของหลอดระดับ (Tubular Level Axis) หรือถ้าเป็นกล้องระดับแบบอัตโนมัติ Collimation Error คือ ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากแนวเล็ง (Line of Sight) ไม่ขนานกับพื้นระดับ (Horizontal Plane) จะเห็นว่าการปรับแก้ค่า Collimation Error ของกล้องระดับนั้นมีความสำคัญมาก ดังนั้นการปรับแก้สามารถปฏิบัติได้ดังนี้

(1) ตั้ง Staff สองจุด ควรตั้งในตำแหน่งที่มั่นคงไม่เกิดการเปลี่ยนระดับขณะที่ตั้ง และจุดทั้งสองจุดควรห่างกันพอประมาณและควรให้มีระยะห่างเท่ากัน (ประมาณ 100 เมตร)

(2) นำกล้องระดับที่ต้องการปรับแก้มาตั้งให้อยู่ในแนวกึ่งกลางของจุดทั้งสองจุดที่ได้ทำการตั้ง Staff ไว้แล้ว ทั้งนี้ต้องตั้งกล้องระดับให้ได้กึ่งกลางระหว่าง Staff จริง ๆ

(3) ส่องกล้องระดับไปที่ Staff อันแรก กำหนดให้เป็น A อ่านค่ากำหนดให้เป็น a แล้วส่องกล้องระดับไปที่ Staff อันที่สอง กำหนดให้เป็น B อ่านค่า กำหนดให้เป็น b

(4) หาค่าความต่างระหว่างค่าระดับของ Staff A และ B กำหนดให้ค่าความต่าง(h) คือ $a - b = h$

(5) ย้ายกล้องระดับไปตั้งหลังจุด A ให้ระยะห่างจากจุด A เท่ากับ 1/10 ของระยะทาง AB

(6) อ่านค่าระดับที่จุด A และ B ได้ a' และ b' ตามลำดับ

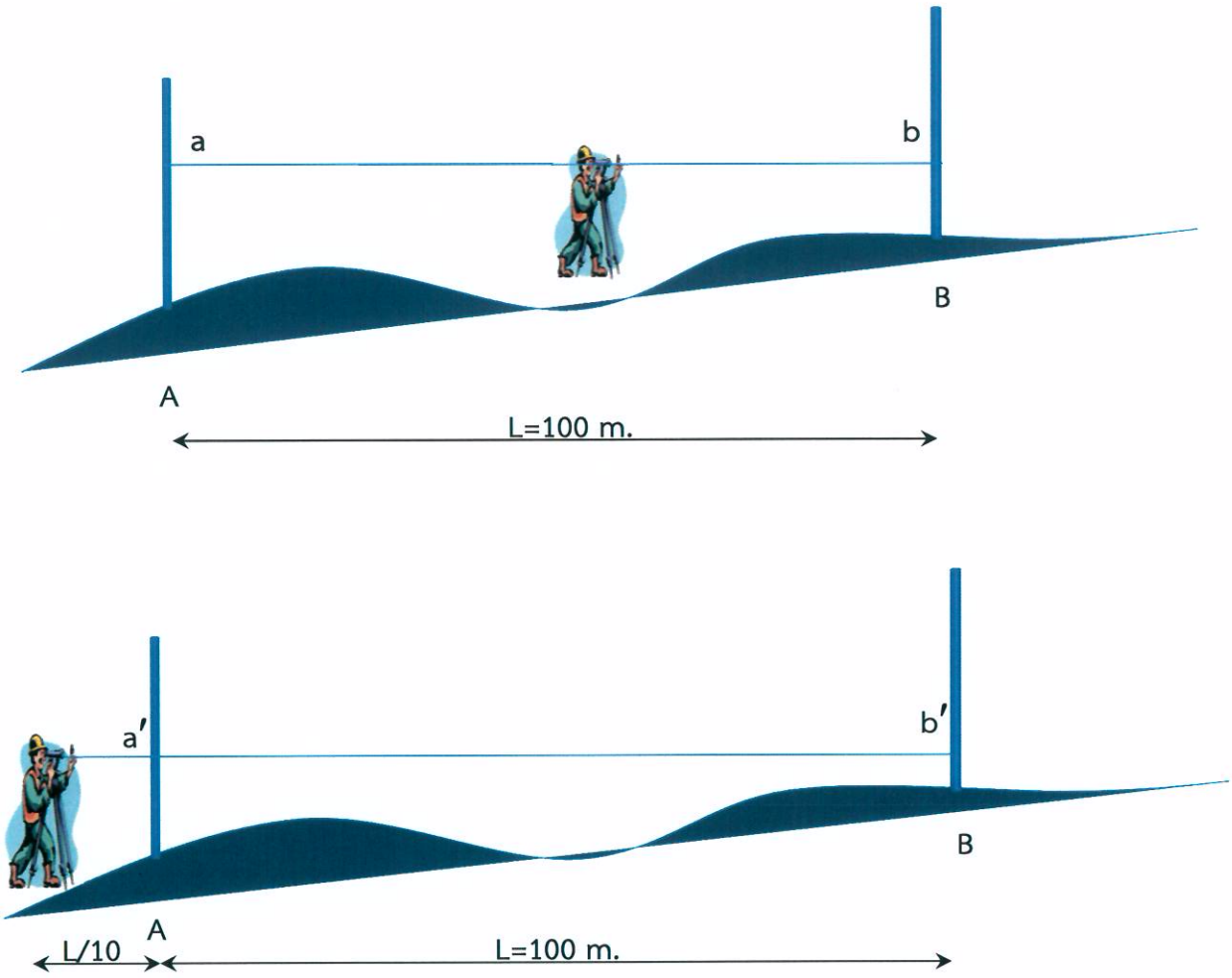
(7) หาค่าความต่างระดับระหว่าง a' และ b' กำหนดให้ $a' - b' = h'$ ถ้าค่าผลต่างของระดับ h และ h' เท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร แสดงว่ากล้องระดับตัวนั้นไม่มี Collimation Error แต่ถ้าปรากฏว่าค่า h และ h' ไม่เท่ากันก็ให้คำนวณหาค่า b'' ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะอ่านได้ที่จุด B โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$b'' = b - a + a' + [(b - a)+(a'-b')]/10$$

(8) เมื่อคำนวณค่าของ b'' ให้ปรับแก้กล้องระดับ ดังนี้

- ปรับแก้โดยการขันหรือคลายสกรู บริเวณเลนซ์มองภาพ (Eyepiece) จนกว่าสายใยราบของกล้องระดับจะตัดบริเวณที่ทำการคำนวณได้ค่า b'' ของระดับที่จุด B พอดี

การแก้ Collimation Error ถ้าคำนวณค่าของ b'' ได้อย่างถูกต้องแล้ว สามารถแก้ค่า Collimation Error ให้หมดไปในเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการส่องค่าระดับมาที่จุด A สมมติอ่านค่าระดับได้ a'' และทำการหาค่า $a'' - b''$ ซึ่งค่าระดับที่ได้จะต้องเท่ากับค่า h พอดี



ภาพแสดงการปรับแก้ค่า Collimation Error ภาคสนาม

บทที่ 5
ระบบดาวเทียม GPS

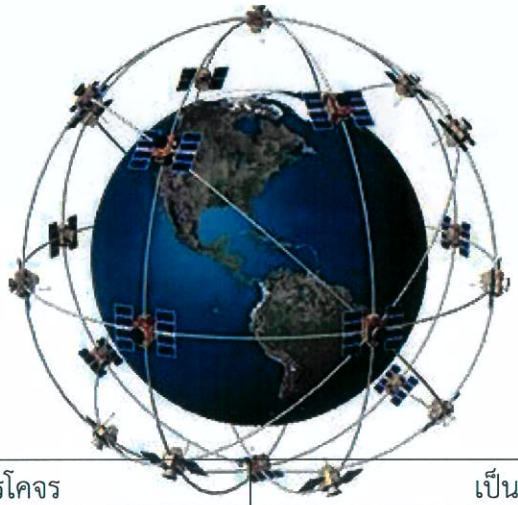
ระบบดาวเทียม GPS เป็นระบบที่ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งโดยการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ระบบนี้ถูกพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ.2516 โดยถูกออกแบบให้ใช้ประโยชน์ด้านการทหารเป็นหลัก แต่ก็ให้พลเรือนใช้ได้บางส่วน ระบบดาวเทียม GPS ได้พัฒนามาจากระบบ Transit ที่เลิกใช้ไปเมื่อปี พ.ศ. 2538 เหตุผลที่พัฒนาระบบดาวเทียม GPS เนื่องจากต้องการให้หาพิกัดตำแหน่งได้ทุกสภาพอากาศตลอด 24 ชั่วโมง และใช้ได้ทั่วโลก ผลจากการพัฒนาทำให้ระบบดาวเทียม GPS เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ และใช้กันอย่างแพร่หลายในงานด้านสำรวจ ไม่ว่าจะเป็น การวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่ การวางโครงหมุดควบคุมค่าพิกัดระดับประเทศและระดับนานาชาติ ใช้เพื่อการนำทาง

5.1 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียม GPS

ระบบดาวเทียม GPS ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก

(1) ส่วนอวกาศ

ส่วนอวกาศประกอบด้วยดาวเทียมและสัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียม



ลักษณะการโคจร	เป็นวงกลม
ความสูง	20,200 Km.
เวลาโคจรต่อ 1 รอบ	11 ชั่วโมง 58 นาที
จำนวนดาวเทียม	29 ดวง (ข้อมูล ณ วันที่ 29 ม.ค. 2549)
จำนวนวงโคจร	6 วงโคจร
มุมเอียง	ประมาณ 55 องศา

คลื่นสัญญาณ GPS เป็นคลื่นวิทยุที่มีสองความถี่ คือ ความถี่ 1572.42 MHz เรียกว่าคลื่น L1 และความถี่ 1227.60 MHz เรียกว่าคลื่น L2 ซึ่งคลื่นวิทยุดังกล่าว ถูกผสมผสานรหัสและข้อมูลดาวเทียม หรือเรียกง่ายๆว่า กล้ำสัญญาณ โดยการกล้ำสัญญาณ 2 ชนิด ดังนี้

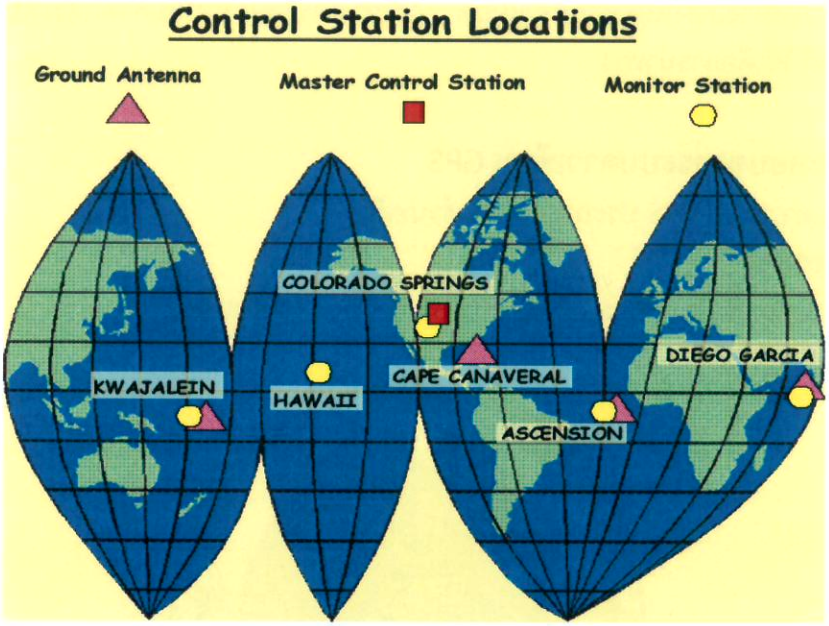
รหัส P มีคลื่น L1 , L2 ยังไม่อนุญาตให้ใช้เพื่องานสำรวจ(ใช้ในทางทหารเท่านั้น)

รหัส C/A มีคลื่น L1 เปิดให้พลเรือนใช้ทั่วไป

ในอนาคตจะมีการกล้ำสัญญาณด้วยรหัส C/A ในคลื่น L2 ในดาวเทียม GPS ที่จะถูกส่งขึ้นไปใหม่ นอกจากนี้จะเพิ่มคลื่น L3 (หรือเรียกว่า L5 ยังไม่สรุป) และยังเพิ่มการกล้ำสัญญาณด้วยรหัส F (Fine code) และ รหัส M (Military code) ซึ่งรหัส F และ M ยังอยู่ในการให้คำจำกัดความ

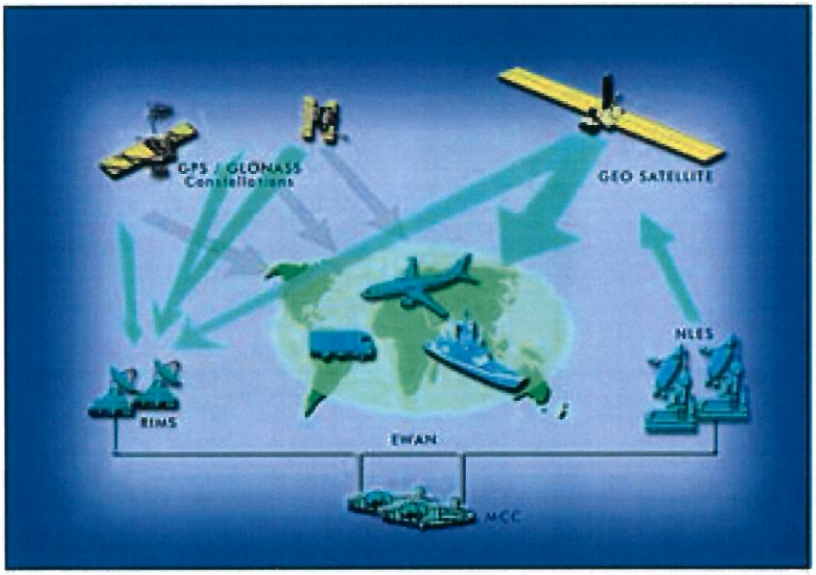
(2) ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินที่จำเป็นในการติดตามดาวเทียม คำนวณวงโคจรดาวเทียม และดูแลควบคุมส่วนอวกาศ มีทั้งหมด 5 สถานี ซึ่งตั้งอยู่ตามที่ต่างๆทั่วโลก งานหลักของส่วนควบคุมจะเป็นงานคำนวณวงโคจรดาวเทียมและข้อมูลค่าแก้เวลานาฬิกาดาวเทียม



(3) ส่วนของผู้ใช้

ประกอบด้วยทุกๆส่วน ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม หรือซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลการรังวัด



5.2 ชนิดของเครื่องรับ GPS

ชนิดของเครื่องรับ GPS แยกตามประเภทของเครื่องรับที่นำมาใช้หาตำแหน่ง

(1) **เครื่องรับแบบนำหน** หรือแบบมือถือ (Navigation receiver) ความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ ±3-20 เมตร ขึ้นอยู่กับ PDOP หรือการวางตัวของดาวเทียมทางรูปทรงเรขาคณิต และต้องกำหนดค่า DATUM Parameter ให้ถูกต้องด้วย สำหรับค่า DATUM Parameter ที่ประเทศไทยใช้ คือ Indian datum 1975 และ WGS 84 หากเลือกใช้ DATUM อื่นนอกจากที่กล่าวมา ค่าความผิดพลาดทางตำแหน่งก็จะมีมากขึ้น เครื่องรับแบบนำหน รับสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุจากดาวเทียม ในขณะเดียวกันก็สร้างรหัส C/A (Coarse/Acquisition) ขึ้นมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ถอดได้จากสัญญาณ เมื่อเปรียบเทียบได้รหัสที่ตรงกัน จะทำให้รู้เวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ ในการหาตำแหน่ง (แบบสามมิติ) ต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมพร้อมกัน 4 ดวง หากจำนวนดาวเทียมน้อยกว่า 3 ดวง ค่าตำแหน่งที่ได้จะไม่มีความน่าเชื่อถือ และในกรณีที่มีดาวเทียมอยู่ในท้องฟ้ามากกว่า 4 ดวง เครื่องรับจะเลือกดาวเทียม 4 ดวง ที่มีรูปลักษณ์เชิงเรขาคณิตที่ดีที่สุด หรือมีค่า PDOP ต่ำที่สุดมาใช้ในการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับ

เครื่องรับแบบนำหนใช้ในการนำทางในการเดินป่า , ใช้ในการนำทางรถยนต์ให้ไปถึงจุดหมายปลายทางได้อย่างถูกต้อง ทำได้โดยการนำแผนที่เมือง หรือ ทางรถยนต์ทั่วประเทศ และนำเครื่อง GPS ติดกับรถยนต์ เพื่อให้ทราบว่าต้องเดินทางไปในทิศทางใด ใช้วิธีการรังวัดแบบสัมบูรณ์

(2) **เครื่องรับแบบรังวัด** ใช้สำหรับงานสำรวจ ใช้เครื่องรับสัญญาณตั้งแต่ 2 เครื่อง ขึ้นไป รังวัดแบบสัมพัทธ์ต้องอ้างอิงกับหมุดที่รู้ค่าพิกัดอย่างน้อยหนึ่งหมุด การทำงานของเครื่องรับแบบรังวัดมีหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ

1) การใช้คลื่นส่งวัดระยะแทนการใช้รหัส C/A วัดระยะ ทำให้การวัดระยะมีความถูกต้องมากขึ้นเป็นพันเท่า

2) การใช้วิธีการวัดแบบสัมพัทธ์เป็นวิธีการขจัดความคลาดเคลื่อนแบบมีระบบ (Systematic Errors) ที่อยู่ในข้อมูลหรือที่เกิดขึ้นในการวัดระยะทางให้หมดไปหรือลดน้อยลงได้ ด้วยเหตุนี้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งจึงลดลง

3) การวัดระยะด้วยคลื่นส่ง เครื่องรับสัญญาณวัดระยะระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้เพียงบางส่วนเท่านั้น จำเป็นต้องอาศัยการประมวลผลช่วย

2.1 GPS ใช้กับงานสำรวจวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่ (Geodetic Survey) มีความละเอียด < 1 cm เป็นเครื่องรับชนิด 2 ความถี่ (L1, L2) ซึ่งมีรัศมีการทำงานมากกว่า 20 KM ขึ้นไป

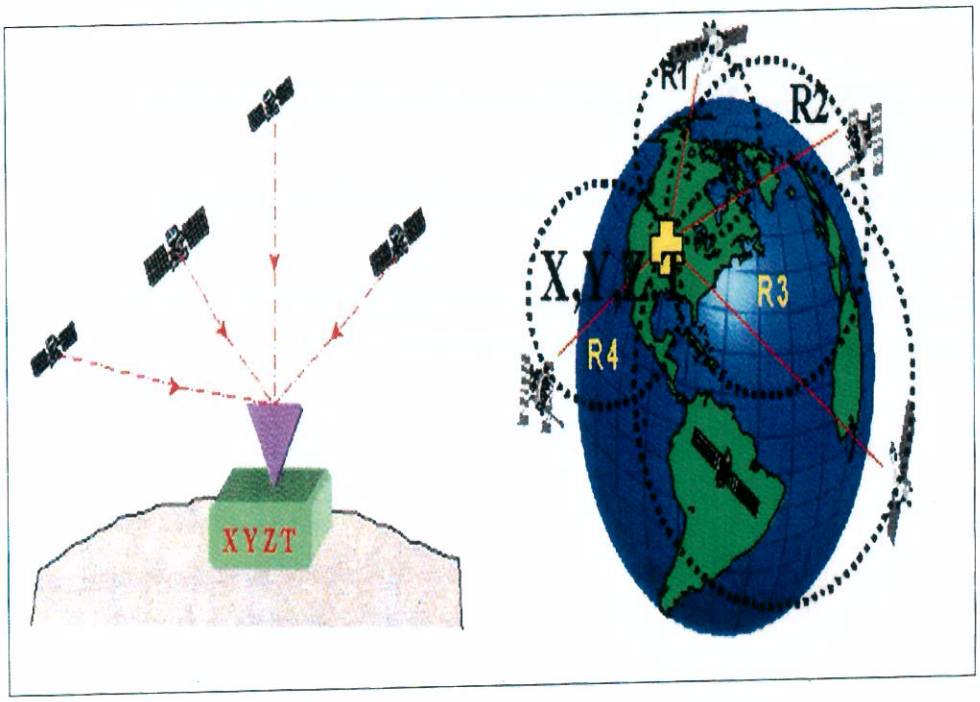
2.2 GPS ใช้กับงานสำรวจแปลงที่ดิน (Cadastral Survey) มีความละเอียด ± 0.5 m เป็นเครื่องรับชนิด 1 ความถี่ (L1) มีรัศมีการทำงานไม่เกิน 10 KM

5.3 วิธีการหาตำแหน่งบนพื้นโ[illegible]

1) เครื่องรับแบบสัญญาณนำหน ใช้วิธีการวัดซูโดเรนจ์ไปยัง ดาวเทียม 4 ดวง ซึ่งทำให้สามารถนำมาคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับได้ในทันทีเรียกว่าการหาตำแหน่งแบบสมบูรณ์ แต่มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งค่อนข้างมากประมาณ ± 10 ถึง 25 เมตร ซึ่งสามารถทำการรังวัดแบบสัมพัทธ์ได้โดยการนำเครื่องรับแบบนำหนมากกว่า 2 เครื่องขึ้นไป นำเครื่องรับไปวางที่หมุดตั้งแต่ 2 หมุดขึ้นไป แล้วทำการวัดไปยังดาวเทียมกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกัน ตำแหน่งสัมพัทธ์จะมีความ

คลาดเคลื่อนน้อยกว่าตำแหน่งที่ได้จากการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณเดียว โดยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ± 2 ถึง 5 เมตร

2) เครื่องรับสัญญาณแบบรังวัด เป็นการวัดเฟสของคลื่นส่งที่ต้องนำมาประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งสัมพัทธ์เท่านั้น วิธีการทำงาน คือ นำเครื่องรับแบบรังวัดไปวางที่หมุดที่ต้องการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกันเป็นเวลาตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณมาประมวลผลได้เป็นเส้นฐานระหว่างหมุดที่วางเครื่องรับนั้นซึ่งสามารถนำข้อมูลมาประมวลผลร่วมกับข้อมูลที่ได้จากตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าพิกัดได้



การวัดตำแหน่งบนโลกต้องใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ในการคำนวณประกอบด้วย ตำแหน่งใน 3 มิติ (X,Y,Z) และเวลา (T)

5.4 การทำงานรังวัด GPS แบบสัมพัทธ์

การทำงานรังวัด GPS แบบสัมพัทธ์ สามารถทำได้ 5 วิธี ได้แก่

(1) Static Surveying

- ใช้เครื่องรับสัญญาณแบบรังวัดอย่างน้อย 2 เครื่องในการรับสัญญาณพร้อมกัน
- ใช้เวลารับสัญญาณไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง
- วิธีการประมวลผลแบบ Network มีความซับซ้อนมาก
- ใช้สำหรับวางหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อควบคุมโครงงานแผนที่
- รับสัญญาณต่อเนื่องจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง

(2) Kinematic Survey

เป็นวิธีการรังวัดแบบจลน์ ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนที่ของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องหนึ่ง โดยมีเครื่องรับสัญญาณใดเครื่องหนึ่งอยู่คงที่ในตำแหน่งที่เรียกว่า สถานีฐาน (Base Station) ในขณะที่จุดเคลื่อนที่เรียกว่า จุดรังวัด (Rover) มีคุณลักษณะดังนี้

- เป็นวิธีการรังวัดที่รวดเร็วกว่าแบบสถิต
- การรังวัดแบบจลน์เสมือนการรังวัดเส้นฐานในแต่ละจุดที่ทำการรังวัด
- ถ้ายกตัวอย่างแล้วแบบสถิตสร้างเส้นฐาน 2 เส้นภายในเวลา 4 ชั่วโมง ในขณะที่วิธีการแบบจลน์สร้าง Vector จำนวน 50-70 เส้นในเวลาเท่ากัน
- การรับสัญญาณของเครื่องรับจำเป็นต้องติดตามดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา
- ในกรณีที่สัญญาณดาวเทียมที่ติดตามหลุดในขณะรังวัดต้องกลับไปรับสัญญาณที่จุดเดิมก่อนหน้านั้น
- ในงานภาคสนามจำเป็นต้องมีการเริ่มต้นงานเพื่อหาค่าเลขปริศนาเริ่มต้นก่อนการเคลื่อนที่ของจุดรังวัด ซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธีการดังนี้

1. Static baseline survey เป็นการเริ่มต้นด้วยการรังวัดแบบสถิตย์ ณ.ตำแหน่งสถานีฐาน ประมาณ 1 ชั่วโมง
2. Occupying a known baseline อาศัยเส้นฐานที่ทราบค่าแน่นอนใช้เวลาเริ่มต้น 1-2 นาที
3. Antenna swap การสลับเสาอากาศรับสัญญาณใช้เวลาประมาณ 10 นาที

(3) Pseudo-Static Survey หรือเรียกว่า Pseudo- Kinematic หรือ Reoccupation

- เป็นทางเลือกระหว่างการทำงานรังวัดแบบสถิตย์และแบบจลน์
- ลักษณะของเส้นฐานระหว่างสถานีฐานกับจุดรังวัดไม่เกิน 20 กิโลเมตร
- ไม่มีความจำเป็นตัวล็อคสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา
- ในการทำงานอาศัยตำแหน่งอ้างอิงที่รู้ค่าพิกัดที่แน่นอน
- จุดอ้างอิงและจุดรังวัดรับสัญญาณเริ่มต้นประมาณ 10 นาที
- จุดรังวัดย้ายไปยังตำแหน่งที่ต้องการและรับสัญญาณประมาณ 4-8 นาที โดยขณะที่เคลื่อนย้ายไม่จำเป็นต้องล็อคสัญญาณดาวเทียมตลอดเวลา
- เมื่อรับสัญญาณที่จุดรังวัดแล้วต้องกลับมารับสัญญาณที่เดิมอีกครั้ง (Reoccupation) ในเวลาที่ต่างกันไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง

(4) Rapid Static Survey หรือ Fast Static Survey

- ใช้เครื่องรับสัญญาณชนิด 2 ความถี่
- ผลของการหักเหในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์หมดไปทำให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูงขึ้น

- สามารถหาค่าเลขปริศนาได้รวดเร็วขึ้น
- อาศัยหลักการขอค่าผสมจาก Code และ Phase
- อาศัยดาวเทียมจำนวนมากกว่า 6 ดวงในการหาค่าเลขปริศนา
- ตามปกติจะใช้ได้สำหรับจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 15 กิโลเมตร
- วิธีการประมวลผลแบบ Offset
- ใช้สำหรับเก็บรายละเอียดแปลงที่ดิน , ปรับปรุงระวาง , เก็บหลักเขต หรือรายละเอียดอื่น ๆ

(5) Real Time Kinematic Survey (RTK)

- เป็นการรังวัดแบบจลนในทันที
- จุดรังวัดเคลื่อนที่ได้ตำแหน่งในทันทีทันใด โดยข้อมูลของค่าพิกัดสถานีฐานถูกส่งไปที่จุดรังวัดด้วยคลื่นวิทยุ
- อาศัยการประมวลผลของค่าผสมระหว่างรหัสกับคลื่นส่ง
- ไม่เป็นการรังวัดแบบประมวลผลภายหลัง (Post Processing)
- ไม่ต้องการการเริ่มต้นงานในลักษณะ Antenna Swap
- ไม่จำเป็นต้องย้อนกลับไปรังวัดที่ตำแหน่งเดิม

*** ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ (กมร.) กำหนดให้ใช้การรังวัดด้วยวิธี Static, Rapid Static หรือ Fast Static และ RTK**

5.5 ประโยชน์ของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม

- การนำร่องจากที่หนึ่งไปยังที่อื่น ๆ ตามต้องการ
- การติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่าง ๆ
- การสำรวจรังวัดและการทำแผนที่
- การประยุกต์ใช้ GPS ในการควบคุมเครื่องจักรกล เช่น เครื่องจักรกลในการทำการเกษตรกรรม เครื่องจักรกลที่ใช้ในการขนส่งบริเวณท่าเรือ
- การประยุกต์ใช้ GPS กับระบบการจราจรและการขนส่ง (Intelligent Transport Systems; ITS) ในการแก้ปัญหาจราจร การปรับปรุงความปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพระบบคมนาคม ขนส่ง และการใช้ระบบการประกันรถยนต์ (L-commerce)
- การประยุกต์ใช้ GPS กับการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างงานวิศวกรรมหรือเปลือกโลก
- การใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก
- การประยุกต์ใช้ GPS ในการออกแบบเครือข่ายคำนวณตำแหน่งที่ตั้งด้านโทรคมนาคมและด้านพลังงาน เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำมัน
- การประยุกต์ใช้ GPS ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม
- การประยุกต์ใช้ GPS ในด้านอื่น ๆ เช่น การเงิน การธนาคาร

5.6 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณ GPS

Receiver (ตัวรับสัญญาณดาวเทียม)

Internal Radio Antenna
(เสาอากาศรับ - ส่งคลื่นวิทยุ)

Data Collector
(อุปกรณ์บันทึกข้อมูล)

Tribrach (ฐานควงสามเส้า)

PC download cable
(สายสำหรับดาวน์โหลดข้อมูล)

External battery cable
(สายแบตเตอรี่สำรอง)

5.7 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการใช้งาน

(1) ตรวจดูแหล่งพลังงานที่จะใช้ ไม่ว่าจะเป็นแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในเครื่อง (Internal battery) หรือแบตเตอรี่จากภายนอก (External battery) ให้มีไฟสำรองเพื่อใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(2) จัดหาข้อมูลหมุดควบคุมทางราบและทางดิ่ง ของหน่วยงานอื่น ได้แก่ กรมแผนที่ทหาร กรมที่ดิน เพื่อใช้เป็นสถานีฐาน (Base Station)

(3) จัดหาข้อมูลแผนผังบริเวณหมุดโครงงานและแผนที่ เพื่อใช้ในการวางแผนการเดินทางระหว่างหมุด

(4) ตรวจสอบข้อมูลผังดาวเทียมบนท้องฟ้า (Skyplot) เพื่อตรวจสอบจำนวนดาวเทียมและช่วงเวลาที่ดาวเทียมโคจร ในบริเวณหมุดโครงงาน

(5) ตรวจสอบสภาพพื้นที่บริเวณรอบๆ ที่ทำการวางหมุดโครงงาน ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางสัญญาณดาวเทียม และไม่ให้บริเวณรอบๆ มีเสาโทรศัพท์หรือเสาวิทยุ เพื่อป้องกันคลื่นหลายวิถี

(6) ขออนุญาตเจ้าของที่ดิน เพื่อขอเข้าไปในพื้นที่ที่จะดำเนินการวางหมุดโครงงาน

(7) ตำแหน่งของหมุดโครงงานสามารถเข้าถึงได้ทุกสภาพอากาศและทุกฤดูกาล

(8) ตรวจสอบพื้นที่ที่เหลือในการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Data Collector) ให้มีพื้นที่ที่เก็บข้อมูลเพียงพอในการเก็บข้อมูลทั้งวัน โดยทั่วไปจะทำการดาวน์โหลดข้อมูลดาวเทียมทุกวันหลังจากเสร็จงาน

(9) ถ้านำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ที่ไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานแล้ว ก่อนทำการรังวัดควรนำไปตั้งรับสัญญาณดาวเทียมก่อน เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เครื่องนั้นสามารถใช้งานได้หรือไม่

(10) ตรวจสอบเครื่องมือสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นวิทยุหรือโทรศัพท์มือถือ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

(11) ศึกษาการใช้งานเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS รุ่นที่นำออกไปใช้ให้เข้าใจก่อนที่จะนำไปใช้งาน

5.8 การใช้งานและการดูแลรักษา

(1) บรรจุเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ให้อยู่ในกล่องหรือที่เก็บโดยเฉพาะ ขณะที่ทำการเคลื่อนย้ายในสนาม ป้องกันการตกหล่น ควรทะนุถนอมรักษาเครื่องมือขณะขนย้าย

(2) ระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ขณะเดินทางโดยรถยนต์ ไม่ให้ได้รับการกระทบกระเทือนหรือสั่นสะเทือน

(3) หลีกเลี่ยงการทิ้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ไว้ในรถที่จอดตากแดดหรือในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อป้องกันการชำรุดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

(4) หลีกเลี่ยงการตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ไว้ในขณะที่มีฝนตก เพื่อป้องกันความชื้นและเชื้อราที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

(5) หลังจากงานสนามสิ้นสุดลงแล้ว ควรทำความสะอาดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยใช้น้ำยาทำความสะอาดโดยเฉพาะ

(6) ห้ามถอดเสาอากาศของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในขณะที่รับสัญญาณอยู่เป็นอันขาด เพราะอาจทำให้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เสียหายได้

(7) ปิดช่อง Port ต่างๆ ด้วยฝาจุกหรือยางให้แน่น หลังจากการใช้งานเสร็จแล้ว

(8) ห้ามเคลื่อนย้ายเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในขณะที่ยังอยู่บนขาตั้งกล้อง

(9) ก่อนที่จะนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เข้ากล่องควรถอดแบตเตอรี่ก่อน

(10) การวางเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ลงในกล่อง ควรวางตามแบบที่กำหนด

(11) การติดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ต้องยึดขาตั้งให้มั่นคงเสียก่อน แล้วจึงนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เข้าประกอบติดตั้งกับขา

(12) เก็บเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ไว้ในที่ที่ปราศจากความชื้น และควรนำกล่องมาผึ่งแดดหรือตากแดดบ้างเป็นครั้งคราวมนกรณีที่ไม่ได้ใช้นานๆ

5.9 ระบบดาวเทียมในปัจจุบัน

ในปัจจุบันระบบสัญญาณดาวเทียมไม่ได้มีแค่ GPS ของประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ประเทศอื่นก็ส่งดาวเทียมขึ้นไปไม่ว่าจะเป็นระบบดาวเทียม GLONASS ของประเทศรัสเซีย ระบบดาวเทียม Galileo ของสหภาพยุโรป ระบบดาวเทียม Beidou (หรือ Compass) ของประเทศจีน ระบบดาวเทียม IRNSS ของประเทศอินเดีย ระบบดาวเทียม DORIS ของประเทศฝรั่งเศส และระบบดาวเทียม QZSS ของประเทศญี่ปุ่น

ดาวเทียมทุกระบบ รวมเรียกว่า ระบบดาวเทียม GNSS (Global Navigation Satellite Systems) ซึ่งเป็นคำที่ใช้แทนระบบการหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม ที่ประกอบด้วยดาวเทียมหลายระบบรวมกัน โดยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในปัจจุบันได้รองรับระบบ GPS GLONASS และ Galileo เพื่อใช้ในการประมวลผลเพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่ง (N,E,Z) ให้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

บทที่ 6
เครื่องมือวัดระยะ

6.1 ชนิดของเครื่องวัดระยะ

เครื่องมือวัดวัดระยะแบ่งออกได้หลายประเภท หลายชนิด ซึ่งการจะนำเครื่องวัดระยะชนิดใดมาใช้นั้น ขึ้นอยู่กับความละเอียดของงานที่ต้องการ สภาพหน้างานและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน โดยเครื่องวัดระยะสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

(1) เครื่องวัดระยะโดยตรง เช่น เทปวัดระยะ ,โซ่

Stainless Steel Tape

Nilon tape

เทปวัดระยะ

โซ่ลาน

(2) เครื่องวัดระยะโดยอ้อม เช่น Telemeter , Range finder , Subtense bar , Stadia ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับกล้องวัดมุม

Tacheometer Staff

Subtense bar

(3) เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการวัดระยะด้วยคลื่นแสง เช่น แสง Infra-red , แสง Laser หรือวัดระยะด้วยคลื่นวิทยุ เช่น Microwaves

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะ เทปวัดระยะ และเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ปัจจุบัน

6.2 เทปวัดระยะ

เทปวัดระยะเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้ละเอียด และเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด มีทั้งแบบที่เป็นเทปเหล็ก , เทปไนลอน และ Invar ซึ่งเทปวัดระยะปกติจะมีความยาวหลายขนาด แต่ที่นิยมใช้ในงานสำรวจหรืองานก่อสร้างจะมีตั้งแต่ 2 เมตร, 5 เมตร, 20 เมตร, 25 เมตร, 50 เมตร, 100 เมตร ซึ่งเทปจะมีการเก็บอย่างดี เช่น เป็นตลับ, เป็นโกร่งเทป, เป็นจาน มีด้ามให้จับหรือมีที่สำหรับใช้มือจับ

6.2.1 การแก้ระยะของเทป

เนื่องจากว่าการวัดเทปนั้นต้องข้ามสิ่งกีดขวางหรือผ่านไปในภูมิประเทศที่มีอุณหภูมิไม่เท่ากัน รวมทั้งเทปเองก็มีความสั้นยาวที่เกิดจากการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานด้วย เพราะฉะนั้นเวลาใช้งานที่มีความละเอียดจะต้องทำการปรับแก้ระยะให้ถูกต้องตามความจริง

(1) การแก้มาตรฐานของเทป (STANDARDISATION)

กรณีนี้จะเกิดขึ้นเนื่องจากการสร้างเทปไม่ได้มาตรฐาน โดยจะต้องนำเทปไปเทียบกับ Invar tape ที่ได้มาตรฐานและได้คำนวณแก้ไว้แล้ว ค่าเทปที่ได้นี้จะสั้นไปหรือยาวไป ไม่อย่างใดก็อย่างหนึ่ง เพราะฉะนั้นการแก้จะทำได้ดังนี้

ก. ถ้าเทปยาวเกินไป ค่าที่วัดได้จะสั้นไป : ค่าแก้จะมีค่าเป็นบวก

ข. ถ้าทปสั้นเกินไป ค่าที่วัดได้จะยาวไป : ค่าแก้จะมีค่าเป็นลบ

กำหนดให้ L = ความยาวของเทป = เทปผิด

ΔL = ความผิดของเทปที่ยาวไปหรือสั้นไป

d_m = ระยะที่วัดได้ (Measured Distance) = ระยะผิด

d_t = ระยะจริง (Actual length) = ระยะถูก

ระยะถูกของเทป = $L \pm \Delta L$

ความผิดต่อหนึ่งเมตร = $\pm \frac{\Delta L}{L}$

$$d_t = d_m \pm d_m \frac{\Delta L}{L}$$

$$= d_m \left(1 \pm \frac{\Delta L}{L}\right)$$

หรืออาจแปลงสูตรเป็น

$$\frac{d_t}{d_m} = \frac{L \pm \Delta L}{L}$$

หรือ $\frac{\text{ระยะถูก}}{\text{ระยะผิด}} = \frac{\text{เทปผิด}}{\text{เทปถูก}}$

กรณีนี้เทียบความผิดของเทปต่อ 1 เส้นเทป

(2) การปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ (CORRECTION FOR TEMPERATURE)

การวัดระยะในภูมิประเทศหรือในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเทปมาตรฐาน จะทำให้ความยาวของเทปยาวมากกว่าปกติหรือยาวมากกว่ามาตรฐาน ระยะที่ได้จะน้อยลงเพราะฉะนั้นค่าแก้จะเป็นบวก ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิน้อยลงหรือน้อยกว่ามาตรฐาน ความยาวของเทปจะสั้น ค่าระยะที่วัดได้จะยาวมากเกินไป เพราะฉะนั้นค่าแก้จะต้องเอาไปลบ

สูตร $C_t = \alpha (T_m - T_s)L$

C_t = ค่าแก้อุณหภูมิ

L = ระยะที่วัดได้

T_m = อุณหภูมิขณะที่กำลังวัด

T_s = อุณหภูมิมาตรฐาน

α = สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้น ซึ่งคิดต่อหน่วยความยาวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้น α มีดังนี้

	ต่อ $1^{\circ}F$	ต่อ $1^{\circ}C$
เหล็ก	5.9-6.8 ($x10^{-6}$)	10.6-12.2 ($x10^{-6}$)
อินวาร์	3-4 ($x10^{-7}$)	5.4-7.2 ($x10^{-7}$)

(3) การทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (REDUCTION TO MEAN SEA LEVEL)

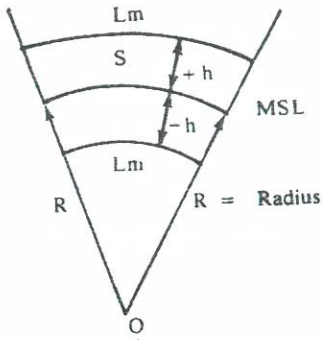
การคำนวณนี้บางทีเรียกว่าการหา Sea Level Coefficient (SL)

กำหนดให้ S = ระยะที่ MSL

L_m = ระยะที่วัดได้และค่าแก้ต่างๆแล้ว

-h, h = ความสูง/ต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

R = รัศมีโลก



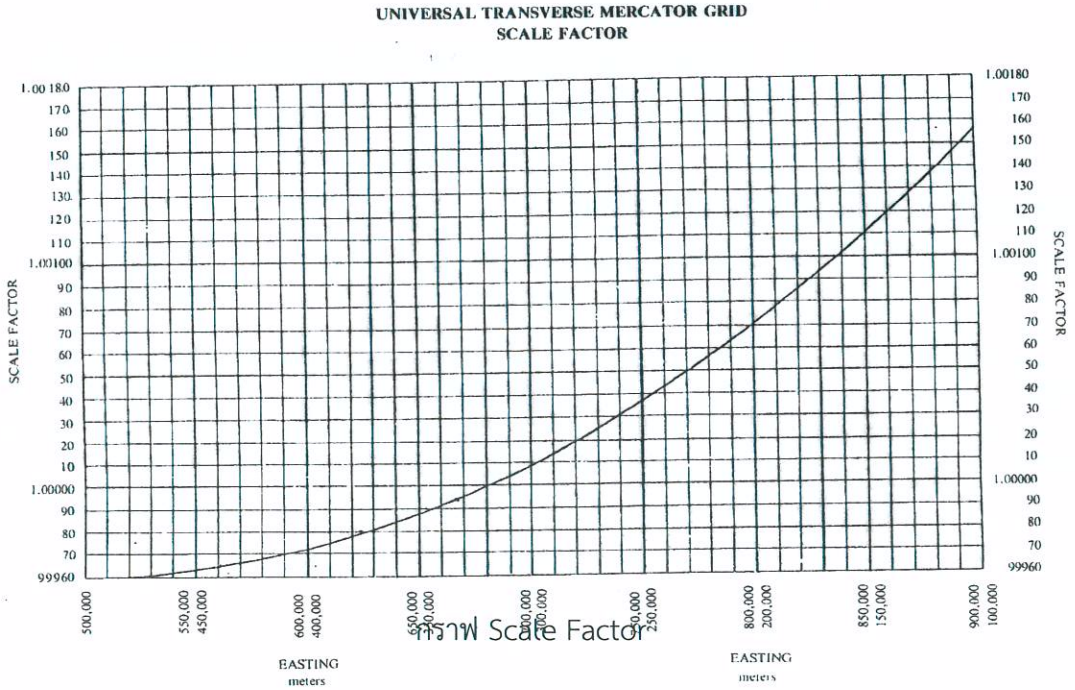
$$\frac{S}{L_m} = \frac{R}{R \pm h}$$

$$S = \frac{L_m R}{R \pm h}$$

(4) การแก้ระยะที่ MSL เป็นระยะกริด (GRID LENGTH)

ระยะที่ MSL นั้นในทางสำรวจจะเรียกว่า Geodetic distance การแปลงระยะนี้เป็นระยะกริดก็คือ การแปลงระยะให้เขากับ Projection ที่เราใช้ เช่น ในประเทศไทยเราใช้ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

การแปลงระยะจะใช้ Scale Factor เข้ามาคูณ โดยเราจะต้องทราบพิกัดฉากของจุดหัวท้ายของวงรอบเปิดแล้วเฉลี่ยค่าพิกัดฉากทางตะวันออก นำค่าพิกัดฉากทางตะวันออกไปหาค่า Scale factor (k) นำไปคูณกับระยะก็จะได้เป็นระยะกริดหรือระยะบนแผนที่ ถ้าเป็นการทำวงรอบ UTM. Scale factor (k) จะต้องนำไปคูณกับระยะทุกด้าน



กราฟ Scale Factor

6.2.2 ความผิดที่เกิดขึ้นในการวัดระยะด้วยเทป

(1) ความยาวของเทปไม่ได้มาตรฐาน
(2) การจดศูนย์และการทำเครื่องหมายบอกระยะไม่ดี
(3) เวลาวัดระยะเทปไม่เป็นเส้นตรง เช่น ติดต้นไม้เล็กๆ
(4) เทปไม่ได้ระดับ
(5) เทปหย่อนหรือตกท้องช้าง
(6) เล็งแนวไม่ดี
(7) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
(8) ความผิดที่เกิดขึ้นจากบุคคล เช่น อ่านระยะผิด จดผิด

6.2.3 การใช้งานและการดูแลรักษาเทปวัดระยะ

(1) ตรวจสอบความยาวของเทปว่าถูกต้องตามมาตรฐาน
(2) เทปต้องอยู่ในสภาพดี ไม่บิดเบี้ยว หักงอหรือฉีกขาด
(3) ตัวเลขบอกระยะต้องชัดเจน
(4) ควรใช้แรงดึงเทปตามมาตรฐานของเทปชนิดนั้นๆ
(5) เมื่อเลิกใช้งานแล้ว ควรทำความสะอาด แล้วม้วนเก็บเข้าโกร่งเทปหรือตลับให้เรียบร้อย
(6) ควรเก็บเทปในที่แห้ง ปราศจากความชื้น

6.3 เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Distance Meter, EDM)

6.3.1 ชนิดของเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (EDM) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท
(1) Electro-optical: ใช้คลื่นแสง (Light waves) ในการวัดระยะทาง
(2) Electromagnetic: ใช้คลื่น Microwave ในการวัดระยะทาง

6.3.2 การใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์

(1) ตรวจสอบสภาพของเครื่องและแบตเตอรี่ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่
(2) เมื่อนำไปติดตั้งกับกล้องวัดมุม ควรติดตั้งให้มั่นคง
(3) ปิดสวิทซ์ทุกครั้งที่จะทำการย้ายกล้อง หรือ ถอดแบตเตอรี่
(4) ก่อนที่จะนำเก็บลงไปในกล่อง ควรถอดแบตเตอรี่ออกก่อน
(5) เมื่อเลิกใช้งานแล้ว ควรทำความสะอาด แล้วเก็บลงกล่องให้เรียบร้อย
(6) การเก็บเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ ต้องเก็บในห้องหรือสถานที่ที่ไม่มีความชื้นภายในอากาศมาก ควรเก็บในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะเป็นการดีที่สุดและควรเปิดกล่องเพื่อผึ่งแดดเป็นบางครั้งในกรณีที่เก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ โดยที่ไม่ได้เปิดออกมาใช้งาน

กล้องเข็มทิศ Compass

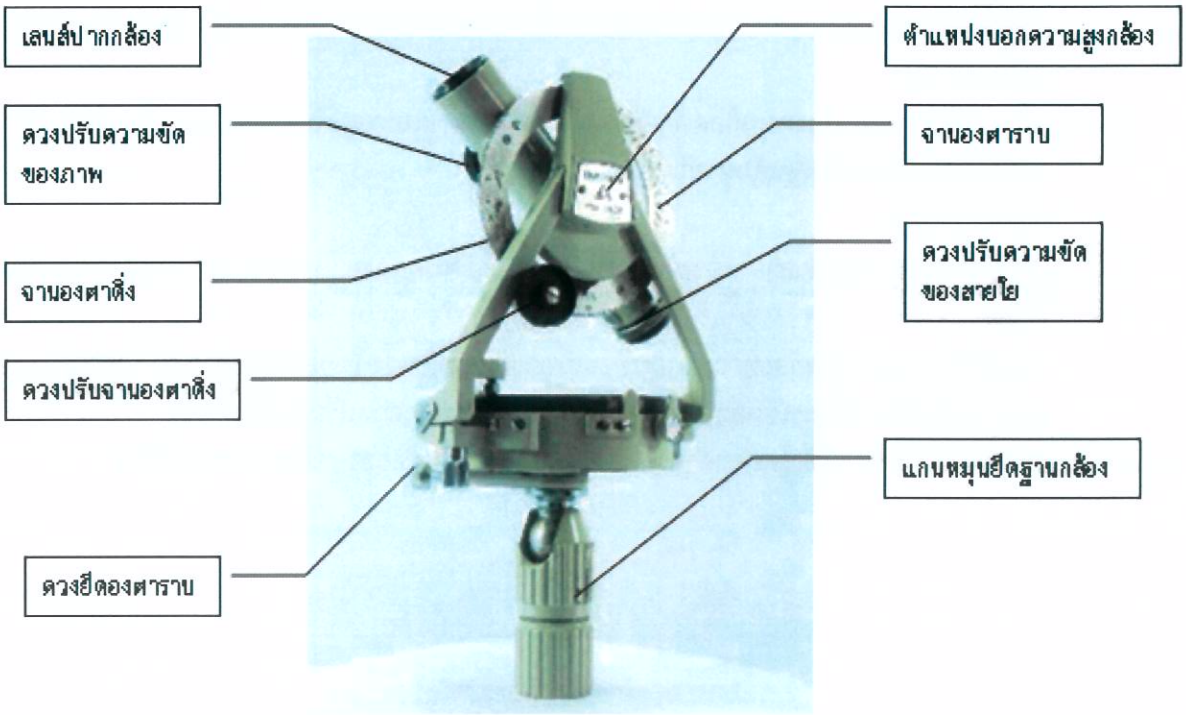
กล้องเข็มทิศ (compass) เป็นเครื่องมือสำรวจที่ใช้สำหรับวัดมุมเบี่ยงเบนจากมุมทิศเหนือ-ใต้แม่เหล็ก มีจานองศาราบ ที่เล็งแนว กล้องขยายสำหรับส่องเล็งแนวและหลอดระดับสำหรับปรับตั้งกล้องให้ได้ระดับ เมื่อติดตั้งประกอบกับขาตั้งกล้องเข็มทิศ ใช้ในการแนวรังวัดค่ามุมราบในงานวงรอบต่างๆ มักใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก ใช้ในการวางแนวในระยะใกล้ๆ ขอบเขตพื้นที่สำรวจขนาดเล็ก

การใช้งานจะใช้อ่านค่ามุมราบที่อ้างอิงจากแนวทิศเหนือแม่เหล็กโดยหมุนกล้องเข็มทิศตามเข็มนาฬิกา (Azimuth) แต่ถ้าอ่านค่ามุมราบอ้างอิงจากแนวทิศเหนือและทิศใต้โดยหมุนกล้องเข็มทิศตามหรือทวนเข็มนาฬิกาจะได้มุมทิศ (Bearing) ซึ่งเข็มทิศและกล้องเข็มทิศแสดงในภาพ

เข็มทิศต่างๆ

กล้องเข็มทิศ

ส่วนประกอบของกล้องเข็มทิศ



<u>การตรวจสอบเครื่องมือเครื่องใช้</u>

เครื่องมือและอุปกรณ์การทำแผนที่ เมื่อใช้ไปนานๆ จะต้องมีการตรวจสอบเพื่อทดสอบคุณภาพ และความคงทน การตรวจสอบควรกำหนดให้มีเป็นครั้งคราวตามความเหมาะสมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ดังนี้

(1) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นยังมีคุณภาพดี ได้มาตรฐานใช้ปฏิบัติงานได้ต่อไปหรือไม่

(2) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นผิดไปจากมาตรฐานเดิมหรือไม่ จะได้แก้ไขให้ถูกต้องตามเดิม

(3) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่า เครื่องมือนั้นเก่าหรือล้าสมัย เพื่อจะได้หาของใหม่เปลี่ยนแทน

(4) ตรวจสอบเพื่อให้ทราบการชำรุด และจัดการซ่อมแซม

การป้องกันทั่วๆไป

-ต้องใส่กล้องไว้ในกล่องเสมอเมื่อต้องการนำกล้องออกไปใช้งาน หรือในระหว่างการเดินทางกล่องที่ใส่กล้อง จะป้องกันแรงกระแทรกที่เกิดกับกล้อง

-เมื่อนำกล้องออกจากกล่องพลาสติกให้จับ standard ของกล้องให้แน่น และดึงกล้องออกมา

-ห้ามวางกล้องบนพื้นเพราะเศษผงหรือทรายที่ติดอยู่ใต้ฐานกล้องจะทำให้ส่วนบนของขาตั้ง 3 ขาและ centring screw ถูกทำลายได้เมื่อนำกล้องไปติดตั้ง

-ถ้าจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายกล้อง ให้ถอดตัวกล้องออกจากขากล้องเสมอ

-เมื่อต้องทิ้งกล้องที่ทำการติดตั้งบนขาตั้งไว้แล้วไป ให้เปิดเลนส์ของกล้องด้วยฝาครอบเลนส์และคลุมกล้องด้วยผ้าคลุมกล้อง

-ห้ามทิ้งกล้องตากฝนหรือตากแดดจัด

-เมื่อนำกล้องไปเก็บให้ทำตามรูปที่แสดงไว้ในกล่องกล้อง

-เพื่อป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์ของกล้องในขณะขนย้ายให้นำอุปกรณ์เหล่านั้นเก็บไว้ในที่เก็บไว้ในที่เก็บเสมอ

-ใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ไม่เป็นกรดหรือด่างที่ทำลายพลาสติกหรือใช้น้ำเปล่า ทำความสะอาดกล่องพลาสติก

-เมื่อเลิกใช้งานแล้วต้องหมุนล็อคเข็มทิศในแนว 00 องศาเสมอและไม่ควรหมุนสกูรล็อคให้แน่นจนเกินไปจะทำให้เข็มทิศเสียหายได้

การบำรุงรักษา

-กล้องสำรวจอาจถูกทำลายได้ด้วยความชื้น ดังนั้นถ้ามีฝนตกลงมาในขณะการสำรวจให้เช็ดกล้องให้แห้ง

-ต้องทำความสะอาดกล้องทุกครั้งก่อนที่จะเก็บลงกล้องทุกครั้ง โดยใช้แปลงสำหรับปัดเลนส์และเป่าลมหายใจไปที่เลนส์และเช็ดออกให้สะอาดด้วยผ้านุ่มๆ ที่สะอาดหรือกระดาษทิชชู

-หลังจากการใช้งานให้เช็คที่ขาตั้งสามขาว่ามีส่วนใดส่วนหนึ่งของจาตั้งศูนย์หายหรือไม่