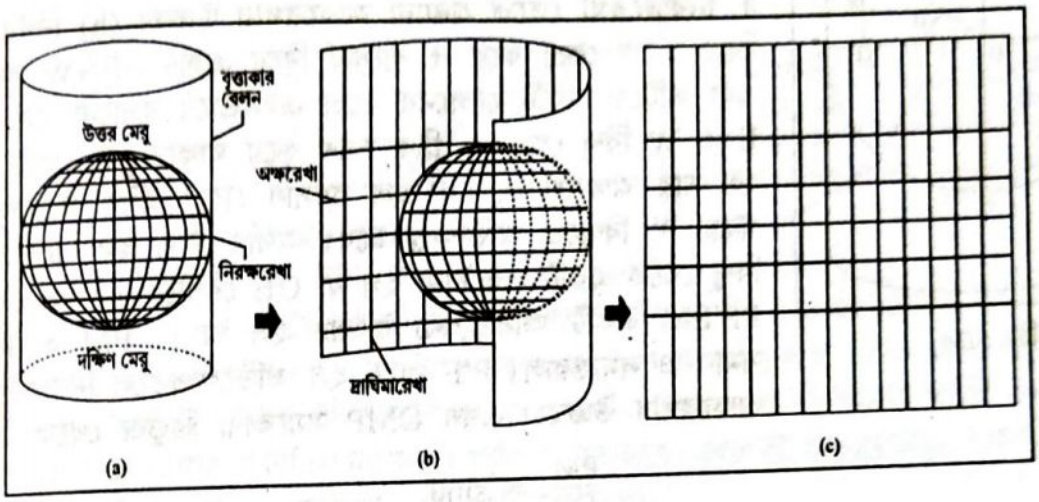
❖ 5.11 বেলনাকার অভিক্ষেপ (Cylindrical Projection)

সাধারণত বেলনাকার অভিক্ষেপে একটি বৃত্তাকার চোঙ বা বেলন (Cylindor) সৃজনী ভূগোলকের নিরক্ষরেখাকে স্পর্শ করে। ভূগোলকের উপর অঙ্কিত দ্রাঘিমারেখা ও অক্ষরেখাগুলি বৃত্তাকার বেলনের ভেতরের তলে উপস্থাপিত হয়। এই বেলনকে চিত্রের ন্যায় উপর-নীচ বরাবর কেটে উন্মুক্ত করলে ভূগোলকের অক্ষরেখা এবং দ্রাঘিমারেখাগুলো সরলরেখার আকারে একটি আয়তাকার তলে বিকশিত হয়।



চিত্র 5.33: বেলনাকার অভিক্ষেপ

এই অধ্যায়ে তিনপ্রকার বেলন অভিক্ষেপ সম্পর্কে আলোচনা করা হল। এগুলি হল—

(a) বেলনাকার সমআয়তনিক অভিক্ষেপ (Cylindrical Equal Area Projection)

(b) মারকেটরস্ অভিক্ষেপ (Mercator's Projection)

(c) গলস্ স্টিরিওগ্রাফিক অভিক্ষেপ (Gall's Stereographic Projection)

উল্লেখ্য সমক্ষেত্রফলবিশিষ্ট বেলন অভিক্ষেপ (Cylindirical Equal Area Projection) এবং মার্কেটরস্ অভিক্ষেপে (Mercator's Projection) ভূগোলকের কেবলমাত্র নিরক্ষরেখাকে পূর্ণবৃত্তীয় বেলন বা চোঙ স্পর্শ করে। কিন্তু গলস্ স্টিরিওগ্রাফিক অভিক্ষেপে পূর্ণবৃত্ত বেলন বা চোঙ (Gall's Stereographic Projection) ভূগোলকের 45°N এবং 45°S অক্ষরেখাকে স্পর্শ করে।

5.11.1 বেলনাকার সমআয়তনিক অভিক্ষেপ (Cylindrical Equal Area Projection)

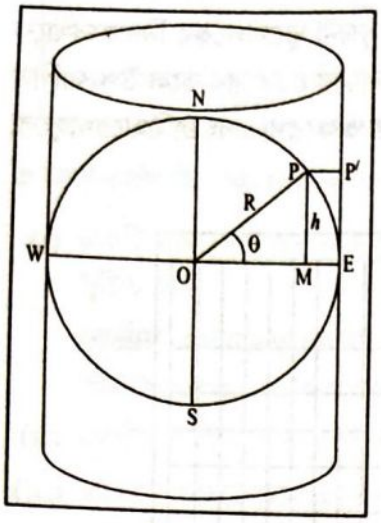
• **নীতি (Principle) :** প্রখ্যাত জার্মান মানচিত্রবিদ্ (Cartographer) জোহান হেনরিচ্ ল্যামবার্ট (Johan Heinrich Lambert) বেলনাকার সমআয়তনিক অভিক্ষেপের উদ্ভাবক। এটি একটি অদৃশ্যানুগ (non-perspective) অভিক্ষেপ। এতে একটি বৃত্তাকার চোঙ বা বেলনের (Cylinder) ভেতর সৃজনী ভূগোলককে (Generating Globe) এমনভাবে স্থাপন করা হয় যাতে বেলনটি ভূগোলকের নিরক্ষরেখাকে স্পর্শ করে। এখন এই বেলনটি কেটে সমতলে বিস্তৃত করলে দেখা যাবে যে অক্ষরেখাগুলো সরলরেখার আকারে নিরক্ষরেখার সমান্তরালে বিন্যস্ত হয়েছে। এই অভিক্ষেপে অক্ষরেখার স্কেল বাড়িয়ে ও আনুপাতিক হারে দ্রাঘিমারেখার স্কেল হ্রাস ঘটিয়ে যে-কোনো দুটি অক্ষরেখার ও দুটি দ্রাঘিমারেখার মধ্যবর্তী ক্ষেত্রফল সৃজনী ভূগোলকের (Generating Globe) অনুরূপ দুটি অক্ষরেখা ও অনুরূপ দুটি দ্রাঘিমারেখার মধ্যবর্তী ক্ষেত্রফলের সঙ্গে সমান রাখা হয়। অর্থাৎ, সমক্ষেত্রফল (Equal Area) ধর্ম বজায় রাখার নীতি প্রতিষ্ঠিত করা হয়। এই অভিক্ষেপকে সমক্ষেত্রফলবিশিষ্ট বেলন অভিক্ষেপও বলা হয়।

● **তত্ত্ব ও গণনা (Theory and Calculation)**

1. জেনারেটিং ভূগোলকের ব্যাসার্ধ (R) = $\frac{\text{পৃথিবীর প্রকৃত ব্যাসার্ধ}}{\text{RF-এর হর}}$

2. নিরক্ষরেখার দৈর্ঘ্য = $2\pi R$ [প্রকৃতপক্ষে $2\pi r \cos 0°$, $\cos 0° = 1$ হওয়ায় এটিকে $2\pi R$ বলা হয়।]

3. নিরক্ষরেখা বরাবর দ্রাঘিমারেখা বিভাজন দূরত্ব (d_θ) = $\frac{2\pi R}{360} \times$ (i)



চিত্র 5.34

4. নিরক্ষরেখা থেকে অন্যান্য অক্ষরেখার উচ্চতা (h) নির্ণয় : 5.34 নং চিত্রে 0-কে কেন্দ্র করে R ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি SENW বৃত্ত আঁকা হল এবং এটিকে একটি বেলনের মধ্যে এমনভাবে বসানো হল যাতে বৃত্তের E ও W বিন্দু বেলনকে ঠিক স্পর্শ করে থাকবে। P একটি বিন্দু নেওয়া হল যার অক্ষাংশ θ, OP হল ব্যাসার্ধ (R)। এখন P বিন্দুটি বেলনের গায়ে P′ বিন্দুতে অভিক্ষিপ্ত হবে। অর্থাৎ P′E হল বৃত্তের স্পর্শক। P বিন্দু থেকে একটি লম্ব টানা হল যা OE রেখাকে M বিন্দুতে ছেদ করে। PP′EM একটি আয়তক্ষেত্র উৎপন্ন হল অর্থাৎ PM এ P′E পরস্পর সমান ও সমান্তরাল। P′E বা h হল অভিক্ষেপতলে নিরক্ষরেখা থেকে θ অক্ষরেখার উচ্চতা। এখন OMP সমকোণী ত্রিভুজ থেকে লিখতে পারি,

$$\frac{PM}{OP} = \sin\theta$$

or, $PM = OP \sin\theta$, or, $h = R \sin\theta$ [∵ P′EMP আয়তক্ষেত্র, সুতরাং PM = P′E = h]

অতএব, নিরক্ষরেখা থেকে যে-কোনো অক্ষরেখার উচ্চতা (h) = $R \sin\theta$

● **ধর্ম (Properties)**

1. নামকরণ থেকে সুস্পষ্ট, এটি একটি সমক্ষেত্রফলবিশিষ্ট অদৃশ্যানুগ অভিক্ষেপ। 2. অক্ষরেখা ও দ্রাঘিমারেখাগুলি সরলরেখা এবং একে অপরকে সমকোণে ছেদ করে। 3. নিরক্ষরেখা থেকে উত্তর-দক্ষিণে অক্ষরেখাগুলির ব্যবধান ক্রমহ্রাসমান। ফলে উচ্চ অক্ষাংশের দেশগুলির আকৃতির বিকৃতি ঘটে। 4. সমস্ত অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য নিরক্ষরেখার দৈর্ঘ্যের সমান ($2\pi R$) এবং সমস্ত দ্রাঘিমারেখার দৈর্ঘ্য নিরক্ষরেখার দৈর্ঘ্যের অর্ধেক (πR)। 5. কেবলমাত্র নিরক্ষরেখায় স্কেল ঠিক থাকে, অন্যত্র অক্ষরেখা ও দ্রাঘিমারেখা উভয়ক্ষেত্রে স্কেলের বিচ্যুতি ঘটে।

● **ব্যবহার (Uses)**

নিরক্ষীয় অঞ্চলের দেশসমূহের আকৃতির বিচ্যুতি তুলনামূলকভাবে কম হওয়ায় নিম্ন অক্ষাংশের অঞ্চলগুলি এই অভিক্ষেপে সবচেয়ে ভালোভাবে দেখানো যায়। সমক্ষেত্রফল (equal area) ধর্ম বজায় থাকার কারণে যে-কোনো সম্পদের বণ্টন (খনিজ-বনজ-কৃষিজ ইত্যাদি) নির্ভুলভাবে এই অভিক্ষেপে দেখানো সম্ভব।

● **সীমাবদ্ধতা (Limitations)**

উচ্চ অক্ষাংশের দেশগুলির আকৃতির বিচ্যুতি অধিক থাকায় এই অভিক্ষেপে মোটামুটি 45° উত্তর ও দক্ষিণ অক্ষাংশের বাইরের দেশগুলিকে দেখানো সন্তোষজনক হয় না।

● **Example 1 : 75 × 10° স্কেলে 20°W থেকে 60°E এবং 40°N থেকে 40°S পর্যন্ত অঞ্চলের সমক্ষেত্রফলবিশিষ্ট বেলন অভিক্ষেপ অঙ্কন করো। অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমার ব্যবধান 10°।**
[Draw the graticules of Cylindrical Equal Area Projection on a Scale of 1 : 75 × 10^6 for the Extension to 70°N to 40°S and 20°W to 60°E at an interval of 10°]

▶▶ সমাধান:

1. জেনারেটিং ভূগোলকের ব্যাসার্ধ (Radius of the Generating Globe) :

$$R = \frac{640 \times 10^6}{75 \times 10^6} \text{ সেমি} = 8.533 \text{ সেমি।}$$

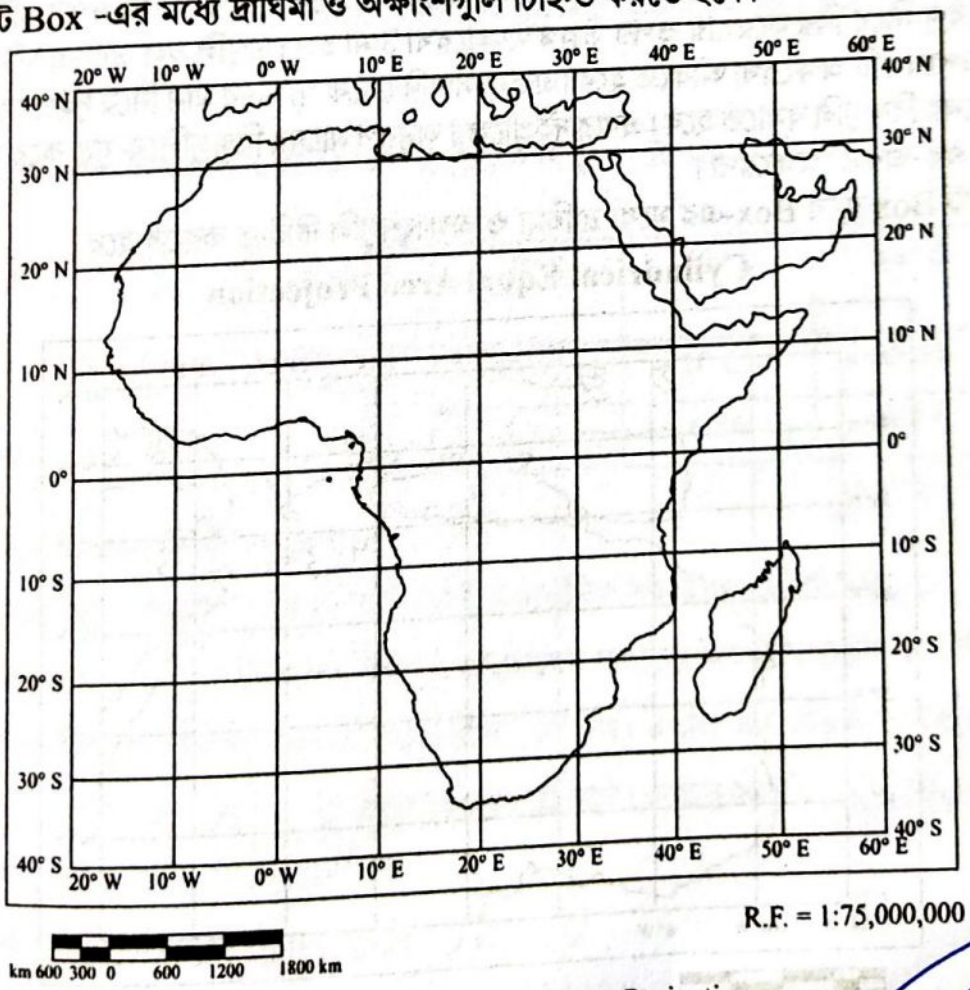
2. নিরক্ষরেখা বরাবর 10° ব্যবধানে দ্রাঘিমারেখাগুলি স্থাপনের জন্য বিভাজন মান (Division along the equator for spacing the meridians at 10° interval) : $d_\theta = \frac{2\pi R \cos 0°}{360} \times (i) = \frac{2 \times 3.14159 \times 8.533 \times 10^6}{360} \times 10$ সেমি = 1.48935 সেমি = 1.49 সেমি।

3. নিরক্ষরেখা থেকে যে-কোনো অক্ষরেখার উচ্চতা (h) নির্ণয় (Height of any Parallel from the equator) : $h = R \sin\theta$

N/S / θ	10° N/S	20° N/S	30° N/S	40° N/S
sinθ	0.17365	0.34202	0.50000	0.64279
R (সেমি)	8.5333	8.5333	8.5333	8.5333
h = R sin θ (সেমি)	1.48	2.92	4.27	5.49

• অঙ্কন প্রণালী (Method of Drawing)

1. কাগজের মাঝ বরাবর নিরক্ষরেখা আঁকার জন্য একটি অনুভূমিক সরলরেখা টানা হল।
2. দ্রাঘিমারেখা আঁকার জন্য 1.49 সেমি দূরত্ব নিয়ে ডিভাইডারের সাহায্যে নিরক্ষরেখার ওপর 8 টি বিন্দু নেওয়া হল।
3. এই বিভাজন বিন্দু দিয়ে নিরক্ষরেখার ওপর উল্লম্ব সরলরেখা টানা হল। এগুলি হল এক-একটি দ্রাঘিমারেখা।
4. নিরক্ষরেখার ওপরে 4টি এবং নীচে 4টি অন্যান্য অক্ষরেখা আঁকতে হবে। এজন্য উপরোক্ত সারণি থেকে h-এর মান দুই প্রান্তের দুই দ্রাঘিমারেখা বরাবর বিভিন্ন মানের বিন্দুগুলি বসাতে হবে। এবার দুই প্রান্তের অনুরূপ মানের বিন্দুগুলিকে যুক্ত করে সরলরেখা আঁকতে হবে। এগুলি হল এক একটি অক্ষরেখা।
5. সবশেষে নির্দিষ্ট Box -এর মধ্যে দ্রাঘিমা ও অক্ষাংশগুলি চিহ্নিত করতে হবে।



R.F. = 1:75,000,000

চিত্র 5.35: Cylindrical Equal Area Projection

❖ 5.10 শাঙ্কব অভিক্ষেপ (Conical Projection)

পূর্বে উল্লেখ করা হয়েছে যে একটি পূর্ণবৃত্তীয় শঙ্কু যখন জেনারেটিং ভূগোলকের বিকাশযোগ্য তল হিসাবে পরিগণিত হয়, তখন ভূগোলকের একটি অক্ষরেখা বরাবর শঙ্কুটি স্পর্শকরূপে অবস্থান করে। মানচিত্র অভিক্ষেপের শ্রেণিবিভাগ অনুযায়ী বহুপ্রকার শাঙ্কব অভিক্ষেপ থাকলেও এখানে তাদের মধ্যে নিম্নোক্ত কয়েকটি সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

(i) এক প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ (Simple Conical Projection with One Standard Parallel)

(ii) দুই প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ (Simple Conical Projection with Two Standard Parallels)

(iii) বনস্ অভিক্ষেপ (Bonne's Projection)

(iv) বহুশাঙ্কব অভিক্ষেপ (Polyconic Projection)

এছাড়া সাইনুসয়ডাল অভিক্ষেপ (Sinusodidal Projection) এবং ইনটারাপটেড সাইনুসয়ডাল (Interrupted Sinusoidal)-কেও এই শ্রেণির মধ্যে রেখে আলোচনা করা হল; কারণ, সাইনুসয়ডাল অভিক্ষেপ হল বনস্ অভিক্ষেপের বিশেষ রূপ আবার ইনটারাপটেড সাইনুসয়ডাল অভিক্ষেপ হল সাইনুসয়ডাল অভিক্ষেপের পরিবর্তিত রূপ।

➢ 5.10.1 একটি প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ (Simple Conical Projection with One Standard Parallel)

● **নীতি (Principle) :** এই অভিক্ষেপে একটি পূর্ণবৃত্তীয় শঙ্কু (Cone) বিকাশশীল পৃষ্ঠ (developing surface) হিসেবে জেনারেটিং ভূগোলককে স্পর্শ করে। তাই এই অভিক্ষেপকে শাঙ্কব বা কনিক্যাল (conical) অভিক্ষেপ বলে। ভূগোলকের ওপর স্থাপিত শঙ্কুটি একটি নির্দিষ্ট অক্ষরেখাকে স্পর্শ করে। একে প্রমাণ অক্ষরেখা (Standard Parallel) বলে। এটি একটি দৃশ্যানুগ অভিক্ষেপ। ভূগোলকের কেন্দ্রে স্থাপিত আলোর উৎসের দ্বারা অক্ষরেখা ও দ্রাঘিমারেখাগুলি সরাসরি শঙ্কুর ভেতরে তলে অভিক্ষিপ্ত হয়। এই অভিক্ষেপে অক্ষরেখাগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্তচাপ এবং দ্রাঘিমারেখাগুলি সরলরেখারূপে অভিক্ষিপ্ত হয়। প্রমাণ অক্ষরেখা বরাবর স্কেল সঠিক থাকে। এই অক্ষরেখার উত্তরে বা দক্ষিণে যতই যাওয়া যায় ততই স্কেলের বিকৃতি ঘটে। প্রমাণ অক্ষরেখা ছাড়া অন্যান্য অক্ষরেখা বরাবর স্কেল সঠিক থাকে না।

● **তত্ত্ব (Theory) :** (i) সৃজনী ভূগোলকের ব্যাসার্ধ (Radius of the generating globe),

$$R = \frac{\text{পৃথিবীর প্রকৃত ব্যাসার্ধ (Actual radius of the earth)}}{\text{RF-এর হর (Denominator of RF)}}$$

(ii) প্রমাণ অক্ষরেখার (θ) ব্যাসার্ধ (Radius of the Standard Parallel), $r_\theta = R.Cot\theta$

(iii) মধ্য দ্রাঘিমারেখা বরাবর 'i' ব্যবধানে অক্ষরেখাসমূহ অঙ্কনের জন্য বিভাজন মান (Division along the Central Meridian for spacing the parallels at 'i' interval)

$$d_1 = \frac{\pi R}{180^\circ} \times i$$

(iv) প্রমাণ অক্ষরেখা (θ) বরাবর 'i' ব্যবধানে দ্রাঘিমারেখাসমূহ অঙ্কনের জন্য বিভাজন মান (Division along the Standard Parallel for spacing the meridians at 'i' interval)

$$d_2 = \frac{2\pi R Cos\theta}{360^\circ} \times i$$

● **Example 1. 50×10^6 স্কেলে 10° ব্যবধানে 30°N থেকে 70°N এবং 20°W থেকে 60°E পর্যন্ত বিস্তৃত অংশের এক প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ অঙ্কন করো।**
(Draw graticules of Simple Conical Projection with One Standard Parallel for the Extension of 30°N to 70°N & 20°W to 60°W at an interval of 10° on a Scale of 1 : 50, 000,000)

⏩ সমাধান:

1. জেনারেটিং ভূগোলকের ব্যাসার্ধ (R) = $\frac{640\times10^6}{50\times10^6}$ সেমি = 12.8 সেমি
2. প্রমাণ অক্ষরেখা (θ) = $\frac{30°N+70°N}{2}$ = 50°N
3. প্রমাণ অক্ষরেখাসহ অন্যান্য অক্ষরেখা = 30°N, 40°N, **50°N**, 60°N, 70°N
4. মধ্যদ্রাঘিমা রেখা = $\frac{60°E-20°W}{2}$ = 20°E
5. মধ্যদ্রাঘিমারেখাসহ অন্যান্য দ্রাঘিমারেখা = 20°W, 10°W, 0°, 10°E, **20°E**, 30E, 40°E, 50°E, 60°E
6. প্রমাণ অক্ষরেখার ব্যাসার্ধ (r_0) = R cot θ = 12.8 × cot 50° সেমি = 12.8 × 0.83910 সেমি = 10.74 সেমি
7. অন্যান্য অক্ষরেখা অঙ্কনের জন্য মধ্য দ্রাঘিমারেখা বরাবর বিভাজন মান = (d_1) = $\frac{\pi R}{180°}$ × (i)
$= \frac{3.14159\times12.8}{180°}$ × 10° সেমি
= 2.23 সেমি [i = ব্যবধান (internal)]
8. অন্যান্য দ্রাঘিমারেখা অঙ্কনের জন্য প্রমাণ অক্ষরেখা বরাবর বিভাজন মান (d_2) = $\frac{2\pi R\cos\theta}{360°}$ × (i)
$= \frac{2\times3.14159\times12.8\cos50°}{360°}$ × 10° সেমি = 1.44 সেমি [i = ব্যবধান (internal)]

● **অঙ্কন প্রণালী (Methods of Drawing)**

1. মধ্য দ্রাঘিমারেখা অঙ্কন : সাদা কাগজের মাঝখানে স্কেলের সাহায্যে একটি উলম্ব রেখা টানা হল। এই রেখাটি মধ্য দ্রাঘিমারেখা (20°E)।

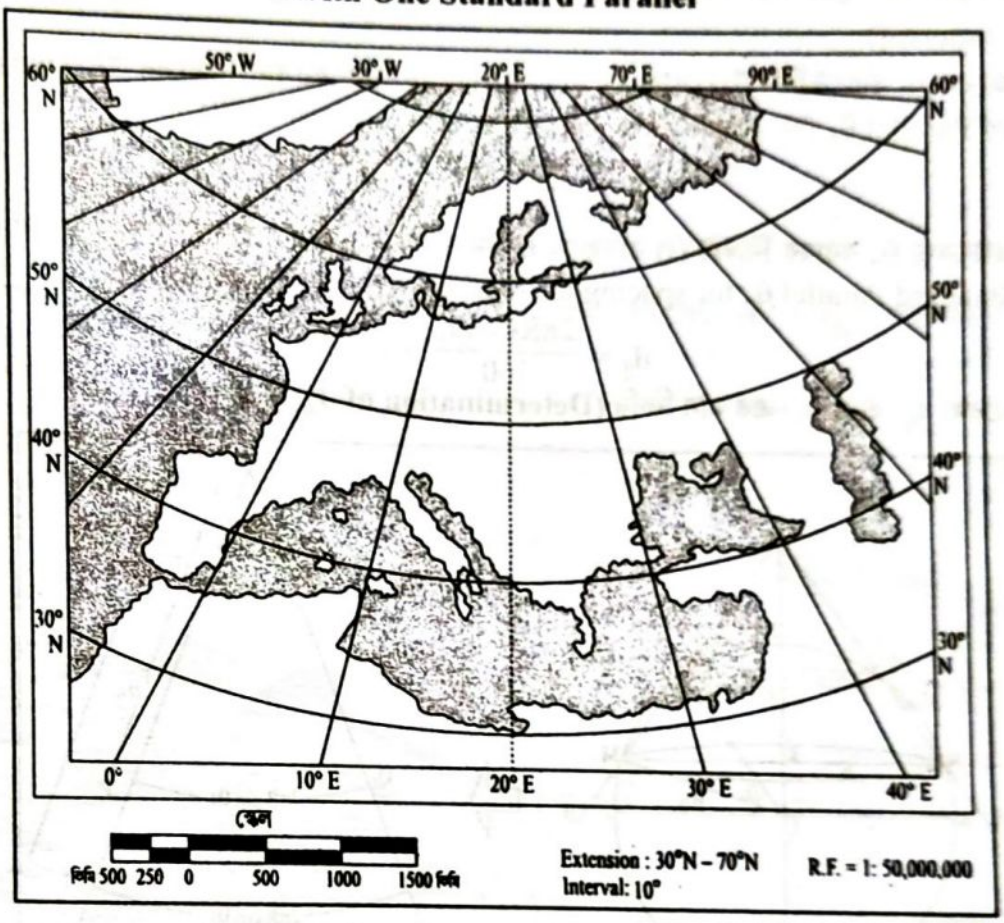
2. দ্রাঘিমা অক্ষরেখা অঙ্কন : মধ্য দ্রাঘিমারেখার উপরের দিকে অংশে একটি বিন্দু থেকে 10.74 সেমি দৈর্ঘ্যের ব্যাসার্ধ নিয়ে পেনসিল কম্পাসের সাহায্যে মধ্য দ্রাঘিমারেখার নীচের দিকের অংশে একটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হল যা প্রমাণ অক্ষরেখাকে (50°N) নির্দেশ করে। যেহেতু অভিক্ষেপটি উত্তর গোলার্ধের তাই বৃত্তচাপটি অবশ্যই নীচের দিকে উত্তল হবে এবং মধ্য দ্রাঘিমার উভয় দিকে বিস্তৃত হবে।

3. অন্যান্য অক্ষরেখা অঙ্কন : প্রদত্ত অক্ষরেখার বিস্তৃতি অনুযায়ী প্রতিটি অক্ষরেখা প্রমাণ অক্ষরেখার সমান্তরাল হবে, তাই প্রমাণ অক্ষরেখার জন্য যে কেন্দ্র থেকে বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হয়েছিল সেই একই বিন্দু থেকে অন্যান্য অক্ষরেখাগুলির জন্য বৃত্তচাপ অঙ্কন করতে হবে। বৃত্তচাপ অঙ্কনের পূর্বে প্রমাণ অক্ষরেখার উভয়পার্শ্বে মধ্য দ্রাঘিমারেখা বরাবর যে কয়টি অক্ষরেখা অঙ্কন করতে হবে (30°N, 40°N, 50°N, 60°N এবং 70°W) 2.23 সেমি বিভাজন মান নিয়ে মধ্য অক্ষরেখা বরাবর সেই অক্ষরেখাগুলির জন্য চিহ্নিত করা হল এবং চিহ্নিত স্থানে তাদের মান লেখা হল। এখন প্রমাণ অক্ষরেখার বৃত্তচাপের কেন্দ্র থেকে এই বিন্দুগুলি পর্যন্ত দৈর্ঘ্য নিয়ে অক্ষরেখাগুলিকে বৃত্তচাপের ন্যায় প্রমাণ অক্ষরেখার সমান্তরাল করে অঙ্কন করা হল।

4. অন্যান্য দ্রাঘিমারেখা অঙ্কন : প্রমাণ অক্ষরেখা বরাবর বিভাজন মান (1.44 সেমি) কাঁটা কম্পাসের সাহায্যে কিংবা পেনসিল কম্পাসের সাহায্যে মাপ নিয়ে প্রমাণ অক্ষরেখা বরাবর মধ্য দ্রাঘিমার (20°E) উভয় পার্শ্বে 20°W, 10°W, 0°, 10°E, 30°E, 40°E, 50°E এবং 60°E চিহ্নিত করা হল। এখন স্কেলের সাহায্যে প্রমাণ অক্ষরেখার

বৃত্তচাপের কেন্দ্রের সঙ্গে প্রমাণ অক্ষরেখা বরাবর চিহ্নিত বিন্দুগুলিকে সংযুক্ত করে নীচের দিকে বর্ধিত করা হল। এগুলি হল অন্যান্য দ্রাঘিমারেখা। পরিশেষে অভিক্ষেপের নাম, অক্ষরেখা ও দ্রাঘিমারেখার মান, স্কেল, অক্ষাংশ ও দ্রাঘিমার বিস্তৃতি লিখে অভিক্ষেপটি সম্পূর্ণ করা হল।

Simple Conical Projection
With One Standard Parallel



চিত্র 5.25: একটি প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ

➢ 5.10.2 দুই প্রমাণ অক্ষরেখাবিশিষ্ট সহজ শাঙ্কব অভিক্ষেপ (Simple Conical Projection with Two Standard Parallel)

I. নীতি (Principle) : এই অভিক্ষেপে একটি পূর্ণবৃত্তীয় শঙ্কু ভূগোলককে দুটি অক্ষরেখা বরাবর ছেদ করে। এই দুটি অক্ষরেখা প্রমাণ অক্ষরেখা। দুটি প্রমাণ অক্ষরেখাকে এমনভাবে নির্ধারণ করা হয় যাতে যে অঞ্চলের মানচিত্র অঙ্কন করা হবে তার অক্ষাংশগত বিস্তৃতির $\frac{2}{3}$ অংশকে আবৃত করে। অক্ষরেখাসমূহ এককেন্দ্রীয় বৃত্তচাপরূপে এবং দ্রাঘিমারেখাসমূহ কোনো এক বিন্দু থেকে কেন্দ্রবিমুখ সরলরেখার আকারে অবস্থান করে।

II. তত্ত্ব (Theory) :

(i) সৃজনী ভূগোলকের ব্যাসার্ধ (Radius of the generating globe),

$$R = \frac{\text{পৃথিবীর প্রকৃত ব্যাসার্ধ (Actual radius of the earth)}}{\text{RF-এর হর (Denominator of RF)}}$$

(ii) প্রমাণ অক্ষরেখা θ_1 এর ব্যাসার্ধ (Radius of the Standard Parallel θ_1) $r_{\theta_1} = R(\theta_2 - \theta_1)^c \times \left(\frac{\cos\theta_1}{\cos\theta_1 - \cos\theta_2}\right)$