

212353

大型地下建筑的 测量控制网

(苏联) M.C. 契列米辛著

韩会林译

郑松华 刘良宽校



中国工业出版社

大型地下建筑的 测量控制网

(苏联)M·C·契列米辛著

韩会林译

郑松华 刘良宽校

中国工业出版社

本书叙述有关作为现代大型地下建筑时平面和高程控制网结构及其精度估算的基本问题。

书中列出了确保相向开挖和同向开挖坑道精确贯通的地面和地下控制网中确定必要测量精度的新的计算公式；同时，介绍了建筑整体衬砌的地下建筑物时大地测量误差限度可能扩大的方法。

书中阐述了辐射-环形导线网的建立方法。列举出建筑地下铁道时所建控制网中测量误差对贯通误差影响的分析结果。

本书可作为从事地下建筑工程的大地测量和矿山测量专业工程技术人员之参考书，亦可供科学研究人员和工程测量系与矿山测量系师生参考。

М. С. ЧЕРЕМИСИН
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ
ПРИ КРУПНОМ ПОДЗЕМНОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ГЕОДЕЗИЗДАТ

1960

★ ★ ★
大型地下建筑的测量控制网

韩会林 译
郑松华 刘良宽 校

★
国家测绘总局测绘书刊编辑部编辑（北京三里河国家测绘总局）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

★
开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $11^{7/8}$ ·字数280,000

1963年5月北京第一版·1963年5月北京第一次印刷

印数001-1349·定价（10-7）1.85元

★
统一书号：15165·2025（测绘-56）。

原 序

苏联共产党第二十一次非常代表大会所指出的建设共产主义物质技术基础和进一步巩固苏联经济力量的宏伟远景，规定了国民经济各部门基本建设的巨大工作量。

在交通、水工、工业、农业和市政工程的无数线路与场地上的建筑工作，都以前所未有的规模广泛地采用工业化方法来进行。

在我国，建筑地下建筑物的方法获得了迅速发展和改进。

无论是所有地面建筑工程，或是所有大型坑道建筑工程，在不同程度上都要进行测量工作。因此，测量工作是每项大型建筑工程的不可分割的部份。

在建筑大型地下建筑物时所完成的坑道建筑总体工程中，测量工作占有重要的地位。地下工程的最主要任务——精确进行相向开挖坑道工作，很显然，这要用测量方法来解决。

与地下工程有关的其他许多重要任务，如地下建筑物的勘察与设计、地下建筑物设计及其随后设施和设计中规定的设备的实地放样，同样，也要用测量方法来解决。

现今地下建筑的技术与操作方法中的成就，是以在生产中发明和采用最重要的、具有高生产率的机器和机械为先决条件，如采用机械化的盾构、高频率的凿岩机、混凝土泵、电动挖掘机和管片安装器，所有这一切，可以有效地建筑各种各样的地下建筑物。

某些地下建筑物，特别是水工建筑物和地下铁道，无论按其规模，或是按其结构上的处理来看，可能是十分宏伟而复杂的。在此情况下，测量工作的作用是最大的。在地下建筑物中，精密地安装施工设备、起重运输设备和其他设备时，测量工作也具有很重要的作用。因此，任何一项大型建筑工程没有测量工作是不能完成的。测量工作的工作量和所需精度，主要决定于地下建筑物的长度，和按技术规范所规定的建筑物与所安装设备对设计的容许偏差。

地下建筑物轴线的精密测量、详测和放样工作，在现有的技术书籍中[1,2,3,5,9,14,18,19,29,30,39,50]已有十分详尽的叙述。本书主要叙述我们所获得的建立地面和地下控制网的理论与实践研究的新的成果；在实地进行地下工程的轴线和水平放样时，是根据所建立的控制网来进行。

在现有的书籍中，对地下建筑时控制网的建立方案和必要精度估算方法均有阐述；但是，另外我们在这方面所积累的经验 and 所从事的理论研究，可以在地下建筑物建筑的各种条件下找到比较合理的控制网结构，得出必要测量精度估算的严格方法。因此，适当阐述我们提出的新的方案和新的理由，将有助于测量工作的进一步发展。此外，现今的测量文献中，对同时开挖大型建筑物的全部工程所建立的控制网的理论与实践问题，阐述的还不充分。在水工建筑工程中，往往有大量彼此相联系的个别建筑物分布在相当大的场地上和不同的地下高度上。

在交通线路上具有各种各样自然地物和高度障碍物，以及在多种多样自然地理条件下应用水力资源时，按不同方案配置地下水电站工程时，不可能有控制网建立的通用方法。但是，正确理解地下建筑时控制网的几何性质，同时熟悉控制网必要精度的确定方法，可以在极其复杂的情况下选定最合理的控制网结构，以及完成网中必要精度的测量工作。

現今地下建筑时确定控制网必要测量精度的一些已知方法和相向开挖的預期貫通誤差的估算方法，都是近似的；而在某些估算方法中，近似程度甚至是很差的。例如，援引И. М. 巴胡林教授所著一书〔3〕中的精度估算：相向开挖面軸綫不符值的預計极限誤差等于119厘米，它比容許极限不符值（70厘米）超过了0.7倍，比軸綫实际具有的不符值22厘米超过了53倍。必要测量精度的近似估算方法，在其他著作中也有介紹。

現今，建筑地下鉄道隧道要进行坑道掘进工程；修建新的鉄路，以及修建灌溉系統都要开挖大量的隧道。

在过去七年中，仅在市內运输綫路上，建筑的地下鉄道綫（在莫斯科、列宁格勒、基輔）就不只是10公里。

每項新的大型地下建筑工程，都可能有测量任务；我們的新的研究工作，对解决这些任务会是有用的。

本书第一章是根据本国的和外国的实际資料編写而成的，概略叙述了建筑現代大型地下工程时进行测量工作的条件。

第二章主要阐述了建筑地下建筑物和安装各种最新的动力机械施工設備时必要测量精度的确定原則。在此，提出了相向开挖整体衬砌的坑道时测量工作限差的新的理論根据。指出在上述整体衬砌的建筑物中可能比在装配式衬砌的建筑物（其构件在工厂中制成）中进行测量的精度低。

在第三章中，导出公式（Ⅱ.70）和公式（Ⅱ.75），这两个公式不仅可以計算出网中的必要测量精度，而且为施工三角网的合理設計提供了理論根据。这些公式可以确定三角网誤差对貫通誤差影响最小或完全没有影响的情况。

第四章叙述了借助导綫测量扩展地面大地控制問題。同时，討論了采用导綫测量加密大地控制的方法及作为建立地面施工网独立方法的可能性。

在这一章中，按照新的方式探討了确定导綫测量誤差对貫通誤差的影响程度問題。同时，也区别了过去已知的（表明地面导綫测量誤差对貫通誤差的影响值的）公式与我們所提出的（考虑到进行地下建筑时現今测量生产中所采用的测量工种之間相互关系的）公式之不同点。

这些公式，無論是对已平差过的，或是未平差过的控制网來說，都是适用的。

导綫测量局部誤差积累公式是相当重要的。

在第五章中，阐述了地下导綫网的建立及其定向問題。本章援引了有关处理貫通成果而获得的测量精度資料。

第六章阐述了建立高程控制网时的水准测量問題，根据这些控制点进行相向开挖坑道的高程放样和安装設備。

上述测量問題，在本书中已有相应表述，作者可以認為，本书是“隧道建筑测量学”〔1〕●一书的增补与續編。

作者衷心感謝俄罗斯苏維埃联邦社会主义共和国 功勋 科学技术 学者、技术科学博士 А. С. 契巴塔廖夫教授，在本书編写的某些阶段給予作者提出了寶貴的忠告和意見。作者将对所有提出改进本书建議和批評意見的讀者表示謝意。

●本书中譯本分上、下两册由中国工业出版社出版——譯者注。

目 录

原 序

第一章 大型地下建筑工程的概述.....	5
§ 1. 地下建筑工程施工控制网建立方法的历史发展简述	5
§ 2. 有关大型地下建筑物的某些概念	9
§ 3. 大型地下建筑物的布置方案	11
§ 4. 用于大型地下建筑物设计的地形平面图	12
§ 5. 地下建筑物的总平面图	12
§ 6. 坑道建筑工程的全面组织	13
§ 7. 某些地下建筑物的建筑方法	14
§ 8. 地下建筑物的结构容许偏差	16
§ 9. 测量方法所解决的地下建筑工程的任务	17
第二章 地下建筑工程控制网必要测量精度的确定原则	19
§ 10. 测量工作的种类和性质	19
§ 11. 地下建筑工程控制网及其必要精度的估算原则	20
§ 12. 在已建成的地下建筑物中为了控制以后的建筑安装工程而进行的控制测量工作必要精度的估算	27
§ 13. 控制测量工作必要精度的概算	28
§ 14. 两种等级点系所建立的大地控制必要精度的估算原则	31
§ 15. 建筑地下建筑物时水准测量工作必要精度的估算原则	35
§ 16. 控制网某些误差对贯通误差影响的特性	36
第三章 建筑地下建筑物时的三角网	39
§ 17. 概述	39
§ 18. 建筑地下建筑物时三角网的种类	39
§ 19. 三角网内误差的影响	40
§ 20. 三角网中局部误差值的确定	46
§ 21. 三角测量误差对贯通误差的影响	52
§ 22. 建筑地下建筑物时三角网中测角和量边必要精度的确定	62
§ 23. 大型地下建筑工程中三角点选择的特点	75
§ 24. 建立施工三角网时采用仪器和测量方法简介	78
第四章 建筑地下建筑物时的导线测量	80
§ 25. 概述	80
§ 26. 导线测量误差对地下建筑物贯通误差的影响	82
§ 27. 地面导线中的局部误差	91
§ 28. 已经平差的多边形局部误差对贯通误差的影响	100
§ 29. 确保坑道贯通的多边形中必要测量精度的估算	110
§ 30. 地面导线网设计和标定的某些特点	115
§ 31. 地下建筑施工时进行地面导线测量工作的介绍	118
§ 32. 导线网平差实例	120

第五章 地下导綫网及其定向	138
§ 33. 概述	138
§ 34. 地下导綫网布設的某些特点	140
§ 35. 地下导綫中测角和量边必要精度的确定	141
§ 36. 地下导綫的定向	149
§ 37. 地下导綫定向时测量誤差的影响	151
§ 38. 建筑地下鉄道隧道时所完成的測量精度之評定	155
§ 39. 不同水平上的地下导綫經由豎井同时定向的特点	159
§ 40. 建立控制坑道建筑工程的地下导綫之作业程序	160
§ 41. 地下导綫定向的平差計算	162
§ 42. 閉合多边形网平差的个别情况	163
§ 43. 輻射-环形导綫网的平差	171
第六章 地下建筑工程的水准測量	173
§ 44. 地下施工时水准网的用途及其建立方案	173
§ 45. 水准网点高差測定的个别情况	175
§ 46. 建筑地下鉄道和运输隧道的地下建筑物时的水准网精度	178
§ 47. 建立地下建筑工程高程控制网时所进行之水准測量的介紹	181
参考文献	184
俄华术语对照表	186

第一章 大型地下建筑工程的概述

§ 1. 地下建筑工程施工控制网建立方法的历史发展简述

原始人最初在天然洞穴中建造地下住所和防御敌人的掩蔽所。

这种掩蔽所防御敌人和抵御寒冷的可靠性，迫使人们不得不在没有天然洞穴的情况下建造人工的地下掩蔽所。

地下建筑物的建筑艺术，早在远古时代即已产生。在纪元前2000—4000年期间，古代东方的奴隶在山岩中开凿规模宏大的地下建筑物，作为帝王的陵墓和殿宇。

在纪元前2150年时，巴比伦人在幼发拉底河流域建成了一条长0.9公里、宽4.9米、高3.9米隧道。为了这一工程，人们预先将河流引向新的河床。

可以认为，类似这种地下工程将伴随有必要的测量工作。

至今在亚美尼亚、格鲁吉亚、希腊、意大利和巴勒斯坦地方还保留有古代地下建筑物的残迹，这些遗物证明了古代地下建筑工程的高度艺术，以及某些隧道还是用相向开挖面建筑的。

但是由于不够完善的定向方法（按声音），使地下开挖面产生很大的误差。例如，纪元前八世纪，在耶路撒冷为了希洛阿姆斯特（Силоамск）圣水盘的供水，曾开凿了一条隧道，这条隧道中的弯曲线路长535米，而洞口间的直线长度为330米。直到今天最早阐述作为确保隧道贯通的控制网建立问题的，要算是格仑·斯达尔什（阿列克散德里斯基）〔Герон Старший (Александрійский)〕。

地面网呈导线状，而转折角呈直角。

格仑·斯达尔什同样首先阐述了地下坑道经由两个竖井的定向问题。为此目的，在坑道中建立了绳索三角形网，其顶点恰与坑道壁一致；同时，这些网都与垂放在两竖井中的每个悬锤相连接。

在地面上将这些网曳起后，并按地下布网的程序将网铺开，于是就得到地下建筑物实际大小的平面图。根据下列资料可以推断古代地下建筑工程规模之大：纪元前六世纪，在萨摩斯岛（О. Самос）上曾用相向开挖面建造了一条长1600米、截面为 2.4×2.4 米的水工隧道；纪元前一世纪，在那不勒斯附近曾建造了一条长1200米、高9米、宽7米的公路隧道；在同一时期，为了排干福西诺湖（озеро Фусино）（中意大利），曾建造了一条水工隧道；在建造此隧道时，为了缩短工期，曾开挖深度在88—122米40个竖井和倾斜角在 $16-20^\circ$ 的斜导洞约70个。这种坑道掘进工程的发展过程，一定需要完成许多测量工作。

这条隧道的现状证明了所完成的测量工作的精度很高。通常，古代地下建筑物都建造在坚硬的岩层中，在那里的坑道可以不用加固而能保留下来。

由于受到技术器材的限制，以及在修筑的工程规模又相当庞大的情况下，古代地下建筑工程的建造确是一件难事，有时要几十年才能完成。随着奴隶制度的没落，在中世纪的许多世纪中大型地下建筑的艺术亦随之衰落。

只有到了中世紀末（1450年），才开始試行建造作为热那亚和尼斯两城間交通用的阿尔卑斯隧道。这条隧道尽管在350年期间屡次复工，但是还是没有貫通。

在中世紀期間，地下測量方法沒有任何記述，这一方面表明測量領域的衰落，另一方面也說明測量技术还处于神密状态。

在1505年，即有采用罗盘进行地下与地面測量联系的方法的記述；而在1530年，格奥尔格·巴烏埃尔（Георг Бауэр）（1494—1555）的巨著《De re metallica》一书出版，书中叙述了地下測量磁針定向和必要仪器等問題。

地下建筑物的建造工程，从十七世紀起，亦即在地下工程中开始采用火药时起，又重新开始发展起来了。

从1679年起，在一个半世紀里，最主要的地下建筑物都建造在水路交通綫上。在法国就修建了许多这种隧道，其中世界上最大的罗夫斯克水工隧道（Ровский тоннель-канал）长7.1公里、寬22米。同样，在英国、美国和其他国家也建有航运隧道。

地下建筑技术随后的发展，是与建筑铁路有关。在1826年蒸汽機車出現以前，在法国圣泰田附近的兽力牵引的道路上修建了第一条铁路隧道。

随着坑道开挖技术的发展和炸药作用力的不断提高，就开始很順利地建造所有較长的隧道了。在上世紀后半期，無論是我国或是外国，都在铁路綫上建造了巨大的隧道工程。

在本世紀中，地下建筑物的建筑規模在不断增大。在交通綫上已建成和正在建造着許多山岭隧道、水下隧道和市政隧道；已建成和正在建造着大量的地下水工建筑物，在此总体工程中，有規模很大的机室，其中装有高功率的现代机器間的设备；已建成最大的具有专门用途的地下建筑物。

上世紀和本世紀用于建造地下建筑物的大地网，主要是三角网，在极少的情況下，是导綫网。

网的边长和形状，是由工程开挖点的数量、隧道长度和自然条件决定的。有时是边长200~600米的小三角鎖；有时，例如建造长15公里的圣哥达隧道时，三角网的边长达10公里。同样，辛普朗隧道的三角网边长也达到这一长度。

显然，建成的三角网只有在隧道两洞口附近才能扩展，而洞口間的联系，則应用国家三角网資料。例如，在建造长相应为5.9公里和3.6公里的阿尔布尔隧道（Альбул）和瓦雪福留斯克隧道（Вассерфлюский тоннель）也是如此。

作为最长隧道放样工作控制网的三角网中，測量工作是由两个观测員独立地完成。例如，建造圣哥达隧道时就是按照这种方式完成的。

同样很明显，在山区进行三角測量工作时，得知三角网中有明显的閉合差后，应在所测角中施加垂綫偏差改正。例如，在建立辛普朗隧道的施工三角网时，角度的最大誤差达 $8''.5$ ，而預期誤差为 $1''$ 。以后查明主要是垂綫偏差对誤差值影响的原因，才产生了如此不能接受的结果。在計算了垂綫局部偏差值，并在所测角中施加改正后，最大誤差从 $8''.5$ 减为 $5''$ ，而另一三角点則由 $3''.1$ 减为 $1''.7$ 。三角网是在与网的中間点相切的水平面上設計的。这条用相向开挖的世界上最长隧道的軸綫不符值数据，是相当重要的。

在隧道长19728米时，其軸綫在平面和截面上的不符值，相应等于202毫米和87毫米。

建造勒琴隧道时，在三角网的所测角度中曾施加了垂綫偏差改正。

上世紀70年代，在倫敦修建了第一條地下鐵道綫路。從本世紀末葉起，在世界上許多最大城市中都開始鋪設地下鐵道綫路了。至今，地下鐵道綫路乃是地下建築物的複雜而宏偉的體系，它能夠滿足現代大城市中成千上萬居民的交通需要。

由於城市建築的情況，在修建地下鐵道綫路時，大地網一般就是依附在城市三角點上的導綫。

在建造水電站時，就需要建築大型地下建築物體系。

地下水工隧道的大地控制，主要是用沿水工隧道體系方向直伸的三角網狀建成的〔8,11〕。在直綫型鐵路隧道和水工隧道中，往往採用分布在與過隧道軸綫之垂直面相一致的方向綫上的三角鎖作為地面控制。

所有這些控制點間的距离，都仔細地用帶尺丈量。

當隧道短時，就用目測定綫來建立這種控制；當隧道比較長時，則採用雙筒望遠鏡定綫；而當隧道很長時（聖哥達隧道和辛普朗隧道），則採用裝在三腳架上的特種結構的子午儀。但是，由於隧道入口大多布設在曲綫上（特別是鐵路隧道），所以為了簡化定綫工作並提高其精度，常常另外開挖所謂測量導洞，這是隧道直綫地段的延長部分。

我國地下建築物的開挖藝術，從遠古時起就很有名。這些建築物作為居住、供水和防衛設施用。十五世紀時，在莫斯科、基輔、諾夫哥羅德、索洛韋次和特羅伊茨-謝爾吉耶夫斯克修道院中已有帶地道的供水設施。

1737年，在台茨基給水工程的綫路上（在彼得宮殿周圍），曾建造了當時最大的隧道。

1783—1785年間，根據高才自學者科茲麥·德米特里耶維奇·佛羅洛夫的設計，在阿爾泰山曾建成長2465米的分水隧道，作為茲美伊諾哥爾斯克礦山的水力發電之用。

可以斷定，上述這一工程的定綫工作，是根據礦山測量的理論與實踐完成的；這些理論在我國偉大學者 М.В. 羅蒙諾索夫的名著——《煉金術或採礦學原理》（聖彼得堡，1763年）中已有闡述。

М.В. 羅蒙諾索夫的礦山測量學說的繼承者有 А.馬克西莫維奇和 П.奧雷謝夫。А.馬克西莫維奇於1805年寫成了實用礦體幾何學教程，而 П.奧雷謝夫要比西方早很多年在礦山測量實際工作中採用了經緯儀；此外，他在礦山測量實際工作中採用了直角坐標系和解算測量問題的解析計算法。

鐵路網的不斷擴展決定了我國隧道建築的隨後發展。1859—1862年間，在過去彼得堡—華沙鐵路綫上建成了第一條鐵路隧道。

在1886—1890年間，在蘇拉姆隘口建成一條長3998米的最大山嶺隧道。有關建築這條隧道的測量工作在 Н.薩林的一系列著作〔38, 39〕中已有敘述，並在 М.И. 葉甫道基莫夫-洛科托夫斯基（М. И. Евдокимов-Рокоговский）教授的名著——《隧道的選綫與定綫》（托木斯克，1928年）中重予闡述。

援引大致在同一時期建成的蘇拉姆隧道和聖哥達隧道的相向開挖貫通結果的比較數據是有用的。

在長4公里的蘇拉姆隧道中，軸綫在平面上的貫通不符值為150毫米；在長15公里的聖哥達隧道中，這一不符值相應為495毫米。若設聖哥達隧道的測量精度與蘇拉姆隧道相同，則聖哥達隧道軸綫的不符值不應超過290毫米。

因此，圣哥达隧道的测量精度比苏拉姆隧道的测量精度低 $\frac{7}{17}$ 。

应该指出，在 М. И. 叶甫道基莫夫-洛科托夫斯基的上述著作中，似乎对我国和外国在 1929 年以前建造隧道所完成的测量工作作了总结。

我国地下建筑的测量工作，是在高加索、远东和西伯利亚建造铁路隧道，开挖大量地下水工程，以及最后建造莫斯科和列宁格勒地下铁道时所获得的丰富经验的基础上不断发展起来的。

我国地下建筑测量工作是高精度的，是正确无误的，尽管这些工作的规模很大，并且受下列各因素的局限：

- (1) 要有必要数量的具有高度素养的测量工程师和矿山测量工程师；
- (2) 我国工业有可能生产出足够数量的质量优良的光学仪器和测量工具；
- (3) 科学工作者与实际生产人员的密切联系；
- (4) 有助于提高劳动生产率和测量精度的测量方法、仪器和工具的进一步不断改进。

在 1938—1940 年间直接参加地下建筑测量工作人员的科学技术著作中，如 А. Н. 巴兰诺夫、Д. А. 斯洛巴契柯夫和 А. В. 哈拉赫宁的《地下铁道建筑中的大地-矿山测量工作》，Д. А. 斯洛巴契柯夫的《地下铁道建筑时的大地-矿山测量工作》；《莫斯科地下铁道建筑时大地-矿山测量工作细则》，以及著名工程师 Г. Д. 奥纳尔、В. Н. 伊什马耶夫、В. И. 库拉科夫等在《地下铁道建筑》杂志中发表的一系列论文，所有这些著述是伟大卫国战争前建造莫斯科地下铁道所完成测量工作的方法和精度的研究总结。

战后时期，地下建筑测量工作获得了进一步发展。在这时期内，继续改进了地下导线经由竖井定向的方法；在 А. С. 契巴塔廖夫教授参加下，改进了地面导线网和地下导线网。在 А. С. 契巴塔廖夫教授领导下，М. С. 契列米辛工程师在 1949 年写出了名为《隧道建筑测量工作》一书；在邱里洛夫斯基教授参加下，改进了沿设计线路敷设隧道盾构的工具。

在 А. С. 费洛年科教授参加下，改进了水工地下建筑的测量工作。

在 1952—1953 年间，出版了《隧道建筑测量学》上、下两册，该书系集体编著，参加人员有：А. Н. 巴兰诺夫、К. И. 叶古诺夫、Э. И. 捷利采尔、Н. Н. 列别捷夫、Д. А. 斯洛巴契柯夫和 М. С. 契列米辛。

在这一著作中，详细论述了当时实际作业中所采用的所有测量工作。

稍后，于 1955 年，А. С. 晋佐夫在其著作中阐述了《竖井定向和地下导线测量经验》[●]。

根据所有实际工作经验和在隧道及地下铁道工程总局 (Главтоннельмострострой) 上述测量工程师集体研究的结果，在 В. Г. 阿法纳西耶夫领导下，于 1957 年制订了《地下铁道及隧道建筑中大地-矿山测量工作技术细则》。

此细则中的要求，系在隧道及地下铁道工程总局在过去七年中组织了无数地下建筑测量工作的基础上提出的。

● 本书中译本测绘出版社已于 1960 年出版——译者注。

但是，由于隧道工程技术和施工方法在不断发展与完善，故对全部测量工作，特别是对建立大地控制网的工作每次提出新的更高的要求。

地下鉄道的隧道尺寸的縮小对提高控制网的精度提出明显的要求。

当隧道貫通后，在地下鉄道隧道中的混凝土地基上鋪設鉄路和联測地下导綫工作，对建立大地网亦提出很高的要求。

在地下条件下，尽可能精密地安装各种生产設備和科学研究設備，同样对提高建立用于此种安装工作的专门平面和高程控制时的测量精度，提出了特別高的要求。

因此，在全面发展地下建筑技术的同时，应该不断地发展测量工作，以便有可能可靠地滿足对其提出最高的要求。

在全部测量工作中，有关建立控制网的工作負有重要的作用；控制网中的测量精度，应符合于所制訂的坑道挖掘工程和安装工程技术规范。

§ 2. 有关大型地下建筑物的某些概念

目前，地下建筑物还未按其規模进行一定的工程分类。

因此，或是横截面尺寸最大，或是长度最长，或是两者同时兼备的地下建筑都是属于大型地下建筑物。

在地下建筑物設計的实践中，世界上最大的水下和山岭运输隧道的設計，例如：英吉利海峡（芒希海峡）的水下隧道、直布罗陀海峡的水下隧道、韃靼海峡的水下隧道、穿过巴拿馬地峽的航运隧道等，都是举世聞名的。

无论是我国或是外国，在鉄路綫上都建有极巨大的单綫行車和双向行車的地下隧道工程，也建造了用于汽車行駛和船泊航行的大型隧道。

众所周知，大型运输隧道（图 1）用于同时行駛电气列車、卡車和轎車。

为了在不长的地下建筑物中获得必要数量的有效面积，往往建成彼此串联的隧道群。地下鉄道車站可作为这类工程的示例。如果大型地下建筑物具有与其他建筑物相串联的各种大量工程，或是其横截面的輪廓系由几条变化半径的共軛曲綫构成，則这种大型地下建筑物是复杂的。建筑物的复杂性，同样决定于綫路的曲折度和工程衬砌結構之截面的多样性。

显而易见，类似这种类型的地下建筑物不是单一的隧道，而是完整的隧道体系。例如，意大利的两个地下飞机工厂就有74条隧道，而在諾德豪森的地下綜合燃料工厂有一群平行隧道巷道，其間距为20米、总长约50米、采石量为160万立方米。

地下建筑物的数量，在整个工程体系中，可由几十个到几百个。

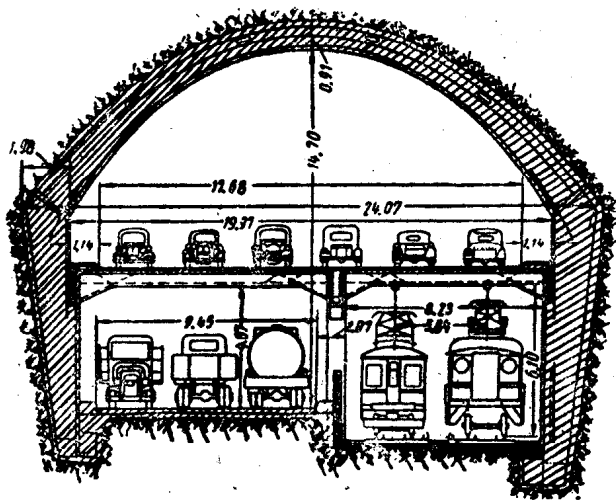


图 1

按其用途, 单个地下建筑物横截面的尺寸, 可由1—2平方米到1000平方米, 宽度由1米到25米, 而高度由1.5米到60米。

横截面尺寸最大的大型地下建筑物, 要算我国和外国地下水电站的机器房工作室。

图2为加拿大内恰科-克馬諾(Nechako-Kemano)水电站的一个地下建筑物之側視圖。这一水电站的地下建筑物, 按其挖出的石方总量为250万立方米来看, 可以断定其規模是很大的。

某些单个地下建筑物的长度, 可从几十米到几十公里。

地下建筑物体系, 与具有长度主要特点的单地下建筑物不同, 它系布設在很大的面积上, 同时, 每个建筑物体系可能位于不同的水平上。

建造单独地下建筑物, 有时不仅决定于工程的需要, 而且决定于如下因素: 在现代隧道工程技术成就的情况下, 在良好地质条件下建造地下建筑物的造价比建造同等地面建筑物体系的造价要便宜些。

在各种地下建筑物总体中, 可能有同种用途或同一类型的建筑群。属于这种建筑群的有: 洩水隧道群、通风隧道群、运输隧道群、排水隧道群、燃料庫、动力設施、船塢、修理厂和工厂車間等等。永久性建筑物可分为以下几种类型: 隧道、井筒、机室、斜导洞、孔道、运河和隧道洞口等。

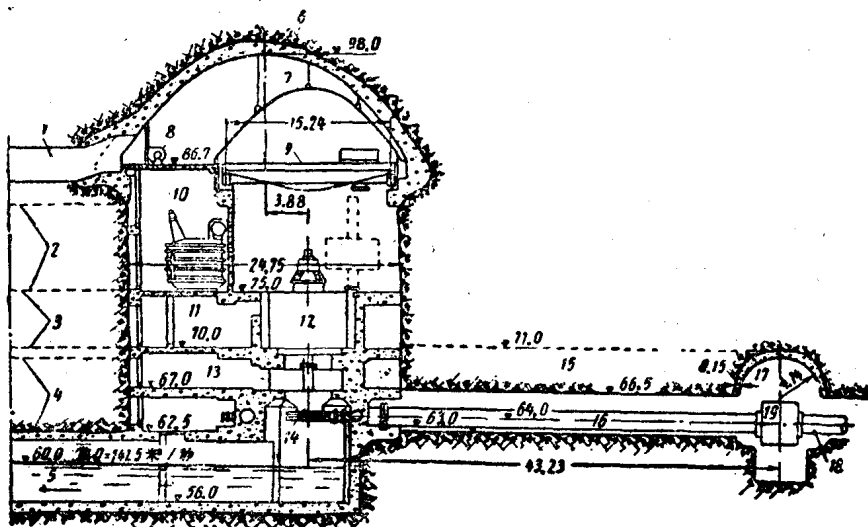


图 2

1—通风隧道; 2—永久性引水隧道; 3—高压输水隧道; 4—引水隧道; 5—洩水隧道; 6—机器房以上244米高处的岩层; 7—吊式天花板; 8—通风机; 9—两个225吨的起重机; 10—变压器室; 11—集水坑道; 12—发电机; 13—检查电缆的巷道; 14—涡轮机; 15—通向闸室的引水隧道; 16—直径1.5米的管道; 17—闸室; 18—直径1.7米的管道; 19—闸门。

除了主要地下建筑物以外, 为了保证有足够的工作面, 还要开挖一系列辅助巷道, 即, 竖井井筒、井底車場和其他近井坑道、进口导坑和前进导坑、临时唧筒室、材料保管和供应室、电力機車蓄电池修理和充电室、矿山仪器(其中包括测量仪器)修理和保管室。

在某些地下建筑物中, 例如, 水电站的机器間, 在进行承压衬砌以后, 还要进一步修

建。这时，在机器間中要修建一系列的补充基础、隔墙和楼板，以及安装各种设备：动力设备、通风设备、唧筒设备、机械设备和起重运输设备，等等。

因此，在建造大型和复杂地下建筑物时，需要完成大量的开挖工程、建筑工程和安装工程。所有建筑工程都需要进行一定的测量放样工作，以便反映出工程实际完成情况，以及在政府委员会验收工程和工程交付使用以前，按照设计书核实工程。

§ 3. 大型地下建筑物的布置方案

关于全套大型地下建筑物的布置，可由示意图（图3）得到一般概念。图3所示，系在形成分水岭高地的岩层中，全套地下水力工程与其他各种不同用途的地下建筑物设计的总平面图。

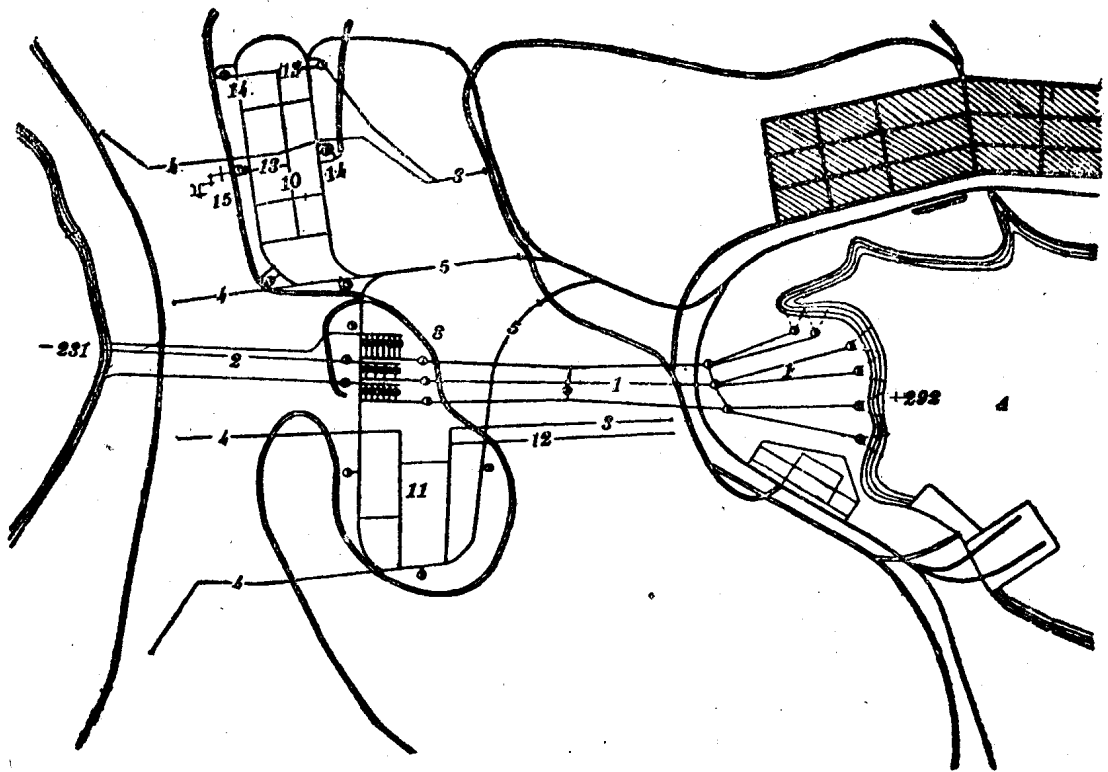


图 3

在水庫A岸上，示出了引水隧道群，这些隧道經閘室后，穿过送水隧道；将水引向装在机器房中的涡轮机。其他一系列坑道的用途如下：2—排水；3—供給新鲜空气及在冬季供給預热空气；5—通行貨車和客車；12—供人行走的隧道；4—排除污浊空气。一系列房室10、11用于安置各种技术设备、机械设备和实验设备，以及作为材料仓库和成品仓库。除了主要建筑物的坑道以外，在建筑期間，要开挖一系列輔助坑道：井筒；13—进口导坑；14—井底車場、火药坑道和唧筒坑道；15—材料仓库、前进导坑、出碴豎坑、上导

洞。这些在主要建筑物外部通行的大量坑道在工程建筑結束同时要用石头和水泥砌塞上。

在全套地下建筑物中，可以設置餐厅、淋浴室和医疗站，以及其他生活服务站和技术服务处。

在地下建筑物不远处，設置职工居住区、运动場、浴池、机場、地面仓库和其他工程，上述工程設施都通有公路和铁路。在这种情况下，建筑場地要占所測几十平方公里的广大地区。

§ 4. 用于大型地下建筑物設計的地形平面图

在大型地下建筑物設計的几个阶段，应用着各种不同精度的地形資料。这时，根据从初步設想到最后拟訂的設計，对平面图的要求愈来愈高。此外，根据地下建筑物建筑地区中建筑物的等級和重要性，以及在某种程度上根据地下建筑物的埋設深度，对地形平面图的要求也越来越高。

例如，在山岭隧道或水下隧道的設計初步拟訂阶段，亦即在初步設計阶段，需要有1:10 000 比例尺或1:5 000比例尺地形平面图；而对地下鉄道的地面建筑物來說，則需要有1:2 000 比例尺平面图。地下建筑物計劃的总方案常展繪在1:50 000比例尺地形图上。

在前一种情况下，根据1:2 000 或1:1 000比例尺地形平面图編制地下建筑物的技术設計，对矿井和洞口地区的技术設計，則按1:500 比例尺的地形平面图制成；而地下鉄道的技术設計，則根据补測的1:500比例尺市区平面图来編制。在豎井場地和大厅所在地段上，以及在用明挖法建筑地下鉄道隧道的地段上，在現今实际設計中都需要1:200 比例尺平面图。

在这些地形平面图上，要表示出隧道建筑地区中岩层产状所决定的地质資料。根据地形平面图选定地面专用綫，确定建井点，标定地面上有出口的运输隧道、通风隧道、水工隧道和其他隧道砌置地点。同样，地形平面图对設計地下建筑物和所有施工与經營时的地面附属工程及设备之总平面图，也是必需的。地下建筑物建筑地区的各种比例尺地形平面图，是作为以等高綫在地面上圈定的地下岩层的高程来布設各种建筑物群的原始根据。

如上所述，地下建筑物建筑地区的地形平面图，仅是在平面上和剖面上設計地下建筑物的依据。設計工作本身，是要在符合对地下建筑物用途所提出的要求之情况下，以最小的工作量来完成的。为了將設計轉移到实地上，必需有以下全套有关图解和解析資料的設計文件：(a) 标有在不同水平上的所有建筑物的設計总平面图；(б) 1:200 或更大比例尺的每种建筑物的結構图；(в) 每种建筑物施工組織图；(г) 在地面測图所采用的坐标系中，所測設建筑物各个軸綫上的特征点坐标(x, y, H) 成果表；(д) 每种建筑物基本衬砌中埋設件布置图；(е) 每种建筑物基础分布图和建筑分布图；(ж) 动力设备、机械设备、生产设备、起重运输设备和其他设备安装图。

§ 5. 地下建筑物的总平面图

地下建筑物的总平面图，是一种最重要的設計文件。在总平面图上标明所有設計的建筑物及其名称和主要尺寸。在总平面图上，用各种顏色，或是用不同点綫所組成的各种綫条画出不同水平上的建筑物。

在总平面图上可以編制单独建筑物群的平面图。例如，在建筑地下鉄道建筑物时，可

編制鐵路綫路几何图，在其上标明：百尺桩桩号及其坐标、标桩和曲綫在平面上分布特征点的坐标、直綫綫路和曲綫綫路元素，以及进口坑道設計元素。在总平面图上可編制开挖期間坑道通风設計平面图，以及保証开挖面的供电、供水、供压缩空气和通訊工具等平面图。

在施工期間，在总平面图上要反映出坑道开挖、坑道建筑和坑道安装工程的进度。在施工结束后，要編制地下建筑物的竣工总平面图。

在現今地下建筑物設計的实际工作中，一般采用在测量中用来編制地形平面图的正射投影方法来編制总平面图。此种正射投影方法主要是在坑道测量中編制采矿平面图。用此种方法所編制的平面图，特别是当工程位于同一水平上，如进行地面测图或描繪山岭或水下隧道的单綫綫路时，将能給出有关所描繪工程的清晰概念。

用此种投影方法描繪彼此位于不同水平上的工程时，图形就不大清晰。这时，图形的清晰程度将随着所描繪水平的增多而逐渐变差。

在工程位于不同水平的条件下，采用各种符号将会改善总平面图閱讀状况，但并不能提高其清晰程度。在討論工程全盘組織，通风、排水、爆破工程全盘組織时，特别是在发生大事故的情况下，地下建筑物复杂体系的总平面图的清晰程度，具有决定性的作用。因此，在复杂的地下建筑体系或其单一樞紐的設計和施工时，必須具有用足以清晰表示出地下建筑物相互位置的投影方法所描繪的总平面图。用透視投影方法所描繪的地下建筑物之图形是最清晰的。

在設計地下鉄道車站中的門洞，以及伴有的各种橫道隧道时，宜于用透視影象来表示。

用此种方法編制的地下建筑物的总平面图，不仅易于表示出所有建筑物的相互位置，而且也易于表示出坑道开挖工程和坑道建筑工程的状况（如果这些工程在总平面图上表示出）。

测量人員和設計人員在編制总平面图时所花費的某些附加劳动，从多方面減輕了矿山工程师和机械化专家在組織工作中全面協調所有工序的劳动。

§ 6. 坑道建筑工程的全面組織

技术設計批准后，即开始施工設計和进行坑道建筑工程。这时，测量业务部門进行以下工作：在实地上进行地面建筑物設計的放样工作；在建筑永久性建筑物的地区，为施工設計进行地面上的地物和地貌测图；同时按月統計土方工程、混凝土工程、道路工程、卫生技术工程、水工技术工程和挖深工程；完成作为保証地面和地下建筑物各軸綫和水平精确放样的基本大地測量工作（三角測量、导綫測量和水准測量）；編制地下建筑地区的地面建筑竣工图。設計单位根据在建筑場地上建筑过程中所获得的詳細的測量資料和地质資料，編制豎井开挖、洞口挖方、洞口和隧道設備开挖施工图。全套地下建筑物所有点上的全部工作都从属于力求在規定时期內完成工程的統一計劃。地下建筑物的建筑工程，往往在設計中所規定的許多地点动工。开挖各种用途的豎井，其深度从几十米到几百米。井筒开挖工程结束后，即开挖进口坑道至地下主要工程处，按未来隧道和洞室的方向开挖前进导坑，以后再开挖通往未来建筑物的橫坑道和斜坑道，以及完成建筑永久性引水建筑物和海港水域时的潛水作业。当挖掘工程完成到主要建筑物的軸綫时，就在每一个建筑物中开始开挖橫截面的断面。根据水文地质条件，在工程单位的設計中規定出用矿山法、盾构法

或明挖法，采用永久性的装配式金属衬砌、装配式钢筋混凝土衬砌、整体混凝土或钢筋混凝土衬砌和混用衬砌，来开挖地下建筑物的断面。这时，一部分构件做成整体的，而另一部分构件由装配式钢筋混凝土做成中间整体构件。在大多数的情况下，复杂的大型地下建筑物以矿山法用整体混凝土衬砌或钢筋混凝土衬砌，或是混用衬砌来建筑。在建筑运输隧道、通风隧道、水工隧道和地下铁道隧道时，主要采用盾构法以装配式衬砌或采用矿山法以装配式衬砌之。

开挖地下建筑物的断面，是建筑工程的最重要阶段。在此期间，可能发生许多开挖面彼此平行接近、相交和相遇的现象。当用爆破方法开挖断面，在填放爆药和爆破时，工人必须从相邻开挖面和相向接近的开挖面撤出。每次爆破之前，相邻开挖面和相向开挖面之间的距离由测量员决定。为此，每次爆破后，应在平面图和断面图上标出每一开挖面的位置。

在开挖建筑物的横截面时，要挖出大量岩土，并将这些岩土填置在衬砌结构中。随着开挖面的推进和横截面的扩大，相向开挖面即贯通。据此可以判断放样工作的精度和平差地下大地网。

建筑物的永久性衬砌工作结束后，即在其中建筑固定的铁路线、基础和层间楼板，安装起重运输设备、水力管道、通风管道、动力管线、永久性动力设备、机械设备、水力设备、通风设备和其他运行管理设备等。在此期间，要进行建筑物的最终内部整饰和装置检查性测量仪器。有关建造建筑物工程完成以后，编制竣工图，在其上除衬砌结构以外，还要标明规定的埋设部件、轴线的标志和水准标石，所有这些在今后建筑物施工和安装设备时，作为原始依据。

在全部工程的组织中，测量工作组织起着重要作用，因为放样工作先行于坑道建筑工程，而且它在整个施工期间定期反复进行。测量的竣工图工作以建筑物交付使用而告终。

工程的全部组织，系根据工程设计和各种地下工程技术条件来确定的。

§ 7. 某些地下建筑物的建筑方法

根据地形、水文地质和经济条件，以及根据地下建筑物建筑地区的建筑特点及其尺寸，可以采用各种方法建筑地下建筑物。亦可以用一种方法或几种方法来构筑之。例如，当建筑大型单一运输隧道或地下铁道线路时，在线路的不同地段上，根据地质条件，必须采用各种不同的建筑方法。地下建筑物的建筑方法，已知有许多种。地下建筑物的所有建筑方法，按建筑物的埋设深度，可分为截然不同的两类：浅埋地下建筑物的建筑方法和深埋地下建筑物的建筑方法。浅埋建筑物通常开掘成明挖基坑，而边墙用木桩支撑之，此法即由此而称为明挖法。在个别情况下，在不能同时全面开挖基坑的建筑地区内，隧道边墙就开挖成沟壑或井的形式。因此，此种方法称为沟壑法。如果明挖法或沟壑法采用人工降低地下水水位或冻结土壤和打金属板桩，则此时即采用所谓降低水位的明挖法或板桩围堰的沟壑法，等等。在岩层坚硬的非建筑地区中，用明挖法开掘隧道时，基坑边墙可以不用支撑。深埋隧道的建筑方法极多。此类方法可分为两组：A组——隧道分部建筑法，即挖土和隧道横截面的衬砌都是分部（阶段）进行；B组——隧道全面建筑法，即挖土和衬砌工作，在整个横截面中同时全面展开。

属于A组的隧道建筑方法，知名的有：拱顶支撑法（比国法）和核心支撑法（德国