

苏联电站部基本建設总局

**在坚硬岩层中用矿山法修建水电站
水工隧洞的施工組織与机械化**

(基本規則)

水利电力出版社

苏联电站部基本建設总局

在坚硬岩层中用矿山法修建水电站
水工隧洞的施工組織与机械化

(基本規則)

赵子荣 鄺国能等譯

Б.Е.維捷涅也夫全苏水工科学研究院莫斯科分院拟訂
基本建設总局批准

水利电力出版社

內 容 提 要

本书总结了苏联多年来在坚硬岩层中用矿山法修筑水工隧洞的经验，综合地介绍了苏联广泛采用的施工循环组织和施工机械化，对目前我国水利水电建设有很大的参考价值。

书中对用矿山法和钻爆作业修建隧洞的开挖、隧洞的衬砌以及有关的辅助工作和保安工作，都作了比较详细的規定，书末并附有許多有关技术操作和机械设备的技術特征資料，非常便于实际工作中参考。

本书可供水利水电工程设计施工人員使用（亦可供修建交通隧洞的有关技术人員使用），并可供高等院校及中等技术学校有关专业的师生参考。

本书系由苏联技术科学副博士 A. M. 馬祖尔編拟，由唐山铁道学院隧道教研室赵子荣、鄭国能、关宝树、麦侧賢、潘昌实、博弥等同志合譯。在本书的編輯加工过程中，参考了水利水电建設总局机械設計室的譯稿，謹此致謝。

МЭС СССР УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПОСТРОЙКЕ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ ГЭС ГОРНЫМ СПОСОБОМ
В КРЕПКИХ ПОРОДАХ
(ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ)
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1955

在坚硬岩层中用矿山法修建水电站 水工隧洞的施工組織与机械化 (基本規則)

根据苏联国立动力出版社1955年莫斯科版翻譯
赵子荣 鄭国能等譯

27705728

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

850×1168 1/32 开本 * 69 印張 * 173 千字 * 定价(第8类) 0.75 元

1960年6月北京第1版

1960年6月北京第1次印刷(0001—2,190册)

前 言

苏联的矿山掘进技术，在改善地下施工方法的事业中，获得了巨大的成就。

在许多水电站隧洞和交通线隧道工程中，在采矿和煤炭工业的地下工程中，都广泛地采用了各种先进的掘进方法。这些方法，都是以施工的循环组织和综合机械化以及有效地使用苏联生产的生产率很高的设备为基础的。

与此同时，在某些隧洞工程中，在劳动组织和使用现有机械化设备方面，却仍然存在着严重的缺点，这些缺点使得劳动生产率有计划地提高、降低工程造价和取得稳定的高速度掘进，都受到了阻碍。

本“基本规则”的任务是，在分析与总结先进经验的基础上，考虑到水利工程建設速度不断增长的要求，而同时又要保证隧洞施工的經濟、质量和安全，来制订水电站隧洞施工组织和施工机械化的有关技术规则。

本“基本规则”适用于在山岳地区的坚硬岩层中，用矿山法和钻爆作业修建的、絕大多數的水电站的水工隧洞。

使用本“基本规则”时如有意見或建議，請函寄苏联电站部基本建設总局，地址为中国街七号。

目 录

第一篇 总 则

应用范围; 隧洞施工組織与机械化的目的	6
岩石分类	6
掘进速度, 开挖面数目	12
隧洞施工組織及施工机械化的設計	15

第二篇 掘 进 工 作

I、总則	18
1. 掘进工作的組成部分, 各种掘进及架設临时支撑的方法	18
2. 施工程序	20
II、钻爆作业	22
1. 总則	22
2. 钻爆作业的基本参数	23
炮眼布置	24
炸药(BB); 装药及起爆	29
炮眼利用系数	32
炸药消耗量	33
炮眼数目及炮眼深度; 钻眼量; 炮眼直径	35
3. 风动钻眼	37
钻机	37
钎子	40
支架設備和机具; 自动推进器	46
钻架	50
压缩空气的压力	55
岩粉的防止; 湿式钻眼及降低岩石硬度的軟化剂的应用	55
开挖面处钻机数目; 钻眼速度	58
4. 电钻钻眼	59
5. 钻爆工作說明书	61
III、用风鎚开挖岩石	62
IV、装岩作业	62

V、施工循环組織：炮眼深度和循环时间的选择	79
VI、隧洞掘进时的調查研究及文件	86
1. 工程地质調查	86
2. 測量工作	87
3. 生产技术的調查研究	87
4. 科学研究	87

第三篇 隧洞衬砌的修筑

I、总則	89
II、混凝土工作	92
1. 混凝土作业和混凝土拌合物运输的組織	92
2. 拌制混凝土	97
3. 拱架和模板；混凝土的捣固	98
4. 混凝土施工組織和施工机械化的檢查	102
III、向衬砌背后压浆；鋼筋工作；噴浆；隧洞內表面的加工	103
1. 向衬砌背后压浆	103
2. 鋼筋和噴浆工作	105
3. 隧洞內表面的加工	106

第四篇 輔助工作和設備

I、总則	107
II、隧洞施工中的能量供給；压缩空气的供应	107
III、隧洞內运输	112
1. 軌道	112
2. 牵引；斗車	118
3. 运输組織和豎井提升	119
IV、修鈎工作	119
V、棄渣場，隧洞施工中的通风、排水、照明和供水	121
VI、隧洞設備的使用和計劃維修	126

第五篇 技术監督和保安工作

附录	131
----------	-----

1. 在按耐钻性統一分类中决定岩层的致密度、裂隙和

风化程度的标志	131
2. 岩层按耐钻性统一分类 (EIII B) 与其它用钻爆方法开挖的 坚硬岩层分类的比较	132
3. 按耐钻性统一分类 (EIII B) 决定岩层等级示例	132
4. 按耐钻性统一分类 (EIII B) 的 I ~ II 级岩层按字母顺序排列表	134
5. 在坚硬岩层中用矿山法从一个开挖面修筑隧洞的 年平均月掘进速度	139
6. 隧洞逐日施工计划示例	139
7. 在一个自由面的坑道内爆破每 1 立方米基岩的 单位炸药消耗量暂行标准	143
8. 风动钻机的技术特征	145
9. 硬合金片的规格	146
10. 工厂制造的活动钢钻头的尺寸(毫米)	147
11. 钎子钢(空心钢)直径	147
12. 钻钢和硬合金钢的消耗量	147
13. 钻机用的支架及支柱的技术特征	148
14. 安装在装岩机上供成组钻眼的设备(操纵器)的技术特征	149
15. 钻车的技术特征	150
16. 钻机用风动自动推进器的技术特征	151
17. 各种岩石使用的软化剂及其水溶液最佳浓度	152
18. 防尘呼吸面具的特征	153
19. 钻眼速度的确定	154
20. 电钻的技术特征	159
21. 风镐的技术特征	159
22. 装岩机的技术特征	160
23. 斗车的技术特征	162
24. 确定装岩机的生产率	162
25. 在坚硬、干燥、不支护时支撑的岩层中, 当炮眼长度为 2~4 米, 用全断面开挖法修筑隧洞时每循环的指标	165
26. 掘进隧洞的综合机械化和循环组织图表及钻爆工作说明书的 计算示例	166
27. 对水工隧洞的基本要求	178
28. 混凝土泵的特征	179
29. 混凝土工厂生产率和混凝土搅拌机数量的计算	180
30. 间歇作用的混凝土搅拌机的技术特征	182

31. 震動器的技術特征	182
32. 灰漿泵的技術特征	183
33. 間歇作用的移動式灰漿攪拌機的技術特征	183
34. 彎制和焊接鋼筋設備的技術特征	184
35. C-165A型水泥噴槍的技術特征	185
36. 壓縮空氣機的技術特征	186
37. 壓縮空氣管道的主要尺寸和重量	187
38. 地下鐵道的元件	190
39. 電機車的技術特征	192
40. 修針房設備的特征	193
41. 決定通風管直徑的表格	196
42. 通風機的技術特征	197
43. 水泵的技術特征	198
44. 地下坑道照度標準	200
45. 隧洞設備的輪修和輪修間的時間間隔	201
46. 處於修理和緊急備用的設備的儲備數量	202
參考文獻	203

苏联电站部

基本建設总局

在坚硬岩层中用矿山法修建水电站 水工隧洞的施工組織和机械化 (基本規則)

第一篇 总 則

应用范围；隧洞施工組織与机械化的目的

§1. 本“基本規則”适用于在坚硬岩层中用矿山法掘进并用钻爆作业开挖的所有类型的水电站水工隧洞的设计与施工。

§2. 本“基本規則”可以用于用作灌溉和排水的水工隧洞的设计与施工，且除§88(第三条)、89、108和附录27之外，还适用于交通綫上的陆路隧道。

§3. 修建水电站水工隧洞的施工組織与机械化的主要目的，是为了使隧洞工程在尽可能短的期限内完成，以便縮短水电站总的施工期限，并保证工程的造价最低，保证质量高而且安全。

完成上述任务的措施是：

1) 施工的循环組織与綜合机械化，采用并最大限度地利用各种高生产率的机具，以及反映苏联先进技术成就的、能保证高度的劳动生产率水平和掘进速度的各种完善的施工方法；

2) 在隧洞路綫上的很多开挖面上組織平行的施工；以增加地下工作的工作面。

岩石分类

§4. 用钻爆方法掘进隧洞时，为了估計开挖过程的劳动量和效率，应将所开挖的岩层按照岩层的耐钻性統一分类(俄文縮写 EMB)(表1)的方法分为 -XII 級。

岩石接耐钻性统一分类 (EIMB)

表 1

岩石等级	耐 钻 程 度	同一耐钻性等级的岩石名称	每米炮眼消耗 耗 针 子 量 (个)		1 分钟纯钻进 度 (毫米)		每个针子能钻 炮眼的长度 (米)		钻一米炮眼所 需纯钻进时间 (分)	
			硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)	硬合金 针子 (磨一次)
I	最难钻的岩石	不含硫化物的最致密的石英。致密的碧玉和微晶的石英岩。极硬玄武岩和斜长石英岩。最致密的角岩	50	1.00	12	31	0.02	1.0	83	32
II	最难钻的岩石	最致密的石英岩，铁角岩，玄武岩，辉绿岩，闪岩，石英斑岩，毫无风化及浸析痕迹和裂隙的角闪岩。最致密而不含硫化物的石英	37	0.75	15	40	0.028	1.5	67	25
III	最难钻的岩石	最致密的石英岩，闪岩，磁铁矿，铁角岩，安山岩，玄武岩和辉绿岩等（稍具片状），原生微晶花岗岩及正长岩。含白金、锡、钨、钼的致密矿脉的石英	25	0.50	20	50	0.040	2.0	50	20
IV	极难钻的岩石	很致密的石英岩，铁角岩，安山岩，玄武岩和辉绿岩。细粒花岗岩。很致密细粒闪长岩，花岗岩，正长岩，辉长岩和正长岩。很致密的石榴子-辉石的含矿（钨、钼等）砂页岩	17	0.35	26	60	0.060	3.0	40	17

續表

岩 石 等 級	耐 钻 程 度	同一耐钻性等级的岩石名称	每米炮眼消 耗 钻 子 量 (个)		1 分钟纯钻时 間内炮眼进长 度 (毫米)		每个 钻 子 能 钻 炮 眼 的 长 度 (米)		钻一米炮眼所 需 纯 钻 时 間 (分)	
			鋼 钻 子 (磨一次)	硬 合 金 钻 子 (磨一次)	鋼 钻 子 (磨一次)	硬 合 金 钻 子 (磨一次)	鋼 钻 子 (磨一次)	硬 合 金 钻 子 (磨一次)	鋼 钻 子 (磨一次)	硬 合 金 钻 子 (磨一次)
V	极难钻的岩石	石英斑岩, 最致密的細粒磁鉄矿。玢岩。 致密的安山岩, 玄武岩, 及輝綠岩。花崗 片麻岩。致密有矿脉的含磁石英。最致密 細粒砂化砂岩。致密的片麻岩和粗面岩。 中粒花崗岩和正长岩。原生的含鉑純橄 榄岩。含方解石和其他矿物的石榴輝石砂 曜岩	11	0.23	30	75	0.090	4.3	33	13
VI	极难钻的岩石	最致密的磁鉄赤鉄矿。致密石英岩。很致 密的砂质砂岩。砂化石灰岩。很致密与粒 岩。风化輕微的岩石: 粗面岩, 正长 岩, 安山岩, 玄武岩, 玢岩, 輝綠岩, 角 闪輝綠岩, 粗粒片麻岩, 花崗閃长岩, 閃 长岩, 粗粒岩, 石英岩, 石英斑岩, 角斑岩, 輝綠岩, 輝岩。含錫云母质硬晶岩 脉。砂质胶結的火成岩质砾岩。含石英的 致密細粒磁鉄矿和磁矿。风化的砂曜岩。 致密的銅鉄矿。	7.0	0.13	40	90	0.140	6.6	25	11

VII	难 钻 岩 石	致密粗类花崗岩及花崗岩类。很致密的粗粒磁鉄赤鉄矿。致密的石英砂岩。粗粒正长岩。非常致密的砂化白云岩。非常致密的黄鉄矿。含銅磁鉄矿及含銅磁鉄矿。含有黄鉄矿、黄鉄矿、磁鉄矿及其他硫化物的綠泥頁岩。致密的蛇紋岩，表銅矿，硫化鉛矿。白云石化和顯微砂化的石灰岩。含鎳的蛇紋岩。由火成岩石灰岩胶結的磁岩。	4.5	0.10	50	110	0.220	10	20	9
VIII	难 钻 岩 石	致密的石灰岩，砂岩，白云岩，黄銅矿，赤鉄矿夹假象赤鉄矿的矿石，黄鉄长英岩。含于蛇紋岩中致密均粒的磁鉄矿。同化輕微的閃长岩，花崗岩，正长岩，輝綠岩，角閃輝綠岩，安山岩，石英粗石岩，石英斑岩等。頁岩类：含大量石英的云母頁岩，綠泥頁岩，絹云母頁岩黄銅矿，神黄銅矿。含銅长石砂岩，赤矿。	3.0	0.07	65	130	0.330	14.0	15	8
IX	中上难钻的岩石	砂岩。风化的花崗岩，片麻岩，正长岩，輝綠岩，閃长岩，石英电气石。风化严重的輝綠岩，角閃輝綠岩，安山岩，角閃岩，流紋岩及石英斑岩。蛇紋岩中的磁鉄矿。含硫化物的石英矿脉。石英碳酸盐岩类。菱鉄矿。磁鉄矿。滑石化的蛇紋岩。石灰岩。含金致密的重晶石，风花輕微的矿化石英岩。假象赤鉄矿。	2.0	0.05	85	160	0.500	20.0	12	6

XII	中下难钻的岩石	风化严重的矿化石英岩。白堊，普通的泥灰岩，完全风化的砂岩，石灰胶結的卵石及碎石，砂质土。完全风化的（高岭土化的）原生岩：花岗岩，閃长岩，正长岩，玢岩等。泥质粗粒砂岩。风化多孔的石灰岩。致密的冻粘土。混成的无烟煤	0.5	0.02	250	350	2.00	50.0	4	2.9
XIV	中下难钻的岩石	碎石土。完全风化的各种頁岩：炭质頁岩滑石綠泥頁岩及云母頁岩。白鉛矿。风化的高岭土化物。糖晶状磷灰石矿。浸析黄鉄矿。松散的黄鉄矿。无烟煤。混成的烟煤。由石灰与粘土胶結的水成岩质砾岩.....。	0.35	0.018	325	400	2.35	56.0	3.1	2.5
XV	易钻的岩石	石膏。粘土胶結的軟弱水成岩质砾岩。冻結的粗粒砂子，水分的淤土。节理明显的煤。没有解理的褐煤砂质粘土	0.25	0.015	425	500	4.0	67.0	2.4	2.0
XVI	易钻的岩石	浮石，砂藻土，凝岩及軟弱白堊类岩石。鉄矿一藍土。完全风化的碎石质岩石。风化的褐煤。軟弱的沙质粘土。黄土	0.15	0.010	550	600	6.5及6.5以上	100及以上	1.8	1.7

附注：表中XII~XVI类岩石的耐钻性原书中没有列入，是譯者根据参考文獻81补充上的。

在岩层按耐钻性统一分类法(EIIB)中,对有关岩层在致密度、裂隙程度和风化程度方面所作的说明,应以附录1中的定义为准。

岩层按耐钻性统一分类法与其他分类方法的比较,载于附录2中。

岩层按耐钻性统一分类法中所列的岩层的耐钻性指标,是指标准的钻眼条件而言(参见表1的附注)。

将岩层划为岩石按耐钻性统一分类法中的某一級,应以标准的施工条件下的試驗钻眼資料为根据。初步估計时可按下述方法决定岩层的等級:

- 1)对于在非标准的施工条件下所得到的耐钻性指标,可根据附录3所載的方法,引用修正系数加以修正;
- 2)根据附录4依岩层的名称决定之。

掘进速度,开挖面数目

§5. 隧洞掘进速度之确定,应以先进工人、工程师及技术人员所能达到的先进的劳动生产定額为根据。該掘进速度,应与隧洞施工的地质条件所能达到的最高施工速度相适应。

施工速度分为:

1) **昼夜掘进速度**(一昼夜內坑道开挖面的进度),它决定于施工組織与机械化的設計,而又决定着工人、技术材料資源及机械化設備的需要量;

2) 长時間(月、年)內的**平均掘进速度**,用作拟定施工进度計劃的依据。

宜采用年平均月掘进速度(考虑到計算期間內的工作時間利用系数)来作为隧洞施工进度計劃中的平均掘进速度。掘进速度的算例載于附录26中。

在初步設計阶段中,可按附录5規定平均掘进速度的約略值,該附录是以隧洞施工的先进經驗为根据而編制的。

由該表中所列数据可見;

1) 当坑道宽度为4.5~5.5米时, 能达到最高的掘进速度, 因能在开挖面上有效地使用两台装岩机, 因而在装岩方面能获得高度的劳动生产率;

2) 岩层硬度愈小, 钻眼生产率愈高, 则掘进速度亦愈高。

附录5中所列的掘进速度系按1953年的资料所拟定, 今后应重新审定, 并考虑到由于施工方法的改进, 劳动组织的改善和新技术的推行而促使劳动生产率提高的情况, 而将其酌予提高。

§6. 隧洞的修建, 可依其长度、横断面尺寸和工程地质条件之不同, 用下列各方法之一进行之:

1) 由一个洞口开挖面开挖;

2) 由两个洞口开挖面开挖;

3) 由两个洞口开挖面和若干个中间开挖面开挖; 中间开挖面系利用捷径方式, 沿隧洞线路开挖侧向坑道(图1)或是竖井(图2), 也可用其他类型的建筑物。

用以开辟中间开挖面的捷径位置、类型及数目, 应以各种方案的技术经济比较为根据, 在设计中加以规定。所比较的各方案应考虑到:

1) 隧洞地区的地形条件, 铺设运输道路及布置施工场地的条件, 捷径露天开挖和坑道、竖井开挖的工程量及其使用条件;

2) 捷径坑道及竖井的长度对隧洞施工的組織、期限和造价的影响, 以及由于设置捷径坑道而引起的隧洞路线及长度的变化对隧洞的造价及其内的水力损失的影响;

3) 路线不同及捷径数目不同的各种隧洞方案的相应施工期限, 以及它们与整个水电站的施工期限的比较。

同时, 应注意下列的一些实际情况:

1. 横洞在使用方面照例会比竖井更为有利和更加方便; 不得不采用竖井的条件是: 不仅就地形或工程地质条件来讲, 而且就工程量及施工組織条件来讲, 修建横洞在技术经济上都不适宜; 当技术经济指标相同时, 应偏重于横洞。

2. 为了在中间开挖面上施工而修建捷径时, 由于照例要完成

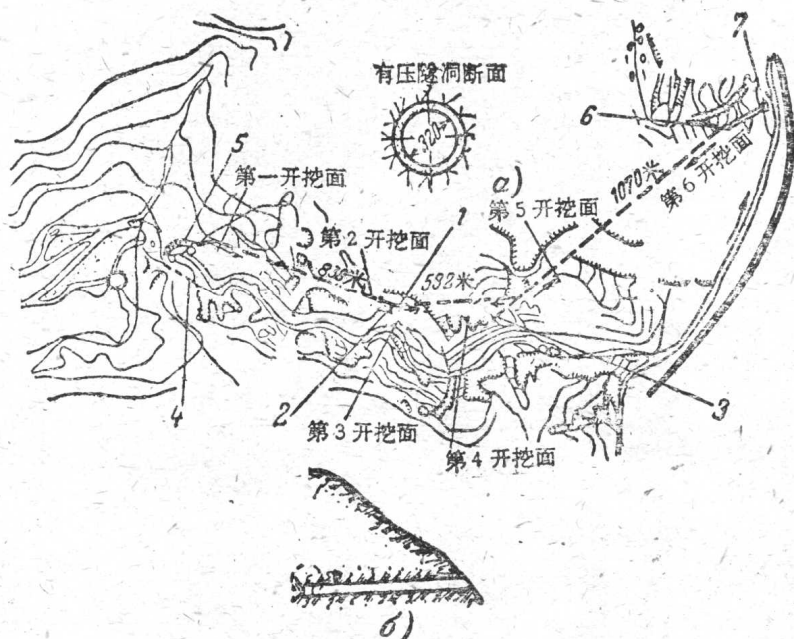


图1 利用横洞的隧洞施工示意图

1—有压引水隧洞；2—一号横洞，长40米；3—二号横洞，长60米；4—尾水隧洞；5—沉淀池；6—高压水管；7—水电站厂房。
a—有压隧洞断面；b—横洞纵剖面图。

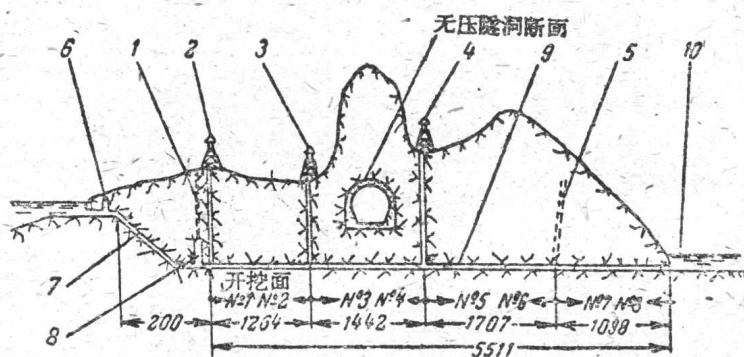


图2 利用辅助竖井的隧洞施工示意图

1—一号竖井；2—二号竖井；3—三号竖井；4—四号竖井；5—斜井；6—闸门竖井；7—高压管道；8—水电站厂房；9—无压尾水隧洞；10—尾水明渠。